



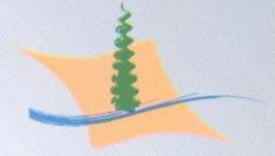
وزارة الفلاحة والصيد البحري

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime



المملكة المغربية

Royaume du Maroc



المندوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر  
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts  
et à la Lutte contre la Désertification



# ACTES

du Premier Congrès International

de l'**ARGANIER**

Agadir, 15 - 17 décembre 2011



المعهد الوطني للبحث الزراعي  
Institut National de la Recherche Agronomique



الوكالة الوطنية لتنمية مناطق الواحات وشجر الأركان  
**ANDZOA**  
Agence Nationale pour le Développement  
des Zones Oasiennes et de l'Arganier



وزارة الفلاحة والصيد البحري  
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime



المملكة المغربية  
Royaume du Maroc



المنذوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر  
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts  
et à la Lutte contre la Désertification

# ACTES

## du Premier Congrès International

# de l'ARGANIER

Agadir, 15 - 17 décembre 2011



المعهد الوطني للبحث الزراعي  
Institut National de la Recherche Agronomique



الوكالة الوطنية لتنمية مناطق الواحات وشجر الأركان  
**ANDZOA**  
Agence Nationale pour le Développement  
des Zones Oasiennes et de l'Arganier

**INRA - Edition 2013**

ISBN : 978-9954-8602-9-8

N° du dépôt légal : 2013MO0630



Division de l'Information et de la Communication

Tél. : 05 37 77 98 06 - Fax : 05 37 77 98 07

# SOMMAIRE

---

Synthèse et recommandations .....	7
Communications orales par axe thématique	
Axe 1 : L'Arganier et l'Ecosystème Arganeraie.....	21
Axe 2 : Itinéraires techniques de l'arganier .....	81
Axe 3 : Valorisation des autres produits de l'arganier.....	165
Axe 4 : Structure et fonctionnement de l'écosystème....	235
Posters présentés par axe thématique	
Axe 1 : L'Arganier et l'Ecosystème Arganeraie .....	297
Axe 2 : Itinéraires techniques de l'arganier.....	323
Axe 3 : Valorisation des autres produits de l'arganier.....	419
Axe 4 : Structure et fonctionnement de l'écosystème....	473



# Actes du Premier Congrès International de l'Arganier

Agadir, 15 – 17 Décembre 2011

## Sommaire

Synthèse et recommandations..... 7

## A. Communication orales

### Axe 1 : L'Arganier et l'Ecosystème Arganeraie.....21

- La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant

**YANN LE POLAIN DE WAROUX, LAMBIN Eric F.....23**

- Analyse de la diversité génétique de l'arganraie marocaine : collecte, caractérisation et analyse de la structuration des populations

**EL BAHLOUL Y., DAUCHOT N., MACHTOUN I., BOUZOUBAA Z., SAADI N., GABOUN F.....32**

- Ecosystèmes naturels à arganier (*Argania spinisa*), patrimoine national et universel : Bio-écologie, phytosociologie, phytodynamique et ethnobotanique, Restauration et certification

**BENABIB A. et MELHAOUI Y.....39**

- Typologie des stations au niveau des taillis d'arganier du plateau des Haha

**BELGHAZI T., EZZAHIRI M. et PONETTE Q.....48**

- Effet de la mise en défens sur la richesse floristique et la densité dans deux arganeraies de plaine

**ACHOUR A., AROUI A., DEFAA C., ELMOUSADIK A., MSANDA F. .60**

- Des vergers d'arganier : une agriculture innovante pour une production durable d'huile d'argane

**NOUAIM R.et CHAUSSOD R.....70**

## **Axe 2 : Itinéraire technique de l'arganier.....81**

- Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre réussi de régénération d'arganier

**DEFAA C., ACHOUR A., HOUSSAYNI A., BELLEFONTAINE R., EL MOUSADIK A., MSANDA F.....83**

- Détection d'une nouvelle pathologie dans la filière de multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) : conséquence et moyens de lutte

**BAKRY M., BUSSIERES G., LAMHAMEDI M.S., MARGOLIS H.A., STOWE D.C., ABOUROUH M., ZINE EL ABIDINE A., BLAIS M. et BERUBE J.A.....93**

- Développement d'un système de production de plants d'arganier par greffage

**MOKHTARI M., CHERIF BENISMAIL M., JIRRI L. et NASSIRI S. ...100**

- Effet de la fertilité des sols et de la fertilisation sur les jeunes plants de l'arganier après transplantation en milieu réel

**MIMOUNI A.....109**

- Application de la biotechnologie pour la sauvegarde de l'arganeraie : étude de la multiplication in vitro

**MDARHRI ALAOUI M., BOUKMOU J., BOUZOUBAA Z.....119**

- L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol

**LE BOULER H., BRAHIC P., BOUZOUBAA Z., ACHOUR A., DEFAA C., BELLEFONTAINE R.....124**

- Optimisation des techniques de bouturage sous mist chez l'arganier

**FERRADOUS A., ALIRFIQUI M., BELLEFONTAINE R.....135**

- Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle

**BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., FIKARI O., EL MERCHT S.....145**

- La problématique de la régénération de l'arganier : quelle innovation en matière de production des plants de qualité ?

**BELGHAZI B., OUROUS O. O., EL MERCHT S.....155**

### **Axe 3 : Valorisation des autres produits de l'arganier.....167**

- Valorisation de l'huile d'argan : impact sur la prévention des maladies cardiovasculaires

**ADLOUNI A.....167**

- Recherche et sauvegarde de l'arganier : rôle de la fondation Mohammed VI pour la recherche et la sauvegarde de l'arganier (FMVI-RSA)

**ALAOUI K.....176**

- Détection de l'adultération de l'huile d'argane par des huiles végétales vierges raffinées

**MAATA N., KARTAH B., HARHAR H., GHARBI S., BENAZZOUZ.E.M.,  
GUILLAUME D., CHARROUF Z.....179**

- Nematicidal and fertilizing impact of argan, castor and neem cake on organic cucurbits (cucumber and melon) grown under greenhouse in Agadir region (southwestern of Morocco)

**AZIM K., FERJI Z. et KENNY L.....185**

- A la recherché des sites pharmacophores des saponines extraites d'Argania spinosa : POM, un moyen bioinformatique efficace, économique et rapide pour prédire et optimiser l'activité biologique des saponines

**BEN HADDA T., CHARROUF Z. Et MASSAND V.....195**

- Influence de l'origine du fruit (terroir, caprin) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane

**GHARBI S., HARHAR H., KARTAH B., EL MONFALOUTI.H., MAATA  
N., GUILLAUME D., BEN HADDA T. et CHARROUF Z.....203**

- Valorization of the pulp of argania spinosa L. processing and products towards on optimized valorisation of the argan fruit

**PIOCH D., BULAND F-N., PINGRET D., PALU S., BENSMAIL M.C., MOKHTARI M., LARROQUE M., BASTIANELLI D., CHARROUF Z.....215**

- Argan oil aroma : effect of kernel roasting and oil extraction process

**ZAHAR M., REINECCIUS G., SCHIRLE J-P.....223**

#### **Axe 4 : Structure et fonctionnement de l'écosystème.....235**

- Modélisation logistique et analyse multivariée pour l'élaboration des indicateurs de suivi de la dynamique de dégradation qualitative : cas de l'arganeraie (Maroc)

**EL WAHIDI F, MONIR F., SABIR M., DEFOURNY P., PONNETTE Q.....237**

- Les conséquences de la marchandisation de l'arganier sur la vie socio économique et culturelle à Haha

**AZIZ A., ELHAROUSSE L., MORMONT M., BELLEFONTAINE R., ALLALI K., ELAMARANI M.....252**

- Femmes et outils dans l'élaboration de l'huile d'argan tradition, innovation

**EL ALAOUI N., .....262**

- Le marketing des produits du terroir au service du développement régional durable : cas des produits d'argane des coopératives de la région Souss-Massa-Draa

**EL KANDOUSSI F. et OMARI S.....270**

- Gagnant – perdant ? la valorisation des produits d'argan semble être bénéfique pour les ménages ruraux, mais menaçante pour la forêt endémique d'arganier

**TRAVIS J. Lybbert, ABOUDRAE A.....281**



- Gagnant – perdant ? la valorisation des produits d'argan seems to benefit rural households while harming the endemic argan forest

**TRAVIS J. Lybbert, ABOUDRAE A.....289**

## **B. Posters présentés par axe thématique**

### **Axe 1 : L'Arganier et l'Ecosystème Arganeraie.....297**

- Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'argania spinosa

**FAHMI F., TAHROUCH S., BOUZOUBAA Z., HATIMI.....299**

- Essai d'installation et de suivi de comportement de l'arganier (argania spinosa) dans le contexte aride de Tafilalet

**HOMRANI BAKALI A.....309**

- Isolement et caractérisation de microsattellites chez l'arganier (argania spinosa)

**MACHTOUM I., EL BAHLOUL Y., DAUCHOT N.....319**

### **Axe 2 : Itinéraire technique de l'arganier.....323**

- Effet de l'irrigation d'appoint sur la reprise de jeunes plants d'arganier après transplantation au terrain

**WIFAYA A., MIMOUNI A.....325**

- Etude et optimisation des techniques de régénération chez l'arganier (argania spinosa (L.) Skeels)

**TAOUFIQ M.S., BOUZOUBAA Z., HATIMI A., TAHROUCH S.....330**

- Effet de quatre substrats combinés à deux systèmes d'irrigation sur qualité des plants d'arganier produits en conteneurs

**MOUKHTARI M. et BERCHIL A.....337**

- Marcottage de l'arganier (argania spinosa L. Skeels)

**MOKHTARI M., KERBENES I., BOUCHE L., CHERIF BENISMAIL M., KENNY L., BELLEFONTAINE R.....342**

- Comparaison de la composition chimique des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits de l'arganier et impact sur la conservation et la valorisation de cette espèce

- BOUZOUBAA Z., DOMERGUE F., RENE L.....350**
- La possibilité de l'utilisation de l'isocitrate lyase (ICL) comme marqueur moléculaire de la bonne germination de l'arganier (*argania spinosa* (L.) Skeels)
- CHILLIKEN F., BOUZOUBAA Z., BELAHSEN Y.....358**
- Etude du comportement de l'arganier *argania spinosa* L. Skeels en verger : effet des caractères couleur et persistance des feuilles
- BOUZOUBAA Z., HAMMOUCH L.....363**
- Mobilisation ex situ de vieux arganiers par marcottage aérien
- BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., MOKHTARI M., BOUCHE L., SAIBI L., KENNY L., ALIFRIQUI M., MEUNIER Q.....368**
- Multiplication végétative d'arganiers par greffage, drageons et boutures de segments racinaires
- BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., BOUZOUBAA Z., KY-DEMBELE C., NSIRI R., LE BOULET H., MEUNIER Q.....379**
- Le fruit de l'arganier est-il une drupe ou une baie ?
- BELLEFONTAINE R., BOUZOUBAA Z., MATHEZ J.....389**
- Etude de l'enracinement d'arganiers
- BELLEFONTAINE R., ACHOUR A., DEFAA C., FERRADOUS A., FELLMANN M., FALCONNET G.....399**
- Axe 3 : Valorisation des autres produits de l'arganier.....409**
- L'Effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae)
- AIT TAADAOUIT N., NILAHYANE A., HSAINE M., ROCHDI A., HORMATALLAH A.,BOUHARROUD R.....411**
- Productivity and usage of argane for regional development in Morocco
- BENABDELLAH M., KASHIWAGI K., DEHHAOU M. ....418**

- Criblage virtuel POM des acides Boswelliques comme agents antitumoraux et analogues des arganines A-K de l'argania spinosa

**BEN HADDA T., GHARBY S., CHARROUF Z., AL AFEEDY A., KABOUCHE Z., MASSAND V.....428**

- Comparative study of argan and olive fruits and oils

**DEMNATI D., SANCHEZ S., PACHECO R., ZAHAR M., MARTINEZ L.435**

- Comparaison de l'effet fertilisant et contrôle des nématodes des tourteaux de neem, tourteau de ricin, tourteau d'argan et feuilles d'argan sur une culture de courgette en conduite biologique

**EL GHARRAS Y., BOUZOUBAA Z., AIT LHAJ A.....442**

- Les huiles essentielles des feuilles et de la pulpe du fruit de l'arganier : composition chimique et activité microbiologique

**HARHAR H., GHARBY S., KARTAH B., EL MANFALOUTI H., MAATA N., GUILLAUME D., CHARROUF Z.....448**

- Un latex de polyisoprène inhabituel extrait de la pulpe du fruit d'argania spinosa ; structure chimique, propriétés et valeur additionnelle potentielle dans un contexte de valorisation de biopolymères

**PALU S., PIOCH D., COLLET A., BONFILS F., CHAR C..... 453**

- Profil sensoriel de l'huile d'argane alimentaire et effet du mode de préparation sur sa qualité organoleptique

**ZARROU S., ZAHAR M., DACREMONT C.....462**

#### **Axe 4 : Structure et fonctionnement de l'écosystème.....473**

- Analyse de la filière « huile d'argan » au niveau de la zone forestière d'Amsitten dans la région d'Essaouira

**HACHMI M., QARRO M., SESBOU A., SABIR M., CHARIF S.....475**

- La dynamique de changement dans l'environnement de Haha (province d'Essaouira – Maroc) : une nouvelle opportunité de résilience socio-écologique

**MOUNIR F., EL WAHIDI F., DEFOURNY P.....487**

- Planification et gestion durable de la réserve biosphère de l'arganeraie : cas des écosystèmes agro-forestiers des Ida-Ou Throuma (Essaouira)

**BOUHALOUA M.....500**

- Etat actuel et possibilité de domestication des plantes aromatiques et médicinales au niveau de quelques communes rurales limitrophes à Jbel Amssittene

**ZINE EL ABIDINE A., EL MAIZI Y., BOUBERRAH M., EZZAHIRI M....505**

## Comité scientifique

<b>Badraoui Mohamed :</b>	<b>Institut National de la Recherche Agronomique (Président)</b>
<b>Ait Kadi Mohamed :</b>	<b>Conseil Général du Développement Agricole</b>
<b>Sadiki Mohamed :</b>	<b>IAV Hassan II, Rabat</b>
<b>El Idrissi Ammari M.A. :</b>	<b>S.G. Institut National de la Recherche Agronomique</b>
<b>Fassi Driss :</b>	<b>S.G. du Comité Maroc (MAB)</b>
<b>Adlouni Ahmed :</b>	<b>Université Hassan II, Fac. des Sciences Ben Msik, Casablanca</b>
<b>Alaoui Katim :</b>	<b>Fac. Medecine, Rabat</b>
<b>Benchekroun Faïçal :</b>	<b>Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification</b>
<b>Ben Hammou Bouzemmouri :</b>	<b>Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification</b>
<b>Besri Mohamed :</b>	<b>IAV Hassan II, Rabat</b>
<b>Bousmina Mustapha :</b>	<b>Académie Hassan II des Sciences et Techniques</b>
<b>Boussaid Abdelatif :</b>	<b>Faculté des Sciences et Technique, Marrakech</b>
<b>Bouzoubaa Zakia :</b>	<b>Institut National de la Recherche Agronomique, Agadir</b>
<b>Charrouf Zoubida:</b>	<b>Université Med V/Fac. des Sciences, Rabat</b>
<b>Dahan Rachid :</b>	<b>Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat</b>
<b>El Antari Abderaouf :</b>	<b>Institut National de la Recherche Agronomique, Marrakech</b>
<b>Ettobi Mohamed :</b>	<b>Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification</b>
<b>Hajib Saïd :</b>	<b>Centre de Recherche Forestière, Rabat</b>
<b>Harrouni My Chrif :</b>	<b>IAV Hassan II Complexe Horticole, Agadir</b>
<b>Kenny Lahcen :</b>	<b>Association Agrotech Souss Massa Draa</b>
<b>Mhirit Omar :</b>	<b>Consultant</b>
<b>Mousaddik Abdelhamid :</b>	<b>Fac. des Sciences, Agadir</b>
<b>Pioch Daniel :</b>	<b>CIRAD/ Recherche Agronomique Pour le Développement</b>
<b>Saidi Seddik :</b>	<b>Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat</b>
<b>Sasson Albert :</b>	<b>Académie Hassan II des Sciences et Techniques</b>
<b>Sesbou Abdessadek :</b>	<b>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs</b>
<b>Tahroucht Saida :</b>	<b>Fac. des Sciences, Agadir</b>

## Comité d'organisation

<b>Saoud Bachir :</b>	<b>Directeur Général ANDZOA (Président)</b>
<b>Marghi Moha :</b>	<b>Secrétaire Général du Département de l'Agriculture (MAPM)</b>
<b>Houmy Abderrahim :</b>	<b>Secrétaire Général du HCEFLCD</b>
<b>Hafidi Brahim :</b>	<b>Président du Conseil Régional de Souss Massa Draa</b>
<b>Ait Lhaj Abderrahmane :</b>	<b>Chef du CRRA Agadir et Président de la Fédération Marocaine des Associations des Ayants Droits et Usagers de l'Arganeraie</b>
<b>El Idrissi Ammari M.A. :</b>	<b>Secrétaire Général INRA</b>
<b>El Houssaini Abdelaziz :</b>	<b>Directeur DREF, Agadir</b>
<b>Hilali Aberrahmane :</b>	<b>Directeur DRA Souss Massa Draa</b>
<b>Ourrais Mohamed :</b>	<b>Président de la Fédération Interprofessionnelle Marocaine de l'Argane</b>
<b>Yaakoubi Latifa :</b>	<b>Directeur Arganier, ANDZOA, Agadir</b>
<b>Secrétariat :</b>	
<b>Mouchfi Nezha :</b>	<b>INRA Rabat</b>







**Synthèse  
et recommandations**





# Premier Congrès International de l'Arganier (Agadir, 15-17 décembre 2011)

## Synthèse et recommandations

**Prof. Mohamed BADRAOUI**

Directeur de l'INRA-Maroc et Président du comité scientifique du congrès

### 1. Introduction

Le premier congrès international de l'arganier a été tenu, du 15 au 17 décembre 2011 à Agadir sous la présidence de Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime et Monsieur le Haut Commissaire aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. Il avait pour objectifs de faire **l'état des lieux des connaissances et des acquis scientifiques** sur l'arganier et de proposer des **perspectives de travaux de recherche scientifique et technologique** pour la conservation et la valorisation de cette ressource.

Après deux conférences d'ouverture, les interventions ont été réparties en **quatre thématiques**. La première regroupe tout ce qui se rapporte à l'arganier en tant qu'espèce dans son écosystème, la deuxième a trait à l'itinéraire technique de la production des plants et du développement des espaces boisés en arganier, la troisième rassemble les acquis en matière de la valorisation des produits issus de l'arganier et la quatrième thématique compile le savoir relatif à la structure et le fonctionnement de l'écosystème de l'arganier. Le présent document fait la **synthèse des interventions orales et affichées et des discussions tenues** durant les trois jours du congrès.

### 2. Conférences d'ouverture du Congrès

Les conférences d'ouverture ont traité **deux thèmes** : le premier est ***l'arganier en tant que modèle pour le développement durable*** national. Le second a pris ***l'arganier comme exemple pour souligner la nécessité, pour le Maroc, de ratifier le protocole de Nagoya*** afin d'assurer l'accès et le partage des avantages (APA) des ressources génétiques nationales.

En effet, le ***Maroc est le dépositaire universel de l'arganier***. Cet arbre, d'affinité tropicale, remonte aux paléoclimats ante-pliocènes, précédant l'installation du Sahara Arabo-Africain. Actuellement, il assure un des boucliers biotiques les plus efficaces contre la désertification. L'arganier, profondément adaptée à usages multiples et ancrée dans la tradition, constitue le matériel biotique et l'entité culturelle de choix, à même de structurer une sorte d'institutionnalisation nationale du développement durable. Ainsi, sur proposition des pouvoirs publics marocains, l'Unesco avait labélisé l'aire de répartition de l'Arganier en tant que ***Réserve de Biosphère de l'Arganeraie*** (RBA), en 1998.



La RBA se propose de réaménager son équilibre naturel, ainsi que de tester son approche économique participative, en utilisant le Parc National du Souss-Massa (PNSM), qui en est la principale aire centrale, comme un banc d'essai parfaitement approprié. Un effort considérable est consenti pour maîtriser la **régénération de l'arganier**, avec un succès croissant concernant les programmes de reboisement opérés par le Haut Commissariat aux eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. Les choix en sont devenus crédibles du fait de la **valorisation ingénieuse des produits de l'écosystème**, qui puise ses origines dans la tradition locale, et qui a été puissamment fondée, encouragée et diversifiée grâce à la recherche scientifique et technique et à des essais remarquables en matière de transformation et de commercialisation saine et équitable.

Par ailleurs, **l'arganier représente un cas emblématique du patrimoine génétique marocain**. Cette ressource génétique fait l'objet depuis longtemps d'une exploitation à des fins de recherche scientifique et de développement de produits divers (alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques). En raison de ses propriétés et de ses utilisations, **l'arganier fait partie des ressources génétiques couvertes par le champ d'application du protocole de Nagoya**. Celui-ci est un nouveau traité international, adopté sous les auspices de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), à Nagoya au Japon, le 29 octobre 2010. Son objectif est d'assurer le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques, contribuant ainsi à la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, et à la réalisation des trois objectifs de la CDB. Ce protocole est crucial pour la conservation de l'arganier, car en assurant un partage des avantages découlant de son exploitation, il créerait des incitations en faveur de la conservation et l'utilisation durable de cette ressource génétique. La création, dans le cadre du développement de la filière arganier, de la fédération des associations des ayants droits sur l'arganeraie, constitue une ébauche pour l'application de l'APA au Maroc. Pour conserver l'arganier et d'autres ressources génétiques, le **Maroc a intérêt à ratifier le protocole de Nagoya et à mettre en place une réglementation sur l'APA et un cadre institutionnel pour le pilotage de sa mise en œuvre**.

### 3. Les axes thématiques traités lors du congrès

#### 3.1. Axe 1. L'Arganier et l'Ecosystème Arganeraie

##### 3.1.1. L'écosystème Arganeraie

Les écosystèmes de l'arganier s'étendent sur une grande portion de l'écorégion macaronésienne, entre Safi et Smara. Ainsi, ces écosystèmes dégradés peuvent être réhabilités par des travaux de restauration écologique, en favorisant la succession des groupements végétaux, soit par la mise en défens, soit par la réintroduction des espèces autochtones. Les **plantes dites nurses** peuvent jouer un rôle fondamental dans la réussite de cette action. Par la suite, ces forêts restaurées, doivent être soumises aux systèmes de gestion écologiquement appropriée, socialement bénéfique et économiquement viable.

L'étude diachronique de la dégradation de l'arganeraie a été conduite à partir d'un jeu de photographies aériennes et d'images satellites de très haute résolution spatiale sur plus de deux décennies (1984 à 2006). A l'exception des changements induits par les coupes de régénération opérées par les gestionnaires forestiers dans le cadre des programmes d'aménagement des forêts, la déforestation s'est avérée peu dynamique se produisant avec un taux décennal de 0,28%. Le suivi de changement de la densité des souches d'arganier a permis de relever une diminution de moins d'une cépée à l'ha sur 22 ans (2,04%). Ces changements, le plus souvent ponctuels, sont observés essentiellement en domaine commun (*mouchaa*) à usage libre échappant au règlement des modes de gestion coutumiers imposés par la communauté riveraine.



L'arganeraie des Haha, pour sa part, connaît une dynamique de changement à long terme corollaire d'une dynamique démographique, sociale et économique favorable à sa préservation. Néanmoins, elle souffre d'une dégradation qualitative de ses attributs et un dysfonctionnement des processus naturels (absence de régénération naturelle par semis, strates de végétation fort simplifiées, perturbation profonde du cycle de l'eau), rendant discutable la fiabilité de la forêt paysanne ou domestique et de sa durabilité.

Les données de télédétection multi sources ont été essayées pour cartographier l'utilisation du sol et la densité du couvert arboré. Bien que les résultats ne puissent être considérés que pour les surfaces peu accidentées et de diamètre de couronnes d'arbres du même ordre que la résolution des images, une relative stabilité du couvert arboré a été rapportée. L'évaluation de la dynamique des rejets dans différentes stations d'arganier a été entreprise dans la province d'Essaouira. Le nombre moyen des rejets par souche est sous l'influence majeure de l'altitude. En effet, si la régénération par rejets de souches de l'arganier ne pose pas de problèmes dans l'ensemble de la forêt d'Ida ou Throuma, elle est toutefois meilleure en basse et moyenne altitude de la région, notamment dans les formations à *Chamaerops humilis*, *Ononis natrix* et *Teucrium polium*.

L'analyse de la végétation dans le **plateau des Haha** a permis de distinguer **trois groupements floristiquement différents** selon l'altitude, la pente et l'influence océanique. Le **premier** Groupement comprend des relevés effectués dans l'arganeraie de moyenne et haute altitude dans la région de Smimou, rattaché à l'association des *Tetraclino-Arganietum spinosae*. Généralement, cet ensemble indique des milieux difficiles sur des fortes pentes et des sols squelettiques faisant affleurer, par endroit, la roche mère calcaire. Le **deuxième** Groupement constitué de relevés effectués dans les forêts de Tamanar regroupe l'espèce *Olea europea* associée à *Periploca laevigata* et *Lavandula multifida* ainsi que d'autres thérophytes indicatrices des milieux relativement dégradés et ouverts. Cette unité correspond à l'association *Argania spinosa-Tetraclinis articulata* avec *Periploca laevigata*. Le **troisième** Groupement intègre des relevés effectués dans les forêts d'Essaouira, situés en basse et moyenne altitude. Cet ensemble correspond au groupement *d'Argania spinosa-therophytes* et faisant partie de la classe des Théro-*Brachypodietea*.

### 3.1.2. L'Arganier

L'analyse de la diversité génétique de l'arganier a été entreprise à travers l'utilisation des **marqueurs moléculaires** et des **caractères morphologiques classiques**. Une caractérisation basée sur 14 descripteurs morphologiques de 380 arbres, échantillonnés dans les régions d'Essaouira, Agadir, Rommani (Oued Grou) et l'Oriental (Chwihya), a permis de ressortir une **grande plasticité d'adaptation qui confirme la diversité génétique des arganeraies marocaines**. A présent, l'évaluation préliminaire de ces marqueurs a permis de sélectionner cinq marqueurs polymorphes. Le nombre d'allèles révélés par locus varie de 2 à 15, avec une proportion moyenne d'hétérozygote allant de 0,59 à 0,75. A terme, les données moléculaires, morphologiques, géographiques et pédologiques permettront de constituer une base de données précieuse pour la conservation et la valorisation des ressources génétiques de l'arganier.

Par ailleurs, une autre collection d'arganier composée de 150 accessions, issues des régions situées entre 109 et 988 m d'altitude, réparties dans cinq provinces est en cours d'étude. Un total de 24 traits qualitatifs et quantitatifs et douze acides gras libres ont été utilisés pour initier le niveau et l'organisation de la diversité génétique. Les résultats préliminaires montrent des différences significatives entre les génotypes pour la majorité des acides gras libres. Onze « Simple Sequence Repeat » (SSR) des *loci* sélectionnés à partir d'argan sont communs à toutes les accessions.



### 3.1.3. Perspectives de recherche et développement

#### ***Amélioration des connaissances sur la génétique de l'arganier :***

- Caractérisation morphologique et génétique ;
- Cartographie de la diversité génétique ;
- Déterminisme génétique des caractères d'adaptation et de valeur économique ;
- Stratégie de conservation in situ et ex situ ;
- Sélection de génotypes performants pour différents objectifs.

#### ***Restauration écologique et certification des forêts de l'arganier :***

- Mise au point de méthodologies et techniques innovantes pour la restauration écologique, adaptées aux différents milieux de l'arganeraie ;
- Développement de la certification des forêts d'arganier en vue d'une gestion durable ;
- Mise au point d'indicateurs de suivi de l'écosystème arganier ;
- Implication des parties prenantes dans la planification et la mise en œuvre des plans de conservation et de développement de l'écosystème arganier.

#### ***Conduite des peuplements :***

- Amélioration de la maîtrise des techniques de régénération en milieu naturel ;
- Mise au point de techniques culturales/sylvicoles performantes;
- Aménagement à usage multifonctionnel (tenir compte de la diversité des services de l'écosystème).

***Création d'un pôle d'excellence de la recherche sur l'arganier*** et l'écosystème arganeraie assurant une meilleure intégration des connaissances acquises et la synergie entre les différents partenaires.

## **3.2. Axe 2 : Itinéraires techniques de l'arganier**

### **3.2.2. Synthèse des communications**

**La régénération naturelle de l'arganier est très, faible, lente voir même inexistante dans les conditions actuelles.** Le ramassage systématique des fruits, le surpâturage et les modes d'utilisation du sol, sont en grande partie à l'origine du vieillissement des peuplements. Pour palier à cette problématique, les gestionnaires forestiers ont eu recours à la régénération artificielle par plantations selon un programme ambitieux. Cependant, ces efforts de reboisement sont souvent confrontés aux difficultés de reprise des plants sur le terrain. Les taux de réussite demeurent relativement faibles par rapport aux objectifs. La multiplication par voie végétative de l'arganier est l'une des alternatives de production de plants conformes aux plants mères sur le plan génétique. Ce qui suppose pouvoir disposer de clones ayant des caractères répondant aux besoins de la sylviculture et de la conduite arboricole. Toutefois, la réussite de la multiplication par bouturage à un niveau reproductible et rentable, nécessite une maîtrise des conditions intrinsèques et extrinsèques du processus.



Quatorze arganiers âgés de 200 à 400 ans environ ont été sélectionnés pour prélever les boutures. Les essais de multiplication végétative (**bouturage et greffage**) ont été réalisés. Les boutures ligneuses et semi ligneuses récoltées sur les arbres adultes n'ont réagi à aucun traitement et le **pourcentage d'enracinement demeure très faible**. L'enracinement de boutures issues d'arbres adultes dépend des souches. S'ils ne dépassent pas 1% pour la plupart des arbres dans ces essais, il a atteint 45% pour l'un des arbres sélectionnés. L'enracinement des boutures d'arganier varie avec le type de bouture, leur âge et la période d'enracinement. Il y a lieu de signaler que l'enracinement des boutures juvéniles est peu dépendant du traitement hormonal, par contre, la qualité des racines en dépend. Les différents substrats utilisés dans ces essais n'ont eu qu'une influence limitée sur le taux d'enracinement.

La comparaison des différents types de boutures a montré que le bouturage réalisé sur des rameaux portant une épine terminale est inadéquat. De même, les rameaux à épine terminale, verts ou trop lignifiés, ne sont pas aptes à produire des racines. Par contre, **un meilleur enracinement peut être obtenu à partir de rameaux semi lignifiés avec au moins un bourgeon et d'une longueur comprise entre 8 et 12 cm**. Des techniques de greffage ont été essayées en testant différentes origines et diamètres variables des greffons. Cependant, les résultats obtenus ne sont pas répétitifs. De même, l'application de différents traitements hormonaux sur les boutures herbacées n'a pas donné les résultats escomptés. Trois autres types de matériel végétal ont été utilisés dans une vingtaine d'essais d'enracinement: boutures semi ligneuse et ligneuses issues d'arbres adultes sélectionnés, boutures semi ligneuses et ligneuses issues d'arbres âgées d'une dizaine d'années, boutures semi ligneuses issues de plants de 6 ans en conteneurs. Les résultats obtenus n'ont pas été concluants.

Par ailleurs, trois catégories de plants à feuilles persistantes, feuilles moitié persistantes et moitié caduques et feuilles caduques, réparties respectivement en type I, type II et type III, âgés de 18 mois, ont été testés en essais de plantation. La reprise a été de 88% tout type confondu. A ce stade de l'essai et pour les caractères étudiés, on peut dire que le type I et le type II sont les plus recommandés.

Les résultats des travaux sur la multiplication végétative par bouturage et greffage sont parfois contradictoires, mais montrent un potentiel important. **La standardisation du matériel de départ et des conditions de multiplication mérite des efforts encore plus importants.**

La **culture in vitro** constitue une voie prometteuse pour la multiplication en masse de cette espèce. En effet, la multiplication par organogenèse est basée sur le développement des milieux de culture qui favorisent l'initiation, la multiplication de bourgeons ainsi que l'enracinement de vitro plants obtenus à partir des explants étudiés (jeunes pousses, boutures herbacées, inflorescence, bourgeons terminaux et apicaux...). Le potentiel de régénération in vitro des plants d'*Argania spinosa* a été étudié. Les cultures initiales ont été établies sur différents types d'explants en utilisant des milieux de culture qui diffèrent aussi bien par leurs compositions minérale que par l'apport en régulateurs de croissance. L'étude établie sur les boutures (herbacées et semis ligneuses) a conduit à divers types de réponses en fonction de l'apport auxine/cytokinine. **Les résultats obtenus pour la phase d'induction et de prolifération sont encourageants mais des efforts restent à fournir en vue d'assurer l'enracinement et la survie des vitro plants.**

L'effet d'une **mycorhization contrôlée** sur la croissance de jeunes plants d'arganier issus de semis de graines a été évalué dans une perspective d'application en pépinière. L'inoculation par une souche de *Glomus intraradices* a montré un effet bénéfique sur la croissance des plants cultivés dans un substrat inerte (argile calcinée). Après neuf mois de croissance, l'indice de dépendance mycorhizienne relative (IDMR) est de 48 %. L'utilisation d'un inoculum commercial a confirmé l'intérêt d'une mycorhization précoce des plants avec des souches sélectionnées sur leur efficacité, même dans un substrat contenant du sol (et donc une flore mycorhizienne naturelle).



L'effet très net, quatre mois après le semis, tend à s'estomper avec le temps mais reste significatif après 12 mois, bien que les systèmes racinaires des traitements inoculés et non inoculés soient tous deux mycorhizés. **Ces expérimentations confirment la forte dépendance mycorhizienne de l'arganier et justifient l'inoculation par des souches sélectionnées le plus précocement possible, au stade pépinière.**

La **conduite en vergers arboricoles** (domestication) de l'arganier permettrait d'en faire une culture oléagineuse. Ainsi, à côté de l'arganeraie naturelle (espace à protéger et à développer en priorité), les plantations d'arganiers sous forme de vergers oléagineux associant l'arganier à d'autres cultures permettent d'envisager une meilleure productivité et une constance de la qualité. Les arganiers seront produits en s'appuyant notamment sur des plants de bonnes qualités sanitaire et génétique avec un bon suivi du système racinaire : conteneur, substrat, mycorhization par un inoculum sélectionné, vitroplants. La domestication de l'arganier ouvre des perspectives économiques intéressantes pour le Maroc car elle devrait permettre de faire face à une demande croissante en huile d'argane et réduire la pression sur les peuplements naturels.

### 3.2.2. Perspectives de recherche et développement

Le contrat programme de la filière arganier projetée, à l'horizon 2020, de réhabiliter 200.000 ha d'arganier et la mise en place de 5000 ha plantation en nouvelles plantations sur des terrains agricoles. Ce programme nécessite le renforcement des capacités de différents partenaires pour assurer l'accompagnement de ce programme ambitieux.

Cependant, les acquis sur les techniques avancées de production de plants et de conduite de peuplements sont fragmentaires et nécessitent une intégration et des compléments pour améliorer le référentiel technique à adopter sur le terrain :

- L'essentiel des données concernant des observations de fait nécessitant des explications scientifiques d'où l'intérêt de renforcer et promouvoir la recherche en la matière ;
- Des possibilités d'extension de l'aire naturelle de l'arganier au Maroc et ailleurs, en tenant compte de certains facteurs limitant (gel-froid, vents violents, etc.....) ;
- Un grand intérêt doit être réservé au mode de restauration écologique des écosystèmes d'arganier ;
- Une importance particulière doit être accordée à la biotechnologie pour la production en masse des plants d'arganier certifiés.

## 3.3. Axe 3. Valorisation des autres produits de l'arganier

### 3.3.1. Synthèse des communications

Les principaux enseignements tirés de cet axe peuvent être résumés comme suit :

Les feuilles de l'arganier détiennent un **pouvoir inhibiteur** permettant le ralentissement du processus de la corrosion. Cependant, le principe actif de cette réaction n'est pas encore identifié. La teneur en composés phénoliques totaux est variable, en plus de l'influence des facteurs extrinsèques (nature du sol, altitude...) et en fonction du phénotype des fruits de l'arganier (forme arrondie et fusiforme). Le rendement en huile essentielle de la pulpe et des feuilles d'arganier est faible : 0.5% et 0.1%, respectivement. L'huile essentielle des feuilles de l'arganier présente un **effet inhibiteur** vis-à-vis de plusieurs microorganismes et celle de la pulpe possède des **propriétés insecticides** contre *Tribolium confusum*.



L'utilisation des feuilles d'argan en fertilisation ont provoqué une **phytotoxicité** exprimée par une baisse de croissance aussi bien en hauteur qu'en épaisseur des plants et, une réduction de la taille des feuilles et par suite une réduction hautement significative de rendement (plus de 60%) par rapport au témoin. **La composition des cires qui sont des métabolites secondaires, pourrait amener à une sélection clonale pour la tolérance à la sécheresse vue la relation étroite des cires avec la préservation de l'eau dans les tissus.**

En ce qui concerne **l'utilisation des sous produits de l'arganier dans l'alimentation animale** il est montré que le rapport cout/bénéfices est largement en faveur de l'utilisation des tourteaux d'Argan. Les études sur la valorisation de la pulpe des fruits, très limitées montrent par exemple que la forme des fruits et le degré de leur maturité influencent la composition chimique de la pulpe.

Dans le domaine **thérapeutique**, la modification des saponines de l'arganier est plus intéressante pour accéder à de nouveaux médicaments semi-synthétiques possédant des **propriétés potentiellement riches comme antibactérien, antiviral ou antifongique**. Les programmes Petra/Osiris/Molinspiration (POM) et le Docking sont des outils de choix pour traiter les propriétés antivirales des molécules issues de l'Argania spinosa pour mieux et vite **lutter contre le Sida, le Cancer et le diabète** tout en préservant une excellente sélectivité thérapeutique.

Le **profil aromatique** de **l'huile cosmétique** est **plus riche en alcools et en cétones** que celui de l'huile alimentaire qui regorge de produits de la réaction de Maillard suite à la dégradation des sucres et des lipides et de leur interaction. **L'huile d'argane alimentaire est plus riche en composés aromatiques que la cosmétique**. De même, celle issue de l'extraction semi-mécanisée en est plus riche que celle produite de manière traditionnelle.

Le **profil olfacto-métrique** de l'huile cosmétique est composé essentiellement des notes fruité/vert/floral. Par contre, l'huile alimentaire présente en plus les sensations noisette/grillé/cacahuète et caramel/sucre brûlé. L'huile traditionnelle a montré plus de fruité et caramel/sucre brûlé que l'huile alimentaire issue du procédé semi-mécanisé.

**La meilleure stabilité de l'huile est notée suite à une extraction par des procédés semi-mécaniques à partir d'amendons torréfiés.** En mode traditionnel, la stabilité est affectée par l'apport d'eau, par le transit des amendons dans le tube digestif de la chèvre, par l'augmentation de la température, la lumière et le stockage prolongé occasionnant un défaut organoleptique rance. Par contre, elle n'est pas influencée par l'origine géographique des amendons.

**Sous régime équilibré, l'huile d'argan améliore le profil lipidique en augmentant le HDL et en diminuant le LDL et les triglycérides.** Elle est efficace sur le stress oxydatif et sur le taux de paraxonase, enzyme favorisant le HDL. C'est une huile recommandée en prévention nutritionnelle des complications cardiovasculaires chez le diabétique de type 2, prouvant par ailleurs son action antiathérogène. Il a également été montré un effet bénéfique de l'huile d'argan se traduisant par une augmentation du taux de vitamine E sérique et une tendance à la baisse du cholestérol total, du LDL et des triglycérides.

Les principales recommandations spécifiques à cet axe se présentent comme suit :

- Création d'un **réseau d'experts sur la qualité** des produits de l'arganier ;
- Mise au point d'un **kit rapide de détection de l'adultération** de l'huile d'argan ;
- Obligation de fournir les **bulletins d'analyse à l'échelle nationale comme à l'export** pour la sécurité du consommateur ;
- Transfert de l'information scientifique aux intervenants de la filière, notamment quant à l'impact de l'adultération de l'huile d'argan ;



- Amplification des **études cliniques de l'huile d'argan sur les pathologies cardiovasculaires** à un plus large panel pour une meilleure signification ;
- Mise en place **d'étude type Cout/Bénéfice** mettant en évidence l'importance socioéconomique, sensorielle et habitudes alimentaires impliquant une **sélection variétale garantissant une durabilité de la production concurrentielle**.

### 3.3.2. Perspectives de recherche et développement

Malgré les divers usages, **l'arganier demeure insuffisamment exploité** car il renferme des potentialités jusque là inconnues et dont la mise à jour pourrait donner à cet arbre un nouvel essor dans son contexte socio-économique et culturel. A cet effet, certains aspects méritent d'être développés:

- L'utilisation des produits de l'arganier, comme la **saponine**, est très prometteuse pour la lutte contre les maladies infectieuses aussi bien humaines qu'animale. Un nouvel outil, la **bioinformatique** a été présenté pour évaluer l'efficacité de différentes molécules. Ces recherches sont à leur début et doivent par conséquent être encouragées.
- L'impact de **l'infestation des fruits par Ceratitis capitata sur la qualité des produits** de l'arganier n'est pas connu. Des programmes de recherches sur ce ravageur doivent être développés.
- Une **révision/actualisation de la norme nationale « caractéristiques chimiques »**, au vu d'une surestimation enregistrée de certains composés susceptibles d'encourager la fraude.
- Le **développement de l'aspect organoleptique** de l'huile d'argan renforcera l'importance la caractérisation variétale. En outre, la **mise en place d'un panel national** est très utile pour l'élaboration d'une norme sensorielle.
- La **mise en évidence des principes actifs** des différents extraits des parties de la plante (feuille, pulpe..) est absolument nécessaire pour comprendre les processus et modes d'action.
- La réalisation d'études sur **l'impact du mode d'extraction sur la qualité** pour trancher sur certains résultats contradictoires.
- Les **études cliniques doivent être amplifiées** à un plus large panel clinique, gagnerait en significativité. Ces études doivent être étalées sur une plus longue durée d'étude, nécessite une confirmation statistique plus large pour une confirmation des résultats préliminaires déjà acquis.

## Axe 4 : Structure et fonctionnement de l'écosystème

### 4.1.1. Synthèse des communications

L'écosystème Arganeraie joue le rôle de tampon amortissant la progression de la désertification vers le Nord. En plus, le rôle socioéconomique de cet écosystème n'est plus à démontrer. En effet, les arbres et le sous bois sont une source de subsistance pour les communautés locales. Cependant, cet écosystème est fortement sollicité et parfois même intensément utilisé au delà de sa capacité de régénération, induisant une dégradation démesurée. De ce fait, les produits et les services offerts par l'Arganeraie sont sérieusement menacés.





Les faciès de dégradation dans l'Arganeraie sont moins prévisibles en relation avec la grande domestication des peuplements et à la diversité des situations socio-écologiques. Ils sont plutôt liés au recouvrement arboré, l'abondance des profils arborés dégradés et au mode de gestion coutumier. Les agdals et les mises en culture sous arganier, qui profitent d'un statut de protection par les usagers, sont les espaces les moins touchés par la dégradation.

L'arganier a toujours configuré et rythmé la vie des populations locales étant toujours présent dans leurs activités culinaires, festives ou socioculturelles. Cependant, le boom du marché de l'argan a engendré de multiples conséquences sur la vie socioéconomique et culturelle de ces populations. En fait, la **marchandisation de l'argan** a eu à la fois des retombées positives et des effets négatifs sur tout l'écosystème. En effet, l'engouement pour les produits de l'arganier et la flambée de leurs prix (notamment l'huile), ont reconfiguré la vie socio-économique et culturelle locale : de nouveaux acteurs ont surgi, un marché non structuré et pas assez profitable aux locaux s'est mis en place, le savoir faire local s'érode, des coutumes et traditions sont en train de s'éroder, de nouveaux modes d'alimentation ont fait leur apparition. De ces faits, **l'intérêt que porte la population à l'arganier s'est réduit à sa valeur marchande, au détriment des autres valeurs socioculturelles qui lui étaient depuis longtemps attribuées**. Cette évolution des représentations a eu des conséquences sur le comportement des locaux envers tout l'écosystème Arganeraie.

Les produits à base d'argan constituent un levier du développement dans les régions du Souss-Massa et Haha. La création des coopératives d'argan a eu, certes des retombées positives sur les plans social, économique et environnemental ; particulièrement pour la femme rurale. Cependant, derrière ce succès apparent se cache un certain nombre de contraintes pouvant entraver la **durabilité de l'écosystème**. Il s'agit, en l'occurrence de la rareté de la matière première, à laquelle s'ajoutent la défaillance en matière de gestion et de commercialisation des produits, l'existence d'un marché atomisé et de l'analphabétisme qui caractérise une partie non négligeable de ces populations. Les coopératives se trouvent dans l'obligation d'œuvrer pour la certification de leurs produits et services dans le but d'accéder aux marchés extérieurs, de développer leur label éthique et de stimuler la création d'associations et de réseaux dans les différentes filières de production et de commercialisation.

Toutefois, **la survie et le développement de ces activités demeurent étroitement liés à la préservation de l'arganier**. La solution passe à l'évidence par l'implication des usagers dans la protection des arbres existants et par la plantation de nouveaux arganiers. La modernisation des processus de valorisation et la recherche marketing peuvent en faire une activité à très forte valeur ajoutée, notamment sur des marchés d'exportation.

La **forêt Tamri** est considérée comme un « **hotspot** » de la biodiversité dans le Réserve de Biosphère Arganeraie. Il abrite la deuxième plus importante zone de nidification de l'ibis chauve, l'une des espèces emblématique de la région. L'organisation de cet espace est basée sur l'exploitation des parcours forestiers (arganier) et sur l'utilisation agricole. Le territoire est constitué de terres (i) « mouchaâ » utilisées comme parcours collectifs et passages d'animaux, (ii) d'agdals collectifs et temporaires permettant l'organisation de la collecte des noix d'argan et le parcours, et (iii) d'agdals "privés" pour une agriculture extensive sur les versants et une agroforesterie relativement intensive dans les bas fonds basée sur l'association des céréales à des arbres fruitiers (olivier, amandier, caroubier, arganier).

Dans les **parcelles privées**, l'arganier est conduit pratiquement en arbre fruitier. Des cuvettes sont construites pour recueillir les eaux de ruissellements et les sédiments. Elles sont parfois sarclées, fumées et irriguées. Les noix sont destinées pour produire une huile de qualité. Sur les terres à usages privés, les paysans ont développé des pratiques de gestion de l'eau, de la terre et des arbres qui permettent la conservation des ressources et l'amélioration de la productivité.



Quinze pratiques ont été identifiées et analysées. L'organisation de l'espace selon sa tenure, son statut foncier, ses potentialités et sa destinée, détermine les usages et les pratiques de gestion des ressources (pastorales, sylvicoles, agricoles, hydriques) qui façonnent, à des degrés variables, les arbres, les peuplements et les paysages.

#### 4.1.2. Perspectives de recherche et développement

**Etude du milieu humain**, son évolution et ses interactions avec les ressources naturelles (anthropologie) :

- Etudes de changements sociétaux ;
- Etudes historiques et culturels (relations avec l'arganier et ses produits) ;
- Caractérisation et évolution des systèmes d'exploitation.

#### Aspects socioéconomiques

- Evaluation des coûts du travail, de la dégradation, des biens et services ;
- Dans le cadre de l'économie verte (développement durable), l'exemple de l'arganier peut être très illustratif ;
- Etude de la filière « huile d'argan » de l'amont à l'aval : production durable de la matière première, sa transformation (qualité) et sa valorisation en conformité avec le développement durable de l'écosystème;
- Etude des interactions marché – Développement durable (pressions);

**Recherche sur les aspects technologiques** : concassage, extraction de l'huile, emballage ...etc.

**Aspects méthodologiques** : Approche de développement et conservation : Enseignements à tirer des expériences passées (RAB).

## 5. Les principales recommandations globales

- Le Maroc a intérêt à **ratifier le plus rapidement possible le protocole de Nagoya** et à mettre en place une réglementation sur l'APA (**accès et partage des avantages**) et un cadre institutionnel pour le pilotage de sa mise en œuvre.
- La création d'un **pôle d'excellence en recherche** sur l'arganier et l'écosystème arganeraie assurant une meilleure synergie entre les différents chercheurs et institutions partenaires.
- La **modernisation des pépinières**, voire même la mise en place de **pépinières agrégées** comme ce qui se fait pour les autres essences telles que les agrumes, l'olivier, le palmier dattier et les autres espèces arboricoles. L'objectif étant de produire des plants standards et/ou certifiés
- Le développement des laboratoires de **biotechnologie** (culture in vitro) pour la production de clones à caractères spécifique et de bonne qualité.
- Elaboration d'un **référentiel technique** intégrant les connaissances acquises par les différents chercheurs et développeurs concernés par l'arganier aussi bien pour la conservation, le développement que la valorisation.
- La création d'un **réseau d'experts** nationaux et internationaux sur la qualité des produits de l'arganier.



- La mise au point **d'un kit rapide de détection de l'adultération** de l'Huile d'argan.
- L'obligation de fournir les **bulletins d'analyse** à l'échelle nationale comme à l'export pour la sécurité du consommateur.
- Le **Transfert de l'information scientifique** aux intervenants de la filière, notamment quant à l'impact de l'adultération de l'huile d'argan.
- L'amplification des **études cliniques** de l'Huile d'argan sur les pathologies cardiovasculaires à un plus large panel pour une meilleure significativité.
- La mise en place **d'étude type Cout/Bénéfice** mettant en évidence l'importance socioéconomique, sensorielle et habitudes alimentaires impliquant une sélection variétale garantissant une durabilité de la production concurrentielle.
- Le **développement de partenariat** entre les institutions nationales et étrangères, particulièrement le CIRAD, pour développer davantage leur collaboration, de mettre en place de nouveaux projets de recherche et de trouver les financements pour leur réalisation.
- L'encouragement de la recherche dans le domaine de l'utilisation des sous produits de l'arganier, notamment en alimentation animale. En effet, il été démontré que le rapport bénéfice/coût était largement en faveur de l'utilisation des tourteaux d'Argan.
- L'approfondissement des connaissances sur la tolérance à la sécheresse et la résistance aux maladies et aux ravageurs de l'arganier, notamment le rôle des cires des feuilles et des fruits.

En définitive, la réussite du contrat programme de la filière arganier, notamment ses composantes de conservation et de développement exige la production en masse et en qualité de plants adaptés aux différents milieux. A l'amont, toutes les techniques actuellement mises en œuvre peuvent être utilisées pour satisfaire les besoins en plants. Le mode conduite des peuplements, aussi bien de forêt naturelle que de plantation privée, doit être amélioré. A l'aval de la filière, il est indispensable d'organiser les circuits de commercialisation et de promouvoir le produit argan marocain pour assurer la plus grande valeur ajoutée aux bénéfices des populations des régions concernées.

La recherche scientifique, aussi bien biophysique et physicochimique qu'économique et sociale constitue un levier incontournable pour atteindre les objectifs attendus. Aussi, l'organisation des compétences nationales et internationales autour de cet arbre providence est une nécessité. De l'avis de tous les participants à ce premier congrès international sur l'arganier, la mise en place d'un centre national d'excellence de l'arganier est fortement souhaitable. Le développement d'un partenariat stratégique autour de ce centre permettra d'intégrer les connaissances acquises et d'assurer la synergie et le financement à long terme des programmes de recherche et développement.







## A. Communications orales

Axe 1 : L'Arganier  
et l'écosystème arganeraie



# La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant

**Yann le Polain de Waroux, Doctorant F.R.I.A., ELI/  
TECLIM, Université Catholique de Louvain, 3 Place Louis  
Pasteur, Louvain-la-Neuve, Belgique  
(yann.lepolain@uclouvain.be)**

Eric F. Lambin, Professeur, ELI/TECLIM,  
Université Catholique de Louvain, 3 Place Louis Pasteur, Louvain-  
la-Neuve, Belgique

## ***La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant***

### **Résumé**

La dégradation de l'arganeraie en termes de densité a été mesurée sur photos aériennes et images satellites pour une zone de 100.000 hectares dans la province de Taourtant, et les causes principales en ont été analysées. Les auteurs ont trouvé une perte de densité de 44,5% entre 1970 et 2007, attribuable principalement à l'aridification et aux coupes de bois pour la consommation domestique et la vente. Il semble y avoir eu une diminution des coupes durant la dernière décennie, qui serait attribuable à la consommation de gaz, de matériaux de construction modernes, et à la participation accrue des hommes au marché de l'emploi et à la migration.

## ***The degradation of the argan woodlands and its causes in the province of Taroudant***

### **Abstract**

The degradation of the argan forest in terms of density was monitored on aerial photographs and satellite images for an area of 100.000 ha in the Taroudant province, and its principal causes were investigated. The authors found a density loss of 44.5% between 1970 and 2007, principally due to increasing aridity and wood extraction for local consumption and for sales. There appears to have been decrease of wood extraction during the last decade, which may be due to the substitution of gas and modern building materials for argan wood, as well as the greater involvement of local men in the labor market and in migration.



## Introduction

L'arganeraie a connu de nombreuses transformations au cours des dernières décennies. Des transformations environnementales : extension des villes et des cultures sous serres en zone forestière, abandon de l'agriculture dans certaines zones marginales, dégradation qualitative ou quantitative de la forêt, reboisements. Mais aussi des transformations sociales et économiques : migration internationale et exode rural, développement des infrastructures, nouveaux acteurs institutionnels, développement du monde associatif et des ONGs, et explosion du marché de l'huile d'argane. L'arganeraie est devenue en ce début de 21<sup>ème</sup> siècle un territoire d'expérimentation du *développement durable*, porteur de l'espoir d'une réconciliation entre les intérêts économiques – des entreprises et des populations locales – et la conservation de la nature, comme en témoigne la nomination de l'arganeraie comme Réserve de la Biosphère de l'UNESCO. Ce rôle rend plus urgente encore la nécessité de mieux connaître les dynamiques écosystémiques, sociales et économiques de la région de l'arganier, et les liens entre ces différentes dynamiques. C'est à cette compréhension des liens entre évolution des activités humaines et changements dans l'arganeraie que tente de contribuer ce travail, en se concentrant dans un premier temps sur l'étude de la dégradation et de ses causes (les dynamiques sociales et économiques font l'objet d'un travail en cours qui n'est pas développé ici). La zone d'étude choisie se situe dans la province de Taroudant, à proximité d'Aoulouz, dans le piémont et le début de l'Anti-Atlas, et couvre environ 100.000 ha. C'est une région à relativement faible densité d'arganiers : généralement moins de 30 arbres par hectare. C'est aussi la partie la plus continentale de l'arganeraie, et à ce titre elle est marquée par des variations climatiques intenses. L'analyse de la dégradation présentée dans cette communication est un résumé d'un article publié par les auteurs en 2011 et qui comprend de nombreux détails méthodologiques qui n'ont pu être reproduits ici faute de place (voir le Polain de Waroux & Lambin 2011 pour ces détails). Elle fait partie d'une thèse de doctorat menée à l'UCL sur les dynamiques de changement social et environnemental dans l'arganeraie (voir les remerciements en fin de texte).

## Changements de couverture forestière dans l'arganeraie

Si la dégradation de l'arganeraie est reconnue depuis longtemps, les chiffres la quantifiant sont encore relativement peu nombreux à ce jour. Rocher (1926), Boudy (1958) et Monnier (1965) ont rapporté des coupes importantes pour la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, principalement attribuées à la demande en charbon et bois de feu des villes marocaines et de l'Europe pendant les deux guerres mondiales. McGregor, Dupont, Stuu & Kuhlmann (2009) ont observé une diminution de la concentration en pollen d'arganier dans des sédiments à proximité de la côte Atlantique depuis la fin du 18<sup>ème</sup> siècle.

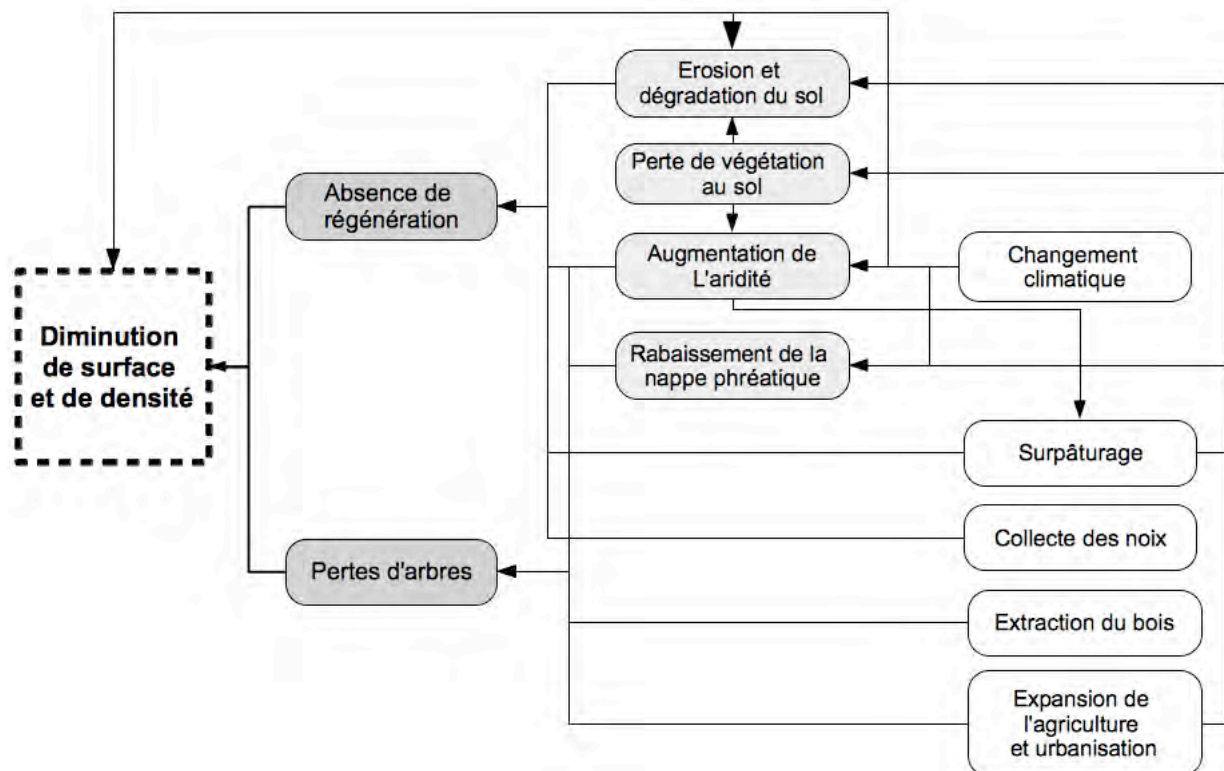
De même, si les causes principales de la dégradation ont été identifiées, il manque des études empiriques sur le lien entre celles-ci et l'intensité de la dégradation. El Yousfi (1988, cité dans Mhirit et al., 1998), a montré que des forêts de moyenne et de faible densité ont été ouvertes à l'agriculture sur 45% d'une zone de 22000 hectares dans la plaine du Sous entre 1969 et 1986. Un rapport récent (TTOBA, 2007) a montré qu'entre 1969 et 2006, 9% d'une surface de 55000 hectares incluant la précédente avaient été déboisés pour l'agriculture entre 1969 et 2006, et 5% pour l'urbanisation, et que 32% avaient perdu en densité.

La dégradation dans l'arganeraie résulte de la combinaison de l'absence de régénération et de la perte d'arbres, qui dépend elle-même de facteurs biophysiques et sociaux (voir figure 1). Le manque voire l'absence complète de régénération de l'arganeraie est reconnu depuis longtemps (M'Hirit et al., 1998; TARRIER & BENZYANE, 2003; NOUAIM, 2005; BELLEFONTAINE 2010).





Il peut être causé en partie par le surpâturage, car les animaux mangent les jeunes pousses (M'Hirit et al., 1998; Nouaim, 2005; Naggar, 2005; Aafi, 2007). Des expériences sur des périmètres fermés au pâturage (Culmsee, 2005; Taleb, 2007) ont montré que la régénération peut se faire si ceux-ci sont exclus. Le surpâturage peut aussi endommager les sols et causer de l'érosion (M'Hirit et al., 1998; Aafi, 2007). Certains auteurs sont également d'avis que le pâturage excessif par les caprins et les camelins endommage les arbres (M'Hirit et al., 1998; Nouaim, 2005; Aafi, 2007), tandis que d'autres suggèrent qu'un pâturage modéré stimule la production de fruits (Bourbouze & al., 2005). La collecte des noix (*afiyach*) pour la production d'huile peut devenir un problème si trop peu de graines sont laissées au sol pour la germination, ce qui semble être le cas par endroits (M'Hirit et al., 1998; Benghazi, 2007). L'augmentation des prix de l'huile d'argane a probablement causé une intensification de la collecte des fruits depuis la fin des années 1990 (Lybbert, 2002).



**Figure 1** : Modèle conceptuel de la dégradation

L'augmentation de l'aridité, rapportée à échelle régionale par Esper et al. (2007), pourrait avoir des conséquences négatives sur la germination et la survie des pousses (Nouaim, 2005; voir aussi Stour & Agoumi, 2009). Il a été montré que l'aridité augmente l'instabilité du développement, ce qui revient à dire qu'elle diminue la résilience des individus (Alados & El Aich, 2008). Un stress hydrique excessif peut augmenter la mortalité des arbres, particulièrement ceux sur des pentes fortes et fortement exposées au soleil (El Abidine, 2003). L'augmentation de l'aridité peut être due à un changement ou cycle climatique, ou à des changements dans les conditions micro-climatiques induits par la diminution du couvert forestier et de la végétation au sol (M'Hirit et al., 1998; Nouaim 2005). Les sécheresses peuvent exacerber la pression du pâturage sur les ressources existantes (M'Hirit et al., 1998).



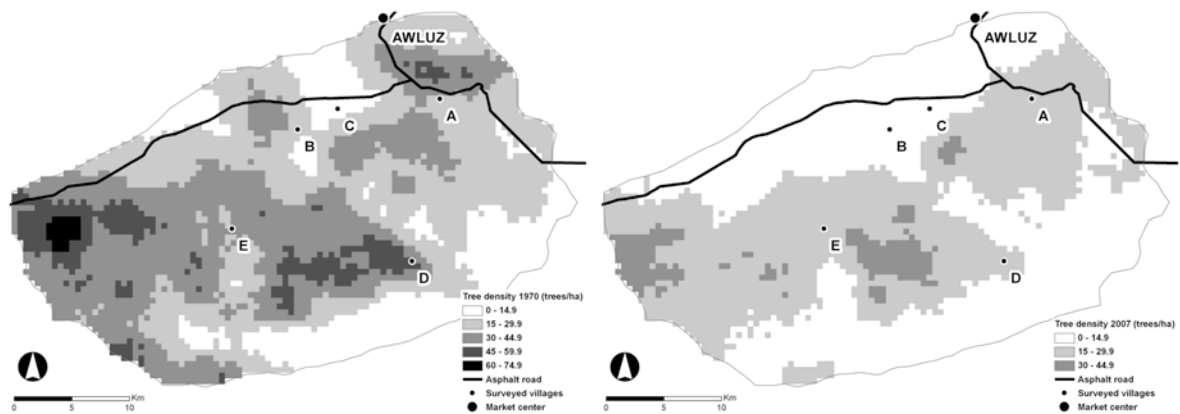
La diminution du couvert forestier et de la végétation au sol peut aussi causer de l'érosion, qui, parallèlement à la dégradation des sols (sous la forme de salinisation et perte de matière organique, principalement dans les zones irriguées), peut rendre des sols impropres à la germination (Bani Aameur & al., 2001; Nouaim, 2005; Aziki, 2008). Des villes comme la conurbation d'Agadir-Aït Melloul-Inezgane, ainsi que de plus petits centres administratifs et que des zones de tourisme balnéaire, se sont étendus dans la forêt (M'Hirit et al., 1998; Nouaim, 2005; TTOBA, 2007). L'agriculture irriguée s'est également étendue dans la forêt, principalement dans la plaine du Souss (El Yousfi, 1988; TTOBA, 2007). Un effet indirect de l'expansion de l'agriculture irriguée est l'abaissement de la nappe phréatique par le surpompage, qui peut augmenter la vulnérabilité des arbres à la sécheresse (M'Hirit et al., 1998; El Abidine, 2003; Nouaim, 2005; TTOBA, 2007). Enfin, une extraction excessive de bois pour le commerce et pour la consommation locale a été considérée depuis longtemps comme un problème majeur dans la région (Monnier, 1965; M'Hirit *et al.*, 1998; Bourbouze & El Aich, 2005; Nouaim, 2005; Faouzi, 2005; Aafi, 2007; Abourouh, 2007).

Plusieurs des liens décrits ci-dessus sont encore partiellement hypothétiques, et leur importance relative n'est pas toujours connue. Il se peut que des causes importantes aient été omises, ou que certaines de celles mentionnées soient peu significatives. Il s'agit donc bien d'un modèle « exploratoire » de la dégradation, qui a pour but de fournir le contexte à l'étude de cas ci-après. Cette étude se concentre sur la mesure de la dégradation en termes de densité, et sur trois causes : l'aridification, l'extraction de bois, et le pâturage. En ce qui concerne les autres causes mentionnées, soit il nous était impossible de les évaluer avec les données disponibles, soit elles ne jouaient pas un rôle important dans la zone d'étude – comme par exemple l'urbanisation et l'extension de l'agriculture irriguée, qui en sont quasiment absentes. Comme il a été mentionné précédemment, il s'agit ici d'un aperçu qui ne reprend pas tous les détails méthodologiques de l'étude.

## Mesure du changement de densité

Pour estimer le changement de densité de la forêt nous avons utilisé d'une part, une série de photos aériennes au 1/30.000 datant de 1970, et d'autre part, les images SPOT et IKONOS datant de 2007 qui sont disponibles sur Google Earth, à respectivement 2,5m et 1m de résolution. Après géocorrection des photos aériennes (avec le logiciel ILWIS, en utilisant le modèle numérique de terrain ASTER GDEM et 20 points de contrôle par photo), un échantillon de 1067 cercles de 50m de rayon a été généré de manière aléatoire au sein d'une grille de maille d'1 km carré. Le nombre d'arbres dans chaque cercle a été compté pour les deux dates – la valeur de 2007 a été rectifiée (à la hausse) sur base de la relation entre les comptages sur image et les comptages sur le terrain dans 38 zones de contrôle. La densité forestière ainsi mesurée a diminué en moyenne de 27,4 arbres/ha à 15,2 arbres/ha sur la période d'étude, soit un changement de -12,2 arbres/ha, ou -44,5% (voir figure 2).





**Figure 2** : changement de densité (à gauche : densité en 1970 ; à droite, densité en 2007)

## Causes du changement de densité

Pour évaluer l'effet des *coupes de bois*, nous avons procédé en deux étapes. Premièrement, afin de mesurer la contribution de la consommation domestique de bois de feu à la dégradation, nous avons estimé la consommation totale annuelle de bois de feu dans cinq villages, sur base de questions sur la consommation de bois dans un échantillon de 86 ménages. Nous avons ensuite projeté ce qu'aurait pu être la tendance du couvert forestier depuis 1970 sur la seule base de cette consommation et de l'accroissement moyen, et nous avons comparé les chiffres avec la tendance observée. Sur les cinq villages, deux avaient une valeur projetée négative et plus basse que la valeur observée, et trois avaient une valeur positive.

Ceci montre que sur l'ensemble de la période, la consommation domestique de bois était vraisemblablement supérieure à la capacité d'accroissement de la forêt dans deux villages sur cinq, mais reste insuffisante pour expliquer seule la diminution dans les trois autres cas. Deuxièmement, nous avons estimé la corrélation entre les contraventions pour colportage illégal de bois entre 1972 et 2007 – le seul indicateur chiffré disponible pour le commerce de bois – et la diminution de couvert, par village, pour 40 villages.

La corrélation n'était pas significative à un seuil de 90%. Si ceci pourrait suggérer à première vue qu'il n'y a pas de lien entre commerce de bois et diminution du couvert, il faut toutefois souligner que les contraventions, dictées par les capacités humaines et matérielles du service forestier, sont un piètre indicateur du commerce réel. Tous nos témoignages concordent en effet pour dire que le commerce de bois et de charbon d'arganier était, jusqu'à la fin des années 1990, une activité courante dans la région, pratiquée par la majorité des ménages du piémont de manière régulière.

Entre les années 1970 et 1990, des camions acheminaient même le bois d'arganier vers d'autres régions. Plusieurs témoignages font état de ventes quotidiennes au souk et de chargements hebdomadaires de camions en bois. Il serait fort peu vraisemblable que toute cette activité n'ait pas eu un impact important sur la forêt.

Pour estimer l'effet de l'*aridification* sur le changement forestier, nous avons d'abord estimé la tendance d'un indice d'aridité, l'indice de gravité de la sécheresse de Palmer ou PDSI (Palmer, 1965). Pour la période d'étude, celui-ci a diminué de manière significative, ce qui indique qu'il y a bien eu aridification – qu'elle soit linéaire et liée au changement climatique mondial, ou qu'elle fasse partie d'un cycle, par exemple lié au phénomène El Niño.



Comme une augmentation d'aridité aurait eu un effet plus marqué sur les zones plus exposées au rayonnement solaire et à basse altitude, qui sont déjà d'ordinaire exposées à des températures plus élevées, nous avons mesuré par une régression linéaire l'influence d'un indice d'exposition (le Solar Radiation Index, tiré de Keating, Gogan, Vore & Ilby, 2010) et de l'altitude sur la diminution de couvert, en incluant la densité initiale comme variable de contrôle. Les trois variables étaient significative, et le SRI avait un coefficient particulièrement élevé : les pentes les plus exposées au soleil ont subi un taux de diminution de la densité très nettement supérieur aux pentes les moins exposées. Ceci indique que l'aridification a dû jouer un rôle important dans la dé-densification de l'arganeraie dans cette zone, une observation d'ailleurs corroborée par les résidents eux-mêmes, qui sont nombreux à témoigner que beaucoup d'arbres sont morts lors des dernières sécheresses.

Enfin, pour estimer l'effet du *pâturage*, nous avons estimé la corrélation entre le nombre d'animaux par village (la moyenne des valeurs pour 1970 et 2009, telles qu'estimées par les autorités locales – *moqaddmin*), et le changement de densité forestière, pour 22 villages. La corrélation n'était pas significative à 90%. Cependant, ici aussi, l'indicateur est problématique, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, les estimations ainsi faites ont une fiabilité limitée. Deuxièmement, elles ne tiennent pas compte de la pression des troupeaux des nomades. Troisièmement, cette approche ne capture pas l'effet à plus long terme du pâturage sur la régénération (qui est, comme ailleurs dans l'arganeraie, complètement absente). Tout au plus peut-on en conclure qu'un effet direct du pâturage sur la mort des arbres n'a pas pu être observé.

Nous avons donc là une zone qui a connu une forte dégradation entre 1970 et 2007, en partie au moins causée par l'aridification du climat, les coupes domestiques et les ventes de bois et de charbon. Quelle est la tendance aujourd'hui? Le principal de la dégradation s'est-il passé plutôt au début où à la fin de la période d'étude? Y a-t-il eu un changement de comportement vis-à-vis de la forêt, et si oui, quelle en est la cause? Si les photos ne nous apprennent rien sur le sujet, les enquêtes sur le terrain, elles, fournissent des éléments de réponses.

## Contexte social et économique du changement : quelques éléments

Les ventes de bois, et dans une moindre mesure, de charbon, ont depuis longtemps constitué un revenu d'appoint dans cette région, particulièrement en temps de sécheresse. L'accroissement de la demande des villes, la disponibilité de nouveaux moyens de transport et l'accroissement de la population rurale n'ont probablement fait qu'exacerber cette pression de coupe, et ce jusque récemment. Cependant, tout indique que les coupes ont diminué drastiquement pendant la dernière décennie. En effet, certains villages avec un taux de diminution de la densité forestière élevé présentent aujourd'hui très peu de traces de coupes (celles-ci ont été observées sur une série de transects dans les territoires de 5 villages, avec un total de 475 points d'observation). Si la consommation domestique persiste, les témoignages concordent sur le fait que les ventes de bois ont énormément diminué depuis la fin des années 1990 – elles ont en fait quasiment disparu dans la majorité de la zone. Aujourd'hui, le bûcheronnage est une activité résiduelle, apparemment vouée à disparaître.

Les causes de ce changement sont multiples. La généralisation de l'usage du gaz dans les villes et la disponibilité de bois et charbon d'autres essences (comme l'olivier et l'oranger) due aux activités des fermes irriguées de la plaine ont certainement contribué à concurrencer le bois d'arganier. La disponibilité de matériaux de construction modernes, notamment les poutres en eucalyptus et le ciment, permet de se passer de poutres en bois d'arganier (considérées comme trop courtes) pour les constructions récentes.



La perspective de gains liés au marché de l'huile d'argan a pu changer les valeurs et les comportements par endroits – bien que, selon notre étude en cours sur la contribution de l'huile d'argane aux revenus des ménages, ces gains ne se soient encore que très faiblement matérialisés dans la zone, avec 4% en moyenne des revenus en 2009 pour les 86 ménages enquêtés. Mais le facteur majeur qui a contribué à la diminution des ventes de bois est probablement le coût d'opportunité du travail dans un contexte d'intégration au marché de l'emploi par la migration. La vente de bois était et reste un travail difficile, risqué car illégal, et relativement mal rémunéré (aujourd'hui encore, le prix d'un chargement d'âne, soit une demi-journée à une journée de travail si l'on comprend le transport, est de 50 à 70 Dh, moins qu'un salaire de journalier dans l'agriculture). Les jeunes des villages de toute la région, faute d'opportunités porteuses dans leurs villages, sont partis travailler dans les villes, et dans une moindre mesure, à l'étranger. Là, s'ils commencent avec des salaires bas, ils ont une perspective d'amélioration, et avec les années, beaucoup accèdent à des niveaux de revenus qui dépassent largement ce qu'ils auraient pu obtenir en restant au village.

Ainsi les bûcherons vieillissent, quittent le métier et ne sont pas remplacés. Il en est de même, dans une large mesure, pour les bergers : très peu de jeunes aujourd'hui gardent les bêtes. Le nombre d'animaux diminue, au moins par endroits, car la chèvre et le mouton font moins qu'avant office de placement (il existe des familles qui augmentent leur troupeau, mais la tendance générale semble être à la baisse). Cette diminution du cheptel est probablement remplacée en partie par une augmentation du nombre des troupeaux nomades, difficile toutefois à mesurer.

Si certains ont pu développer des activités économiques porteuses dans leur village ou dans ses environs proches, l'émigration vers les villes et vers l'étranger est devenue une composante centrale de l'économie locale, et les transferts des migrants constituent une source majeure de devises (35% des revenus en moyenne en 2009, pour les ménages enquêtés). La discussion ci-dessus montre qu'elle a vraisemblablement contribué aussi à une diminution importante de la pression de coupes au cours de la dernière décennie.

## Conclusion

Cette étude illustre une dynamique de changement dans une partie l'arganeraie différente par certains aspects de celle observée dans d'autres régions. L'arganeraie d'Aoulouz a connu une perte de densité importante en l'espace de quelques décennies, sous l'effet conjugué de l'aridification et des coupes, peut-être aggravées par le surpâturage. Si les coupes semblent avoir fortement diminué à ce jour, la consommation de bois de cuisson et de chauffe dans une forêt qui ne se régénère pas reste problématique. D'autant plus inquiétant est l'effet de l'aridité sur la perte de densité qui selon les projections du GIEC (IPCC 2007) a toutes les chances d'augmenter au cours du siècle à venir. Cela pose question sur les perspectives de l'arganier en tant qu'espèce et en tant que ressource économique. Par ailleurs, nous avons suggéré que l'intégration au marché de l'emploi a probablement permis, récemment du moins, de diminuer la pression de coupes dans l'arganeraie en rendant obsolète l'activité de bûcheron.



## Remerciements

Cette recherche fait partie d'une thèse de doctorat (2008-2012) intitulée « Trajectoires de changement dans le système socio-écologique de l'arganeraie », menée à l'Université Catholique de Louvain (Belgique) sous la direction du professeur Eric F. Lambin, et financée par le Fonds National pour la Recherche dans l'Industrie et l'Agriculture (FRIA, Belgique). Elle n'aurait pu se faire sans les apports précieux des membres de mon comité d'accompagnement de thèse : Mohammed Qarro (ENFI), Marc Mormont (ULg), Veerle Vanacker (UCL), ni sans ceux de Jeanne Chiche (anciennement IAV Hassan II). L'ENFI, et particulièrement le professeur Mohammed Sabir, a apporté un support logistique important. Abdelhakim Bourahet, Lahoucine Bouffi et Morad Choukri m'ont été d'une aide précieuse sur le terrain en tant qu'enquêteurs, interprètes et guides. Des discussions avec des personnes de l'ENFI, du HCEFLCD, du CRF de Rabat et de Marrakech et de la DREF-SO et l'IAV m'ont permis d'affiner mes connaissances sur les aspects forestiers et économiques. Enfin, je remercie les nombreuses personnes sur le terrain qui ont patiemment accepté de répondre à mes incessantes questions, m'ont fourni un toit, invité pour un thé, ou simplement accompagné d'une présence chaleureuse.

## Références bibliographiques

- Aafi, A.** (2007). Rôle des cactus dans la restauration de l'arganeraie et de ses composantes floristiques et faunistiques dans la province de Tiznit. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 38, 69-76.
- Abourouh, M.** (2007). La recherche scientifique sur l'Arganier : Bilan et Perspectives. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 38, 22-31.
- Alados, C. L., & El Aich, A.** (2008). Stress assessment of argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) in response to land uses across an aridity gradient: translational asymmetry and branch fractal dimension. *Journal of Arid Environments*, 72(4), 338-349.
- Stour, L., & Agoumi, A.** (2009). Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécologie Appliquée*, 16, 215-232.
- Bani-aameur, F., & Sipple-Michmerhuizen, J.** (2001). Germination and seedling survival of Argan (*Argania spinosa*) under experimental saline conditions. *Journal of Arid Environments*, 49, 533-540.
- Belghazi, B., Ezzahiri, M., El Kharouidet, A., & Belghazi, T.** (2007). Bilan des nouveaux recépages de l'arganeraie d'Ida ou Throuma (Tamanar): vitesse de croissance des rejets et vigueur des souches en relation avec le milieu. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 38, 106-123.
- Bellefontaine, R.** (2010). De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels)? *Sécheresse*, 21(1), 42-53.
- Benbrahim, K. F., Ismaili, M., Benbrahim, S. F., & Tribak, A.** (2004). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation: impact du phénomène au Maroc. *Sécheresse*, 15(4), 307-320.
- Boudy, P.** (1958). *Economie forestière Nord-Africaine*. Paris: Larose.
- Bourbouze, A., & El Aïch, A.** (2005). L'élevage caprin dans l'arganeraie: l'utilisation conflictuelle d'un espace. *Cahiers Agricultures*, 14, 447-453.



- Culmsee, H.** (2005). Vegetation and pastoral use in the Western High Atlas Mountains (Morocco) An assessment of sustainability from the geobotanical perspective. Dans M. Aït Hamza, & H. Popp (Eds.), *Pour une nouvelle perception des fonctions des montagnes du Maroc* (pp. 67-80). Rabat: Actes du 7e colloque maroco-allemand.
- El Abidine, A.** (2003). Le dépérissement des forêts au Maroc: Analyse des causes et stratégies de lutte. *Sécheresse*, 14(4), 209-218.
- El Yousfi M.** (1988). *La dégradation de l'arganeraie dans le sud marocain: cas de la forêt d'Admine (Souss) entre 1969 et 1986*. Thèse, IAV Hassan II, Rabat.
- Esper, J., Frank, D., Büntgen, U., Verstege, A., Luterbacher, J., & Xoplaki, E.** (2007). Long-term drought severity variations in Morocco. *Geophysical Research Letters*, 34(17). FAO. (2010). Global Forest Resources Assessment 2010.
- Faouzi, H.** (2005). Exploitation du bois dans les arganeraies, Haut-Atlas Occidental. *Espaces Marocains*, 5, 12-31.
- IPCC** (2007). *Fourth assessment report*. Cambridge: Mass.
- Keating, K. A., Gogan, P. J. P., Vore, J. M., & Irby, L. R.** (2010). A simple solar radiation index for wildlife habitat studies. *Journal of Wildlife Management*, 71(4), 1344-1348.
- Lefhaili, A.** (2010). *FAO forest resources assessment: Morocco country report*. FAO.
- Lybbert, T. J., Barrett, C. B., & Narjisse, H.** (2002). Market-based conservation and local benefits: the case of argan oil in Morocco. *Ecological Economics*, 41(1), 125-144.
- Lybbert, T. J., Magnan, N., & Aboudrare, A.** (2010). Household and local forest impacts of Morocco's argan oil bonanza. *Environment and Development Economics*, 15(04), 439-464.
- McGregor, H. V., Dupont, L., Stuut, J.-B. W., & Kuhlmann, H.** (2009). Vegetation change, goats, and religion: a 2000-year history of land use in southern Morocco. *Quaternary Science Reviews*, 28(15-16), 1434-1448.
- Mhirit, O., Benzyane, M., Benchekroun, F., El Yousfi, S. M., & Bendaanoun, M.** (1998). *L'arganier, une espèce fruitière-forestière à usages multiples*. Sprimont: Mardaga.
- Monnier, Y.** (1965). Les problèmes actuels de l'arganeraie marocaine. *Revue Forestière Française*, (11), 750.
- Msanda F., Peltier J.-P., El Aboudi A.** (2007). Ecologie de l'arganier et typologie des arganeraies. In: *Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie*. Rabat: Ed. IAV Hassan II; 8-107.
- Naggar, M., & Mhirit, O.** (2006). L'arganeraie: un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. *Sécheresse*, 17(1-2), 314-317.
- Nouaim, R.** (2005). *L'arganier au Maroc: entre mythes et réalités*. Paris: L'Harmattan. 227 S.
- Palmer, W. C.** (1965). *Meteorological drought*. Washington: U.S. Department of Commerce.
- Rocher, P.** (1926). L'arganier. *Annales de Géographie*, 35(195), 259-267.
- Taleb, M. S., Bellaka, M., & Achour, A.** (2007). Effet de la clôture sur la biodiversité et la dynamique de l'arganeraie. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 38, 171-185.
- Tarrier, M. R., & Benzyane, M.** (2003). L'arganeraie marocaine se meurt: problématique et bio-indication. *Sécheresse*, 14(1), 60-62.
- TTOBA** (2007). *Etude d'aménagement par identification des impacts des mises en culture sur la forêt d'arganier de la plaine de Souss*.



# Analyse de la diversité génétique de l'arganeraie marocaine : collecte, caractérisation et analyse de la structuration des populations

**EL BAHLOUL Y.<sup>(1)</sup>, DAUCHOT N.<sup>(2)</sup>, MACHTOUN I.<sup>(1)</sup>, BOUZOUBAA Z.<sup>(1)</sup>,  
SAIDI N.<sup>(1)</sup>, GABOUN F.<sup>(1)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Institut National de la Recherche Agronomique INRA, Avenue Ennasr Rabat, Maroc, BP 415 RP Rabat, Maroc.

<sup>(2)</sup> Université de Namur FUNDP, Rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur, Belgique.

## Introduction

L'arganier, arbre aux multiples usages, voit son potentiel de production se détériorer, en partie, suite à l'exploitation abusive, aux sécheresses répétées, à la destruction de son habitat et à l'insuffisance de la régénération naturelle. A l'instar d'autres espèces forestières, la longue période de régénération rend délicate une migration pour faire face aux changements environnementaux. La conservation de la diversité génétique revêt donc une grande importance et constitue désormais une nécessité pour sauvegarder un patrimoine humanitaire au profit des générations futures.

L'évolution des espèces jadis dominée par les facteurs environnementaux qui varient au sein de la distribution géographique d'une espèce, se voit perturbée par l'intervention de l'Homme. La sélection naturelle conduit à une différenciation adaptative et aboutit à une évolution génétique à travers une variation des fréquences alléliques et génotypiques. La compréhension et la maîtrise de la diversité existante au sein des ressources génétiques sont parmi les principales issues pour une gestion durable des écosystèmes, dans un contexte de changements climatiques annoncés.

L'étude présentée vise la contribution à la sauvegarde et au développement de l'arganeraie marocaine, via une caractérisation affinée par le développement de nouveaux outils moléculaires spécifiques à cette espèce. Outils pour l'évaluation de la diversité génétique, la quantification des flux de gènes et la structuration des populations d'arganier, pour mieux identifier les arbres, cibles de la multiplication, pour une régénération de la diversité et une prédiction de la vigueur hybride.





## Matériel et méthodes

### **Evaluation morphologique :**

Un échantillonnage a été réalisé, au niveau de l'arganeraie mère du Sud et des deux îlots de Oued Grou et de Chwihiya (Tableau 1). 380 arganiers ont été retenus pour la réalisation de l'étude présentée.

Tableau 1 : Identification des populations d'arganiers analysées pour la caractérisation basée sur les descripteurs morphologiques.

Population	Région
Pop 1	Agadir
Pop 2	Rabat
Pop 3	Rabat
Pop 4	Rabat
Pop 5	Oriental
Pop 6	Essaouira
Pop 7	Agadir
Pop 8	Agadir
Pop 9	Oriental

Quatorze descripteurs morphologiques, déterminés à partir de la liste des descripteurs de Bioersivity International pour d'autres espèces arbustives, ainsi que de travaux publiés par d'autres chercheurs, ont été utilisés pour la caractérisation phénotypique.

### **Développement de marqueurs**

L'ADN extrait à partir de feuilles, a été utilisé dans l'enrichissement des banques d'ADN génomique avec des séquences microsatellites, selon le protocole de Glenn et Schable (2005). Des sondes biotynilées ont été utilisées pour la détection des clones positifs insérés dans des vecteurs et mis en culture dans des colonies bactériennes. Les séquences renfermant des motifs microsatellites sélectionnées ont été séquencées et les amorces correspondantes ont été conçues pour le test du polymorphisme.

### **Génotypage et analyses moléculaires**

Les analyses moléculaires ont été réalisées pour répondre à deux attentes, tout d'abord tester la robustesse et le polymorphisme des nouveaux marqueurs développés lors de cette étude et d'autre part, l'analyse de la structuration des populations. Neuf populations ont été analysées par 6 marqueurs dont 5 nouvellement développés. Ces derniers sont actuellement soumis à une publication dans une revue scientifique internationale.

### **Analyses statistiques**

Le logiciel Statistical Analysis System a été utilisé pour les analyses univariées et multivariées basées sur les données continues. Les analyses descriptives ainsi que les représentations factorielles de correspondance et le test d'homogénéité et de probabilité d'appartenance aux groupes d'origines, basées sur les données alléliques, ont été réalisées par les logiciels GeneClass 2 version 2.0.h, Genetix 4.05.2 et STRUCTURE2.3.1.

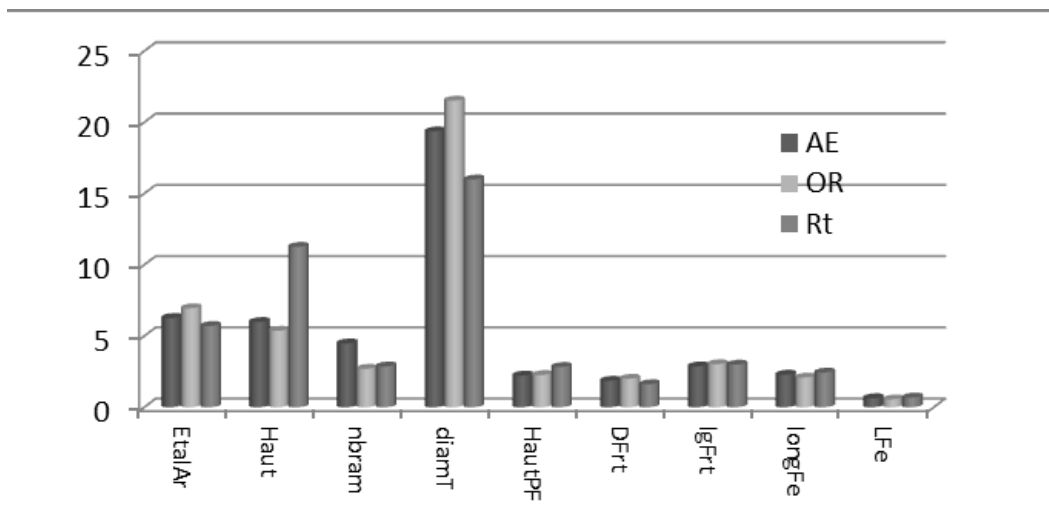


## Résultats et Discussions

Les résultats présentés dans ce document sont préliminaires et constituent une partie d'un programme de recherche sur l'arganier, mené par l'Institut National de la Recherche Agronomique. Une collection a été réalisée pour disposer d'une base de données positionnelles, morphologiques et génétiques, visant une caractérisation complète de l'arganeraie marocaine d'Essaouira - Agadir (AE), avec les reliques des régions de Rabat (Rt) et de Oriental (OR).

### *Caractérisation phénotypique*

Une grande variabilité intra et inter populations a été mise en évidence par les analyses de la variance. La figure 1 illustre la variabilité pour les caractères liés à la description des arbres et de leurs produits : feuilles et fruits.

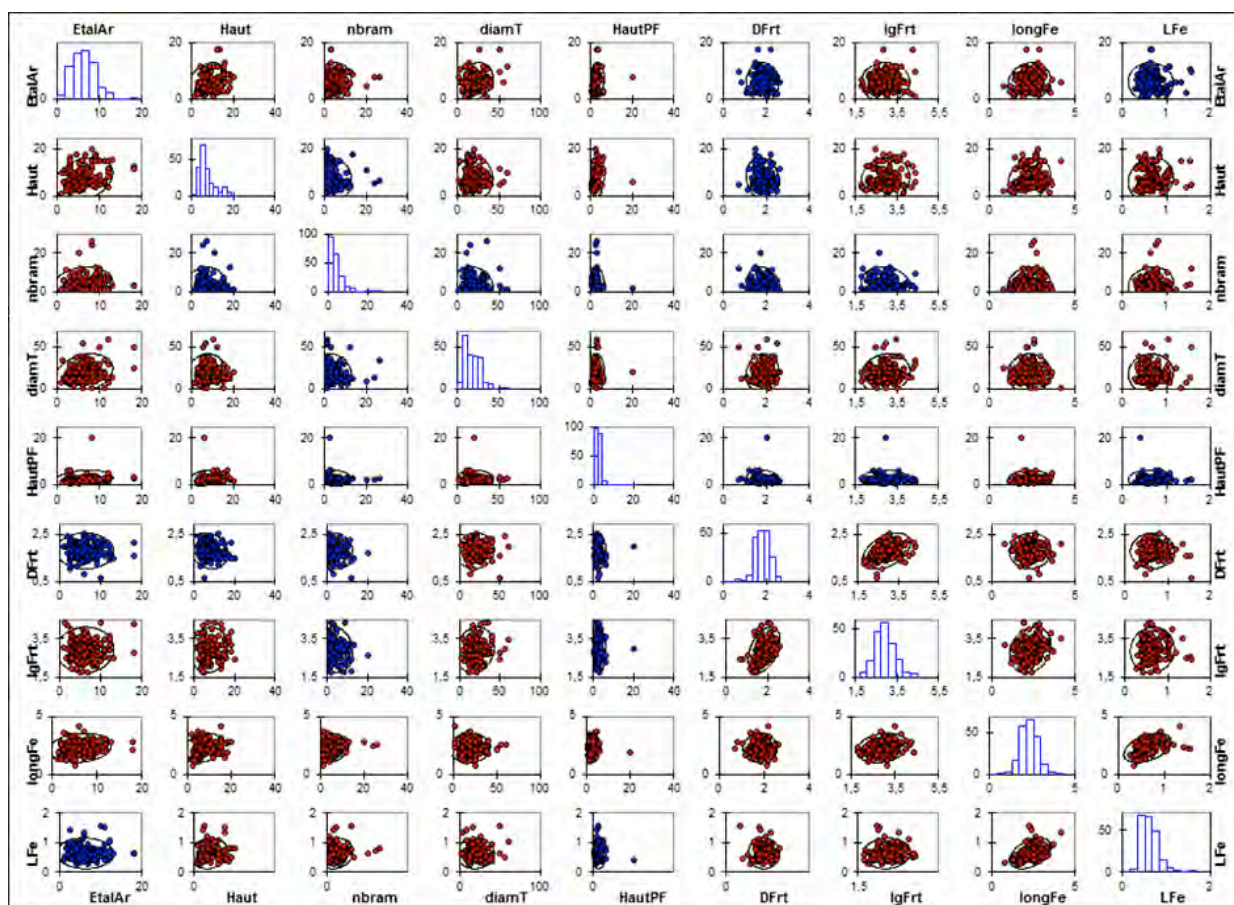


**Figure 1** : Comparaison des moyennes des populations issues de l'arganeraie du Sud (AE), de la région de Rabat (Rt) et de l'Oriental (OR), pour 9 descripteurs morphologiques.

Les résultats montrent une variabilité entre les trois régions pour plusieurs caractères tels que les ramifications des arbres et le diamètre du tronc. Ces derniers sont des paramètres liés à l'âge des arbres et révéleraient une ancienneté des arbres de l'arganeraie de l'Oriental par rapport à ceux du Sud. La hauteur s'est également avérée un caractère qui distingue de manière significative certains arbres de l'Oriental.

Dans l'objectif de réduire le nombre de caractères utilisés dans les observations, mesures et notations, tout en gardant la fiabilité de l'analyse, nous avons procédé à une analyse des corrélations multiples (Figure 2).





**Figure 2 :** Digramme des corrélations des principaux caractères mesurés sur 380 arganiers issus des 3 régions

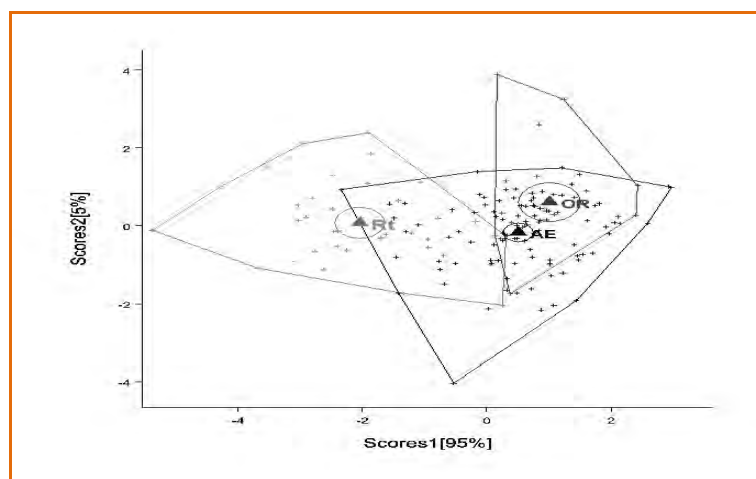
L'analyse des corrélations entre les caractères mesurés n'a pas révélé de fortes corrélations des paramètres pris deux à deux. Par conséquent, tous les caractères seront retenus dans les analyses du reste de la collection, pour l'évaluation phénotypique. Ceci montre que l'information révélée par chaque descripteur est unique et renseigne plus sur les arbres en tant que morphotypes.

Les observations directes appuyées par les analyses statistiques univariées, montrent déjà l'existence d'une grande diversité au sein de l'arganeraie, qui se répercute indéniablement sur la productivité et la qualité de l'huile produite.

Pour passer à une approche plus globale, permettant la comparaison des arganeraies, basée sur des facteurs tenant compte des différents caractères, nous avons réalisé des analyses multivariées.

L'analyse factorielle discriminante a été utilisée pour visualiser la répartition graphique de la diversité de la collection étudiée, après une synthétisation des variables de départ, en un nombre plus réduit permettant de séparer au mieux des groupes différents. La figure 3 montre la représentation graphique des populations des trois régions sur un plan formé par les deux premiers axes de l'AFD, qui expliquent 95% de la variabilité totale.





**Figure 3** : Projection de 380 arganiers issus de 3 régions, sur les 2 premiers axes de l'AFD expliquant 95% de la variabilité totale.

La représentation graphique montre une structuration morphologique marquée entre les arganiers des trois régions. Les nuages de points liés aux deux reliques se rapprochent tout en étant distincts. Une relation semble par contre être établie avec l'arganeraie mère, du fait du chevauchement illustré par le plan de projection de l'analyse. Le rapprochement morphologique est plus accentué entre les populations de l'arganeraie d'Essaouira - Agadir et de celles de l'Oriental, que de celles de la région de Rabat, qui montre une plus grande dispersion. Une analyse rapprochée pour déterminer la caractéristique des populations de cette arganeraie a montré qu'elles se distinguent par des petits arbres avec des petits fruits et peu productifs. Ces résultats permettent d'ouvrir d'autres champs de recherche pour déterminer les points communs entre l'arganeraie principale et les îlots résiduels pour comprendre la relation phylogénique et le degré de parenté qui les relie.

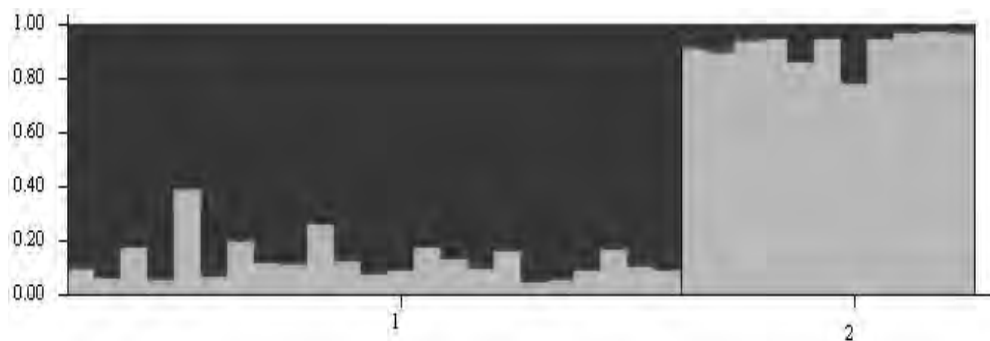
En dépit de la grande variabilité révélée par les descripteurs morphologiques, la question reste celle de leur stabilité et leur interaction avec l'environnement. Pour donner un jugement fiable pour la sélection d'arganiers performants, la caractérisation moléculaire reste une approche complémentaire pour l'identification génétique des arbres cibles pour la régénération et les croisements.

### **Caractérisation moléculaire**

Vu la carence en marqueurs spécifiques à l'arganier, nous avons d'abord orienté le travail de recherche vers la conception de nouveaux marqueurs spécifiques et polymorphes. L'enrichissement des banques d'ADNg a abouti au développement de 31 marqueurs microsatellites dont 5 ont été utilisés pour l'évaluation moléculaire des populations.

Pour un premier test de fiabilité des marqueurs produits, les données alléliques de 37 génotypes appartenant à 2 populations ont été analysées pour l'aptitude des marqueurs à dissocier les deux populations. Les résultats sont représentés dans la figure 4.





**Figure 4 :** Distribution des probabilités d'appartenance pour un nombre  $k=2$  de groupes génétiques

L'analyse Bayésienne a permis l'affectation de manière très nette des individus aux deux groupes définis pour l'analyse. Chaque arganier, représenté par une barre verticale se caractérise par des probabilités, données par les différentes couleurs, d'appartenance à un groupe.

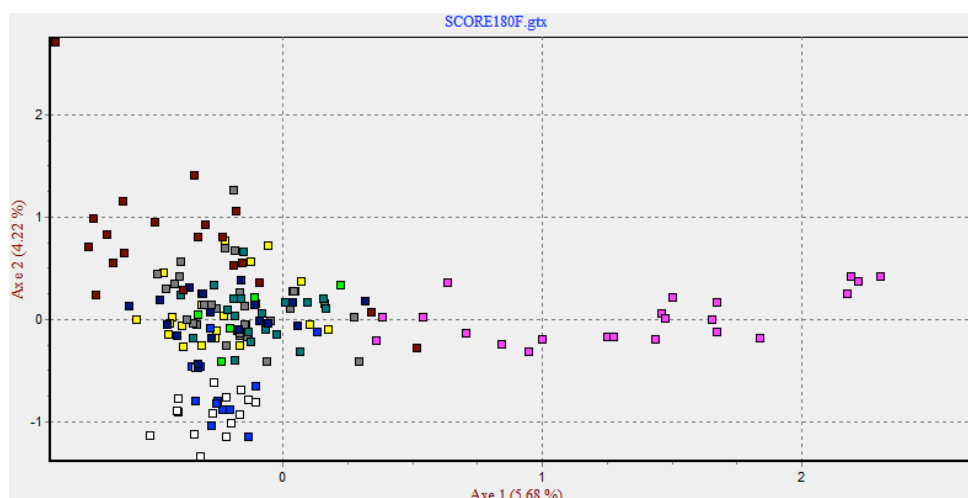
Les analyses descriptives basées sur les fréquences alléliques ont révélé un nombre d'allèles élevé et donc une capacité des marqueurs à révéler le polymorphisme pour la quantification de la diversité génétique des populations. Des valeurs élevées de la diversité (de 0.405 à 0.859) témoignent de la robustesse des marqueurs et leur haute performance (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Résultats des analyses descriptives basées révélées par les marqueurs nouvellement développés M1, M2, M3, M4, M5 et un marqueur issu de la littérature (Majouraht, 2008).

Marqueurs SSR	Nombre moyen d'allèles	Proportion d'hétérozygotes	Gene Diversity (Nei)
M1	10	0.752	0.859
M2	5.5	0.664	0.712
M3	7	0.733	0.830
M4	7	0.711	0.662
M5	5	0.619	0.703
H22	5	0.588	0.405

La structuration des populations étudiées a été révélée par l'analyse factorielle en composantes AFC. La figure 5 montre une différenciation de 3 populations. Elles se distinguent génétiquement par leurs fréquences alléliques significativement différentes des autres populations d'arganier.





**Figure 5** : Projection sur un plan en 2D formé par les 2 premiers axes de l'AFC expliquant 13,8% de variabilité de 9 populations d'arganiers

A ce stade, les analyses ne sont pas encore achevées. Les conclusions concernent surtout le test des marqueurs pour déterminer leur fiabilité dans la caractérisation de l'arganeraie marocaine.

## Conclusion

Ce travail a permis de confirmer la grande diversité aussi bien morphologique que génétique des arganiers analysés et qui représentent des échantillons provenant de trois zones éloignées géographiquement, mais qui auraient une origine commune.

Les marqueurs spécifiques développés sont de haute performance et seront utilisés dans la caractérisation de la collection d'arganiers, pour une compréhension des échanges génétiques et de l'évolution de cette espèce.

## Références bibliographiques

**Glenn T.C. and Schable N.A.** (2005). Isolating microsatellite DNA loci. *Methods Enzymol* 395: 202-222.

**Majouraht K., Jabbar Y. Hafidi A., Martinez-Gomez P.** (2008). Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. *Annals of forest science*. 65: 805.

**Risterucci A.M., Grivet L., N'Goran J.A.K., Pieretti I., Flament M.H. and Lanaud C.** (2000). A high-density linkage map of *Theobroma cacao* L. *Theor. Appl. Genet.*, 101: 948-955.



# Ecosystèmes naturels à arganier (*Argania spinosa*), patrimoine national et universel :

## Bio-écologie, phytosociologie, phytodynamique et ethnobotanique ; Restauration et certification

**Abdelmalek BENABID<sup>1</sup> & Youssef MELHAOUI<sup>2</sup>**

**1 : Professeur, Expert Indépendant ; Membre AMAGDF (Association marocaine d'appui à la gestion durable des forêts), Sanabile, Villa 10, Route de Mehdy, Salé ; Téléphone : 212 6 71 17 83 71 ; [abdelmalekbenabid@gmail.com](mailto:abdelmalekbenabid@gmail.com)**

**2 : Coodonnateur Pogramme Forêts au Maroc, WWF Programme Méditerranée, Assistant technique au projet GIFMA, Fès ; Président de l'AMAGDF (Association Marocaine d'Appui à la Gestion Durable des Forêts) BP 511, ENFI Tabriquet Salé ; Téléphone : 212 6 74 53 53 53 ; [ymelhaoui@wwf.panda.org](mailto:ymelhaoui@wwf.panda.org) [amagdf@gmail.com](mailto:amagdf@gmail.com)**

### Résumé

Les valeurs bio-écologiques, phytosociologiques, phytodynamiques et ethnobotaniques offertes par les diverses composantes des écosystèmes naturels à *Argania spinosa* sont parmi les plus originales dans le monde. A l'exception des deux stations septentrionales, celle des Béni-Snassène et celle de Oued Grou, l'ensemble de tous les écosystèmes organisés et coorganisés par l'Arganier, s'étendent sur la plus grande portion de l'écorégion macaronésienne, entre Safi et Smara. Ils se développent en bioclimats semiaride et aride chauds et tempérés, au niveau des étages Inframéditerranéen et Thermoméditerranéen.

Ces écosystèmes se singularisent par leur grande richesse en plantes et associations endémiques ou rares. Citons parmi les espèces les plus remarquables : *Argania spinosa*, *Acacia gummifera*, *Dracaena draco* subsp. *ajgal* (endémiques spéciales à la zone, emblématiques, organisatrices de diverses associations particulières, d'une importance exceptionnelle universelle), et d'autres plantes moins rares. L'ensemble des associations préforestières et présteppiques, composantes productrices primaires de ces écosystèmes, se rattachent à l'ordre des *Acacio-Arganietalia* de la classe des *Quercetea ilicis*.

Ces écosystèmes subissent une forte pression anthropozoogène. La Flore ne semble pas subir des impacts négatifs. La situation des associations de ces écosystèmes diffère selon leurs types et leurs localisations. Celles des plaines ont payé le plus lourd tribut. Pour d'autres, c'est le déséquilibre observé au niveau de leurs structures qui les rend fragile en raison de l'érosion de leur biodiversité et par conséquent, l'amenuisement de leur résilience. La régénération ne trouve guère les biotopes favorables. A l'opposé, certaines associations, offrant des structures bien équilibrées, se régénèrent sans aucune difficulté, donnent lieu à de multiples produits de la biodiversité (versants des Ida ou Tanane, Tafingoult, Anzi,...), fonctionnent normalement grâce à la présence d'espèces nurses (euphorbes cactoïdes, genêts, doum,...) qui façonnent les biotopes de régénération.



Face à la tendance de déforestation, les Services Forestiers ont tenté, durant les dernières décennies, d'orienter leurs efforts vers la reconstitution des forêts naturelles telles que les arganeraies, en utilisant des techniques classiques de reboisement, renforcées par plus de jardinage, d'entretien du sol et d'arrosages. Devenus de plus en plus agronomiques et très onéreux, ces travaux n'ont guère permis de réussir la reforestation à base d'essences autochtones. Le bilan de toutes ces tentatives s'est soldé par des échecs observés à travers tout le Maroc.

A l'inverse de ces travaux agronomiques incompatibles avec la foresterie, nous proposons ici des techniques scientifiques, plus écologiques, beaucoup plus rapides et infiniment moins onéreuses et surtout plus adaptées à la restauration des écosystèmes naturels à arganier. A cet effet, il est impératif d'appliquer aussi rigoureusement que possible, les lois fondamentales de la phytodynamique qui régissent la succession des groupements végétaux d'une série de végétation donnée : Forêt ↔ Préforêt/Présteppe ↔ Matorral/Steppe ↔ **Pelouse à Thérophytes.**

Visant les mêmes objectifs de développement et de conservation des écosystèmes à arganier, la valorisation des produits issus de ces forêts ainsi que la restauration écologique pourraient aboutir à la certification ou la labellisation qui assure une gestion forestière responsable.

**Mots-clefs** : Ecosystèmes naturels à arganier ; valeurs bio-écologiques ; phytosociologie ; restauration écologique ; certification.

## Introduction

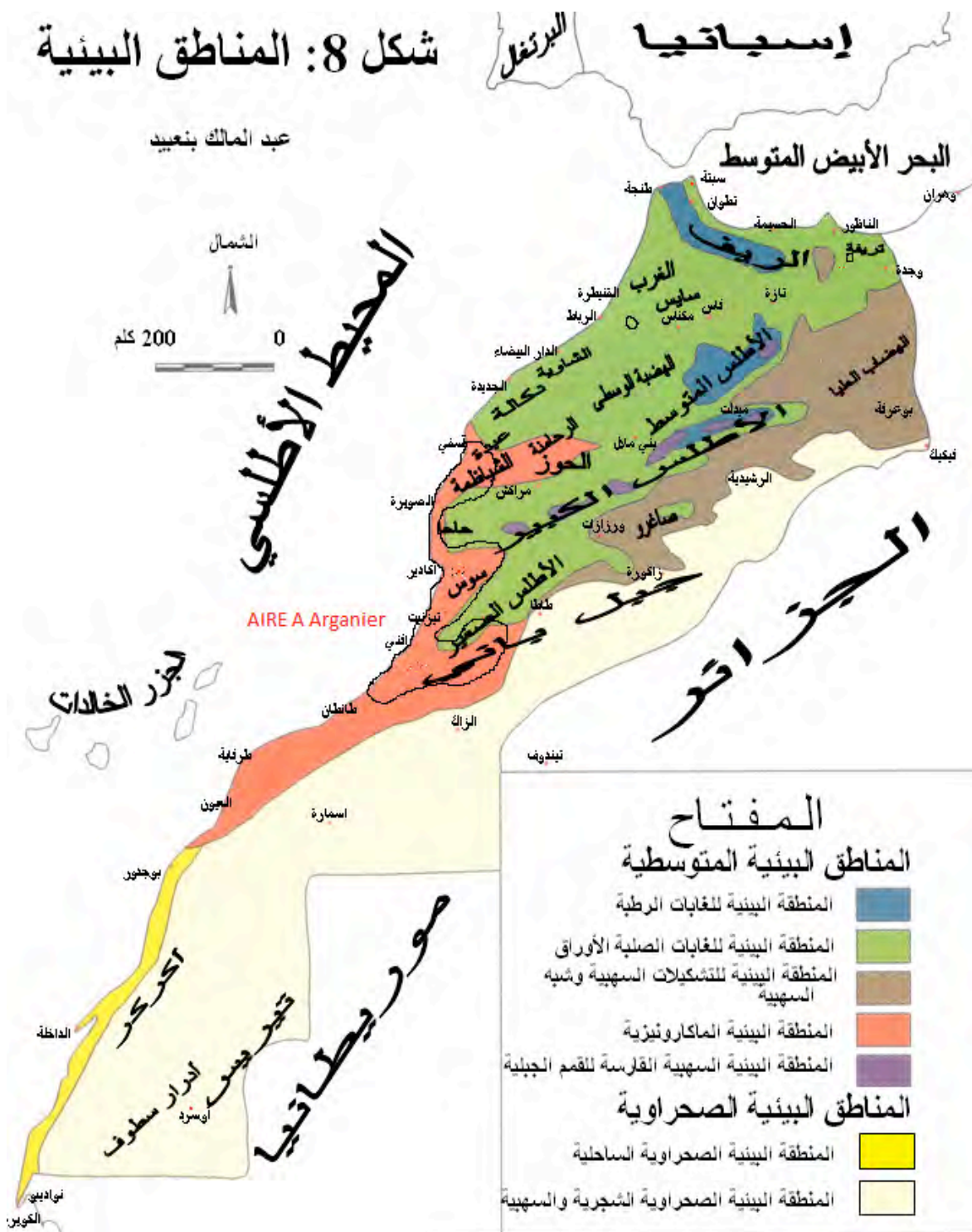
les valeurs bio-écologiques, phytosociologiques, phytodynamiques et ethnobotaniques offertes par les diverses composantes des écosystèmes naturels à *Argania spinosa* sont parmi les plus originales dans le monde. A l'exception des deux stations septentrionales, celle des Béni-Snassène et celle de Oued Grou, l'ensemble de tous les écosystèmes organisés et coorganisés par l'Arganier, s'étendent sur la plus grande portion de l'écorégion macaronésienne, entre Safi et Smara (Fig. 1). Ils se développent en bioclimats semiaride et aride chauds et tempérés, au niveau des étages Inframéditerranéen et Thermoméditerranéen.

## Biodiversité végétale

des points de vue floristique et phytosociologique, ces écosystèmes se singularisent par leur grande richesse en plantes et associations endémiques ou rares. Citons parmi les espèces les plus remarquables (à usages multiples : aromatiques, médicinales, mellifères, pastorales,...) : *Argania spinosa*, *Acacia gummifera*, *Dracaena draco* subsp. *ajgal* (endémiques spéciales à la zone, emblématiques, organisatrices de diverses associations particulières, d'une importance exceptionnelle universelle), *Thymus saturejoides*, *Chamaecytisus mollis*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, et d'autres plantes moins rares. L'ensemble des associations préforestières et présteppiques, composantes productrices primaires de ces écosystèmes, se rattachent majoritairement à l'ordre des *Acacio-Arganietalia* de la classe des *Quercetea ilicis*. Quant aux groupements des matorrals, ils appartiennent essentiellement à la classe des *Ononido-Rosmarinetea*.







**Fig.1** : Ecorégion macaronésienne regroupant l'ensemble de tous les écosystèmes organisés et coorganisés par l'Arganier entre Safi et Smara, à l'exception des deux stations septentrionales, Béni-Snassène & Oued Grou



Parmi les groupements décrits dans les *Acacio-Arganietalia* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982, nous citons :

- Alliance du *Seneci anteuphorbii-Arganion spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982

#### Associations

- 1- *Euphorbio beaumieranae-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
  - 2- *Euphorbio echini-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
  - 3- *Limoniastro grandiflori-Arganietum spinosae* Quézel, Barbero, Benabid & Rivas-Martinez 1994
- Alliance de l'*Acacion gummiferae* Barbero, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982

#### Associations

- 1- *Oleo salicifoliae-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
- 2- *Polygalo balansae-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
- 3- *Ephedro cossonii-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
- 4- *Hesperolaburno platyphylli-Arganietum spinosae* Barbéro, Benabid, Quézel, Rivas-Martinez & Santos 1982
- 5- *Tetraclino articulatae-Arganietum spinosae* Fennane 1988

## Phytodynamique

depuis plusieurs décennies, ces écosystèmes subissent une forte pression anthropozoogène qui est à l'origine de tous les impacts, positifs ou négatifs : si la Flore ne semble pas subir des impacts négatifs, la situation des associations de ces écosystèmes diffère selon leurs types et leurs localisations. Celles des plaines ont payé le plus lourd tribut par leur régression ou disparition.

Il est d'une importance exceptionnelle de préciser que seules les structures-architectures bien équilibrées (Futaies jardinées pures ou en mélanges avec des taillis furetés) permettent d'atteindre les objectifs assignés aux forêts, dans la mesure où elles assurent aux écosystèmes naturels les conditions optimales pour :

- **La conservation de la biodiversité** : diversité des biotopes et niches écologiques favorables à un grand nombre d'espèces végétales et animales, de phytocénoses et zoocénoses, de biocénoses, de sous-éléments écosystémiques et d'écocomplexes écologiques. C'est cette mosaïque écologique qui garantit la préservation de la biodiversité et de ses habitats.
- **Le fonctionnement normal** : maintien de la dynamique permettant aux écosystèmes d'accomplir normalement leurs rôles et fonctions biologiques, écologiques, économiques, environnementaux et socioculturels (conservation de la biodiversité et de ses habitats ; maintien de la productivité primaire ligneuse, foliaire, pastorale, fruitière,...et secondaire ; régénération naturelle assurant le renouvellement soutenu ; conservation des eaux et des sols ; apuration de l'air, maintien de la beauté de la biodiversité ou architecture paysagère essentielle pour l'écotourisme et la récréation ;...).



- **L'autoprotection et une résilience soutenues vis-vis des perturbations et des facteurs de dégradation** : en raison des diversités spécifique et structurale, les écosystèmes sont plus résistants et par conséquent plus résilients aux stress hydriques et thermiques, aux pâturages, aux incendies, aux tempêtes, aux attaques, à tout autre facteur de dégradation...

A présent, les écosystèmes forestiers à arganiers offrent différents types de structures-architectures. Ils sont, par endroits, sous-exploités par manque de prélèvements de bois ; ou, à l'inverse, surexploités dans certaines zones par des prélèvements abusifs par le surpâturage, ou anéantis par des coupes rases pratiquées par les Services Forestiers ou par des labours des sols effectués par les populations riveraines. Cette altération des structures-architectures est à l'origine des différents cas de dysfonctionnement des écosystèmes forestiers : érosion de la biodiversité, absence de régénération, chute de productivité,... Au niveau des associations végétales à structures-architectures bien équilibrées, le fonctionnement de leurs écosystèmes est tout-à-fait normal.

L'application des labours des sols, des coupes rases, et du traitement du taillis simple et de la futaie régulière engendre une perturbation profonde des écosystèmes forestiers à arganiers, dans la mesure où ces pratiques entraînent une modification radicale dans les structures-architectures, ainsi que dans les conditions microclimatiques et édaphiques. En effet, les coupes rases engendrent un changement radical du microclimat, une minéralisation rapide de l'humus, une destruction de la structure du sol, un lessivage des éléments nutritifs, une aridification et une érosion du sol,... d'où une forte diminution de la productivité (ligneuse, foliaire et fruitière), un vieillissement précoce et un dépérissement sur pied des peuplements forestiers.

Une telle gestion conduit à des «forêts fossiles» qui ne tardent pas à disparaître par dépérissement des arbres en place.

Les arganeraies du Souss ont été anéanties par défrichement pour le développement des cultures maraichères destinées à l'exportation, et aux dépens des ressources hydriques souterraines dans cette zone à potentialités très importantes pour le tourisme. A présent, seuls les gros agriculteurs continuent de pratiquer ces cultures devenues trop coûteuses à cause des dépenses énergétiques très élevées pour le pompage des eaux de la nappe phréatique devenue très profonde. L'anéantissement de la biodiversité de l'arganeraie pour le développement temporaire des cultures conduit irrémédiablement à l'anéantissement des ressources (biodiversité, eau) vitales pour le développement durable de la région.

Ailleurs, c'est le déséquilibre observé au niveau des structures des arganeraies qui les rend fragile en raison de l'érosion de leur biodiversité et par conséquent, l'amenuisement de leur résilience. La régénération ne trouve guère les biotopes favorables. A l'opposé, certaines associations, offrant des structures bien équilibrées, du fait de certaines perturbations anthropozoogènes atténuées, se régénèrent sans aucune difficulté, donnent lieu à de multiples produits de la biodiversité, en jouant pleinement leurs rôles de production, de protection et de conservation. De tels écosystèmes naturels, observés sur les versants des Ida ou Tanane, de Tafingoult, d'Anzi,... fonctionnent normalement grâce à la présence d'espèces nurses (euphorbes cactoïdes, genêts, doum,...) qui façonnent les biotopes de régénération.





**Le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*)  
au sein du Jujubier (*Ziziphus vulgaris*),  
dans l'Oriental.**



**Jeune semis d'arganier (*Argania spinosa*) au sein de l'Euphorbe  
cactoïde (*Euphorbia echinus*),  
dans l'Anti Atlas.**

Face à la tendance de déforestation, les Services Forestiers ont tenté, durant les dernières décennies, d'orienter leurs efforts vers la reconstitution des forêts naturelles telles que les arganeraies. Afin d'atteindre ces objectifs, les techniques classiques de reboisement sont, depuis cette nouvelle réorientation, renforcées par plus de jardinage, d'entretien du sol et d'arrosages. Devenus de plus en plus agronomiques et très onéreux, ces travaux n'ont guère permis de réussir la reforestation à base d'essences autochtones. Le bilan de toutes ces tentatives s'est soldé par des échecs observés à travers tout le Maroc.

A l'inverse de ces travaux agronomiques incompatibles avec la foresterie, nous proposons ici des techniques scientifiques, plus écologiques, beaucoup plus rapides et infiniment moins onéreuses et surtout plus adaptées à la restauration des écosystèmes naturels à arganier (Réussite spectaculaire de l'expérimentation sur la restauration des subéraies du Rif : Projet Bouhachem; démarrage de l'expérimentation sur la restauration des forêts du Moyen Atlas : Projet GIFMA). A cet effet, il est impératif d'appliquer aussi rigoureusement que possible, les lois fondamentales de la phytodynamique qui régissent la succession des groupements végétaux d'une série de végétation donnée :

**Forêt ↔ Préforêt/Présteppe ↔ Matorral/Steppe ↔ Pelouse à Thérophytes.**

## Recommandations et propositions

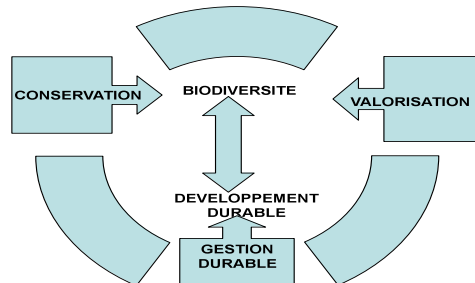
plusieurs recommandations sont à formuler pour la valorisation, la gestion durable et la conservation des écosystèmes à arganier :

### ■ PRESERVER LA BIODIVERSITE EN LA REVALORISANT

De nombreuses filières de valorisation ou de revalorisation des produits de l'arganier ou des autres plantes des écosystèmes à arganier sont à développer au Maroc. L'apiculture sur les fleurs de l'arganier nécessite un développement et une action de vulgarisation. Les potentialités offertes par les plantes utiles varient selon les espèces. Pour les plus communes d'entre elles, les prélèvements raisonnés peuvent ne pas poser de problèmes de survie. Quant aux plantes rares ou menacées de disparition, elles ne doivent être exploitées que par l'intermédiaire d'une mise en culture. Ce qui garantit une productivité soutenue.



## **CONSERVATION- VALORISATION-GESTION DURABLE**



**Fig. 2 :** Conserver la biodiversité, en la valorisant et la gérant durablement, pour un développement durable

C'est le cas des plantes aromatiques et médicinales, et mellifères qui constituent un lot appréciable. D'autres plantes peuvent être sélectionnées pour l'ornement, la lutte contre l'érosion, la stabilisation des talus des axes autoroutiers, la restauration des écosystèmes ou l'amélioration pastorale. De nombreux autres produits de la biodiversité peuvent servir pour développer certaines activités artisanales ou industrielles.

### ■ REDYNAMISER, REHABILITER ET RESTAURER LES ECOSYSTEMES FORESTIERS FOSSILISES

Nous proposons ici des techniques de rajeunissement et de reforestation, très simples, très peu coûteuses, qui peuvent se réaliser sur de très vastes étendues, en vue d'une reconstitution de forêts permanentes, dynamiques, productrices, protectrices et conservatrices de la biodiversité et des ressources naturelles.

#### ◆ *Par des traitements sylvicoles appropriés des écosystèmes fossilisés*

- Il faut proscrire les traitements de la futaie régulière et du taillis simple qui entravent le fonctionnement normal des écosystèmes et compromettent la régénération, au profit de la futaie jardinée et du taillis fureté. Toutes les arganeraies «fossiles» doivent être redynamisées par des coupes d'éclaircies ou de dépressage en vue de déclencher la régénération.
- Il faut, par conséquent, proscrire les opérations de labours entre les arbres, et les coupes rases. Elles constituent le principal facteur de déstabilisation des forêts : forte diminution de la productivité, voire disparition de la forêt elle-même, en raison de la destruction du sol par l'érosion, la détérioration des processus physico-chimiques et l'assèchement édaphique.
- Les proportions entre les strates arborescente et arbustive doivent être équilibrées. Le recouvrement optimal pour un fonctionnement normal se situe entre 25 et 75% pour chacune des deux strates. Le recouvrement de la strate herbacée est conditionné par celui des strates supérieures.
- Appliquer aux écosystèmes (et non peuplements) forestiers des aménagements appropriés de manière à leur conserver toute leur biodiversité.



### ◆ **Par une restauration écologique des écosystèmes dévastés**

Les écosystèmes naturels à arganier, très dégradés ou dévastés, peuvent être réhabilités par des travaux de restauration écologique. A cet effet, il est impératif d'appliquer aussi rigoureusement que possible, les lois fondamentales de la phytodynamique qui régissent la succession des groupements végétaux d'une série de végétation donnée. Pour tous travaux de restauration écologique, il est vivement recommandé d'entreprendre les opérations suivantes :

- Ameublir les sols, sans éliminer la végétation locale, par sous-solage, crochitage ou binage ;
- Préserver la végétation naturelle en place et favoriser son développement afin d'utiliser certains de ses éléments comme **plantes nurses** au profit de celles à réintroduire (cas des Séries de végétation locales) ou à introduire (cas des autres Séries de végétation) ;
- Sur les sols dénudés, façonner des ados, replats, terrasses, gradins, monticules, amas de pierres ou de graviers,... pour créer divers biotopes spécialisés ;
- Améliorer localement la fertilité et les propriétés physico-chimiques des sols, par apport des humus et litières forestiers des grands écosystèmes forestiers de la zone (opération pouvant assurer l'apport de semences forestières); ou de la fumure organique pour les sols des terroirs ;
- Favoriser d'abord la réintroduction et l'introduction des **plantes expansionnistes** ou **colonisatrices** des sols (Plantes à stratégie « **r** » de développement, basée sur les facultés considérables de reproduction sexuée, multiplication et d'expansion : graines produites en très grande quantité et conservant leur faculté de germination pour de longue période,...) ; jouant le rôle de plantes **nurses** ; chaque série de végétation ayant ses propres espèces à stratégie « **r** », façonnant les biotopes au profit de ses espèces à stratégie « **K** » (plantes organisatrices des « **K**limax » ou climax) basée sur le développement de la phytomasse (graines fragiles, installation difficile par graines, ...) ;
- Lors des opérations de réintroduction ou d'introduction, profiter de la présence des plantes **nurses** (*Euphorbia beaumeriana*, *Euphorbia echinus*, *Chamaerops argentea*, *Genista* sp., *Ziziphus lotus*, *Thymus saturejoides*, *Cistus* sp., ...), lesquelles jouent le rôle fondamental et capital dans les premières phases de démarrage du processus de la restauration naturelle (ou assistée dans le cas envisagé ici) ;
- Pour augmenter les chances de réussite et d'abrèger les phases de réintroduction ou d'introduction des plantes des arganeraies **au sein ou aux abords immédiats des touffes des plantes nurses (sols riches, frais, meubles, ombrage atténuant la lumière, la température, la transpiration, mycorrhisation, coopération étroite et cohabitation sans aucune compétition entre plantes naturelles appartenant à la même série de végétation) :**
  - + **Semer des graines non dormantes (traitées pour lever la dormance), et prégermées ;**
  - + **Installer des plants issus des pépinières;**
  - + **Transplanter de jeunes individus ou éclats de souches issus des divers écosystèmes forestiers de la zone envisagée ici.**



De telles techniques sont très avantageuses :

- Pouvant se réaliser sur de vastes étendues de l'aire des arganeraies, sans la nécessité de gros moyens financiers ;
- Permettant une restauration écologique naturelle des forêts dans des délais relativement courts ;
- Permettant une meilleure valorisation et conservation des plantes locales ;
- Permettant la maîtrise de développement en pépinière des espèces végétales locales, en vue de leurs utilisations dans de nombreux cas : restauration ; revégétalisation et stabilisation des abords des autoroutes ; espaces verts ; cultures de plantes aromatiques, médicinales, mellifères ;...
- Assurant une restauration écologique qui est une nécessité pour la certification des écosystèmes à arganiers et de ses produits.

◆ ***Par une certification de la gestion des écosystèmes naturels à arganier***

Visant les mêmes objectifs de développement et de conservation des écosystèmes à arganier, la valorisation des produits issus de ces forêts ainsi que la restauration écologique pourraient aboutir à la certification ou la labellisation qui assure une gestion forestière responsable.

La certification des forêts et des produits forestiers est un système de labellisation visant à promouvoir une gestion forestière responsable tout en valorisant les produits issus de forêts bien gérées. L'application de ce concept, qui est basé sur l'évaluation de la gestion forestière par rapport à un référentiel (Principes et critères FSC), permet d'identifier les écarts (Cas de l'arganeraie d'Aïn Tamaloukt) afin d'améliorer les systèmes et techniques de gestion et garantir une gestion forestière écologiquement appropriée, socialement bénéfique et économiquement viable.



# Typologie des stations au niveau des taillis d'arganier du plateau des Haha

**Tarik Belghazi** <sup>(1)</sup>, **Mustapha Ezzahiri** <sup>(2)</sup> et **Quentin Ponette** <sup>(3)</sup>

1 - Chercheur au Centre Régional de Recherche Forestière, BP 12360, Ain Itti, Marrakech, Maroc. Email : [tarik0677@hotmail.com](mailto:tarik0677@hotmail.com)

2 - Enseignant chercheur à l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP 511, Salé, Maroc. Email : [enfi.ezzahiri@hotmail.com](mailto:enfi.ezzahiri@hotmail.com)

3 - Professeur à l'Université Catholique de Louvain, Croix du sud, 2 bte 9, B 1348, Louvain-la-Neuve, Belgique. Email : [quentin.ponette@uclouvain.be](mailto:quentin.ponette@uclouvain.be)

## Résumé

L'étude des jeunes recépages d'arganier dans le plateau des Haha, abordée dans le cadre de ce travail a pour but d'identifier les différents milieux rencontrés en tenant compte des descripteurs écologiques et des groupes floristiques correspondants. Ainsi 129 placettes circulaires de 314 m<sup>2</sup> ont été inventoriées sur une superficie de 2913 hectares selon un échantillonnage stratifié aléatoire. Une analyse de la végétation a été abordée par une ordination et une classification des relevés. Les données numériques ont été traitées par l'analyse factorielle des correspondances. Une classification hiérarchique permet de regrouper les espèces et les relevés les plus semblables dans les ordinations obtenues par l'AFC. Ainsi, trois groupements floristiquement différents sont différenciés selon l'influence océanique, l'altitude et la pente du terrain.

**Mots clés** : Essaouira, arganier, Haha, rejets, phytoécologie.

## *Typology of stations in the young coppices of argan tree in the plateau of Haha*

### Abstract

The study of the young coppice of argan tree in the plateau of Haha, approached in this work aims to identify the different areas by taking into account ecological descriptors and corresponding floral groups. So 129 circular plots of 314 m<sup>2</sup> were inventoried on a 2913 hectare surface according to a stratified random sampling. Vegetation analysis was approached by an ordination and a classification of the floristic statements. The numeric data were treated by the factorial analysis of the correspondences and a hierarchical classification was used to group species and the most similar floristic statements in ordinations. So, three different floristic groups are differentiated according to the oceanic influence, the height and the slope of the area.

**Key words** : Essaouira, argan, Haha, sprout, phytoecology.





## Introduction

L'arganier (*Argania spinosa* L.) est une sapotacée endémique du Maroc, localisée dans le sud-ouest du Royaume. Elle couvre une superficie de 871 210 ha (IFN, 1999) occupant ainsi le deuxième rang des essences forestières marocaines. C'est une espèce très rustique et très robuste, qui peut se développer dans des conditions écologiques variées et difficiles (milieux secs, sols superficiels ...).

Les arganeraies se présentent sous forme de futaies, ou de taillis provenant de recépage. On distingue actuellement deux grands types d'arganeraie : l'arganeraie-verger et l'arganeraie-forêt. L'arganeraie-verger se rencontre généralement dans les zones peu accidentées, sa densité moyenne est de 100 souches/ha ; ce type de forêts est soumis à une utilisation agricole très poussée et à un pâturage très intense par le cheptel local. L'arganeraie-forêt se cantonne dans les parties non cultivables du littoral atlantique (Essaouira-Agadir) et dans les parties accidentées (montagne), la densité peut atteindre 500 souches/ha.

La régénération de l'arganier en forêt naturelle est actuellement très faible voire absente car toutes les noix sont précieusement ramassées pour l'extraction de l'huile (principale source de revenus pour les populations locales). Les jeunes plantules issues de graines qui échappent à la récolte sont systématiquement broutées par les animaux (M'hirit et al, 1998).

La régénération artificielle, quant à elle, ne semble pas avoir été pratiquée dans les temps anciens, malgré l'intérêt accordé par les populations à cet arbre. Elle a pourtant démontré son intérêt à l'occasion de reboisements sur certains sites dans le Souss (forêt d'Admine, forêt de la région de Tiznit) ou dans des emplacements de charbonnière, même si des échecs ont été observés dans l'arganeraie d'Essaouira et de Tamanar. Cependant, cette opération se heurte à diverses difficultés techniques. Jusqu'à présent, les taux de réussite de ce mode de régénération sont très faibles (moins de 20%). Les techniques d'élevage des plants et la transplantation sont mises en cause.

Les difficultés rencontrées au niveau de la régénération naturelle par semis et artificielle par plantation font du rejet de souche, à l'état actuel, le mode de régénération le plus usité pour l'arganier.

L'arganier présente une longévité de 300 à 350 ans (Alifriqui, 2004), comme l'attestent des spécimens conservés dans divers cimetières dans l'aire de l'arganier. Le sujet le plus âgé se trouverait dans un cimetière de la région de Talmest dans la province d'Essaouira. Ceci dit l'arganier se multiplie principalement par rejets de souches jusqu'à un âge avancé (150 à 200 ans) (Nouaim et al, 1991). Au bout d'une dizaine d'années, on peut obtenir facilement une forêt jeune et bien reconstituée (Rieuf, 1962). Les rejets sont vigoureux et abondants, leur croissance est rapide et ils évoluent vers de beaux peuplements si la mise en défens et la conduite sylvicole étaient bien respectées (Soulères et al., 1998).

C'est dans ce sens que la présente étude s'intéresse aux jeunes rejets de souche d'arganier dans le plateau des Haha. Elle vise une caractérisation et une typologie des différents milieux rencontrés en tenant compte des descripteurs écologiques et des groupes floristiques correspondants.



## Matériels et méthodes

Les peuplements d'arganier qui ont fait l'objet de cette étude, sont répartis sur l'ensemble du plateau des Haha et sont gérés par la Direction Provinciale des Eaux et Forêts d'Essaouira par le biais de trois Centres de Conservation et de Développement des Ressources Forestières : CCDRF d'Essaouira, de Smimou et de Tamanar.

La région des Haha est une région typiquement méditerranéenne qui subit en été, saison chaude et sèche, l'influence tropicale venant du sud et du sud-est (chergui), en hiver, saison froide et pluvieuse, les vents du nord ou du nord-ouest. Ceci a un effet direct sur la répartition des climats et par conséquent, sur la végétation autochtone.

Le climat de la région est particulier par sa proximité de l'Océan Atlantique d'un coté et des montagnes de l'autre coté. Le volume des précipitations moyennes annuelles varie de 269 mm/an à Essaouira à 457 mm/an à Aïn Asmama. Le bioclimat de la région est du type semi-aride chaud à tempéré alors que le régime saisonnier est du type HAPE.

Du point de vue géologique, le substratum géologique qui domine le pays des Haha est carbonaté. Il s'agit soit des calcaires marneux ou argileux tendre, soit des calcaires gréseux durs.

Pour ce qui est des sols de la région, ils sont selon la nature de la roche mère, et la topographie, peu évolués et peu profonds à assez profonds. Les principaux types de sols rencontrés sont (Aboukassim, 1995) :

- \* des sols bruns fertialitiques caractérisés par leur profondeur et leur richesse en matière organique qui leur confère une couleur brune bien marquée ;
- \* des sols rouges fertialitiques qui occupent les niveaux alticoles et les moyennes altitudes des plateaux. Développés sur des calcaires durs et compacts, leur texture est de nature argileuse (argile rouge) ;
- \* des sols bruns calcaires : ils occupent les zones de basse et moyenne altitude des plateaux calcaires et calcaire-marneux. Ces sols localisés sur les plateaux et les diverses expositions sont caillouteux et peu profonds ;
- \* des sols colluviaux calcaires peu évolués, assez profonds, se placent sur les versants en bas de pentes ;
- \* des lithosols ou sols squelettiques, souvent réduits à la roche mère géologique. Ils occupent les versants de haute altitude. La végétation y est dégradée.

Les jeunes recépages d'arganier étudiés dans le cadre de ce travail sont répartis sur tout le plateau des Haha et couvrent une superficie totale de 2913 hectares.

Le dépouillement des documents disponibles sur la zone et les visites du terrain nous ont permis de constater une certaine hétérogénéité au niveau de la régénération de l'arganier et des milieux. C'est dans ce sens qu'un échantillonnage stratifié aléatoire a été réalisé moyennant des placettes circulaires de 314 m<sup>2</sup> réparties entre les différentes strates selon une allocation proportionnelle. Le critère de stratification retenu est l'âge des rejets, variable disponible dans les registres d'exploitation.

Un total de 129 placettes a été inventorié et réparti sur toute la zone de manière à couvrir toutes les gammes d'âge existantes. Au niveau de chaque placette, trois types de relevés ont été effectués :



- *Relevé écologique* : Il s'agit des descripteurs topo-climatiques et édaphiques notés à l'échelle de la placette tels que : l'altitude, l'exposition, la pente, la situation topographique, la nature du substrat, la profondeur du sol et l'éloignement par rapport à l'océan.

- *Relevé de la végétation* : Au niveau de chaque placette, un inventaire qualitatif (liste floristique de toutes les espèces présentes) et quantitatif (abondance-dominance) de la végétation a été fait.

Des coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité ont été attribués à chaque espèce selon les échelles proposées par Braun-Blanquet (1932, 1952).

- *Inventaire dendrométrique* : Les informations prélevées dans chaque placette sont :

- le nombre de cépées,

- le nombre de brins par cépée,

- la hauteur totale et la circonférence à 1,30 m de 3 brins dominants, moyens et dominés par cépée.

L'application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des groupements végétaux passe par la récolte des données floristiques. Celles-ci ont été réalisées au niveau de placettes circulaires de 314 m<sup>2</sup> de superficie. Cette superficie est suffisante pour représenter l'aire minimale du groupement végétal. Cette aire minimale varie d'une formation végétale à une autre, d'après Ozenda (1982) elle peut être de :

- 20 à 50 m<sup>2</sup> pour les groupements de prairies et de pelouses ;

- 100 à 400 m<sup>2</sup> pour les forêts ;

- 1 hectare et plus dans certaines forêts tropicales à flore très riche.

Pour analyser la végétation, nous avons utilisé deux techniques complémentaires : l'ordination et la classification des relevés. Selon Goodall (1973) et Bouxin (2008), il est préférable que la classification des relevés d'un tableau de végétation soit précédée d'une ordination. Les données ont été codées et traitées sur des bases numériques par l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Une classification hiérarchique ascendante (CHA) du moment de l'ordre 2, basée sur les coordonnées factorielles de l'AFC et considérée la plus adaptée à cette analyse (Roux, 1985), permet de regrouper les espèces et les relevés les plus semblables dans les ordinations obtenues par l'AFC. Pour Romane (1987), ces méthodes de classification, si elles ont parfois l'inconvénient de créer des classes même là où la structuration est quasiment inexistante, ont quand même l'avantage de le faire d'une manière objective.

Dans le cadre de ce travail, un premier traitement a concerné 129 relevés et 57 espèces. Une analyse du tableau des contributions absolues des relevés et des espèces montre que leurs contributions sont faibles. Ceci est dû à une redondance des relevés. Par la suite, nous avons sélectionné uniquement les relevés et les espèces ayant de fortes contributions. Ainsi, une seconde analyse n'a concerné que 69 relevés et 48 espèces.



## Résultats et discussions

### a. Tableau des valeurs propres

L'analyse factorielle des correspondances appliquée sur cette matrice de données montre des valeurs propres relativement faibles des premiers axes factoriels (Tableau 1). La plus grande valeur propre enregistrée est de 0,34. Cette situation traduit le fait que le nuage de point ou la répartition spatiale des formations auxquelles l'arganier participe ne présente pas une grande dissymétrie dans sa structure. En outre, les valeurs propres relatives aux différents axes ne sont pas très différentes, ce qui indique que l'information qu'ils expriment est sensiblement la même.

**Tableau 1.** Valeurs propres

Axes	1	2	3
Valeurs propres	0,34	0,29	0,26
Taux d'inertie (%)	4,6	3,5	1,9
Cumul (%)	4,6	8,1	9,9

Si une valeur propre dépasse 0,6, il est facile de trouver des groupements qui s'individualisent et l'interprétation devient alors aisée (Ezzahiri, 1989), ce qui n'est pas le cas dans cette étude. On peut à priori retenir l'idée que les structures floristiques organisées à grande échelle par l'arganier dans le plateau des Haha ne présentent pas une très forte hétérogénéité.

L'interprétation des axes se fait par le biais des contributions absolues qui indiquent quels relevés et quelles espèces participent de manière significative à la construction et à l'explication des axes factoriels. Pour cela, ne sont retenues que les relevés et les espèces qui ont une contribution relativement importante (supérieure à la moyenne des contributions).

### b. Interprétation des axes factoriels

Pour interpréter les axes factoriels, les fortes contributions relatives des espèces ont été prises en compte. Etant donné que l'ensemble des relevés et celui des espèces sont en correspondance, l'interprétation des axes est basée sur la signification écologique des espèces.

\* Premier axe : sur le pôle négatif, les espèces suivantes sont rencontrées : *Ajuga iva*, *Ceratonia siliqua*, *Chamaerops humilis*, *Genista tricuspidata*, *Hyparrhenia hirta*, *Olea europea*, *Pistacia atlantica*, *Rhus pentaphylla*, *Tetraclinis articulata*, *Ziziphus lotus*.

Sur le pôle positif, on retrouve les espèces suivantes : *Echium plantagineum*, *Eryngium tricuspidatum*, *Helianthemum ledifolium*, *Lupinus hersuta*, *Plantago psyllium*, *Stipa ritorta*, *Teucrium polium*, *Tolpis barbata*.

En se basant sur les valeurs écologiques de ces espèces, les conclusions suivantes sont avancées:

- contrairement au côté positif qui regroupe des espèces steppiques (*Stipa ritorta*), le côté négatif de l'axe 1 regroupe des espèces méditerranéennes de hautes et de moyennes altitudes notamment : *Tetraclinis articulata*, *Pistacia atlantica* et *Olea europea*. La présence de *Genista tricuspidata* indique un milieu difficile pour le développement de l'arganier.



- l'axe 1 représenterait donc la continentalité (éloignement par rapport à l'océan).

\* Deuxième axe : sur le pôle positif, les espèces suivantes sont rencontrées : *Asphodelus microcarpus*, *Genista tricuspidata*, *Lavandula dentata*, *Lavandula multifida*, *Ononis natrix*, *Origanum compactum*, *Periploca laevigata*, *Rhus pentaphylla*, *Teucrium fruticans*, *Tetraclinis articulata*.

Sur le pôle négatif, on retrouve les espèces suivantes : *Argania spinosa*, *Arisarum vulgare*, *Chamaerops humilis*, *Erodium bipinatum*, *Medicago polymorpha*, *Reseda alba*, *Thapsia garganica*, *Tolpis barbata*, *Urginea maritima*.

L'examen des valeurs écologiques des espèces permet de dégager pour cet axe les conclusions suivantes:

- du côté positif de l'axe figurent des espèces xérophiles peu exigeantes. *Tetraclinis articulata* est indicatrice des moyennes et hautes altitudes de la région des Haha où le thuya s'étale du semi-aride au subhumide chauds à tempérés, inframéditerranéen et thermoméditerranéen. La présence d'*Asphodelus microcarpus* indique des milieux très dégradés par le surpâturage. Ceci est confirmé par la présence de *Genista tricuspidata* indicatrice d'un milieu hérité de la dégradation ancienne de la couverture forestière. Quant à *Lavandula dentata*, elle est liée aux sols squelettiques et aux milieux généralement très secs.

- du côté négatif de l'axe se trouvent surtout les thérophytes envahissantes qui indiquent que le milieu est perturbé par les labours (droit de jouissance). La présence de *Chamaerops argentea* indique des basses montagnes relativement plus fraîches sur sols profonds, généralement argileux.

En conclusion, l'axe 2 peut être considéré comme étant un axe qui indique l'altitude et la dégradation de la végétation spontanée.

### c. Plans factoriels

L'application des analyses factorielles et des classifications sur cette matrice ont permis l'individualisation de 3 ensembles de relevés (Figures 1, 2 et 3).

a) Plan 1-2 : Ce plan absorbe le maximum d'information (% I = 8,1). Certains relevés se situent aux alentours de l'origine qui traduit une situation moyenne. Cette architecture justifie fort bien les faibles valeurs propres des axes correspondants.

Les trois ensembles mis en évidence sont comme suit :

\* Ensemble 1 regroupe les relevés suivants : (1, 2, 4, 5, 3, 9, 6, 7, 11, 32, 12, 15, 16, 27, 13, 25, 23, 17, 22, 18, 21, 45, 121, 108, 124, 126, 98, 100, 14, 46, 28, 52, 39, 40, 41, 44, 43, 50). La projection des espèces sur le plan factoriel 1-2 permet d'associer les espèces suivantes à ce groupe :

*Ajuga iva*, *Androcymbium gramineum*, *Argania spinosa*, *Arisarum vulgare*, *Calendula avensis*, *Carralluma sp*, *Ceratonia siliqua*, *Cladenthus arabicus*, *Genista tricuspidata*, *Hyparrhenia hirta*, *Phagnalon saxatile*, *Pistacia atlantica*, *Rhus pentaphylla*, *Tetraclinis articulata*, *Teucrium fruticans*, *Urginea maritima*.

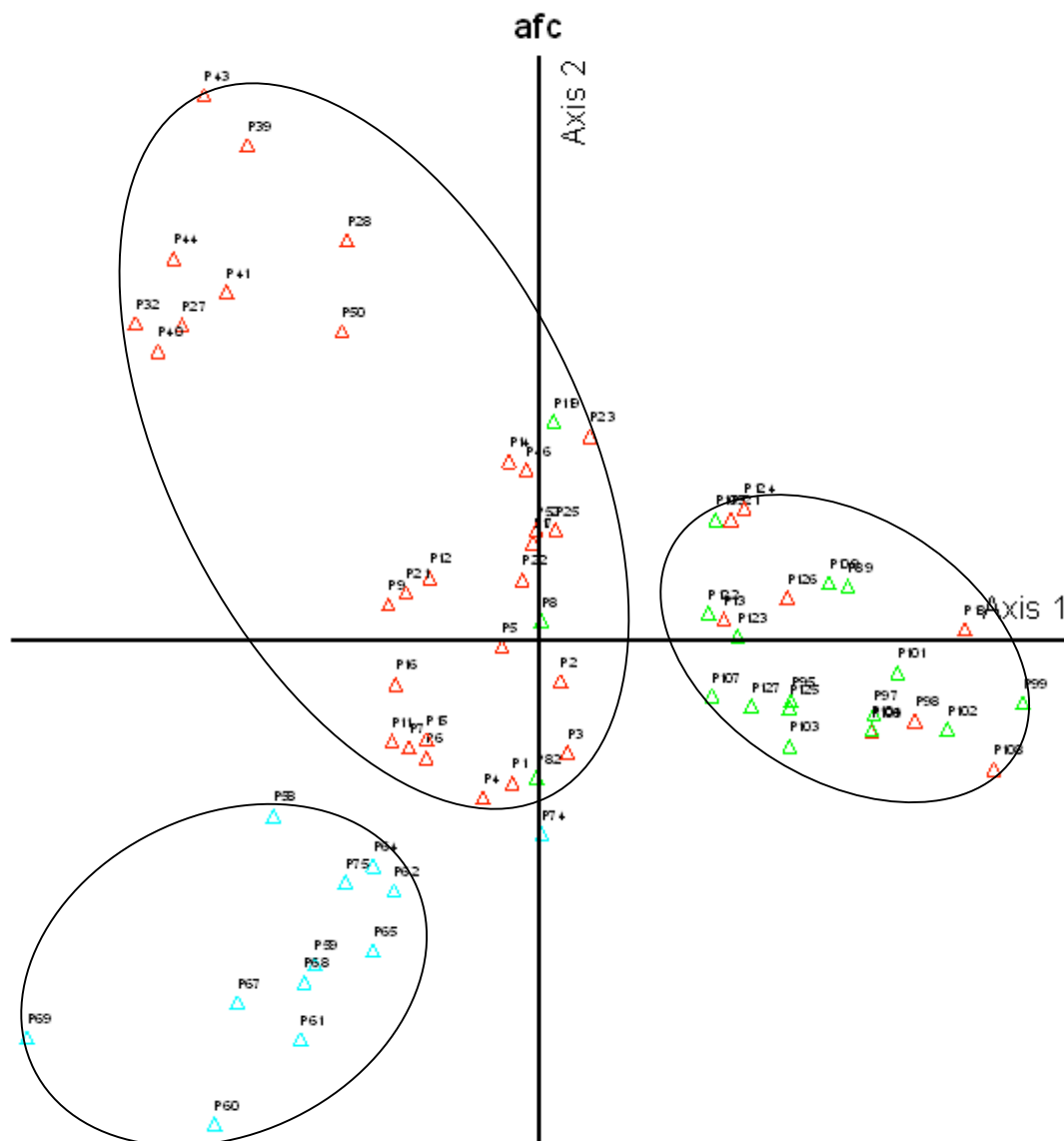
\* Ensemble 2 : Situé dans la partie droite de l'axe factoriel (1-2), il réunit les relevés suivants : (8, 82, 89, 105, 107, 109, 119, 122, 123, 125, 127, 95, 103, 104, 97, 99, 101, 102). La projection des espèces sur le plan factoriel 1-2 permet d'associer les espèces suivantes à ce groupe :



*Anthyllis tertaphylla*, *Asphodelus microcarpus*, *Centaurea sulphurea*, *Citrullus colocynthis*, *Coronilla scorpioides*, *Echium plantagineum*, *Eryngium tricuspdatum*, *Filago germanica*, *Helianthemum ledifolium*, *Lavandula multifida*, *Lupinus hersuta*, *Olea europea*, *Ononis natrix*, *Origanum compactum*, *Pallenis spinosa*, *Periploca laevigata*, *Plantago psyllium*, *Stipa ritorta*, *Teucrium polium*, *Tolpis barbata*.

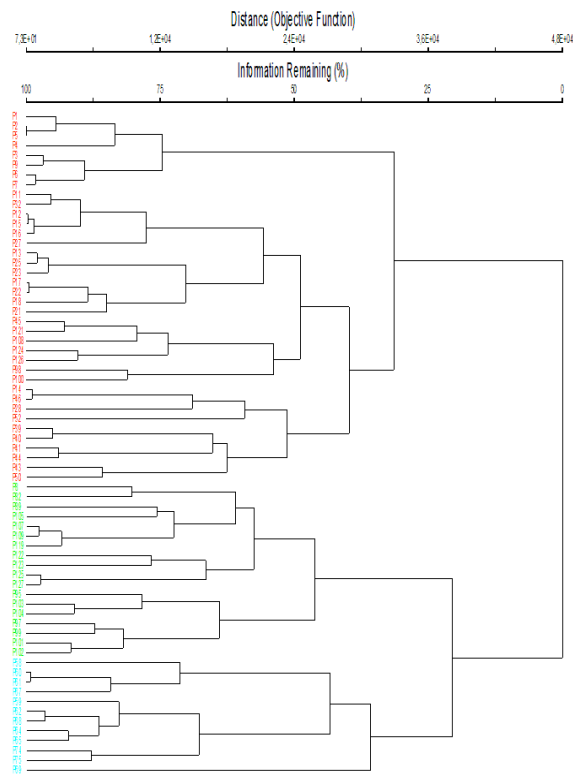
\* Ensemble 3 : Situé dans les parties négatives des axes 1 et 2, il regroupe les relevés suivants : (58, 60, 61, 67, 59, 62, 68, 64, 65, 74, 75, 69). La projection des espèces sur le plan factoriel 1-2 permet d'associer les espèces suivantes à ce groupe :

*Bellis annua*, *Bryonia dioica*, *Centaurea pullata*, *Chamaerops argentea*, *Erodium bipinatum*, *Fagonia cretica*, *Matthiola parviflora*, *Medicago polymorpha*, *Reseda alba*, *Thapsia garganica*, *Withania frutescens*, *Ziziphus lotus*.



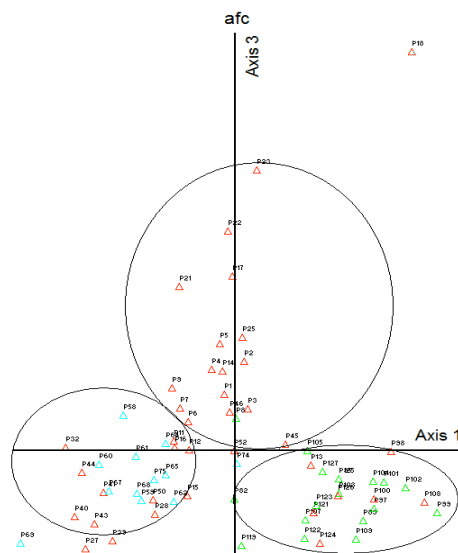
**Figure 1** : Analyse des données floristiques. Projection des relevés sur le plan factoriel 1-2.





**Figure 2** : Classification des relevés par la méthode de WARD.

b) Plan 1-3 : Comparé au premier plan factoriel, celui-ci manifeste un pourcentage d'inertie moins important ( $I = 6,5\%$ ). Une interprétation s'est révélée possible sur les deux premiers axes (plan 1-2). Cependant, il faut noter que ce plan confirme l'analyse du premier, à savoir l'importance de l'individualisation floristique des groupements (Figure 3).



**Figure 3** : Analyse des données floristiques. Projection des relevés sur le plan factoriel 1-3.



L'analyse des paramètres environnementaux passe par l'application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des données écologiques. Elle discrimine des variables écologiques représentant des types de stations significativement voisins des groupements végétaux préalablement mis en évidence (Ezzahiri, 1989).

Ce type d'investigation écologique a fait l'objet de divers travaux dont particulièrement ceux de Vedrenne (1982), Vidal (1982) et Dulière et al., (1996).

Les facteurs stationnels retenus pour cette étude sont : l'altitude, l'exposition, la topographie, la pente, la profondeur du sol, l'influence océanique et le recouvrement des trois strates arborée, arbustive et herbacée.

Dans le cadre de ce travail, une analyse canonique des correspondances a été appliquée moyennant l'utilisation du logiciel Pc-Ord et a permis de mettre en évidence, au niveau des deux premiers axes, deux facteurs écologiques, influence océanique et altitude (55,3% et 52,3%) expliquent le mieux la distribution des relevés de végétation. La pente par contre n'explique que 24,2% au niveau du troisième axe (Tableau 2). La topographie, la profondeur du sol et le recouvrement des trois strates ont des contributions relatives très faibles et n'interviennent pratiquement pas dans la constitution des groupes de relevés.

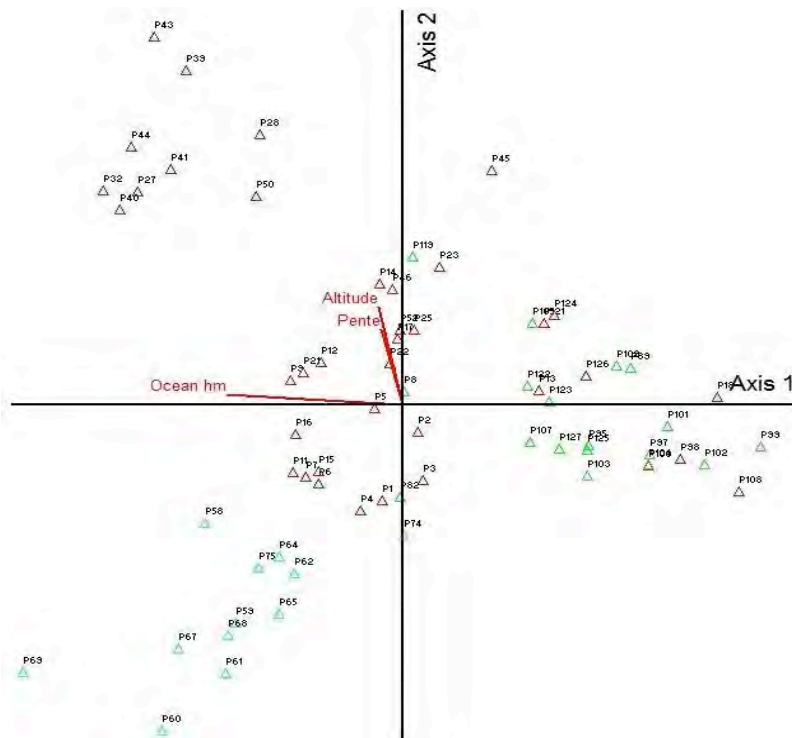
**Tableau 2.** Valeurs propres et poids facteurs-axes

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Valeurs propres	0,247	0,210	0,093
Variance expliquée (%)	7	6	2,6
Cumul (%)	7	13	15,6
<b>Poids facteurs-axes</b>			
Altitude	- 0,157	<b>0,523</b>	- 0,151
Exposition	- 0,082	- 0,017	- 0,076
Pente	0,059	0,119	<b>0,242</b>
Influence océanique	<b>0,553</b>	- 0,273	- 0,035

L'analyse du tableau 2 révèle que la variance expliquée par les trois premiers axes correspond respectivement à 7 ; 6 et 2,6% de l'inertie totale soit 15,6% pour les trois. Une interprétation s'est révélée possible sur les deux premiers axes (Figure 4).







**Figure 4** : Analyse des facteurs écologiques. Projection des relevés sur le plan factoriel 1-2.

En définitive, on peut retenir que les descripteurs écologiques responsables de la diversité et de la répartition de la végétation dans l'ensemble des taillis d'arganier étudiés dans le plateau des Haha sont par ordre d'importance : l'influence océanique, l'altitude et enfin la pente du terrain. Ceci concorde avec les résultats avancés par El Kharouid (2002) dans son étude sur les rejets d'arganiers dans les forêts d'Ida ou Throuma.

#### **d. Typologie des communautés végétales**

Le groupement végétal est un ensemble d'espèces réunies dans une même station par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines (Ozenda, 1960) in Ezzahiri (1989). A partir de l'ensemble des relevés de végétation couvrant les taillis d'arganier au niveau du plateau des Haha, trois groupements floristiquement différents peuvent se distinguer.

\* Groupement 1 : Cette unité comprend les relevés effectués dans l'arganeraie de moyenne et haute altitude en particulier dans les cantons d'Ida-oussarene, Tihamrine et de Tamaroute situés dans la région de Smimou. L'étude du cortège floristique permet de retenir les espèces suivantes : *Tetraclinis articulata*, *Cerantonia siliqua*, *Pistacia atlantica*, *Hyparrhenia hirta*, *Rhus pentaphylla*, *Carralluma sp et*, *Genista tricuspadata*. Généralement, cet ensemble indique des milieux difficiles sur des fortes pentes et des sols squelettiques faisant affleurer, par endroit, la roche mère calcaire.

L'altitude au niveau de ces milieux atteint 829 m avec des pentes allant jusqu'à 55%. L'éloignement moyen par rapport à l'océan est de 22,6 km.

Sur le plan dendrométrique, le nombre moyen de brin par cépée est de 29. L'accroissement moyen en circonférence est de l'ordre de 8,8 mm/an alors que l'accroissement moyen en hauteur est de l'ordre de 25 cm/an.



Sur le plan phytosociologique, ce groupement végétal se rattache à l'association des *Tetraclino-Arganietum spinosae* (Fennane, 1987), association marquée par un cortège floristique diversifié réunissant des espèces de la classe des *Ononido-Rosmarinetea* et des ordres des *Acacio-Arganietalia* et des *Pistacio-Rhamnetalia*. En définitif, ce groupement peut être rattaché à la classe des *Quercetea ilicis* (Br.-Bl., 1947).

\* Groupement 2 : Ce groupe est constitué par une majorité de relevés effectués dans les cantons d'Iferkness, Tamanar sud et Aït Aissi. Ces cantons font partie de la forêt de Tamanar. L'altitude du groupe est comprise entre 265 et 665 m. La pente moyenne du terrain est de 8,7%. Pour ce qui est de l'éloignement moyen par rapport à l'océan, il est de 13,2 km.

Sur le plan dendrométrique, le nombre moyen de brin par cépée est de 42. L'accroissement moyen en circonférence est de l'ordre de 7,1 mm/an alors que l'accroissement moyen en hauteur est de l'ordre de 17 cm/an.

L'analyse floristique montre que dans ce groupe on trouve essentiellement *Olea europea* associée à *Periploca laevigata* et *Lavandula multifida* ainsi que d'autres thérophytes indicatrices des milieux relativement dégradés et ouverts à savoir : *Asphodelus microcarpus* et *Asphodelus tenuifolus*. Cette unité correspond à l'association à *Argania spinosa-Tetraclinis articulata* avec *Periploca laevigata* défini par Peltier (1982).

\* Groupement 3 : Cet ensemble intègre une grande partie des relevés effectués dans les cantons de Bella-ou-zeroual et Argan-el-hanchan au niveau des forêts d'Essaouira. L'altitude à ce niveau ne dépasse pas 430 m et une pente moyenne du terrain de l'ordre de 7,25%. L'éloignement moyen par rapport à l'océan est de 31,5 km.

Sur le plan dendrométrique, le nombre moyen de brin par cépée est de 22. L'accroissement moyen en circonférence est de l'ordre de 10,5 mm/an alors que l'accroissement moyen en hauteur est de l'ordre de 24 cm/an.

L'analyse floristique permet de rattacher les structures forestières de cet ensemble à l'arganeraie de basse et moyenne altitude de la région. Il est caractérisé par la présence d'espèces, en particulier *Chamaerops argentea* et *Ziziphus lotus* indicatrices d'une ambiance favorable pour le développement de l'arganier sur sol profond ou moyennement profond à bilan hydrique favorable.

D'autre part, l'analyse floristique met en évidence la présence d'un grand nombre d'espèces annuelles comme : *Medicago polymorpha*, *Bellis annua* et *Centaurea pullata* indiquant des milieux dégradés par les activités humaines et le surpâturage. Cet ensemble correspond au groupement d'*Argania spinosa-therophytes* défini par Barbero et al. (1982) et faisant partie de la classe phytosociologique des *Théro-Brachypodietea*.

## Références bibliographiques

**Aboukassim S. A., 1995.** Aménagement sylvo-pastorale et agroforestier de l'arganeraie et de la tétraclinaie de la commune rurale d'Ida ou Throuma (Province d'Essaouira). Analyse des données et synthèse. Rabat, 114 p.

**Alifriqui M., 2004.** L'écosystème de l'arganier. Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), Rabat, Maroc.

**Barbero M., Benabid A., Rivas-Martinez S. & Santos A., 1982.** Contribution à l'étude des *Acacio-arganietalia* du Maroc sud-occidental. Doc. Phyto. Volume VI. Camerino, 311-338.



- Bousquet V., 2000.** L'élevage caprin dans le système agraire de l'arganeraie (Cas des communes rurales d'Ida ou Throuma). Projet PRAD n° 0011. IAV HASSAN II. 87 p.
- Bouxin G., 2008.** Analyse statistique des données de végétation. Les techniques d'analyse factorielle et d'ordination. Internet : <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/ASDV.htm>.
- Braun-Blanquet J., 1932.** Plant sociology, MC Graw Hill Book, 439 p.
- Braun-Blanquet J., 1952.** Peuplements végétaux de la France méditerranéenne. CNRS, Montpellier, 297 p.
- Dulière J.-F., Tanghe M. et Malaisse F., 1996.** Répertoire des groupes écologiques du fichier écologique des essences. Ministère de la région wallonne. DGRNE, 319 pp.
- El Kharouid A., 2002.** Contribution à l'étude de la dynamique des jeunes rejets d'arganier en relation avec le milieu dans les forêts d'Ida ou Throuma. Mémoire 3<sup>ème</sup> cycle E.N.F.I., 79 p.
- Ezzahiri M., 1989.** Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie du Moyen Atlas Tabulaire, l'exemple de la cédraie de sidi Mguild, Thèse de Doctorat Es-sciences Agronomiques, IAV HASSAN II, Rabat, 163 p.
- Fennane M., 1987.** Etude phyto-écologique des tetraclinaies marocaines. Thèse Es.Sc., Fac. St. Jérôme, Marseille, 148 p.
- Goodall D.W., 1973.** Numerical classification Handbook of Vegetation Science; edited by R.H. Wittaker. Dr. W. Junk publishers-The Hague, V: 577-615 pp.
- I.F.N., 1999.** Inventaire forestier national, Rapport de synthèse, Service de l'Inventaire Forestier National, Direction du Développement forestier, 45 p.
- M'hirit O., Benziane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M. et Bendâanoun M., 1998.** L'arganier, une espèce fruitière-forestière à usage multiples. MARDAGA, Belgique, 150 p.
- Nouaim R., Chaussod R., El Aboudi A., Schnabel C. et Peltier J.P., 1991.** L'arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre, in : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides, Groupe d'études de l'arbre, Paris, 373-388 pp.
- Ozenda P., 1982.** Les végétaux de la biosphère. Ed. Doin, Paris, 430 p.
- Peltier J.P., 1982.** La végétation du bassin versant de l'oued sous (Maroc). Thèse doctorat ès-Sciences, Univ. Sci. et Médic., Grenoble, 201 p.
- Romane F., 1987.** Efficacité de la distribution des formes de croissance des végétaux pour l'analyse de la végétation à l'échelle régionale. Cas de quelques taillis de chêne vert de Languedoc. Thèse de doctorat, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, 153 p.
- Rieuf P., 1962.** Les champignons de l'arganier. Les cahiers de la recherche agronomique, Institut National de Recherche Agronomique, Rabat, 15 p.
- Roux M., 1985.** Algorithmes de classification. Masson, Paris, 151 p.
- Soulères G., Belghazi B. & Sepp S., 1998.** Problématique posée par l'exploitation de l'arganeraie, P.C.D.A, Agadir, 28 p.
- Vedrenne G., 1982.** L'analyse multivariable et la mise en évidence d'indicateurs biologiques. Application à l'étage méditerranéen de Provence calcaire. Thèse de Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, Fac. Sci. et Tech. St. Jérôme, Marseille.
- Vidal Ph., 1982.** Les pelouses de la Drome, caractéristiques floristiques. Relations avec les facteurs géopédologiques et physiographiques. Essai de zonage en vue de leur aménagement. Thèse de Doct. 3<sup>ème</sup> cycle en écologie, Fac. Sci. et Tech. St. Jérôme, Marseille.



# Effet de la mise en défens sur la richesse floristique et la densité dans deux arganeraies de plaine

ACHOUR A.<sup>2</sup>, AROUI A.<sup>1</sup>, DEFAA C.<sup>1,2</sup>, EL MOUSADIK A.<sup>1</sup> et MSANDA F.<sup>1</sup>

1 - Laboratoire Biotechnologies & Valorisation des Ressources Naturelles, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, BP 8106, Agadir, Maroc

2 - Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Sud Ouest, BP 520, Agadir. [achourahmed2005@yahoo.fr](mailto:achourahmed2005@yahoo.fr)

## Résumé

L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, est le seul représentant au Maroc de la famille tropicale des Sapotacées. Dans de nombreux endroits, à cause de l'accroissement de la pression démographique et celle de l'activité pastorale, l'arganier est réduit à l'état de buissons médiocres, broutés à outrance et aux espèces caractéristiques de l'arganeraie a succédé un tapis ras d'annuelles (thérophytisation) ou une formation envahie d'espèces steppiques (steppisation) souvent non appréciée. La désertification est ainsi devenue le principal problème environnemental de la région. L'activité anthropique a conduit à une régression dramatique et souvent irréversible de l'arganeraie. Dans les zones de plaine, la pérennité de cet écosystème est déjà très fortement compromise.

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'emprise des facteurs anthropozoogènes sur l'arganeraie de plaine, par l'étude de la diversité floristique, et de la dynamique des structures de végétation à l'intérieur et à l'extérieur de deux parcelles mises en défens. Les mesures effectuées au niveau de la richesse spécifique, la diversité floristique, le taux de recouvrement la densité de la végétation, et la régénération naturelle, ont montré un effet bénéfique de la clôture sur la reconstitution et le maintien de l'écosystème arganeraie.

**Mots clés** : arganier, désertification, mise en défens.

## *Effect of fencing on floristic richness and density of two parcels in the argan forest*

### Summary

Argan [*Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae)] is an endemic species of western Morocco. The area of the argan tree is estimated at 870 000 hectares, its bioclimate is arid and semi-arid and Saharan in the south. The plant biodiversity of the argan tree holds its originality of the presence of meso-mégathermes lineages species of tropical and strain endemic. Desertification is the main environmental problem in the region. Increasing population pressure and the pastoral activity, led to a deterioration and regression dramatic and often irreversible argan tree. In the plain areas, the sustainability of this ecosystem is already heavily compromised and in many places, Species characteristics of the argan tree has succeeded carpet flush of annuals (thérophytisation) or training invaded steppe species (steppisation) often not palatable.

This study aims to evaluate the influence of factors on anthropozoogènes arganeraie plain by the study of biodiversity and structural dynamics of vegetation within and outside plots put fencing. Measurements at the species richness, the diversity of flora, the recovery of vegetation and natural regeneration, have shown a beneficial effect of the closure on the restoration and maintenance of ecosystem Argan.

**Key words** : argan tree, desertification, fencing.



## Introduction

L'arganier [*Argania spinosa* (L.) Skeels] est une espèce endémique du Maroc. Il appartient à la famille des Sapotacées, famille typiquement tropicale. Il daterait de l'ère tertiaire, et se serait répandu sur une grande partie du Maroc. Actuellement les forêts d'arganier s'étendent en bioclimat aride, et semi aride du sud ouest marocain, sur une surface estimée à 870 000 ha [1] et représente la deuxième essence forestière du pays, avec environ 17% de la superficie forestière nationale.

L'arganier représente à lui seul un symbole de la vie écologique et socio-économique du sud ouest du pays. Il joue un rôle majeur dans la lutte contre la désertification, dans la préservation des équilibres écologiques et de la biodiversité. Il constitue de ce fait un véritable rempart contre l'avancée du désert. L'arbre se distingue par un large éventail d'utilisations et d'exploitations qu'il offre. Il constitue également un espace complexe qui conditionne l'économie rurale où se sont développés des systèmes socio économiques et socio culturels d'une grande originalité [2]. A travers son statut spécial de par les droits de jouissances dont bénéficient les usagers de l'arganeraie, l'arbre assure la subsistance de près de 3 millions de ruraux. C'est un arbre à usages multiples (forestier, fruitier et fourrager), tous ses produits sont exploités; le bois sous forme de charbon, les amandons pour l'extraction de l'huile, les feuilles, la pulpe de ses fruits et le résidu des amandons (tourteau) servent de nourriture pour les animaux.

## Une diversité floristique originale

L'arganier est un arbre thermophile et xérophile, de bioclimat aride chaud et tempéré à semi-aride chaud et tempéré et saharien plus au sud. Les précipitations sont comprises entre 250 et 400 mm de Safi à Agadir. Dans la plaine du Souss et dans l'Anti-Atlas, les précipitations annuelles varient de 150 à 250 mm. Plus au sud, dans les zones sahariennes, elles sont souvent inférieures à 100 mm l'arganier ne se localise plus que le long des cours d'eau temporaires.

Du point de vue floristique, l'arganeraie est très riche et diversifiée. Elle abrite, environ le tiers de la flore vasculaire marocaine, soit 1240 espèces et sous-espèces, dont 142 endémiques [3]. Ce chiffre n'est cependant pas très élevé en considération de la variété des conditions écologiques qu'offre l'étendue de la région. Du point de vue biogéographique, l'originalité de l'arganeraie réside dans le fait qu'elle constitue le dernier massif forestier méridional de l'Afrique du Nord.

La flore de l'arganeraie est nettement méditerranéenne ; cet élément représente 51% de cette flore. Quatre autres groupes de plantes participent également à la composition floristique de la région. L'élément macaronésien dont l'originalité tient à la présence d'une flore thermophile constituée d'éléments succulents (*Euphorbia officinarum* subsp. *echinus*, *Euphorbia obtusifolia* subsp. *regis-jubae*, *Senecio anteuphorbium*, *Caralluma* sp. etc.) qui du point physiologique rappelle l'étage infracanarien [4], d'où le nom de secteur macaronésien marocain qui pendant longtemps lui a été donné [5]. L'élément tropical, dernier vestige de l'avancée tropicale contemporaine de la fin du dernier pluvial [3], représenté par des espèces figurant parmi les plus grandes raretés de la flore nord africaine : *Chloris gayana*, *Kalanchoe faustii*, *Commelina rupicola*, *Leptochloa ginae*, *Enteropogon rupestris*, *Heteropogon contortus*, *Dichanthium ischaemum*, taxons pour la plupart actuellement localisés dans des stations refuges résiduelles [6]. L'élément saharien attestant de périodes plus sèches, et dont l'extension s'est produite dans chacune des périodes interpluviales du quaternaire.



L'élément endémique, qui s'inclut à peu près dans les lignées méditerranéennes est représenté par *Periploca laevigata* ssp. *angustifolia*, *Genista ferox* ssp. *microphylla*, *Bupleurum dumosum*, *Hesperolaburnum platycarpum*, *Lavandula maroccana*, *Satureja macrosiphon*, *Sideritis cossoniana*, *Thymus leptobotrys*, *Chamaecytisus mollis*, *Satureja arganietorum*, etc. [7].

L'arganier participe à de nombreux groupements végétaux [3, 6, 8, 9, 10, 11]. Les groupements à euphorbes cactoïdes (*Euphorbia beaumierana* et *Euphorbia officinarum* ssp. *echinus*) sont sans doute les plus originaux. Ils renferment des éléments crassulescents et souvent aphyllés (*Euphorbia officinarum* ssp. *echinus*, *Euphorbia obtusifolia* ssp. *regis jubae*, *Euphorbia beaumierana*, *Warionia saharae*, *Senecio anteuphorbium*, *Caralluma buchardii* dii var. *maura*, *Caralluma commutata*, *Aeonium arboreum*, etc.). Une des stations les plus intéressantes est celle où l'arganier cohabite avec des populations de dragonnier marocain (*Dracaena draco* ssp. *ajgal*) ; elle se situe dans les gorges de l'Assif Oumaghouz [6]. Son originalité se manifeste par la présence d'éléments floristiques tropicaux rares ou endémiques au Maroc : *Dracaena draco* ssp. *ajgal*, *Laurus azorica*, *Davallia canariensis* et *Asplenium aethiopicum*, cette dernière espèce individualisant à ce niveau son unique station nord-africaine.

## Activité humaine et désertification

Les écosystèmes à arganier sont aujourd'hui soumis à une importante activité humaine liée à la pression démographique, à l'extension des cultures, au prélèvement abusif du bois et au surpâturage. Les pertes annuelles en surfaces forestières et pastorales sont considérables.

Relique du tertiaire, l'arganier a dû occuper une aire plus étendue que son aire actuelle [12, 13, 14, 15, 16]. Au début du XXe siècle, la surface globale de l'arganeraie était estimée à 1 500 000 hectares [14]. Depuis un siècle, l'arganeraie a connu une perte de la moitié de sa surface [16, 17]. Ainsi, entre 1918 et 1924, le rythme de destruction était de l'ordre de 2000 hectares/an [18]. Avec la seconde guerre mondiale (1939-1945), le processus de destruction s'est accentué. La production de bois a atteint 243 000 stères de bois et 1 672 000 quintaux de charbon [19]. La superficie exploitée était de l'ordre de 400 000 hectares. Au cours des dernières décennies, la forêt d'arganier n'a cessé de reculer au même titre sinon plus que les autres forêts du Maroc [18]. Les prélèvements en bois dépassent de trois fois les capacités de production [2].

Dans la plaine du Souss, l'intensification de l'agriculture et la mécanisation des travaux ont aggravé le processus de défrichement. Les surfaces mises en culture ne cessent d'augmenter et continuent de menacer l'arganeraie. Entre 1967 et 2004 les surfaces des cultures maraichères sont passées de 3000 à 21 117 ha, quant aux agrumes elles sont passées de 3100 ha en 1960 à 30 589 ha en 2004 [20]. Entre 1960 et 1986, la forêt d'Ademine a perdu 9904 ha [21], soit une moyenne de 550 ha par an. L'arganeraie a régressé non seulement en termes de superficies mais surtout en densité. En moins d'un demi siècle, la densité moyenne de l'arganeraie est passée de 100 arbres / ha à 30 arbres / ha [22].

A la régression de l'arganeraie, sous l'effet de l'extension et de l'intensification des cultures, s'ajoute une dégradation qualitative du couvert végétal sous l'effet du surpâturage. L'arganeraie offre une importante réserve fourragère dont les capacités productives sont largement dépassées (3 fois la charge d'équilibre), les besoins du cheptel pâturant dans l'arganeraie sont évalués à 450 millions d'unités fourragères, comparés à la production pastorale estimée à 166 millions d'UF [23]. En plus du surpâturage causé par les troupeaux, l'arganeraie est souvent envahie par d'importants troupeaux, essentiellement camelins et caprins appartenant à des nomades. Ce qui conduit d'une part à un affaiblissement des arganiers, et d'autre part à l'absence de régénération naturelle.



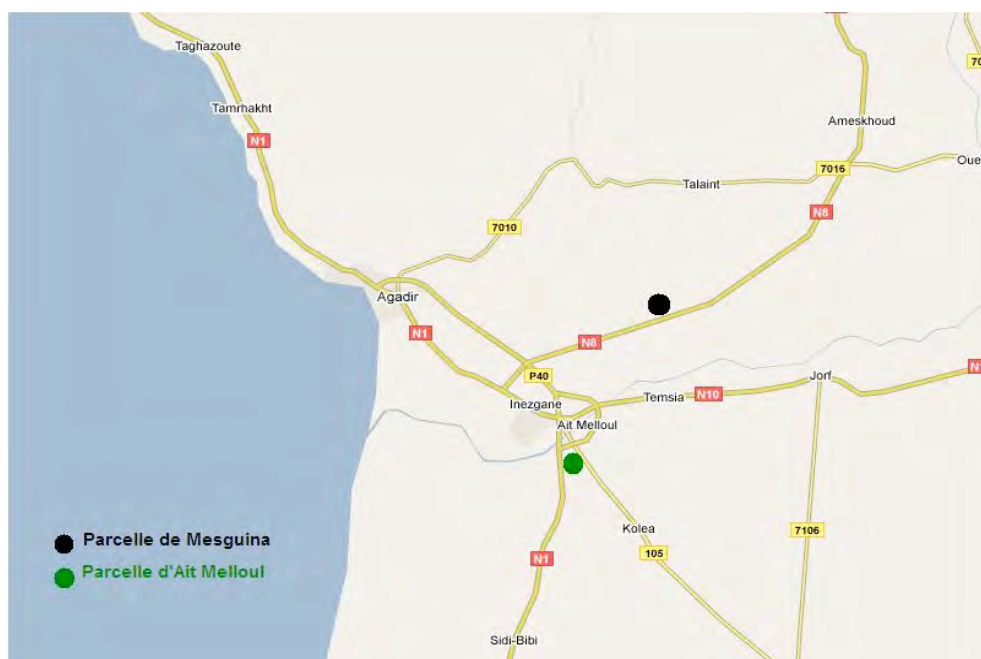
La désertification est devenue, ainsi, le principal problème environnemental dans la région. La biodiversité de la région est aujourd'hui fortement menacée par l'aggravation des impacts liés à l'utilisation du milieu végétal par l'homme et ses troupeaux.

D'une façon générale, l'exploitation de l'arganeraie tend à banaliser la flore ce qui entraîne la disparition d'un certain nombre d'espèces, qui pouvaient participer à la constitution des groupements climaciques. La région s'appauvrit constamment en espèces végétales. *Genista ferox*, *Chamaecytisus mollis*, *Salsola webbii* sont des espèces de plus en plus rares dans la forêt d'Ademine. *Euphorbia beaumierana* est en voie de disparition dans la plaine du Souss. La régression de certaines espèces affecte directement la qualité des pâturages, elles sont en effet remplacées sur les rocailles dénudés par des espèces peu appétibles comme *Hammada scoparia*.

Cette étude a pour objectif l'évaluation du rôle de la mise en défens dans l'évolution de la biodiversité, du recouvrement de la végétation et de la régénération naturelle ainsi que la dynamique de l'arganeraie, par la comparaison d'une parcelle mise en défens et une parcelle, d'un même type de milieu, voisine soumise au pâturage.

## Matériel et méthodes

Cette étude a pour but d'évaluer et de comparer la biodiversité et la dynamique des structures de végétation à l'intérieur et à l'extérieur de deux parcelles mises en défens. Les parcelles étudiées se situent dans la terminaison occidentale du Haut Atlas, à environ 25 km à l'Est d'Agadir (figure 1). La topographie des parcelles est assez plane et est constituée dans sa majorité par un substrat argilo-calcaire. La première parcelle, clôturée depuis le 10 juin 1988 présente une superficie de 220 ha. La deuxième parcelle, clôturée depuis 1962, est située en plein ville d'Ait Melloul et sa superficie est de 23 ha. Ces deux parcelles se situent dans l'étage bioclimatique aride supérieur à semi-aride inférieur. La végétation dominée par l'arganier est de type steppique.



**Figure. 1** : Situation géographique de la parcelle de Mesguina et la parcelle d'Ait Melloul.



La station de Taguenza située à proximité des parcelles clôturées a enregistré pour la période 1993 – 2003 une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 323,8 mm (Tableau I). Les précipitations ont été très irrégulières d'une année à l'autre, l'année 1994, la plus sèche, a enregistré un total de 90 mm. L'année 1996 a enregistré un total de 859,5 mm. Le nombre de jours de pluie est variable d'une année à l'autre.

**Tableau I** : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations à Taguenza

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1993	46,5	3	38	0	16,8	0	0	0	0	87,4	68,5	1,3	261,5
1994	22,5	17,8	33,6	0,9	0	0	0	0	0	0,7	3,2	11,3	90
1995	0	13,7	96	1,7	0	0	0	0	2,9	15,2	103	146,2	378,7
1996	299,1	41,6	142,4	3	38,3	4,6	0	0	0,1	6,7	39,2	284,5	859,5
1997	96,8	0,1	5,2	51,5	0	0	0	0	0	39,8	16,1	104,8	314,3
1998	92,6	136,1	41,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0,9	18,2	290,2
1999	18,8	3,8	123,1	0	9,5	0	0	0	0	77,2	1	28,4	261,8
2000	7,8	0	0	46,8	0	0	0	0	0	0	0,1	236,3	291
2001	3,6	0	13,9	0	0	0	0	0	29,3	0	10	148,6	205,4
2002	0,4	27,8	92,2	45,2	0	0	1,2	0	0	0	217,4	74,6	458,8
2003	0	19,4	6,2	14,2	0	0	0	6,2	0	27,5	78,5	0	152
Moyenne	53,5	23,9	53,8	14,9	5,9	0,4	0,1	0,6	2,9	23,1	48,9	95,8	323,8

## Echantillonnage de la végétation

La méthode d'échantillonnage consiste à tracer des transects à l'intérieur et à l'extérieur de la parcelle clôturée. Le long de chaque transect sont disposées des placettes carrées de 625m<sup>2</sup> (25mx25m) chacune est équidistante de 250 m. Trois transects ont été réalisés dans la parcelle mise en défens et deux transects dans la parcelle ouverte située à proximité de la parcelle mise en défens. Ainsi, au total quarante relevés ont été réalisés.

A l'intérieur de chaque placette, plusieurs paramètres ont été relevés ; ils se rapportent à la diversité floristique, à la densité, au recouvrement et à la régénération naturelle de l'arganier. Pour chaque milieu, ont été calculés divers indices notamment :

- la richesse spécifique (S) déterminée par l'effectif des espèces végétales présentes dans chaque parcelle (clôturées et non clôturées) ;
- la diversité maximale :  $H_{\max} = \log_2 S$  où S est l'effectif total des espèces présentes dans la parcelle;
- l'indice de diversité de Shannon et Weaver :  $H' = -\sum f_i \log_2 f_i$  où  $f_i$  est la contribution spécifique de l'espèce i ( $f_i = n_i / \sum n_i$ ),  $n_i$  étant la fréquence absolue de l'espèce i ;
- l'indice de régularité (R) qui permet de comparer la diversité mesurée à la diversité théorique maximale [24]:  $R = H' / H_{\max}$  ;
- la diversité bêta ou indice de similitude, quantifiant l'importance de remplacement des espèces ou des changements biotiques le long de gradients environnementaux [25] et mesurant la similitude entre la parcelle clôturée et la parcelle non clôturée, l'indice utilisé dans ce travail est celui de Jaccard [26] :

$P = (C / (A + B - C)) * 100$  avec A : nombre d'espèces dans la parcelle clôturée, B : nombre d'espèces dans la parcelle non clôturée, et C nombre d'espèces communes aux deux parcelles.





## Résultats et discussion

### *Richesse spécifique*

Au niveau de la parcelle de Mesguina, les relevés floristiques ont permis de déterminer un nombre total de 92 espèces végétales réparties en 33 familles. Au niveau de celle d'Ait Melloul, on a noté 29 espèces.

Les familles les mieux représentées sont les Asteraceae, les Fabaceae, les Poaceae les Liliaceae et les Lamiaceae. Il ressort que la majorité des familles gardent sensiblement leur rang, comme dans la flore marocaine.

Trente deux familles sont représentées dans la parcelle mise en défens à Mesguina, contre à peine quinze familles à l'extérieur. Dans cette même parcelle mise en défens, l'importance des genres et espèces varie en fonction des familles : Asteraceae (10 genres, 13 espèces), Fabaceae (9 genres, 11 espèces), Poaceae (8 genres, 8 espèces), Liliaceae (5 genres, 8 espèces), Lamiaceae (5 genres, 7 espèces), Brassicaceae, (4 genres, 4 espèces), Solanaceae (3 genres, 3 espèces), Plantaginaceae (1 genre, 3 espèces), Euphorbiaceae, Rhamnaceae, Caryophyllaceae et Polygonaceae (2 genres, 2 espèces), Anacardiaceae, Resedaceae et Geraniaceae (1 genre, 2 espèces), Apiaceae, Amaryllidaceae, Araceae, Asclepiadaceae, Boraginaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Ephedraceae, Malvaceae, Oleaceae, Plumbaginaceae, Primulaceae, Renonculaceae, Sapotaceae, Urticaceae, Zygophyllaceae et Cucurbitaceae (1genre, 1 espèce).

La parcelle clôturée abrite 88 espèces végétales contre 22 seulement pour la parcelle non clôturée. La différence observée au niveau du nombre d'espèces entre l'intérieur et l'extérieur de la parcelle mise en défens, montre l'effet bénéfique de la mise en défens sur la richesse floristique. La flore commune entre les deux parcelles compte 17 espèces.

Soixante et onze espèces se sont maintenues dans la parcelle clôturée grâce à la mise en défens. La composition floristique, aussi bien sur le plan qualitatif, que quantitatif, est influencée par la mise en défens. La flore spécifique à la parcelle clôturée compte un important lot de plantes à valeur fourragère et de nombreuses endémiques devenues très rares ou absentes à l'extérieur de la mise en défens: *Chamaecytisus mollis*, *Genista ifniensis*, *Lotus arenarius*, *Argyrobolium microphyllum*, *Teucrium demnatense*, *Anthyllis tetraphylla*, *Medicago ciliaris*, *Medicago laciniata* etc.

L'effectif des familles et des espèces diminue significativement en fonction de l'activité anthropique. Ces résultats confirment les résultats d'autres études [27, 28, 29], qui montrent que le surpâturage diminue la richesse floristique.

Au niveau de la parcelle située à Ait Melloul, la clôture est détruite à plusieurs endroits et la mise en défens n'est pas totalement respectée. Ainsi, les résultats suivants sont relatifs à la parcelle de Mesguina qui permet de tirer des conclusions fiables sur l'effet de la mise en défens sur l'écosystème arganier.

### *Diversité spécifique*

Le tableau II donne les variations des indices de diversité et de régularité en fonction de la mise en défens. La valeur des indices est toujours plus élevée dans la parcelle clôturée. Les valeurs enregistrées à l'extérieur de la mise en défens sont en relation avec une importante activité anthropique.



**Tableau II** : Indices de diversité spécifique et indice de Jaccard

	Indice de diversité maximale	Indice de Shannon et Weaver	Indice de Régularité	Indice de Jaccard
Parcelle clôturée	4,5	4,1	0,92	18,27
Parcelle non clôturée	3,09	2,69	0,87	

L'indice de similitude de Jaccard est très faible (18%), la parcelle clôturée étant plus diversifiée (88 espèces) que la parcelle non clôturée (22 espèces). La mise en défens a permis le maintien et le développement de nombreuses espèces ayant complètement disparu à l'extérieur de la clôture.

Le pâturage, principale activité à l'extérieur de la parcelle mise en défens, provoque donc une inégalité des contributions individuelles des espèces, en diminuant les indices de diversité.

### *Recouvrement global de la végétation*

Le recouvrement global moyen de la végétation est de l'ordre de 64% dans la parcelle clôturée. A l'extérieur le recouvrement global moyen n'est que de 22%, soit environ le tiers de la parcelle clôturée. Ce résultat traduit l'effet bénéfique de la mise en défens sur le recouvrement de la végétation (planche 1 : photos 1 et 2). En dehors de la clôture seules les espèces qui résistent à la dent du bétail persistent, mais dans un état lamentable, en particulier *Argania spinosa*, *Ziziphus lotus*, *Acacia gummifera* et *Rhus tripartita*.

D'une manière générale, la mise en défens et l'élimination du pâturage favorisent le développement en nombre et le recouvrement des différentes strates herbacées et pérennes. Ces espèces constituent le cortège floristique principal de l'écosystème arganier, en d'autres termes la clôture a favorisé la conservation de l'écosystème dégradé ailleurs sous l'effet de divers facteurs.

Ces résultats confirment les résultats d'autres travaux qui indiquent une augmentation progressive du recouvrement global de la végétation dans les zones protégées comparativement aux zones soumises au surpâturage, qui se caractérisent par l'extension des sols nus [27].

### *Densité des arganiers*

L'estimation du nombre des arganiers, dans la parcelle clôturée a donné une moyenne de 134 arbres/ha avec une taille des arbres allant de 4 à 7 m de haut, contre 50 arbres/ha dans la parcelle non clôturée avec une taille ne dépassant pas 5m (planche 2 : photos 3 et 4). La mise en défens a un effet bénéfique sur la densité mais également sur la vigueur et la productivité des arbres. A l'extérieur de la mise en défens les troupeaux de caprins et de camelins pratiquent un surpâturage sur les arganiers pour en brouter le feuillage et les fruits. Ce type de pâturage a pour conséquence la disparition de tissus photosynthétiques pouvant induire un dysfonctionnement du processus physiologique des arbres [23].

### *Régénération naturelle de l'arganier*

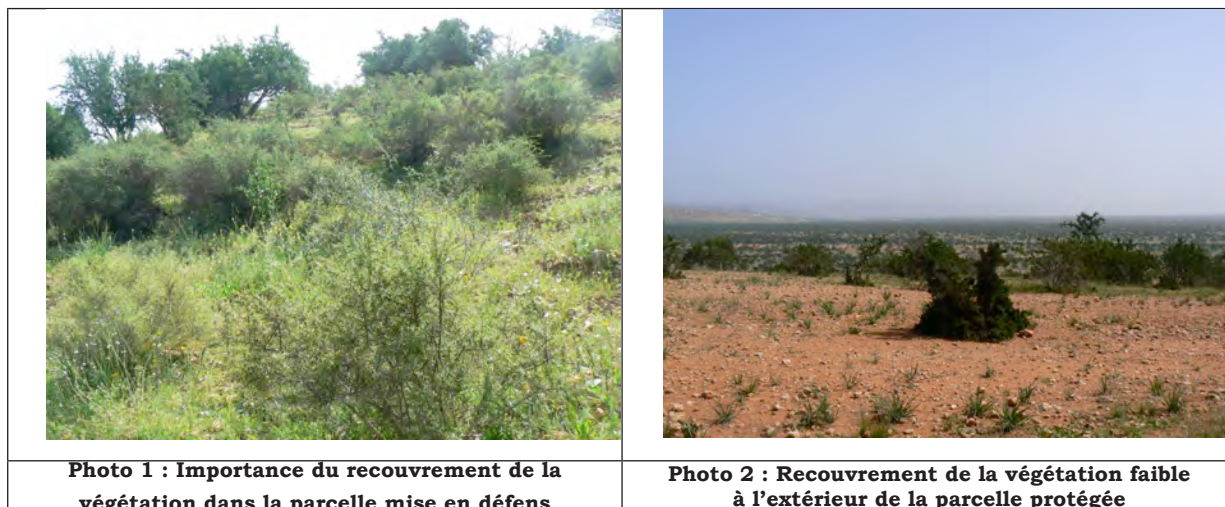
La mise en défens a favorisé la régénération et le développement des arganiers ; plusieurs facteurs interviennent à ce niveau :

- abondance des graines sous les arbres à cause de l'interdiction de leur collecte ;
- densité de la végétation qui fournit ombre et humidité aux jeunes plantules ; en effet, de nombreuses plantules d'arganiers ont été observées sous ou dans des buissons ou arbustes tels que: *Acacia gummifera*, *Genista ferox*, *Periploca laevigata*, *Rhus pentaphylla*...



La régénération de l'arganier dans la parcelle clôturée est importante, le nombre de plantules (germinations de l'année) observées varie de 2 à 40 plantules sous le même arganier (planche 3 : photos 5 et 6). En plus des jeunes plantules, la clôture a permis la survie de nombreux pieds d'arganier d'âges et de caractères biométriques différents. La taille de ces derniers varie de 15 cm à 170 cm de haut. Dans la parcelle non clôturée, cette régénération est absente à cause du surpâturage et de la récolte systématique des noix d'arganier.

La mise en défens a, également, favorisé la remontée biologique de nombreuses espèces telles que : *Acacia gummifera*, *Rhus tripartita*, *Rhus pentaphylla*, *Cytisus albidus*, *Periploca laevigata*, *Ephedra fragilis*, *Asparagus pastorianus*, *Asparagus albus*, *Hesperolaburnum platycarpum* et *Genista ferox*.



## Conclusion

L'analyse de la richesse spécifique, de la diversité floristique, du recouvrement, de la densité des arganiers et de la régénération naturelle dans une parcelle clôturée et non clôturée a permis de mettre en évidence l'effet négatif du surpâturage - principale activité à l'extérieur de la parcelle mise en défens - sur l'écosystème à *Argania spinosa* et son cortège floristique. La mise en défens a un effet bénéfique sur le développement de la végétation et permet une occupation graduelle du milieu par l'arganier et ses principales compagnes. Ces résultats présentent un intérêt majeur dans la restauration, la reconstitution et la réhabilitation de l'arganeraie dégradée.

La mise en défens de 23 ans s'est traduite par un effet favorable sur le recouvrement global moyen de la végétation (64% dans la parcelle mise en défens, contre 22% à l'extérieur). Au niveau de la richesse spécifique, la protection était très bénéfique (88 espèces dans la mise en défens contre 22 seulement à l'extérieur). La densité de la forêt est beaucoup plus importante à l'intérieur qu'à l'extérieur des parcelles mises en défens (134 arbres/ha, contre 50 seulement).

Malgré les multiples pressions, la dégradation de l'arganeraie n'a pas encore atteint un stade irréversible, d'où la nécessité d'adopter une stratégie de conservation visant un développement durable de l'arganeraie. Dans les endroits où la dégradation n'a pas atteint le seuil d'irréversibilité, la reconstitution du couvert végétal naturel peut, le plus souvent, être assurée par une mise en défens qui favorise les potentialités d'auto-régénération du milieu. De plus, il est temps de passer à des modes d'utilisation rationnelle des espaces à arganier en visant la diminution de la pression anthropozoogène sur les ressources naturelles. La création de réserves protégées, convenablement gérées permettra d'assurer la durabilité des écosystèmes de l'arganeraie.



## Références bibliographiques

1. **Ministère Chargé des Eaux et Forêts.** Inventaire forestier national. Rapport de synthèse 1999, 37 p.
2. **Azenfar A. Présentation de l'arganeraie.** In **Kenny L, De Zborowski I**, eds. *Atlas de l'arganier et de l'arganeraie.* Rabat : IAV Hassan II, 2007 : 71-83.
3. **Peltier JP. La végétation du bassin versant de l'oued Souss (Maroc).** Thèse Doctorat ès-Sciences Univ Sci Médic Grenoble, 1982 : 201p.
4. **Rivas-Martinez S. Pisos climaticos de Espana.** *Lazaroa* 1983; 5: 33-43.
5. **Braun-Blanquet J, Maire R.** Etudes sur la végétation et la flore marocaines. *Mém. Soc.Sc. Nat. Maroc* 1924; 8: 239 p.
6. **Benabid A, Cuzin F.** Des populations de Dragonnier (*Dracaena draco* ssp. *ajgal* Benabid et Cuzin) au Maroc: valeurs taxonomique, biogéographique et phytosociologique. *CR Acad Sci (Paris)* 1997; 320: 267-77.
7. **Quézel P, Médail F.** *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen.* Paris : Elsevier, 2003; 571 p.
8. **Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP.** Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Cahiers Agricultures* 2005; 14 (4): 357-64.
9. **Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP.** Ecologie de l'arganier et typologie des arganeraies. In **Kenny L, De Zborowski I**, eds. *Atlas de l'arganier et de l'arganeraie.* Rabat : IAV Hassan II, 2007 : 87-106.
10. **Msanda F.** Végétation de l'Anti-Atlas occidental et de sa retombée saharienne (Maroc): essai de synthèse. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, 2004 : 114p.
11. **Benabid A.** *Flore et écosystèmes du Maroc. Evaluation et préservation de la biodiversité.* Paris : Ibis Press, 2000 ; 360 p.
12. **Emberger L.** Matériaux pour l'étude de la flore et de la végétation du Maroc. *Bull. Soc. Hist. Nat. Nord. Afr* 1938; Fasc 7, 17 (7-8): 209 -219.
13. **Emberger, L.** 1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire sur la carte phytogéographique au 1/1 500 000. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, Mém. Hors série Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc* 1939 ; 14 : 40 – 157.
14. **Boudy P.** Guide du forestier en Afrique du nord. Paris : *Maison Rustique* 1952 : 185-196.
15. **Boudy P.,** 1948. La forêt marocaine. *Encyclopédie coloniale et maritime* 1948 : 355- 370.
16. **Sauvage Ch.** Les environs de Goulimine, carrefour botanique. *Soc Sc Nat Maroc* 1949; 107-146.
17. **Tarrier M. et Benzyane M.,** L'arganeraie marocaine se meurt: problématique et bio-indication. *Sécheresse* 2003; 1E (1).
18. **Ottmani NE.** La problématique de l'arganier. Actes des Journées d'étude sur l'arganier. Essaouira 29-30 septembre 1995.
19. **Benzyane M.,** (1995). Le rôle socio-économique et environnemental de l'Arganier. Actes des Journées d'étude sur l'Arganier. Essaouira 29-30 Septembre 1995.
20. **Kenny L.** Histoire de l'arganier. In **Kenny L, De Zborowski I**, eds. *Atlas de l'arganier et de l'arganeraie.* Rabat : IAV Hassan II, 2007 : 13-36.
21. **El Yousfi, S.M.,** 1988. La dégradation forestière dans le Sud marocain. Exemple de l'arganeraie d'Ademine (Souss) entre 1969 et 1986, mémoire de 3<sup>e</sup> cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat, 117 p.



22. **Abourouh M.** La recherche scientifique sur l'arganier : bilan et perspectives. *Ann Rech For Maroc* 2007 ; 38 : 22-31.
23. **Naggar M, Mhirit O.** L'arganeraie : un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. *Sécheresse* 2006; 17 (1-2): 314-7.
24. **Puetro A, Rico M.** Edaphic variability and floristic structure on Mediterranean grassland slopes. *Arid Land Research and Management* 1997; 11 (1): 9 – 22.
25. **Whittaker RH.** 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 1972; 21 (2): 213-251.
26. **Jaccard P.** Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bull Soc Vaudoise Sc Nat* 1901; 37: 547-579.
27. **Sidi Mohamed YO, Neffati M, Henchi B.** Effet du mode de gestion des phytocénoses sur leur dynamique en Tunisie présaharienne : cas du parc national de Sidi Toui et de ses environs. *Sécheresse* 2002; 13 (3), 195-203.
28. **Rakotoarimanana V, Gondard H, Ranaivoarivilo N, Carriere S.** Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragère d'une savane des hautes terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse* 2008; 19(1): 39-46.
29. **Taleb MS, Bellaka M, Achour A.** Effet de la clôture sur la biodiversité et la dynamique de l'arganeraie. *Ann Rech For Maroc* 2007 ; 38 : 171-85.



# Des vergers d'arganier :

## Une agriculture innovante pour une production durable d'huile d'argane

**Rachida NOUAIM<sup>1</sup> et Rémi CHAUSSOD<sup>2</sup>**

1 - Professeur Universitaire, présidente de l'Association Internationale des Arganophiles.  
2 - chemin du Lavoir, 21310 Viévigne (France). E-mail : nouaim.rachida@orange.fr  
2 - Directeur de Recherches à l'Institut National de Recherche Agronomique,  
UMR Agro-Ecologie, INRA / Université de Bourgogne / AgroSup, 10 rue Sully,  
BP 86510, 21065 Dijon cedex (France). E-mail : remi.chaussod@dijon.inra.fr

### **Résumé**

Plus de vingt années de recherches sur l'arganier nous ont permis de jeter les bases de la domestication de cet arbre et de son utilisation en tant qu'arbre fruitier oléagineux pour la production d'huile d'argane dans des vergers ou dans des systèmes agroforestiers modernes. Nos travaux sur la biologie de l'arbre ont mis en évidence des caractéristiques exceptionnelles au plan de la diversité génétique, du système racinaire, de la dépendance mycorhizienne, etc. A partir de ces connaissances, des travaux appliqués nous ont permis de définir les meilleures conditions de production de plants d'arganier pour la création de vergers d'arganiers. Enfin, nous avons montré que l'utilisation de techniques innovantes pouvait considérablement améliorer la croissance initiale des jeunes plants et la formation des arbres, favorisant une mise à fruit rapide. Les aspects bio-techniques de la création de vergers d'arganiers étant aujourd'hui maîtrisés, les travaux se poursuivent sur la domestication de l'arganier à travers la sélection de variétés performantes.

**Mots-clés:** Arganier, domestication, sélection, multiplication, vergers

### ***Argan tree orchards : an innovative agriculture for a sustainable production of argan oil.***

#### ***abstract***

Twenty years of scientific research on argan tree allowed to start the domestication of this tree and its use as a fruit tree for oil production. Studies on argan tree biology pointed out exceptional characteristics about genetic diversity, root system, mycorrhizal dependancy, etc. From this knowledge, applied studies allowed the definition of the best conditions of argan tree plantlets production for the establishment of orchards. We also showed that the use of innovating techniques are able to improve the growth of argan tree plantlets and the shape of the trees, favouring a fast fruit production. The bio-technical aspects of orchards establishment being already under control, our studies are now devoted to the argan tree domestication through the selection of well performing varieties.

**Key words :** Argan tree, domestication, selection, propagation, orchards



## Introduction

L'arganeraie marocaine est en régression continue, diminuant inexorablement la production potentielle d'huile d'argane, alors que l'engouement pour cette huile réputée et appréciée aussi bien au Maroc qu'à l'étranger a provoqué une augmentation considérable de la demande. Le déséquilibre croissant, ces dernières années, entre l'offre et la demande représente d'ailleurs un risque réel pour la filière. Pour l'huile alimentaire, le niveau des prix atteints (400 DH par litre, au détail) est devenu dissuasif pour de nombreux consommateurs ; pour l'huile cosmétique, plusieurs industriels envisagent d'abandonner l'huile d'argane pour se retourner vers des produits plus abordables et dont l'approvisionnement est plus sûr. Il est aujourd'hui évident, en raison des implications écologiques et socio-économiques, qu'il faut de toute urgence fiabiliser la filière et donc augmenter et réguler la production d'huile d'argane (Chaussod *et al.*, 2005).

Une première action à entreprendre consiste bien entendu en une amélioration quantitative et qualitative de la production traditionnelle, à travers la réhabilitation de l'arganeraie naturelle. Il s'agit tout à la fois de préserver l'écosystème, de conserver la variabilité génétique de l'arganier, et d'assurer une amélioration des revenus des ayant-droit tout en veillant à un retour positif au plan écologique.

Toutefois, il serait hasardeux de baser toute la filière « huile d'argane » uniquement sur un système de cueillette, fortement soumis aux aléas climatiques. C'est pourquoi, à côté du système traditionnel, il apparaît aujourd'hui nécessaire de développer une production de type agricole, utilisant l'arganier comme un arbre fruitier oléagineux, cultivé dans des vergers ou dans des systèmes agroforestiers modernes. Les travaux que nous avons menés ou encadrés depuis plus de 20 ans s'inscrivent dans cet objectif. Nous présentons ici les principaux résultats obtenus, depuis les recherches fondamentales jusqu'aux expérimentations de terrain, montrant la faisabilité bio-technique de ces nouveaux vergers d'arganier et traçant les perspectives de la domestication de cet arbre typiquement marocain.

### 1) *Biologie de l'arganier : de l'acquisition des connaissances à leur utilisation pratique.*

Il y a 20 ans, les connaissances sur la biologie de l'arganier étaient plutôt limitées (Nouaïm *et al.* 1991). Des travaux pluri-disciplinaires engagés à la Faculté des Sciences d'Agadir, notamment dans le cadre d'une Action Intégrée franco-marocaine suivie de diverses actions de coopération entre chercheurs marocains et français, ont permis des avancées décisives dans plusieurs domaines.

#### **1.1) Diversité génétique et multiplication de l'arganier.**

L'espèce *argania spinosa* se caractérise par une diversité génétique énorme (Msanda, *et al.*, 1993 ; 2005 ; El Mousadik & Petit, 1997), entretenue dans la nature par un mode de reproduction très largement -si ce n'est exclusivement- allogame (Msanda *et al.*, 1993). L'autofécondation n'est pas biologiquement impossible mais n'est pratiquement observée que pour des individus très isolés ou dans des conditions expérimentales maîtrisées. La multiplication de génotypes sélectionnés doit donc faire appel à une reproduction par voie végétative qui seule permet de conserver et reproduire les caractéristiques génétiques des arbres retenus, dans une perspective de domestication. Dans la pratique, plusieurs méthodes de multiplication sont envisageables, en fonction du but recherché.

Le maintien de la variabilité génétique pourra être réalisé par semis de graines pour des reboisements de type forestier. Il est en effet indispensable au plan écologique de conserver cette variabilité génétique qui est à l'origine de la résilience de l'arganeraie face aux aléas climatiques. Le choix des semis est aussi une première étape dans la production des arbres fruitiers.



Elle a été pratiquée pour de nombreuses espèces et reste utile, au moins dans un premier temps, pour la production des arganiers. Le semis permet d'obtenir des plants à croissance rapide, avec un système racinaire généralement vigoureux, et à un coût nettement plus bas que par multiplication végétative. Nous avons ainsi produit des milliers de plants d'arganier pour des expérimentations de laboratoire ou de terrain.

La multiplication de génotypes économiquement intéressants passe par la multiplication végétative. Nous avons montré qu'il est possible de multiplier l'arganier par bouturage et multiplication *in-vitro* (Nouaïm *et al.*, 2002). Le bouturage a été utilisé avec succès pour multiplier de nombreux arganiers. Cependant, le taux d'enracinement et la vitesse de croissance du système racinaire s'avèrent très variables et dépendent avant tout du clone multiplié. La micropropagation *in-vitro* s'est avérée nettement plus difficile. Cette technique nous a permis de produire des plants génétiquement homogènes utilisés dans différentes expérimentations (Nouaïm *et al.*, 1994 ; Nouaïm *et al.*, 1999). Cependant, la variabilité génétique de l'arganier constitue une difficulté majeure et il s'avère impossible de mettre au point un milieu unique permettant la multiplication et l'enracinement de tous les clones. Ce phénomène est fréquent chez les ligneux pour lesquels il faut souvent adapter les milieux en fonction des exigences des différentes variétés ou clones. Pour l'arganier, nous n'avons pas pu obtenir l'enracinement *in-vitro* de tous les génotypes que nous avons pré-sélectionnés.

La multiplication végétative, par bouturage et surtout par micropropagation *in-vitro*, autorise la production en grand nombre d'arbres sélectionnés sur différents critères, notamment en termes de production. En outre, nos observations ont montré que la multiplication *in-vitro* permet de sélectionner très précocement des clones sur le rapport parties aériennes / parties racinaires (Nouaïm et Chaussod, 1994) et l'on peut de la même façon envisager d'utiliser des tests précoces de résistance au stress hydrique ou à la salinité. Ce second niveau de sélection, appliqué à des arbres choisis sur leur productivité potentielle, permettrait de propager les plus intéressants quant à leurs performances agronomiques. La multiplication végétative devrait ainsi faciliter la domestication de l'arganier. Mais ces clones devront prouver leur supériorité globale dans des tests multi-stationnels.

## **1.2) Importance du système racinaire et mycorhization.**

La réussite des plantations d'arganier repose sur un ensemble de facteurs, à commencer par le caractère « fonctionnel » du système racinaire. Transplanter des plantules au système racinaire mutilé ne peut aboutir qu'à des échecs. Quel que soit le mode de multiplication de l'arganier, il faut donc prendre en considération l'état du système racinaire, c'est à dire avant tout l'intégrité et la longueur du système pivotant, mais aussi son architecture et sa ramification, ainsi que le degré de mycorhization des racines secondaires qui portent l'essentiel de la symbiose mycorhizienne.

En effet, le système racinaire de l'arganier est le siège d'une symbiose endomycorhizienne arbusculaire (MA), comme nous avons pu le mettre en évidence pour la première fois en 1991 (Nouaïm *et al.*, 1991). Cela n'est pas surprenant dans la mesure où la plupart des arbres forestiers des zones arides et semi-arides bénéficient de cette symbiose entre leurs racines et des champignons endophytes spécialisés, mais l'arganier se distingue par une dépendance particulièrement importante. Ainsi, des plants d'arganier produits *in-vitro* et inoculés par une souche sélectionnée montrent une croissance 3 à 4 fois plus importante par rapport aux plants non mycorhizés. L'indice de dépendance mycorhizienne relatif de plants d'arganiers inoculés atteint 80% après 6 mois de croissance dans des conditions contrôlées, en présence d'une nutrition minérale et d'une irrigation convenable (Nouaïm et Chaussod, 1994). La quantité de phosphore mobilisée par les plants mycorhizés dépasse 80 % du phosphore disponible, contre seulement 6 % pour les plants non inoculés (Figure 1).





Il en est de même pour l'azote, le cuivre, le zinc et le fer, éléments indispensables à la croissance (Nouaim, *et al.*, 1994). Ceci est d'autant plus important que les sols d'arganeraies sont pauvres en phosphore et atteignent parfois les seuils de carence pour les oligo-éléments.

Nous avons également évalué l'effet à plus long terme de la mycorhization, après transplantation de plants d'arganier inoculés (tableau 1). Les résultats ont montré que le rôle bénéfique de l'inoculation s'est maintenu durablement après transplantation (Nouaïm et Chaussod, 1997). La symbiose mycorhizienne s'avère indispensable à l'arganier. Elle permet une bonne reprise des plants dans le milieu naturel, en limitant le stress de transplantation et en favorisant la croissance initiale à travers l'amélioration de la nutrition minérale et de l'alimentation hydrique.

**Tableau 1 :** Croissance (mm), poids frais et poids sec (g) de plants d'arganier issus de semis inoculés (M) ou non (NM) par une souche de *Glomus intraradices*.

Origine		Longueur	Partie aérienne		Partie racinaire	
			Poids frais	Poids sec	Poids frais	Poids sec
Ademine	<b>NM</b>	952 ± 304	10.74 ± 3.3	4.11 ± 1.5	14.1 ± 4.9	4.07 ± 1.6
	<b>M</b>	1512 ± 415	17.9 ± 5.3	7.89 ± 3.2	18.6 ± 9.1	5.77 ± 3.1
Argana	<b>NM</b>	1220 ± 294	14.01 ± 2.6	5.52 ± 1.1	29.2 ± 10	6.42 ± 2.6
	<b>M</b>	2061 ± 573	21.8 ± 3.6	9.28 ± 1.9	28.1 ± 10	7.4 ± 2.7

L'effet bénéfique de la mycorhization a été confirmé sur plusieurs clones d'arganiers phénotypiquement et génotypiquement différents multipliés par bouturage, ainsi que sur des plants issus de semis. Les résultats montrent que les plants mycorhizés se développent mieux que les témoins non mycorhizés, la différence entre les deux groupes étant statistiquement significative même un an après le début de l'expérience (Echairi *et al.*, 2008).

Finalement, nous avons sélectionné un isolat très efficace à partir du sol de la forêt d'Ademine (près d'Agadir). Etant issu de la microflore indigène, il est bien adapté aux conditions pédoclimatiques locales. Cet isolat est aujourd'hui utilisé en tant qu'inoculum pour la production de plants d'arganiers mycorhizés. Dans le cadre du projet européen VARGAMED, nous avons mis au point l'ensemble des conditions de production et d'inoculation des plants d'arganier au stade pépinière. Tous les plants d'arganier utilisés dans nos essais au champ sont désormais préalablement mycorhizés dès le stade pépinière.

## 2) Sélection d'arganiers.

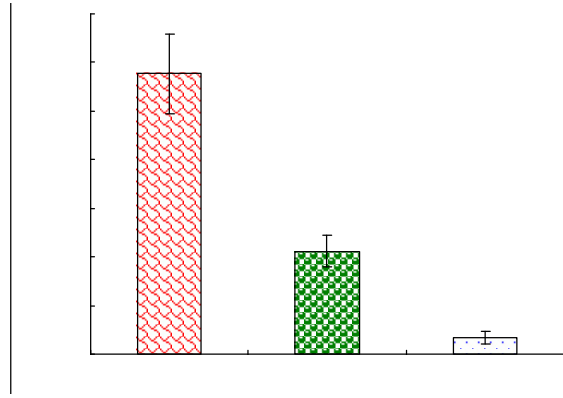
### 2.1) Enquêtes auprès des populations.

La réussite d'un programme de développement reposant avant tout sur le degré d'implication des populations locales, nous avons souhaité impliquer les usagers dans la démarche de sélection d'arganiers, afin de prendre en considération leurs besoins et leurs priorités dès le départ. Dans un premier temps (en 1994 et 1997), nous avons effectué des enquêtes auprès des populations de 5 douars correspondant à différentes zones rurales de l'arganeraie des provinces d'Essaouira, d'Agadir, de Taroudant et de Tiznit (Kaaya, 1998). Ces zones se distinguent au plan climatique et écologique, mais aussi au niveau de l'organisation sociale. Ces enquêtes ont été complétées en 2005 et 2006 par des prospections dans d'autres régions.





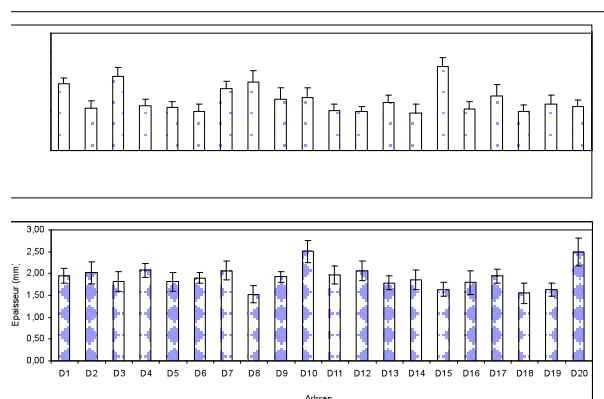
**Figure 1** : Plants d'arganier mycorhizés (M) ou non (T) par une souche de *Glo-mus intraradices*



**Figure 2** : Force de cassage moyenne des noix d'un arganier F et d'un arganier D de la station Ademine, et comparaison avec des noix de noyer. (« f » pour facile à casser «d» pour difficile à casser)

Dans les douars enquêtés, il apparaît que l'arganier et l'immigration constituent les principales sources de revenus pour les paysans (Nouaïm *et al.*, 2007). Les femmes déclarent que le travail de production d'huile d'argane est dur et leur prend beaucoup de temps ; elles disent aussi que l'étape de cassage des noix est la plus pénible. Celles qui font la distinction souhaitent avoir plus d'arganiers à coques faciles à casser (Figure 2). Dans ce cas, elles se disent prêtes à continuer la production d'huile et même à prendre soin des arbres.

Bien que les données recueillies sur les quantités de fruits récoltés ou d'amandons produits soient approximatives, les usagers de 3 des 5 douars enquêtés font bien la distinction entre 2 types d'arbres : les arganiers à coque facile à casser et ceux à coque difficile à casser. Ces deux types d'arbres portent d'ailleurs des noms différents en berbère : respectivement *amragh* et *adrdour* à Argana et Ademine, *tamroukhte* et *tassemmate* à Tamanar. Nous avons appelé F et D ces arbres aux noix faciles ou difficiles à casser. Cette distinction est absente ou a été perdue dans les douars enquêtés près de Taroudant et de Tiznit. Là où la distinction est faite, les habitants préfèrent les arbres à coque facile à casser et déclarent qu'en période de grande production (années humides), les fruits des autres arbres ne sont pas ramassés, lorsqu'ils les connaissent et peuvent les distinguer. En fait, ce repérage est limité aux arbres proches du douar, alors que ceux de la forêt sont bien moins connus ; seules quelques femmes âgées distinguent les arbres F des arbres D dans la forêt. Cependant, aucune identification des arbres F sur une base morphologique n'est faite par les utilisateurs. Il ne semble pas y avoir de relation entre la taille ou la physionomie de l'arbre et son caractère F ou D.



**Figure 3** : Distribution de l'épaisseur de la coque d'arganiers jugés «F» ou «D» dans la station d'Ademine



## 2.2) Caractérisation biométrique des arganiers sélectionnés.

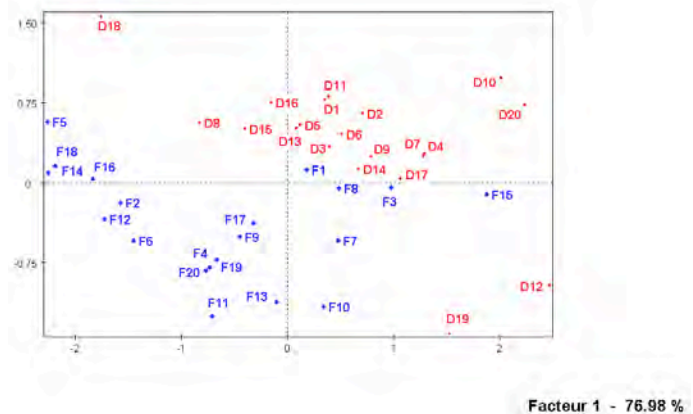
Pour vérifier si la caractéristique de facilité de cassage des noix, retenue par les populations locales, est liée à d'autres caractéristiques des arbres ou des fruits et pour définir des critères objectifs pour reconnaître ces arbres, nous avons réalisé une série de mesures. Ces mesures ont été effectuées en utilisant un grand nombre d'arbres par site. Les prélèvements de fruits ont été effectués sur la base des données de nos enquêtes, les arbres étant repérés avec l'aide des populations autochtones. Nous avons affecté l'indice « F » aux arbres dont les noix sont jugées faciles à casser par les populations locales, l'indice « D » pour les arbres ayant des noix jugées difficiles à casser par les mêmes populations. Dans chacun des sites, nous avons récolté 120 fruits mûrs par arbre.

La figure 3 donne un exemple des résultats obtenus lors de la première série de mesures. Plusieurs paramètres mesurés sur les fruits, les noix et les amandons varient, parfois de façon importante, d'un arbre à l'autre. Il n'y a généralement pas de relation entre le caractère F ou D et les autres paramètres mesurés. En revanche, nos mesures montrent que l'on peut caractériser les arbres F par un ensemble cohérent de critères : une force de cassage faible, une épaisseur de coque réduite, un rapport poids d'amandons / poids de noix élevé. Il s'agit là de critères pouvant former la base d'un processus de sélection des arganiers pour la production d'huile (Nouaïm, 2006). Outre la réduction de la pénibilité du travail de cassage pour les femmes, il apparaît à travers le dernier critère que les arbres F peuvent produire jusqu'à 8,9 kg d'huile pour 100 kg de noix quand un arbre D n'en produit que 3,7 kg.

Si on ne tenait compte que l'épaisseur de la coque comme critère de sélection, le nombre d'arganiers retenus serait de 16 sur 40 dans le site d'Ademine (figure 4) et de 20 sur 40 dans le site d'Argana, mais aucun parmi ceux étudiés dans les sites d'Aoulouz et de Birkouate. Si on prenait aussi en considération la quantité d'huile susceptible d'être produite, en retenant les individus ayant à la fois une coque facile à casser et un poids d'amande élevé, seulement 3 individus seraient retenus pour le site d'Ademine et 12 dans la station d'Argana.

Ces différences entre localités peuvent être d'origine purement génétique (populations génétiquement différentes dans des sites différents) ou d'origine agronomique (sol plus fertile ou régime hydrique plus favorable dans certains sites). Le fait que les caractères F et D coexistent dans un même site et distinguent parfois des arganiers très proches l'un de l'autre indique que les conditions pédo-climatiques globales à l'échelle du site influencent moins le caractère épaisseur de la coque que le génotype. Nous avons observé par ailleurs que les échantillons de sol prélevés sous les arbres F ne présentent pas une fertilité physico-chimique ou biologique plus importante que les échantillons de sol prélevés sous les arbres D, que ce soit à Argana ou à Admine.

Toutefois, il n'est pas impossible que des différences entre les arbres existent en ce qui concerne la profondeur de sol ou d'enracinement, la réserve hydrique, la fracturation ou non de la roche sous-jacente. On ne peut donc en toute rigueur exclure un effet du milieu sur les caractéristiques des arbres identifiés, mais s'il existe il est très vraisemblablement moindre que l'effet du génotype.



**Figure 4** : Classement des individus dans l'espace des variables dans la station Ademine



Les arbres sélectionnés sont identifiés et repérés par leurs coordonnées GPS ; une caractérisation génotypique de type « fingerprint » complètera cette identification. Il est bien entendu nécessaire d'élargir le pool des arganiers sélectionnés. C'est ce que nous nous proposons de réaliser à partir des vergers d'arganiers issus de semis que nous avons mis en place ces dernières années.

### 3) Installation de vergers et de systèmes agro-forestiers modernes.

Nous avons installé des essais de démonstration dans différentes régions. Certains sont situés dans l'aire actuelle de l'arganier, d'autres sont situés en dehors mais dans des régions correspondant à l'aire potentielle au plan climatique : dans la région de Rabat près de Sidi Bettache où des populations d'arganier existent de façon naturelle et dans la région de Doukkala d'où l'arganier a disparu, mais où plusieurs sites gardent encore les traces de la présence de cet arbre.

Les arganiers ont été transplantés fin 2005 et fin 2006 dans ces sites expérimentaux. Les plantes accompagnatrices ont été installées en même temps ou plus tard selon les espèces. Nous avons apporté tous les soins nécessaires et mis en œuvre toutes les techniques susceptibles d'assurer une bonne reprise des plants. Surtout, chaque site expérimental a donné lieu à une comparaison de deux traitements : i) plants d'arganiers bénéficiant d'une protection par des « tubes-abri » individuels en polypropylène de 120 cm de hauteur de la marque Tubex, ii) plants d'arganier sans tubes de protection. Un suivi régulier nous a permis d'enregistrer les différents paramètres de croissance des plants pour ces deux modalités.

Grâce à la qualité optimale des plants que nous avons produits pour ces essais, les taux de reprise ont atteint de 80 à 100% après deux ans.

La figure 5 illustre la croissance des plants d'arganiers avec (T) ou sans (N) protections individuelles. En utilisant des plants de 20 à 30 cm de hauteur au départ, on constate que la croissance des arganiers est régulière, mais les plants bénéficiant de protections individuelles se développent beaucoup plus rapidement que les plants nus. La différence entre les deux est hautement significative, 22 mois après la plantation. La hauteur des arganiers sous protection atteint en moyenne  $120 \pm 37$  cm, alors que la hauteur des arganiers nus est de  $67 \pm 18$  cm en moyenne.

Nos résultats montrent aussi un deuxième intérêt des tubes de protection : la formation de l'arbre. En effet, le tube canalise la croissance du plant en hauteur ; il forme un axe unique (futur tronc), qui ne se ramifie réellement que lorsqu'il débouche du tube. A l'inverse, les jeunes plants d'arganier livrés à eux-mêmes se ramifient beaucoup, formant un buisson dense au lieu de se développer en hauteur. Il est important de préciser que la croissance en hauteur à l'intérieur du tube de protection est bien l'effet d'une allocation des ressources sur un axe principal unique et non à un effet d'étiollement. Les troncs formés sont puissants, avec un diamètre au collet important. Nous avons également observé que arbres « formés » par les tubes de protection fructifiaient plus précocement (en général dès la troisième année) que les buissons qui se développent dans protection et qui nécessitent par ailleurs des opérations de taille importantes. Enfin, la récolte des fruits est bien évidemment beaucoup plus aisée sous les arganiers formés d'un vrai tronc et un houppier qu'à l'intérieur des arganiers buissonnants.



**Figure 5** : Croissance des plants d'arganier avec ou sans tube de protection dans un « parc à bois »



L'installation de vergers d'arganiers à relativement faible densité laisse la possibilité de conduire diverses cultures associées, soit uniquement durant les premières années avant que les arganiers ne prennent trop d'ampleur, soit de façon permanente dans le cadre de véritables systèmes agro-forestiers (Figure 6). Les cultures que nous avons essayées correspondent à des contextes pédoclimatiques et agronomiques variés. Le thym thymol s'avère un bon modèle de culture à haute valeur ajoutée. La courge à huile s'avère particulièrement bien adaptée à des contextes plus humides (région de Doukkala) et le traitement des graines fait appel aux mêmes presses mécaniques que celles utilisées pour l'huile d'argane. Nous avons également testé la possibilité de cultiver des variétés sélectionnées de raisin sans pépins (pour la table ou pour produire des raisins secs. Ces systèmes, qui sont relativement intensifs en terme de journées de travail par hectare, sont susceptibles de créer des emplois et devraient permettre d'augmenter de façon importante les revenus des familles. Enfin, la culture de l'atriplex est apparue une bonne solution dans des contextes où la pression des herbivores est à craindre, pour diminuer la pression sur les arganiers et en complément des tubes de protection individuelle.



**Figure 6** : Installation et suivi de la croissance des arganiers dans un parc à bois

## Conclusion et perspectives.

***Il est aujourd'hui possible de produire des plants d'arganier mycorhizés de haute qualité.***

L'utilisation de techniques modernes en pépinière expérimentale nous a en effet permis de produire en masse des plants d'arganier mycorhizés dont la qualité, notamment au niveau du système racinaire, permet un taux de reprise jusqu'ici inégalé et une croissance initiale très importante. L'optimisation des conditions de production de ce type de plants en pépinière au Maroc est un acquis très important et pourrait aisément être extrapolée à la production d'autres essences forestières ou fruitières.

Par ailleurs, nos travaux relatifs à la multiplication végétative et à la sélection des arganiers sur la facilité de cassage des noix ouvrent des perspectives très intéressantes pour la domestication de l'arganier pour une production sécurisée d'huile d'argane. Il est souhaitable de sélectionner et de multiplier des arbres aux caractéristiques « F » affirmées, produisant en abondance des noix de grande taille et au ratio amande / noix élevé. Cette démarche et les données quantitatives associées ont donné lieu au dépôt d'un brevet (Nouaïm, 2006). Une meilleure homogénéité des caractères biométriques et physiques des noix permettrait aussi d'envisager plus facilement une mécanisation du cassage au niveau familial ou artisanal. D'autres critères de sélection, sur lesquels nous travaillons actuellement, sont à associer à ce premier niveau.



***Il est désormais possible de créer des vergers d'arganiers pour la production d'huile.***

Nous avons installé des vergers d'arganiers dans plusieurs sites, représentant différentes conditions pédo-climatiques et socio-économiques. Les plants d'arganiers mycorhizés, produits en pépinière, ont montré des taux de reprise remarquables et une croissance initiale très rapide. Les soins apportés lors de la transplantation sont certainement aussi à l'origine des taux de reprise très élevés dans nos plantations. De même, la mise en œuvre de tubes de protection individuelle des plants a permis une croissance initiale très rapide des plants, et surtout la formation de véritables arbres avec une mise à fruit très précoce. Dans nos essais, les arganiers ont dépassé le sommet du tube (1,20 m) moins de deux ans après transplantation, et les premiers fruits sont récoltés 4ans après transplantation.

***Il est enfin possible d'inventer des systèmes agroforestiers performants à base d'arganiers et de plantes associées.***

Nous avons testé diverses cultures plus ou moins innovantes pouvant être associées aux plantations d'arganiers. Ces plantes correspondent à des conditions pédo-climatiques variées et sont susceptibles de générer des revenus, au moins en attendant une production suffisante des arganiers. Bien d'autres cultures sont envisageables en fonction des besoins ou des usages locaux.

Il n'est pas exagéré de dire que la domestication de l'arganier a commencé (Nouaïm, 2005). Nos travaux ont permis des avancées significatives pour toutes les étapes de la filière : sélection, multiplication, production de plants, création de vergers ou de systèmes agro-forestiers modernes. La plupart de ces points sont aujourd'hui maîtrisés au plan bio-technique, même si de nombreux travaux restent à poursuivre ou à compléter. Ce qui pouvait apparaître comme une utopie il y a une douzaine d'années (Nouaïm & Chaussod, 1999) est en passe de devenir aujourd'hui une réalité. Dans plusieurs expérimentations de démonstration en vraie grandeur, des vergers d'arganiers créés de toutes pièces par nos soins produisent déjà des fruits. Demain, des dizaines ou des centaines d'hectares pourront être plantés.

## Références bibliographiques

- Chaussod R., Adlouni A. et Christon R.** 2005. L'arganier et l'huile d'argane au Maroc : vers la mutation d'un système agroforestier traditionnel ? *Cahiers Agriculture*, 14, pp 351-356.
- Echairs A., Nouaïm R. et Chaussod R.** 2008. Intérêt de la mycorhization contrôlée pour la production de plants d'arganier (*Argania spinosa*) en conditions de pépinière. *Sécheresse*, 19, pp 277-281.
- El Mousadik A. and Petit R.** 1996. High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) endemic to Morocco. *Theoretical and Applied Genetics*, 92, pp 832-839.
- Kaaya M.** 1998. Contribution à la domestication de l'arganier : sélection et multiplication. Thèse (D.E.S.) Univ. Ibnou Zohr, 115 p. + annexes.
- Msanda F., Gasquez J., Chaussod R. et Peltier J.P.** 1994. Polymorphisme et régime de reproduction de trois populations d'arganier (*Argania spinosa*, L. Skeels) endémiques du Maroc. Premiers résultats. In : Deuxièmes Journées de l'Arbre, Univ. Cadi Ayad, Marrakech, 20-21/04/1994, pp 154-158.
- Msanda F., El Aboudi A. et Peltier J.P.** 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Cahiers Agriculture*, 14, pp 357-364.



- Nouaïm R., Chaussod R., El Aboudi A., Schnabel C. et Peltier J.P.** 1991. L'Arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. *In* : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre, Ed. (Paris), pp 373-388.
- Nouaïm R. and Chaussod R.** 1994. Mycorrhizal dependency of two clones of micro-propagated argan tree (*Argania spinosa*). I) Growth and biomass production. *Agroforestry Systems*, 27, pp 53-65.
- Nouaïm R., Linères M., Esvan J.M. and Chaussod R.** 1994. Mycorrhizal dependency of two clones of micro-propagated argan tree (*Argania spinosa*). II) Mineral nutrition. *Agroforestry Systems*, 27, pp 67-77.
- Nouaïm R. et Chaussod R.** 1997. Effet de la mycorhization contrôlée sur la croissance de l'arganier (*Argania spinosa*) après sa transplantation en sol non désinfecté. *Al Awamia*, 96, pp 65-76.
- Nouaïm R. et Chaussod R.** 1999. Studies for sustainable development in the argan forest (South-Western Morocco). Planetary Garden'99, Chambéry (France) 14-18/03/99. Proceedings pp 518-521.
- Nouaïm R., Mangin G., Breuil M.C. and Chaussod R.** 2002. Argan tree (*Argania spinosa*) : propagation by seeds, cuttings and *in-vitro* techniques. *Agroforestry systems*, 54, pp 71-81.
- Nouaïm R.** 2005. L'arganier au Maroc, entre mythes et réalités. L'Harmattan, Paris, 230 p.
- Nouaïm R.** 2006. Procédé de sélection et de multiplication de plants d'arganier en vue de sa domestication. Brevet n°2 873 891 de l'INPI (France), 11 p.
- Nouaïm R., Echairi A., Kaaya M. and Chaussod R.** 2007. Contribution à la domestication de l'arganier pour la production d'huile. *Cahiers Agriculture*, 16, pp 199-204.









**Axe 2 : Itinéraires  
techniques de l'arganier**



# Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre réussi de régénération d'arganier

**Defaa C.**<sup>1,2</sup>, **Achour A.**<sup>1,2</sup>, **Hossayni A.**<sup>2</sup>, **Bellefontaine R.**<sup>3</sup>, **El Mousadik A.**<sup>1</sup>,  
**Msanda F.**<sup>1</sup>

[defaa.maarif@gmail.com](mailto:defaa.maarif@gmail.com)

1 - Laboratoire Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences

B.P 8106 Agadir, Maroc.

2 - Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Sud Ouest Quartier administratif, BP. 520 Agadir, Maroc.

3 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France.

## Résumé

Autrefois prospères, les arganeraies du sud-ouest marocain font face à de nombreuses contraintes qui se traduisent par la fragilisation et la dégradation de ces écosystèmes forestiers naturels. Soucieux de sauvegarder cette ressource naturelle, le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) a opté pour la régénération assistée dès la fin des années 90 et a mené des travaux de régénération sur plusieurs milliers d'hectares. Néanmoins, ces périmètres n'ont pas toujours donné les résultats escomptés et certains se sont soldés par un échec total. Dans ce contexte, on se propose d'analyser succinctement les causes d'échec d'un périmètre de régénération d'arganiers, mais surtout d'insister sur les facteurs déterminants qui ont contribué à la réussite d'un ensemble de périmètres de régénération âgés de 5 à 9 ans situés dans la province de Tiznit. Le pourcentage de reprise de ces plantations réussies est exceptionnel, et ce périmètre peut être considéré comme une référence unique dans ce domaine. Cette communication présentera, en plus de l'itinéraire technique, des résultats obtenus et du retour de la biodiversité, une analyse qui touchera aussi bien le côté social (sensibilisation de la population) que le coût de ces opérations. Une réflexion finale synthétise les principaux axes de recherche-développement à suivre pour consolider ces acquis.

**Mots clés** : *Argania spinosa*; régénération assistée ; itinéraire technique ; approche participative.



### **Abstract**

Once prosperous, the argan tree in southwestern Morocco face numerous constraints that result in the weakening and degradation of natural forest ecosystems. Anxious to preserve this natural resource, the Office for Water, Forests and Desertification Control (HCEFLCD) opted for assisted regeneration in the late 90s and carried out restoration work on several thousand hectares. However, these schemes have not always yielded the expected results and some have resulted in a total failure. In this context, we will analyze briefly the causes of failure of regeneration of an area of argan trees, but also to emphasize the factors that contributed to the success of a series of regeneration schemes located in the province of Tiznit. The percentage of successful recovery of these plantations, after more than 3 to 9 years, is exceptional, and this scope can be considered as a single reference in this field. This paper will present, in addition to the route technique, results and return of biodiversity, an analysis that will affect both the social aspect (awareness) that the cost of these operations. Synthetic thinking on lines of research and development to follow to consolidate the gains will be offered.

**Key words:** *Argania spinosa*; assisted regeneration cultural practice; participatory approach.

## **Introduction**

Sur une étendue d'environ 948 000 ha, le sud-ouest marocain abrite l'unique forêt naturelle d'arganiers dans le monde. L'arganier, espèce endémique marocaine de souche tropicale, reconnu patrimoine mondial en 1998, est certainement l'essence forestière la plus originale et la plus remarquable d'Afrique du Nord, tant pour son intérêt écologique, économique que social. Les arganeraies autrefois prospères, font face, surtout depuis les dernières décennies, aux aléas climatiques et à de nombreuses menaces anthropiques, ce qui se traduit par une diminution de leur superficie, mais aussi par leur dédensification et inéluctablement mène à la fragilisation et à la dégradation de ces écosystèmes forestiers naturels. Dans le cadre de l'évaluation des ressources forestières mondiales (FAO, 2010), les chiffres officiels fournis par le Maroc et relatifs à la dégradation de l'arganeraie font état d'une diminution de 11 100 ha de la superficie de l'arganeraie entre 1990 et 2005, soit une régression de 740 ha/an.

La dégradation des arganeraies est causée par plusieurs facteurs :

- l'aridité du climat, caractérisée par une forte irrégularité des pluies, contribue à la baisse de la vigueur des arganiers, avec à terme une mortalité sur pied accrue et une baisse de la densité par hectare, tout en minimisant les chances de germination des très rares graines saines subsistant au sol. Les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas 230 mm à Agadir et 150 mm à Tiznit ;
- le ramassage quasi systématique des fruits, à cause de l'augmentation exponentielle du prix de l'huile d'argan ces dernières années, empêche la régénération naturelle par semis ;
- les mises en culture dans l'arganeraie de plaine devient une pratique menaçante qui envahit l'espace forestier dont le sous-étage est constitué par des cultures en sec (*bour*) ou irriguées, ce qui ne laisse aucune chance d'installation aux jeunes semis d'arganier. Ainsi, la régression de l'espace forestier au profit de ces cultures a touché plus de 4 800 ha durant la période 1969-2006 (DREFLCD-SO, 2008) ;
- le surpâturage par les troupeaux des ayants-droit mais surtout par les passages répétés des nomades qui, de plus en plus, tendent à se stabiliser ;
- les prélèvements de bois en délit qui accélèrent également la disparition de l'arganeraie ;

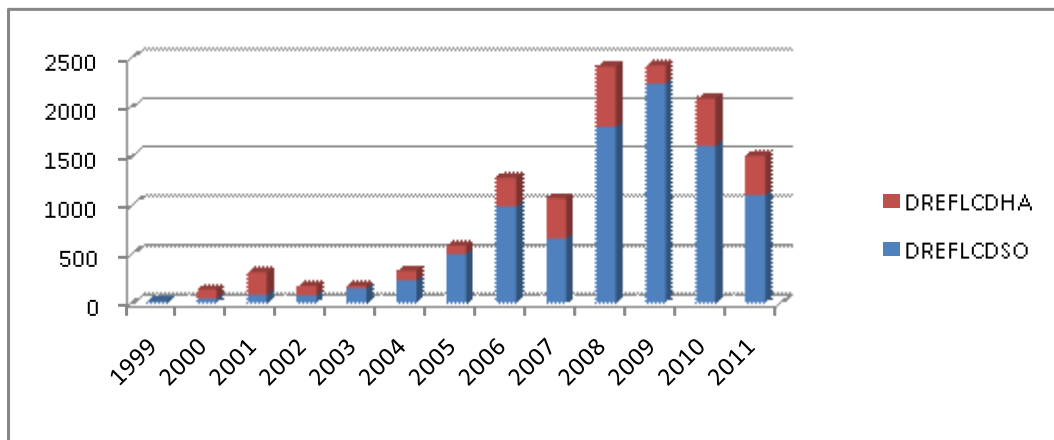


- la faible implication des populations rurales en ce qui concerne la gestion des périmètres plantés et la gestion du patrimoine forestier appartenant à l'Etat, surtout lorsqu'après une exploitation du bois, la mise en défens du périmètre est programmée sur 6 ou 18 années (Faouzi, 2006), est un obstacle important à la conservation des arganeraies.

L'arganeraie de plaine, la plus accessible, la plus convoitée par l'agriculture et la plus soumise à la pression foncière, est en très net recul, et 24 692 ha ont connu durant la période 1969-2006 une évolution régressive (DREFLCD-SO, 2008).

Aujourd'hui, deux perspectives principales s'offrent au gestionnaire forestier : limiter par divers moyens l'influence anthropique sur cet écosystème ou raisonner l'utilisation humaine des terroirs pour assurer la durabilité des activités dans un environnement préservé avec la participation active des populations, principal partenaire dans tout effort de réhabilitation (Simenel *et al.*, 2009).

Vu les contraintes précitées et la rareté des semis naturels, la régénération naturelle de l'arganier devient quasiment impossible, d'où la nécessité de recourir à la régénération assistée afin de redynamiser ces forêts. Soucieux de sauvegarder cette ressource naturelle, le HCEFLCD, pour qui la réussite effective des plantations d'arganiers est un impératif incontournable, a adopté cette solution dès l'année 1999.



Légende : DREFLCDHA : Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du sud-ouest/ DREFLCDHA : Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Haut Atlas.

**Figure 1 :** Evolution de la superficie des travaux de régénération d'arganier.

Néanmoins, ces périmètres n'ont pas toujours donné les résultats escomptés et ont connu plusieurs problèmes, voire même un échec total dans certains cas. Cette communication se propose d'analyser succinctement les causes d'échec et les facteurs de réussite de deux périmètres de régénération d'arganiers. Les conditions n'étant pas les mêmes, il ne s'agit en aucun de comparer ces deux situations, mais d'établir un diagnostic afin de tirer les conclusions qui s'imposent. C'est aussi l'occasion de présenter et de souligner l'existence de périmètres parfaitement réussis dans la Province de Tiznit, où un grand ensemble de périmètres de régénération, lancés depuis la campagne 2002/2003, s'étend actuellement sur plus de 500 ha. Ces plantations successives constituent, en effet, de très bons exemples de réussite de périmètres de régénération et de ce fait peuvent être considérées comme une référence dans ce domaine. La communication présentera, en plus de l'itinéraire technique et des résultats obtenus, une analyse qui touchera aussi bien le côté social (sensibilisation de la population et sa prédisposition à coopérer) que le coût de ces opérations. Une synthèse sur les axes de recherche à suivre pour consolider les acquis sera présentée.



## Matériel et méthodes

Dans ce contexte, cette communication se propose d'analyser succinctement les causes d'échec d'un périmètre de régénération d'arganiers à Mesguina géré par la Direction Provinciale des Eaux et Forêts et de la Lutte contre la Désertification d'Agadir et, par ailleurs, les facteurs déterminants qui ont contribué à la réussite d'un ensemble de périmètres de régénération (Tifaddine) suivi par la DPEFLCD de Tiznit. Dans les deux cas, les itinéraires techniques de ces périmètres ont été retracés par la consultation des marchés respectifs, des visites sur les lieux et des entretiens avec les techniciens qui ont encadré ces chantiers.

Les plants sont issus de la pépinière de Youssef Ben Tachefine (DPEFLCD de Tiznit), ils ont séjourné environ cinq à sept mois en pépinière. La durée de conservation des plants en jauge, abritée du soleil et du vent, sur les deux chantiers de plantation, n'a pas dépassé 24 à 48 heures. La distribution des plants et leur mise en terre ont été réalisées avec précaution. Le sol a été légèrement tassé autour du plant.



photo 1

Situé à environ 20 km au nord-est d'Agadir et d'une superficie de 100 ha, le périmètre de Mesguina (photo 1) a été planté au cours de l'hiver 2008/2009 dans le cadre d'une convention signée entre la DREFLCD-SO et la Société Autoroutes du Maroc qui est le maître d'ouvrage. Ce périmètre s'est soldé par un échec dès sa première année, alors qu'un labour profond d'une trentaine de cm avait été réalisé. La densité de plantation étant de 200 plants à l'hectare (10 m entre les lignes et 5 entre les plants), l'ouverture des trous a été réalisée par un excavateur mécanique. Leurs dimensions spécifiées par le marché (70x70x70 cm / Lxlxprofondeur) ont été très largement dépassées : les trous avaient en fait des dimensions moyennes en surface de l'ordre de 1,6 x 1 m, avec un maximum de 2 x 1,5 m. Le rebouchage des trous est partiel et environ les 20 derniers cm n'ont pas été rebouchés afin de permettre une amélioration du bilan hydrique des plants par augmentation de l'impluvium. 90% des plants ont été élevés en portoirs alvéolés avec des rainures internes verticales et 10% en sachets, avec fond, en polyéthylène. Les conteneurs étaient remplis d'un substrat constitué de 50% de terre végétale et 50% de compost. Les plants avaient une hauteur variant de 15 à 25 cm lors du chargement. Une clôture en fil barbelé a été installée autour du périmètre de la parcelle. Les travaux de plantation ont eu lieu entre le 6 et le 17 février 2009. Le premier arrosage (10 l) est apporté juste après la mise en terre. Un deuxième arrosage est apporté au cours des opérations de regarnis du 27 avril au 4 mai 2009. Le résultat final est médiocre puisque ce périmètre n'a enregistré qu'un taux de reprise de 7% après le premier cap estival et n'a donc pas été intégré au bilan définitif.

Les périmètres de régénération de Tifaddine (photo 2), qui sont situés à environ 150 km au sud-est d'Agadir, ont été lancés lors de la campagne 2002/2003 et ont continué à être plantés chaque année dans le cadre du programme régulier de la DPEFLCD de Tiznit. Cet ensemble de périmètres de régénération s'étend actuellement sur plus de 500 ha. La densité de plantation varie de 156 à 300 plants par hectare selon les campagnes. La préparation du sol a été réalisée par excavateur mécanique. Les dimensions spécifiées par le marché (trous de 0,7x0,7x0,6 m) ont été dépassées : ils ont des dimensions homogènes de l'ordre de 1,1x0,9 x 0,8 m. Leur rebouchage est partiel et environ 30 cm ne sont pas rebouchés afin de permettre une amélioration du bilan hydrique des jeunes plants par une bonne accumulation de l'eau des rares pluies. Sur les terrains en pente, l'impluvium en croissant de lune de 1,5 m de diamètre est placé à l'aval autour du trou avec un bourrelet de 30 cm de hauteur.



photo 2



Sur les terrains plats, l'impluvium a une forme circulaire avec des bourrelets de 20 à 30 cm de hauteur. Les plants ont été élevés en sachets de polyéthylène de 30 cm de hauteur et 8 cm de diamètre, remplis d'un substrat constitué de 70% de terre végétale argileuse, 20% de sable et 10% de fumier bien décomposé. Les plants avaient une hauteur variant de 15 à 30 cm, lors du chargement. Les travaux de plantation se sont déroulés chaque année entre décembre et février. La durée de conservation des plants en jauge, abritée du soleil et du vent, sur les chantiers de plantation, n'a pas dépassé 24 à 48 heures. La distribution des plants et leur mise en terre ont été réalisées avec précaution. Le regarnis a eu lieu durant la première semaine qui a suivi la plantation. Un désherbage a été réalisé la première année au printemps, à la fin de la saison des pluies. Selon nos enquêtes, l'accompagnement et l'encadrement technique des travaux étaient étroits et l'entreprise a respecté les directives des techniciens forestiers encadrant le chantier. Le résultat enregistré au niveau de ce périmètre est très satisfaisant puisque le taux de reprise a dépassé 90% après le premier cap estival. Le premier arrosage a été apporté juste après la mise en terre des plants et la dose était largement supérieure à celle préconisée par les clauses du marché (5 litres). Deux à trois autres arrosages ont été apportés en période estivale.

Un inventaire de la survie et de la hauteur totale des plants a été exécuté en juillet 2008 (Bouiche, 2008) pour les quatre premières campagnes de plantation (2002/2003 à 2005/2006). Le taux d'échantillonnage variait de 3 à 5% (Tableau n° 1). Pour retrouver ultérieurement les plants mesurés, des repères, ont été construits et peints dans une couleur différente pour les quatre parcelles inventoriées. La hauteur totale de l'axe principal dominant a été mesurée avec une perche graduée en centimètres.

En février 2011, ces repères avaient malheureusement pour la plupart disparus et cet inventaire n'a pas pu prendre en compte les mêmes arbres qu'en 2008. Dès lors, ils ont porté sur deux campagnes de plantation (hivers 2003/2004 et 2004/2005) sur des rangées continues en partant du sommet de la colline vers le bas de la parcelle. Entre chaque ligne inventoriée, on laissait dix lignes pour reprendre l'inventaire à la 11<sup>ème</sup> ligne, et ainsi de suite.

## Résultats et discussion

### *Périmètre de Mesguina*

Avec 7% comme taux de survie après le premier été, l'échec de la plantation d'arganier dans le périmètre de Mesguina peut être expliqué par plusieurs facteurs notamment :

- la qualité des plants : en effet, selon les gestionnaires, la motte des plants élevés en portoirs alvéolés de la pépinière de Youssef Ben Tacheffine était de mauvaise qualité, se désagrégeant juste après son extraction du portoir. Les racines étaient ainsi partiellement mises à nu à cause, d'une part, de la texture trop grossière du substrat qui n'assurait pas une bonne cohésion de la motte et d'autre part d'une mauvaise manipulation des ouvriers qui n'étaient pas habitués à ce type de portoir et donc à extraire convenablement le plant. Il est à souligner que les plants ayant survécu ont été élevés en sachets mais avec un substrat plus compact ;

- la préparation du sol trop profonde était mal adaptée. Les dimensions des trous ont largement dépassé les normes, atteignant parfois 2x1,5 m. De même, le labour profond est très discutable, car il aurait pu être bénéfique pour le bilan hydrique, si les conditions climatiques avaient été bonnes, ce qui n'a pas été le cas pendant cette campagne ;

- la date de plantation trop tardive ; de ce fait, les plants n'ont pas pu bénéficier des pluies hivernales. Il en est de même pour les travaux de regarnis effectués en retard ;



- les arrosages apportés après plantation sont insuffisants en dose et en fréquence et n'ont pas permis une bonne reprise des plants ;
- la quantité des précipitations tombées après la mise en terre (20 mm seulement) est insuffisante pour assurer une bonne reprise. Ainsi, du mois de mars au mois de décembre 2009, aucune autre averse n'a été enregistrée ;
- les fortes températures enregistrées en juillet 2009 pendant 10 jours et qui dépassaient les 47°C ont certainement eu un effet néfaste sur la reprise des jeunes plants ;
- la mise en défens n'est pas totalement respectée par la population, malgré la présence d'une clôture autour de la parcelle ;
- la réticence, voire l'opposition de la population locale vis-à-vis de l'installation de ces périmètres de reboisement sur les terres qu'elle exploite.

### *Périmètres de Tifaddine*

En ce qui concerne l'ensemble de Tifaddine, les résultats de l'inventaire de 2008 figurent dans le tableau n° 1.

**Tableau 1 :** Hauteurs moyennes et taux de réussite en 2008 par campagne de plantation dans le périmètre de Tifaddine (**Bouiche L., 2008**).

Plantation (hiver)	S (ha)	NP (/ ha)	TE (%)	NP mesurés	Plants vivants (%)	Plants morts (%)	Hauteur moyenne (cm)	Ecart-type (cm)
2002/2003	40	156	5	318	74,5	25,5	75,0	39,1
2003/2004	30	300	5	391	81,1	18,9	63,5	30,4
2004/2005	50	300	5	757	76,9	23,1	46,5	21,1
2005/2006	100	200	3	615	36,4	63,6	25,7	11,3

Légende : S: Superficie ; NP: Nombre de plants ; TE: Taux d'échantillonnage.

Les hauteurs moyennes et les taux de survie en février 2011 figurent dans le Tableau n° 2.

**Tableau 2 :** Pourcentage de survie, hauteur moyenne et écart-type des plants mesurés en février 2011 dans le périmètre de Tifaddine.

Campagne de Plantation	Age (ans)	Taux de survie (%)	NP mesurés	Hauteur moyenne (cm)	Ecart-type (cm)
Hiver 2003-2004	> 8	80 %	251	102,9	50,9
Hiver 2004-2005	> 7	96 %	126	100,9	39,0

Les taux de réussite constatés sont les plus élevés jamais obtenus pour une plantation à grande échelle dans la zone naturelle de l'arganier. Malgré de très nombreux chantiers de plantation d'arganiers depuis plusieurs années, la bibliographie existante ne fait état d'aucun succès de plantations âgées de 8 ans sur de grandes superficies, ce qui ne nous permet pas de comparer nos résultats à d'autres. Au Maroc, les rares plantations d'arganiers qui ne se sont pas soldées par de multiples regarnis ou par des échecs complets concernent des petits essais d'une centaine de plants réalisés par les divers instituts de recherche (Bellefontaine, 2010). A Tifaddine, après la première année, le taux de réussite, aux dires des agents techniques, était rarement inférieur à 90-95%. En 2008, le taux moyen de survie constaté pour les trois parcelles les plus âgées variait de 74 à 81% malgré des hivers peu pluvieux en 2011, les deux parcelles inventoriées, bien que différentes des précédentes, montrent des taux excellents de 80 à 96%, ce qui prouve la rusticité de l'arganier. Ces taux de survie ont été obtenus grâce à plusieurs facteurs, notamment :





- une bonne préparation du sol, qui a amélioré le bilan hydrique des jeunes plants (volume de terre ameubli et bourrelet). En effet, les dimensions des trous de plantation (de 70 cm au lieu de 40 cm pratiqués auparavant) facilitent la pénétration des racines en profondeur. La deuxième amélioration porte sur le rebouchage du trou, réalisé à environ 80% de la profondeur du trou ; le reste de la terre extraite est utilisé pour consolider le bourrelet de l'impluvium. Ainsi, ces perfectionnements permettent aux jeunes plants de bénéficier au maximum de l'eau des pluies ou celle apportée par les arrosages ;

- l'arrosage avant le transport des plants sur le terrain, un arrosage le jour ou le lendemain de leur plantation et un à deux arrosages à raison de 10 litres par plant durant la saison sèche et chaude qui suit la plantation ;

- un encadrement technique rapproché : ce facteur très important joue un rôle capital dans la réussite des travaux de reboisement. Au niveau de ce périmètre, les ouvriers du chantier ont été suivis par une équipe de techniciens forestiers qui veillaient au respect strict des règles de plantation ;

- Aucune trace de parcours par les troupeaux domestiques de caprins, ovins ou camelins n'a été notée à Tifaddine lors des inventaires.

Malheureusement, les repères délimitant les périmètres de mesure de 2008 n'ont pas pu être retrouvés. Il est donc difficile de comparer les résultats entre 2008 et 2011. Une variabilité spectaculaire en termes de croissance et spécialement pour la hauteur totale (de 0,15 à 4 mètres) est enregistrée en 2011. L'écart-type calculé qui mesure la dispersion autour de la moyenne est élevé, ce qui est normal vu que les hauteurs sont largement distribuées. Certains semis multiples (2 à 3 graines par noix) n'avaient pas été démarqués en pépinière et continuaient à se concurrencer dans le sol. Dans ce périmètre, les plants de très petites tailles sont souvent des plants multiples (non démarqués en pépinière) qui se concurrencent. On a ainsi l'impression de se trouver devant un petit arbre multicaule dès le collet. Ceci, en plus de la variabilité génétique remarquable de l'arganier, pourrait expliquer en partie les écarts entre hauteurs minimale et maximale relevées en 2011. On peut aussi constater que l'accroissement annuel moyen (aam) en hauteur sous ce climat aride est de 10,3 à 14,1 cm en 2008 et de 14,7 à 16,8 cm en 2011. Il est à comparer à l'aam de 29 cm après six années (Benismail et Benzaki, 1998) obtenu dans de très bonnes conditions (dans un sol agricole alluvial du Complexe Horticole d'Agadir dans des trous de 30 cm de profondeur, espacés de 3 m entre plants et 4 m dans la ligne, arrosés tous les 15 jours pendant les six premiers mois). Six années après la plantation, la hauteur totale moyenne était de 1,75 m et un fort développement basal de bourgeons axillaires a réduit la hauteur du tronc et a donné des arbres multicaules. Par ailleurs, Benzyane (1989) a calculé dans une région plus arrosée (plateau des Haha) un aam de 0,38 m/an en hauteur et 1,64 cm/an sur la circonférence pour les vingt premières années.

Le coût des opérations entre 2002 et 2008, réalisées à l'entreprise par un entrepreneur, était en moyenne de 40 Dh par plant mis en place (à raison de 200 pieds par ha), soit 8 000 Dh/ha (piquetage, ouverture des trous, rebouchage, impluvium, transport des plants, plantation, entretien et arrosages). Les frais d'achat de graines et de production des plants en pépinière, le coût de l'encadrement en pépinière et sur le terrain (salaires, déplacements, suivi et encadrement) ne sont pas inclus dans ce coût. Avec les récentes améliorations de l'itinéraire technique de plantation, le coût des opérations a nettement augmenté pour atteindre 13 000 Dh/ha (environ 1 170 €/ha), soit 65 Dh/ha pour une densité moyenne de 200 pieds par ha.



## Conclusions

Les périmètres de régénération artificielle de l'arganier mis en place depuis 1998 dans la zone d'action de la DREFLCD-SO montrent des cas de réussite, mais aussi des échecs. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences existantes entre les résultats obtenus. Les travaux de régénération de l'arganier dans la zone du sud-ouest nécessitent des soins particuliers en matière de techniques de plantation, à savoir une préparation du sol adaptée à chaque site et des arrosages pendant au moins la première saison sèche. En outre, le binage et le désherbage effectués au cours de la première année de plantation ne sont pas justifiés dans la plupart des cas, du fait de l'absence de la végétation allochtone et des fissures du sol autour des plants : les jeunes arganiers poussent normalement sous la végétation autochtone (plantes « nurses » qui parfois apportent des champignons mycorhizes utiles à la croissance des arganiers). La réussite de périmètres de plantation d'arganiers nécessite encore des efforts de la part des gestionnaires forestiers et des chercheurs.

L'itinéraire technique devrait encore être amélioré, notamment en ce qui concerne :

- le choix des semences : vu la grande variabilité génétique de l'arganier, des possibilités d'amélioration très importantes pourront être mobilisées dans un avenir proche par la création de vergers à graines installés à partir d'une très large base génétique de clones performants (obtenus par la filière « marcottage aérien et bouturage herbacé sous nébulisation » mise au point au Centre de Recherche Forestière de Marrakech (Bellefontaine *et al.*, 2010) ou par la filière de la culture *in vitro*). Dans un premier temps, les semences seront récoltées sur des arbres vigoureux, sains, proches des périmètres à régénérer ;
- l'élevage des plants en pépinière : le démariage des plants devrait être effectué dès la 2<sup>ème</sup> semaine après la germination, sans abimer l'enracinement du plant restant. Un tri rigoureux devrait avoir lieu pour garantir la sortie de plants ayant des normes standards, réduisant ainsi la grande variabilité des hauteurs observées après quelques années au champ. L'idéal serait de ne pas semer des fruits, mais des graines, à condition de contrôler les agents pathogènes ;
- la poursuite de la modernisation des pépinières est indispensable afin de produire des plants dotés d'un enracinement de qualité (disposant de plusieurs racines pivotantes et d'un réseau étoffés de racines latérales) et d'assurer un taux ultérieur appréciable de survie et de croissance dans les reboisements ; l'impact de conteneurs alvéolés-rainurés (ou des godets rigides rainurés) placés à 30 cm au minimum du sol (« hors sol »), l'optimisation des substrats standards et reproductibles et la fertilisation sont déterminants. L'usage de substrats à base organique (tourbes, écorces compostées) devrait être généralisé ;
- la formation de pépiniéristes diplômés : ils sont essentiels pour suivre scrupuleusement le cahier des charges de la pépinière, pour le dosage et la régularité des apports en eau (en évitant le lessivage) et en fertilisants ;
- les associations symbiotiques (bactéries et/ou champignons) : en forêt, le champignon mycorhize profite des ressources carbonées synthétisées par l'arbre et en échange à cause de l'augmentation du volume de terre prospecté par ses hyphes, il favorise la nutrition minérale (azote ; phosphore par la production de divers enzymes extracellulaires capables de mobiliser du phosphore) et l'absorption d'eau. Cette synergie est à étudier pour chaque type de sols ;
- des essais de sélection précoce et sévère, basée sur la rapidité de croissance juvénile, devraient permettre l'adoption d'un taux de sélection (minimal ou optimal) à la sortie de la pépinière pour obtenir des plants les plus performants, ce qui agira également sur la réduction de la durée de la mise en défens des périmètres ;



- le choix des sites de régénération : donner la priorité aux sites les plus accessibles, où les conditions édaphiques sont favorables (avec connaissance, si possible, des champignons mycorhizes présents dans ces sols) et où la population locale est disposée à coopérer ;
- la date de plantation doit être avancée le plus tôt possible afin que les plants bénéficient au maximum des pluies hivernales ;
- la formation des contremaîtres, surveillant les ouvriers pour une manipulation correcte des mottes lors de l'extraction du conteneur rainuré et la mise en terre immédiate des plants par des ouvriers qualifiés, est à programmer ;
- le respect strict de la mise en défens en impliquant les populations riveraines bien avant la plantation.

Quelques unes de ces mesures sont déjà en cours et le nouvel itinéraire technique de 2010 insiste encore plus sur la nécessité d'une bonne préparation du sol adaptée à chaque site et d'un impluvium efficace. De plus, la date de plantation est dorénavant fixée entre le 1er novembre et le 31 décembre. Un arrosage de 30 litres est à apporter à chaque plant dès sa mise en terre. D'autres arrosages de 20 litres par plant sont à prodiguer mensuellement jusqu'au mois de mai. Enfin pour encourager les entreprises à mieux exécuter les travaux de régénération, le paiement de leur prestation n'est garanti à 100% que si le taux de reprise est supérieur ou égal à 80% et ce neuf mois après la date de plantation.

Afin de généraliser la plantation d'arganiers sur des étendues beaucoup plus importantes, quelques recommandations peuvent être formulées :

- la réussite des plantations constatée à Tifaddine prouve qu'il est nécessaire d'adapter les techniques de plantation d'arganiers en fonction des conditions éco-géographiques ; ces techniques doivent prendre en considération l'ensemble des paramètres favorables à la bonne croissance des plants (choix du site, techniques de production des plants, préparation du terrain, arrosages, etc.) ;
- l'encadrement technique rigoureux des opérations et la disposition de l'entreprise à coopérer avec le maître d'ouvrage pour réussir les plantations augmenteront fortement les chances de réussite de la régénération assistée de l'arganier ;
- la consolidation de l'approche participative et d'un partenariat étroit entre les populations habitant l'arganeraie et le HCEFLCD est une condition indispensable pour généraliser la plantation réussie d'arganiers. La plantation de plants sélectionnés, avec un enracinement dense, à croissance juvénile rapide raccourcissant ainsi la durée des mises en défens, permettra l'implication réelle et active des populations et la préservation des arganeraies qui subsistent. L'exemple caractéristique nous est fourni par les riverains de l'arganeraie de Tifaddine dont les troupeaux respectent les périmètres de régénération, car ils ont constaté la réussite de ces plantations qu'ils protègent. De plus, on peut aujourd'hui y repérer quelques jeunes plants issus de semis naturels d'arganiers. Leur installation se fait souvent au niveau des touffes de la végétation accompagnatrice de l'arganier (euphorbes) ou sous de vieux arganiers. Ce périmètre a également permis le développement de la faune sauvage (perdrix, lièvre, renard) et le retour et la réinstallation de la faune disparue de la région. De petits troupeaux de gazelles dorcas et de cuvier ont été observés sur le site et leurs traces sont facilement observables en circulant entre les lignes de plantation ;

Sans la contribution des populations vivant dans l'arganeraie, la régénération durable de cette forêt sera impossible. Ce point capital est démontré dans cet article, qui fait état de plantations réussies sur de grandes superficies et qui met en exergue quelques thèmes de recherche prioritaires à aborder immédiatement pour améliorer la vitesse de croissance des jeunes arganiers plantés et réduire les périodes de mises en défens.



## Références bibliographiques

- BELLEFONTAINE R.** 2010. De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). *Sécheresse*, 2010, 21, 1, 42-53.
- BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., Et MONTEUUIS O.** 2010. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304, 2, 47-59.
- BENISMAIL M.C. et BENZAKI M.E.** 1998. Conditions de production rapide de plants par semis chez l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). In : *Actes du Colloque international sur les Ressources Végétales*. Faculté des Sciences, Agadir (23-25 avril 1998), 1998, p. 67-69.
- BENZYANE M.** 1989. *Estimation de la biomasse et étude de la croissance de l'arganier (Argania spinosa (L.) Skeels) dans le plateau de Haha (Essaouira)*. Mémoire de fin d'étude, Institut agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 1989, 224 p + ann.
- BOUCHE L.** 2008. *Etude des modes de régénération à faible coût de l'arganier (Argania spinosa) au Maroc*. Mémoire de stage, Master II « Bioressources en régions tropicales et méditerranéennes ». Université Paris XII Val-de-Marne, Faculté des sciences et technologies, 2008, 65 p.
- DREFLCD-SO.** 2008. *Etude d'aménagement par identification de l'impact des mises en culture sur la forêt d'arganier de la plaine du Souss*. Volume II, 2008, 99 p + ann.
- FAOUZI, H.** 2006. Les bouleversements des arganeraies marocaines. *Espaces Marocains*, 6, 2006, 3-26.
- FAO.** 2010. *Forest Resources Assessment: Morocco Country Report*. Rome : Fao, Evaluation des ressources forestières mondiales, FRA 2010/139, 2010, 63 p.
- SIMENEL R., MICHON G., AUCLAIR L., THOMAS Y., ROMAGNY B., GUYON M.** 2009. L'argan : l'huile qui cache la forêt domestique. De la valorisation du produit à la naturalisation de l'écosystème. - *Autrepart* 50, 2009, 51-74.



# Détection d'une nouvelle pathologie dans la filière de multiplication végétative de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) : Conséquences et moyens de lutte

**Bakry M.<sup>1</sup>, Bussièrès G.<sup>2</sup>, Lamhamedi M.S.<sup>3</sup>, Margolis H. A.<sup>2</sup>, Stowe D.C.<sup>2</sup>, Abourouh M.<sup>1</sup>, Zine El Abidine A.<sup>4</sup>, Blais M.<sup>5</sup>, and Bérubé J.A.<sup>5</sup>**

1 - Centre de Recherche Forestière, BP 763, Agdal, Rabat, Maroc

Courriel : [Bakry.mustapha@gmail.com](mailto:Bakry.mustapha@gmail.com)

2 - Un. Laval, Pavillon Abitibi-Price, 2405, rue de la Terrasse, QC, QC, G1V 0A6, Canada

3 - Direction de la Rech. For. du Québec, 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8, Canada

4 - Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs BP 511, Tabriquet, Sale', Maroc

5 - Centre de Foresterie des Laurentides, Québec, QC, G1V 4C7, Canada

## Résumé

Les taux d'enracinement faibles et la production de boutures d'arganier indemnes de maladies figurent parmi les premières préoccupations techniques à améliorer. Deux approches différentes de bouturage de masse d'*Argania spinosa* ont été utilisées. La première consistait à enraciner les boutures dans des mini-bouturathèques sans brumisation, tandis que la deuxième consistait à utiliser une serre dotée d'un brumisateur. Des symptômes de nécrose des pétioles et de jaunissement des feuilles ainsi qu'une production abondante d'acervules noires ont été observés dans les deux protocoles. Dans les mini-bouturathèques, ces symptômes ont entraîné un taux de mortalité de 90% des boutures, alors que sous brumisateur la nécrose précoce des bourgeons apicaux a engendré 100% de mortalité. L'agent causal de la maladie, *Pestalotiopsis clavispora*, décrit pour la première fois sur les boutures d'arganier, a été identifié à partir de ses caractères morphologiques et par analyse moléculaire. Un traitement hebdomadaire à base de fongicide systémique et de fongicide de contact utilisés en alternance a permis de maîtriser cet agent pathogène avec un taux de réussite de 41%.

**Mots clés :** *Argania spinosa*, bouturage, fongicides, *Pestalotiopsis clavispora*.

## Abstract

The low rate of rooting and production of disease-free argan cuttings are among the first concerns technical improvement. A trial involving the mass propagation of *Argania spinosa* cuttings was established following two protocols: in "mini-bouturathèques" without mist and in a greenhouse under mist. Symptoms of petiole necrosis, foliar yellowing and abundant black acervuli were observed under both protocols. These symptoms were responsible for a 90% mortality rate in the "mini-bouturathèques" while under the mist treatment premature necrosis of the apical buds resulted in 100% mortality. The disease's causal agent, *Pestalotiopsis clavispora*, was identified on the basis of its morphological characteristics and by molecular analysis. Alternating weekly treatments of systemic and contact fungicides resulted in a 41% success rate in controlling this pathogen, described for the first time on argan cuttings.

**Keywords:** *Argania spinosa*, fungicides, *Pestalotiopsis clavispora*, rooted cuttings.



## L'arganier, un patrimoine mondial de l'humanité

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une espèce endémique, à usage multiple jouant un rôle écologique et socio-économique important dans les zones du sud-ouest marocain. L'espèce appartient à la famille des Sapotaceae et occupe une superficie d'environ 820 000 ha dans les zones arides et semi-arides, constituant le dernier couvert arboré face au plus grand désert du monde. L'arganier a le potentiel de se développer sur des terres marginales et sèches, jouant un rôle intégral dans la lutte contre le processus de désertification et produisant des fruits précieux, du fourrage et du bois. Pour ces raisons, l'espèce a été introduite dans plusieurs autres pays, dont l'Australie, l'Afrique du Sud, l'Espagne, Israël, l'Égypte et les États-Unis (Nouaim *et al.* 1993).

### Deux méthodes de multiplication végétative de l'espèce

Pour propager des génotypes sélectionnés avec des caractéristiques désirables, un essai de bouturage a été réalisé à l'Université Laval (46 ° 46'N, 71 ° 16'O, Québec, QC, Canada). Des boutures non lignifiées ont été prélevées sur des plants vigoureux de 2 et 3 ans, issus de graines et élevés dans une serre à 25/18 ± 2°C (jour/nuit), 75/60 ± 5% d'humidité relative, une intensité lumineuse de 5000 lux et une photopériode de 8 heures d'obscurité et 16 heures de lumière.

Des boutures, de 5 cm de longueur, ont été prélevées et ont été lavées avec l'eau du robinet, désinfectées dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1% pendant 5 min, et rincées à l'eau distillée stérile. Le feuillage sur les 2 premiers cm à partir de la base a été éliminé et la base des boutures traitée avec l'acide indole-3-butyrique (Stim-Root ® n ° 1) en poudre à la concentration de 1000 ppm.

Les boutures ont été ensuite insérées dans des conteneurs rigides (67 cavités de 50 cm<sup>3</sup> par conteneur de marque IPL ®, Saint-Damien, QC, Canada) remplis d'un mélange tourbe:perlite (3:1, v:v). Tous les outils utilisés pour la préparation des boutures ont été stérilisés à l'autoclave pendant 30 min à 121°C et une pression de 1 bar. Deux expériences, chacune comprenant 360 boutures, ont été menées.

Dans le cadre du premier protocole, adapté du système décrit par Vallée et Noreau (1990), les boutures ont été placées dans un système de mini-Bouturathèque constitué de boîtes en plastique transparent de 73 cm de longueur, 48 cm de largeur et 18 cm de profondeur. Les mini-Bouturathèques ont été placées dans une serre à 25/18°C (± 1°C) de température et une photopériode de 16 h sans brumisation. Les boutures du second protocole ont été placées dans une serre équipée d'un système de brumisation automatique, maintenues à des températures jour/nuit de 25/18°C (± 1°C), et une photopériode de 16 h.

### Une maladie se déclare dans les deux systèmes de bouturage

Dans le cadre du premier protocole, des symptômes de nécrose des pétioles sont apparus 10 jours après le lancement de l'expérimentation. Ces symptômes ont été suivis par le jaunissement, la nécrose et la chute prématurée des feuilles. La maladie a progressé rapidement sur le reste des tissus aboutissant à la production abondante d'acervules noires sur toutes les parties des plantes touchées, y compris les feuilles, les épines et les tiges. La maladie était plus sévère dans le deuxième protocole sous brumisation. Les bourgeons apicaux des boutures ont rapidement succombé à la pourriture suivie par un flétrissement descendant commençant par les extrémités supérieures des tiges et l'apparition de tous les autres symptômes observés dans le premier protocole de la Bouturathèque (Photos 1, 2 et 3).



Après un mois de culture, la mortalité des boutures a atteint un taux de 90% dans les mini-Bouturathèques et 100% dans la serre sous brumisation. Sur quelques uns des plants moins vigoureux du parc à pieds mères, des symptômes mineurs d'infection (jaunissement de la bordure des feuilles, des taches brunes éparses) ont été observés. Cependant, une production abondante d'acervules noires sur l'ensemble des feuilles sénescentes, gisantes sur les bacs de culture (photos 4 et 5) a été observée.

Pour isoler l'agent pathogène, des boutures infectées et des plants sans symptômes du parc à pieds mères ont été échantillonnés. Des morceaux de tissus malades et sains, mesurant environ 1 cm<sup>2</sup> de surface ont été coupés, désinfectés dans une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO) à 1% pendant 5 min, rincés à l'eau distillée stérile, séchés entre 2 papiers filtres stériles, et étalés sur un milieu de culture à base de gélose dextrosée à la pomme de terre (PDA).

Les boîtes de Pétri ont été incubées à 22°C ± 0,5°C dans l'obscurité. Des isolements directs à partir d'acervules, au préalable désinfectées ont été également menés et des repiquages successifs ont été effectués pour observer le développement du mycélium. Après 20 jours de croissance, l'identité du champignon a été confirmée par l'examen microscopique approfondi des acervules et des spores. L'ADN des isolats a été amplifié par PCR en utilisant des espaceurs internes transcrits universels ITS1-F et ITS4 et une séquence ADNr des régions 1 et 2, qui comprend également le gène ADNr 5.8S. L'ADN extrait des noix d'argan, préalablement stérilisées en surface, a également été amplifiée à l'aide d'ITS1-F et ITS4.



**Photo 1 : pétioles nécrosés et chute prématurée des feuilles ; Photos 2 et 3 : feuilles brunies avec fructifications abondantes du pathogène (acervules).**





**Photo 4 : plants du parc à pieds mères ; Photo 5 : feuilles mortes gisant dans le bac et appareils sporifères ; organes de reproduction asexuée, acervules, nodules semi enfoncés dans la feuille, constituées d'enveloppes mycéliennes.**

## Un nom sur le pathogène

Les caractéristiques morphologiques et culturelles (Photos 6 et 7) de plus de 50 isolats ont été examinées. Elles ont été toutes identifiées comme *Pestalotiopsis clavispora* (Atkinson) Steyaert se basant sur les clés fournies par Guba (1961) et d'autres descriptions rapportés par Keith *et al.* (2006), Espinosa et Briceno (2008), et Luan *et al.* (2008). La séquence ITS ADNr obtenue à partir de notre isolat P6 de *Pestalotiopsis clavispora* a été déposée dans la GenBank (numéro d'accèsion HQ414541). L'agent causal a été systématiquement isolé de toutes les boutures malades et de tous les tissus asymptomatiques incubés, prélevés sur les plants du parc à pieds mères.



**Photo 6 : culture de *Pestalotiopsis clavispora* sur PDA ; Photo 7 : coupe horizontale d'une acervule. Spores fusiformes, 4 septates, cellules centrales colorées, cellules des extrémités hyalines.**





Les cultures de *Pestalotiopsis clavispora* sur PDA étaient blanches et cotonneuses, devenant sombres avec l'âge, et produisant, en abondance, des acervules noires réparties radialement (Photo 6). Les conidies étaient claviformes à fusiformes avec 4 septates, trois cellules médianes colorées à parois épaisses, une cellule basale et une cellule apicale hyalines, un appendice filiformes hyaline unique vers la base et 2 à 4 branchés vers l'apex (Fig. 5). Cinq suspensions de culture ont été préparées et ont servi à la mesure de 150 conidies choisies de façon aléatoire (30 conidies par suspension). Les conidies avaient 18 à 26  $\mu\text{m}$  ( $22,98 \pm 0,24 \mu\text{m}$ ) de longueur et 6,5 à 8,5  $\mu\text{m}$  ( $7,81 \pm 0,067 \mu\text{m}$ ) de largeur (moyenne  $\pm$  écart type). L'identité de ce champignon pathogène a également été confirmée avec 100% d'homologie des séquences d'ADNr 517 pb d'une souche de *Pestalotiopsis clavispora* isolée au Chili (GenBank EU342214). L'ADN extrait des noix d'arganier n'a pas révélé l'existence du champignon.

Pour confirmer la pathogénicité, 30 boutures non racinées, de 5 cm de long ont été recueillies à partir de plants d'arganier de 2 mois, cultivés dans des conditions axéniques. Les boutures ont été préparées comme décrit précédemment et ont été inoculées avec 3  $\mu\text{l}$  d'une suspension mycélienne du pathogène directement administrée sur une blessure superficielle de la tige. Les 30 boutures du traitement témoin ont été blessées de la même manière et on été inoculées avec 3  $\mu\text{l}$  d'eau distillée stérile. Le test de pathogénicité a été réalisé dans un système de mini-bouturathèque stérile maintenue à la température jour/nuit de 25/18°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) et une photopériode de 16 h. Après 18 jours, des symptômes semblables à ceux observés dans les deux protocoles expérimentaux originaux ont été observés. Les boutures du traitement témoin sont restées sans symptômes après un mois d'incubation, démontrant que le champignon ne provient pas des graines. Pour remplir les postulats de Koch, des pièces des boutures malades et saines ont été désinfectées et étalées sur le milieu de culture PDA.

Les isolats provenant des boutures malades ont été identifiés comme *Pestalotiopsis clavispora* se basant sur la morphologie des cultures et des conidies. Dans les boîtes de Pétri contenant les tissus sains, aucune culture n'a été observée.

## Un champignon endophyte, saprophyte, opportuniste et pathogène

L'absence de l'agent pathogène des tissus des graines d'arganier et l'élimination des épiphytes par la désinfection rigoureuse des surfaces des boutures (Zhang *et al.* 1997) nous a permis de conclure que l'infection à *P. clavispora* est transférée par voie endophyte dans les propagules végétatives des plantes du parc à pieds mères infectées naturellement par ce champignon cosmopolite (Saar *et al.* 2001).

En outre, l'apparence limitée et dispersée des symptômes sur les plantes du parc à pieds mères indique que *P. clavispora* a entretenu une relation opportuniste et/ou endophyte avec son hôte en plus d'un développement en tant que saprophyte sur les feuilles sénescents et mortes. Au cours de la phase d'enracinement, sa virulence est devenue évidente. Le niveau de stress des boutures non racinées et les conditions environnementales favorables du système de propagation végétative de masse ont contribué à une infection fongique généralisée. Il convient de noter qu'Espinosa et Briceno (2008) ont considéré *P. clavispora* comme un agent pathogène principal des bleuets au Chili, tandis que Keith *et al.* (2006), l'ont associé à la maladie galeuse de la goyave à Hawaii.



## Des moyens de prévention et de lutte existent

Pour lutter contre cette maladie, un protocole de bouturage avec et sans traitement fongicide a été mené. Le protocole expérimental se composait de deux groupes de 60 boutures. Le premier groupe de boutures n'a pas reçu de traitement et a servi de témoin, tandis que le second groupe a été traité avec un fongicide systémique Nova 40W (40% myclobutanil) à une dose de 0,4 g L<sup>-1</sup> et un fongicide de contact Manzate (75% mancozèbe) à une dose de 3 g L<sup>-1</sup>. Le traitement a été effectué tout au long de la période expérimentale avec une fréquence hebdomadaire, en alternance et en commençant par le fongicide systémique. Les boutures ont été pulvérisées juste à la limite du ruissellement. Les quantités totales de fongicides appliquées étaient de 0,6 g m<sup>-2</sup> du Manzate (mancozèbe) et 0,06 g m<sup>-2</sup> de Nova 40W (myclobutanil).

Après un mois de culture, toutes les boutures du traitement témoin sont mortes, alors que seulement 5% des boutures traitées étaient atteintes. Après 4 mois de culture, 41,6% des plants traités étaient encore vivants ; 33,3% enracinés, 5% avaient formé des cals et 3,3% sont demeurés non racinés. Les résultats d'enracinement de ce test préliminaire ont montré un contrôle relativement efficace de la maladie, par rapport au taux de succès atteint de 41% par Bellefontaine *et al.* (2010) au Maroc. Une façon d'augmenter l'efficacité du contrôle de la maladie serait d'utiliser des fongicides plus spécifiques à *P. clavispora* et à traiter les plantes du parc à pieds mères avant le prélèvement des boutures.

## Une pathologie à l'international

Plusieurs études ont montré que le succès de l'infection à *Pestalotiopsis* nécessite une voie d'entrée chez l'hôte occasionnée par une blessure. (Espinosa et Briceno 2008; McQuilken et Hopkins, 2004). Comme le bouturage consiste à couper des propagules végétatives causant des blessures ouvertes, un schéma de traitement fongicide devrait obligatoirement être intégré à tout système de propagation végétative de l'arganier. Ceci est particulièrement important dans le cas de bouturage de cette espèce qui nécessite une période d'enracinement d'environ 3 mois, augmentant ainsi considérablement le risque d'infection. En outre, les espèces de *Pestalotiopsis* présentent une grande variété de relations avec leurs hôtes. Elles ont été signalées saprobes, agents pathogènes et endophytes facultatifs (Hu *et al.* 2007 ; Metz *et al.* 2000). Elles sont cosmopolites et se trouvent sur un large éventail de substrats (Jeewon *et al.* 2003 ; Thaung 2008). En outre, elles ne sont pas spécifiques à l'hôte (Hu *et al.* 2007). Les espèces de *Pestalotiopsis* peuvent se développer sur une large plage de températures, de pH et de potentiels matriciels (Hopkins et McQuilken 2000; McQuilken et Hopkins 2004), ce qui indique qu'elles sont adaptées à une gamme variée de conditions environnementales. *Pestalotiopsis clavispora* est associé à de nombreuses espèces végétales qui poussent dans différentes parties du monde (Morgan *et al.* 1998; USDA 2009), y compris l'Afrique du Sud, l'Australie, les Etats-Unis et l'Egypte, où *Argania spinosa* a déjà été introduite. À notre connaissance, ce rapport est le premier signalement de la maladie causée par *P. clavispora* sur les boutures d'arganier. Compte tenu de la répartition mondiale de cet agent pathogène, sa plasticité écologique, sa capacité à prospérer dans diverses conditions environnementales et de sa virulence au cours de la phase d'enracinement des boutures, il y aurait un risque que les infections à *P. clavispora* deviennent un sérieux problème dans tous les programmes de sélection d'*Argania spinosa* à travers toute son aire de distribution naturelle et son aire d'introduction. Sur la base des résultats de la présente étude, nous recommandons d'appliquer un schéma de traitement fongicide dans tous les systèmes de multiplication végétative de l'espèce.



## Références bibliographiques

- Bellefontaine, R., A. Ferradous, M. Alifriqui, et O. Monteuis.** 2010. Multiplication végétative de l'arganier, *Argania spinosa*, au Maroc : le projet John Goelet. Bois For. Trop. 304 (2): 47-59.
- Espinosa, J.G., and E.X. Briceno.** 2008. Canker and twig dieback of Blueberry caused by *Pestalotiopsis* spp. and *Truncatella* sp. in Chile. Plant Dis. 92 (10): 1407-1414.
- Guba, E.F.** 1961. Monograph of *Pestalotia* and *Monochaetia*. Harvard University Press, Cambridge, MA. 342 p.
- Hopkins, K.E., and M.P. McQuilken.** 2000. Characteristics of *Pestalotiopsis* associated with hardy ornamental plants in the UK. Eur. J. Plant Pathol. 106: 77-85.
- Hu, H., R. Jeewon, D. Zhou, T. Zhou, and K.D. Hyde.** 2007. Phylogenetic diversity of endophytic *Pestalotiopsis* species in *Pinus armandii* and *Ribes* spp.: evidence from rDNA and  $\alpha$ -tubulin gene phylogenies. Fungal Divers. 24: 1-22.
- Jeewon, R., E.C.Y. Liew, J.A. Simpson, I.J. Hodgkiss, and K.D. Hyde.** 2003. Phylogenetic significance of morphological characters in the taxonomy of *Pestalotiopsis* species. Mol. Phylogenet. Evol. 27: 372-383.
- Keith, L.M., M.E. Velasquez, and F.T. Zee.** 2006. Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of Guava, *Psidium guajava*, in Hawaii. Plant Dis. (90) 1: 16-23.
- Luan, Y.S., Z.T. Shang, and Q. Su.** 2008. First report of a *Pestalotiopsis* sp. causing leaf spot of Blueberry in China. Plant Dis. (92) 1: 171.
- McQuilken, M.P., and KE Hopkins.** 2004. Biology and integrated control of *Pestalotiopsis* on container-grown ericaceous crops. Pest Manag. Sci. 60: 135-142.
- Metz, A.M., A. Haddad, J. Worapong, D.M. Long, E.J. Ford, W.M. Hess, and G.A. Strobel.** 2000. Induction of the sexual stage of *Pestalotiopsis microspora*, a taxol-producing fungus. Microbiology 146: 2079-2089.
- Morgan, A., L. Boddy, J.E.M. Mordue, and C.W. Morris.** 1998. Evaluation of artificial neural networks for fungal identification, employing morphometric data from spores of *Pestalotiopsis* species. Mycol. Res. (102) 8: 975-984.
- Nouaim, R., R. Chaussod, A. El Aboudi, C. Schnabel, et J.P. Peletier.** 1993. L'arganier : essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'étude de l'arbre. Observatoire du Sahara et du Sahel. Paris : John Libbey Eurotext : 373-388.
- Saar, D.E., N.E. Polans, P.D. Sørensen, and M.R. Duvall.** 2001. Angiosperm DNA contamination by endophytic Fungi: detection and methods of avoidance. Plant Mol. Biol. Rep. 19: 249-260.
- Thaung, M.M. 2008. Coelomycete systematic with special reference to *Colletotricum*. Mycoscience 49: 345-350.
- USDA.** 2009. Agricultural Research Service. Fungal databases: Systematic mycology and microbiology. (Accessed: Mars, 2010). <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>.
- Vallée, G. et R. Noreau. 1990. La « bouturathèque » : système de bouturage compact hors serre. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche. Note de rech. for. no 41. 6 p.
- Zhang, W., J.F. Wendel, and L.G. Clark.** 1997. Bamboozled again! Inadvertent isolation of fungal rDNA sequences from Bamboos (Poaceae: Bambusoideae). Mol. Phylogenet. Evol. (8) 2: 205-217.



# Développement d'un Système de Production de Plants d'Arganier par Greffage

**Mimoun Mokhtari<sup>1</sup>, M. Chérif Benismail<sup>1</sup>, Latifa Ijirri<sup>2</sup> & Sanae Nassiri<sup>1</sup>**

1 - I Mimoun Mokhtari, Moulay Cherif Benismail et Sanae Nassiri; Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,

Complexe Horticole d'Agadir, B.P :121 Ait Melloul, 80150, Maroc.

2 - Latifa Ijirri: Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, 80000 Agadir, Maroc

Correspondance par e-mail : [mokhtari@iavcha.ac.ma](mailto:mokhtari@iavcha.ac.ma)

## Résumé

Le système de production de plants d'Arganier de qualité par greffage est un ensemble de procédures, de techniques et de conditions, développées entre 1997 et 2010 pour réussir l'union durable entre un porte-greffe et un greffon. Les essais réalisés durant cette période ont visé la mise au point de la technique, l'optimisation des facteurs climatiques, le choix et l'étude de l'interaction entre greffons et portes greffes. Les portes greffes sont des plantules vigoureuses sans déformation ni anomalie physiologique, issus d'arbres à rendement élevé et avec des graines faciles à germer. Dix arbres ont été désignés pour servir comme portes greffes potentiels. Les greffons sont des pousses d'environ 5 cm, de l'année, assez mures et flexibles, d'un diamètre équivalent ou inférieur au diamètre du porte-greffe issues d'arbres sélectionnés pour de productivité et de résistance. Lors de la collecte, les greffons sont maintenus au froid. La greffe en fente simple est la technique la plus adaptée pour le greffage de l'Arganier. Le greffage sur des porte greffes de 6 à 8 mois donne des résultats faibles (<30%), les portes greffes de 18 jours au minimum à 6 semaines au maximum sont les plus adaptés. En milieu contrôlé, le pourcentage de réussite varie de 65 à 93% selon la saison, le stade, la technicité et la provenance des greffons. A une température de 18 à 25°C, une lumière de 2000 à 4000 lux et une humidité relative > 90 %, l'union se fait après 15 à 20 jours, l'acclimatation se fait en une semaine à dix jours et en deux étapes ; la première de 3 à 4 jours, sous nébulisation (HR de 70 à 100% et T° de 20 à 32°C) et sans ventilation (portes fermées), la deuxième étape sous serre et ombrage, système ouvert et avec des aspersion fréquente. La phase d'élevage des plants, de 6 à 7 mois est comparable à celle des plants francs issus de semis. L'analyse microscopique de la greffe et l'étude du bilan hydrique ont permis d'évaluer la réussite de l'union des tissus de la greffe. Les impératifs cités pour la réussite du système de greffage sont d'abord liés à des considérations physiologiques avant d'être liés à une série de procédures techniques.

**Mots clés :** Technique de Greffage ; Compatibilité au greffage ; Acclimatation ; Juvénilité et effet de l'âge ; *Argania spinosa*.



## Abstract

The grafting system developed from 1997 to 2010, is a set of procedures which permitted to reproduce quality plants of Argan by grafting. Experiments were set to define grafting plant material, the grafting technique and optimal climatic conditions and the scion/rootstock interaction effect. Rootstocks are vigorous and healthy sexually propagated seedlings from trees with high yield potential and easily germinated seeds. Ten trees were designated as the potential rootstock. Scions are growing shoots of the year, of about 5 cm in length and 2 to 3 mm in diameter, and with tender stems. Grafting on rootstock of 6 to 8 months of age resulted in values bellow 30%, young rootstocks of 18 days to 6 weeks of age are well adapted and gave, under controlled environment, from 65to 93% success depending on plant material, technical procedure, and material provenance. At a temperature of 18 to 25°C, a light intensity of 2000 to 4000 lux and a relative humidity > 90%, the graft union healing is completely in two to three weeks. Acclimatation of the grafted plants is completed in two steps, the first (3 to 4 days) under a mist system at 70 to 100% RH and 20 to 32°C, shade and no ventilation (doors closed) and the second (two weeks) under shade in an open system and with frequent misting. Plant growth and maintenance for at least 6 months is necessary and similarly to non grafted seedlings. Histological analysis and water relations studies of the grafted plants permitted to evaluate grafting success and gave insurance for the graft healing. These steps are mandatory to develop an Argan grafting plant production system in order to produce a quality plant and they are more linked to physiological considerations than to a set of technical procedures.

**Key words:** Grafting techniques; grafting compatibility; acclimatation; Juvenility and ageing effect; *Argania spinosa*.

## Introduction

La forêt d'Arganier (*Argania spinosa* L Skeels) s'étale sur une superficie de 870 000 ha et compte 21 millions d'arbres (Azenfar, 2007). Grâce à ses caractéristiques biologiques et écologiques, l'Arganier contribue au maintien de l'équilibre environnementale et lutte contre désertification comme il joue un rôle déterminant dans le maintien de l'équilibre socio-économique de la population (M'hirit *et al.*, 1989). La demande en huile d'argane est de plus en plus importante en raison de la prise de conscience de sa valeur et de son utilisation multiples à savoir ; médicales, cosmétiques et alimentaires (Charouf, 2007). La sévérité du climat et la surexploitation de la forêt (Monnier, 1965) et en particulier les récoltes excessives des fruits d'argan et le broutage par le bétail des rares plantules d'arganier issues de la germination naturelle pèsent lourd sur ses ressources et donc sur son équilibre écologique (Azenfar, 2007). Dans un contexte de bloom commercial de l'huile d'argan d'un côté et d'épuisement de ses ressources de l'autre, des travaux de recherches sont menées à l'IAV Hassan-II depuis le début des années 90 pour mettre au point des techniques culturales qui permettent de conduire l'Arganier en arboriculture fruitière intensive (Benismail et Mokhtari, 2007). En parallèle aux techniques d'élevage des arbres en verger (irrigation, taille, fertilisation, récolte), les techniques de la multiplication végétative sont aussi prospectées pour reproduire des arbres performants (Mokhtari, 2002).

Les travaux menés sur le bouturage (Mokhtari et Zakri, 1998 ; Harrouni *et al.*, 1999 ; Mokhtari et Kerbernes, 2008) montrent que les meilleurs résultats pour cette technique se réalisent sous conditions sous serre à climat contrôlé (chauffage de fond, système cooling, système de nébulisation). Dans ces essais, et avec des plants rajeunis, les boutures donnent des racines après une période très longue (5 mois pour l'induction des racines plus 2 mois pour l'acclimatation). Le marcottage a été aussi mis au point mais ce procédé ne répond pas aux besoins d'intensification souhaitée.



Le greffage est un processus qui consiste à rassembler les performances du greffon et du porte-greffe, il est considéré réussi s'il y a contact et union des tissus vasculaires des deux symbiotes (Mokhtari, 2002 ; Nassiri, 2007). A une température de 20 à 25°C, une humidité relative saturante (95% à 100%), et une lumière de 800 à 1000 lux, le greffage herbacé de l'Arganier a donné entre 87 et 95% selon la technique et les conditions d'acclimatation. La technique de greffage sur des portes greffes de 18 à 30 jours a donné d'excellents résultats et elle est meilleure que le greffage sur du bois plus lignifié en utilisant des porte-greffes âgés de 6 à 8 mois.

Le présent travail a pour but d'optimiser et d'intensifier le greffage herbacé chez l'Arganier. Il se résume dans: 1) L'évaluation des caractères de performances (productivité et qualité) du matériel végétal pour le choix des porte-greffes et des greffons, 2) l'optimisation de la technique et des conditions de greffage et d'acclimatation des plants, 3) la maîtrise de la technique selon les combinaisons 'greffon/ porte-greffe' et 4) la mise au point d'une méthode d'évaluation de réussite de l'opération du greffage pour s'assurer de la qualité et de la pérennité du plant greffé.

## Matériel et Méthodes

### *Evaluation des performances des arganiers porteurs de greffons et de porte-greffes*

Les critères exigés par l'arboriculture intensive pour les greffons sont d'abord la production élevée, la mise à fruit rapide, la résistance aux stress, la production élevée en huile de qualité, la facilité de concassage des graines. Pour ce qui est des porte-greffes, les critères de rendement en fruits est aussi importants pour satisfaire le demande des pépinières en plants, la qualité sanitaire des plants et des fruits, la facilité de germination des graines, la vigueur lors de la levée après germination (l'énergie germinative). Dans ce travail de sélection, la question de proximité est prioritaire vu les risques de déshydratation du matériel végétal lors de son transfert pour le greffage. Pour cette contrainte, les sujets sélectionnés au niveau de la réserve biologique de l'IAV Hassan II – CHA (Photo A) sont prioritaires. Cependant, les arbres qui présentent des caractères exceptionnels et situés dans les autres zones seront aussi considérés.



**Photo A** : Diversité d'arbres et des fruits au niveau de la Réserve Biologique de l'IAV au CHA.

Les préparatifs pour la localisation des arbres performants, l'estimation de leur production en fruits, le ramassage des graines et l'évaluation du rendement se déroulent selon les procédures suivantes:

- La réalisation de tournées de prospection pour localiser les sujets d'arganiers productifs
- Le choix et l'étiquetage des arbres présélectionnés
- La confection des haies de protection autour des arbres
- La maintenance des arbres par des irrigations et des tailles en cas de besoin



- La collecte des fruits récemment chutés, leur séchage et leur stockage
- L'évaluation du rendement et la caractérisation de la qualité des fruits et de l'huile

### *Evaluation du potentiel germinatif des graines 'porte-greffes'*

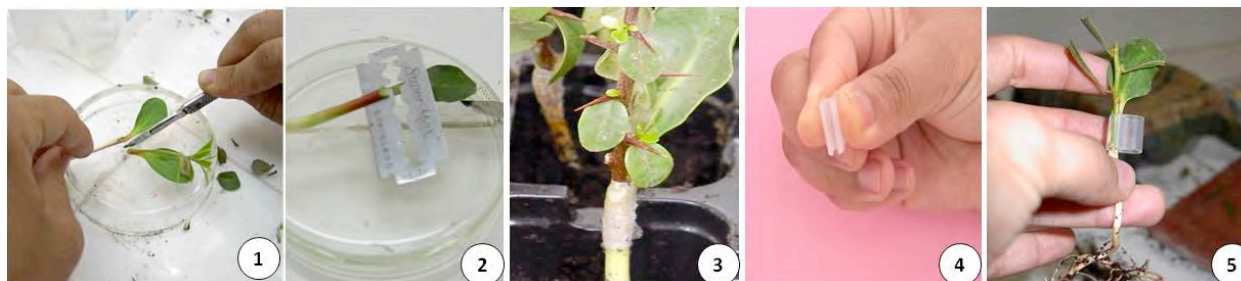
Les tests de germination des graines sont réalisés dans le but de sélectionner parmi les arbres semenciers ceux qui produisent des graines faciles à germer, vigoureux, sans déformation ni anomalie physiologique, sains et à croissance rapide. Le travail consiste aussi à déterminer les conditions environnementales et les substrats adéquats pour la pratique du semis des graines de chacun des arbres. Le protocole de semis des graines est réalisé dans un environnement contrôlé sur quatre substrats : tourbe fine (S1), tourbe grossière (S2), sable lavé (S3) et fibre de noix de coco (S4). Le semis des portes greffes se fait à une température de 20°C à 27°C, une humidité relative de 34% à 88%HR, une lumière artificielle de 2800 lux (lampes à lumière incandescente). Les graines sont séchées, décortiquées, lavées et stratifiées pour 48 ans avant d'être concassées ou non selon les traitements et semées dans des plateaux alvéolés remplis de substrat. L'élevage se fait à la lumière du jour sous ombrière. L'irrigation des semis est pratiquée selon les besoins.

### *Mise au point de la technique du greffage herbacé chez l'arganier*

Plusieurs techniques de greffage ont été essayées sur l'arganier dont l'écussonnage, le greffage par approche sur arbre et sur jeunes pant de 6 à 8 mois ; le greffage en fente latérale et apicale sur arbre et sur jeunes plants d'un mois et de 6 mois à 8 mois (Mokhtari, 2002 ; Nassiri, 2007). Ces travaux ont donné des résultats variés et la technique de greffage en fente apicale et herbacée est la technique qui a été retenue.

Pour finaliser la mise au point de cette technique et l'optimiser, les facteurs suivants sont étudiés:

- 1) La comparaison de la technique de greffage en fente à la greffe apicale à l'anglaise
- 2) L'introduction du clip comme attache des sujets greffon et porte-greffe a été introduit à la place du parafilm dans un objectif d'intensification de la technique (Photos B, n°1 à n°5).



**Photos B:** Coupe en biseau, élimination d'une feuille cotylédonaire et de la pousse du porte-greffe (n°1), coupe en fente sur le porte-greffe (n°2), attachement du greffon et porte-greffe par le papier parafilm (n°3), un clip (n°4), attachement par un clip du plant greffé.

**Pratique de l'opération dans l'atelier de greffage:** L'opération se réalise dans un atelier de greffage (une enceinte fermée à climat contrôlé) avec 100% d'humidité relative et sans courant d'air, à une température de 18 à 22°C et une lumière faible (< 500 lux). Cette salle est équipée de tables, de paisses et d'outils de greffage.



Les greffons sont ramenés en frigo mobile et conservés dans des boîtes plastifiées et au frigo au niveau de l'atelier à une température de 6 à 8 °C. Juste avant l'opération, les greffons et les porte-greffes sont bien hydratés à l'eau pour une durée d'une à deux heures dans une solution d'hydratation contenant un germicide, des agents acidifiants et des bio-fertilisants spécifiques. Les greffons de taille équivalente à celle des porte-greffes sont aussi maintenus très hydratés avant l'opération de greffage (la vérification se fait par les pesées et à la loupe). Les porte-greffes d'un âge de 18 jours à 36 jours et parfois même de 45 jours et ce en saison froide ou pour des semis à croissance lente. La porte greffe est entêtée (enlever soigneusement et entièrement la nouvelle pousse) puis on coupe une feuille cotylédonnaire, la deuxième est sauvegardée pour servir de tire-sève (Photos B, n°1). Une fente longitudinale à lame tranchante est pratiquée sur la partie herbacée sur la partie située en bas de la feuille. Le greffon est rafraîchi par une nouvelle coupe et est incrusté dans la fente du porte-greffe, les deux assemblés (serrés copieusement) par une ligature en parafilm (photos B, n°3) ou par un clip de taille adaptée (photos B, n°4). Le plant greffé est planté sur de la tourbe bien hydratée et transféré dans la salle de reprise pour permettre le premier contact des tissus sous des conditions saturantes et à sous une lumière très faible.

### *Mise au point des conditions et de la durée d'acclimatation*

À la sortie de l'atelier de greffage, les plants greffés sont transférés ensuite dans une salle pour première phase d'acclimatation en salle de reprise, à climat contrôlé, pour une, deux ou trois semaines selon les traitements (Tableau 1).

L'acclimatation se termine par une phase d'endurcissement des plants pour une ou deux semaines selon les traitements. Pour cette étape, les plants sont transférés de la salle de reprise à une serre à la lumière du jour et avec un ombrage et un système de mist pour deux autres semaines (Tableau 1).

**Tableau 1** : Conditions de l'environnement d'acclimatation

Greffage et Acclimatation	Température	HR en %	Lumière en Lux	Durée (S = Semaine)		
<b>Greffage</b> - Atelier de greffage	19°C à 22°C	98% à 100%	500 à 1000	0,5 - 2hrs		
<b>Acclimatation</b>						
Salle de reprise phase 1 (.)	19°C à 25°C	94% à 100%	1000 à 2000	1S	1S	1S
Salle de reprise phase 2 (.)	19°C à 25°C	82 % à 96%	1000 à 3000	-	1S	2S
Serre d'endurcissement	14°C à 30°C	72 % à 96%	2000 à 9000	1S	1S	2S
<b>Traitements</b> : Durée de la phase d'acclimatation en semaine :				<b>2S</b>	<b>3S</b>	<b>5S</b>

(.) : En salle de reprise et après le 4<sup>ème</sup> jour, un renouvellement de l'air est nécessaire selon la nécessité. Malgré l'humidité de l'air élevée, et pour éviter les pourritures, les plants greffés ne sont pas exposés directement au jet du mist système. La lumière augmente progressivement en rapport inverse à l'HR de l'air.

### *Effet de la combinaison porte-greffe/greffon*

Les porte-greffes sont des semis de graines récoltées sur les arbres A1, A2, A3, B3, B4, C4 et D5, de la réserve biologique de l'AV-CHA. Les greffons sont des pousses de 5 à 7 cm, mûres, issues des arbres A3 et A7 de la même réserve, coupés et transférés au frigo ou ils sont maintenus hydratés. L'opération du greffage est pratiquée sur des semis d'un âge de 33 à 39 jours ayant un système racinaire ramifié. Pour les lots de greffons (a,b,c,d,e et f) issus de la forêt de Lakhssas (Tzinit), les greffons sont des pousses coupés sur des arbres non irrigués et transférés dans des boîtes frigorifiques (8 à 12°C) jusqu'à l'atelier de greffage ou ils sont mis au frigo pour une réhydratation. Le greffage en fente herbacée est alors pratiqué en atelier puis transféré en salle et en serre pour l'acclimatation comme expliqué dans le précédent paragraphe.





### *Evaluation de la réussite de greffage*

Trois méthodes sont utilisées pour évaluer la réussite du greffage : 1) Observations de l'émission des pousses, des dessèchements des feuilles, des nécroses et des pourritures des pousses. 2) Observations microscopiques de la zone de contact entre les deux sujets, analyse anatomique de la connexion des vaisseaux au microscope (estimation des surfaces et de la nature anatomique de connexion) et 3) Evaluation du statut hydrique des plants greffés. Pour l'analyse anatomique, des coupes sont réalisés à main levée à l'aide d'une lame au niveau de la soudure. La fixation des tissus se fait dans une solution (FAA) à 5% de Formol + 5% d'acide acétique glacial + 90% d'alcool éthylique. La coloration se fait dans solution composée de 80% d'eau désionisée + 18 à 20% d'alcool éthylique + 0,6 à 1% de safranine + 1% de fast green. Le montage sur microscope se fait dans une solution à 50% de glycérine + 50% d'eau désionisée.

Le suivi de l'état hydrique a été suivi par la mesure des variations du poids des plants greffés en utilisant une balance électronique. Les pertes et les gains en poids sont convertis par calcul pour avoir la valeur de la transpiration et de l'absorption en gramme/litre/ heure.

## Résultats

### *Choix des arbres performants*

Au total 50 arbres performants ont été choisis et soumis à une étude en vue de leur sélection. Les arbres ont été codés ainsi: A1, A2, A3, ..., B1, B2, B3, B4,....., C1, C2, C3, C4, ....., D1, D2, D3, D4, etc. La lettre d'alphabet désigne la zone ou la parcelle et le numéro désigne l'arbre:

### **Classe des arbres selon le rendement en Kg de fruits après séchage (2008)**

1. Classe 1 : **28 à 98 kg/arbre** : 10 arbres sélectionnés
2. Classe 2 : **18 à 27 kg/arbre** : 10 arbres sélectionnés
3. Classe 3 : **13 à 17 kg/arbre** : 10 arbres sélectionnés

Sur les 50 arbres choisis au préalable, 30 arbres ont été sélectionnés au niveau de la Réserve.

### *Potentiel germinatif des graines des 'Porte-greffes'*

Les premiers tests de germination des 30 arbres présélectionnés nous ont permis de faire une première sélection de portes greffes sur la base de la facilité de germination et de l'énergie germinative des graines. Ainsi dix arbres sont désignés à servir comme porte-greffes potentiels. Ces arbres qui sont à rendement élevés en fruits vont être testés pour leur capacité de germination : Ainsi, les arbres A1, A3, A4, A7, A10, B4, C1, C4, D5 et D6 seront étudiés pour la facilité de concassage des graines, les caractéristiques organoleptiques de l'huile et leur adaptabilité au greffage avant d'être sélectionné comme arbres têtes de clones. Pour les tests de semis, les graines concassées ont donné des résultats meilleurs que les graines non concassées. La tourbe est le substrat le plus favorable à la germination. Dans ces conditions, 100% des graines fraîchement récoltées et concassées de l'arbre A7 ont germé.



### Mise au point de la technique du greffage chez l'Arganier

Les meilleurs résultats ont été trouvés en utilisant la technique de greffage en fente simple apicale. Même dans les conditions climatisées, les portes greffes âgés de 8 mois ne donnent que 37,5% (Figure 1). Le meilleur taux de réussite du greffage (87,5%) a été réalisé sur des porte-greffes très jeunes (âge d'un mois) sous les conditions climatisées à une température > 18°C et < 25°C, une humidité située entre 85 et 95% HR et une lumière < 2000 lux en première phase de greffage. Le transfert des plants sous serre sous climat non contrôlé des plants a causé la mort de la majorité des plants pour les deux types d'âge.

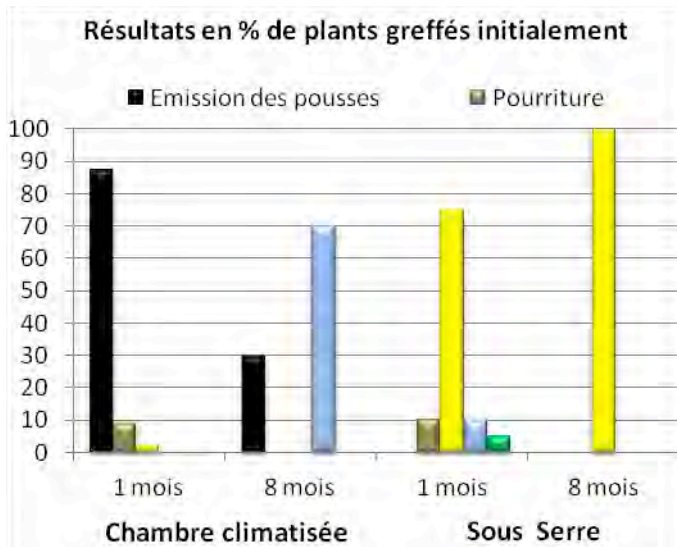


Figure 1 : Effet du climat sur la réussite du greffage

Sous des conditions de sous serre avec un climat non contrôlé, les feuilles et les tiges se dessèchent très vite. Cette phase d'acclimatation est cruciale pour la réussite du greffage. Elle se limite à une réduction de l'humidité relative mais tout en la maintenant à des valeurs entre 70 et 85% et la température à des valeurs qui ne dépassent pas les 27°C.

### Comparaison de la greffe en fente et à l'anglaise

Dans cet essai, la technique de greffage en fente simple a donné plus de 65% de réussite à la fin de l'acclimatation et seulement 25% pour la greffe à l'anglaise (Figure 2).

### Effet de la durée de la phase d'acclimatation

Les résultats démontrent qu'il n'y a pas de différence entre une acclimatation de 2 et de 3 semaines mais la durée de 5 semaines est meilleure (Figure 3). Dans cet essai, les résultats dépassent les 92% de réussite pour 5 semaines d'acclimatation. Ces valeurs chutent à 75% et 81% pour une acclimatation de 2 et de 3 semaines.

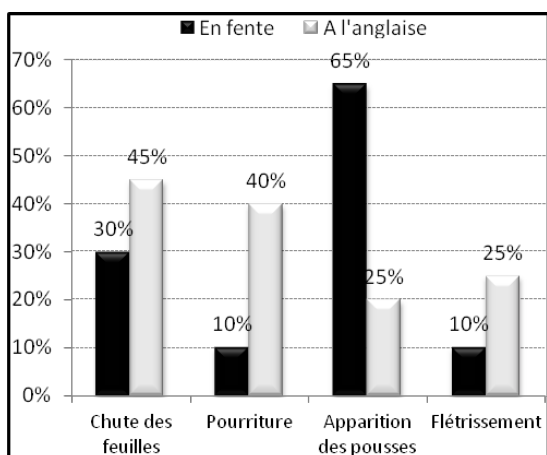


Figure 2 : Effet de la technique du greffage (greffe en fente simple et greffe à l'anglaise)

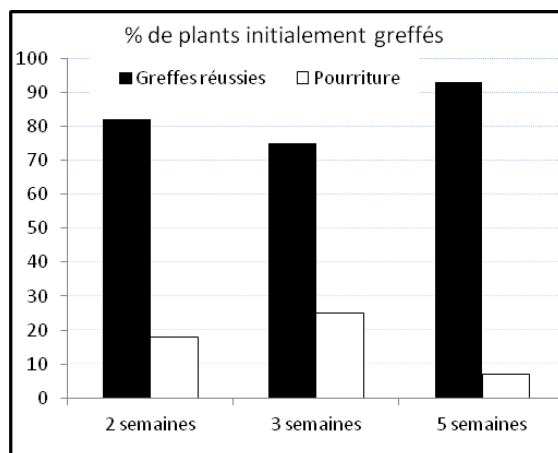


Figure 3 : Effet de la durée d'acclimatation sur les résultats du greffage

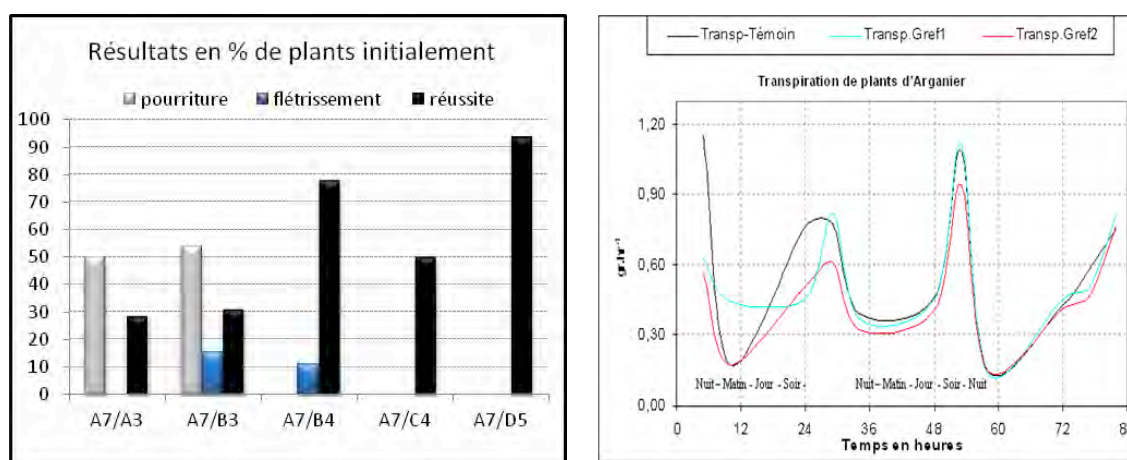


### Effet de la combinaison greffon/porte-greffe

Les résultats de greffage varient aussi selon la combinaison greffon/porte-greffe. Les plants greffés sur A3 et B3, à la sortie de la salle de reprise et d'endurcissement ont un pourcentage élevé de pourriture comparés aux plants greffés sur les portes greffes B4, C4 et D5 (Figure 4). La combinaison A7/D5 est la meilleure alors que les combinaisons A7/A3 et A7/B3 sont toutes les deux mauvaises. Ceci indique qu'il existe une certaine incompatibilité entre les sujets greffons et porte greffes (Figure 4). Cette incompatibilité peut être d'ordre génétique, physiologique ou simplement anatomique.

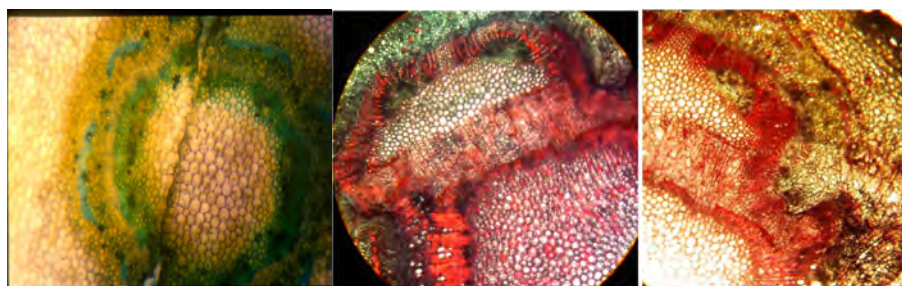
### Evaluation de la réussite du greffage

Les études de l'état hydrique des plants greffés montrent que la dynamique d'absorption et de transpiration sont comparables à celui des plants intacts. Les courbes de la variation de la transpiration des greffés épousent celle des non greffés durant les 84 heures de réhydratation (Figure 5).



**Figure 4** : Effet de la combinaison; Greffon/Porte-greffe

Les travaux d'anatomie et de microscopie montrent les processus de contact et d'union des vaisseaux vasculaires du greffon et du porte-greffe. Il y a d'abord une différenciation des cellules parenchymateuses puis l'établissement des connexions vasculaires (xylème et phloème) (Photos suivantes). En cas d'échec, on observe une subérisation des tissus, une dessiccation des cellules, des nécroses et l'existence de cellules avec des lésions. Les photos E (n°1, 2 et 3) sont le résultat des observations microscopiques pour un greffage réussi. Les photos montrent la phase de contact (à gauche) et les phases d'union matérialisées par la formation du pont de greffage (au milieu et à droite) entre les deux symbiotes.



**Photos C** : Anatomie de la greffe ; contact (à gauche) ; union (au milieu et à droite)



## Conclusion

Le greffage est une technique rapide adaptée à produire des plants de qualité d'une façon intensive. Les opérations de greffage et d'acclimatation durent environ 1 mois, l'élevage des plants en conteneurs prend encore 6 à 7 mois avant de passer la transplantation. Malgré les difficultés techniques, elle est recommandée pour la production des plants de qualité pour servir comme arbres de vergers intensifs.



**Photo D** : Plants greffés en phase d'élevage; prêts à la transplantation

## Références bibliographiques

1. **Azenfar, A.** 2007. Présentation de l'arganeraie, *In Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, ISBN 978-8-909613-00-0, p :71-84*
2. **Benismail, M.C.** 2002. Production rapide de plants d'Arganiers aptes à la transplantation. Bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture, N°95. pages 1-2.
3. **Bénismail M.C. et M. Mokhtari.** 2007. La domestication de l'arganier : vers une exploitation rationnelle et durable de l'espèce *Argania spinosa* L. Skeels. *Ann Rech For Maroc*, 2007 ; 38 : 197-206.
4. Charouf, 2007. L'huile d'Argane. Composition et propriétés chimique de l'huile d'Argane, *In Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, ISBN 978-8-909613-00-0, p :161-176*
5. **Harrouni, M.C., H. Elkherrak, M. Mokhtari, A. El Yazidi et K. Abdellah.** 1999. Multiplication de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) Par bouturage. *In "Proceedings of The International Conference on Biodiversity and Natural Ressources Preservation. Ifran<sup>2</sup> University, Morocco. May 13-15, 1999". : 274-277.*
6. **M'hirit O., Benzyane M, Benchekroun F. El Yousfi S.M. et Bendaanoun M.** 1989. L'arganier une espèce fruitière forestière à sage multiple. *in Formation Forestière Continue, thème «l'Arganier», Station de Recherches Forestière, Agadir, 13-17 mars: 31-57, Edition Mardaga.*
7. **Mokhtari, M.** 2002. Production rapide des plants d'Arganier apte à la transplantation. Bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture, N°95. pages 3-4.
8. **Mokhtari, M., et I. Kerbernes.** 2008. Bouturage de l'arganier. Rapport du Projet Meda.
9. **Mokhtari M. et B. Zakri.** 1998. Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). Colloque International sur la diversité végétale 23-25 Avril 1998.. Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr Agadir. P : 124-131.
10. **Monnier, Y.** 1965. Les problèmes actuels de l'arganeraie marocaine. *Revue forestière française*, Vol 17, n°11, pp 750-767. Nacy. 1965.
11. **Nassiri, S.** 2007. La mise au point de la technique de greffage chez l'Arganier (*Argania Spinosa* L. Skeels). Thèse d'ingénieur de fin d'études en horticulture. IAV Hassan II-CHA, Agadir. 75 pages.



# Effet de la fertilité des sols et de la fertilisation sur les jeunes plants de l'arganier après transplantation en milieu réel

**Abdelaziz Mimouni**

INRA, Centre Régional de la Recherche Agronomique Agadir

## Introduction

L'arganier constitue la principale ressource forestière à usage multiple de la région de SMD. Cette espèce tropicale unique au Maroc, dont l'origine remonte à l'ère tertiaire est aujourd'hui particulièrement menacée par différents facteurs en particulier le climat et l'action de l'homme. L'arganier pousse dans plusieurs types de sol avec plus ou moins de difficultés d'un type de sol par rapport à un autre. En effet, la nature chimique du sol, en particulier sa richesse en matière organique, en azote et en phosphore influence directement la croissance et le développement de l'arbre. De même, le calcaire total, mais surtout le calcaire actif et la salinité du sol, sans interdire le développement de l'arbre, peuvent en limiter la croissance de l'arganier et en particulier les jeunes plants. Les caractéristiques physiques du sol (compacité de rétention d'eau, la disponibilité en eau, la porosité, la perméabilité...) sont par contre déterminantes dans la croissance des jeunes plants de l'arganier particulièrement in situ via les paramètres climatiques instables tout au long de l'année.

Pour contribuer à la restauration et la régénération de l'arganeraie, une étude a été menée sur les effets des apports d'engrais organique et minéral sur la reprise des jeunes plants de l'arganier après transplantation en milieu réel.

## Matériel et méthodes

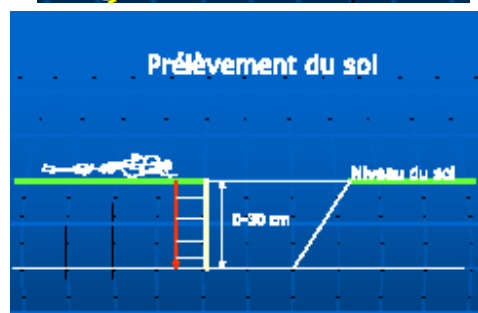
### *Choix des sites d'étude*

Trois sites ont été choisis selon des critères agro-climatiques (type de sol, altitude, situation géographique...). Il s'agit du :

Site de Taksbit dans la plaine du Massa

Site d'Imimkhourne (Ait Baha) au piétement de l'Anti-Atlas

Site de Tinzert dans la région de Taroudant



Pour atteindre l'objectif visant la connaissance de l'état de fertilité des sols des 3 sites, des analyses de sols ont été effectuées.

Les analyses des sols pour chaque site ont été réalisées pour une superficie d'expérimentation de l'ordre de 2,5 ha avec un choix représentatif. L'échantillonnage a été réalisé selon : le type de sol, la pente et la profondeur du sol. Le prélèvement des échantillons sur les différents horizons (s'ils existent).

Les analyses physico-chimiques des échantillons ont été effectuées au Laboratoire d'analyse des sols INRA-Settat. Les analyses physiques ont été effectuées au Laboratoire de l'INRA-Agadir.

Les paramètres analysés sont :

1. Paramètres physico-chimiques : pH, EC, Matière organique, calcaire total et actif, azote total, azote minéral (NO<sub>3</sub>-), phosphore assimilable, potassium assimilable, calcium et magnésium assimilables, les oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse et le zinc)
2. Analyse granulométrique : Sable fin et grossier, limon fin et grossier, argile.
3. Analyse physique : Densité apparente, rétention en eau et disponibilité en eau

Les résultats des analyses ont été interprétés pour chaque type de sol selon les normes marocaines et des recommandations pour la correction de la fertilité des sols et la fertilisation des plants de l'arganier ont été réalisées.

Pour l'expérimentation de recherche-développement et le suivi de la fertilité des sols et de la croissance et le développement des jeunes plants d'arganier après les apports en engrais minérales et organiques :

Deux sites ont été concernés : Taksbit et Tinzert

Le matériel végétal utilisé pour ces essais : Plants jeunes d'arganier issus de semis avec un âge variant de 4 à 1 an.

Les Dispositif expérimentaux adoptés :

Le dispositif adopté pour chaque site est en blocs complètement aléatoire avec 4 traitements

T0 : Témoin sans apports

T1 : Apport de 1,5 kg de fumier par arbre

T2 : Apport de 1,5 kg de composte par arbre

T3 : Apport d'environ 0,15 kg d'un engrais composé NPK

Les parcelles élémentaires seront constituées de lignes de 20 arbres et chaque traitement est répété deux fois soit 40 arbre par traitement.

Les observations vont porter sur 15 arbres par ligne soit 20 plants par traitement.

Les observations ont portées sur :

Richesse initiale des sols en éléments fertilisants, sa teneur en matière organique.

La dynamique de la fertilité des sols au cours des 12 mois suivants

Comportement des plants : Réussite des transplantations, Croissance et développement.



## Résultats

### Etat de fertilité des sols des 3 sites

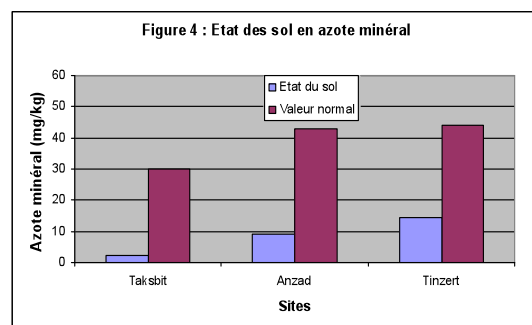
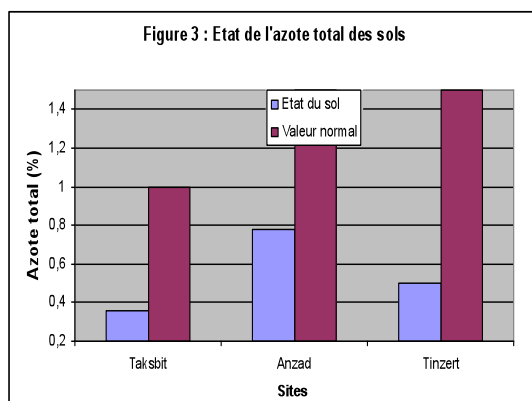
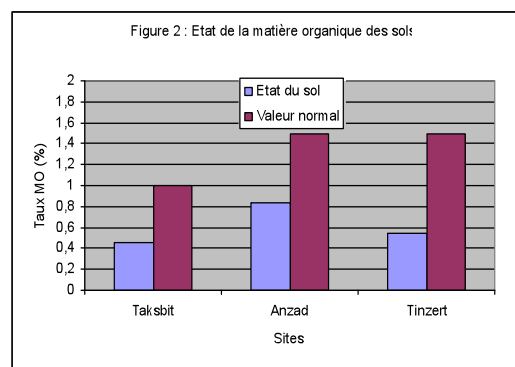
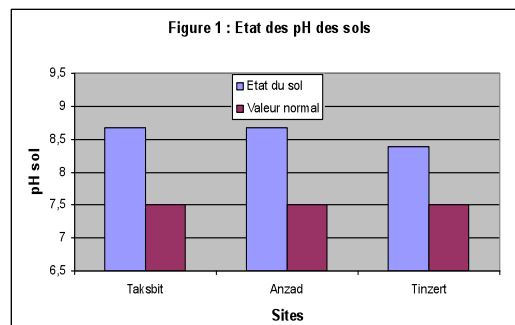
Les résultats des analyses des sols sont présentés dans l'annexe 1.



D'une manière générale, les sols des trois sites d'étude ont été d'une fertilité des sols moyennement pauvre. En effet, pour tous les sites, le pH (eau) des les échantillons analysés est alcalin (Figure 1). Ce pH peut bloquer l'absorption du phosphore, du Bore, du Cuivre, du Fer, du Manganèse et du Zinc. En ce qui concerne le taux de matière organique, la quasi-totalité des échantillons ont une teneur en matière organique faible (<1,5%) (Figure 2). Les échantillons Anzad Pieds Montagne, Anzad entrée site et Taksbite pente ont une teneur moyenne. Cependant, un redressement du sol est nécessaire pour le moyen terme. Ce redressement peut être réparti sur trois à quatre années. De même, pour l'appréciation des risques de salinité des sols (CE), elle dépend étroitement de la teneur en matière organique. Les échantillons analysés ont une teneur en matière organique inférieure à 1,5 et une conductivité électrique inférieure à 0,7 donc il y a peu de risque de salinité des sols.

Les taux de calcaire actif et calcaire total ont été analysés et nous renseignent sur le taux de calcaire qui peut bloquer l'absorption des éléments fertilisants. En effet, les échantillons analysés ont une teneur en calcaire actif faible (<7%), exception faite de l'échantillon Anzad entrée site. Pour ce dernier, il est nécessaire de suivre son évolution dans le temps afin d'éviter par la suite les problèmes de blocage causés par cet élément.

Pour la majorité des principaux éléments fertilisants, les teneurs trouvées dans les échantillons analysés sont inférieures aux normes et insuffisantes pour alimenter les jeunes plants d'arganier. En effet, pour l'azote total, les échantillons ont une teneur en azote total faible (Figure 3). Des apports en fumier ou en engrais azotés sont nécessaires pour redresser le sol et pour satisfaire les besoins des plants d'arganier.



En ce qui concerne l'azote nitrique, à l'exception de quelques échantillons de Tinzert, les échantillons ont une teneur en azote minérale (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) faible (<45 ppm) (Figure 4). Cette teneur en azote nitrique renseigne sur la fourniture instantanée du sol en azote (dépend de la culture précédente et de la fertilisation pratiquée), mais ne donne pas une idée précise sur le potentiel du sol en azote. Elle renseigne aussi sur les risques de lessivage des nitrates dans le sol. Donc, il est important de prendre en considération cette quantité d'azote présente dans le sol pour la fertilisation des plants.

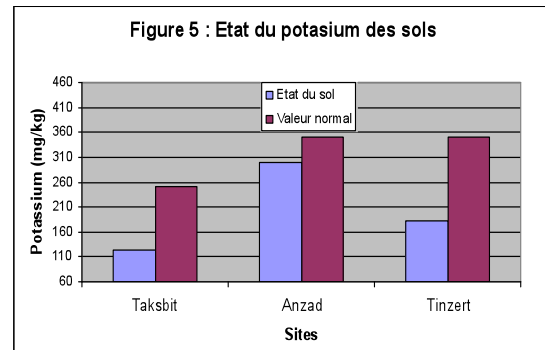
Pour le potassium assimilable, tous les échantillons ont une teneur en potassium assimilable faible (<350‰) (Figure 6). En effet, un surplus en potasse sera apporté pour redresser la fertilité du sol en cet élément (à répartir en 2 ou 3 années pour arriver jusqu'à 350‰ en potassium). Pour les apports potassiques ils seront apportés selon les besoins des jeunes plants d'arganier.

Pour le phosphore assimilable, les échantillons analysés ont un pH alcalin donc l'absorption du phosphore posera des problèmes d'ordre pratique. La teneur trouvée dans l'échantillon est très faible. Les apports phosphoriques seront apportés premièrement pour redresser le sol puis pour satisfaire les besoins des jeunes plants d'arganier particulièrement en période froide.

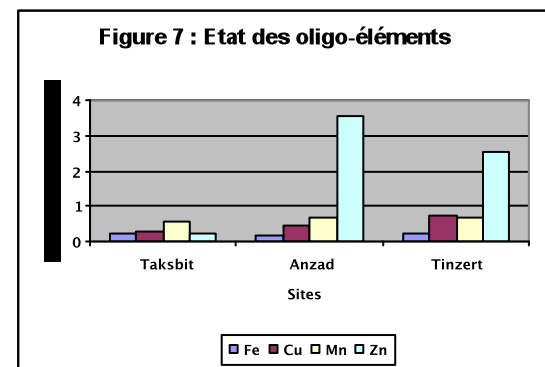
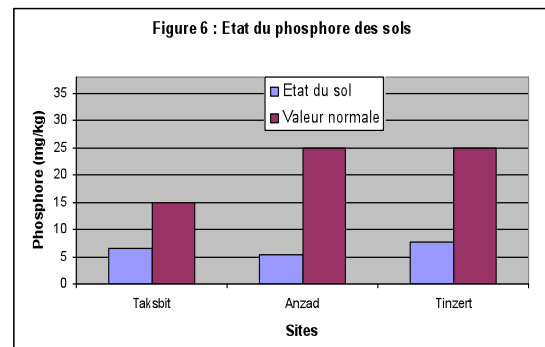
En ce qui concerne le calcium et le magnésium, les échantillons analysés ont des teneurs élevées en ces deux éléments. Cependant, des problèmes d'absorption peuvent apparaître si l'irrigation n'est pas maîtrisée.

Les échantillons analysés ont des teneurs en oligo-éléments faibles (Figure 7) donc des apports de fumier sont nécessaires pour corriger la fertilité des sols et satisfaire les besoins des plants de l'arganier.

La texture des échantillons a été appréciée par leur granulométrie. En effet, les échantillons issus du Site Taksbite ont une granulométrie grossière avec une dominance du sable en particulier fin. Il est nécessaire dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants en particulier les engrais azotés. Il est aussi nécessaire de fractionner et de minimiser les doses d'apport d'eau. Par ailleurs, les échantillons issus du Site Anzad ont une granulométrie équilibrée avec une légère dominance du sable fin. Il est préférable dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants en particulier les engrais azotés. Pour le site Tinzert, les échantillons analysés ont une granulométrie équilibrée avec une fraction minimale de limon grossier. Il est aussi préférable dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants en particulier les engrais azotés.



phosphore posera des problèmes d'ordre



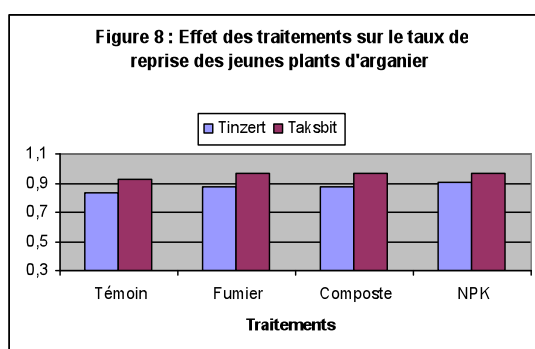


Il faut aussi mentionner qu'en plus de la fertilité limitée des sols pour tous les sites étudiés, les jeunes plants d'arganier transplantés ont un enracinement peu développé (assimilation difficile). Des apports en éléments fertilisants et en matière organique sont nécessaires pour une croissance et un développement optimal des jeunes plants d'arganier

## Effet des apports d'engrais sur le comportement des jeunes plants sur le terrain

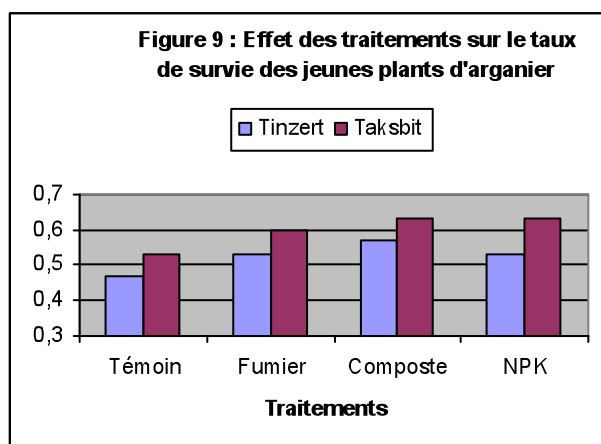
### *Effet sur le taux de reprise des jeunes plants d'arganier*

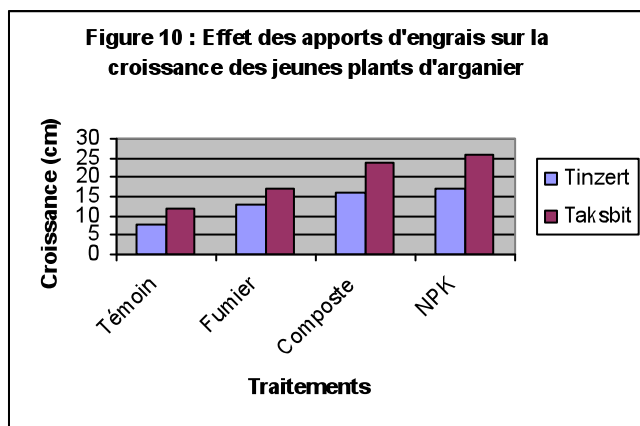
Le taux de reprise des jeunes plants d'arganier diffère d'un site à un autre (Figure 8). En effet, pour le site de Taksbit la reprise des jeunes plants est meilleure par rapport à celle enregistrée sur le site de Tinzert. Ceci est dû essentiellement à l'état initial des plants ainsi qu'aux fréquences des irrigations. Toutefois, l'apport des engrais minéraux et organique n'a pas montré d'effet sur le taux de reprise des jeunes plants d'arganier (Figure 8). En effet, au stade de transplantation l'eau est un facteur limitant vu que la motte de transplantation contient déjà quelques quantités d'éléments fertilisants pour la reprise initiale.



### Effet sur le taux de survie des jeunes plants d'arganier

Le taux de survie des jeunes plants d'arganier diffère d'un site à un autre (Figure 9). En effet, pour le site de Taksbit la survie des jeunes plants est meilleure que celle enregistrée sur le site de Tinzert. Ceci est dû à plusieurs facteurs entre autres les conditions climatiques, les ravageurs, les fréquences et les doses d'irrigation. L'apport des engrais minéraux et organiques n'a pas montré un effet positif sur le taux de survie des jeunes plants d'arganier (Figure ci-dessous). En effet, le composte, les engrais composés NPK et dans une moindre mesure le fumier ont un taux de survie meilleur que celui du témoin.





### Effet des apports d'engrais sur la croissance des jeunes plants d'arganier

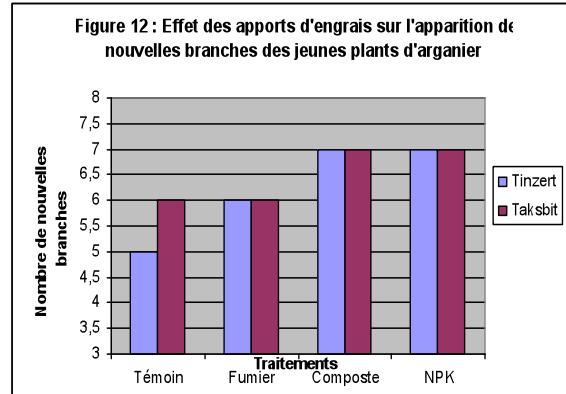
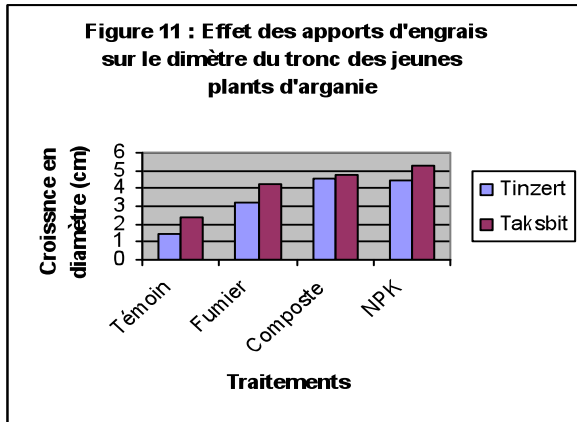
D'une manière générale, l'apport d'éléments fertilisants sous différentes formes améliore la croissance des jeunes plants d'arganier (Figure 10). En effet, dans le site de TINZRT l'apport du fumier améliore la croissance des plants d'arganier par rapport au témoin mais sans aucune différence significative. Cependant, le biocomposte et l'apport de l'engrais composé améliorent la croissance avec une différence significative par rapport au témoin. Le gain enregistré avoisine 8cm (soit un gain de deux fois plus). Pour le site de TAKSBITE, tous les apports améliorent la croissance avec une différence significative. Le biocomposte ainsi que l'engrais NPK améliorent la croissance d'une manière plus efficace par rapport au fumier. Ceci peut être expliqué par des éléments fertilisants plus disponibles grâce à une grande solubilité des éléments fertilisants dans les engrais et le biocomposte. Le comportement des jeunes plants diffère d'un site à un autre avec une meilleure croissance pour le site de Taksbit par rapport à celui de Tinzert. Ceci peut être expliqué d'une part par la texture des sols qui est sablonneuse pour le site de Taksbit, ce qui favorise la disponibilité des éléments fertilisants dû essentiellement à la solubilité des engrais minéraux ainsi qu'à la minéralisation élevée pour le biocomposte et le fumier. D'autre part, dans le site de Taksbit, la gestion de l'irrigation était plus régulière par rapport au site de Tinzert, ce qui permet une bonne assimilation des éléments fertilisants.



### Effet des apports d'engrais organique et minéral sur le diamètre des jeunes plants d'arganier.

L'apport d'éléments fertilisants améliore relativement la croissance en diamètre des jeunes plants d'arganier. En effet, pour les deux sites le diamètre a réagi positivement aux minéraux (Figure). Les différents apports en engrais n'ont pas montré de différence significative entre eux. Ceci est peut être dû à la richesse initiale des sols en calcium qui agit essentiellement sur le diamètre des troncs des jeunes arbres.





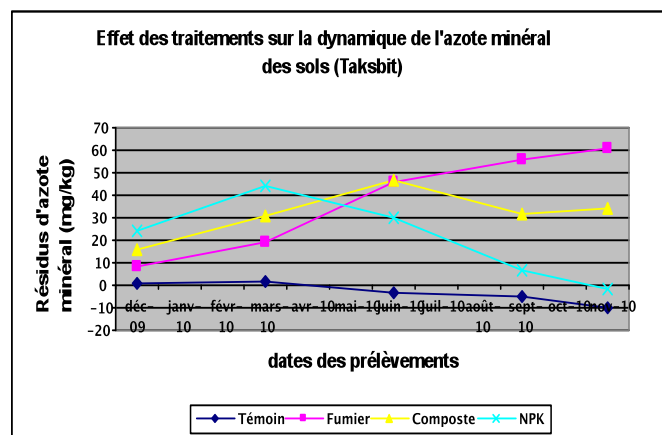
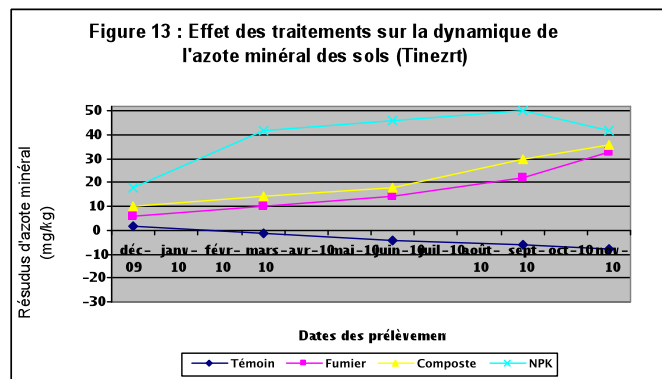
## Effets des apports sur l'apparition de nouveaux rameaux.

Aucune différence significative n'a été montrée sur l'apparition de nouvelles branches sous l'effet des différents apports. En effet malgré la légère supériorité des apports sous forme de biocomposte et d'engrais composés N.P.K, le nombre de branches nouvellement formées est le même pour les différents traitements, ceci peut être expliqué par la diversité génétique des plants.

## Effet des apports d'engrais sur la fertilité du sol et la disponibilité des éléments fertilisants au cours des douze mois qui suivent la transplantation

### *Effet sur la dynamique de l'azote des sols*

D'une manière générale, l'application des différents apports en engrais minéraux et organiques pour les deux sites améliore la fertilité des sols en azote minéral (Figures 13 et 14). Pour le site de Tinzert, une différence significative entre les différents traitements a été observée (Figure 13). En effet, pour le traitement NPK le sol a été enrichi plus ou moins rapidement par l'azote minéral qui passe de 18 mg/kg au mois de décembre 2009 à 50 mg/kg au mois de septembre 2010. Ceci s'explique d'une part par la richesse initiale du sol et par le jeune âge des plants qui n'ont besoins que de peu d'azote minéral pour leur croissance et leur développement. Après le mois de septembre 2010 un épuisement du sol en azote minéral commence à être enregistré et qui est dû essentiellement à l'absorption de l'azote par les plants et au lessivage limité.



Par ailleurs, les apports en biocomposte et en fumier, et l'allure de la dynamique de l'azote minéral est différente à celle de l'engrais NPK (Figure 13). En effet, pour ces deux apports la libération de l'azote est lente et croissante dans le temps sans déclin jusqu'au mois de novembre 2010. Le biocomposte libère plus d'azote dans le sol que le fumier vu qu'il est bien décomposé et sa minéralisation est plus rapide. Dans le site de Taksbit, le comportement des différents apports est différent de celui du site de Tinzert (Figure 14). En effet, dans le site de Taksbit, l'engrais NPK a enrichi le sol rapidement par une grande quantité d'azote minéral (42 mg/kg) seulement en quatre mois (Figure 14). A partir du mois de mars 2010, une chute brusque de la teneur d'azote minéral du sol a été observée. Cette chute a été enregistrée au cours du temps pour arriver à une teneur inférieure à celle enregistrée initialement. En ce qui concerne le biocomposte, il a aussi enrichi le sol plus ou moins rapidement en azote minéral par rapport à l'engrais NPK avec un maximum enregistré au mois de septembre 2010 (30mg/kg). Après cette date, une chute a été aussi observée mais avec une pente moins marquée que celle enregistrée pour l'engrais NPK. Avec le fumier le sol s'enrichit lentement en azote minéral sans enregistrer de chute en passant de 20 mg/kg un mois après plantation à 60 mg/kg le mois de novembre 2010.

La différence dans la dynamique d'azote notée entre les deux sites peut être expliquée par le type de sol et la gestion des fréquences des irrigations sur le terrain. En effet, le site de Taksbit est caractérisé par une texture sableuse avec un taux de minéralisation et un lessivage élevés contrairement au site de Tinzert caractérisé par une texture équilibrée. Outre cette dernière explication les apports d'eau pour le site de Taksbit étaient plus réguliers et leur doses d'apport sont presque identiques à celles du site Tinzert ce qui peut aussi expliquer l'épuisement rapide du sol en azote.

## Effet sur la dynamique du potassium et du phosphore

D'une manière générale, pour les deux sites dans le témoin il y a un épuisement du sol en potassium et en phosphore (Figures 15, 16, 17 et 18). Cependant, il y a un enrichissement du sol en ces deux éléments pour le reste des traitements. Entre ces derniers, la différence est significative vis-à-vis de la dynamique de ces deux éléments dans le sol. En effet, l'engrais NPK enrichit le sol rapidement avec un épuisement des sols au cours du temps. Par ailleurs, pour le biocomposte et le fumier le sol s'enrichit au fur et à mesure de la décomposition (minéralisation) de ces derniers. Le biocomposte a enregistré pour les deux éléments un taux de minéralisation plus ou moins élevé que celui du fumier. De même, il faut noter aussi que la dynamique du phosphore est plus lente que celle enregistrée pour le potassium due à la faible mobilité du phosphore dans le sol.

Figure 15 : Effet des traitements sur la dynamique de potassium des sols (Tinzert)

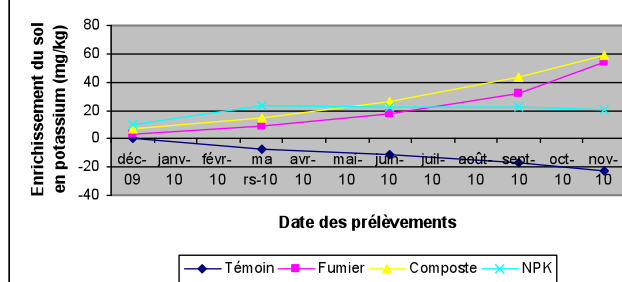
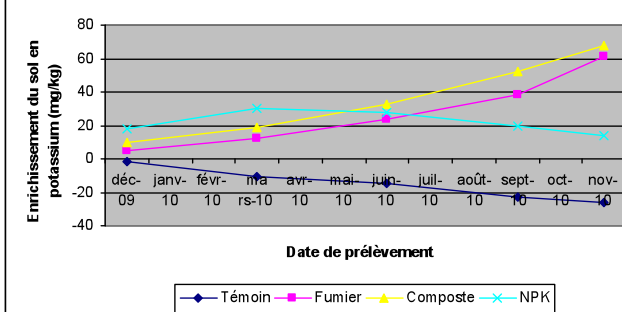
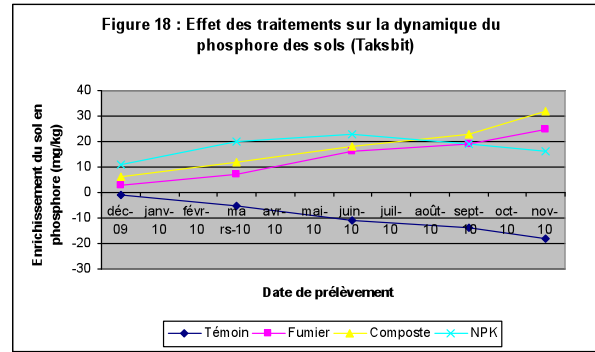
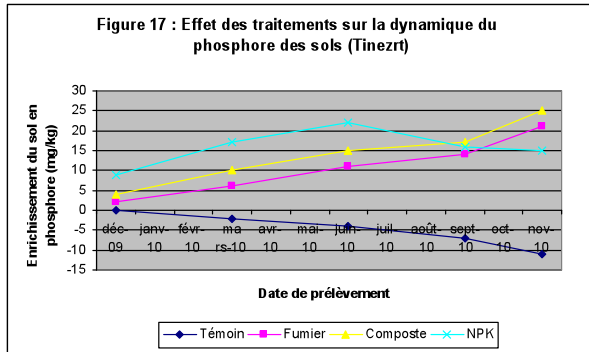


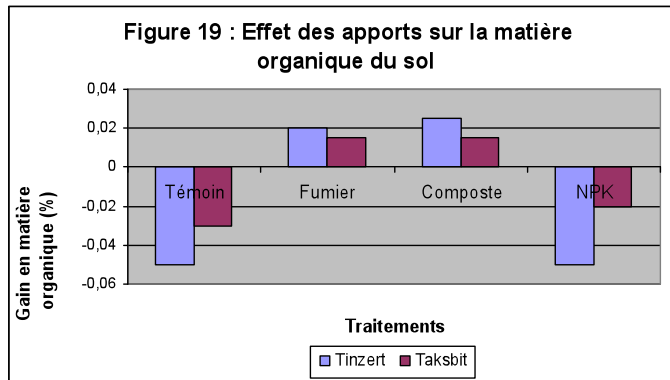
Figure 16 : Effet des traitements sur la dynamique du potassium des sols (Taksbit)





### *Dynamique de la matière organique*

D'une manière générale, l'apport d'éléments fertilisants sous différentes formes influence le taux de matière organique des sols soit positivement ou négativement (Figure 19). En effet, le taux de matière organique est amélioré par les apports du biocomposte et du fumier. Cependant, un épuisement remarquable du taux de MO des sols a été enregistré pour le témoin et les engrais NPK. La matière organique des sols a été influencée par les



différents sites avec un épuisement plus marqué pour le site de Taksbit. Ceci peut être expliqué d'une part par la texture des sols qui est sablonneuse pour le site de Taksbit ce qui favorise la minéralisation de la matière organique par rapport au site de Tinezrt qui a une texture plus équilibrée. Cette minéralisation a été aussi favorisée par une humidité du sol plus régulière pour le de Taksbit par rapport au site de Tinezrt.

### *Conclusions et recommandations générales pour la transplantation*

L'arganier est une espèce-relique qui serait répandu au Maroc durant l'ère tertiaire alors que le climat était chaud et tempéré (sol riche, eau disponible). Cet arbre a besoin d'une alimentation minérale adéquate pour sa croissance et son développement (Ca, N, P, K, Mg et oligo-éléments).

Les sols des différents sites étudiés ont une fertilité des sols limitée. Ces sites ont un taux de matière organique, une teneur en azote, en phosphore, en potassium assimilable, en oligo-éléments qui sont inférieurs aux valeurs normales. De même, les sols des différents sites ont un pH alcalin ce qui défavorise l'assimilation des éléments fertilisants. Aussi, il est a noté que la majorité des jeunes plants d'arganier transplantés ont un enracinement peu développé ce qui rend l'assimilation des éléments fertilisants plus difficile.

De ceci, la transplantation de jeunes plants d'arganier dans ces sites exige des apports en engrais organiques ou minérales pour leur croissance et leur développement optimaux.



D'une manière générale, l'apport des engrais minérales et organiques améliore la transplantation des jeunes plants d'arganier. Dans le moyen terme, le fumier et le biocomposte améliorent la fertilité des sols.

Pour réussir une transplantation des jeunes plants de l'arganier en milieu réel il est nécessaire de prendre en considération les points suivants :

- ✓ Analyse de la fertilité initial des sols
- ✓ Apport de la matière organique (fumier, composte...) pour corriger la fertilité des sols, apporter les éléments fertilisants en particulier l'azote et les oligo-éléments et aussi améliorer la rétention en eau des sols.
- ✓ La transplantation de jeunes plants ayant un age au moins de 6 mois vu que les sols sont dans la majorité des cas pauvres en matière organique et en éléments fertilisants.
- ✓ Apport de l'eau suffisante en tenant compte des caractéristiques des sols (doses et fréquences) pour une bonne assimilation des éléments fertilisants.
- ✓ Suivre la fertilité des sols pendant au moins deux ans.



# Application de la biotechnologie pour la sauvegarde de l'arganeraie : étude de la multiplication *in vitro*

**Mdarhri Alaoui M.<sup>1</sup>, Boukmou, J.<sup>2</sup>, Bouzoubaa, Z.<sup>3</sup>**

1 - Chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat, B.P. 415 - Rabat R.P. Maroc

2 - Doctorante à la Faculté des sciences de Rabat ? B.P. 415 - Rabat R.P. Maroc.

3 - Chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique, Agadir. BP 124, Av. des FAR Inezgane principale CP 80350

## Résumé

L'arganier (*Argania Spinosa*) constitue une importante essence du sud ouest marocain, elle contribue à la préservation de l'écosystème et joue un rôle socioéconomique considérable. L'arganeraie connaît de grandes difficultés à cause de la dégradation qui a décimé plus de 65% de la superficie recensée il y a environ un siècle. Les approches biotechnologiques allant de la micro-propagation à la recherche en biologie moléculaire prennent une place importante dans la stratégie du programme de l'INRA pour la conservation et la sauvegarde de l'arganeraie nationale. La culture *in vitro* constitue une voie prometteuse pour la multiplication en masse et, par ailleurs, contribuerait à la restauration et la régénération rapide de l'écosystème arganeraie. En effet, la multiplication par organogenèse est basée sur le développement des milieux de culture qui favorisent l'initiation, la multiplication de bourgeons ainsi que l'enracinement de vitro-plants obtenus à partir des explants étudiés (jeunes pousses, boutures herbacées, inflorescence...). Les recherches établies ont permis de :

- Développer des protocoles pour la multiplication de vitro-plants d'arganier ;
- Déterminer certains facteurs, qui influencent la réussite de la micro-propagation de l'arganier.

En outre, l'embryogenèse somatique, un second axe de recherche pour le développement de nouveaux protocoles de régénération et de multiplication en masse a été entamé. Certes, la maîtrise de la multiplication et de la production de vitro-plants d'arganier n'est cependant pas suffisante pour assurer la survie des vitro-plants. Les recherches sont alors concentrées sur la mise au point et l'optimisation de l'enracinement et de l'acclimatation.

**Mots clés** : Arganier (*Argania Spinosa*), culture *in vitro*, micro-propagation, l'embryogenèse somatique, régulateurs de croissance.



## ***Application of biotechnology for the preservation of the argan forest: study of in vitro propagation***

### **Summary**

The argan tree (*Argania Spinosa*) is an important essence of south-western Morocco; it contributes to the ecosystem perseverance of and plays a significant socioeconomic role.

The argan tree is experiencing major difficulties because of the deterioration that has killed more than 65% of the area surveyed there about in a century. The biotechnological approaches ranging from micro-propagation research and molecular biology are playing an important role in the strategy program of INRA for the conservation and protection of the argan forest country. In vitro culture is a promising avenue for the mass propagation of this cultivar and also contributes to the restoration and rapid regeneration. Indeed, the multiplication by organogenesis is based on the development of culture media that promotes initiation, bud proliferation and rooting of plantlets obtained from explants examined (seedlings, softwood cuttings, inflorescence ...). The research helped to set:

- Develop protocols for propagation of argan vitro plants;
- Identify factors that influencing a successful micro-propagation of the argan tree;

In addition, somatic embryogenesis is another way for developing new protocols for regeneration and mass propagation also based on modern biotechnology. Micro-propagation is currently optimized within the Biotechnology Research Unit of INRA. Certainly the control of proliferation and production of argan plantlets is not sufficient for their survival. The research is then focused on the development and optimization of rooting and acclimatization.

**Keywords:** Argan (*Argania spinosa*) in vitro culture, micro-propagation, somatic embryogenesis, plant growth regulators.

### **Introduction**

L'*Argania Spinosa* L, espèce endémique du Maroc, principalement au sud-ouest le long du littoral océanique s'étend jusqu'au Sahara l'arbre atteint la Hamada de Tindouf le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires. (Msanda et coll 2005). Ayant une place importante dans le système de production agricole de la zone, l'arganier contribue à une part importante du revenu de la population de la région, permettant ainsi la stabilité de cette dernière.

Jusqu'aux siècles derniers, l'arganeraie marocaine présentait une superficie importante, soit une densité moyenne de 100 arbres par hectare. Certes, dès le début du siècle, la régression des peuplements d'arganier a commencé à se faire sentir, mais elle s'est particulièrement intensifiée depuis quelques décennies entraînant ainsi une diminution d'environ 600 ha par an et une densité moyenne qui est passée en un siècle à 30 arbres par hectare.

Les facteurs de dégradation ont eu un effet négatif sur les biotopes et par conséquence conduit à la raréfaction de la faune sauvage et la disparition quasi-totale de certaines espèces végétales (Aafi, 2007). Ainsi le déséquilibre écologique et plus particulièrement la dégradation des milieux se trouvent essentiellement liés aux effets conjugués de la pression anthropique croissante et des conditions climatiques (IRD 2011). Ces effets ont été amplifiés par les modes et systèmes d'exploitation inadaptés. L'ensemble a conduit à la régression voire même à l'extinction de certains écosystèmes forestiers. Actuellement, la population d'arganiers est évaluée à environ 20 millions d'arbres sur une superficie d'environ 800 000 ha (HCEFLCD 2010).





Compte tenu de l'importance que revêt l'arganier et répondant à la stratégie du « Plan Maroc Vert » visant la mise en valeur de l'ensemble du potentiel agricole du territoire national, l'INRA a mis en oeuvre un programme de recherche ayant recours aux divers biotechnologies, entre autres la culture *in vitro*, pour le développement de techniques de propagation rapides et intenses de ce cultivar. Pour atteindre ces objectifs, diverses études sont entamées via le développement de deux procédés : la multiplication par organogenèse et l'embryogenèse somatique.

### Description des techniques utilisées

En raison de la limitation et de la lenteur des méthodes classiques de multiplication végétatives, l'application de la culture *in vitro* présente une bonne alternative pour la production en masse de plants d'arganier. Dans cet axe, les explants (figure 1) sont recueillis et récupérés à partir des plantes mères sélectionnées. Après désinfection ces derniers sont soumis aux différentes phases de développement connues pour l'initiation de bourgeons, la multiplication, l'élongation et l'enracinement. Les cultures sont ensuite incubées sous une photopériode de 16h/8h ; une température de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Les repiquages sur les milieux frais sont effectués à partir de la quatrième semaine de culture. Au cours des repiquages, les jeunes pousses feuillées sont séparées et repiquées en vue de leur multiplication et élongation. A partir de six subcultures les vitro-plants sont ensuite repiqués sur de nouveaux milieux de culture où plusieurs facteurs sont étudiés pour l'optimisation de l'ensemble des éléments intervenant et favorisant la phase d'enracinement.

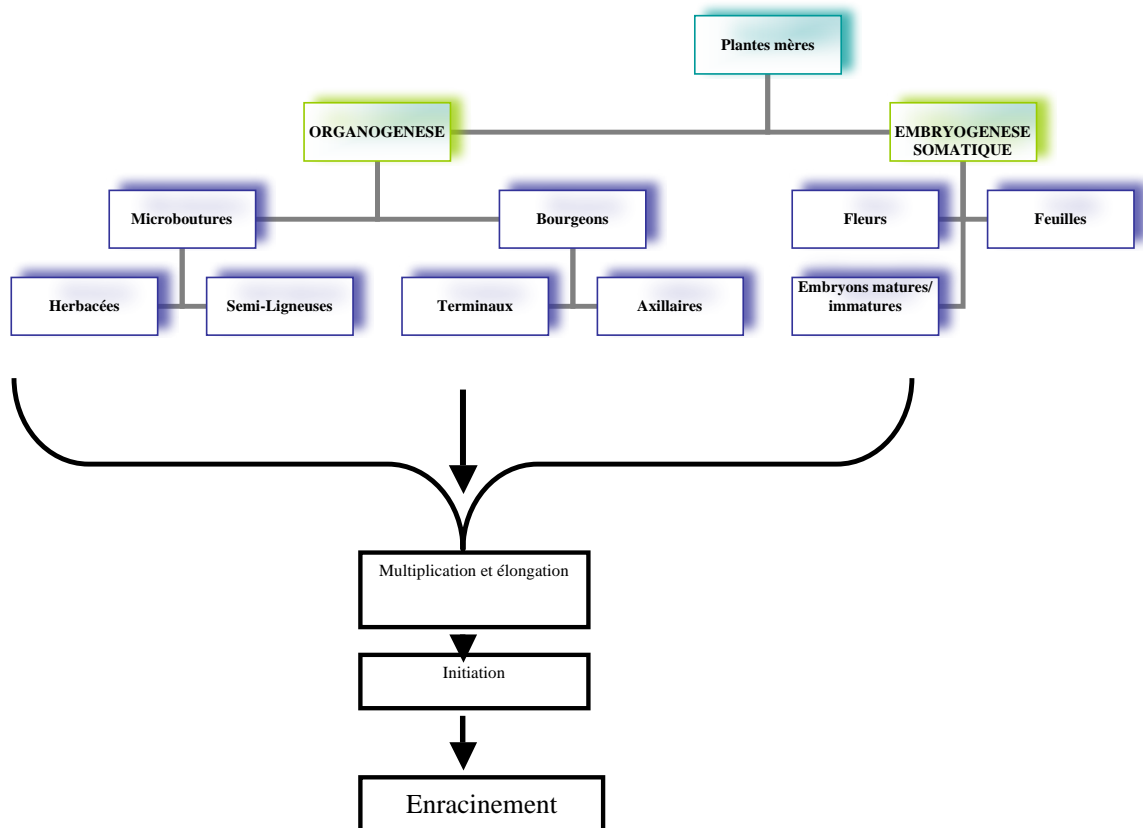


Figure 1 : Etapes de culture *in vitro* Potentiel de culture *in vitro* de l'Argania spinosa



## Multiplication par organogénèse

Les recherches établies sur le potentiel organogène des différents explants étudiés ont montré une diversité de réponses liées à plusieurs facteurs. En effet, une grande hétérogénéité a été observée. Celle-ci implique le type de développement, la cinétique de croissance, le taux de bourgeons initiés. La réussite de l'initiation de bourgeons a nécessité, pour chaque explant étudié, l'optimisation de milieux de culture d'initiation, milieux de multiplication, et l'apport en régulateurs de croissance spécifiques.

Les explants constitués par les micro-boutures ont montré une meilleure réponse à partir des explants semi ligneux. Cependant, au cours de la phase de multiplication, nous avons noté une baisse de la capacité de développement de nouveaux bourgeons au profit de l'élongation et l'apparition de feuilles, ce qui a conduit à prolonger la durée des premières phases de cultures. L'apport en cytokinine à des valeurs comprises entre 0.5 et 1 mg $l^{-1}$ , pendant la phase d'initiation, s'avère efficace pour le débourrement des bourgeons (figure 2).

La mise en culture des bourgeons terminaux et basaux a montré un meilleur développement de touffes de feuilles principalement chez les bourgeons basaux et une faible capacité de multiplication de bourgeons terminaux. En outre, l'effet du stade de prélèvement des bourgeons est très marqué sur le potentiel organogène des bourgeons basaux (figure 2).



**Figure 2** : Multiplication par micro-bouturage.

## Multiplication par embryogénèse somatique.

La multiplication par embryogénèse somatique suppose l'initiation sur un milieu de culture gélifié de cals embryogènes dont la multiplication est assurée par des repiquages répétés sur des milieux de cultures appropriés. Au cours de la présente étude, pour l'induction des cals, les explants étudiés sont constitués de feuilles, de fleurs et d'embryons (matures et immatures), les milieux d'initiation sont additionnés en auxines, notamment en 2, 4-D, à différentes concentrations. Les repiquages sont ensuite effectués sur des milieux liquides placés en incubation sous conditions contrôlées (agitation, température et photopériode).

L'interaction de la composition des milieux de culture et le type d'explant étudié oriente l'induction des cals embryogènes.

L'exploitation du potentiel des cals embryogènes à la régénération constitue actuellement un axe de recherche.





**Figure 3** : Etapes de l'embryogenèse somatique

## Etude de la rhizogenèse

En parallèle des études portant sur les phases de multiplication *in vitro*, les recherches sont également concentrées sur l'optimisation et la détermination des conditions favorables à l'enracinement des micro-boutures d'arganier. L'expérimentation est alors portée sur l'induction *in vitro* des racines à partir de boutures fraîchement recueillies et également sur les vitro-plants issus de la micro-propagation, dont le transfert sur un milieu d'enracinement s'avère nécessaire.

De même, l'effet de plusieurs facteurs sur la réussite de l'enracinement est très marquant. Ainsi, pour les boutures fraîchement récupérées, nous avons noté l'effet des prétraitements en régulateurs de croissance, la composition des milieux de culture et de la photopériode. Pour les micro-boutures issues des vitro-plants l'étude a été menée sur l'effet de plusieurs combinaisons hormonales et de milieux de culture. Sur la base des résultats obtenus, la réussite de l'enracinement à grande échelle présente encore des difficultés liées au faible taux de réussite et la nécessité d'une étude faisant appel à l'interaction entre la composition et l'état du milieu de culture, les conditions physiques (température, photopériode), et l'état physiologique des explants.

## Références bibliographiques

- Aafi A** (2007). Rôle des cactus dans la restauration de l'arganeraie et de ses composantes floristiques et faunistiques dans la province de Tiznit, Annales de la recherche forestière au Maroc, vol 38, pp : 69-76.
- IRD** (2011). L'arganeraie marocaine façonnée par le travail de l'homme, Actualité scientifique, N° 36 p 72.
- HCEFLCD** (2010). Eléments de stratégies de développement durable de l'arganeraie, document interne, p 20.
- Msanda F, El Aboudi A, Peltier J** (2005). Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine, Cahiers Agricultures vol. 14 (4) pp : 357-368.



# L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol

**LE BOULER H.<sup>1</sup>, BRAHIC P.<sup>1</sup> BOUZOUBAA Z.<sup>2</sup>, ACHOUR A.<sup>3</sup>, DEFAA C.<sup>3</sup>, BELLEFONTAINE R.<sup>4</sup>.**

1 - Pépinières forestières d'état Guémené Penfao et Aix en Provence (France)

2 - INRA, Agadir

3 - DREFLCD-SO, Agadir

4 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France.

## **Résumé**

La production de plants forestiers «hors sol en conteneurs anti déformations racinaires» permet d'apporter la solution au difficile problème de la reprise et de la croissance vigoureuse des plantations dans les milieux naturels soumis à de fortes contraintes environnementales et de stress hydrique. Si la forme du conteneur est inadaptée, les déformations des racines perturberont pendant de longues années le fonctionnement physiologique de l'arbre et le bon développement racinaire, nécessaires à un ancrage correct et à l'exploitation des ressources hydriques et minérales du site de plantation. L'usage de substrats à base organique est incontournable. Il s'est généralisé avec des enjeux de disponibilité et de qualité des produits, et de pilotage de l'irrigation et de la fertilisation. Ces systèmes de production conduisent à une forte intégration tous au long de la chaîne de production. Ils nécessitent des investissements initiaux lourds (plate-forme technique de production, stocks de conteneurs réutilisables, etc.). Ces investissements doivent être particulièrement raisonnés, en particulier lorsqu'on importe des systèmes « clés en main », mis au point dans d'autres contextes, techniques ou territoriaux. Cette communication fait la synthèse des enjeux et des solutions aujourd'hui mises en œuvre portant sur les conteneurs, les substrats, la fertilisation, l'irrigation, la conduite des plants en pépinière, l'organisation des sites de production et la formation des personnels. L'adaptation de ces solutions générales au contexte local de l'arganier fait l'objet d'une analyse particulière afin de pouvoir proposer des pistes rapidement opérationnelles pour la poursuite de l'amélioration des itinéraires techniques de production, qui s'ajouteront aux récents progrès remarquables dans les pépinières d'arganiers.

**Mots-clés** : Pépinière industrielle ; qualité du substrat ; conteneurs modernes ; production « hors sol » ; racine.



## Summary

Forest seedlings produced in above-ground containers without root deformation are the solution to the difficult problem of the regrowth rate and the vigorous growth of the man-made forests in the natural environments subjected to strong environmental constraints and hydrous stress. The form of the container is unsuited, the deformations of the roots will disturb during long years the physiological functioning of the tree and the good root-development, necessary for a correct anchoring and the exploitation of water and mineral resources of the site of plantation. The use of substrates at organic base is absolutely necessary. He is now generalized, associated with challenges of piloting of irrigation and fertilization. The systems of above-ground production in containers without root deformation lead to a strong integration of the system of production. These investments must be particularly reasoned, in particular when one imports systems “turn-key”, developed in other technical or territorial contexts. This communication makes the synthesis of the challenges and the solutions now implemented relating to the containers, the substrates, the fertilization, the irrigation, the control of the seedlings in nursery, the organization of the production sites and the staff training. The adaptation of these general solutions to the local context of the argan tree is the object of a particular analysis in order to be able to propose quickly operational tracks for the continuation of the improvement of the technical production ways, which will be added to the recent progress noticed in the nurseries of argan trees.

**Keywords:** industrial tree nursery; quality of substrate; modern containers; above-ground production; root

## Introduction

*Une très grande qualité des plants est indispensable pour les zones semi-arides*

Les mesures de gestion de l'arganeraie conduisent à effectuer des plantations dans les cas où la régénération naturelle n'est pas possible : peuplements dégradés, création de nouvelles zones boisées et installation éventuelle de vergers spécialement dédiés à la production fruitière. Ces plantations se font dans des conditions environnementales difficiles du fait d'un climat marqué par une longue saison sèche avec souvent de faibles taux de réussite.

L'installation et la croissance juvénile des plants sont des étapes critiques qui conditionnent le succès de la plantation. L'arganeraie n'est pas un cas isolé ; la problématique de la réussite des plantations en climat sec se rencontre partout dans le monde et particulièrement dans les régions méditerranéennes. La qualité des plants utilisés est depuis longtemps identifiée comme le facteur-clé des problèmes de reprise. La protection continue du système racinaire depuis le semis (ou le bouturage) en pépinière jusqu'à la plantation grâce à l'élevage en pot, godet ou conteneur rainuré rigide est une réponse incontournable à ce problème.

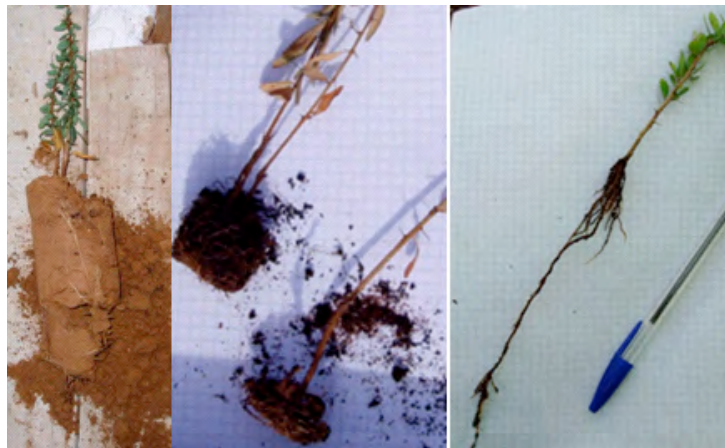
Cette technique horticole génère cependant des risques qui lui sont propres et qui, s'ils ne sont pas pris en compte et maîtrisés, conduisent à annuler les avantages de la culture en conteneurs. Après plusieurs décennies d'expériences de terrain, d'études scientifiques et de progrès technologiques, un ensemble de solutions est aujourd'hui disponible qui moyennant des adaptations au contexte local permet d'améliorer la qualité des plants d'arganiers produits et de maximiser les chances de réussite des plantations.



### *L'expérience historique française des boisements en milieux secs*

Au milieu du XXème siècle, l'administration forestière a développé dans le Maghreb des programmes de création de banquettes antiérosives, parfois accompagnées de plantations agro-forestières. Les plants étaient alors produits selon diverses techniques : mottes de terre et de paille compressée ou plantations en sachet de polyéthylène rempli de mélange terreux. Les résultats ont été contrastés, souvent médiocres, sans que l'on puisse clairement distinguer dans les causes d'échec, le principe même de l'installation de banquettes et la qualité des plants utilisés.

Entre 1975 et 1985, suite à l'abandon rapide des terres agricoles, un programme de plantations fut engagé dans les basses montagnes méditerranéennes et les garrigues calcaires. Les plantations se sont le plus souvent faites après un défonçage de la ligne de plantation avec un engin mécanique puissant. Les plants utilisés (cèdre de l'Atlas et pin noir) ont dans un premier temps été systématiquement produits en sachets de polyéthylène remplis d'un mélange de terre et de sable. De très nombreux échecs sont à déplorer, cette fois indiscutablement liés à la technique horticole de production. L'analyse croisée du comportement des plants en plantation et en pépinière et le suivi de leur état physiologique a permis d'identifier les causes principales de la dégradation de leur qualité et de trouver les réponses adaptées. Cette démarche, également effectuée dans les principaux pays réalisant ce type de plantations, a conduit à une convergence des techniques de pépinière qui peuvent être aujourd'hui considérées comme stabilisées, opérationnelles et efficaces et transférables à tout type de plantation forestière en milieux secs ou arides.



**Plants d'arganiers de mauvaise qualité**

## **Aspects théoriques relatifs à la question racinaire.**

### *Analyse du fonctionnement racinaire*

Le développement du système racinaire d'un semis naturel est soumis à des déterminismes très largement communs à l'ensemble des arbres. L'expression de ces déterminismes est complet lorsque le système racinaire peut se développer en l'absence de contraintes mécaniques (horizons pédologiques infranchissables) ou agronomiques (zones sèches ou ennoyées du sol). Hors ces contraintes naturelles du sol, le développement du système racinaire est alors hiérarchisé et rythmique.



La hiérarchisation se manifeste par le rôle dominant de la pointe du pivot. La croissance se manifeste par un géotropisme positif et orthotrope<sup>1</sup> très marqué conduisant dès la germination à un développement rapide en profondeur d'une racine principale dont il semble que la fonction est de sécuriser le plus rapidement possible l'alimentation en eau de la plante en atteignant les couches profondes du sol, plus humides. Ce phénomène est marqué chez les espèces adaptées à l'aridité. Durant cette phase, le pivot se caractérise également par l'accroissement rapide de son diamètre correspondant à une accumulation de réserves.

La rythmicité, qui se manifeste par une succession d'alternances de phases actives d'élongation verticale et de périodes de repos, est un phénomène ordinaire chez toutes les espèces avec cependant de fortes disparités d'une espèce à l'autre et selon les conditions climatiques ambiantes. On a pu identifier des corrélations internes à la plante, des rythmes saisonniers et des effets des conditions climatiques ambiantes. Il apparaît assez clairement que, dans ce type de corrélations, le système racinaire n'est pas moteur, mais subit les conséquences de l'état de croissance de la partie aérienne et de l'état hydrique du sol.

Tant que la dominance du pivot se maintient, le développement de racines latérales est réel, mais il s'agit de racines plagiotropes<sup>2</sup> à faible développement et de faible accroissement en diamètre ; de plus, leur durée de vie peut être courte.

### *Malformations racinaires en pépinière*

En présence de contraintes mécaniques ou agronomiques, le développement du pivot est perturbé. Les conséquences de ces perturbations dépendent de leur nature et des conditions d'apparition. En pépinière, lorsque qu'il y a blocage physique de l'allongement du pivot, il dévie sa trajectoire jusqu'à retrouver la possibilité de reprendre une croissance orthotrope. Lorsque c'est impossible, comme dans le cas d'un sachet ou un conteneur à parois et fond infranchissables, la croissance plagiotrope se poursuit indéfiniment et conduit à la formation d'un enroulement de racines (chignon) dégradant définitivement la qualité du plant. L'enroulement racinaire est irréversible ; même si l'on procède à des tailles racinaires au moment de la plantation, le chignon a tendance à se réactiver spontanément ensuite. Lorsque la pointe du pivot est détruite, il se produit alors au dessus du lieu de blessure, un développement de racines secondaires quasi-orthotropes qui sont soumises aux mêmes risques de chignonage en fond de conteneur.

### *Le principe et les avantages de la production « hors sol »*

La destruction physique de la pointe apicale du pivot peut être obtenue en organisant volontairement le contact entre la racine et l'air. Le fond du godet ou conteneur doit donc être perméable aux racines orthotropes et celles-ci doivent se trouver en contact avec un air suffisamment sec pour provoquer uniquement la nécrose de l'apex. Une distance suffisante doit donc exister avant que la racine ne retrouve des conditions non desséchantes. On peut ainsi installer une production de jeunes plants hors sol (sur grillage surélevé de 30 cm minimum, soit à 1,3 m pour éviter au maximum les douleurs lombaires). La suppression de la dominance de la pointe du pivot par simple nécrose apicale entraîne la néoformation en amont de celui-ci de tissus constituant une sorte de « bourgeons racinaires » qui seront la source d'une forte émission de racines néoformées dès qu'elles retrouveront un sol naturel.

1- Orthotrope : qui pousse ou est émis verticalement.

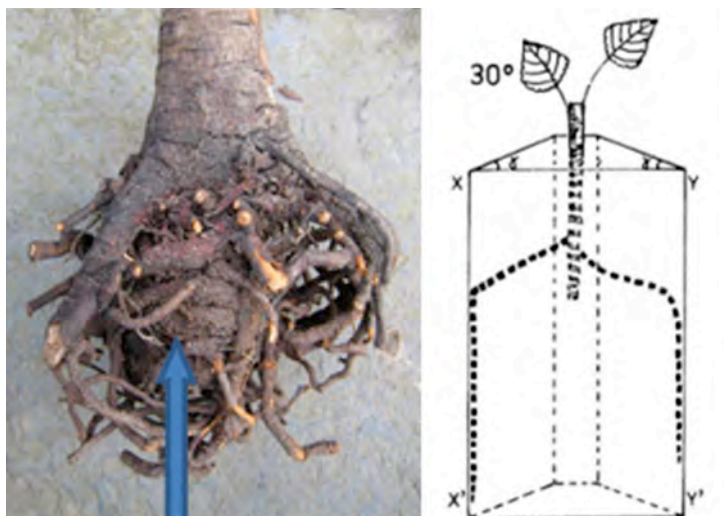
2 - Plagiotrope : désigne un organe qui pendant sa croissance s'oriente dans un plan horizontal ou faiblement oblique, en fonction de la pesanteur



Si les racines rencontrent des parois formant un angle suffisamment fermé, alors spontanément elles prennent une direction verticale descendante et, au fond du conteneur perméable aux racines, leur pointe se nécrosera, formant ainsi un système racinaire dense et orthotope. En plantation, ces nouvelles racines - au moins les plus vigoureuses - coloniseront rapidement le sol en profondeur pour assurer la future alimentation en eau.

On a donc ainsi toutes les solutions pour concevoir des conteneurs adaptés à l'élevage en climat sec et n'induisant pas de déformations du système racinaire. Quel que soit le modèle fabriqué, tous les conteneurs devront avoir des parois verticales pleines (non perméables) pour éviter l'assèchement du substrat, mais fabriquées de telle sorte que grâce à un réseau interne de rainures et/ou d'angles dièdres, elles conduisent à rediriger vers le fond les racines latérales. Le fond devra nécessairement être ajouré de façon adéquate pour retenir le substrat, tout en restant perméable aux racines dont l'apex se nécrosera tout en néo formant de nouveaux bourgeons racinaires.

Il existe plusieurs types commerciaux de conteneurs répondant au cahier des charges relatif à la prévention des déformations racinaires et à la formation dans le substrat d'une architecture des racines optimale. Au-delà des questions de coût et de disponibilité, le choix du type de conteneur retenu doit être fait avec une grande attention pour qu'il ne soit pas ensuite remis en cause. Moyennant certaines précautions lors du déchargement, puis de la récolte et de l'entreposage à l'abri des UV, les conteneurs sont réutilisables pendant plusieurs années (de 5 à 10 cycles de production).



Déformations racinaires Type de conteneur idéal

## Les qualités physiques d'un bon substrat

*Aspects théoriques à propos de deux fonctions primordiales.*

Le substrat remplit deux fonctions en pépinière : support physique pour le développement du système racinaire et alimentation de la plante en eau et nutriments. Ces fonctions persistent un certain temps après la plantation. La culture en conteneurs rigides anti déformations se faisant dans un volume réduit, il est nécessaire d'optimiser l'ensemble de ces fonctions.

- Les enjeux de support physique sont relativement secondaires vis à vis des enjeux de nutrition, mais néanmoins importants. Durant la phase d'élevage, le substrat doit être à la fois suffisamment poreux pour ne pas gêner la croissance des racines, tout en étant suffisamment cohérent pour éviter le délitement de la motte (en particulier durant le transport et la plantation).





Il doit également présenter une stabilité volumique suffisante (lors des phases successives de ré-humectation et de dessèchement) pour empêcher des tensions sur les racines, en particulier à l'interface entre la paroi du conteneur et le substrat en pépinière. Après la plantation en conditions sèches (en milieu non contrôlé, sans arrosages réguliers), cette résistance au retrait volumique est encore plus importante, car des substrats présentant un fort retrait à la dessiccation peuvent déconnecter la motte du sol de plantation et installer un vide d'air sec entre le sol et la motte, fatal pour le plant.

- Les enjeux essentiels se situent cependant au niveau des fonctions d'alimentation de la plante. Il y a trois grands types d'alimentation à satisfaire : l'oxygène, l'eau, les sels minéraux.

L'oxygène est beaucoup trop souvent négligé alors que l'aération permanente du substrat à un niveau suffisant est une condition essentielle de réussite de la culture, la quasi totalité des plantes supporte très mal des conditions d'anoxie<sup>3</sup> au niveau des racines.

D'un point de vue physique, le substrat peut être décomposé en trois phases : la phase solide (constituée du substrat anhydre et d'une partie des sels minéraux fixés sur le substrat), la phase liquide (mélange d'eau et de sels dissous) et la phase gazeuse (constituée d'air). La somme des phases gazeuse et liquide constitue la porosité totale. Elle est considérée comme constante puisque l'on ne retient que des substrats sans gonflement, ni retrait en fonction de l'humectation (voir ci-dessus).

Le volume total de substrat étant faible, on a intérêt à rechercher une porosité totale maximale. Les substrats majoritairement constitués de matières terreuses, y compris le sable, ne conviennent pas du tout, car alors la porosité est très insuffisante (pour satisfaire à la fois les besoins en eau et surtout en aération). Un bon substrat doit avoir une porosité totale au moins égale à 70%, ce qui ne laisse que 25-30% maximum pour la phase solide.

L'aération doit en permanence se situer au-dessus de 20% du volume total du substrat, y compris lorsque celui-ci est saturé en eau. Le substrat doit évidemment être en permanence en conditions de drainage libre pour éviter des situations d'asphyxie liées à une accumulation d'eau en fond de conteneur. Des systèmes de récupération de l'eau drainée peuvent dans certains cas être envisagés mais leur réutilisation peut poser alors des problèmes sanitaires pour la plante (circulation des champignons pathogènes).

Dans des conditions optimales, on peut donc espérer qu'environ 50% du volume total du substrat puisse être affecté au stockage de l'eau. Cette eau doit être suffisamment retenue pour ne pas être drainée naturellement avant que le seuil de saturation ne soit atteint, mais cependant être suffisamment disponible pour la plante lorsque le substrat entre en phase de dessèchement.

### *Les substrats les plus appropriés*

Parmi les substrats ayant une porosité totale suffisante, aucun ne remplit seul les conditions attendues. La tourbe, excellente rétentricrice d'eau facilement disponible, ne peut assurer l'aération suffisante en situation de saturation. A l'inverse, les écorces compostées qui produisent un substrat très poreux manquent de capacité de stockage. Les mélanges raisonnés en fonction des caractéristiques physiques propres à chacun de ces deux composants permettent de trouver un équilibre optimal. Localement, les essais doivent déterminer les proportions exactes pour chacun de ces deux composants.

3 - L'anoxie est une diminution de l'oxygène dissous ou présent et bio-disponible dans le sol



Les substrats mélangés « tourbe-écorce » sont stables chimiquement à condition que les écorces soient soigneusement compostées pour éviter une évolution de la matière organique durant l'élevage, ce qui perturberait alors la dynamique de l'azote. La tourbe a une très forte capacité d'échange en cations qui est totalement non saturée ; ce qui conduit à un pH naturellement très acide. Cette acidité pose un problème en soi pour certaines essences (et en particulier vraisemblablement pour l'arganier), mais surtout elle rend impossible un pilotage fin de la fertilisation. En conséquence, il est préférable de ramener le pH à un niveau proche de la neutralité par un apport initial de calcaire pour rendre possible ce pilotage.

Dans le cadre du cahier général des charges, il est aussi indispensable de rechercher un substrat dont les caractéristiques physico-chimiques et la composition ne soient pas à la merci de variations liées à sa disponibilité commerciale ou à ses conditions de fabrication. Il est indispensable qu'il soit homogène dans le temps. Dans le contexte européen, les filières industrielles de fabrication de substrat sont maintenant bien optimisées. Elles s'appuient sur des ressources régionales (écorces de pin maritime composté, tourbe blonde). La question de leur disponibilité (autres pins, acacias) au Maroc doit être étudiée, ainsi que leur coût. L'existence de ressources naturelles nationales et des conditions de leur transformation en substrat de qualité disponible durablement est peut être un verrou à l'heure actuelle qui aura besoin d'être évalué et éventuellement levé.

### *L'irrigation*

Le raisonnement d'une irrigation doit tenir compte des données climatiques, physiologiques de la plante et des caractéristiques physiques du substrat.

Le but est de maintenir à un niveau aussi constant que possible la quantité « d'eau disponible » qui est constituée par la teneur en eau volumique retenue entre  $pF_1$  et  $pF_2^4$ . Il suffit de maintenir la culture entre ces deux bornes.

Cela impose un contrôle précis et régulier de l'état hydrique du complexe substrat/plant, tout au long de la culture.

La quantité d'eau à apporter quotidiennement est déterminée par une pesée quotidienne de conteneurs-plants témoins (selon les conditions locales, plusieurs pesées peuvent être nécessaires dans la journée, ce qui implique plusieurs cycles d'arrosage).

### *La fertilisation liée à l'irrigation*

Les besoins totaux en éléments fertilisants en pépinière dépendent essentiellement de la taille aérienne optimale que doit atteindre le plant en fin d'élevage. La capacité de régénération racinaire décroît rapidement avec l'âge, un plant ne doit pas rester plus de deux saisons de végétation en pépinière. Au-delà si le plant a une croissance normale, il se produit un grave déséquilibre entre la masse des racines et celles des parties aériennes. Un bon plant est un plant jeune vigoureux et équilibré. En pépinière, le volume total du conteneur et les variations de sa teneur en eau ne permettent pas d'y stocker la totalité des besoins sous forme d'engrais soluble lors de la phase initiale de préparation du substrat. Il apparaîtrait alors des risques de brûlure des racines par augmentation de la salinité<sup>5</sup>.

4- Le  $pF$  (potentiel hydrique) est un nombre qui mesure la force avec laquelle l'eau est retenue dans le substrat. A  $pF=1$ , le substrat est saturé et commence à drainer spontanément ; au delà de  $pF=2$ , l'eau est fortement retenue et peu disponible pour la plante. La quantité d'eau stockable entre  $pF_1$  et  $pF_2$  est propre à chaque type de substrat. Plus elle est forte et meilleur est le substrat pour la conduite de l'irrigation.

5 - La salinité mesure la concentration totale en sels minéraux. Elle est très facilement mesurable en pépinière avec un équipement basique.



En climat chaud, on ne peut non plus résoudre la question de la fertilisation par un apport initial massif d'engrais à libération lente et progressive couvrant l'ensemble des besoins de la période d'élevage. En effet, cette libération augmente fortement et rapidement lorsque la température du substrat s'élève et conduit finalement à une mise à disponibilité des éléments minéraux, décalée du cycle de croissance du plant.

Sans expérimentation poussée à ce stade, la gestion de l'alimentation minérale des arganiers en pépinière se ferait selon les principes suivants :

- utilisation de composants du substrat à forte capacité d'échange, mais très stables vis à vis de l'évolution de leur propre matière organique ;
- neutralisation du pH et saturation de la capacité d'échange par des apports initiaux de calcium ;
- apports à un rythme à fixer (hebdomadaire à mensuel) de fertilisants dilués dans l'eau d'irrigation. La maîtrise de ces dosages fins ne pourra s'acquérir que par l'expérience et l'analyse physico-chimique du substrat en cours de culture.

#### *La mycorrhization*

Avant de planter, spécialement sur des terres érodées et pauvres, une prospection de la microflore de toute la superficie à reboiser devrait être systématiquement effectuée par les forestiers, car l'absence ou la présence de cette microflore aura un impact très important sur l'utilisation des réserves hydriques et minérales disponibles.

Lorsque le recouvrement arboré a totalement disparu, le sous-bois à son tour surexploité disparaît et l'érosion laisse un sol carencé, difficile à réhabiliter. Pour éviter des restaurations lourdes, deux méthodes bien moins onéreuses sont préconisées et devraient être diffusées à très large échelle : soit la mycorrhization contrôlée par inoculation en pépinière de souches cultivées, soit l'apport, dans le conteneur, de litière récoltée dans des arganeraies en bon état écologique.

## La conduite de la culture

#### *Respect du cahier des charges*

La production de plants forestiers en pépinière n'est qu'un outil totalement orienté vers un objectif unique : la réussite du boisement. Les plants d'arganiers sont destinés à des milieux où l'arganeraie est en difficulté dans un contexte climatique de plus en plus aride avec souvent un environnement forestier dégradé. L'urgence première et absolue pour le plant est alors de développer un nouveau système racinaire dense et parfaitement orthotrope allant coloniser les zones les plus humides du sol pour rétablir l'alimentation en eau et s'installer définitivement.

Pour simplifier à l'extrême, le pépiniériste est un producteur de racines ; les parties aériennes (tiges, feuilles et bourgeons) ne servent à rien s'il ne se crée pas, après plantation, un nouveau système racinaire vigoureux et sain pour lui fournir l'eau et les éléments indispensables. La qualité d'un plant, c'est-à-dire son aptitude à survivre et à pousser après la plantation, se confond dans la pratique avec la qualité de son système racinaire. Pour produire un système racinaire de qualité et assurer sa mise en place définitive sans dégradations lors du transport et au moment même de la mise en terre, il y a des règles connues qui doivent être indiquées dans le cahier des charges (en sus des modifications déjà apportées au Maroc en 2010). Cette qualité fait partie d'une chaîne de qualité dont la rupture d'un seul maillon peut détruire toute l'efficacité. C'est le principal enjeu de la conduite des cultures : qu'en aucun cas et à aucun moment, une erreur ou un manque ne vienne ruiner l'ensemble de la qualité de la chaîne de production !



Les techniques et outils de culture sont aujourd'hui au point et efficaces, mais elles exigent une mise en œuvre sans faille. Cela a des conséquences sur le plan des investissements matériels et humains.

### *Site d'implantation et organisation de la production*

Toutes ces contraintes conduisent à envisager de créer ou d'adapter des unités de production de taille suffisante pour justifier les investissements matériels et humains. Les équipements de pépinières doivent être soigneusement raisonnés. Il s'agit d'une part du site d'implantation et d'autre part de l'organisation des planches de production. L'alimentation en eau est cruciale. Une eau de qualité doit être disponible en permanence. La maîtrise de l'arrosage est un enjeu quotidien dont le pilotage repose de façon incontournable sur la présence permanente de personnes compétentes autonomes et disponibles. L'automatisation est possible et nécessaire, mais implique d'avoir en permanence des solutions de relais humains en cas d'incidents. Le pilotage de l'irrigation et de la fertilisation doit être adapté au couple « conteneur – substrat » et évolue en permanence en fonction du développement des plants. A l'évidence, ces unités de production doivent être situées si possible au centre de la région d'utilisation des plants, car la chaîne de qualité ne s'arrête pas à la sortie de pépinière! Les conditions de transport entre la pépinière et le chantier de plantation sont un maillon essentiel de cette chaîne. Un plant qui circule est un plant fragile et menacé. L'extraction des jeunes plants des conteneurs (tout en douceur et quelques secondes avant leur mise en terre, ce qui est loin d'être toujours le cas) est cruciale. Des manques dans le conditionnement des plants avant et pendant le transport peuvent ruiner tout le projet de reboisement. Il faut avoir des objectifs de temps limités à quelques heures (1 à 48 h) entre le moment où le plant est chargé en pépinière et celui où il est effectivement planté. Le transport des plants dans leur conteneur et la sortie de la motte à l'instant même de la plantation est la meilleure garantie de limiter les risques. Cela suppose une logistique soignée qui passe par des liens permanents entre le pépiniériste et le planteur.

### *Le facteur humain et la formation*

Il se dégage de tout ce qui précède une autre évidence : l'importance du facteur humain. Le pépiniériste doit être un professionnel compétent. Cela vaut pour l'ensemble des personnels de pépinière, mais surtout et avant tout, pour le chef de culture. Un chef de culture, originaire de la région, maîtrisant l'ensemble des enjeux et des techniques, autonome et présent en permanence (avec une stricte programmation de ses absences doublée de son remplacement par un adjoint compétent) est une condition *sine qua non* de réussite. C'est l'une des grandes leçons de plusieurs décennies d'amélioration et de progrès au sein de la filière des pépinières forestières mondiales, tant publiques que privées.

L'amélioration des itinéraires de production de plants d'arganier est l'une des conditions préalables à tout projet de restauration et de gestion durable de l'arganeraie. Cette amélioration des itinéraires consiste pour l'essentiel à la mise en œuvre de connaissances scientifiques et techniques connues et ayant fait leur preuve dans de multiples pays. Elle prend la forme d'une chaîne d'actions totalement dépendantes les unes des autres. La cohérence politique de l'ensemble est aussi importante que la qualité des investissements matériels et humains jusqu'au niveau le plus fin sur le terrain. Ce constat, parfois douloureux du fait des échecs initiaux de programmes de reboisements, a été fait maintes fois. L'implication forte, au moins initial des pouvoirs publics dans les projets d'amélioration de la filière pépinière est un autre point incontournable de succès pour autant qu'elle soit toujours en lien avec la mobilisation des acteurs de terrains.



Une autre leçon du passé est que l'investissement dans une espèce, ici l'arganier, est une capitalisation vertueuse très facile ensuite à adapter et à valoriser pour d'autres espèces forestières (*Ceratonia siliqua*, *Parthenium argentatum* en sous-étage de l'arganier, etc.), d'autres régions et d'autres enjeux (cèdre, chênes, thuya, pins). Il existe enfin une autre ressource, gratuite, illimitée mais terriblement efficace : la passion partagée pour l'arbre la forêt et son métier qui ouvre la porte aux échanges, aux collaborations et aux transferts des savoirs.



Photos de plants de qualité

## Recommandations

Une plantation en plein d'arganiers exige de 200 à 300 pieds par ha. L'ANDZOA envisage d'enrichir 25 000 ha par an d'ici 2020. On peut imaginer qu'il sera nécessaire de planter entre les arganiers adultes existants au moins 100 à 120 plants par ha. Si l'on prend en compte la mortalité naturelle et la sélection en pépinière, ainsi que 10% de regarnis, ce sont environ chaque année 3,5 à 4 millions d'arganiers qu'il faudra produire.

Dans ces conditions, il est conseillé de suivre les recommandations suivantes :

- recrutement de techniciens supérieurs – chefs de culture ;
- stages de formation au Maroc et en France ;
- récoltes (en lieu et place d'achats non contrôlés) de graines (boutures) de qualité ;
- production en hors sol « réel » (à 30 cm du sol ou à 1,3 m) en conteneurs rainurés ;
- détermination d'un substrat adéquat, standard et disponible au Maroc (porosité, cohérence) ;
- démarriage des semis multiples : une motte, un plant ;
- irrigation et fertilisation étudiées en fonction du substrat et du climat (saison) ;
- modification du calendrier des semis (équilibre entre systèmes racinaire et aérien) ;
- réécriture du cahier des charges (pépinière, transport, répartition, extraction des plants hors des conteneurs alvéolés, etc) ;
- plantation sans déformation (coup de pied, baïonnettes, crosses) ;
- récupération des conteneurs, entretien et mise à l'abri (hors UV).



## Références bibliographiques

- Bellefontaine R.** 2010. De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse* 2010, 21, 1, 42-53.
- Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuis O.** 2010. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304 2, 47-59.
- Echairs A., Nouaim R. , Chaussod R.** 2008. Intérêt de la mycorhization contrôlée pour la production de plants d'arganier (*Argania spinosa*) en conditions de pépinière. *Sécheresse* 2008, 4, 277-81.
- Falconnet G., Gruez J., Argillier CV.** 1990. *Etude d'un support de culture de plants forestiers Méditerranéens en conteneurs-Rapport de synthèse*. 1990, CEMAGREF, Aix en Provence.
- Guehl J.M., Falconnet G., Gruez G.J.** 1989. Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de *Cedrus atlantica* élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture. *Annales Sciences Forestières* 1989, 46, 1-14.
- Kenny L., Galiana A., Bellefontaine R.** 2009. *Projet UE/MEDA/ADS. Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale-Multiplication végétative et symbioses racinaires de l'arganier: Optimisation des agro-systèmes à base d'arganier*. Union européenne, Agence du développement social (Maroc) et Agropolis, 2009, Rapport final, 1-71.
- Lamond M., Tavakol R., Riedacker A.** 1983. Influence d'un blocage de l'extrémité du pivot d'un semis de chêne, sur la morphogenèse de son système racinaire. *Annales Sciences Forestières* 1983, 40, 3, 227-250.
- Lemaire F., Dartigues A., Rivière L-M.** 2003. *Cultures en pots et conteneurs, Principes agronomiques et applications*. Edition INRA, 2003, France.
- Riedacker A.** 1978. Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle : applications pour la conception de conteneurs. *Annales Sciences Forestières* 1978, 35, 1, 1-18.



# Optimisation des techniques de bouturage sous mist chez l'arganier

**Ferradous A<sup>1</sup>, Alifriqui M<sup>2</sup>., Bellefontaine R<sup>3</sup>.**

1 - Centre Régional de la Recherche Forestière de Marrakech, BP 12300 Ennakhil Ain Itti, 40000 Marrakech Maroc. [ferabder@yahoo.fr](mailto:ferabder@yahoo.fr) ;

2 - Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, Maroc [alifriqui@ucam.ac.ma](mailto:alifriqui@ucam.ac.ma)

3 - CIRAD-Bios Montpellier, [ronald.bellefontaine@cirad.fr](mailto:ronald.bellefontaine@cirad.fr)

## Résumé

Deux essais de bouturage sous mist en quatre blocs complets aléatoires et avec chacun 800 boutures herbacées juvéniles âgées de deux mois ont été menés au Centre de Recherche Forestière de Marrakech pendant la saison sèche et chaude (juillet 2010).

Dans le premier essai, quatre traitements hormonaux ont été comparés (témoin sans hormone ; solution liquide 4000 ppm d'AIB ; hormone en poudre 0,5% AIB ; hormone en poudre 1% AIB). Le pourcentage d'enracinement varie de 60 à 86%. Cependant, le traitement hormonal n'a pas eu d'effet significatif ( $p < 0,05\%$ ) sur le pourcentage d'enracinement. Le poids frais des racines, qui indique la qualité du système racinaire, est significativement plus important pour le traitement à 0,4% d'AIB. Dans le deuxième essai, quatre substrats sont utilisés : sable de rivière tamisé (témoin), compost + perlite (1 :1 – v/v), tourbe noire + perlite (v:v), et compost + tourbe + perlite (v:v:v). Le mélange compost + tourbe + perlite a donné le pourcentage moyen d'enracinement le plus élevé (72%), mais à cette saison, aucun substrat ne montre de réelles différences significatives au seuil de 5%.

Les pourcentages d'enracinement d'arbres adultes sont dépendants du génotype. Les boutures issues de rejets de deux ans montrent un pourcentage d'enracinement qui varie de 9 à 46%. Sont discutés également, les effets de l'environnement de bouturage, du type de bouture et de la période de bouturage.

**Mots clés** : Arganier, bouturage, mist, hormone, substrat.



## Introduction

Les peuplements naturels d'arganier vieillissants, connaissent une régression inquiétante accentuée par l'absence de régénération naturelle. Cette situation est la conséquence de la succession des années de sécheresse et de la législation spéciale appliquée aux forêts d'arganiers qui accorde aux populations locales des droits de jouissance très larges (M'Hirit *et al.* 1998, Nouaim *et al.* 2002 ; Alouani 2003).

Les essais de repeuplement entrepris par les services forestiers se heurtent à des difficultés d'ordre technique (la non maîtrise de l'itinéraire technique de reboisement pour cette espèce) et sociale (opposition des populations et non-respect des mises en défens).

Les efforts de recherches pour cette espèce doivent avoir pour souci d'accompagner les efforts des services forestiers dans le domaine de la reconstitution de l'écosystème arganeraie par l'apport de techniques capables d'améliorer les pourcentages de reprises des plants lors des opérations de reboisement. Parallèlement à cela, il faut satisfaire la demande sans cesse croissante en noix d'argan vue l'explosion des prix de l'huile d'argan et la multiplication des coopératives féminines (Alifriqui 2004 ; Nouaim 2005 ; Kenny 2007).

La multiplication par bouturage de certains arganiers sélectionnés pourrait constituer l'une des solutions aux problèmes d'échecs observés lors d'opérations de reboisement. L'exploitation de la grande variabilité génétique observée chez l'arganier pour la sélection et l'amélioration ouvre des horizons prometteurs pour la domestication de l'espèce (Ferradous 1995 ; Msanda 1993 ; El Mousadik 1997, Bani Aameur *et al.* 1997, Bellefontaine *et al.* 2010).

Plusieurs essais de bouturage ont été rapportés auparavant avec plus ou moins de réussite, mais tous avec des nombres de boutures très réduits (Kaaya 1998 ; Nouaim *et al.* 2002 ; Harrouni 2002 ; Alouani 2003).

L'objectif de cette étude est l'optimisation des paramètres responsables de l'enracinement des boutures d'arganier : l'environnement de bouturage, le type de bouture, le substrat, l'hormone et la période d'enracinement.

## Matériels et méthodes :

Plus d'une quinzaine d'essais de bouturage ont été réalisés. Plusieurs paramètres ont été étudiés :

### a) Le substrat de bouturage :

Les combinaisons de substrats essayées sont :

- 100% du sable de rivière tamisé (S) ;
- 1 volume (V) de S et 1V de cônes de pin broyés tamisés ;
- 1 V de S et 1 V de compost d'Acacia cyclops ;
- 1 V de S et 1 V de compost de station de semences non tamisé
- 1 V de S et 1 V de compost de station de semences tamisé
- Perlite pure
- perlite + compost à 50:50
- perlite + tourbe noire à 50:50





**b) Type de bouture :**

- Boutures ligneuses issues d'arbres adultes
- Boutures semi ligneuses issues d'arbres adultes
- Boutures semi ligneuses issues de rejet de souche de plants de deux ans
- Boutures juvéniles issues de plants de moins de 2 mois.

**c) Environnement de bouturage :**

L'aire de bouturage est formée d'une serre composée de quatre planches. L'humidité est maintenue par un système automatique de brumisation permettant le réglage de la fréquence et la période.

Les planches peuvent être ou non recouvertes de film plastique pour constituer un tunnel permettant de garder l'humidité. Quand les tunnels sont ouverts c'est un environnement en « open », quand ils sont recouverts c'est un environnement « confiné ».

A l'intérieur des tunnels, la brumisation peut être appliquée directement sur les boutures, c'est l'environnement « avec aspersion ». Quand seuls deux brumisateurs des deux bouts sont actionnés sans que les boutures soient aspergées, c'est l'environnement « sans aspersion ».

Plusieurs fréquences de brumisation ont été essayées.

**d) Traitement des boutures :**

- Les boutures sont ou non trempées à leurs bases dans de l'hormone AIB à 0,4%, 0,5% ou 1%.
- Les boutures ont subi ou non une entaille « slash » à leur base sur 1 cm environ.

Chronologiquement trois groupes d'essais ont été réalisés au fur et à mesure que certains paramètres sont maîtrisés :

- 1- Le premier groupe d'essais a concerné les boutures ligneuses tout venantes issues d'arbres adultes. Ces essais ont permis au début de maîtriser le fonctionnement des installations et le réglage des appareils. Les dates de ces essais sont : 18-19/12/2007, 18-19/01/2008, 30/01/2008, 10/04/2008 et 08/05/2008.
- 2- Le deuxième groupe d'essai nous a permis d'obtenir les premières boutures enracinées et la maîtrise de certains paramètres avec effet de la saison sur l'enracinement.
- 3- Le troisième groupe d'essais est réalisé avec un bon dispositif statistique en exploitant plusieurs paramètres biométriques des boutures enracinées. Il s'agit de deux essais : Dans le premier, quatre traitements hormonaux ont été comparés (témoin sans hormone ; solution liquide 4000 ppm d'AIB ; hormone en poudre 0,5% AIB ; hormone en poudre 1% AIB). Dans le deuxième, quatre substrats sont utilisés : sable de rivière tamisé (témoin), compost + perlite (1 :1 - v/v), tourbe noire + perlite (v:v), et compost + tourbe + perlite (v:v:v). En plus des pourcentages d'enracinement les paramètres suivants ont été analysés :
  - Nombre de racines adventices
  - Longueur de la racine principale la plus longue en cm
  - Longueur de la tige en cm
  - Poids frais de la tige en gramme
  - Poids frais de la chevelure racinaire en gramme



## Résultats

Les résultats seront présentés suivant les groupes d'essais décrits ci-dessous :

### 1. le premier groupe d'essais :

Les résultats d'une des tentatives de bouturage sont résumés dans le tableau 1. Sauf l'apparition sur certains bourgeons d'un début de débourrement, les boutures ligneuses et semi ligneuses récoltées sur les arbres adultes n'ont réagi à aucun traitement et le pourcentage d'enracinement est nul.

Les boutures d'arganier ne supportent pas un excès d'eau : Elles brunissent seulement au bout d'une semaine

**Tableau 1** : Résultats de l'un des essais du premier groupe

Date essai	Environnement	Type bouture	Substrat testé	boutures initiales	Pourcentage d'enracinement	
08/05/2008	Confiné	Ligneuses et semi ligneuses	100% du sable (S)	5X50=200	0,5	
			50:50 S et cônes de pin broyés tamisés	5X50=200	0	
			50:50 S et compost mixte tamisé	4X34=132	0	
			Open	100% du sable (S)	5X50=200	0
				50:50 S et cônes de pin broyés tamisés	5X50=200	0
				50:50 S et compost mixte tamisé	1X34=34	0



## 2. Deuxième groupe d'essais

Les boutures juvéniles issues de semis de moins de deux mois montrent plus d'aptitude à l'enracinement (Tableau 2). Sous confinement et sans aspersion, les pourcentages d'enracinement varient de 16 à 98% tout traitement confondus avec des boutures vigoureuses et un bon système racinaire (photo 1). Alors qu'en open les pourcentages oscillent entre 0 et 62%. Toutefois la partie aérienne des boutures est endommagée (photo 2).



**Photo 1 : Bouture élevées en confiné sans aspersion**



**Photo 2 : Bouture élevées en open**

L'enseignement qui peut être tiré de ces essais est que l'environnement en open est à éviter. Bien qu'on puisse obtenir des boutures enracinées celles-ci sont difficiles à acclimater étant donné que la partie aérienne est réduite.

Pour comparer les types de bouture et la saison, deux essais ont été réalisés. L'un concerne les boutures juvéniles issues de semis de six semaines et l'autre concerne des boutures issues de rejet de semis de deux ans. Pour chacun des essais les mêmes traitements ont été appliqués aux boutures à deux périodes différentes.

D'après le tableau 3, les deux substrats organiques tourbe + perlite et compost + perlite ont donné des pourcentages d'enracinement très élevés, proche du 100%, et ceci indifféremment du traitement à l'hormone et pour les deux saisons. Le sable tamisé seul donne des pourcentages moins élevés de 57% et 46% pour les deux essais respectifs avec hormone et de 35 et 19% pour le traitement sans hormone. On ne remarque pas de différences saisonnières pour les différents traitements.

Les essais avec les boutures issus de rejet de semis de deux ans (tableau 4 et photo 4) ont donné dans l'ensemble des pourcentages d'enracinement moins importants pour les deux saisons. Pour le traitement avec hormone les pourcentages d'enracinement sont pour l'essai du mois 10 de 46,30%, 37,04% et 33,33% pour respectivement les substrats à base de tourbe, de perlite et du sable. Et pour les mêmes essais en fin du mois 12 on a des pourcentages d'enracinement moins importants (38,89%, 33,33% et 24,07%).



**Tableau 2** : résultats d'enracinement de boutures juvéniles issues de semis

Environnement	Type bouture	Date essai	Substrat	Hormone	Brumisation	boutures initiales	Pourcentage d'enracinement
Confiné sans aspersion	Juvenile	27/5/08	Sable + Compost	Liquide à 0,4%	15s/90min	50	28%
Confiné sans aspersion	Juvenile	27/5/08	Sable	Liquide à 0,4%	15s/90min	50	30%
Confiné sans aspersion	Juvenile	20/6/08	Perlite + compost	Liquide à 0,4%	15s/90min	50	98%
Confiné sans aspersion	Juvenile	20/6/08	Perlite + compost	Poudre à 0,5%	15s/90min	50	44%
Confiné sans aspersion	Juvenile	31/07/08	Perlite + compost	Sans Hormone	15s/90min	50	16%
Confiné sans aspersion	Juvenile	31/7/08	Perlite + compost	0,4% Hormone	15s/90min	50	24%
Confiné sans aspersion	Juvenile	31/7/08	Perlite + tourbe	0,4% Hormone	15s/90min	50	80%
Open	Juvenile	27/5/08	Sable + Compost	Liquide à 0,4%	5s/2min	50	0%
Open	Juvenile	27/5/08	Sable	Liquide à 0,4%	5s/2min	50	0%
Open	Juvenile	13/10/08	Sable	Liquide à 0,4%	10s/15min	54	33,33%
Open	Juvenile	13/10/08	Sable	Sans Hormone	10s/15min	54	62,96%
Confiné avec aspersion	Juvenile	31/07/08	Perlite + compost	Sans Hormone	15s/90min	50	6%
Confiné avec aspersion	Juvenile	31/07/08	Perlite + compost	0,4% Hormone	15s/90min	50	10%
Confiné avec aspersion	Juvenile	13/10/08	Sable	Liquide à 0,4%	10s/15min	54	57,41%
Confiné avec aspersion	Juvenile	13/10/08	Sable	Sans Hormone	10s/15min	54	35,19%

**Tableau 3** : Essais répétés dans le temps avec des boutures de semis

Conditions de bouturage				Boutures enracinées			
Boutures issues de semis âgés de six semaines (Se)	Substrat	Avec ou sans hormone liquide	Nombre de boutures initiales	Essai du 13-10-2008		Essai du 15-04-2009	
				Nombre de boutures enracinées	% d'enracinement	Nombre de boutures enracinées	% d'enracinement
Se	Perlite + tourbe	Avec	54	54	100%	53	98%
Se	Perlite + tourbe	Sans	54	53	98%	53	98%
Se	Perlite + compost	Avec	54	53	98%	29	54%
Se	Perlite + compost	Sans	54	50	93%	53	98%
Se	Sable tamisé	Avec	54	31	57%	25	46%
Se	Sable tamisé	Sans	54	19	35%	10	19%



Pour le traitement sans hormones les pourcentages d'enracinement sont relativement réduits par rapport au traitement avec hormone (Tableau 4). La saison semble également avoir une influence sur le taux d'enracinement étant donné que pour les mêmes traitements, les essais de fin du mois 12 ont donné des pourcentages d'enracinement moins importants.

D'après ces deux expériences on peut déduire que les boutures juvéniles s'enracinent beaucoup mieux que les boutures issues de rejet de semis et que les boutures issues de rejets de semis sont plus sensibles au changement des paramètres de bouturage : Substrat, hormone et saison.



Photo3 : Boutures de rejets enracinées

**Tableau 4** : Essais répétés dans le temps avec des boutures issues de rejets de semis

Conditions de bouturage				Boutures enracinées			
Boutures issues de rejets de semis de deux ans (Rj)	Substrat	Avec ou sans hormone liquide	Nombre de boutures INITIALES	Essai du 6 et 8-10-2008		Essai du 25/12/2008	
				Nombre de boutures enracinées	% d'enracinement	Nombre de boutures enracinées	% d'enracinement
Rj	Perlite + tourbe	Avec	54	25	46,30%	21	38,89%
Rj	Perlite + tourbe	Sans	54	21	38,89%	12	22,22%
Rj	Perlite + compost	Avec	54	20	37,04%	18	33,33%
Rj	Perlite + compost	Sans	54	6	11,11%	5	9,26%
Rj	Sable tamisé	Avec	54	18	33,33%	13	24,07%
Rj	Sable tamisé	Sans	54	9	16,67%	4	7,41%

### 3 - Troisième groupe d'essais

Après dix semaines, le pourcentage moyen d'enracinement des boutures pour l'essai hormonal est de 64,9%. Bien qu'il existe des différences entre les différents traitements (60 ; 85,5 ; 81 et 60% respectivement pour les traitements à 0 ; 0,4 ; 0,5 et 1% d'AIB, ces différences ne sont pas significatives (Tableau 5). Le traitement hormonal à 0.4% d'AIB a montré les meilleures performances pour tous les caractères étudiés avec un effet significatif surtout pour le poids frais des racines qui indique la qualité du système racinaire.

L'essai de comparaison des substrats révèle un pourcentage d'enracinement moyen de 57% (tableau6). Il oscille entre 46% pour le mélange compost + perlite et 72% pour la combinaison de compost, tourbe et perlite. Le nombre de racines adventices, la longueur de la tige, les poids frais des racines et des tiges n'ont pas montré de différences significatives entre les différents substrats. Ceci montre que tous les substrats qu'on a essayés sont satisfaisants pour obtenir un bon enracinement des boutures.



**Tableau 5 :** Taux d'enracinement, nombre de racines adventives, longueur de la racine principale, longueur de la tige et poids frais des racines et de la tige des boutures juvéniles d'arganier en fonction du traitement hormonal à l'AIB.

Hormone	Taux d'enracinement (%) (après 16 semaines)	Nombre de racines (après 37 semaines)	Longueur de la racine principale (après 37 semaines)	Longueur de la tige (après 37 semaines)	Poids frais des racines (après 37 semaines)	Poids frais de la tige (après 37 semaines)
Sans	0,60+/-0,37a	7,13+/-3,52a	5,44+/-2,48	11,34+/-1,96	0,39+/-,27ab	1,05+/-0,35
0,4%	0,86+/-0,39a	5,31+/-2,92a	7,84+/-2,67	14,03+/-3,38	0,51+/-0,20a	1,25+/-0,40
0,5% poudre	0,81+/-0,14a	8,6+/-4,19a	6,78+/-3,05	12,97+/-3,00	0,41+/-0,26a	0,93+/-0,30
1% poudre	0,60+/-0,18a	6,54+/-4,41a	5,85+/-2,84	13,38+/-2,58	0,23+/-0,12b	1,05+/-0,26
Moyenne	0,65 +/-0,28	6,90+/-4,60	6,51+/-2,86	12,91+/-2,9	0,39+/-0,24	1,07+/-0,35

**Tableau 6 :** Pourcentage d'enracinement, nombre de racines, longueur de la racine principale, longueur de la tige et poids frais des racines et de la tige en fonction des substrats

Substrats	Taux d'enracinement moyen (après 16 semaines)	NR Nombre moyen de racines (après 37 semaines)	LRP Longueur moyenne de la plus grande racine (après 37 semaines)	LAPD Longueur d'axe principal dominant (après 37 semaines)	Poids frais des racines après 37 semaines)	Poids frais de la tige
Sable demise	0,580+/- 0,15a	5,63+/-4,43a	5,61+/-3,95a	10,88+/-2,96a	0,26+/-0,2a	1,33+/-2,05a
Compost + Perlite	0,460+/- 0,11a	4,94+/-1,91	5,22+/-3,06a	11,66+/-3,24a	0,41+/-0,28a	1,00+/-0,52a
Tourbe + Perlite	0,5450+/-0,31a	6,75+/-3,96a	6,47+/-4,04a	10,22+/-2,18a	0,41+/-0,24a	0,9+/-0,26a
Compost + Tourbe + Perlite	0,7200+/-0,08a	5,13+/-3,01	6,19+/-3,36a	11,19+/-2,31a	0,34+/-0,22a	1,11+/-0,53a
Total? MOYENNE?	0,5738a	5,62+/-3,65	5,87+/-3,57	10,98+/-2,7	0,35+/-0,24	1,08+/-1,09



## Discussion

Les pourcentages d'enracinement obtenus pour les boutures juvéniles dépassent ceux obtenues par d'autres auteurs pour la même espèce et pour d'autres types de boutures (boutures ligneuse et semi ligneuse prélevées sur des arbres adultes ou boutures semi-ligneuses issues de rejets âgés) (Kaaya 1998 ; Harrouni 2002 ; Alouani 2003 ; Nouaim 2007).

Pour les arbres adultes, la position de la bouture prélevée est déterminante dans la réussite de l'enracinement. Chez l'arganier, les boutures de rejets de souches s'enracinent mieux que ceux prélevées en haut de l'arbre. Les boutures de jeunes pousses de clématites s'enracinent mieux que les boutures de tige indépendamment du type de substrat essayé : perlite, tourbe-perlite et sable-perlite (Kreen et al. 2002).

Les substrats utilisés dans notre étude étaient choisis pour leurs bonnes caractéristiques physiques (porosité, densité). Ceci a été vérifié par les taux d'enracinement qui étaient indépendants du type de substrat. Un résultat semblable est obtenu pour le jojoba (Prat et al. 1998) puisqu'une étude factorielle incluant cinq substrats et cinq clones a montré que l'enracinement est lié au clone, indépendamment du type du substrat.

Des essais de bouturage d'arganier ont montré qu'un trempage pendant cinq secondes dans de l'AIB à 500 ou 1000 ppm améliorerait la néoformation de radicules (Harrouni 2002). Dans notre cas, l'enracinement des boutures juvéniles est indépendant du traitement hormonal, par contre les boutures issues de rejets sont mieux enracinées après traitement à 4000ppm d'AIB. Comparativement, deux provenances de myrtilles ont montré des comportements différents vis-à-vis du traitement à l'AIB. Les boutures de la première provenance se sont enracinées à 37,5% après traitement à 1000 ppm d'AIB alors que l'autre provenance a montré un taux d'enracinement supérieur à 85,5% quelle que soit la concentration d'AIB appliquée (Fisher et al 2008).

## Références bibliographique

- Alifriqui M.** L'écosystème de l'arganier. Paris : PNUD - Programme des Nations Unies pour le Développement, 2004.
- Alouani M.** 2003. Régénération de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) protocole de production de plants de semis et par bouturage et réussite de la transplantation. Agadir : Thèse Université Ibn Zohr, Fac. Sc.
- Bani Aameur F., Ferradous A., Dupuis P.** 1999. Typology of Fruits and Stones of *Argania spinosa* (Sapotaceae). *Forest Genetics*, Vol. 6, No. 4,
- Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuis O.,** 2010. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 304 (2) : 47-59.
- El Mousadik A.** 1977. Organisation de la variabilité génétique de l'arganier : *Argania spinosa* L. Skeels. Apport des marqueurs nucléaires et cytoplasmiques. Thèse Doct. d'Etat. Univ Ibn Zohr Agadir, 119 p.
- Ferradous A.** 1995. Diversité génétique de quelques caractères du fruit et de la graine d'*argania spinosa* (L.) Skeels. Thèse de Diplôme des études supérieures de 3ème cycle. Faculté des Sciences Université Ibnou Zohr Agadir, 199 p.



- Fisher L., J. Fachinello, L. Antunes, C.Timm, C.GIacobbo** 2008. Enraizamento de estacas semilenhosa de mirtilo sob o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 557-559.
- Harrouni MC** 2002. Multiplication de l'arganier par bouturage. *Bull Mens d'Info et Liaison du PNTTA* (Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, Rabat 2002 ; 95 : 2-4.
- Kaaya M** 1998. Contribution à la domestication de l'arganier : sélection et multiplication. Agadir : Thèse Fac Sc, Univ Ibn Zohr, 1998.
- Kenny L** 2007. Atlas de l'arganier et de l'arganeraie. Agadir : Institut Agronomique et Vétérinaire.
- Kreen, S., M. Svensson and K. Rumpunen.** 2002. Rooting of Clematis microshoots and stem cuttings in different substrates. *Sci. Hort.*96:351-357.
- Msanda (F.)** 1993. Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas Occidental, Maroc) et contribution à l'étude de la génétique de l'arganier. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- M'hirit O, Benzyane M, Benchekroun F, El Yousfi SM, Bendaanoun M** 1998. L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Sprimont (Belgique) : Mardaga,.
- Nouaim R** 2005. L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités. Paris : L'Harmattan.
- Nouaim R, Mangin G, Breuil MC, Chaussod R** 2002. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, cuttings and in-vitro techniques. *Agrofor Syst* 2002 ; 54 (1) : 71-81.
- Prat Loreto, Claudia Botti, David Palzkillb** 1998. Rooting of jojoba cuttings: the effect of clone, substrate composition and temperature. *Industrial Crops and Products*; Volume 9, Issue 1, November 1998, Pages 47-52





# Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle

**BELLEFONTAINE R.<sup>1</sup>, FERRADOUS A.<sup>2</sup>, ALIFRIQUI M.<sup>3</sup>, FIKARI O.<sup>2</sup>,  
EL MERCHT S.<sup>2</sup>**

1 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, ronald.bellefontaine@cirad.fr

2 - CRRF Marrakech, Marrakech

3 - Université Caddi Ayyad, Fac. Sc. Semlalia, Labo. Ecologie Environn<sup>t</sup>, 4 000 Marrakech.

## Résumé

L'objectif principal de ce projet était la mise au point de méthodes relativement simples et peu coûteuses de multiplication végétative d'arganiers, afin de mobiliser *ex situ* un échantillon de 14 génotypes (âgés de 200 à 400 ans) dans un parc à clones (au Centre Régional de Recherche Forestière à Marrakech). Au préalable, des essais de bouturage ont été effectués sur des semis, puis sur les ramets prélevés sur ces 14 têtes de clone. Les résultats présentés ici synthétisent très brièvement nos essais sur plus de 10 000 boutures et près de 1 000 greffes sous brumisation artificielle. De plus, pour mobiliser les têtes de clone récalcitrantes au greffage et bouturage, environ 220 marcottes aériennes ont été posées avec un taux de réussite très satisfaisant en 2009 et 2010. Les acquis pour le Maroc sont résumés et certains échecs permettent de présenter des recommandations pour la 2<sup>ème</sup> phase du projet.

**Mots clés** : bouturage ; marcottage ; parc à clones ; multiplication végétative ; ortet ; ramet.

## Summary

The main aim of this project was the development of the relatively simple and inexpensive methods of vegetative propagation of argan trees, in order to mobilize *ex situ* a sample of 14 genotypes (old from 200 to 400 years) in a clonal park (at the Regional Center of Forestry Research in Marrakech). As a preliminary, tests of propagation by cutting were carried out on sowings, then on the ramets taken on these 14 "plus trees". The results presented here synthesize very briefly our tests on more than 10,000 cuttings and nearly 1,000 grafting made under artificial mist system. Moreover, to mobilize the recalcitrant genotypes to the grafting and to cutting, approximately 220 air layers were achieved with a success rate very satisfying in 2009 and 2010. The interests for Morocco are summarized and certain failures make it possible to present recommendations for the 2<sup>nd</sup> phase of the project.

**Keywords**: cutting; air layer; clonal park; vegetative propagation; ortet; ramet.



## Introduction et objectifs

Dans les zones semi-arides du Maroc, le Ministère a tourné la page de la céréaliculture au profit de l'arboriculture. C'est dans ce cadre qu'a travaillé le Projet «Production de plants clonés d'arganiers» de juillet 2007 à décembre 2010, prolongé d'un an. Le projet s'est achevé le 31 décembre 2011. Il a été financé principalement par un don privé que M. John GOELET a mis à la disposition du CIRAD<sup>1</sup>, CRRF<sup>2</sup> et AAMHNM<sup>3</sup>. Des financements complémentaires provenaient du CIRAD et du CRRF. Pour M. GOELET, les principaux bénéficiaires devaient être les populations locales, notamment les femmes, et les chercheurs et utilisateurs marocains. Son don était totalement désintéressé. Le rôle du CIRAD consistait à coordonner l'ensemble des activités de recherche et à apporter par mails et par de brèves missions de suivi, une expertise scientifique et technique afin de déterminer l'itinéraire technique le plus adapté. Après 4 mois de mise en route, des essais de greffage et de bouturage ont été menés dans la pépinière du CRRF de décembre 2007 à juillet 2010. Les essais de marcottage aérien ont eu lieu en octobre 2009, et encore en 2010.

Le but général est d'améliorer la qualité de l'arganeraie par la production de plants sélectionnés et multipliés en masse (clones) au moyen des techniques de clonage les plus adaptées, car les semis restent extrêmement hétérogènes et les taux de réussite des plantations très faibles. La création de vergers multi-clonaux était envisagée dans une 2<sup>ème</sup> phase afin de produire des graines améliorées (Bellefontaine *et al.* 2010). L'objectif principal était la mise au point d'un itinéraire technique pour mobiliser *ex situ*, au CRRF, un échantillon d'arganiers âgés (14 arbres\* sélectionnés par la population) afin de pouvoir à l'avenir les multiplier par voie végétative. L'idéal serait bien entendu de sélectionner comme tête de clones (TC)<sup>4</sup> les individus satisfaisant au mieux à l'ensemble des critères applicables à l'arganier (Bellefontaine 2010). Cet objectif passe nécessairement par une phase transitoire d'essais sur du matériel végétal «tout venant (TV)<sup>5</sup>» et jeune, répétés à différentes périodes de l'année pour mieux cerner le stade physiologique optimal, en fonction des conditions environnementales.

## Infrastructures, matériel, sites, choix des têtes de clone

En 2007, le CRRF disposait en pépinière d'installations sommaires de bouturage avec une bonne qualité et pression de l'eau et de grandes quantités d'arganiers TV à différents stades de développement. Grâce à M. GOELET, l'achat d'une superstructure légère recouverte d'une ombrière assurant 60% d'opacité a permis d'abriter sous cette « serre » les 4 banquettes maçonnées de 10 m<sup>2</sup> chacune, avec socle grillagé surélevé à 30 cm au-dessus du sol (hors sol), et un «*mist system*» à automatismes programmables de très bonne qualité diffusant de très fines gouttelettes d'eau. Le *mist system* à 4 voies permet de contrôler la brumisation (nébulisation) de chacune des 4 banquettes séparément, avec brumisation plus importante durant la phase d'enracinement que pendant la phase ultérieure de sevrage. On peut régler la plage de fonctionnement (le jour ou la nuit), augmenter les pulvérisations tant en durée (5-30 sec) qu'en fréquence (5-60 min). Ce *mist* a été monté avec succès fin 2007. Les boutures et plants greffés sont placés directement sous ce *mist* (ambiance «ouverte») ou protégées par un tunnel sous film de plastique translucide avec un brumisateur à chaque extrémité (ambiance confinée), refroidi en été par 5 brumisateurs extérieurs.

1 - CIRAD : Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France.

2 - CRRF : Centre Régional de Recherche Forestière à Marrakech

3 - AAMHNM : Association des Amis du Musée d'Histoire Naturelle de Marrakech.

4 - TC : « tête de clone » (ou arbre +), ortet sur lequel on a prélevé des pousses (ramets, greffons) et on a posé des marcottes aériennes ont été posées, puis sevrées.

5 - TV: Les semis ou plants « tout venant » proviennent d'une récolte de graines issues de fécondation croisée, sans distinction des descendance (de père et mère inconnus).



Pour l'hiver, l'aire est recouverte d'un film thermique peu translucide. En saison sèche et chaude, seule l'ombrière est maintenue. Le CRRF disposait dès lors d'infrastructures favorables pour tester le bouturage et le greffage de l'arganier.

Quant au choix des meilleurs arganiers à cloner, l'avis des exploitants locaux a été privilégié pour choisir 14 génotypes au sein de 3 terroirs distants de plusieurs dizaines de km : Aouidjou (Bigoudine), Imi-n-Tlit (Tamounte) et Douar Sihb (Biougra). Leur âge est inconnu, mais par extrapolation (Boudy 1950), on peut l'estimer à 200 – 300 ans (400 ans ou plus pour les TC 1 et 7). A Aouidjou, 8 TC (variété «Amrag») ont été choisies, car présentant un rendement élevé en noix et une amande se décortiquant aisément. Ces TC produisent de gros fruits (de bonne qualité) toutes les années suffisamment pluvieuses. A Imi n'Tlit, 5 TC ont la même particularité (variété appelée ici «Tamrkhout»), dont certaines produisent des fruits bien avant les autres, au moment où l'offre est faible et le prix de l'huile plus élevé («variété Tamnzout»). Une variété Tamrkhout porte un deuxième nom, «Tablouht», car la pulpe sèche en 2-3 morceaux et peut être conservée plus d'un an (réserves alimentaires pour le bétail en cas de disette). Les TC 9 à 13 sont toutes de la variété Tamrkhout et de plus, les TC 10 et 11 sont précoces (Tamnzout) ; la 13 est Tamrkhout et Tablouht. A 30 km d'Agadir (Biougra - Douar Sihb), un arganier présente des propriétés phénologiques remarquables (TC n°14 choisi en 2009) : arbre pleureur, inerme, « remontant » (à deux fructifications/an<sup>6</sup>), coques fines. Chaque TC a été photographiée, géo-localisée par GPS et identifiée par un numéro peint sur deux faces du tronc. Un plan de situation a été réalisé.

## Méthodologies

Pour chaque technique ci-dessous, il est indispensable de choisir des TC monocauls (car un fruit avec coque peut donner 2 à 4 plants génétiquement différents) et de bien distinguer par une lettre les greffons et boutures de chaque TC qui proviennent de la base du tronc (rejets R, drageons D), de gourmands sur le tronc (G) ou de branches (B) ; ces « suppléants » (R, D, G) seront protégés par un grillage contre les chèvres. Les ramets doivent être prélevés le plus près possible de la souche, car plus réactifs. Durant le transport, il convient de réduire au maximum les stress hydriques et de bien arroser le substrat juste avant la mobilisation au CRRF.

## Greffage

Le but de ces essais est d'observer les réponses des divers types de greffes effectuées à différentes saisons. La condition primordiale de réussite du greffage est d'effectuer les récoltes de greffons quand l'arbre est physiologiquement en repos végétatif, alors que le porte-greffe lui doit être « en sève », en plus forte activité physiologique que le greffon. Les greffes seront maintenues sous nébulisation jusqu'à la formation d'une bonne soudure tissulaire et le point de greffe sera marqué de façon bien visible (anneau peint sous le point de greffe). En général, le greffage « en fente terminale en tête » a été effectué, mais il y a eu aussi des greffes en écusson en octobre 2009, car l'écorce se décollait sans difficulté (Bellefontaine *et al.* 2012a). Plus de 120 ramets de cinq TC récoltés le 28/5/2008 à Imi-n-Tlit ont été greffés sur des plants d'octobre 2006 (âgés de 20 mois et conservés au CRRF en sac de polyéthylène avec fond). La moitié des plants greffés a été placée sous *mist* sous ambiance ouverte, l'autre sous confinement.

6 - Fin février 2009, de très nombreuses fleurs étaient en train d'éclore ; selon le propriétaire, après fécondation, elles produiront en 6-7 mois des fruits mûrs (câd en août 2009, s'il y a du chergui ; s'il n'y en a pas, les fruits seront récoltés en novembre, soit 9 mois après la floraison). En février 2009, il y avait également des fruits verdâtres d'1 à 3 cm de diamètre qui seront mûrs en avril-mai, soit 13-14 mois après leur floraison de mars-avril 2008. Ces fruits de moins d'1 cm fin 2008 sont restés sur l'arbre tout l'automne et l'hiver 2008-09 sans grossir. Cette TC produit donc des fruits à 2 (ou plus ?) moments de l'année.



Une 2<sup>ème</sup> récolte de greffons a été réalisée le 29/7/2008 à Aouidjou (TC en repos végétatif). Une 3<sup>ème</sup> récolte a été effectuée le 7/10/2008 à Aouidjou et Imi-n-Tlit (seules les TC 4, 6, 8 semblaient encore en repos végétatif) et 268 greffes en fente terminale ont été effectuées le 8 sur des porte-greffes TV âgés 2 à 3 ans (élevés en sachets - racines en chignon -) à raison de 20-22 greffes pour chacune des TC. Une 4<sup>ème</sup> récolte de greffons, les 25-26/02/2009, a permis de réaliser 315 greffes (20-25 ramets par TC) en fente terminale sur des porte-greffes issus de semis TV, âgés de 1 à 3 ans (les plants d'1 an, peu vigoureux, avaient souffert du froid et étaient en repos végétatif ; ceux de 3 ans provenaient de recyclage des porte-greffes des essais de greffage infructueux précédents ; les greffons étaient eux aussi également très hétérogènes sur le plan de l'activité physiologique). Bien que la saison ne s'y prête pas (t° nocturnes encore basses), les greffes ont été placées en ambiance confinée pour 2-3 mois. Lors de la 5<sup>ème</sup> récolte des 6-7/10/2009, 225 nouvelles greffes des TC 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12 et 13 ont été réalisées, dont 26 en écusson pour la TC 14 dont l'écorce se décollait sans difficulté. Enfin, une 6<sup>ème</sup> récolte a eu lieu les 26-27/4/2010, mais tous les greffons ont dû être jetés, suite à un mode de conservation inadéquate<sup>7</sup> durant la nuit précédant le greffage. Les greffes réussies ont été installées, après un sevrage progressif, sous ombrage avec un seul arrosage par jour.

## Bouturage

Afin de réduire les prélèvements de ramets sur les 14 TC appartenant à des ayants-droit, les essais de bouturage ont débuté avec du matériel TV, prélevé soit sur de très jeunes semis (quelques semaines), soit sur des rejets (semis de moins d'un an, étêtés), soit sur des rejets de 1 à 3 ans. Les deux premiers essais (19/12/2007 ; 19/1/2008), avec respectivement 1000 boutures terminales semi-lignifiées (4 répétitions) et 1088 boutures bien lignifiées (32 boutures par répétition), essentiellement de nœuds, provenant de 17 arganiers TV de 5 ans de Bou Naga, visaient d'abord à tester les installations du « *mist system* », tout en comparant 5 substrats de bouturage différents et l'ambiance de bouturage (confinement comparé à *open*). Ensuite, de mars 2008 au 21/7/2010, de très nombreux essais de bouturage herbacé TV, avec de temps à autre des essais de boutures TC, ont été installés. Il serait fastidieux de les détailler ici.

En mai 2008, une mission du CIRAD<sup>8</sup> a permis de montrer la procédure à suivre (Bellefontaine *et al.* 2012-a ; annexe 1) que ce soit pour les ramets prélevés sur TC (ou sur semis TV) : récolte<sup>9</sup> sur les TC et conditionnement pour le transport en boîtes frigorifiques jusqu'à Marrakech (ou sur des jeunes plants en pépinière), habillage des boutures (8-10 cm et environ 3-5 mm de diamètre) en enlevant feuilles et épines sur 3 à 4 cm à la base, préparation des substrats, traitements, dispositifs avec répétitions. Les boutures TV avaient été prélevées ½ heure avant leur installation et mises dans une bassine d'eau additionnée de fongicide. Juste avant leur mise en place dans le substrat, une entaille superficielle de l'écorce (« *slash* ») est pratiquée à la base. Puis, elles sont successivement traitées avec une solution rhizogène titrant 0,4%<sup>10</sup> par trempage basal instantané (1 sec), placées dans un trou, en tassant légèrement le substrat de bouturage sous les deux ambiances précitées, le tout en hors sol. Un brumisateur à chaque extrémité du tunnel assure une atmosphère saturée en eau.

Pour mettre au point un itinéraire technique aisément reproductible par des pépiniéristes privés marocains, avec les ressources régionales (ou importées à peu de frais), il était indispensable de tester divers paramètres.

7- Bellefontaine R. Projet « Production de plants clonés d'arganier » : rapport de la mission effectuée du 25 au 30 avril 2010 au Maroc. CIRAD (Montpellier), CRF (Rabat) CRRF et AAMHNM (Marrakech), 2010, 30 p.

8 - Bellefontaine R. et Monteouis O. Rapport de mission d'appui au Maroc pour le clonage d'arganiers (26 au 30 mai 2008). CIRAD (Montpellier), CRF (Rabat), CRRF et AAMHNM (Marrakech), 2008, 30 p.

9- Les boutures avec épine terminale ont toujours été écartées.

10- A stocker au froid (+ 4° C) et à l'obscurité (par exemple sous papier aluminium).



Ont ainsi été étudiés : divers substrats et conteneurs, deux ambiances de bouturage, l'âge des ramets prélevés, l'effet de la défoliation manuelle de la base de la bouture associé à un *slash*, l'impact des hormones, le choix de la saison, les durées et fréquence de la brumisation en fonction des saisons et du substrat (annexe 1). Autant que faire se peut, pour chaque traitement, il y avait au minimum 30 à 50 ramets TV (20-25 pour les TC). En 2009, certains dispositifs ont été répétés presque à l'identique à quelques mois près pour essayer de mettre en évidence l'effet de la saison (température, lumière), mais toujours avec des facteurs non contrôlés (semis TV, réserves endogènes variables). En 2010, les 4 blocs complets randomisés à 4 répétitions (50 boutures TV/répétition) incluaient toujours 1 témoin.

## Marcottage aérien

Fin 2008, toutes les TC n'étant pas mobilisées, un 1<sup>er</sup> essai prospectif de marcottage aérien a été mis en place en novembre 2008. En fonction des résultats acquis ailleurs (Meunier *et al.*, 2006 et 2008 ; Ricez 2008 ; Kenny *et al.* 2009), un seul substrat performant (la sphaigne) a été employé. Cet essai préliminaire étant positif, 41 marcottes aériennes ont été posées les 4-5/10/2009 sur les TC à Aouidjou et Imi-n-Tlit (Bellefontaine *et al.* 2012-b). Le 28/4/2010, un contrôle rapide nous a permis d'apercevoir de jeunes racines adventives dans la sphaigne. La température étant trop élevée, elles n'ont été sevrées et transportées au CRRF que le 11/2/2011, et celles d'Imi-n-Tlit en mars 2011. Sauf celles dont l'annélation n'avait pas été complète et celles détruites par des animaux, la plupart avaient des racines puissantes<sup>11</sup>. C'est pourquoi, 144 marcottes (sur les TC 1 à 13) ont été réalisées en mars 2011 par le CRRF.

## Plantations comparatives (semis et boutures)

Le comportement « au champ » des plants TV produits par bouturage a été comparé à des semis TV de mêmes conditions de développement, élevés dans des conteneurs rainurés semblables (Ferradous *et al.* 2012). En effet, les systèmes racinaires sont morphologiquement différents selon leur origine : de type adventif avec plusieurs pivots très ramifiés pour les boutures, mais avec un pivot unique généralement peu ramifié pour les semis (photos 1 et 2). Quatre essais comparatifs, réalisés pour la première fois au Maroc, entre des semis et des boutures TV, ont été installés durant l'hiver 2009-2010 afin d'observer leur comportement (survie, rapidité de croissance, architecture aérienne et racinaire, etc.) à Biougra, Had Belfa, Aouidjou, Sidi Jabber, soit au total, 394 boutures TV comparées à 350 semis TV. Les écartements de 10x10 m, prévus par le HCEFLCD, ont été réduits pour ces essais à 4x4 m. Un dispositif mono-arbre (un semis, une bouture, alternativement) avec minimum 100 boutures et 100 semis par site d'essai, protégés des dégâts causés par les herbivores, avait été conseillé (plan fourni dans le rapport de mission de février 2009<sup>12</sup>). Ce plan n'a pas été respecté et les essais sont constitués de lignes incomplètes alternant 10-15 boutures et semis. Une quinzaine de regarnis (avec des boutures ou des semis TV conservés à cette fin) ont été effectués 2 semaines après la plantation initiale à Biougra et Aouidjou (et leurs emplacements distingués sur le plan de la parcelle). Un inventaire de la hauteur de chaque plant et un arrosage individuel ont été réalisés immédiatement après la plantation. Au cours de la saison sèche, en principe, 2 arrosages ont été assurés. A Biougra, sur sol plat sableux, 116 boutures et 100 semis, de tailles légèrement différentes, âgés de 5 mois, ont été plantés le 18/1/2010 dans des trous de 0,5 m.

11- Bellefontaine R. Projet « Production de plants clonés d'arganier » : rapport de la mission effectuée du 20 au 23 juillet 2010 au Maroc. CIRAD (Montpellier), CRF (Rabat) CRRF et AAMHNM (Marrakech), 2010, 37 p.

12 - Monteuis O., Bellefontaine R. Rapport de la mission effectuée du 22 au 27 février 2009 au Maroc. CIRAD (Montpellier), CRF (Rabat), CRRF et AAMHNM (Marrakech), 2009, 34 p.



## Résultats

### *Greffage*

De mai 2008 à octobre 2009, ce sont 919 greffons des TC qui ont été greffés dans la pépinière du CRRF, sans compter les essais «non officialisés». Le greffage sous *mist* à l'air libre (ambiance *open*) a été un échec, mais le taux de réussite sous confinement et *mist* apparaît globalement très faible, au vu des nombreuses greffes effectuées pour chaque clone à différentes périodes de l'année. Les conditions climatiques de Marrakech sont plus rigoureuses que celles de la zone naturelle de l'arganier, induisant un net décalage physiologique entre les greffons et les porte-greffes, ce qui pourrait expliquer les échecs, dus aussi à l'hétérogénéité des porte-greffes disponibles. Les essais du 30/7/2008 (en repos végétatif) des seules TC d'Aouidjou semblent avoir un peu mieux réussis que ceux de fin mai 2008 qui ont souffert du décalage physiologique et des fortes t°. Le 24/2/2009, seules une dizaine de greffes d'octobre 2008 (greffons en sève !) avaient réussi. Le constat d'octobre 2009 pour les greffes réalisées en février est peu favorable. Entre décembre et avril, il est très difficile d'obtenir de fort taux de réussite à Marrakech, car les porte-greffes ne sont pas suffisamment réactifs (en sève) par rapport aux greffons et de mars à juillet, les arganiers sont en fleurs et/ou en fruits. On peut provisoirement retenir de tous ces essais que sous *mist* à Marrakech, les mois de juillet, (mai?), septembre-octobre semblent un peu plus favorables, notamment pour les greffes en écusson.

### *Bouturage*

De fin 2007 à juillet 2010, 9 375 boutures ont été réalisées au CRRF, sans compter des essais annexes. Les boutures lignifiées physiologiquement trop âgées ne convenant pas, elles ont été très vite abandonnées, car elles perdent toutes leurs feuilles et émettent ensuite de nouveaux bourgeons foliaires, sans pour autant produire racines ou calcs durant les 2 premiers mois. Pour des boutures herbacées et pour la période d'enracinement, un mélange à parts égales perlite/ tourbe ou perlite/ compost local (Ferradous *et al.* 2012) donne 80 à 100% de réussite en fonction des saisons sous *mist* et confinement (photo 3). Plus les boutures sont juvéniles, plus le taux d'enracinement est élevé. Ce taux dépend vraisemblablement du génotype, notamment pour les clones TC 10 et 14. Les hormones sont très difficiles à doser en fonction des clones et des saisons. Les t° estivales et hivernales à Marrakech ne sont guère favorables. Cette méthode peut dorénavant être utilisée par les pépiniéristes marocains. Il reste à améliorer les taux de réussite du sevrage, ce qui semble aisé (voir les recommandations).

## Marcottage aérien

Cette technique de mobilisation d'arganiers âgés (> 400 ans) s'est montrée très performante (photo 4) avec de la sphaigne à condition de respecter des règles strictes (Bellefontaine *et al.* 2012-b ; Meunier *et al.* 2006). *Ex situ*, les marcottes mobilisées servent comme pieds-mères pour produire des boutures herbacées.

### *1. Plantations comparatives semis versus boutures (« tout venant »)*

Tous les plants d'Aouidjou et de Sidi Jaber sont morts après quelques mois. A Had Belfa, ils ont souffert d'une très forte concurrence de graminées et d'une invasion de rongeurs. En février 2011, après une visite rapide, on pouvait considérer cet essai comme un échec quasi-généralisé. Il ne reste donc que la plantation de Biougra. En février 2011, le pourcentage de survie (à 11 mois) des semis et des boutures était de 98% et la hauteur des plants variait de 25 à 90 cm (le 2ème inventaire venait d'être réalisé par le CRRF, mais non encore analysé). Un 3ème inventaire devait normalement être réalisé en octobre 2011 (Ferradous *et al.* 2012).



## Parc à clones et soins aux pieds-mères

Toutes les TC obtenues ont été repotés avec fertilisation équilibrée dans des conteneurs solides (hors sol), chacun avec le numéro de la TC d'origine associé à une lettre (B : bouture ; G : greffe ; M : marcotte). Ces plants sont gérés en parc à clones de façon intensive (tailles régulières à certaines périodes de l'année) comme des pieds-mères hors sol, en favorisant la production de nouvelles pousses qui seront bouturées (rajeunissement physiologiquement pour faciliter l'enracinement). Dans nos rapports de mission (et sans compter les 144 marcottes posées par le CRRF en mars 2011), on note que la mobilisation de toutes les TC a été obtenue, à un moment donné, au moins pendant quelques mois :

- Octobre 2008 : 1-G, 2-G, 4-G, 5-G, 6-G, 7-G.
- Février 2009 : 2-G, 4-G, 5-G, 8-G, 9-G, 10-G et B, 12-G ( - TC 1, 6 et 7 mortes).
- Octobre 2009 : 3-G, 4-G, 5-G et B, 8-G et B, 10-G et B, 12-G, 13-B, 14-B ( - TC 2 et 9).
- Avril 2010 : 3-G, 4-G dont une en fleurs, 5-G, 8-B, 10-G et B, 12-G, 14-B ( - TC 13).
- Juillet 2010 : 2-M, 6-M, 9-M, 11-M, 13-M.

Quelques TC mobilisées au CRRF (et longtemps gardées en bonne santé n'ont pas survécu, notamment pendant l'hiver et l'été). Plusieurs causes ont été évoquées : **i** / le système racinaire déficient (en chignon) des porte-greffes provenant de plants de 2 à 3 ans produits (avant le démarrage du projet) dans des sachets avec fond (chignons) ; **ii** / le climat trop continental pour les arganiers (t° excessives) ; **iii** / l'arrosage (irrigation irrégulière ou insuffisante).

## recommandations

### 1. Rigueur, registre d'essais, étiquetage

Il est absolument indispensable de tenir tous les jours, avec une extrême rigueur, le registre des essais (ou les fiches informatisées – fournies - adaptables et valables pour tous les essais), ce qui ne fut que très rarement le cas. Toutes les opérations et résultats doivent y être consignés, car la mémoire humaine ne peut remplacer un registre bien tenu, à consulter notamment lors de la rédaction des articles, ce qui permet, rétrospectivement, d'émettre certaines hypothèses plausibles. Une très grande rigueur et une volonté de précision constante sont nécessaires à tous les niveaux, que ce soit pour la récolte des ramets et toutes autres opérations (mode de brumisation lors de la phase de bouturage, sevrage, etc). Tous les essais, porte-greffes, répétitions, traitements, conteneurs, pieds-mères doivent être distingués scrupuleusement par une étiquette (majuscules au stylo indélébile) pour garantir l'identité des plants produits. L'étiquetage ne peut être délégué à un ouvrier ! Les plants présentant le moindre doute doivent être systématiquement rejetés, après avoir également supprimé les étiquettes douteuses.

### 2. Repiquage et sevrage

Si les taux d'enracinement après 4 semaines sont très élevés (80-100%), trop de boutures bien enracinées meurent après le repiquage. Le registre d'essais n'étant pas tenu, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses : repiquage trop tardif avec rupture des racines néoformées très fragiles (photos), stress hydrique dû au fait que ces boutures blessées ne seraient pas transplantées à l'ombre sous *mist* dans la minute qui suit leur extraction (qui est sans doute trop brutale ?), nébulisation durant le sevrage insuffisamment surveillée lors de fortes chaleurs, etc.



Le 22/7/2010, un examen de l'enracinement de boutures mortes ou dépérissantes montre que les racines denses des premières semaines n'a pas survécu (photo 5). Il est conseillé de prélever très délicatement les boutures, sans causer de dégâts aux racines adventives excessivement fragiles, lorsque ces dernières ont un maximum 2 cm de long, puis de transférer les boutures dans les secondes qui suivent dans un substrat d'élevage adéquat, plus riche (Le Bouler *et al.* 2012) ou à défaut d'utiliser des mottes importées (mottes «*Fertiss*» dont le substrat est retenu par un papier «non-tissé», très vite traversé par les racines). Le sevrage, toujours délicat, doit être suivi plusieurs fois par jour et ne peut jamais être réalisé la veille d'absences du responsable.

### 3. Validation des essais par un dispositif statistique randomisé avec témoin

La première année était considérée comme une année de tâtonnements et de mises au point des techniques. Dès 2008, il a été conseillé de garder un témoin de référence (conservé d'un essai à l'autre), de programmer suffisamment de semis TV pour réaliser 4 répétitions/traitement afin de pouvoir tirer des conclusions fiables, de prélever aléatoirement les boutures dans ces semis TV, et de placer les répétitions de manière aléatoire sous le tunnel (loin des brumisateurs).

### 4. Gestion de l'aire de clonage et du matériel

Le chef de culture doit être très vigilant et assurer l'entretien régulier des brumisateurs, mais aussi des réservoirs d'eau, tuyaux d'adduction, filtres. Lorsque des brumisateurs mal réglés gouttent sur les conteneurs, ils déracinent les boutures et biaisent les essais. L'aération des tunnels, très tôt le matin, a été recommandée durant les périodes les plus chaudes afin d'éviter la prolifération d'algues (printemps 2010) sur la face interne des tunnels de confinement entraînant une opacification et un manque de lumière pour les boutures. L'emploi d'acier galvanisé, plus cher, est à conseiller, notamment pour les supports hors sol, car il ne rouille pas.

### 5. Diffusion des résultats

Un partenariat fructueux doit éviter la rétention de l'information et favoriser la circulation des résultats ; il conviendra de stipuler le nombre d'articles à soumettre chaque année par les divers chercheurs et de l'officialiser lors de la rédaction de la convention de la 2<sup>ème</sup> phase.

## Conclusions

Certaines actions se soldent par des acquis positifs pour le Maroc, pour la Recherche Forestière et pour les populations : **i** / le repérage de 14 TC remarquables et la mise en place de très nombreux essais (greffage, bouturage, marcottage) ; **ii** / la mise au point d'une technique de bouturage (matériel juvénile et TC âgées) sous *mist* ; **iii** / les 14 TC, dont certaines très âgées, ont pu être mobilisées à un moment donné (même si certaines ont - anormalement - disparu entre-temps) ; **iv** / l'aptitude au bouturage semble être plus importante pour les TC 10 et 14, alors que le marcottage aérien semble très performant pour mobiliser à peu de frais toutes les TC, y compris les plus vieilles TC (400 ans) ; **v** / la formation du personnel technique de pépinière du CRRF, du chef de projet à ces techniques et à la gestion d'un parc à clones ; **vi** / l'amélioration des installations en pépinière du CRRF : achat et installation du *mist system*, achat divers (ordinateur, film thermique, ombrières, tunnels de confinement, engrais, substrats, hormones, produits phytosanitaires, etc.).

1. Par ailleurs, certains points négatifs sont à souligner : **i** / le choix de Marrakech pour le greffage (à cause de décalages physiologiques) et donc une difficulté à fixer les périodes optimales de greffage et de bouturage ; **ii** / perte de boutures enracinées lors du sevrage (repiquage et substrat non-optimal) ; **iii** / l'impact des hormones semble faible ; **iv** / l'impossibilité d'obtenir une protection des suppléants des TC (rejets basaux, drageons, gourmands), pourtant plus réactifs ; **v** / pour le réglage de la brumisation, aucun technicien ne peut remplacer le chef de projet en cas d'absence ; **vi** / l'absence de la tenue du registre des essais et des fiches informatisées et donc l'échange par mails de résultats ; **vii** / l'absence de publications rédigées par le chef de projet.





## Références bibliographique

**BELLEFONTAINE R.** De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse* 2010, 21, 1, 42-53.

**BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., MONTEUUIS O.** Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304, 2, 47-59.

**BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI A., BOUZOUBÂA Z., KY-DEMBELE C., NSIBI R., LE BOULER H., MEUNIER Q.** Multiplication végétative d'arganiers par greffes, drageons et boutures de segments racinaires (poster). In : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. ANDZOA, Rabat, 2012-a.

**BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., MOKTARI M., BOUCHE L., SAIBI L., KENNY L., ALIFRIQUI A., MEUNIER Q.** Mobilisation *ex situ* de vieux arganiers par marcottage aérien (poster). In : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. ANDZOA, Rabat, 2012-b.

**BOUDY P.** *Monographie et traitement de l'arganier. Monographie et traitements des essences forestières, tome II, fascicule I*. Paris, Ed. Larose, 1950, 382-416.

**FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., BELLEFONTAINE R., FEKARI O.** Comparaison du comportement des boutures et semis d'arganiers après transplantation sur le terrain (poster). In : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. ANDZOA, Rabat, 2012.

**KENNY L., GALIANA A., BELLEFONTAINE R.** *Projet UE/MEDA/ADS. Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale – Thème 2 : Multiplication végétative et symbioses racinaires de l'arganier : Optimisation des agro-systèmes à base d'arganier*. Agence Dév' Social (Agadir) et Agropolis (Montpellier). Rapport final, 2009, 71 p.

**LE BOULER H., BRAHIC P., BOUZOUBAA Z., ACHOUR A., DEFAA A., BELLEFONTAINE R.** L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. In : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. ANDZOA, Rabat, 2012.

**MEUNIER Q., BELLEFONTAINE R., BOFFA JM, BITAHWA N.** *Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities*. Ed. Angel Agencies, Kampala (Ouganda) et CIRAD (Montpellier France), 2006, 66 p.

**MEUNIER Q., BELLEFONTAINE R., MONTEUUIS O.** La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois et forêts des tropiques*, 2008, 296, 2, 71-82.

**RICEZ T.** *Modes de régénération à faible coût de Prosopis africana et Detarium microcarpum en forêt classée de Dinderesso (Burkina Faso)*. Univ. Paris XII, Master II « Bioressources en Régions Tropicales et Méditerranéennes », 2008, 60 p.



## Remerciements

Le CRRF, l'AAMHNM et le CIRAD tiennent à remercier vivement M. John GOELET pour son don désintéressé, sans lequel ces résultats n'auraient pas été acquis.

### *Annexe 1 : quelques paramètres étudiés lors des essais de bouturage*

\* A partir de février 2009, les essais de brumisation en ambiance ouverte (*open*) ont été délaissés et donc réalisés uniquement sous ambiance confinée (sous tunnel).

\* Substrats : 1 volume (v) de sable de rivière (SR) + 1 v de compost (C) de la Station de Semences voisine ; 100 % SR (témoin) ; 1 v de perlite (P) + 1 v de tourbe (T) ; 1v P + 1v C ; 1 v C + 1 v T + 1 v P (initialement, trois substrats étaient prévus ; à la suite d'une erreur d'un manoeuvre, qui avait mélangé 1 v de C à 1 v de T, il a été décidé d'y ajouter 1 v P, afin de tester un substrat jamais employé auparavant). Les substrats à base de cônes de pin broyés et d'*Acacia cyclops* ont été abandonnés dès 2008, car peu homogènes.

\* Age des boutures TV de tête, herbacées (non ou peu aoûtées) prélevées : sur des semis juvéniles TV âgés de 6 ou 10 semaines ; sur des rejets de semis TV âgés de 2-3 ans, recépés 3 mois auparavant ; sur des plants TV âgés de 4 <sup>1/2</sup> ans ; à partir du 6/10/2009, sur les TC déjà mobilisées en pépinière.

\* Défoliation de la base de la bouture (avec ou sans hormone) : sur 1/3 ou sur 1/2 de la hauteur, avec slash à la base et sans slash.

\* Traitements hormonaux avec des concentrations et formulations différentes (après ressuyage de l'eau en excès pendant 2 min.) : témoin sans hormone ; base de la bouture (Bdb) trempée 1 sec dans une solution liquide de 4000 ppm (INARPLANT à 0,4 % d'AIB) ; Bdb en contact avec hormone en poudre (RHIZOPON 0,5 % ; 1 %), puis secouée (hormone en excès).

\* Conteneurs : portoirs alvéolés de 54 alvéoles (prof. = 18 cm) et 300 cm<sup>3</sup> de capacité utilisés par le HCEFLCD ; plaques alvéolées de 12x18 alvéoles et de 6,5 cm de profondeur utile ; plaques de culture en polystyrène avec 18 rangées de 12 alvéoles (soit 216 alvéoles) de 6 cm de profondeur ; plaques alvéolées d'un autre modèle, mais très semblables, de 10x15 alvéoles.



Photo 1 (R. Bellefontaine) : semis avec cotylédons et longue racine pivotante.



Photo 3 (A. Ferradous): racines de boutures herbacées (trop longues pour être repotées).



Photo 2 (R. Bellefontaine) : bouture avec un enracinement adventif très développé.



Photo 4 (R. Bellefontaine) : marcotte aérienne qui vient d'être sevrée et juste avant repotage.



Photo 5 (R. Bellefontaine) : Enracinements dégradés après un sevrage peu méticuleux (juillet 2010).



# La problématique de la régénération de l'arganier :

## Quelle innovation en matière de production des plants de qualité?

**BELGHAZI B.<sup>1</sup>, OUROUS O.<sup>2</sup>, PONETTE Q.<sup>3</sup>, BELGHAZI T.<sup>4</sup>, DALLAHI Y.<sup>2</sup>**

1 - Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP : 511, Salé, E. mail : ba.belghazi@yaoo.fr  
2 - Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification, Rabat,

3 - Université Catholique de Louvain, Unité forêt, Louvain La Neuve, Belgique,

4 - Centre de Recherche Forestière, La Palmeraie, Marrakech.

### **Résumé**

Au Maroc, les forêts d'arganier sont actuellement soumises à une forte pression anthropique qui handicape leur rajeunissement par voie naturelle. Pour palier à cette problématique, les gestionnaires de ces forêts ont eu recours depuis plus d'une décennie à la régénération artificielle par plantations selon un programme ambitieux. Ces efforts de reboisement sont confrontés aux difficultés de reprise des plants sur le terrain. Les taux de réussite de ces plantations sont dans la plupart des cas très modiques. Les causes techniques probables des échecs semblent être attribuées au mode d'élevage des plants en pépinière et aux techniques de reboisement sur le terrain. C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail, dont le but consiste à (1) étudier l'influence des conteneurs rigides alvéolés de divers volumes et des substrats sur le comportement des jeunes plants d'arganier au sein du dispositif expérimental de Tamsirt (Forêt domaniale d'Essaouira) ; et (2) évaluer les performances des plants sur un échantillon aléatoire de 130 placettes de 4 ares, inventoriées au niveau de quelques périmètres de reboisement d'arganier relevant de la Direction provinciale des Eaux et Forêts d'Essaouira.

Les résultats de cette étude marquent un effet déterminant du conteneur et substrat sur le comportement des plants au niveau du dispositif expérimental. Au sein du reste des périmètres, les performances des plants sont fortement influencées par les facteurs du milieu et par les travaux subséquents au reboisement.

**Mots clefs :** Qualité des plants, conteneur, substrat, taux de réussite.



***The problem of argan tree regeneration:  
What innovation in the production of quality plants?***

**Abstract**

In Morocco, the argan forests are currently subject to strong anthropogenic pressure which impairs their rejuvenation naturally. To compensate for this problem, the managers of these forests have been used since more than a decade to artificial plantations according to an ambitious regeneration program. Reforestation efforts are confronted with the difficulties in the field. The success rates of these plantations are in most cases very low. The probable technical causes of the failures appear to be attributed to the method of rearing of seedlings in the nursery and reforestation fieldwork techniques. It is in this perspective that this work is considered, whose purpose is to (1) study the influence of rigid alveolate containers of various volumes and of substrates on the behavior of argan young plants in the experimental plot of Tamsrirt (Essaouira domania forest), and (2) evaluate the performance of plants in a random sample of 130 plots of 4 ares, surveyed in some perimeters of reforestation of argan tree under provincial forest service of Essaouira.

The results of this study mark a decisive effect of the container and substrate on the behavior of the plants at the level of experimental device. In the rest of the perimeter, the performance of the plants is strongly influenced by the environmental factors and the subsequent work in reforestation.

**Keywords:** quality of plants, container, substrate, success rate.

## introduction

L'arganier qui appartient à la famille des sapotacées, est une espèce endémique du sud-ouest marocain où elle occupe une superficie de 868 034 hectares (Anonyme, 1996). Malgré les nombreuses vertus de cette essence, les peuplements sont soumis à une forte pression anthropique, marquée par une régénération naturelle quasiment absente. La vieillesse des souches et la diminution de leur faculté de rejeter constituent un handicap majeur pour la régénération naturelle par voie végétative (El Kharouid, 2002) et par semences. Pour palier à cette difficulté, les gestionnaires de ces forêts ont eu recours depuis plus d'une décennie à la régénération par voie artificielle. A ce sujet, les superficies reboisées annuellement en arganier ont fortement augmenté entre les campagnes 1998/1999 et 2010/2011, progressant de 20 ha à 1 501 ha par an (DREFLCD-SO et DREFLCD-HA, 2011). Cependant, ces efforts de reboisement sont confrontés aux difficultés de reprise des plants sur le terrain : les taux de réussite de ces plantations sont dans la plupart des cas très médiocres, accusant dans la Direction provinciale d'Essaouira, une valeur moyenne de 0,7 à 35,4% (DREF-SO et DREF-HA, 2011).

Le mode d'élevage des plants et les techniques de reboisement en usage semblent être les principales causes des faibles reprises des plants sur le terrain.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail, élaboré dans le cadre du Projet Inter universitaire Ciblé (ENFI de Salé, Université Catholique de Louvain en Belgique), dont le but consiste à étudier l'influence des conteneurs rigides alvéolés de divers volumes et des substrats à base de deux types de composts et de terreau, sur le comportement des jeunes plants d'arganier sur le terrain. Cette étude concerne aussi l'évaluation des périmètres de reboisement de cette essence, qui relèvent des Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières d'Essaouira, Smimou et de Tamanar. Les objectifs à atteindre par cette étude consistent particulièrement à :

1. étudier l'impact des techniques d'élevage « conteneurs - substrats » sur les performances des plants et sur leurs taux de réussite à l'intérieur d'un dispositif expérimental ;
2. évaluer le comportement des plants d'arganier sur le terrain en fonction des facteurs du milieu et des techniques de reboisement.



## Matériels et méthodes

La zone d'étude concerne :

- **Le dispositif expérimental de Tamsrirt** installé dans le périmètre de régénération d'arganier à Tamsrirt, qui relève du secteur forestier de Tlet El Hanchane, Centre de Conservation et de Développement Forestier d'Essaouira ;
- **Les périmètres de reboisements d'arganier** qui s'étendent sur une superficie de 769 ha environ et qui relèvent du Centre de Conservation et de Développement Forestier d'Essaouira.

### Approche méthodologique

#### a) Cas du dispositif expérimental de Tamsrirt

L'expérimentation sur le terrain a été conçue selon un dispositif en blocs aléatoires complets, avec deux facteurs de classification (Tableau 1). Le dispositif est composé alors de 18 traitements de 15 plants par traitement, avec trois répétitions. Il est à signaler que le substrat composé de 100% de terreau, a été éliminé de cette expérimentation du fait que les plants en pépinière ont subi une forte mortalité. La plantation sur le terrain a été réalisée le 02-02-2010 (campagne de reboisement 2009/2010).

**Tableau 1.** Modalités des facteurs étudiés au sein du dispositif expérimental

Substrats		Conteneurs	
Code*	Désignation	Code	Désignation
2	100 % de compost A**	I	P28 (500 cm <sup>3</sup> )
3	100 % de compost B***		
4	50 % de compost A + 50 % de terreau	II	P38 (400 cm <sup>3</sup> )
5	50 % de compost B + 50 % de terreau		
6	75 % de compost A + 25 % de terreau	III	P54 (300 cm <sup>3</sup> )
7	75 % de compost A + 25 % de terreau		

\* Le code 1 : 100 % de terreau, n'est pas retenu dans cette expérimentation,

\*\* Compost A composé de feuilles et branches broyées d'*Acacia cyanophylla*,

\*\*\* Compost B composé d'un mélange broyé de cônes de Cyprès, de Thuya et des capsules d'Eucalyptus.

Le diagnostic du dispositif consistait à étudier l'effet des techniques culturales en pépinière sur les performances des plants et sur leurs taux de réussite après un séjour d'un an sur le terrain. Ce diagnostic a été fondé sur l'analyse des résultats d'inventaire opéré comme suit :

- Mesures des hauteurs totales de tous les plants vivants à l'aide d'une règle graduée en cm,
- Mesures des diamètres au collet des mêmes plants à l'aide d'un pied à coulisse électronique au dixième mm près.

De surcroît, un échantillon représentatif de plants a été arraché pour analyses au laboratoire. Les observations recueillies sur cet échantillon concernent :

- Les mesures de hauteurs totales et des diamètres au collet,
- Les mesures de biomasses fraîches et sèches de la tige, des feuilles, du pivot et du chevelu racinaire,



Par ailleurs, les performances des plants soumis aux divers traitements sur le terrain, ont été évaluées par l'élaboration d'un bilan exhaustif des survivants après le premier été. Ce bilan a été élaboré au mois de février 2011, sachant que la plantation a eu lieu au même mois de l'année 2010.

### b) Cas des périmètres de reboisement

Du fait que l'arganier est indifférent aux propriétés physico-chimiques du sol (Emberger, 1939 ; Peltier, 1982) et que les techniques de reboisement sont identiques dans l'ensemble des périmètres étudiés, le plan de sondage était fondé sur une stratification en fonction de l'âge des plants qui varie de 1 à 3 ans. Par la suite, un total de 130 placettes carrées de 4 ares était réparti selon l'allocation proportionnelle donnant la même chance à chaque unité de surface d'être tirée (Belghazi, 1990). Le résultat de ce plan de sondage est condensé dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Plan de sondage

Strate	Campagne	Surface (Ha)	Nombre de placettes
1	2009-2010	480	81
2	2008-2009	187	27
3	2007-2008	129	22
		796	130

Le recueil de l'information concerne :

- ✓ les descripteurs topo climatiques et édaphiques,
- ✓ l'inventaire de la végétation spontanée,
- ✓ le diagnostique des techniques culturales telles que : la nature du conteneur et du substrat d'élevage en pépinière, la technique de préparation du sol, la date de plantation et les soins subséquents.

### *Analyse des données*

Selon la nature des observations, deux méthodes d'analyses ont été adoptées :

- La méthode statistique (Analyse de la variance à un et à deux critères de classification) employée pour étudier l'effet des divers facteurs (conteneurs et substrats) sur les performances des plants en pépinière. La validité de ces méthodes a été préalablement vérifiée. Par ailleurs, dans chaque cas où deux moyennes au moins étaient distinctes, un test de comparaisons multiples de l'ensemble de ces moyennes a été opéré par la statistique de Newman-Keuls au risque de probabilité égale à 5% (Dagnelie, 1998) ;
- L'analyse factorielle des correspondances (AFC) employée pour étudier l'effet conjoint des états de variables (modalités) et des espèces végétales identifiées dans les périmètres de reboisement. L'interprétation des résultats de cette analyse repose sur l'examen des différents éléments fournis à l'issue du traitement, en particulier, les tableaux des valeurs propres, les contributions relatives ou absolues et la répartition des points au niveau des axes (Benzécri, 1964). En revanche, lorsque les axes sont définis par de faibles valeurs propres, le nuage de points se regroupe au centre de ces axes, ce qui représente une situation moyenne dont il est difficile de délimiter des groupes homogènes. Dans cette situation, la classification hiérarchique ascendante présente alors un intérêt particulier.



## Résultats et discussions

### a. Cas du dispositif expérimental

L'analyse de la variance abordée dans cette partie du travail, concerne l'étude de l'effet du conteneur et du substrat sur le taux de réussite, la hauteur des plants, le diamètre au collet et la biomasse sèche du chevelu racinaire. Les résultats de l'analyse de la variance sont consignés dans le tableau 3 qui traduit un effet significatif à très hautement du conteneur, du substrat et de l'interaction sur l'ensemble des variables évoquées ci-dessus. A titre d'exemple, nous développons ici l'interprétation des analyses relatives à l'effet du substrat et du conteneur sur le taux de réussite des plants sur le terrain, résultat qui intéresse à plus d'un égard le gestionnaire forestier. Pour le reste des facteurs, une synthèse des résultats ressortira l'effet de ces mêmes facteurs sur les dimensions et sur les biomasses des divers organes des plants :

#### ➤ Effet du substrat sur le taux de réussite

Il ressort du tableau 3 que l'effet singulier du substrat sur le taux de réussite est très hautement significatif. La comparaison multiple des moyennes à l'aide du test cité ci-haut, met en évidence trois groupes homogènes (Tableau 4). Le substrat composé de compost d'*Acacia cyanophylla* et de terreau à proportion égale (50% de compost A + 50% de terreau) et le substrat du même compost à l'état pur, sont les plus favorables. Les taux de réussite correspondant à ces substrats sont les plus élevées (88,9% ; 73,3% respectivement).

#### ➤ Effet du conteneur sur le taux de réussite

L'analyse statistique (Tableau 3) montre que l'effet singulier du conteneur est très hautement significatif sur le taux de réussite. La comparaison multiple des moyennes à l'aide du test de Newman-Keuls, met en évidence deux groupes homogènes (Tableau 5) : le taux de réussite le plus élevé (78,9%) est obtenu dans le conteneur de 500 cm<sup>3</sup>. Les conteneurs de 300 et 400 cm<sup>3</sup> induisent un faible taux de réussite.

**Tableau 3.** Effet des traitements sur les variables étudiées

Variable	Source de variation	F <sub>obs</sub>
Taux de réussite (%)	Conteneur	8,885***
	Substrat	6,475***
	Conteneur - Substrat	2,314*
Hauteur de la tige (cm)	Conteneur	33,363***
	Substrat	7,534***
	Conteneur* Substrat	2,969**
Diamètre au collet (mm)	Conteneur	26,517***
	Substrat	6,289***
	Conteneur* Substrat	4,537***
Biomasse sèche aérienne (g)	Conteneur	10,146***
	Substrat	3,401*
	Conteneur - Substrat	2,547*
Biomasse de chevelu racinaire (g)	Conteneur	14,226***
	Substrat	6,440***
	Conteneur - Substrat	4,354***

\*\*\* : très hautement significatif ; \*\* : hautement significatif ; \* : significatif ; NS : non significatif



**Tableau 4.** Taux de réussite moyens selon l'effet du substrat

Substrats	Réussite (%)	Groupes homogènes		
<b>S4</b> (50 % compost A +50 % terreau)	<b>88,9</b>	<b>A</b>		
<b>S2</b> (100 % compost A)	<b>73,3</b>	<b>A</b>		
<b>S6</b> (75 % compost A +25 % terreau)	<b>62,2</b>		<b>B</b>	
<b>S5</b> (50 % compost B +50 % terreau)	<b>57,8</b>		<b>B</b>	
<b>S7</b> (75 % compost B +25 % terreau)	<b>55,6</b>		<b>B</b>	
<b>S3</b> (100 % compost B)	<b>40,0</b>			<b>C</b>

**Tableau 5.** Taux de réussite moyens selon l'effet du conteneur

Conteneur	Réussite (%)	Groupes homogènes	
<b>P28</b> (500 cm <sup>3</sup> )	78 ,9	<b>A</b>	
<b>P38</b> (400 cm <sup>3</sup> )	55,6		<b>B</b>
<b>P54</b> (300 cm <sup>3</sup> )	54,4		<b>B</b>

Pour les plants de chêne liège en Maâmora, les meilleurs résultats sont obtenus aussi avec du substrat composé de compost à base d'*Acacia cyanophylla* et de terreau mélangés à proportion égale (**Nahidi, 2006**). En revanche, le taux de réussite le plus faible est obtenu avec le substrat composé de 100% compost B (mélange broyé de cônes de cyprès, de thuya et des capsules d'Eucalyptus).

➤ Effet du conteneur et du substrat sur la croissance en hauteur, le diamètre au collet et sur les biomasses aérienne et racinaire des plants

Selon le tableau 3, les influences du conteneur et du substrat sont significatives à très hautement significatives sur la croissance des divers organes du plant. Il ressort de ces analyses que les meilleures performances sont obtenues avec le conteneur d'un volume de 500 cm<sup>3</sup> et le substrat à base de compost d'*Acacia cyanophylla* : Ces diverses performances sont résumées dans le tableau 6.

**Tableau 6.** Performances des plants selon le conteneur et le substrat

	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (mm)	Biomasse	
			Aérienne (g)	Racines (g)
Conteneur :				
▪ Volume = 500 cm <sup>3</sup>	21,65	4,7	2,7	0,9
▪ Volume(*) < 500 cm <sup>3</sup>	14,59	3,2	0,9	0,2
Substrat :				
▪ (1)	20,2	4,5	2,9	1,0
▪ (2)	13,3	3,2	0,8	0,1

(\*) Volumes de 300 et 400 cm<sup>3</sup>

(1) Mélange de compost d'*Acacia cyanophylla* et de terreau à proportion égale,

(2) Compost composé d'un mélange broyé de cônes de Cyprès, de Thuya et des capsules d'Eucalyptus ou même compost mélangé à proportion égale avec le terreau.





Il résulte de ces analyses que :

- Le conteneur de 500 cm<sup>3</sup> donne toujours de bon résultats, c'est ce qui concorde avec les récents travaux de recherche sur le chêne-liège en Maâmora (Nahidi, 2007 ; El Abbou, 2009 et Dallahi, 2010) ;
- Le substrat à base de compost d'*Acacia cyanophylla* en mélange à proportion égale avec du terreau de forêt fournit à son tour les meilleurs résultats. Par ailleurs, les résultats médiocres peuvent être attribués au pH alcalin de ce type de substrat compris entre 7,90 et 8,02 (El Abbou, 2009) et qui peut affecter de façon négative la disponibilité et l'absorption des éléments minéraux dans la rhizosphère, plus particulièrement celles des micro-éléments (Comtois et *al.*, 2004 ; Lamhamedi et *al.*, 2006).

### b. Cas des périmètres de reboisements d'arganier

#### ➤ Résultat de l'analyse conjointe des états de variables et de la végétation

L'objectif de cette analyse consiste à mettre en évidence les facteurs déterminant les performances des plantations d'arganier sur le terrain. Le calcul des valeurs propres (Tableau 7) montre que celles-ci sont faibles : la première valeur propre ne dépasse pas 0,60, valeur préconisée par Benzécri (1964) pour individualiser nettement les groupes.

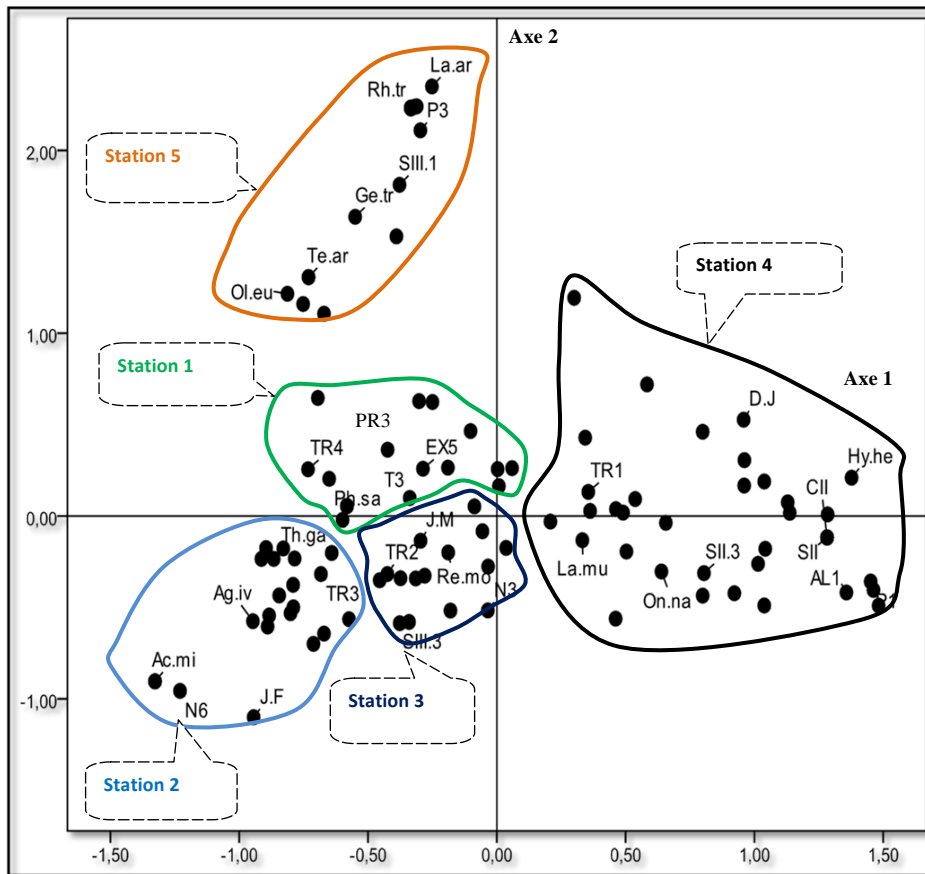
**Tableau 7.** Analyse conjointe des états de variables et des espèces végétales

Axe	Valeur propre	Taux d'inertie (%)	Taux d'inertie cumulé (%)
<b>1</b>	0,15	36,4	36,4
<b>2</b>	0,08	19,4	55,8
<b>3</b>	0,05	12,4	68,2
<b>4</b>	0,03	6,4	74,6

Cette situation traduit le fait qu'il n'existe pas de dichotomie au niveau des données, ce qui nous a amené à compléter cette analyse par la classification hiérarchique ascendante. Selon ce tableau, les trois premiers axes factoriels expliquent à eux seuls, 68,2% de l'information et sont alors retenus pour les interprétations. L'interprétation conjointe de ces axes et des résultats obtenus par la classification hiérarchique ascendante a permis de distinguer un total de 5 stations de fertilités distinctes vis-à-vis des jeunes plantations d'arganier. L'illustration de ces résultats est résumée dans la figure 1.

La typologie de ces stations est développée ici pour les seules stations 1 (la plus fertile) et 5 (la plus pauvre).





**Figure 1.** Plan factoriel (1-2), résultant de l'AFC et de la classification hiérarchique ascendante sur 55 espèces et 48 états de variables

### Station 1 :

Cette station est identifiée au niveau du périmètre de régénération d'arganier de Tamsirt II (Figure 1, groupe 1). Cette station occupe :

- ✓ les mi-versants et les hauts de versants à moyennes pentes ;
- ✓ une tranche altitudinale comprise entre 500 et 700 m ;
- ✓ des expositions fraîches (nord, nord-ouest) ;
- ✓ un substratum géologique calcaire-dolomitique sur lequel se sont développés des sols très souvent profonds ;
- ✓ un cortège floristique est composé d'*Argania spinosa*, *Phagnalon saxatiliae*,

*Teucrium polium* et *Lavandula multifida*.

Dans cette station, les peuplements naturels d'arganier sont extrêmement ouverts et la strate herbacée à base de *Bromus rigidus* est ouverte. La plantation a été effectuée pendant les mois de janvier et février et les plants de ce périmètre étaient arrosés 4 fois en première année avec une dose de 20 l. De surcroît, le volume des pluies durant la première campagne de cette plantation a atteint 600 mm dans la région. Les plants utilisés étaient élevés dans des conteneurs de 500 cm<sup>3</sup>. Il en résulte que dans ces conditions favorables, le taux de réussite des plants est le plus élevé (60 à 70%).



## Station 5

Cette station qui correspond aux périmètres de Sidi Ahmed O'Mbarek et Targant (Figure 1, groupe 5), occupe :

- ✓ des altitudes comprises entre 350 et 500 m ;
- ✓ des sols superficiels ;
- ✓ des expositions sud et sud-est ;
- ✓ des milieux à fortes pentes (15-24%) ;

Le cortège floristique de cette station qui caractérise le thermo méditerranéen chaud est composé de : *Tetraclinis articulata*, *Rhus tripartitum*, *Olea europaea*, *Tymus maroccanus*, *Periploca laevigata*, *Asphodelus tenuifolius*, *Calycotum villosa*, *Atriplex halimus*, *Genista tricuspidata*, *Fumana thymifolia* et *Launea arborescens*.

Cette station incluse dans la région de Tamanar, est influencée par une forte sécheresse et par des températures estivales pouvant atteindre 50°C. De surcroit, la strate arbustive couvre entre 20 et 75% du sol, exerçant une concurrence vive contre les jeunes plants, qui n'ont subi que 3 arrosages à raison de 10 l par passage. En conséquence, le taux de réussite de la plantation est très médiocre (inférieur à 20%).

## Conclusion

Les résultats de cette étude font ressortir que les performances des plants d'arganier sont fortement influencées par le volume du conteneur et la nature du substrat. En particulier, les conteneurs de 500 cm<sup>3</sup> ont une grande influence sur le taux de réussite et sur la croissance des plants, comme c'est le cas pour les plants de chêne-liège de plaine (El ghazi, 2005 ; Nahidi, 2006). Par ailleurs, les conteneurs de 400 et 300 cm<sup>3</sup> donnent des résultats médiocres. En revanche, le substrat à base de compost d'*Acacia cyanophylla* ou le même compost mélangé avec du terreau à proportion égale, donne également de bons résultats. Cependant, des plants de mauvaise qualité, incapables de survivre sur le terrain sont obtenus avec du compost à base du mélange broyé de cônes de cyprès, de thuya et des capsules d'Eucalyptus. Cela est probablement dû au pH initial élevé de ce substrat, qui affecte l'absorption des éléments minéraux par la rhizosphère (Comtois et *al.*, 2004 ; Lamhamedi et *al.*, 2006).

Concernant les reboisements sur le terrain, les résultats des analyse mathématiques montrent que les plantations qui réussissent mieux (réussite compris entre 50 et 70%) sont obtenues dans des stations sur des sols profonds (30 à 70 cm) développés sur calcaire dolomitique, des expositions fraîches (nord et nord ouest), une altitude comprise entre 500 et 700 m, des pentes douces (9 à 15%), et là où les recouvrements arbustif et herbacé sont nuls à faibles. De surcroit, les plants ont subit dans ces milieux des arrosages fréquents (4 à 6 fois) avec une dose de 20 litres par plant et par passage au courant de la première année. Par ailleurs, les mauvais résultats sont constatés dans des sols squelettiques en expositions chaudes (sud, sud-est et sud-ouest), en pentes fortes (15 à 25%) et sur les hauts de versants ; la fréquence des arrosages apportés en première année est moindre (2 à 3 fois) avec des doses plus faibles (10 litres d'eau par plant et par passage).



## Références bibliographiques

- Belghazi B.**, 1990. Etude de l'écologie et la productivité du pin maritime (*Pinus pinaster var. Maghrebiana*) en peuplements artificiels au Nord du Maroc, Thèse de Doctorat ès-Sciences Agronomiques, IAV. Hassan II, Rabat, 189 p.
- Benzécri J.P.**, 1964. Analyse des correspondances et classification. Tome I : Collection pratique de l'analyse des données, 2<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris, 456 p.
- Dagnelie P.**, 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Interférence statistique à une et deux dimensions. Les Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 218 p.
- DREFLCD-HA**, 2011. Bilans de plantations d'arganier au niveau de la région d'Essaouira. Rapport interne, 3 p
- DREFLCD-SO**, 2010. Bilans des plantations d'arganier au niveau de la Zone de Souss Massa. Rapport interne, 3 p
- El Ghazi S.**, 2005. Contribution à l'élaboration des normes de qualité des plants forestiers: cas du chêne-liège, du thuya et du pin maritime des Landes. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, E.N.F.I., Salé, 89 p + annexes.
- El Kharouid A.**, 2002. Contribution à l'étude de la dynamique des jeunes rejets d'arganier en relation avec le milieu dans les forêts d'Ida ou Throuma. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle E.N.F.I., 79 p + Annexes.
- Emberger L.**, 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc au 1 : 1 500 000. Veroff. Geobo. Inst. Rubel in Zurich (14) et mém. H. s. soc Nat Maroc, 40-157.
- Laâbou K.**, 2009. Caractéristiques des plants à racines enrobées et à racines nues d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels ) en rapport avec les techniques culturales . Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, E.N.F.I., Salé, pp : 22-27
- Lamhamedi S. M., Fecteau B., Godin L., Gingras C., El Aini R., Gader G. et Zarrouk M. A.**, 2006. Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. ISBN: 9973-913-08-6, 88 p + Annexes.
- Nahidi A.**, 2006. Evaluation de la qualité des plants de chêne liège de plaine (forêt de Maâmora) en relation avec le conteneur et le substrat. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, E.N.F.I., Salé, 66 p + annexes.
- Peltier J.P.**, 1982. La végétation du bassin versant de l'oued Souss (Maroc). Thèse Doct. ès-Sciences. Univ. Grenoble. 201 p + annexes.





**Axe 3 : Valorisation  
des autres produits  
de l'arganier**



# Valorisation de l'huile d'argan : impact sur la prévention des maladies cardiovasculaires

Ahmed Adlouni

Laboratoire de Recherche sur les Lipoprotéines et l'Athérosclérose.  
Unité de Physiopathologie Cardiovasculaire  
Faculté des Sciences Ben Msik, Casablanca  
Email: adlounia@yahoo.fr  
GSM: 0663636455/ 0661288659

## **Résumé**

L'objectif de ce travail est de rechercher pour la première fois au Maroc, les propriétés antiathérogènes de l'huile d'argan chez les patients dyslipidémiques et diabétiques de type 2 dans un essai d'intervention nutritionnelle. La dyslipidémie et les troubles lipidiques au cours du diabète de type 2 sont des facteurs de risque majeurs pour le développement de l'athérosclérose et des complications cardiovasculaires. Chez les patients dyslipidémiques non traités (n=24), après 3 semaines d'intervention, l'amélioration du profil lipidique est significativement plus importante dans le groupe consommateur de l'huile d'argan que chez les contrôles pour les lipides athérogènes (30 vs 14% pour cholestérol total, 46 vs 24,5% pour les Triglycérides, 24 vs 15% pour LDL-chol et 15 vs 14% pour HDL-chol respectivement). Dans une 2ème étude menée chez 86 patients diabétiques souffrant de troubles lipidiques, nous avons observé une diminution significative chez le groupe essai, non seulement pour les lipides athérogènes [11,84% pour les triglycérides (P = 0.001), 9,13% pour le cholestérol total (P = 0.01) et 11,81% pour LDL-cholestérol (P = 0.02)], mais aussi pour la susceptibilité des LDL à la peroxydation lipidique (20.95%, p = 0.038). Par contre nous avons observé une augmentation significative du HDL-cholestérol et de l'Apo A (10,51%, P = 0,01 et 9,40% P= 0,045 respectivement). En conclusion, nous avons démontré pour la première fois que l'huile d'argan exerce des effets antiathérogènes chez les patients dyslipidémiques et diabétiques et qu'elle pourrait être proposée dans la prévention nutritionnelle des maladies cardiovasculaires.

**Mots clés :** Dyslipidémie, l'huile d'argan, prévention nutritionnelle, diabète de type 2, oxydation des LDL



## ***How to improve argan oil value : prevention of cardiovascular diseases***

### **Abstract**

The aim of our work is to investigate, for the first time in Morocco, the antiatherogenic properties of argan oil in patients with dyslipidemia and diabetic patients with lipids disorders which are potential risk factors for the development of atherosclerosis.

We have investigated the effect of argan oil in 24 untreated patients with dyslipidemia, on lipid metabolism. The improvement of lipids is significantly better in the group of argan oil than in controls (30 vs 14% for total cholesterol, 46 vs 24.5% for triglycerides, 24 vs 15% for LDL-cho and 15 vs 14% for HDL-cho respectively). The second study was done in 86 diabetics patients with lipids disorders, in which we analyzed the lipid-lowering, antioxidant effect of argan oil. In this study, we observed a significant decrease not only in atherogenic lipids (11.84% for triglycerides (P = 0.001), 9.13% for total cholesterol (P = 0.01) and 11.81% for LDL cholesterol (P = 0.02)), but also in the susceptibility of LDL to lipid peroxidation (20.95%, p = 0.038). However, we observed a significant increase in HDL cholesterol and Apo A (10.51%, P = 0.01 and 9.40% P = 0.045 respectively). In conclusion we have demonstrated for the first time that argan oil exerts an antiatherogenic effect in patients with dyslipidemia and diabetics patients with lipids disorders.

**Keywords:** dyslipidemia, argan oil, nutritional prevention, type 2 diabetes, LDL oxidation, Apo AI.

## **Introduction**

Les maladies cardiovasculaires (MCV) représentent encore un véritable problème de santé publique. Les manifestations cliniques des maladies cardiovasculaires, infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux et artérites des membres, représentent la première cause de mortalité et de morbidité dans le monde. La composante physiopathologique de ces manifestations est l'athérosclérose. C'est une pathologie silencieuse qui se développe durant plusieurs années. Plusieurs facteurs favorisent son développement, parmi lesquels, la dyslipidémie, le diabète, l'hypertension artérielle (HTA), l'obésité et l'alimentation athérogène.

Le lien entre l'athérosclérose et l'alimentation notamment lipidique est connu depuis longtemps. Les principaux facteurs impliqués sont un apport excessif, surtout une proportion élevée en acides gras saturés, alors que les acides gras polyinsaturés et mono insaturés ont un effet protecteur. D'autres nutriments jouent également un rôle très important, parmi eux, on trouve les antioxydants, et les fibres alimentaires. La prise en charge des dyslipidémies et des complications cardiovasculaires dues aux troubles lipidiques associées au diabète de type 2, passe fortement et avant la prescription médicamenteuse par le régime alimentaire. Le rôle de l'apport en acides gras saturés (AGS) dans la survenue des MCV est bien documenté. Ainsi, les AGS élèvent les taux du cholestérol total (CT) et du LDL cholestérol (c-LDL) et la susceptibilité des LDL à l'oxydation.

Par ailleurs, le rôle bénéfique du régime alimentaire méditerranéen est attribué principalement à l'huile d'olive dont les triglycérides (TG) renferment principalement de l'acide oléique (C18:1). La célèbre étude de Keys (1982) qui a émis l'hypothèse que cet acide gras monoinsaturé possède un effet protecteur au niveau vasculaire en est belle démonstration. D'autres auteurs ont démontré que les acides gras monoinsaturés (AGMI) sont capables de prévenir l'oxydation radicalaire des lipoprotéines et d'exercer un effet bénéfique anti-thrombotique sur la fonction endothéliale.





Quant aux acides gras polyinsaturés (AGPI) de la série n-6, dont l'acide linoléique, présent en quantité importante dans les huiles végétales, Leur effet hypocholestérolémiant est relativement modéré et s'exerce sur le c-LDL. Leur effet sur le HDL cholestérol (c-HDL) est variable selon les études. Aussi, il est bien établi que les AGPI n-3 ou w-3, l'acide alpha-linolénique (C18:3), l'acide eicosapentaénoïque (EPA, C20:5) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, C22:6), diminuent modérément le c-LDL et diminuent à forte dose les TG en inhibant la synthèse hépatique des lipoprotéines(VLDL). Cependant, ces w-3 contribuent à accroître le c-HDL et ainsi à réduire le risque cardiovasculaire.

D'autres facteurs nutritionnels ont également des effets importants sur le métabolisme des lipides, tels que les polyphénols, les tocophérols et les caroténoïdes grâce à leur activité antioxydante et pourraient ainsi jouer un rôle important dans la prévention des MCV. De même, les stérols végétaux abaissent le cholestérol par inhibition de son absorption intestinale.

L'exemple de l'huile d'argan en tant que huile alimentaire riche en acides gras insaturés et en antioxydants spécifiques est très intéressant à prendre comme model d'investigation pour la prévention nutritionnelle des MCV. En effet, l'huile d'argan extraite de l'arganier «*Argania spinosa*», est une huile typiquement marocaine, très anciennement connue et utilisée par l'Homme. Elle est utilisée en alimentation humaine, en cosmétologie et en médecine traditionnelle. Son rôle biologique très important a été de plus en plus démontré par différents travaux, menés aussi bien chez le rat que chez l'Homme. En effet, l'analyse chimique de l'huile d'argan a montré qu'elle est riche en acides gras insaturés (AGI), notamment l'acide oléique et l'acide linoléique et en antioxydants naturels tels que, les tocophérols, les polyphénols, les phytostérols, les caroténoïdes et le squalène.

Les travaux de recherches menés au sein de notre laboratoire de recherche sur les lipoprotéines et l'athérosclérose accordent depuis plus de dix ans un intérêt particulier à la connaissance scientifique des effets nutritionnels et pharmacologiques de l'huile d'argan pour une valorisation à l'échelle mondiale de ce produit. En effet, après avoir démontré une activité hypolipémiante et anti-oxydante de l'huile d'argan chez le sujet sain, nous nous sommes intéressés à rechercher ces mêmes activités chez le patient dyslipidémique et aussi le patient diabétique.

## **Etude de l'effet de l'huile d'argan sur le profil lipidique chez patients dyslipidémiques**

### *1. Caractéristiques des sujets recensés*

250 sujets dépistés au service d'Endocrinologie et des maladies métaboliques du CHU Ibn Sina de Rabat, ont été recensés pour participer à l'étude. Parmi les 250 sujets recensés, 76 étaient dyslipidémiques, dont 24 présentaient des critères d'exclusion. Donc, seulement 52 patients âgés de plus de 20 ans, répondaient aux critères d'inclusion. Les 52 patients inclus dans l'étude présentaient une dyslipidémie avec les différentes variantes. Ainsi 31 sont hypertriglycéridémiques, 27 ont un HDL-c bas, 22 sont hypercholestérolémiques, 21 ont un LDL-c élevé. Les caractéristiques anthropométriques et clinico-biologiques des 24 patients qui ont terminé l'étude sont présentées dans le tableau 1.



**Tableau 1** : Caractéristiques anthropométriques, cliniques et biologiques des patients inclus

Caractéristiques	Groupe contrôle (N= 9)	Groupe essai (N= 15)
Ratio H/F %	44/56	53/47
Age (ans)	52,1± 9,6	51,1± 5,6
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,6 ± 3,2	24,1 ± 2,4
PA systolique (mmHg)	131,5 ±10	129,5 ±13
PA diastolique (mmHg)	80,9 ± 9,5	79,9 ±14,5

## 2. Bilan lipidique après trois semaines d'intervention

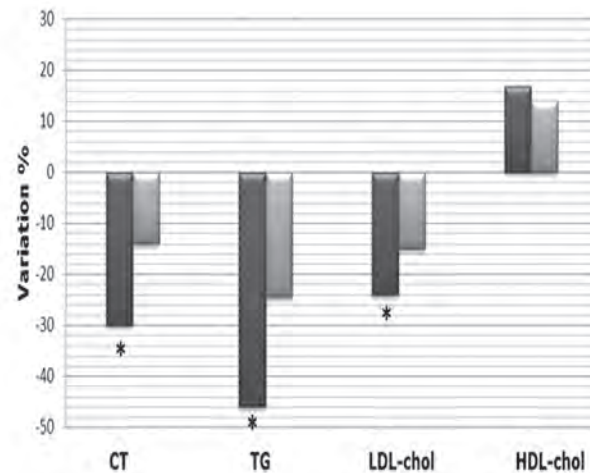
Les deux groupes de patients ont présenté une amélioration du profil lipidique après les trois semaines d'intervention avec une baisse du CT, des TG et du C-LDL et une augmentation du C-HDL. Cependant, la variation est plus importante dans le groupe consommateurs de l'huile d'argan que dans le groupe contrôle. Ainsi, les différences entre les 2 groupes contrôle et consommateurs d'huile d'argan étaient : 30 vs 14% pour le cholestérol total, 46 vs 24,5% pour les triglycérides, 24 vs 15% pour le cholestérol LDL, respectivement ( $p < 0,05$ ). Concernant le HDL-chol, aucune différence significative n'a été observée chez le groupe essai en comparaison avec le groupe contrôle après trois semaines d'intervention avec l'huile d'argan ( $p = 0,1$ ). Cependant, les deux groupes ont connus une augmentation du HDL-Chol significative à la fin de la phase d'intervention en comparaison avec la phase de stabilisation ( $p < 0,05$ ) (Figure 1 et Tableau 2)

**Tableau 2** : Résultats du profil lipidique après 3 semaines d'intervention

Groupes	Paramètres lipidiques (mg/dl)			
	T-chol	TG	HDL-chol	LDL-chol
Contrôle (n=9)	187 ± 07	132 ± 15	40 ± 17	122 ± 021
Essai (n=15)	149*± 13	87*± 27	45± 14	105*± 032

CT, cholestérol total ; TG, triglycérides ; HDL-c, cholestérol lié aux lipoprotéines de haute densité ; LDL, cholestérol lié aux lipoprotéines de basse densité, \*, différence significative entre les deux groupes.





**Figure 1 :** Variation du profil lipidique en % après 3 semaines d'intervention avec 25 ml d'huile d'argan pa jour.

LDL-chol, cholestérol lié aux LDL ; HDL-chol, cholestérol lié aux HDL ; \*, différence significative entre les deux groupes après intervention.

## II- Etude de l'effet de l'huile d'argan sur le profil lipidique et oxydatif chez les diabétiques de type 2

### 1- Analyse des paramètres anthropométriques et clinico-biologiques

Les données anthropométriques et clinico-biologiques sont résumés dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Caractéristiques anthropométriques et clinico-biologiques des patients inclus dans l'étude. IMC, index de masse corporelle ; PAS, pression artérielle systolique ; PAD, pression artérielle diastolique ; H, Homme ; F, Femme.**

Caractéristiques	Groupe d'essai	Groupe contrôle
H/F	23/20	22/21
Age moyen (ans)	52.09 ± 10.75	52.29 ± 10.51
Age moyen du diabète (ans)	7.63 ± 4.34	7.71 ± 4.8
Antécédents familiaux (%)	19.56	15.38
PAS moyen (mmHg)	12.00 ± 2.42	12.77 ± 2.43
PAD moyen (mmHg)	7.67 ± 1.28	7.74 ± 1.34
Hypertension (%)	26.08	23.03
Poids moyen (kg)	75.61 ± 13.08	76.03 ± 13.25
IMC moyen (kg/m <sup>2</sup> )	29.67 ± 5.00	29.71 ± 4.90
Surpoids (%)	26.08	25.64
Obésité (%)	19.57	21.76
Tour de taille moyen (cm)	100.79 ± 15.46	102 ± 14.92
Syndrome métabolique %	49.34	51.84



## 2- Analyse des paramètres biologiques

### Effet de l'huile d'argan sur le profil lipidique

Après 3 semaines d'intervention avec l'huile d'argan, le groupe d'essai présentait une amélioration significative des paramètres du bilan lipidique, tandis qu'aucun changement n'a été observé chez le groupe contrôle. Ainsi, chez le groupe d'essai, les triglycérides ont diminué de 11,84% ( $p=0,001$ ), le cholestérol total de 9,13% ( $p=0,01$ ), le LDL-cholestérol de 11,81% ( $p=0,02$ ). Les augmentations significatives du HDL-cholestérol et de l'apo A-I ont été 10,51%, ( $p=0,01$ ) et 9,40%, ( $p=0,045$ ) respectivement.

**Tableau 4 : Profil lipidique chez les patients diabétiques après intervention avec l'huile d'argan HDL-Chol, cholestérol lié aux lipoprotéines de haute densité ; LDL-Chol, cholestérol lié aux lipoprotéines de basse densité ; CT, Cholestérol Total ; TG, Triglycérides**

Groupes		T-chol (mg/dl)	TG (mg/dl)	LDL-chol (mg/dl)	HDL-chol (mg/dl)
Contrôle N=43	Après stabilisation (2 semaines)	191 ± 37	150 ± 56	127 ± 33	34 ± 5
	Après intervention (3 semaines)	192 ± 35	148 ± 54	127 ± 34	35 ± 5
	p	0,331	0,367	0,451	0,329
	Après stabilisation (2 semaines)	197 ± 35	152 ± 55	127 ± 39	39 ± 7
Essai N=43	Après intervention (3 semaines)	179* ± 36	134* ± 43	112*±33	43*±10
	p	0,012	0,001	0,024	0,013
	Après intervention (3 semaines)	179* ± 36	134* ± 43	112*±33	43*±10
	p	0,012	0,001	0,024	0,013

#### Effet de l'huile d'argan sur la susceptibilité des LDL à l'oxydation

La susceptibilité des LDL à la peroxydation lipidique, a connu une diminution importante chez le groupe essai. Tandis que chez le groupe contrôle, aucun changement n'a été observé. L'augmentation de la résistance des LDL à l'oxydation a été exprimée par l'augmentation de la phase de latence de la cinétique de formation des diènes conjugués lors de l'oxydation induite par le cuivre. Cette augmentation était de 20,95% ( $p=0,021$ ).

La vitesse maximale de la production des diènes conjugués (MR) a connu une diminution significative chez le groupe essai ( $p<0,05$ ) après trois semaines d'intervention avec l'huile d'argan. Tandis qu'aucun changement significatif n'a été observé chez le groupe contrôle.

Concernant la production maximale des diènes conjugués (MDP), les résultats sont similaires avec celles de MR et montrent une diminution significative chez le groupe essai et sans modification significative chez le contrôle.



Par conséquent, les résultats montrent que l'huile d'argan a augmenté significativement la résistance au statut oxydatif chez les diabétiques de type 2 après 3 semaines d'intervention.

Les résultats des différents paramètres d'oxydation sont présentés et détaillés dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Etude de la susceptibilité des LDL à l'oxydation après les 2 périodes de l'étude. LP, phase de latence ; MDP, production maximale de diènes ; MR, taux maximal de la production de diènes ; \*, différence significative. Résultats exprimés en moyen  $\pm$  écart type

Groupes		Paramètres de susceptibilité des LDL à l'oxydation		
		LP (min)	MR (mol diènes / mol LDL/min)	MDP (mol diènes / mol LDL)
Contrôle N= 43	Après stabilisation (2 semaines)	53,45 $\pm$ 2,3	3,83 $\pm$ 0,7	520,17 $\pm$ 8,12
	Après intervention (3 semaines)	52,70 $\pm$ 4,7	3,86 $\pm$ 1,2	521,80 $\pm$ 14,78
	p	0,189	0,207	0,180
Essai N= 43	Après stabilisation (2 semaines)	52,00 $\pm$ 3,50	3,88 $\pm$ 0,9	522,70 $\pm$ 13,08
	Après intervention (3 semaines)	63,10* $\pm$ 4,23	1,04* $\pm$ 0,4	338,60* $\pm$ 16,20
	p	0,027	0,031	0,019

## Discussion

Le présent travail a été entrepris dans le but d'étudier les propriétés nutritionnelles et pharmacologiques de l'huile d'argan en évaluant ses activités antiathérogènes (hypolipémiantes et antioxydantes) chez les patients dyslipidémiques et diabétiques de type 2 souffrants de troubles lipidiques. Il est aujourd'hui bien admis que l'ingestion des AGPI, des AGMI et des antioxydants peut contribuer à réduire l'incidence des maladies cardiovasculaires (MCV). Dans cette perspective, un grand nombre d'études expérimentales s'est intéressé à l'effet des huiles riches en AGI et/ou en antioxydants, telles que les huiles de poisson, de colza, de tournesol, d'olive ou de lin. Les études sur ces différentes huiles se sont multipliées, alors qu'à notre connaissance, aucun travail ne porte sur l'impact de la consommation de l'huile d'argan, endémique de la région sud-ouest marocaine, sur la recherche des effets antiathérogènes chez les patients souffrant de désordre métabolique. Pour cela, nous avons réalisé deux études d'intervention nutritionnelle avec l'huile d'argan chez les patients dyslipidémiques et diabétiques de type 2 souffrant d'une dyslipidémie.



Concernant le bilan lipidique chez les patients étudiés, nous avons pu démontrer que la supplémentation du régime alimentaire avec l'huile d'argan, a induit des effets bénéfiques sur les paramètres lipidiques. En effet, il est bien admis que la consommation des huiles végétales riches en acides gras insaturés diminue les taux des LDL-c sériques et augmente ceux des HDL-c (Richard et al., 1990). Plusieurs études ont montré que l'acide linoléique (présent en quantité importante dans l'huile d'argan) et ses dérivés présentent un effet hypolipémiant. Sur le plan mécanisme d'action, certains auteurs suggèrent que les acides gras insaturés agissent en augmentant l'expression des récepteurs LDL, ceci est très important sachant qu'une réduction de l'expression de ces récepteurs est bien observée chez les diabétiques (Duvillard et al., 2003). L'effet hypolipémiant de l'huile d'argan pourrait être expliqué aussi par l'activation des récepteurs PPAR (peroxisome proliferator activated receptor) via les acides gras insaturés contenus dans cette huile. En effet l'activation des récepteurs PPAR induit la régulation de l'expression de certains gènes, dont le gène codant pour l'apolipoprotéine B, nécessaire à l'assemblage et à la sécrétion des lipoprotéines riches en triglycérides.

Berrada et al., 2000, ont montré que l'huile d'argan, via ses acides gras polyinsaturés réduit significativement le cholestérol total, le LDL-cholestérol et les triglycérides après 7 semaines de consommation de cette huile chez le rat. Les mêmes résultats ont été observés après consommation de l'huile d'argan pendant 4 semaines chez le rat obèse (Adlouni et al., 2009). Aussi, l'effet hypotriglycéridémique de l'huile d'argan a été bien démontré chez les sujets sains (Derouiche et al., 2005).

Au niveau de sa fraction insaponifiable, l'huile d'argan se trouve riche en phytostérols connues pour leurs effets sur le profil lipidique. En effet les phytostérols entrent en compétition au niveau de l'absorption intestinale avec le cholestérol alimentaire en raison de leur similarité structurale. Ces composés faisant partie de la fraction insaponifiable de l'huile d'argan, diminuent le LDL-cholestérol d'environ 8 à 15% de façon dose-dépendante (Demonty et al., 2009).

La réduction des triglycérides et l'augmentation du HDL-c après consommation de l'huile d'argan pourrait en effet réduire le risque élevé de syndrome métabolique chez les diabétiques.

Pour le statut oxydatif, et malgré que les diabétiques de type 2 soient connus par leur profil oxydatif défaillant, dû à la libération des radicaux libres suite à une hyperglycémie chronique. Nos résultats ont montré des effets bénéfiques de l'huile d'argan sur la cinétique de l'oxydation des LDL isolés de la circulation sanguine des patients diabétiques en augmentant la résistance des LDL à l'oxydation. Ces résultats pourraient être dus principalement aux antioxydants contenus dans l'huile d'argan. En effet, cette huile est riche en polyphénols et tocophérols qui sont présents dans une proportion plus élevée par rapport à l'huile d'olive (637 mg/kg contre 258 mg/kg, respectivement) et surtout dans sa  $\gamma$ -isoforme (75%) (Khallouki et al., 2003) et qui sont connus par leur grande activité antioxydante (Masella et al., 2001). Ainsi, les LDL s'enrichissent avec les différents antioxydants ce qui réduit leur susceptibilité à l'oxydation. Drissi A. et al, 2004, ont montré que la vitamine E et les composés phénoliques extraits de l'huile d'argan inhibent l'oxydation des LDL chez les sujets sains. Egalement, cette réduction de la susceptibilité à l'oxydation pourrait être due à l'enrichissement des LDL des patients diabétiques en AGMI provenant de l'huile d'argan (Zieden et al., 2002). Cet effet antioxydant est très important surtout chez les sujets à haut risque cardiovasculaire comme les patients dyslipidémiques et diabétiques, sachant que la peroxydation lipidique des LDL constitue la première étape du développement de l'athérosclérose et la survenue des maladies cardiovasculaires.

En fin, les résultats obtenus dans nos deux études démontrent pour la première fois que l'huile d'argan induit des effets hypolipémiant et antioxydant chez les patients dyslipidémiques et diabétiques de type 2 souffrants d'une dyslipidémie ce qui fait de l'huile d'argan une huile importante dans la prise en charge nutritionnelle et la prévention des complications cardiovasculaires chez les personnes à haut risque cardiovasculaire comme les diabétiques.



## Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude sont intéressants parce qu'ils confirment les effets hypolipémiant et antioxydant de l'huile d'argan chez l'animal et le sujet sain et démontrent pour la première fois son efficacité dans la prise en charge des patients dyslipidémiques et diabétiques présentant une dyslipidémie.

## Références bibliographiques

- Keys A** (1982) L'épidémiologie cardiovasculaire des matières grasses dans le régime alimentaire et les décès dus aux affections coronaires. *Méd Chirg Digest* 11, 597-599
- Richard JL, Marin C, Maille M et al.** (1990) effect of dietary intake of gamma linolenic acid on blood lipids and phospholipid fatty acids in healthy human subject. *J Clin Biochem Nutr* 8 75-84
- Duvillard L, Florentin E, Lizard G et al.** (2003). Cell Surface Expression of LDL Receptor Is Decreased in Type 2 Diabetic Patients and Is Normalized by Insulin Therapy. *Diabet Care* 26, 1540-4
- Berrada Y, Settaf A, Baddouri K et al.** (2000) Experimental evidence of an antihypertensive and hypocholesterolemic effect of oil of organ, *Argania sideroxylon*. *Thérapie* 55, 375-8.
- Adlouni A, Cherki M, Khalil A et al.** (2009). Argan oil may reduce cardiovascular risk associated with obesity. *Atherosclerosis Suppl* vol. 10 Issue 2, S385
- Derouiche A, Cherki M, Drissi A et al.** (2005) Nutrition intervention study with argan oil in man: effects on lipids and apolipoproteins. *Ann Nutr Metab* 49, 196-201
- Demonty I, Ras RT, van der Knaap HC et al.** (2009) Continuous Dose-Response Relationship of the LDL-Cholesterol-Lowering Effect of Phytosterol Intake. *J Nutr* 2, 271-84
- Khallouki F, Younos C, Soulimani R et al.** (2003) Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids tocopherols, squalene, sterols, and phenolic compounds should confer valuable cancer chemo-preventive effects. *Eur J Cancer Prev* 12, 67-75
- Masella R, Giovannini C, Vari R et al.** (2001) Effect of dietary virgin olive oil phenols on low density lipoprotein oxidation in hyperlipidemic patients. *Lipids* 36, 1195-1202
- Drissi A, Girona J, Cherki M et al.** (2004) Evidence of hypolipemiant and antioxydant properties of argan oil derived from the argan tree (*argania spinosa*). *Clin Nutr* 23, 1159-66
- Zieden B, Kaminskas A, Kristenson M et al.** (2002). Long chain PUFA may account for higher low-density lipoprotein oxidation susceptibility in Lithuanian compared to Swedish men. *Scand J Clin Lab Invest* 62, 307-314



# Recherche et sauvegarde de l'arganier : rôle de la Fondation Mohammed VI pour la Recherche et la Sauvegarde de l'Arganier (FMVI-RSA)

Katim Alaoui

Directrice Générale de la Fondation Mohammed VI  
pour la Recherche et la Sauvegarde de l'Arganier FMVI-RSA  
Responsable de l'Equipe de Recherche  
de Toxicopharmacodynamie ERTP Accréditée 07/07  
Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat  
BP 6203, Rabat Instituts, Agdal, Rabat, Maroc  
alaouikma@yahoo.fr

## **Résumé**

Les atouts importants de l'Arganier ont entraîné un surpâturage et une surexploitation, générant une déforestation accélérée tout au long du siècle dernier. La Fondation Mohammed VI pour la Recherche et la Sauvegarde de l'Arganier FMVI-RSA, présidée par Mr André Azoulay, Conseiller de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, a été créée en mai 2004. Elle a immédiatement promu et coordonné la mise en place juridique au Maroc de l'Indication Géographique Protégée IGP, outil de protection appliqué aujourd'hui à l'huile d'argan. Elle a de même initié et mis en place un programme de sensibilisation des populations à l'utilisation de l'énergie solaire pour leur usage quotidien de cuisson, primé en 2008 par le ministère français de l'Environnement et du Développement Durable au vu de l'économie de bois qu'il peut générer, soit entre 5 et 10 kg/jour/cuiseur. De même, la Fondation s'allie au Ministère de la Santé pour nombre d'actions dont la lutte contre les morsures de scorpions enregistrées lors du ramassage des noix d'argan par les femmes en arganeraie, à l'ODCO pour renforcer le statut des coopératives féminines de production d'huile d'argan, au Département de la Recherche Scientifique dans le cadre de la coordination de projets de recherche ou encore au HCEFLCD autour de programmes de reboisement. Elle accorde pour cela une large place aux différents partenariats qu'elle peut nouer, notamment avec les entreprises cosmétiques internationales axées sur l'utilisation de l'huile d'argan, afin de mieux faire bénéficier les populations arganières des retombées socio-économiques du développement de la filière.

**Mots Clés :** *Fondation Mohammed VI – Recherche – Sauvegarde – Arganier*





## Abstract

The important assets of the Argan tree leads to an overgrazing and an overexploitation, generating an accelerated deforestation throughout the last century. The Mohammed VI Foundation for the Research and the Protection of the Argan tree (FMVI-RSA), chaired by Mr André Azoulay, Adviser of His Majesty the King Mohammed VI, was created in May, 2004. It immediately promoted and coordinated the legal implementation in Morocco of the Geographical Protected Indication IGP, tool of protection applied today to the argan oil. It introduced also and set up an awareness program of the populations in the use of the solar energy for their daily use of cooking, dominated in 2008 by the French Ministry for the Environment and of the Sustainable Development in view of the wooden economy which can be generated, between 5 and 10 kg/day/solar cooker.

Also, the Foundation becomes allied to the Ministry of Health for many actions of which it fight against the bites of scorpions recorded during the collection of the walnuts of argan tree by the women in argan forest, to the ODCO to strengthen the status of the feminine cooperatives of production of argan oil, to the Department of the Scientific Research within the framework of the coordination of projects of research or still to the HCEFLCD around programs of reforestation. It grants for it a wide place to various partnerships, in particular with the international cosmetic companies centred on the use of the argan oil, to make better benefit the populations of the socioeconomic effects from the development of the sector.

**Key Words:** *Foundation Mohammed VI – Research – Protection – Argan tree*

## Structure

Association Marocaine régie par le Dahir du 15 Novembre 1958 complété et modifié par le Dahir N°01-02-206 du 23 Juillet 2002

## Création

09 Mai 2004 à Essaouira

## Dirigeants

Président : André Azoulay

Directrice Générale : Katim Alaoui

## Activités

Promotion et Coordination de projets de recherche sur l'arganier, de protection de l'arganeraie, d'optimisation de la filière huile d'argan et de développement des populations arganières.

## Missions

L'arganier, arbre endémique du Maroc, date de 65 millions d'années. Deuxième essence forestière marocaine après le chêne vert, elle couvre actuellement près de 870 000 ha, avec une densité de 10 à 50 arbres/ha. Une surexploitation et un abattage abusif tout au long du siècle dernier ont induit une déforestation évaluée à 600 ha perdus chaque année. Il s'agit d'une véritable menace écologique au vu du rôle déterminant que joue l'arganier dans la lutte contre l'érosion et la désertification, et ce grâce notamment à son puissant système racinaire. La menace est également socio-économique puisque, grâce essentiellement à la production d'huile d'argan, l'arganier assure plus de 7 millions de journées de travail familial par an, la population vivant de l'arganier de manière directe ou indirecte étant estimée à 3 millions de marocains.

La Fondation oeuvre pour un équilibre écologique, social et économique.



## Objectifs

Coordination de la recherche scientifique sur l'arganier; Développement et protection des équilibres naturels ; Protection juridique de l'exploitation des forêts d'arganier ; Amélioration du niveau de vie des populations des arganeraies ; Assurance de la qualité des produits de l'arganier ; Actualisation continue des données sur l'arganier.

## Principales réalisations

2004/08 : Promotion et coordination de la mise en place de l'outil de protection juridique Indication Géographique au Maroc, applicable à l'Huile d'Argan et à tous les produits spécifiquement marocains.

2006/2010 : Opérations en milieu scolaire rural, Province d'Essaouira, « Cuiseurs Solaires en Arganeraie » basées sur l'économie de 5 à 10 kg de bois par jour et par cuiseur/Partenariat CDG/ Fondation Prince Albert II Monaco/Conseil Général Pyrénées Orientales, récompensée par le Prix Entreprises et Environnement 2008 du Ministère Français de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

Depuis 2004 : Equipement Centres de Santé en Arganeraie, Campagnes « Lutte antiscorpionique en Arganeraie »/Centre AntiPoison Marocain, Ministère de la Santé ; Recensement des travaux de recherche sur l'Arganier/ Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

2007-2009 : Appui au projet de réforme du texte régissant la gouvernance des coopératives, ODCO.

2008 : Election au GNT, Groupe National de Travail chargé de la Rédaction des Normes de Certification de la Forêt Marocaine/WWF (Chambre Sociale)

2008 : Financement du Centre de l'Education à l'Environnement au sein de l'Ecole Sidi Bouzekri, Smimou/Laboratoires CooperMaroc

2008-09 : Sensibilisation des écotouristes à l'importance écologique et économique de l'arganier par les circuits randonnées/Partenariat Ecotourisme et Randonnées

2009 : Organisation pour les institutionnels et les producteurs de séminaires (Sensibilisation et Formation) aux Outils de Protection Européens des Produits du Patrimoine Marocain/Partenariat Medibtikar/Maroc Export

2009: Reboisement de 4300 arganiers, Province d'Essaouira/Partenariat HCEFLCD/ Galenic Pierre Fabre, Opération 1 Euro reversé à la Fondation par produit vendu.

2004-2009 : Organisation des Journées Scientifiques de l'Arganier/Partenariat Pierre Fabre (Castres, Essaouira, Agadir et Sorèze)

2010 : Reboisement 10.000 arganiers, Province d'Essaouira/Partenariat HCEFLCD /Fondation Yves Rocher.

## Projets en cours

2007-2014 : Mise en place du premier Four Solaire en Afrique (FSD), à Safi, basé sur l'économie de 110 ha de forêt par an /Partenariat Groupe OCP

2009-2012 : Transmission du savoir-faire et revitalisation de la filière, Protection des Femmes de l'Arganeraie en tant que Trésors Vivants de l'Humanité auprès de l'Unesco/Partenariat PlanetFinance

2012 : Opérations Cuiseurs Solaires 4<sup>ième</sup> Ecole en Arganeraie/Association des Etudiants de l'Ecole des Mines, Paris.



# Détection de l'adulteration de l'huile d'argane par des huiles végétales vierges et raffinées

Nadia MAATA<sup>1,2</sup>, Badr Kartah<sup>1</sup>, Hicham HARHAR<sup>1</sup>, Said GHARBY<sup>1</sup>,  
El maati Benazzouz<sup>2</sup>, Dominique GUILLAUME<sup>3</sup>, et Zoubida CHARROUF<sup>3</sup>,

1- Laboratoire C.P.S.O.B, Faculté des Sciences, Université Mohammed V, (Maroc) ;  
2- Laboratoire Officiel d'Analyses et de Recherches de Casablanca  
3- Laboratoire de Chimie thérapeutique, 51 rue Cognac Jay, 51100 Reims (France) ;  
maata.loarc@yahoo.fr ;Tel:0663132630

## Résumé

La grande différence de prix entre l'huile d'argane et les autres huiles végétales vierges et raffinées peut entraîner des tentations de falsification.

Une falsification peut consister à introduire des huiles de moindre coût dans l'huile d'argane. A cet effet, l'étude de mélanges d'huile d'argane avec d'autres huiles végétales vierges et raffinées telles que les huiles de soja, de tournesol, de colza, d'arachide, de sésame, d'abricot, d'olive et de noisette à des taux de 1,2 et 5%, a été menée pour rechercher le marqueur -ou la combinaison de marqueurs- à même de détecter ces mélanges.

Les critères physico chimiques qui ont été étudiés pour la recherche d'une telle adultération sont : la composition en acides gras, la composition en stérols, la composition en triglycérides, la composition en tocophérols et la teneur en stigmastadiène. Cette étude montre que la recherche d'adultération des huiles d'argane par des huiles raffinées ou des huiles vierges doit faire appel à la détermination et la caractérisation de plusieurs critères de pureté.

**MOTS CLE :** huile d'argane, adulteration, marqueurs, huiles vierges, huiles raffinées

## Abstract

The difference in price between argan oil and other virgin and refined vegetable oils can lead to adulteration.

Adulteration can result from the introduction of lower-cost oil in argan oil.

For this purpose, the study of mixtures of argan oil with other virgin and refined vegetable oils such as soybean, sunflower, rapeseed, peanut, sesame, apricot, olive and hazelnut at levels of 1.2 and 5%, was conducted to find a marker, or combination of markers, detectable in such mixtures. The physico-chemical criteria studied to search for such adulteration are the fatty acid composition, sterol composition, triglyceride composition, the composition of tocopherols and stigmastadienes content. This study shows that the search of argan oil adulteration by refined oils and virgin oils should involve the identification and characterization of several criteria of purity.

**KEY WORDS :** Argan oil, adultery, markers, virgin olive oil, refined oils



## Introduction

La production de l'huile d'argane a connu un grand développement ces dernières années.

Initialement destinée à une consommation domestique, l'huile d'argane entre dorénavant dans la composition de nombreux produits cosmétiques.

L'huile d'argane a fait l'objet d'une forte médiatisation de ses bienfaits sur la santé et en cosmétologie.

Cette huile est très appréciée pour ces qualités nutritionnelles, elle est très riche en acides gras polyinsaturés (oméga 6) et en antioxydants (tocophérols) [1].

L'huile d'argan est produite avec un faible rendement et sa préparation prend du temps : pour 1 Litre d'huile, il faut 20H de travail [2].

En conséquence, le prix de l'huile d'argan est élevé comparativement aux autres huiles végétales ce qui a pour conséquence des tentations de falsification.

Des travaux antérieurs de notre équipe sur l'adultération de l'huile d'argane par les huiles vierges ont permis de mettre au point une méthode de détection des fraudes à 5% maximum en se basant sur le campesterol [3]. Ce seuil de détection pourra être inférieur à ce taux si l'adultération se fait par des huiles raffinées.

Le but de notre étude vise à identifier des marqueurs permettant de détecter les adultérations des huiles d'argane par des huiles raffinées de soja, de colza, de tournesol et d'olive, en déterminant différents critères de pureté. Dans le domaine des corps gras, les déterminations de la composition en acides gras et en stérols par CPG ont permis depuis des décennies pour contrôler la pureté des corps gras. Toutefois, des techniques complémentaires telles que les dosages des tocophérols et des triglycérides par HPLC et des stigmastadiènes par CPG sont devenues nécessaires pour émettre un avis sur la pureté du produit contrôlé [4].

## Matériels et Méthodes :

### ***Préparation des mélanges : huile d'argane et huiles végétales***

Les huiles végétales (soja, colza, tournesol et olive) ont été mélangées à l'huile d'argane à des taux de 1, 2 et 5%, après les avoir caractérisées sur le plan de leur composition chimique.

### ***Méthodes d'analyse appliquées :***

- Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse : ISO 3656 [5]
- Composition en stérols par chromatographie en phase gazeuse : COI/T.20/Doc. N°10 [6]
- Composition en triglycérides par chromatographie en phase liquide à haute pression : UICPA n° 2.0324 [7]
- Composition en tocophérols par chromatographie en phase liquide à haute pression : ISO 9936 [8]
- Teneur en stigmastadiènes par chromatographie en phase gazeuse : COI/T.20/Doc. N°11[9] et COI/T.20/Doc. N°16 [10]



## Résultats et discussion

### **Utilisation de l'analyse des acides gras :**

Il est d'usage de débiter une analyse de recherche d'adultération par la caractérisation de sa composition en acides gras [4].

L'huile d'argane renferme environ 80% d'acides gras insaturés. Elle est de type oléique - linoléique, mais elle est très pauvre en acide linoléique (moins de 0.3%) [11]. La teneur de cet acide gras est relativement plus élevée dans les autres huiles comme l'huile de soja (4.5-11.0), l'huile de colza (5.0-14.0) [12] et l'huile d'olive ( $\leq 1\%$ ) [13].

Cet acide gras peut être utilisé comme un marqueur d'adultération.

**Tableau 1: Résultat de la composition en acides gras des mélanges d'huile d'argane avec des huiles végétales raffinées (soja, colza, tournesol et olive)**

Acides gras/ type d'huile	ARGANE /SOJA			ARGANE /COLZA			ARGANE / TOURNESOL			ARGANE / OLIVE		
	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5
C14:0	-	-	0.11	-	-	0.13	-	-	0.12	-	-	0.11
C16:0	12.90	12.83	12.76	12.44	12.70	12.42	12.81	12.68	12.54	12.87	12.82	12.79
C16:1	0.07	0.07	0.05	0.08	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06	0.09	0.08
C18:0	6.10	6.15	6.10	5.90	6.08	5.95	6.14	6.11	6.14	6.09	6.07	6.03
C18:1	45.44	45.23	44.42	46.52	46.09	46.76	45.52	45.35	45.18	46.00	46.42	47.38
C18:2	34.31	34.50	35.14	33.72	33.27	33.07	34.33	34.78	35.08	33.97	33.48	32.59
C18:3	0.19	0.31	0.60	0.31	0.69	0.72	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.17

La composition en acides gras à travers le pourcentage de l'acide linoléique permet de mettre en évidence une adultération de l'huile d'argane par les huiles à forte teneur en acide linoléique (colza, Soja...) à un taux de 5% du fait que la teneur en cet acide dans les mélanges dépasse le maximum de 0,3% dans l'huile d'argane.

L'adultération de l'huile d'argane par les huiles à faible teneur en acide linoléique (olive, tournesol, arachide...) ne peut pas être détectée par ce paramètre.

### **Utilisation de l'analyse des stérols :**

Les huiles végétales sont caractérisées par la présence de stérols spécifiques et/ou par leur composition centésimale.

La composition en stérols de l'huile d'argane est caractérisée par l'absence du beta sitostérol et la présence de deux stérols caractéristiques : le Spinastérol et le Schotenol ainsi qu'une teneur en campesterol ne dépassant pas 0.4%. [14-15]

Le beta sitostérol pourrait constituer un bon marqueur d'adultération, mais son temps de rétention est presque identique à celui du spinasterol, ce qui pose un problème d'identification. Le campesterol ne dépassant pas 0.4% dans l'huile d'argane, il peut donc être utilisé comme marqueur pour la détection des huiles à teneur élevée en campesterol telles que les huiles de soja, de tournesol ou de colza); [3].

La présence de brassicastérol permet de mettre en évidence la présence d'huile de colza.



**Tableau 2: Résultat de la composition en stérols des mélanges d'huile d'argane avec des huiles végétales raffinées (soja, colza, tournesol et olive)**

Sterol /type d'huile	ARGANE/SOJA			ARGANE/COLZA			ARGANE/TOURNESOL			ARGANE/OLIVE		
	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5	99/1	98/2	95/5
cholesterol	0.29	0.07	0.13	0.14	0.09	0.24	0.00	0.08	0.08	0.22	0.14	0.08
Brassicasterol	-	-	-	0.65	1.11	2.27	-	-	-	-	-	-
campésterol	0.95	1.36	2.53	2.34	4.09	8.04	0.60	0.87	1.26	0.16	0.29	0.51
stigmasterol	0.50	0.49	0.54	0.43	0.53	1.95	0.18	0.47	0.77	0.39	0.29	0.52
Stigmasta 8,22, diène 3 $\beta$ -ol	3.75	4.39	1.99	3.77	4.33	3.24	3.75	4.41	3.88	3.72	4.54	3.79
$\beta$ -sitosterol	0.84	0.79	0.85	0.78	0.88	0.74	1.07	0.81	0.85	0.83	0.85	0.80
Spinasterol	41.0	39.55	41.57	39.86	38.77	42.73	38.74	40.41	41.76	39.94	40.17	42.89
$\Delta$ 5 avénasterol	3.06	3.70	3.15	2.94	4.13	2.83	3.18	3.65	3.01	2.81	3.90	3.34
$\Delta$ 7stigmasterol	1.26	1.23	1.13	1.22	1.17	0.99	1.47	1.23	1.23	1.37	1.22	1.28
schotténol	43.17	42.84	38.46	43.19	40.02	33.49	45.54	42.75	41.83	45.65	43.86	42.93
$\Delta$ 7 avénasterol	4.12	4.18	3.88	4.12	3.61	2.93	4.16	4.34	4.06	4.39	4.14	3.94
Stérols totaux (mg/Kg)	181	184	193	183	200	244	182	183	189	185	182	196

D'après les résultats obtenus, la composition en stérols permet de détecter la falsification de l'huile d'argane par une huile de colza, de soja et de tournesol à un taux de 1%, la teneur en campésterol étant supérieure à 0,4% dans les mélanges.

Par contre une huile d'olive ne peut être détectée qu'à un taux de 5%.

### **Utilisation de l'analyse des triglycérides**

La chromatographie liquide, appliquée à l'analyse des triglycérides des huiles végétales, est utilisée dans les laboratoires depuis plus de vingt ans pour caractériser les corps gras bien qu'il n'existe que très peu de recueil de ces données [4].



**Tableau 3** : Résultat de la composition en triglycérides

TG/ type d'huile	H. ARGANE	H. SOJA	H. COLZA	H. TOURNESOL	H. OLIVE	ARGANE /SOJA 95/5	ARGANE /COLZA 95/5	ARGANE /TOURNESOL 95/5	ARGANE /OLIVE 95/5
LLL	7.45	19.08	1.01	22.01	0.40	7.77	7.32	7.82	7.28
LLO	13.68	20.13	7.40	28.81	3.52	13.56	13.51	13.95	13.01
LLP	6.22	12.89	12.17	7.36	1.83	6.63	6.23	6.30	6.21
LOO	15.17	7.55	22.15	14.82	17.33	14.71	14.97	14.96	14.93
LOP	14.23	7.92	6.7	11.18	6.38	14.07	13.99	14.10	13.83
PPL	1.94	1.61	-	0.21	0.49	1.97	1.92	1.90	1.91
OOO	13.21	2.01	26.49	5.60	38.79	12.64	13.12	12.75	14.07
POO	16.34	1.37	4.66	5.87	19.57	15.78	16.04	18.87	16.17

L'analyse des triglycérides ne permet pas de détecter les adultérations des huiles d'argane par les autres huiles végétales. Les mélanges à 5% présentent des compositions en triglycérides proches de celle d'une huile d'argane pure.

### **Utilisation de l'analyse des tocophérols**

Les tocophérols ont une activité vitaminique et antioxydante. L'huile d'argane est riche en tocophérols totaux (600 à 900mg/Kg) et plus spécialement le gamma tocophérol dont la valeur varie entre 81 et 92%.

**Tableau 4** : résultat de la composition en tocophérols

Tocopherol/ type d'huile	H. ARGANE	H. SOJA	H. COLZA	H. TOURNESOL	H. OLIVE	ARGANE/ SOJA 95/5	ARGAN/ COLZA 95/5	ARGANE/ TOURNESOL 95/5	ARGANE/ OLIVE 95/5
Tocopherol s totaux en mg/ Kg	781	864	803	626	146	781	721	747	733
- tocopherol	47	121	210	612	121	48	46	64	47
- tocopherol	4	30	2.5	1	16	4	4	3	3
- tocopherol	682	403	598	5	3	675	627	634	638
- tocopherol	48	310	1.5	8	6	54	44	46	45

La détermination de la teneur en tocophérols ne permet pas de mettre en évidence l'adultération des huiles d'argane par les autres huiles végétales. Les mélanges à 5% présentent des compositions en tocophérols proches de celle d'une huile d'argane pure.

### **Mise en évidence d'huile raffinée dans une huile vierge**

La détermination du coefficient spécifique d'extinction dans l'ultra violet à 270 nm (K270) et le dosage des acides gras trans, par chromatographie en phase gazeuse, peuvent être utilisés pour mettre en évidence des ajouts d'huile raffinée dans des huiles vierges.

Ces critères analytiques ne sont pas suffisants pour éviter toutes fraudes [4].

Le dosage des stigmastadiènes a été intégré à la panoplie analytique de l'huile d'argane.

Ces composés sont issus de la déshydratation du sitostérol, composé prépondérant dans les stérols de plusieurs huiles végétales : olive, colza, tournesol, soja... lors d'opération de raffinage et particulièrement lors de la désodorisation et du passage sur terre activée.



**Tableau 6 : Résultat de la détermination de la teneur en stigmastadiènes**

stigmastadiènes/ type d'huile	H. ARGANE	H. SOJA RAFFINÉE	H. COLZA RAFFINÉE	H. TOURNESOL RAFFINÉE	H. OLIVE RAFFINÉE	ARGANE /SOJA 99/1	ARGANE /COLZA 99/1	ARGANE/ TOURNESOL 99/1	ARGANE /OLIVE 98/1
Stigmastadiènes en mg/Kg	<0,01	22.82	21.2	16.32	21.15	0.15	0.15	0.16	0.16

La détermination de la teneur en stigmastadiènes permet de mettre en évidence l'adultération des huiles d'argane par les autres huiles végétales raffinées à un taux de 1%.

## Conclusion

Cette étude a permis d'identifier les marqueurs à même de détecter les adultérations des huiles d'argane par des huiles végétales raffinées ou vierges en faisant appel à la combinaison de plusieurs critères de pureté et à l'utilisation d'outils techniques diversifiés (chimie classique et techniques instrumentales plus sophistiquées). La détermination des pourcentages d'acide linoléique, du campesterol et de la teneur en stigmastadiènes sont des critères très utiles pour déterminer la pureté de l'huile d'argane.

## Références Bibliographiques

- [1] **Charrouf Z., Guillaume D., Driouich A.** (2002) The argan tree, an asset for Morocco (in French), Biofutur 220:54-57
- [2] **Charrouf Z, Guillaume D** (2002) Secondary metabolites from *Argania spinosa* (L) Skeels. Phytochem Rev 1:345-354
- [3] **Hilali, M; Charrouf, Z; El Soulhi, A.; Hachimi, L; Guillaume, D. Detection of argan oil adulteration using campesterol GC-analysis. J Am Oil Chem Soc.** (2007), Vol 84, 761-764.
- [4] **Denis Ollivier** Recherche d'adultération dans les huiles végétales : application à la qualité des huiles vierges et notamment de l'huile d'olive Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 10, Numéro 4, 315-20, (Juillet-Août 2003), Problématiques actuelles dans le domaine de l'analyse des oléagineux et des corps gras
- [5] **ISO 5508** : Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (juin 1995)
- [6] **COI/T.20/Doc. N°10** : Composition en stérols par chromatographie en phase gazeuse (2001)
- [7] **UICPA n° 2.0324** : Composition en triglycérides par chromatographie en phase liquide à haute pression.
- [8] **NF ISO 9936** : Composition en tocophérols par chromatographie en phase liquide à haute pression (Janvier 2002)
- [9] **COI/T.20/Doc. N°11** : Teneur en stigmastadiènes par chromatographie en phase gazeuse dans les huiles végétales (2001)
- [10] **COI/T.20/Doc. N°16** : Teneur en stigmastadiènes par chromatographie en phase gazeuse dans l'huile d'olive (2001)
- [11] **NM 08.5.090** : Huiles d'Argane : spécifications (2003)
- [12] **CODEX STAN 210-1999** : Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique (Amendé 2005, 2011)
- [13] **COI/NCn°3/Rev.4**: Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignon d'olive. (Novembre 2009)
- [14] **Hilali, M.; Charrouf, Z.; El Aziz Soulhi, A.; Hachimi, L.; Guillaume, D.** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. J. Agric. Food Chem. (2005), 53, 2081-2087.
- [15] **Matthaus, B.; Guillaume, D.; Gharby, S.; Haddad, A.; Harhar, H.; Charrouf, Z.** Effect of processing on the quality of edible argan oil. Food chemistry, (2010), 120, 426-432.





# Nematicidal and fertilizing impact of argan, castor and neem cake on organic cucurbits (cucumber and melon) grown under greenhouse in Agadir region (southwestern of Morocco)

K. AZIM<sup>1</sup>, Z. FERJI<sup>2</sup> & L. KENNY<sup>2</sup>

1 - Institut National de la Recherche Agronomique, CRRA Agadir BP : 124 Inzegane 80350, Morocco. Email : azim.khalid@yahoo.fr

2 - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. CHA, BP 18/S Agadir, Morocco. Email: ferji@iavcha.ac.ma; kenny@iavcha.ac.ma

## **Summary**

The aim of this work is to evaluate the impact of oil cake amendments (argan; neem; castor cake and ground castor leaves) on the control of root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*), affecting cucumber and melon; on soil fertility; on agronomic parameters of cucumber under greenhouse in south-western Morocco. In cucumber growing-greenhouse, experimental results showed a reduction of gall formation, soil nematodes density, root rot infestation, and improvement of plant height and yield as compared to the control. Argan cake improved yield 112% more than the control. Generally, argan cake gave better results compared to the other treatments. In pots experiment on melon, maximum suppression (100%) of root knots and soil larvae population were found with argan; castor cake and ground argan shoot; while neem cake was less effective. Argan cake resulted in 24% increase in fresh weight compared to the infested control, while ground argan shoot enormously decreased both height and weight.

**Keywords:** Organic agriculture, *Meloidogyne spp.*, argan cake, castor, neem, cucurbits.



## ***L'effet nématocide et fertilisant des tourteaux d'argan, ricin et neem sur les cucurbitacées biologiques (concombre et melon) cultivées sous serre dans la région d'agadir (sud du maroc)***

### **résumé**

Le but de ce travail est d'évaluer l'effet nématocide des tourteaux d'argan, neem, ricin et du broyat de ricin sur *Meloidogyne* spp., qui affecte le concombre et le melon, ainsi que leurs effets sur la fertilité du sol, la croissance et le rendement du concombre et du melon sous serre dans le sud-ouest du Maroc. Sur le concombre, les résultats expérimentaux ont montré une réduction des galles, de la densité des nématodes dans le sol, de l'infestation des racines. Parallèlement, l'accroissement de la hauteur des plantes et de leur rendement a été mis en évidence par rapport au témoin infesté. Le tourteau d'argan a amélioré le rendement de 112% par rapport au témoin positif. Généralement, le tourteau d'argan a assuré des résultats plus performants que les autres traitements. Dans l'essai en pots sur le melon, la suppression maximale (100%) des galles et des larves J2 a été obtenue par les tourteaux d'argan, de ricin et le broyat d'argan. Le tourteau d'argan a déterminé un gain de 24% du poids frais comparé au témoin infesté, tandis que le broyat d'argane réduit considérablement tant la hauteur que le poids.

**Mot clés :** Agriculture biologique, *Meloidogyne* spp, tourteau d'argan, ricin, neem, cucurbitacées

### **Introduction**

In organic agriculture, nematode control is essentially done by preventive measures. Several tools and strategies (cover crops; crop rotation; soil solarization and resistant varieties...) work best in healthy soil with sufficient organic matter. A well balanced soil ecosystem will support a wide variety of biological control organisms that will help keep nematode pest populations in check (Dufour *and al*, 2003). Vegetable crops are attacked by a wide range of nematodes, but root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are probably their most serious enemies, with certain predilection for melon and cucumber (Bertrand, 2001). In Morocco, the most frequent species is *M. javanica* (Chahidi, 1985; Ferji and De Waele, 1998). Chahidi (1985) signaled a frequency of 85.7% of infestation in the region of Souss-Massa (Agadir).

As biological mean, several oil cakes have been tested for their anti-nematodes effect. Cakes of mustard Brassica juncea (Akhtar and Alam, 1991), of olive (Hossain and al., 1992), of cotton (Abid and al., 1992), of the neem Azadirachta indica (Akhtar, 2000), of castor Ricinus communis and ground castor (Laghdaf, 2004). Others appeared efficient against several nematodes, especially *Meloidogyne* spp. By the way, cakes of oleaginous plants seem especially to be efficient against nematodes (Singh and, 1986). The organic amendments (neem, castor and ground castor) have also a fertilizing effect, they enrich soil with organic matter, in total nitrogen as well as in phosphorus; they also have increased tomato yield by 15% compared to the control in Souss-Massa region (Laghdaf, 2004).

Two experiments have been undertaken to evaluate the impact of oil cakes in controlling nematodes, and fertilizing performance as organic amendments on soil fertility and cucumber/melon agronomic parameters under greenhouse conditions in Souss-Massa region (southwestern of Morocco).



## Experiment 1: Effect of the oil cakes on nematodes, cucumber yield and height and soil fertility (field experiment)

### MATERIALS AND METHODS

#### a. *Amendments*

The soil has a sandy texture, and fairly alkaline. It is poor in organic matter and in total nitrogen. Its contents in major elements are low. Castor cake (CC) and neem cake (NC), were imported from Srilanka (southeastern Asia). The dose used is 5 T/ha (Ctifl, 2001). They are organic amendments with mainly nematicidal action in addition to their fertilizing effect. The ground cake (GC) (*Ricinus communis*) is made of ground shoot: leaves, branches and seeds. Before grinding, shoots should be dried in an oven at a temperature of 70°C and a relative humidity equal to 75%. The dose used is 200g/plant, this dose is sufficient for highly soil nematode density, and don't cause phytotoxicity (Ferji, Pers. Comm). Cakes of oleaginous plants seem, especially to be efficient against nematodes; argan by products particularly oil cake are therefore one of these products that can exert an anti-nematode effect on nematodes (Kenny, Pers. Comm).

The amendments have been done on a sandy loamy soil heavily infested with root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) with an average of 487 J2.500cc-1 of soil. The light intensity and nematodes density were two gradients of suspected heterogeneity. Thus a complete randomized bloc was used with 6 replicates. Each bloc contains 5 experimental units with 18 plants per each one. Cucumber transplantation was done 20 days after the amendment.

The statistical analysis has been made by the SPSS 10.fr software for the analysis of the variance, and the multiple mean comparisons was made according to the test of Student Newman and Keuls with 5% risk level.

#### a. *Effect of oil cake amendments on Meloidogyne spp. Population*

Soil samples were taken once before the amendment and each month after the transplantation. Nematodes extraction was performed using the method of Baermann (1917), and the numbering was done under the binocular gnarl (40X) based on the morphological characters of J2 larvae. At the end of the cropping cycle (3 months), cucumber plants have been taken out, and had their roots indexed following Zeek (1971) method.

#### b. *Effect of oil cakes amendment on plant growth and yield*

After the transplantation, heights of five representative plants per plot were measured from the crown to the apex each fortnight. By the other side, the cumulative and the final yield of cucumber were recorded respectively during and at the end of the cropping cycle for each experimental unit.

#### c. *Effect of oil cakes amendment on soil fertility parameters*

A part of the same soil samples that were taken to nematode population assessment were subjected to chemical analysis using the appropriate methods as follows: Soil pH was determined in a soil saturated past extract (1/2.5 Extract Ratio) using a glass electrode pH- meter (Rhoades, 1982). The EC was measured in the saturated past extract (1/5 Extract Ratio) using electrical conductivity meter at 25°C. Soil organic matter (OM) content was analyzed by WALKLEY and BLACK Method; KJELDAHLS method for total nitrogen; OLSEN method for available phosphorus and WIKLANDER method for exchangeable potassium.



## RESULTS AND DISCUSSION

After the amendment of the oil cakes, the population density got extremely reduced to a few larvae (average = 6 J2/500cc) with a very highly significant difference (at  $p < 0.001$ ) between all treatments and the control which was still highly infested but less than the initial value (Figure 1). The decrease of larvae number in the control plots is maybe due to their penetration inside cucumber roots. Nematodes management was efficient during the first two months after the amendments, but after, the population of J2 larvae started to increase within the soil especially in argan cake and ground castor amended plots, while the other plots didn't show an important increasing.

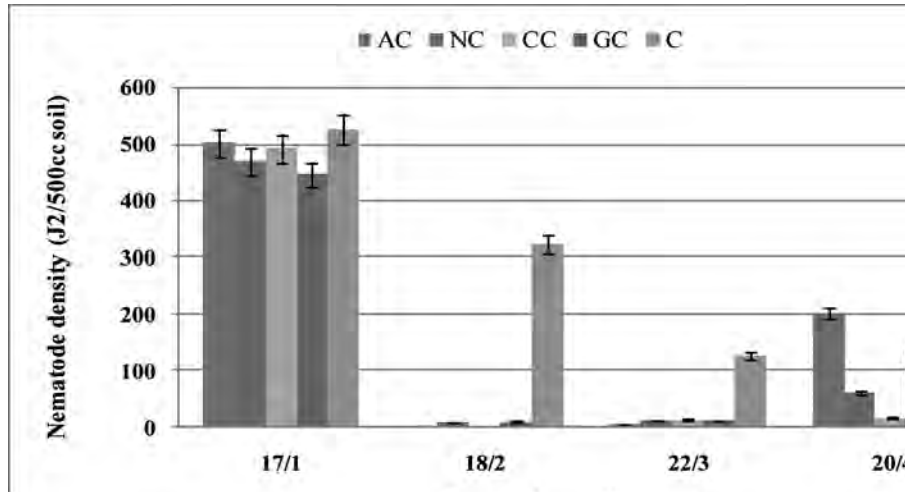


Figure 1: Evolution of the density of J2 larvae in the soil

Concerning the galling index of cucumber roots (Figure 2), all the oil cake amendments gave lower galling index as compared to the control; better results were given by argan; neem and castor cake respectively. Galling index in plots amended with argan cake was lower even the population of *Meloidogyne* spp. was higher (202 J2/500cc soil), this could be explained by the depressive effect of argan cake on the root knot nematodes potential of penetration.

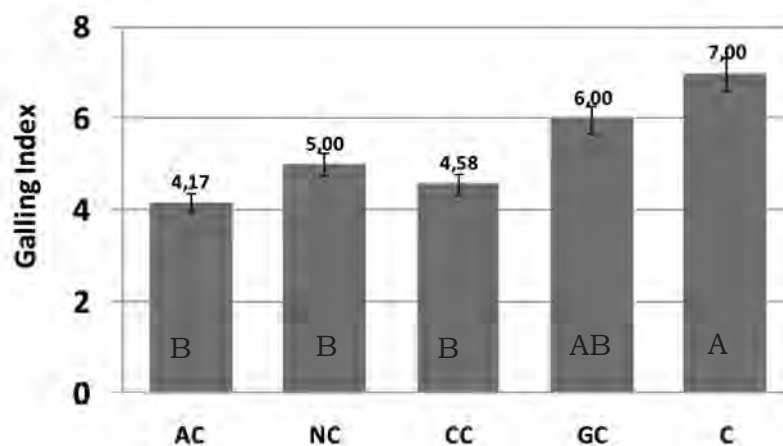
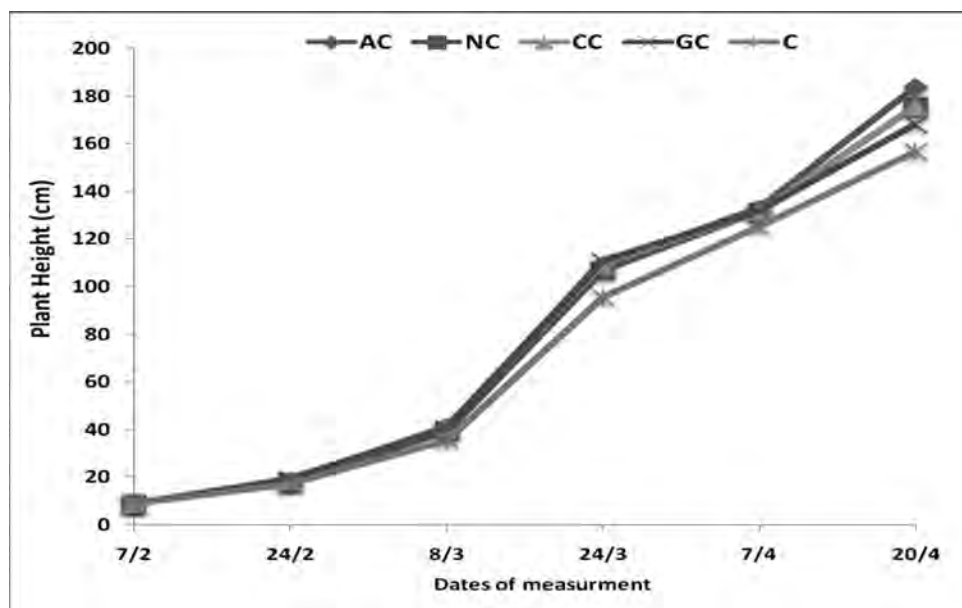


Figure 2: Galling Index of cucumber roots three months after oil cake amendments



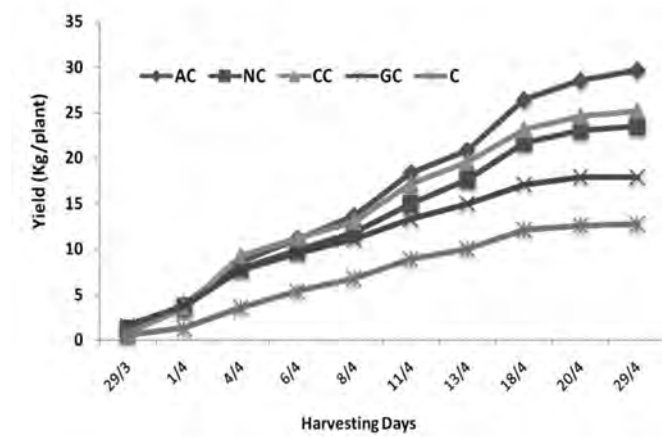
Affected by root nematodes penetration, plants of control plots were smaller than those amended with the oil cakes during the last two months (Figure 3), while in the last measurement, argan cake amended plots resulted in plants taller than all the other treatments including the control (at 0.05 P level).

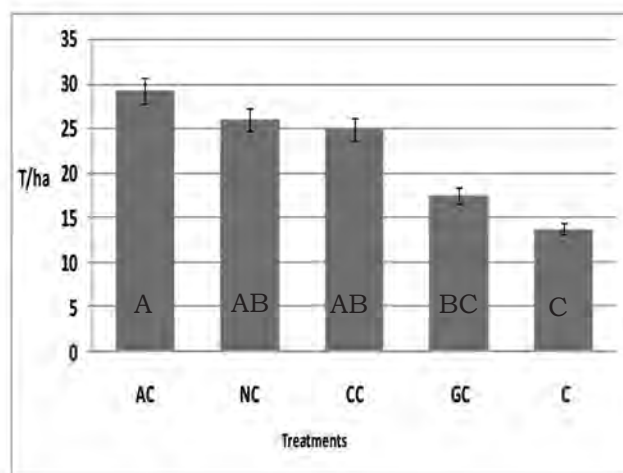


**Figure 3: Plant heights from the transplantation till the end of the cropping cycle**

The yield evolution had more or less the same tendency as the cucumber plant heights, with the high productivity of argan cake amended plots as compared to the other treatments (Figure 4). The obtained results related to the total yield showed the positive effect of the oil cakes amendments (Figure 5). Argan cake amended plots resulted in a yield higher 112.3%; 66.5%; 17.7% and 12.3% respectively than the control; ground castor; castor and neem cake.

**Figure 4: Yield evolution of cucumber crop**





**Figure 5: Total yield of cucumber**

Means that don't have the same letters are significantly different at 0.05 P level (Student-Newman-Keuls test). Means followed by a small letter indicate that there is significant difference, whereas those followed by a capital letter indicate a high to very high significant differences.

In general, amending oil cakes improve the soil fertility, and increase the soil organic matter content and some major elements that are required for the intense nutrients uptake of cucumber under greenhouse conditions. Argan and neem cake improved the soil organic matter; total nitrogen; available phosphorus and exchangeable potassium, more than the other treatments including the control.

#### **A. Experiment 2: Effect of oil cake on nematodes population, melon growth and galling index (pots experiments)**

### **MATERIALS AND METHODS**

#### **a. Amendments**

Six treatments were tested: an untreated infested control (Positive control=PvC) and a nematode free control (Negative control=NvC) were added, in order to evaluate the impact of the pest on plant growth; neem cake (NC), castor cake (CC); argan cake (AC) and ground Argan dry shoots (ADS). The last used product was among tested treatments, because once the argan cake is a by-product of oil argan seed production, the active substance present in the seeds will be probably elaborated in leaves and twigs, thus ground argan shoot could also contain this active substance (Kenny, pers. comm). The doses applied were 5 T/ha (Ctifl, 2001), and since the crop density was 1.7plant/m<sup>2</sup>, each plant received 300g. Taking into consideration that this experiment has been taken in pots under greenhouse conditions where climate is homogeneous, a completely randomized design was chosen, with one factor (treatments of oil cake amendment) and 5 replicates.

#### **b. Effect of oil cakes amendment on nematode density and root knot index**

At the end of the experiment (45 days after melon transplantation), five soil samples were taken out from each pots, every sample weights approximately 1.5kg prior to nematodes numbering. The method of root knot index consists on classifying number of galls on root system according to the ladder established by Taylor and Sasser (1979).



### c. *Effect of oil cakes amendment on melon growth*

Heights of the 5 plants were measured at the end of the trial which lasted for 45 days. Plant height (cm) was measured from plant collar to the top of the plant apex. Plants Fresh weight of each treatment was measured at the end of the trial after taking them out from soil. Dry weight was measured after drying the plants into an oven at 70°C during 48 hours.

## RESULTS AND DISCUSSION

Untreated infested pots (PvC) demonstrated statistically the highest number of J2 larvae (Table 1), while there were no larva present in soils of the other treatments except the one of neem cake that showed few larvae (average = 1.75). By the other hand, and referring to the root knot index (RKI), positive control (PvC) presented more than 31 knots on melon roots (RKI=4.5) and was significantly higher compared to the other roots. Plants which were amended with neem cake demonstrated an average of 1 knot on their roots, whereas castor, argan cake and argan dry shoot didn't show any knot on melon roots.

**Table 1:** Number of larvae J2/500cc of soil and Galling Index on melon roots

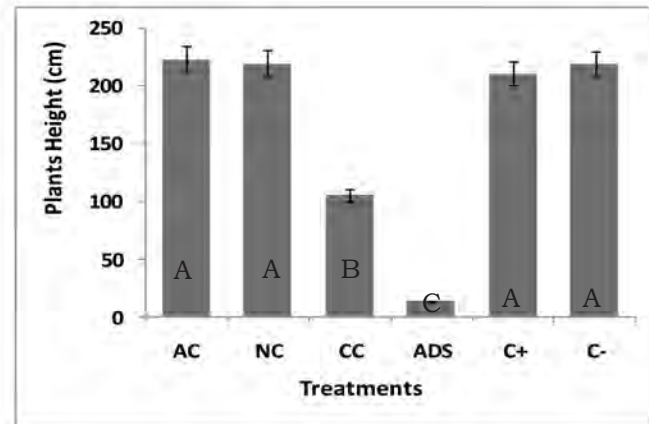
Means that don't have the same letters are significantly different at 0.05 P level (Student-Newman-Keuls test).

Means followed by a small letter indicate that there is significant difference, whereas those followed by a capital letter indicate a high to very high significant differences. Root Knot Index (Taylor and Sasser, 1979): "0": no gall. "1": 1 to 2 galls. "2": 3 to 10 galls. "3": 11 to 30 galls. "4": 31 to 100 galls. "5": more than 100 galls.

Treatments	J2/500cc of soil		Root Knot Index	
Argan cake	0	B	0	C
Neem cake	1,75	B	1	B
Castor cake	0	B	0	C
Argan dry shoot	0	B	0	C
PvC	87	A	4,5	A
NvC	0	B	0	C

Plants height at the end of the trial period is shown in the Figure 6. Plants amended with argan; neem cake and plants of positive and negative control demonstrated similar heights according to the test of S-N-K (at 0.05 P level). Plants amended with castor cake showed lower heights with 108% less than the first group. This result can be explained by the fact that castor cake could have a phytotoxic effect, because plants remained at seedling heights till about 35 days after transplanting than they start to grow normally. Phytotoxic substances could be leashed by irrigation water. The effect of ground castor on plant growth in general can confirm the hypothesis of its phytotoxicity validated by Tiyagi and Alam (1995). On the other hand, plants amended with ground argan shoot didn't grow at all; this also can be owed to the same reason.



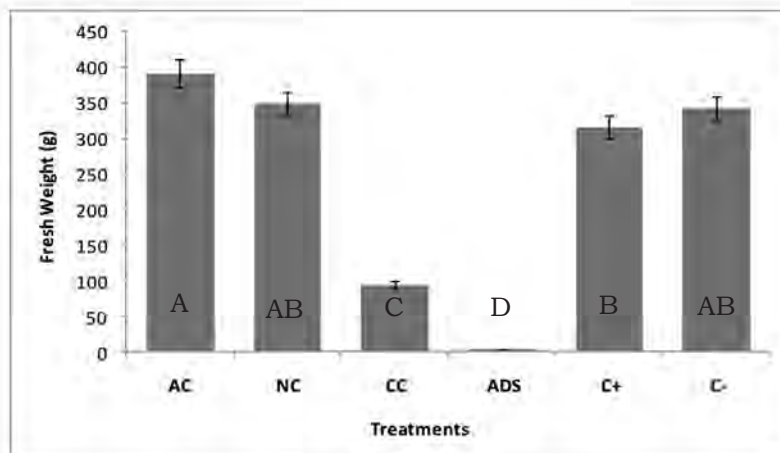


**Figure 6: Plants height of melon with respect to different treatments**

Means that don't have the same letters are significantly different at 0.05 P level (Student-Newman-Keuls test).

Means followed by a small letter indicate that there is significant difference, whereas those followed by a capital letter indicate a high to very high significant differences.

Concerning the fresh weight represented in Figure 7, statistical analysis of the test of S-N-K (at 0.05 P level) revealed very high differences between plants amended with argan cake and the positive control (C+). Argan cake brought 24% more in weight than the positive control (infested untreated); whereas values of neem cake and negative control were statistically intermediate. Castor cake in reason of its potential phytotoxicity caused low plant weight statistically different from first said treatments and the one of ground argan dry shoot. The last had made the plant remain at seedling stage.

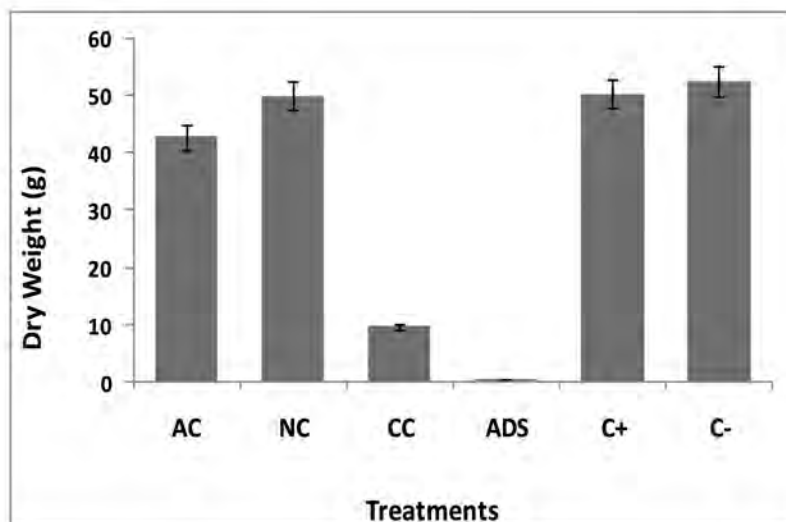


**Figure 7: Plants fresh weight of melon in response to the different treatments**

Despite the fresh weight, dry weight is represented in Figure 8. Plants of nematode free pots had a dry weight statistically higher with 23.3% than argan treated plants (according to the test of S-N-K; at 0.05 P level). Positive control and neem cake treated plants gave an intermediate values. Plants amended with castor cake had dry weight reduced 5 times than positive control plants, whereas ground argan dry shoot could not grow and develop regular biomass. Potential phytotoxicity had influenced negatively the growth of melon plants.







**Figure 8: Plants dry weight of melon in response to different treatments**

## Conclusions

The tested oil cakes in general, reduced extremely the population of *Meloidogyne* spp. in the soil within the first two months. Argan cake as tested for the first time, showed similar performance in controlling the soil free J2, and better qualities as cucumber root damages are concerned. Ground argan shoot showed pertinent results in controlling *Meloidogyne* spp. as compared to the other known oil cake amendments used on melon.

In general, amending oil cakes improve the soil fertility, and increase the soil organic matter content and some major elements. Argan and neem cake improved better the soil organic matter; total nitrogen; available phosphorus and exchangeable potassium what make them advisable for further fertilization programs.

As cucumber yield is concerned, argan cake resulted in 112% of yield increase as compared to the control, while neem cake gave 89%. Oil cake amendments increase the height of cucumber; but on melon, only argan and neem cake showed relevant results whereas the ground argan shoot and castor neem caused phytotoxicity what stunted the plants. Melon biomass was improved by argan and neem cake, whereas its reduction was observed with ground argan shoot and castor cake as a result of phytotoxicity.



## References

- Abid, M.; Haque, S. E.; Maqbool, M. A. and Ghaffar, A.** (1992). Effects of oilcakes, Bradyrhizobium sp., Paecilomyces lilacinus and Furadan on root nodulation and root-knot nematode in mungbean. *Pakistan Journal of Nematology*. 10 : 145-150.
- Akhtar, M. and Alam, M. M.** (1991). Integrated control of plant-parasitic nematodes on potato with organic amendments, nematicide and mixed cropping with mustard. *Nematologia Mediterranea*. 19 : 169-171.
- Bertrand, C.** (2001). Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique. GRAB (édition : Janvier 2001). Pp : 1-4.
- Chahidi, A.** (1985). Contribution à l'étude de la nématofaune associée à la culture du bananier dans la région d'Agadir. Mémoire de fin d'étude, Phytatrie, 3ème cycle, IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 26.
- Chriki, A.; Ballouk, A.; Houjjaji, A.; Adnan, A.; Bacha, L. ; Addebbous, R.** (2003). L'huile d'argan, un produit de terroir: quel stratégie pour sa valorisation. *Terre et vie* n°70 (Juillet 2003).
- Dufour, R.; Guereña, M. and Earles, R.** (2003). "Alternative Nematode Control ». In: *Pest Management Technical Notes* (ATTRA Publications: [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org)). Pp: 1.
- Ferji, Z. and De Waele, D.** (1998). Occurrence, abundance and distribution of nematodes on banana grow in plastic greenhouse in south Morocco. *Proceedings of the 24th international nematology symposium*. Dundee, Scotland U.K. Pp: 35.
- Hossain, M. S. ; Zahid, M. I. and Mian, I. H.** (1992). Effect of decomposition period on the efficacy of two oil cakes for control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Japanese Journal of Nematology*. 22 : 1-10.
- Khallouki F, Spiegelhalder B, Bartsch H and Owen RW** (2005). Secondary metabolites of the argan tree (Morocco) may have disease prevention properties. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (5), Pp. 381-388.
- Laghdaf, T.** (2004). Effet des amendements organiques et quelques produits chimiques et biosynthétiques sur les nématodes à galles de la tomate dans le Souss-Massa. Mémoire de fin d'étude, Phytatrie, 3ème cycle, IAV Hassan II. Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 69-79.
- Singh, S. P., Veena, A.M. Khan, and S.K. Saxena.** (1986). Changes in the phenolic contents, related rhizosphere mycoflora and nematode population in tomato inoculated with *Meloidogyne incognita* as a result of soil amendment with organic matter. *Indian journal of nematology*, 15(2):197-201.



# A la Recherche des Sites Pharmacophores des Saponines extraites d'*Argania spinosa* : POM, un Moyen Bioinformatique Efficace, Economique et Rapide pour Prédire et Optimiser l'Activité Biologique des Saponines

Ben Hadda T.<sup>1</sup>, Charrouf Z.<sup>2</sup> & Masand V.<sup>3</sup>

1 - Enseignant-Chercheur au Laboratoire Chimie des Matériaux, Faculté des Sciences d'Oujda, Université Mohammed Premier, Oujda-60000, Morocco. E-mail: tbenhadda@yahoo.fr

2 - Enseignant-Chercheur au Laboratoire de Chimie des Plantes et de Synthèse Organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, B.P. 1014 RP, Rabat, Morocco. E-mail: zcharrouf@yahoo.fr

3 - Enseignant-Chercheur au Department of Chemistry, Vidya Bharati College, Amravati, Maharashtra, India. E-mail: vijaymasand@gmail.com

## Résumé

Diverses saponines ont montré une certaine activité pour lutter contre les infections d'origine bactérienne, virale, fongique et cancéreuse qui sont des maladies chroniques et qui exigent un traitement long et coûteux. Certaines saponines ont montré une cytotoxicité accrue plutôt que l'activité antitumorale attendue. Mieux encore, le virus HIV a été inhibé par l'aganine C et non par ses analogues A, B et D. Cette structure de l'arganine C peut constituer un excellent model à optimiser pour confronter: (i) Complexité du traitement des sujets avec HIV, Cancer et/ ou Tuberculose. (ii) Aspect de multi-résistances aux médicaments cliniques d'où l'intérêt, voir même l'obligation, de faire appel à de nouveaux outils capables de prédire, de spécifier et d'améliorer l'activité biologique des médicaments en baissant leur frais de synthèse, par recourt à la semi-synthèse, pour augmenter leur efficacité dans le but de réduire la durée et les charges des soins cliniques : Ce sont les nouveaux moyens bioinformatiques POM (Petra, Osiris, Molinspiration,) couplés à la cristallographie.

**Mots clés** : Bioinformatique, criblage virtuel, sites pharmacophores, saponines, *Argania spinosa*.



**Looking for Pharmacophores Sites of Saponins Extracted of *Argania spinosa*:  
POM as effective, economic and quick Bioinformatic Method to Predict  
and to Optimise Bioactivity of Saponins**

**Abstract**

Various saponins have shown significant activity in fight against infections of bacterial, viral, fungal and cancer that are chronic and require long and expensive treatment. Some saponins have shown an increased cytotoxicity of antitumor activity than expected. Better yet the HIV virus was inhibited by arganine C and not by its analogues A, B and D. The structure of the arganine (C) can be an excellent model to optimize to compare: (i) Complexity of the treatment of subjects with HIV, cancer and/or tuberculosis. (ii) Aspect of multi-drug resistance clinics. Hence the interest, or even the obligation, to use new tools to predict, to specify and improve the biological activity of drugs by lowering their cost of synthesis, by resorting to the semi-synthesis, to increase efficiency in order to reduce the time and expense of clinical care: These are the new ways bioinformatics POM (Molinspiration, Osiris, Petra) coupled with crystallography.

**Keywords :** *Bioinformatics, virtual screening, pharmacophore sites, saponines, Argania spinosa.*

## Introduction

### 1. Pourquoi chercher de nouveaux médicaments d'origine naturelle?

On assiste aujourd'hui, à un grand et urgent besoin en nouveaux médicaments, suite à la métastase du cancer (plus de 60 types de Cancer) et la Mycobacterium Tuberculosis (MBT) dont 4 millions/an sont victimes. Certains ont été sujets à la MBT supra-multidrug résistante TB-SMDR. Sans oublier les séropositifs (plus de 30 millions de séropositifs en 2010).

Cependant, il y a une situation délicate qui bloque l'industrie pharmaceutique de se développer rapidement et ceci pour deux raisons majeures : (1) la synthèse, la caractérisation de nouveaux produits puis le criblage *in vitro* à haut débit, puis *in vivo* sur des animaux (2) l'homologation du nouveau produit demande des années d'analyses poussées en toxicité et thermo stabilité et les interactions avec les autres médicaments.

Les avantages des substances naturelles sont nombreux : On assiste à nos jours à une tendance internationale ou un retour marqué vers l'évaluation des sources naturelles, en particulier dans le domaine pharmaceutique et ceci pour plusieurs raisons : (i) Moins d'effets secondaires, (ii) Meilleure biodisponibilité et (iii) A la portée de la main des pauvres citoyens.

Notre étude ethno-économique, ethno-médicale, and phyto-chimique réalisée depuis 1998 a révélé l'importance des différents constituants (huile, feuille, tronc, tourteau et pulpe) de l'arbre *Argania spinosa* [10]. Ici nous nous intéressons seulement au tourteau.

Le tourteau est le nom donné au résidu obtenu après pressage des amandons. Lors de la préparation traditionnelle de l'huile, le tourteau est de couleur brune et sa haute valeur énergétique fait qu'il est utilisé traditionnellement pour nourrir les bovins. Lorsque l'huile est obtenue par pressage mécanique des amandons, le tourteau est de couleur blanchâtre, friable et très amer. Sa teneur résiduelle en huile est nettement inférieure à celle du tourteau obtenu par préparation traditionnelle de l'huile. Il est riche en glucides et protéines et renferme un important groupe pharmacodynamique constitué de saponines.

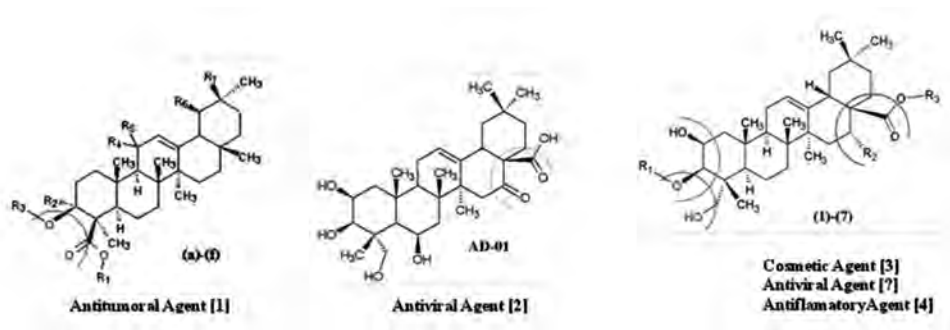


Les saponines, en général, sont capables de manifester diverses bioactivités [1-4], en particulier les saponines du tourteau sont capables d'inhiber de façon dose-réponse la prolifération cellulaire des DU145, LNCaP et PC3 [5]. Cependant, les PC3 étaient les plus sensibles. Aucune étude bioinformatique n'a montré l'effet antiprolifératif des saponines sur le cancer de la prostate ou autre cible biologique des microorganismes pathogènes. Des résultats de notre groupe suggèrent que l'extrait de *l'Argania spinosa* peut fournir une nouvelle voie thérapeutique contre les maladies prolifératives (Cancer et diabète) [7].

Diverses propriétés biologiques largement connues par la tradition médicinale ont reçu certains appuis scientifiques. Il est notamment le cas pour les effets bénéfiques des dérivés des saponines, notamment les propriétés antalgique et anti-inflammatoires [8], anti-microbien et lipolytique [9].

Le tourteau de l'arganier, par excellence, renferme sept saponines spécifiques et chimiquement différentes des saponines rencontrées dans le monde du règne végétale. Cette différence de structure voudrait probablement dire que les saponines du tourteau agiraient par un mécanisme différent ou du moins avoir d'autres bioactivités. Ainsi, les saponines du tourteau seraient un modèle attractant en analyses bioinformatiques du fait qu'elles sont capables, grâce à leur effet antiprolifératif puissant de prévenir le cancer de la prostate.

Ici, nous allons montrer, au moyen des analyses bio-informatiques confrontées aux résultats expérimentaux de criblages réels, que certaines saponines de l'arbre *Argania spinosa* peuvent avoir un grand intérêt après de simples modifications chimiques au niveau des C-3 et C-18 (Figure 1).



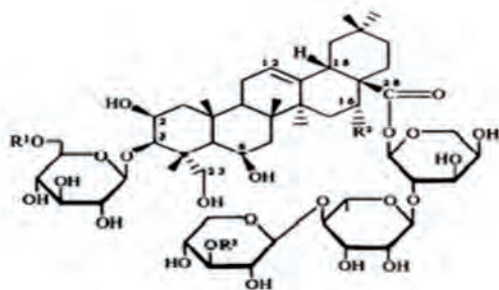
**Figure 1. Activité biologique de certaines saponines modifiées.**

1. Résultats et discussion
2. Différentes raisons nous ont poussés à nous investir dans le domaine de la bio-informatique et le « Drug Design ». On peut en citer au moins trois : (i) Facilité de tri informatisé des composés à cribler aux USA : NCI reçoit 45-60.000 composés/an pour les tests. (ii) Économie en investissements : Plus besoin de labo P4. (iii) Économie de temps : criblage 100 mol/jour/poste.
3. Il y a plusieurs approches théoriques pour accéder à l'Optimisation des médicaments mais seulement deux principales théories bio-informatiques sont en Application, tous les jours : (i) Théorie Lipinski : Règle à 5 créée par Christopher A. Lipinski (Invention - 1997). (ii) Théorie Osiris : lancée par Thomas Sander, sous le patronage de la compagnie Actelion Pharmaceuticals Ltd., Switzerland (2001).



Sept saponines au moins ont été isolées du tourteau de l'arganier [6]. Les génines des sept saponines isolées du tourteau de l'arganier sont toutes de type triterpénique  $\Delta^{12}$ -oléanane. Dans chaque cas, un acide carboxylique est rencontré en position C-28 et toutes les génines sont polyhydroxylées.

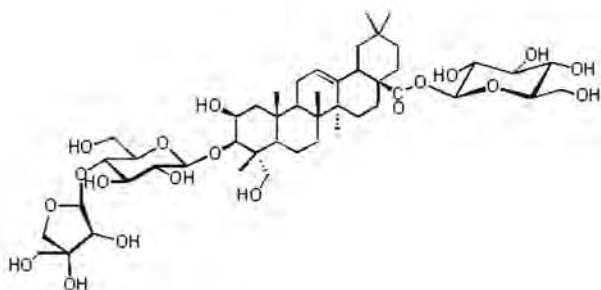
Les sept saponines isolées du tourteau sont toutes des bidemosides, les chaînes de sucres substituant les positions C-3 et C-28. La fraction glycosidique des saponines du tourteau est constituée d'une combinaison de cinq sucres : deux hexoses (le glucose et le rhamnose) et trois pentoses (l'arabinose, la xylose et l'apiose). Les saponines isolées du tourteau ont été nommées Arganine A-F, G, H et J. Par contre une seule saponine (Arganine-K) a été isolée de la pulpe des fruits de l'arganier (Figure 2).



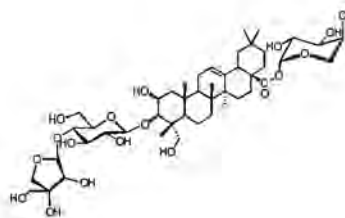
**Arganine-A-F (tourteau)**

Composé	R1	R2	R3
Arganine-A	Glc	OH	Rhm
Arganine-B	Glc	OH	Api
Arganine-C	H	OH	Rhm
Arganine-D	Glc	H	Rhm
Arganine-E	Glc	H	Api
Arganine-F	H	H	Rhm

**Saponines (tourteau)**

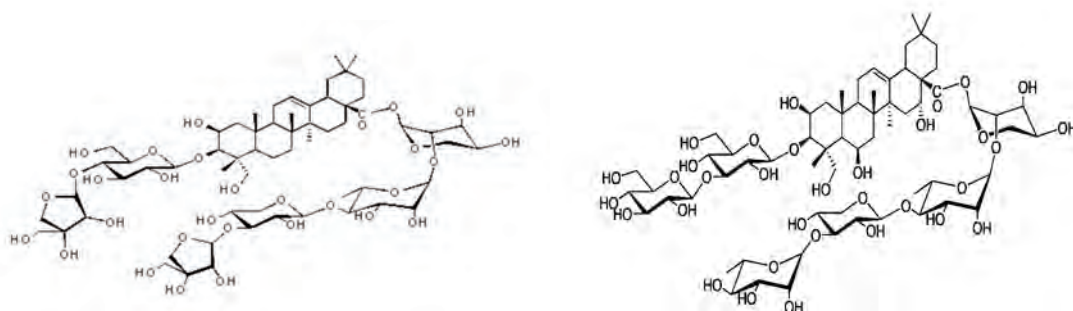


**Arganine-G**



**Arganine-H**



**Arganine-J****Arganine-K (pulpe-fruits)****Figure 2 :**

*Structures chimiques des Arganines A-K isolées de l'Argania spinosa L.*

Glc : b-D- Glypyranose, Api :b-D-Apiofuranose, Rhm : a-L-Rhamnopyranose,

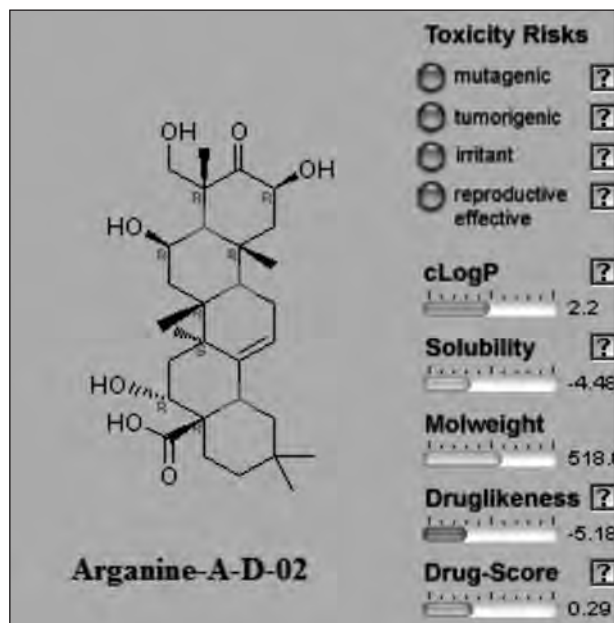
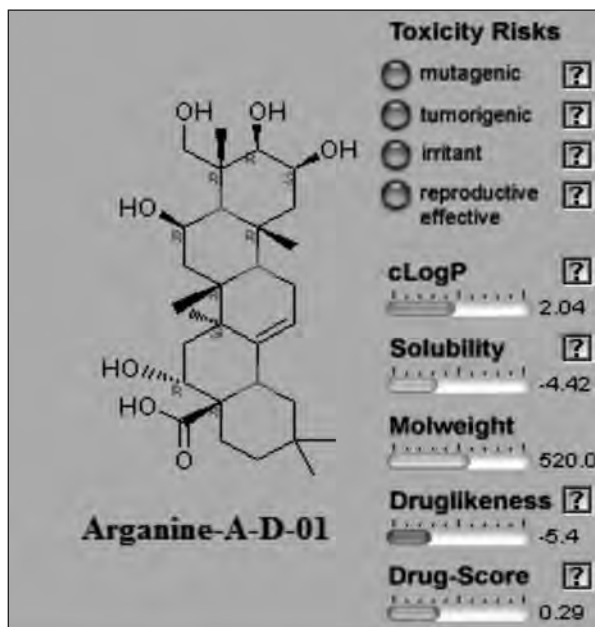
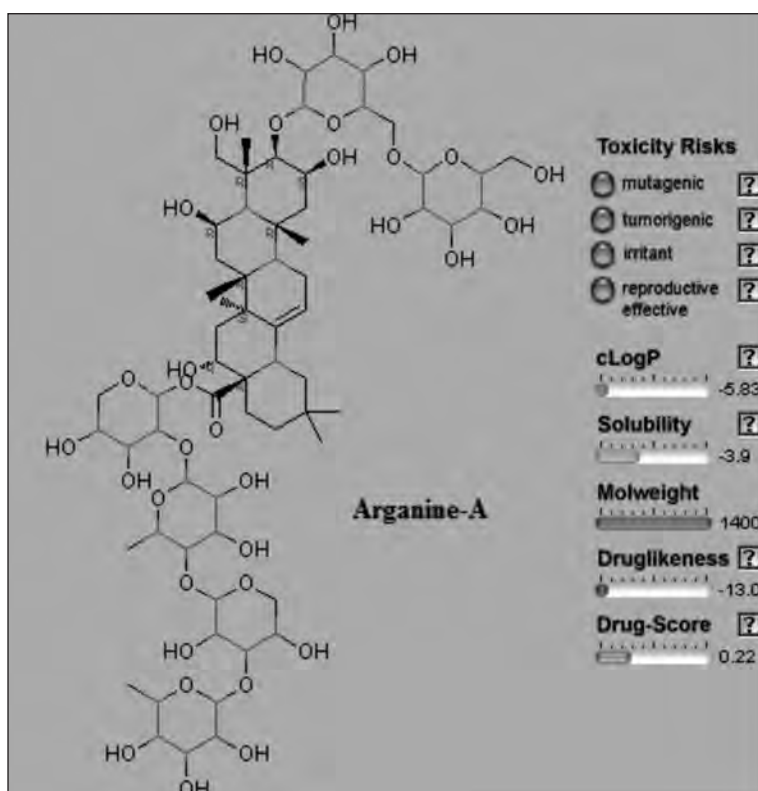
Ara : a-L-Arabinopyranose, Xyl : b-D-Xylopyranose.

Optimisation du profil pharmaceutique des saponines par calculs POM :

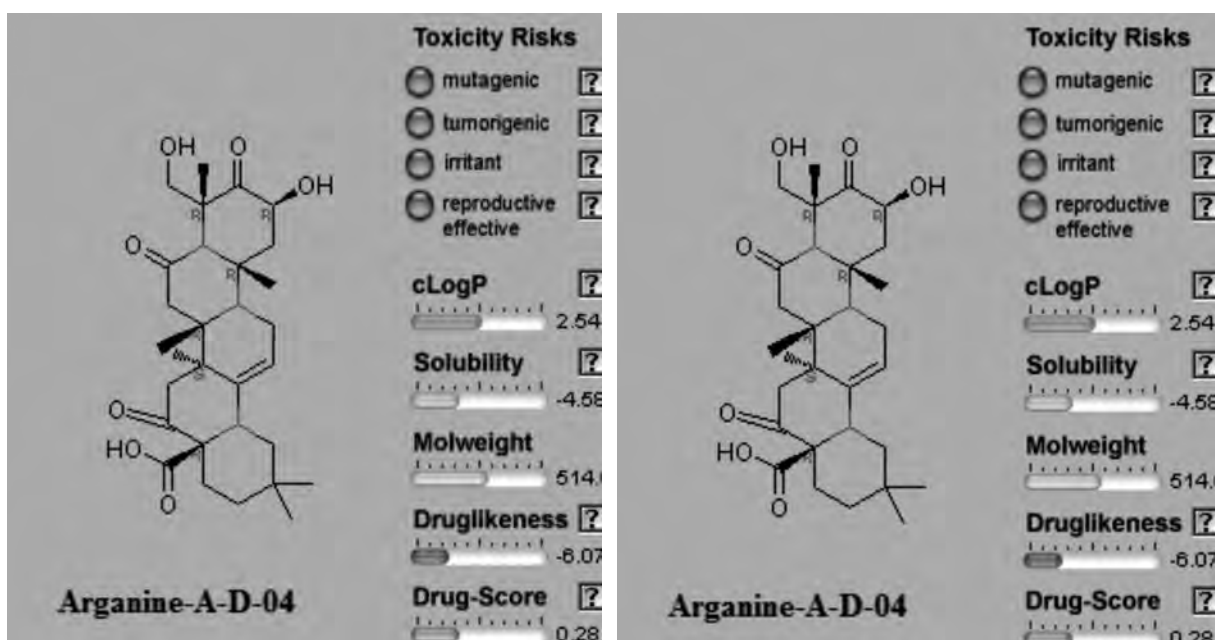
OSIRIS, un des logiciels POM, est un programme de calcul développé et exploité par la firme pharmaceutique «Actelion». Il est conçu pour calculer les diverses propriétés restreintes d'un médicament au fur et à mesure qu'on dessine sa structure dans l'interface graphique, ce qui permet alors de suivre la variation de ces paramètres en fonction des groupements fonctionnels ajoutés au squelette de base.

Parmi les caractéristiques moléculaires prédites par le programme OSIRIS on trouve les risques de Toxicité, la lipophilie exprimée par clogP, la solubilité (logS) et la Masse Moléculaire (MW). Le programme permet également d'estimer un degré de ressemblance de la molécule dessinée comparée aux différents médicaments déjà existants dans le marché (Drug-Likeness). Les résultats de la prédiction sont évalués et codés par des couleurs ; les propriétés présentant un grand risque de développer des effets indésirables (tels que la mutagénicité ou une faible absorption intestinale) sont montrées en rouge, tandis que le vert indique que le paramètre est conforme aux normes. Le programme trace ses normes en se basant sur une étude statistique réalisée sur un grand nombre de médicaments commercialisés et donne un coefficient de fiabilité appelé (Drug Score) comme illustré par la [Figure 3](#).









**Figure 3. Calculs OSIRIS confirmant la nécessité de l'hydrolyse et / ou l'oxydation de l'Arganine A pour augmenter le cLogP et réduire la masse moléculaire.**

Dans les statistiques réalisées par Lipinski, plus de 80% des médicaments commercialisés ont une valeur de  $\log S > -4$  et un  $\text{clogP}$  compris entre 1 et 4, ce qui est loin d'être le cas des sponines à l'état vierge. En d'autres mots les saponines-métabolisées valent beaucoup mieux que les arganines A-K. Une alternative peut être imaginée dans ce cas : les enzymes contenues dans l'huile d'argane vierge donc contenant encore des enzymes (non détruites par la chaleur) seraient à l'origine de ce processus d'hydrolyse in-situ.

## Conclusion

Cette première étude bioinformatique révèle plusieurs points essentiels pour l'orientation de la chimie des saponines d'*Argania spinosa* L. à visée thérapeutique : (i) les saponines telles quelles, à l'état di-substituées par les deux chaînes poly-sucrées peuvent être utilisées comme précurseurs potentiels pour de nouveaux dérivés plus actifs. (ii) Les sites pharmacophores à moduler sont en C-3 et C-28. (iii) Une oxydation douce de groupement(s) hydroxyle(s) peut nous conduire à de nouveaux dérivés ayant des activités biologiques différentes voir même plus sélectives.

## Remerciements

**Prof. T. Ben Hadda** reste reconnaissant pour le financement des frais de voyage et l'accueil généreux et chaleureux des organisateurs du Premier Congrès International sur l'Arganier, Agadir du 15 au 17 décembre 2011 au Maroc.



## Références bibliographiques

- [1] **Ghulam Nabi Qazi et al.** (2009) Use of semi-Synthetic Analogues of Boswellic Acids for Anticancer Activity. United States Patent Application Publication N°.: US 200910298938-A1.
- [2] **T. Kanamoto et al.** Anti-Human Immunodeficiency Virus Activity of YK-FH312 (a betulinic acid derivative), a Novel Compound Blocking Viral Maturation, *Antimicrob Agents Chemother.* 2001, 45(4):1225-1230.
- [3] **F. Henry, L. Danoux, G. Pauly, Z. Charrouf** (2006) Use of an extract from the plant *Argania spinosa*. USA Patent N° 2006/0083794-A1.
- [4] **K. Alaoui, J.F. Lagorce, Y. Cherrah, M. Hassar, H. Amarouch, and J. Roquebert** (1998) Analgesic and anti-inflammatory activity of saponins of *Argania spinosa*. *Annales pharmaceutiques françaises* 56:220-228.
- [5] **Drissi A, Bennani H, Giton F, Charrouf Z, Fiet J, Adlouni A.** Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert an antiproliferative effect on human prostate cancer. *Cancer Invest.* (2006) 24(6):588-92.
- [6] **Alaoui, A.; Charrouf, Z.; Soufiaoui, M.; Carbone, V.; Malorni, A.;** et al. Triterpenoid saponins from the shells of *Argania spinosa* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50 (16), 4600–4603.
- [7] **S. Samane, J. Noel, Z. Charrouf, H. Amarouch and P. S. Haddad,** Insulin-sensitizing and Anti-proliferative Effects of *Argania spinosa* Seed Extracts, *eCAM* (2006) 1-11. doi:10.1093/ecam/nel015.
- [8] **Alaoui K, Lagorce JF, Cherrah Y, Hassar M, Amarouch H, Roquebert J.** Analgesic and anti-inflammatory activity of saponins of *Argania spinosa*. *Ann Pharm Fr* (1998) 56:220–8.
- [9] **Charrouf Z, Guillaume D. Ethnoeconomical,** ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *J Ethnopharmacol* (1999) 67:7–14.
- [10] **Z. Charrouf, D. Guillaume,** Ethnoeconomical, Ethnomedical, and Phytochemical Study of *Argania spinosa* (L.) Skeels: A Review. *Journal of Ethnopharmacology* (1998) 1-8.



# Influence de l'origine du fruit (terroir, caprin) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane

Said GHARBY<sup>1,2\*</sup>, Hicham HARHAR<sup>1</sup>, Badr KARTAH<sup>1</sup>,  
Hanae El MONFALOUTI<sup>1,3</sup>, Nadia MAATA<sup>4</sup>, Dominique GUILLAUME<sup>3</sup>, Taibi BEN  
HADDA<sup>5</sup> et Zoubida CHARROUF<sup>1</sup>

1 - Laboratoire C.P.S.O.B, Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat, (Maroc) ;

2 - Etablissement Autonome de Contrôle et de coordination des exportations, Agadir, (Maroc) ;

3 - Laboratoire de Chimie Thérapeutique, 51 rue Cognacq Jay, 51100 Reims (France)

4 - Laboratoire Officiel d'Analyses et de Recherches Chimiques Casablanca (Maroc),

5 - Laboratoire Chimie des Matériaux, FSO, Université Mohammed Premier, Oujda (Maroc).

\*E-mail: s.gharby@yahoo.fr

## Résumé

A cause de la multiplication des procédés d'extraction de l'huile et de la grande superficie de la forêt d'arganiers, l'influence du mode d'extraction et de l'origine géographique sur la qualité, la quantité et la stabilité de l'huile d'argane doit être étudiée et prise en considération.

Des fruits d'arganier ont été collectés dans trois régions différentes de l'arganeraie : Ait Baha (Agadir), Tidzi (Essaouira), et Tiout (Taroudant). A partir de chaque lot de ces fruits, quatre types d'huile d'argane ont été préparés : (1) l'huile culinaire (HPA) obtenue par pressage mécanique à partir des amandons torréfiés; (2) l'huile à usage cosmétique (HPC) obtenue par pressage mécanique des amandons non torréfiés; (3) l'huile artisanale (HAA) et (4) l'huile artisanale (HCA) préparée à partir de noix régurgitées par les chèvres.

Nos résultats montrent que les trois origines géographiques étudiées n'ont pas d'influence notable sur la qualité et la stabilité d'huile contrairement à la méthode d'extraction. L'oxydation la plus rapide est observée pour les huiles HPC suivie par les huiles produites par des méthodes traditionnelles (HAA et HCA). Les huiles HPA sont les moins sujettes à l'oxydation. La stabilité de ce type d'huile est deux fois supérieure à celle des huiles HPC.

**Mots clés** : Huile argane, Origine géographique, Procédé d'extraction, Qualité, stabilité.



### **Abstract**

Because of the multiple processes used for oil extraction, and the large area of the argan forest, the influence of geographical origin and extraction method on the quality and stability of the argan oil has to be taken into account.

This manuscript describes our results in this field. We have prepared from the same batch four types of argan oil: (1) the (HPA) oil mechanically pressed from roasted kernels, (2) the (HAA) oil hand-pressed from roasted kernels, the (3) (HCA) oil obtained from hand-pressed roasted kernels of goat digested fruits and (4) (HPC) oil mechanically pressed from unroasted kernels, The fruit of the argan tree were collected from three different regions of the argan tree: Ait Baha (Agadir), Tidzi (Essaouira) and Tiout (Taroudant). Our results show that the three geographical origins studied did not influence the quality and stability of the oil, in contrast to the methods of extraction. The fast oxidation is observed for the HPC oils followed by the oils produced by traditional methods (HAA and HCA). HPA oils are less prone to oxidation. The stability of this type of oil is twice higher than that of HPC oil.

**Keywords:** Argan oil, Geographical origin, Extraction process, Quality, Stability.

### **Introduction**

L'huile d'argane est obtenue à partir des amandons écrasées du fruit de l'arganier, un arbre endémique au Maroc. L'huile d'argane est utilisée en cosmétologie ou comme huile alimentaire. Longtemps extraite de façon artisanale et dans des conditions d'hygiène incertaines, l'huile d'argane est dorénavant préparée selon des normes de qualité sanitaire et réglementaire strictes au sein de coopératives de femmes et d'industriels implantés au milieu de l'arganeraie. Cette huile est maintenant commercialisée dans tous les pays industrialisés. Son goût de noisette, spécifique de l'huile d'argane, ses qualités en tant qu'ingrédient cosmétique et sa capacité à prévenir les maladies cardiovasculaires y sont particulièrement appréciés [1].

A l'image des autres huiles végétales, l'acidification et l'oxydation de l'huile d'argane conduisent à des phénomènes néfastes d'altération qu'il faut combattre depuis la récolte des amandons jusqu'au stockage de l'huile.

En conséquence, des critères physico-chimiques parmi lesquels l'acidité, l'indice de peroxyde et l'extinction spécifique à 270 nm (E270) ont été sélectionnés pour constituer l'ossature de la détermination de la qualité de l'huile d'argane par la norme marocaine (N.M.08.5.090) [2]. La quantification des composés majoritaires, comme les acides gras, et minoritaires, comme les stérols et les tocophérols, dans l'huile est également importante et leur détermination est nécessaire car leur variation peut s'accompagner de modifications nutritionnelles et sanitaires. En effet, certains composés tels les acides gras poly insaturés (acides gras essentiels) ou la vitamine E (tocophérols) sont responsables de l'intérêt nutritionnel de l'huile d'argane. Ils sont cependant très sensibles à l'oxydation.

Une huile oxydée présentera donc un intérêt nutritionnel plus faible qu'une huile non oxydée. Des dispositions sur les conditions de transformation et de stockage sont également à prendre en compte car, ils peuvent catalyser des réactions d'oxydation et donc faciliter la détérioration de l'huile d'argane. Ainsi le but de cet article est de montrer l'influence de l'origine du fruit et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane.



## Résultats et discussion

### **1.1 Détermination des caractéristiques physico-chimiques :**

L'acidité libre, exprimée en pourcentage de l'acide oléique est un facteur important pour évaluer la qualité d'une huile. Elle est largement utilisée à la fois comme un critère usuel de la classification des huiles d'olive et d'argane, et aussi comme un facteur informatif sur l'altération de l'huile par hydrolyse. Dans l'huile d'argane, les acides gras naturels sont essentiellement présents sous forme de triglycérides 98-99%, [2]. L'hydrolyse de ces derniers libère les acides gras et leur dosage permet d'obtenir l'information sur l'état d'avancement de la dégradation de l'huile.

L'examen du (tableau-1) Le Tableau 1 présente un récapitulatif de l'acidité et la comparaison qualitative des échantillons d'huile d'argane étudiés. Il montre que toutes les huiles étudiées sont à classer dans la catégorie « Huile d'argane vierge extra » puisque la teneur en acide gras libre reste en dessous de 0,8% [2] et ceci quelles que soient leurs origines. A l'exception de l'huile HCA de la région TIDZI qui a enregistré un taux élevé d'acidité ( $1.14 \pm 0.04$ ). Cette valeur qui dépasse largement la valeur limite supérieure, au dessus de laquelle cette huile devient « Huile d'argane vierge fine ». Probablement, cette acidité élevée de l'huile HCA est due au dépulpage par les chèvres et à la méthode d'extraction artisanale. Selon les résultats du tableau-1, nous avons observé que les huiles extraites mécaniquement à partir des amandons (torréfiées ou non torréfiées) présentent un taux d'acidité sensiblement faible par rapport à celles extraites artisanalement. Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'eau ajouté pendant le processus d'extraction artisanal, catalyse l'hydrolyse des triglycérides et entraîne une augmentation de l'acidité [3].

Quant à la pureté et la teneur en eau des huiles d'argane, indépendamment de l'origine géographique, elles sont influencées par la technologie d'extraction. En effet, les huiles produites par presse mécanique (HPA et HPC) ont enregistré des valeurs de humidité et des impuretés faibles par rapport à celles préparées par les méthodes traditionnelles (HAA et HCA), où les conditions sanitaires d'extraction sont défavorables. Ces facteurs, altérant directement la qualité de l'huile, peuvent être minimisés en respectant les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication. dans le cas contraire, nous assisterons à des taux d'impureté et d'humidité élevés induisant le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés.

### **1.2. L'indice de peroxyde :**

L'indice de peroxyde permet d'évaluer les premières étapes de l'oxydation. Cet indice est exprimé en milliéquivalents d'oxygène par kg d'huile, il permet de déterminer la teneur de l'huile en produits d'oxydation primaires [3]. Pour l'huile d'argane vierge, la norme marocaine fixe la valeur maximale de cet indice à 15 Méq O<sub>2</sub> /Kg d'huile [2]. Les échantillons analysés (Tableau-1), sont conformes à la norme marocaine, mais des différences sont observées selon le mode d'extraction, et l'origine géographique.

Cet indice est plus élevé dans les huiles extraites traditionnellement que les autres. En effet, les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, ont un impact positif sur la teneur des peroxydes juste après l'extraction. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Cayuela et al [4].



### **1.3. L'absorption spectrophotométrique UV :**

L'examen spectrométrique d'une huile dans l'ultraviolet, fournit des informations complémentaires sur sa qualité. Les hydro-péroxydes résultant du premier stade d'oxydation de l'huile peuvent être aussi détectés par leur absorption dans l'UV aux environs de 232 nm. Ensuite, ces peroxydes évoluent avec le temps et conduisent à la formation de produits divers tels que les cétones insaturées et les dicétones qui absorbent dans l'UV vers 270 nm. Le degré et le stade d'oxydation d'une huile peuvent être évalués par des coefficients d'absorption dans l'ultraviolet appelés absorbance spécifique K232 et K270. En effet, l'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'une huile peut être considérée comme une image de son état d'oxydation [5]. Plus son extinction à 232 nm est forte, plus elle est peroxydée. De même plus l'extinction à 270nm est forte, plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires, ce qui traduit une faible aptitude à la conservation. En effet les résultats obtenus par la détermination de l'extinction spécifique peut en aval justifier la détermination de l'indice de peroxyde, ou peut en amont intervenir afin de décider si un dosage précis des peroxydes serait nécessaire [5]. L'huile d'argane vierge extra doit présenter un coefficient d'extinction à 270 nm inférieur à 0,35 [6]. Néanmoins la valeur de l'extinction à 232 nm n'a pas encore été fixée dans la norme marocaine. Suite aux analyses des extinctions spécifiques à E232 et à E270 de nos échantillons (Tableau-1), nous constatons que toutes les huiles d'argane étudiées ont des valeurs d'absorbance K270, respectant la limite permise par la norme marocaine et qui les classes, en tant que « huile d'argane vierge extra » [6].

Aussi, nous avons observé une faible variation de l'extinction qui peut être attribuée aux pratiques technologiques lors du processus d'extraction et à une exposition excessive des fruits et des huiles extraites à l'air et à la lumière.

De même nous avons observé des valeurs en E232 sensiblement faible dans toutes les huiles mais plus accentuées dans les huiles extraites traditionnellement quelles qu'elles soient leurs origines géographiques. Ce constat est identique à celui observé en analysant l'indice de peroxyde.

### **1.4. La composition en acides gras:**

La composition lipidique des huiles contient une fraction principale dite saponifiable (glycérides) et une fraction mineure dite insaponifiable (stérols, vitamines liposolubles, phospholipides et caroténoïdes). Cette fraction saponifiable est représentée par les acides gras, qui sont des molécules organiques comprenant une longue chaîne carbonée terminée par un groupement acide carboxylique. La chaîne carbonée des acides gras peut être dépourvue de toute double liaison carbone-carbone et dans ce cas les acides gras sont dits « saturés ». Elle peut également contenir une ou plusieurs doubles liaisons et nous parlerons alors respectivement des acides gras mono insaturés (AGMI) ou polyinsaturés (AGPI). Pour ces derniers il existe 2 grandes familles: la série en n-6 (ou oméga 6) et la série en n-3 (ou oméga 3).

Dans le cas de l'huile d'argane, les glycérides représentent entre 98% à 99% de la masse totale. Cependant, peu d'acides gras libres sont trouvés pour témoigner de l'hydrolyse des glycérides. Ainsi, l'huile d'argane renferme 80% d'acides gras insaturés qui sont composés majoritairement de l'acide oléique et l'acide linoléique, ce dernier est essentiels car il ne peut pas être synthétisé par l'organisme et doit donc être apporté par l'alimentation. Quant à l'acide oléique, sa teneur élevée est aussi importante car il joue un rôle de régulateur des taux plasmatiques du cholestérol [7]. Elle est pauvre en acide linoléique (moins de 0.4 %) [8]. Cette faible teneur pourrait servir à détecter si l'huile d'argane est mélangée par d'autres huiles riches en acide linoléique comme l'huile de soja ou de colza [8].



Néanmoins, l'huile d'argane contient 20% des acides gras saturés qui sont : l'acide palmitique C16:0 (11.5% à 15%) et l'acide stéarique C 18:0 (4.3% à 7.2%). En effet l'étude réalisée sur les différents échantillons, ne montre aucune variation significative des taux d'acides (Tableau-2). Ceci prouve que la méthode d'extraction et l'origine géographique n'induisent pas de changement dans la composition en pourcentages des acides gras de l'huile d'argane, et par conséquent, elles n'altèrent pas ses qualités diététiques [9].

#### 1.5. Analyse des acides gras trans :

Les acides gras insaturés représentent une fraction importante de l'huile d'argane. Ces acides gras insaturés sont généralement de configuration cis, mais quelques-uns ont une configuration spatiale trans, notamment dans les produits issus de transformations industrielles (raffinage). Cependant l'isomérisation cis-trans se fait d'autant plus facilement si l'acide gras est insaturé et que le traitement industriel thermique est poussé. Les acides gras trans peuvent provoquer des maladies cardiovasculaires [9], et leur teneur est, de ce fait, réglementée en Europe et en Amérique du nord. D'où l'intérêt du dosage de ce type d'acide. L'huile d'argane est généralement vierge et sa teneur d'après la norme marocaine ne doit pas dépasser 0.05% [9].

Afin de déterminer l'effet de l'origine et du mode d'extraction sur la teneur en acide gras trans dans l'huile d'argane, nous avons mené une étude analytique par CPG des acides gras trans. Cette étude a montré pour toutes les huiles étudiées, un faible pourcentage de l'acide oléique et linoléique trans (C18:1 et C18:2, tableau-2). Il varie entre 0.01% et 0.03% (Tableau 2).

Ce résultat illustre que le mode d'extraction et l'origine géographique n'ont aucune influence sur la formation des acides gras trans. Ainsi, Il est facile de déterminer si une huile d'argane est raffinée ou en mélange d'une huile raffinée, par la mesure de la teneur en acide gras trans. En effet, un pourcentage qui dépasse 0.05%.est une preuve d'adultération.

#### 1.6. La composition en stérols :

La fraction stérolique de l'huile d'argane est composée principalement du spinastérol et du schotténol. Ces derniers qui appartiennent à la famille  $\Delta$ -7 sont rarement rencontrés dans les huiles végétales. Leurs proportions au sein des stérols totaux varient respectivement entre 34% et 44%, et entre 44% et 49% [9-10]. Ces biomolécules sont performantes aussi bien dans le domaine de la revitalisation et de la protection antiradicalaire de l'épiderme que dans le relancement de l'activité des cellules [10]. Elles sont aussi utilisées pour vérifier l'authenticité de l'huile d'argane [10]. Deux stérols minoritaires rentrent aussi dans la composition de la fraction stéroliques de l'huile d'argane. Il s'agit du stigmast-8,22-diène et du stigmasta-7,24-28-diène (ou  $\Delta$ -7-avénastérol). Leurs proportions varient entre 3,2% et 7% du mélange des stérols totaux.

Afin de déterminer l'impact de l'origine et du mode d'extraction sur la fraction stérolique, nous avons opté pour une analyse analytique par CPG. Ces résultats montrent que la composition en stérols de l'huile d'argane est indépendante de son origine et de son mode d'extraction (Tableau 3). Ceci est conforme aux données de la littérature [10-11].

#### 1.7. La composition en tocophérols:

Les tocophérols sont des antioxydants naturels. Les cosmétologues et les nutritionnistes les nomment la vitamine E. Ce sont des molécules à chaînes carbonées liées à une fonction quinone. Les tocophérols participent à la conservation de l'huile et possèdent aussi certaines propriétés thérapeutiques et anti oxydantes grâce à leur capacité à piéger les radicaux libres [11-12].



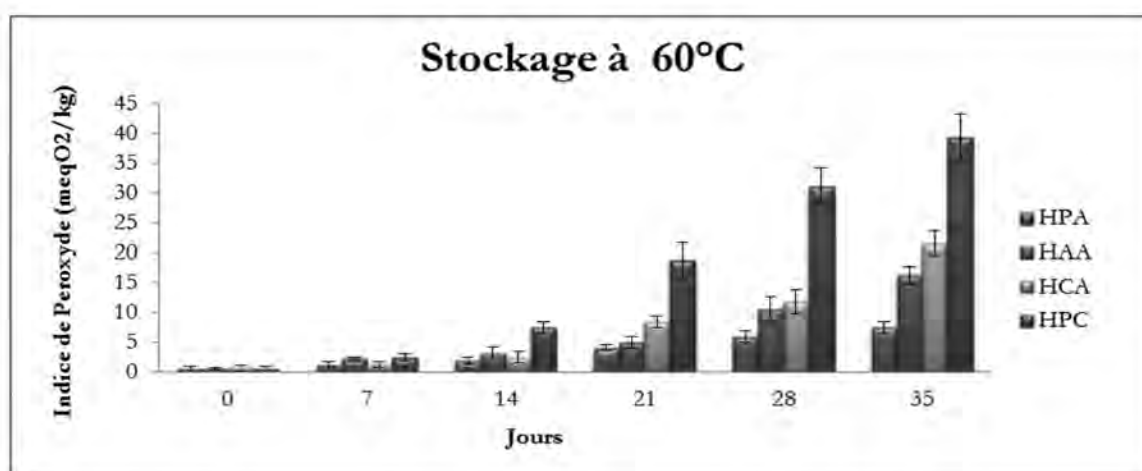
L'analyse de la fraction des tocophérols par la chromatographie en phase liquide, montre une légère variabilité de cette fraction en fonction du mode d'extraction et de l'origine géographique. L'examen du tableau 3 permet de distinguer essentiellement quatre tocophérols, dont le plus important est le  $\alpha$ -tocophérol [12], suivi par l' $\gamma$ -tocophérol (vitamine E) et le  $\delta$ -tocophérol alors que le  $\beta$ -tocophérol n'est détecté qu'à l'état de trace dans tous les échantillons étudiés. Aussi toutes les huiles étudiées sont caractérisées par l'abondance du  $\alpha$ -tocophérol. Nos résultats confirment ceux décrits dans la littérature [12-13].

### 1.8. La stabilité oxydative des huiles d'argane

Afin de déterminer la stabilité des huiles d'une façon rapide, la technique du Rancimat est utilisée. Elle consiste à vieillir prématurément les huiles par chauffage à 110°C ce qui conduit à l'oxydation de l'huile et la formation des produits de dégradation. Ces derniers sont expulsés par un courant d'air et transférés dans la cellule de mesure remplie d'eau distillée. Le temps d'induction est déterminé par conductimètre [13]. Systématiquement et indépendamment de l'origine géographique, toutes les huiles ont enregistré des résultats similaires sur les trois régions étudiées.

Pour le mode d'extraction, l'huile de pression des amandons non torréfiés HPC présente la valeur moyenne la plus faible ( $13.5 \pm 0.5$  h). Elle est suivie par les huiles obtenues par les méthodes artisanales : les huiles HCA et HAA ( $15 \pm 1.5$  h) et ( $17 \pm 1.5$  h) respectivement. La valeur la plus élevée de la stabilité oxydative est enregistrée pour l'huile HPA ( $28 \pm 3$  h) [13]. Ces résultats illustrent l'effet positif du processus technologique et de torréfaction sur la stabilité oxydative de l'huile d'argane.

Le tableau-1, donnant le temps d'induction par Rancimat mesuré à 110°C, montre que d'une part la torréfaction augmente la stabilité de l'huile d'argane et d'autre part l'extraction artisanale et l'utilisation de noix régurgitées par les chèvres la diminuent. En plus de cette expérience nous avons étudié la stabilité accélérée à 60°C dans des flacons bouchés de 60 mL transparents pendant 35 jours via l'indice de peroxyde. Le résultat, illustré sur la figure-1, montre clairement une meilleure stabilité de l'huile de presse alimentaire par rapport aux huiles HPC, HAA et HCA.



**Figure-1** L'évolution de l'indice de peroxyde des huiles d'argane HPA, HAA, HCA et HPC stockées à 60°C pendant 35 jours.





### 1.9. Analyse sensorielle:

L'analyse chimique, très riche en information, est insuffisante pour bien décrire une huile alimentaire. Par exemple, du point de vue organoleptique, l'indice de peroxyde ne traduit pas fidèlement le niveau de rancidité d'une huile. Deux huiles ayant le même indice de peroxyde peuvent donner des résultats différents en ce qui concerne l'analyse sensorielle ; car la perception sensorielle de l'effet de l'oxydation dépend aussi bien du degré d'oxydation de l'huile que de la nature des produits résultants de celle-ci.

Si l'huile d'argane est intéressante d'un point de vue nutritionnel, elle est surtout appréciée pour son goût et ses arômes particuliers. Une simple analyse chimique ne peut suffire pour déterminer la qualité d'une huile. En effet, les composés volatiles qui se développent au cours du procédé de fabrication (torréfaction) de l'huile puis pendant son stockage sont capables de modifier l'odeur et la saveur de l'huile. Pour cela, nous avons développé, en collaboration avec la fondation SLOW FOOD et l'association IBN BAYTAR, une analyse sensorielle détaillée, afin de mettre en évidence les différents attributs «positifs» et les «défauts» de certaines huiles d'argane [14]. Pour effectuer l'analyse sensorielle nous avons fait appel à un groupe de dégustateurs formés à cet effet (jury). Chaque dégustateur doit sentir et déguster puis porter sur une feuille de profil, l'intensité perçue de chacun des attributs négatifs et positifs. Deux tests sensoriels ont été réalisés sur nos échantillons, le premier au début de l'étude juste après l'extraction et le deuxième au cours du stockage à 20°C pendant 20 semaines. Au début de l'expérience et en fonction de leur processus d'extraction initial, chaque huile d'argane avait un goût et une odeur différente. L'huile HPC obtenue à partir des amandons non torréfiés, a un goût d'amande, alors que les huiles HPA et HAA extraites à partir des amandons torréfiés ont été caractérisées par l'apparition d'attributs d'amande et de noisette. Quant à l'huile HCA extraite artisanalement à partir de noix régurgitées par les chèvres, deux sensations légères d'attributs négatifs de chômé et de chèvre ont également été perçues. Cependant, avec le temps de stockage chaque huile se comporte différemment et finalement, seule l'huile HPA garde une grande partie de ses qualités sensorielles [14].

## Conclusion

L'étude des caractéristiques physico-chimiques initiales de tous les échantillons montre que les indices de qualité (Acidité, Indice de peroxyde, humidité, impuretés et absorbance dans UV) ont enregistré des faibles variations en fonction du mode d'extraction et de l'origine géographique mais qui restent des paramètres maîtrisable lors de la transformation, du conditionnement et du stockage de l'huile par les bonnes pratiques de fabrication. Pour les autres paramètres de qualité (les acides gras, les acides gras trans, les tocophérols et les stérols), ni le mode d'extraction ni l'origine géographique ne peuvent les influencer.

Concernant la teneur des tocophérols, notre étude montre une légère variabilité de cette fraction en fonction du mode d'extraction et de l'origine géographique.

La stabilité oxydative par Rancimat montre que les trois origines géographiques étudiées n'ont pas d'influence sur la qualité et la stabilité d'une huile contrairement à la méthode d'extraction. En effet l'oxydation la plus rapide est observée pour les huiles produites à partir des amandons non torréfiés, suivie par celles produites par des méthodes traditionnelles (pressage d'amandons provenant de fruits dépulés manuellement ou par les chèvres). Cependant, les huiles obtenues par presse mécanique à partir des amandons torréfiés en respectant les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication sont les moins sujettes à l'oxydation.



En effet, la stabilité de ce type d'huile est deux fois supérieure à celle des huiles produites à partir des amandons non torréfiés. Ces résultats montrent clairement que, d'une part, la torréfaction augmente la stabilité de l'huile d'argane et, d'autre part, l'extraction artisanale et l'utilisation de noix régurgitées par les chèvres la diminuent sur les différentes températures étudiées.

Pour les analyses sensorielles, cette étude a montré que toutes les huiles au moment de l'extraction présentent des attributs sensoriels acceptables par le consommateur au moment de l'extraction, mais après un temps de stockage, chaque huile se comporte différemment et seule l'huile HPA garde une très grande partie de ses qualités sensorielles.

## Recommandations

Pour obtenir une huile d'argane aux bonnes caractéristiques de qualité, il faut veiller à ce que toutes les opérations au niveau de la production, de la transformation, du conditionnement et de l'emballage soient effectuées avec soin en suivant les recommandations ci-après indiquées.

- Travailler dans des conditions de propreté maximale et observer les règles strictes d'hygiène pour éviter tout type de contamination ;
- Appliquer la conduite technologique de trituration des amandons en respectant les normes appropriées pour chaque opération ;
- Limiter l'augmentation de température au niveau de la presse ;
- Après la filtration, procéder immédiatement au stockage dans les cuves inox;
- Stocker du produit fini à l'abri de la lumière afin d'éviter toute altération éventuelle de l'huile, notamment par la protection contre la lumière, l'air et la chaleur;
- Effectuer l'opération de conditionnement sous gaz inerte ou sous vide ;
- Choisir le packaging (Barrière à l'O<sub>2</sub>) afin d'éviter la pénétration de l'oxygène et quelques contaminants comme les phtalates ;
- Au début de chaque extraction, il faut procéder au nettoyage général des installations et des machines, afin de créer les meilleures conditions de milieu d'hygiène qui s'avèrent indispensables pour obtenir, à partir de fruits sains, de l'huile d'argane de qualité.

## Références bibliographiques

- [1] **Charrouf Z, Guillaume D.** Should the Amazigh diet regular and moderate argan-oil consumption have a beneficial impact on human health. *Crit Rev Food Sci Nutr.*(2010),50:473-477.
- [2] **Rahmani, M.** Composition Chimique de L'huile d'argane Vierge».Cahier Agricultures (2005). Vol. n°5, Septembre-Octobre, 461-465.
- [3] **Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Charrouf Z, Guillaume D.** Long argan fruit drying time is detrimental for argan oil quality. *Natural Product Communications* (2010) Volume 5, N°11, Pages 1799-1802.
- [4] **Cayuela J, A, Rada M, Pérez-Camino M, Benaissa M, Abdelaziz E, & Guinda A,** Characterization of artisanally and semiautomatically extracted argan oils from Morocco. *European Journal of Lipid Science and Technology.* (2008), 110,1159–1166.



- [5] **Judde A.** Prévention de L'oxydation des Acides Gras Dans Un Produit Cosmétique : Mécanismes, Conséquences, Moyens de mesure, Quels Antioxydants Pour Quelles Applications ; OCl, (2004) Vol. 11N°6 Novembre-Décembre, 415-418.
- [6] **Gharby S, Harhar H, El Monfalouti H, Kartah B, Maata N., Guillaume D, Charrouf Z.** chemical and oxidative properties of olive and argan oils sold on the moroccan market. A comparative study. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism (2011) DOI 10.1007/s12349-011-0076-5 Pages 1-8.
- [7] **Khallouki F, Younos C, Soulimani R, Oster T, Charrouf Z, Spiegelhalder B, Bartsch H, Owen R. W.** Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. Eur. J. Cancer Prev. (2003), 12, 67-75.
- [8] **Hilali M, Charrouf Z, El Soulhi A, Hachimi L, Guillaume D.** Detection of argan oil adulteration using campesterol GC-analysis. J Am Oil Chem Soc. (2007), Vol 84, 761-764.
- [9] **Hilali M, Charrouf Z, El Aziz Soulhi A, Hachimi L, Guillaume D.** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. J. Agric. Food Chem. (2005), 53, 2081-2087.
- [10] **Gharby S, Harhar H, El Monfalouti H, Kartah B, Aziza H., Charrouf Z.** Chemical and sensory analysis of argan oil Les Technologies des Laboratoires. (2011) Vol22, N°, Pages 13-23.
- [11] **Matthäus B, Guillaume D, Gharby S, Haddad A, Harhar H, Charrouf Z.** Effect of processing on the quality of edible argan oil. Food Chem. (2010), Vol 120, 426-432.
- [12] **El Monfalouti H, Guillaume D, Denhez C, Charrouf Z.** Therapeutic potential of Argan oil: a review. J. Pharm. Pharmacol.(2010), 62, 1669-1675.
- [13] **Gharby S, Harhar H, Guillaume D, HADDAD A, Matthäus B, Charrouf Z** Charrouf.Oxidative stability of edible argan oil: a two year study. LWT- Food Sci. Technol. (2011), Vol 44, 1-8.
- [14] **Soracco D, Milano S, Lenta M, Vassallo E, Sardo P, Charrouf Z.** Manuel de degustation de l'huile d'argane sentinelle Slow Food, Décembre (2009), 17-26.



**Tableau -1 Caractéristiques physico-chimiques des huiles d'argane en fonction de l'origine géographique et du mode d'extraction**

	AIT BAHA					TIDZI					TIOUTI					
	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC
Acidité [%]	0.26±0.01	0.6±0.02	0.3±0.02	0.35±0.01	0.26±0.02	0.46±0.01	1.14±0.04	0.21±0.01	0.27±0.02	0.32±0.01	0.74±0.01	0.34±0.01				
IP [MécO <sub>2</sub> /kg]	0.67±0.06	1.08±0.1	1.12±0.08	1.09±0.02	1.2±0.03	1.03±0.04	1.3±0.01	1.1±0.02	0.98±0.02	0.77±0.03	1.2±0.01	1.1±0.03				
Humidité [%]	0.07±0.01	0.08±0.01	0.06±0.02	0.087±0.01	0.063±0.01	0.065±0.02	0.25±0.03	0.09±0.01	0.05±0.01	0.08±0.01	0.09±0.01	0.15±0.02				
Impuretés [%]	0.12±0.01	0.61±0.01	0.23±0.01	0.19±0.01	0.2±0.01	0.31±0.01	0.35±0.01	0.5±0.01	0.33±0.01	1.44±0.01	1.19±0.01	0.33±0.01				
E232	1.38±0.026	1.17±0.01	1.22±0.01	1.25±0.01	1.19±0.01	1.22±0.005	1.37±0.01	1.25±0.04	1.32±0.02	1.33±0.005	1.26±0.005	1.26±0.02				
E270	0.25±0.023	0.19±0.005	0.21±0.01	0.22±0.01	0.18±0.005	0.18±0.005	0.18±0.005	0.24±0.01	0.25±0.01	0.29±0.005	0.17±0.005	0.29±0.01				
Rancimat 110°C [h]	22.36±0.21	17.63±0.19	17.03±0.04	13.96±0.52	25.93±0.57	15.29±0.63	15.57±0.2	13.99±0.41	25.36±2.4	16.88±0.38	15.81±0.4	13.45±0.3				



**Tableau -2 Composition en acides gras des huiles d'argane en fonction de l'origine géographique et du mode d'extraction**

	AIT BAHA					TIDZI					TIOUT				
	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA
	Composition en Acides gras [%]														
C16:0	13.15±0.1	13.5±0.1	14.02±0.1	13.79±0.1	12.25±0.1	12.88±0.1	11.56±0.1	12.55±0.1	13.4±0.1	13.17±0.1	12.6±0.1	13.4±0.1	13.4±0.1	12.6±0.1	13.4±0.1
C18:0	5.85±0.1	5.6±0.1	5.9±0.1	5.66±0.1	4.85±0.1	5.3±0.1	5.43±0.1	4.85±0.1	5.77±0.1	6.45±0.1	5.6±0.1	5.77±0.1	5.77±0.1	6.45±0.1	5.58±0.1
C18:1	46.45±0.1	47.1±0.1	48.36±0.1	45.85±0.1	47.36±0.1	47.5±0.1	43.21±0.1	48±0.1	46.5±0.1	46.57±0.1	46.7±0.1	46.5±0.1	46.5±0.1	46.7±0.1	46.36±0.1
C18:2	33.44±0.1	33.7±0.1	30.16±0.1	33.64±0.1	34.47±0.1	33.2±0.1	38.73±0.1	33.49±0.1	33.3±0.1	32.7±0.1	33.97±0.1	33.3±0.1	33.3±0.1	32.7±0.1	33.25±0.1
C18:3	0.1±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1	0.1±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1
Somme A.G.S	19±0.7	19.1±0.3	19.92±0.4	19.45±0.2	17.7±0.3	18.2±0.1	17.01±0.1	17.4±0.3	19.27±0.3	19.62±0.2	18.2±0.1	19.27±0.3	19.27±0.3	19.62±0.2	18.98±0.4
Somme A.G.INS	79.89±0.7	80.8±0.3	78.52±0.6	79.49±0.4	81.83±0.4	80.7±0.1	81.94±0.1	81.49±0.4	79.8±0.4	79.3±0.1	80.67±0.3	79.8±0.4	79.8±0.4	79.3±0.1	79.6±0.4
TRANS-1	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01
TRANS-2	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01

A.G.S : Acides gras saturés ; A.G.INS : Acides gras insaturés ; TRANS-1 : C18:1 Trans ;

TRANS-2 : Somme de C18:2 Trans + C18:3 T rans



**Tableau -3 : Composition en stérols et en tocophérols des huiles d'argane en fonction de l'origine géographique et du mode d'extraction**

	AIT BAHA					TIDZI					TYOUT					
	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC	HPA	HAA	HCA	HPC
<b>Composition en stérols [%]</b>																
Schottenol	44.5±0.1	44.1±0.1	44±0.1	46.4±0.1	46.3±0.1	45.3±0.1	44.3±0.1	46.1±0.1	44.3±0.1	44.3±0.1	44.3±0.1	46.1±0.1	44.3±0.1	44.3±0.1	44.3±0.1	46.6±0.1
Spinastérol	40.2±0.1	38.7±0.1	43±0.1	40.1±0.1	38.2±0.1	39.8±0.1	40.7±0.1	39.9±0.1	40.7±0.1	42.1±0.1	43.2±0.1	39.9±0.1	42.1±0.1	43.2±0.1	43.2±0.1	39±0.1
Delta-7-Avena	4±0.1	4.2±0.1	4.5±0.1	4.1±0.1	4.1±0.1	4.3±0.1	4.7±0.1	5.5±0.1	4.5±0.1	4.1±0.1	5.8±0.1	5.5±0.1	4.1±0.1	5.8±0.1	4.2±0.1	4.2±0.1
Stigmasta-8-22-ol	3.5±0.1	3.9±0.1	4.2±0.1	3.8±0.1	3.9±0.1	3.8±0.1	4.1±0.1	4.7±0.1	4.1±0.1	3.5±0.1	3.8±0.1	4.7±0.1	3.5±0.1	3.8±0.1	3.9±0.1	3.9±0.1
<b>Composition en Tocophérols [g/kg]</b>																
• -Tocophérol	40.5±0.1	38.1±0.1	51.2±0.1	42.1±0.1	41.7±0.1	38.3±0.1	39.9±0.1	44.4±0.1	40.8±0.1	62.7±0.1	61.9±0.1	40.8±0.1	62.7±0.1	61.9±0.1	61.9±0.1	62.7±0.1
• -Tocophérol	1±0.1	2.9±0.1	2.3±0.1	2.7±0.1	2.6±0.1	1.9±0.1	1.2±0.1	1.1±0.1	1.7±0.1	3.4±0.1	3±0.1	1.7±0.1	3.4±0.1	3±0.1	3.4±0.1	3.4±0.1
• -Tocophérol	678.1±0.1	685.2±0.1	646.6±0.1	671.6±0.1	598.3±0.1	563.4±0.1	530.8±0.1	503.6±0.1	594.2±0.1	580.1±0.1	589.9±0.1	594.2±0.1	580.1±0.1	589.9±0.1	587.2±0.1	587.2±0.1
• -Tocophérol	51±0.1	61.3±0.1	41±0.1	56±0.1	56±0.1	39±0.1	38±0.1	33±0.1	38±0.1	39.5±0.1	40.4±0.1	38±0.1	39.5±0.1	40.4±0.1	40±0.1	40±0.1
Totaux	769.5±0.1	790.8±0.1	741.2±0.1	758.8±0.1	761.6±0.1	642.2±0.1	615±0.1	582±0.1	675±0.1	686±0.1	698±0.1	675±0.1	686±0.1	698±0.1	695±0.1	695±0.1



# Valorization of the pulp of *Argania spinosa* L. Processing and products Towards an optimized valorization of the Argan fruit

Pioch D<sup>1</sup>., Buland F-N<sup>1</sup>., Pingret de Sousa D<sup>1</sup>., Palu S<sup>1</sup>., Benismail MC<sup>2</sup>., Mohktari M<sup>2</sup>., Larroque M<sup>3</sup>., Bastianelli D<sup>4</sup>., and Charrouf Z<sup>5</sup>.

1- CIRAD - UR 40 Génie des procédés - Bioraffinerie, TA-B40/16, 34398 Montpellier Cedex 5, France. Email : daniel.pioch@cirad.fr

2- IAV- Centre de recherché d'Agadir, Maroc ;

3- UMR QUALISUD, Faculté de Pharmacie, Université de Montpellier 1, 15 Av. Charles Flahault 34000 Montpellier, France ;

4- CIRAD - UMR SELMET, Montpellier, France ;

5- Laboratoire de Chimie des Plantes et de Synthèse Organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Maroc.

## Résumé

Ce travail est axé sur la pulpe du fruit de l'arganier : technologie et produits potentiellement utiles. Un protocole a été développé afin de récolter des échantillons de fruits d'arbres sélectionnés, d'enregistrer les données biométriques et d'effectuer des analyses sur la pulpe. L'étude montre l'effet de la forme des fruits (fusiforme, apiculé, rond ...) et de la maturation sur la composition chimique de la pulpe. Des essais pilotes ont montré que les étapes clés (séchage, dépulpage mécanique, fractionnement-extraction) peuvent être réalisées avec des équipements existants, malgré la variabilité de taille des fruits, dans le but de préserver les composants naturels. Cette étude exploratoire, financée par l'ADS (RARGA2) Maroc, laisse entrevoir plusieurs possibilités de valorisation de la pulpe : adaptation de la filière de production, sélection variétale, stabilisation par séchage solaire, exploitation des produits nouveaux à haute valeur ajoutée. Ces résultats montrent une voie pour le traitement et la valorisation optimisés de la totalité du fruit de l'arganier parallèle à l'exploitation de l'huile et d'aliments pour bétail.

**Mots clefs** : mésocarpe argan, formes fruit, extraction, latex, huile pulpe, composition.

## Abstract

This report focuses on Argan pulp: technical aspects and potentially useful products. A new protocol was developed, to collect either all ripe fruits of a given tree under similar conditions in spite of ripening lasting for weeks, or non-ripe fruits at different stages of maturity, recording biometric data, chemical analysis. This study points out the effect of fruit shape (fusiform, pointed, round....) and of ripening on the chemical composition of the pulp. Pilot trials showed that key steps (drying, mechanical depulping, and fractionation-extraction) can be carried out efficiently with readily available equipment, this in spite of large fruit variability, with the aim of preserving natural compounds. This exploratory study, funded by ADS (RARGA2) Morocco, shows an alternative for adding value to pulp: adapted organization of production chain, interest of varietal selection, stabilization by mild drying in a solar oven, and new high value products in addition to usual kernel oil and fodder; thus opening the way towards an optimized processing and valorization of the whole Argan fruit.

**Key words** : Argan mesocarp, fruit shape, extraction, latex, pulp oil, chemical composition.



## Introduction

The Argan tree is important from the environment standpoint. Its current decline, caused by climate change, demography and overexploitation is expected to have drastic consequences on ecological, economical and human sides. This is why it should be protected and even planted again<sup>1</sup>. Nowadays, the Argan oil has become the principal product from economical point of view. The production chain is based on a single market which is driven, by changing customer habits in industrialized countries (cosmetics, health food).

Thus, under present situation, in addition to improving the current production chain centered on kernel oil and fodder, it makes sense to expand our knowledge towards an alternative integrated valorization of all products of the Argan tree. Here reported results deal with the pulp, owing to its diversified chemical composition, although being much less investigated than Argan oil, [Charrouf 19902, 1991a3, 1991 b4, 20025, 20076 ; Chernane 19997; Fellat-ZarrouK 19878; Sandret 19579; Tahrouch 199810];

The susceptibility of the pulp to degradation by biological and chemical agents (water, air, Ceratite flies...) leads to pay attention to the whole production chain, from ripening and harvest. Thus preserving the natural compounds during the production chain with the aim of accessing to quality products has become a new challenge. The study focus (i) on technological aspects: key steps of harvest, depulping (pericarp / mesocarp separation), fractionation, extraction, and (ii) on potentially interesting products. It was necessary to improve our knowledge about the chemical composition of the pulp ie its evolution with ripening and the influence of fruit shape.

## 1- Materials and methods

### ***-2.1 Sample collection and preparation:***

To achieve our goals, a procedure was set and applied, allowing the collection of fruits at the same ripening stage for a given tree, in spite of the production period being spread over several weeks. In fact fruits were considered ripe when falling on the ground and were collected daily for 2-3 weeks on a polyethylene film placed under the tree in order to avoid contact with soil and limit degradation by insects or micro-organisms. Daily harvested fresh fruits were then counted, and size and pulp / nut ratio after manual depulping were measured on a representative sample. The pulp fraction was then dried or frozen and stored until chemical analysis. This protocol was applied to trees selected on the basis of fruit shape. For accessing to lots of fruits at various stages of maturity, all fruits of a given tree were collected on the same day, either on the ground or in the tree, considering the following groups: almost ripe, intermediate and unripe, as being respectively those close to falling but not yet fallen (based on color), turning color green-yellow, still green. Above procedure was applied for analytical purpose; for testing alternatives to current production chain which is based on sun drying prior to manual depulping, and to allow fractionation of pulp as a fresh product, daily harvested lots of whole fruits were stored at 4°C either as fresh fruits, or after stabilization. This last was achieved under mild conditions through drying in a solar tunnel ventilated with a fan, and made of PE film to avoid direct contact with sun light and subsequent degradation. Several tens of kilos were collected this way for further technological investigation (influence of storage conditions, of drying stage, mechanical depulping and fractionation).





A total of 14 trees of the experimental conservatoire field at IAV Research Center in Agadir, free of non statistical collection of fruits by goats and sheep, nor by harvesters, were selected, localized with GPS and classified according to fruit shape. In all, this sample collection organized in late spring gave access to a large number of typed samples, from 1kg for analytical purpose, up to 10kg for technological trials, as summarized in table 1.

**Table 1: Typed lots of Argan fruits obtained for analysis and technical trials**

	Processing trials	Ripening	Fruit shape	Pulp contamination	Preservation
Parameters investigated	Oil extraction depulping	Chemical composition	Chemical composition	Environment	Storage conditions
Type of samples collected	Ripe fruits Fresh half dried dried	Ripe almost ripe medium unripe	spherical pointed elongated	Harvest from tree or ground Ceratitis infested Goat-free field close sheepfold	Fresh 4°C Fresh -18°C Half dried 4°C Dried 4°C

## 2.2 Analytical procedures:

The water and volatile matter content were estimated by addition of different losses: exuded liquid during travel, weight loss by stabilisation and determination of residual water and volatiles matters content. The stabilization was made by drying with U.T.A. dryer at 40°C. The residual water content was measured in accordance with ISO 665: 1997 Norm. 5 g of stabilized sample were grinded and put in steam room at 103°C. The extraction of volatile compounds was performed in Headspace (SPME): in Glass bottle corked by aluminum foil, with a fiber of Polydimethylsiloxane / Divinylbenzene (PDMS/ DVB) conditioned 30 min at 260°C before first use. 3 g of green, yellow or brown fruits' pulp were taken. The pulp was cut into small pieces. Several tests were conducted to optimize the protocol. Increasing temperature of 70 to 90°C improves results, giving greater sensitivities. Finally, the extraction of volatile compounds was made by heating samples at 90°C for one hour. It is important to note that the temperature of the head space was 49°C and within the solid (pulp) was 57°C. In the end of volatile compound's adsorption on the fiber, desorption is thermally made (2 min at 260°C) in the injector of GC coupled to a mass spectrometer.

Four types of solvents were used for extraction:

- Water: Aqueous extract was obtained in ebb at 90°C. It was used for sugar's measurement and identification. The separation and determination were performed by HPLC with Au electrochemical detector.

- Hexane, dichloromethane and methanol: Extraction made in series by ebb solvent to the previous extraction's remnant (hexane, then dichloromethane, then methanol) with soxhlet's equipment. The samples were introduced in an extraction cartouche of cellulose and put into the soxhlet. The solvent in the system was heated from the balloon and the vapor condensed by distillation, dropping into the soxhlet and once the liquid reached the overflow level, a siphon aspirated and unloaded it back to the distillation flask, carrying the extracted analytes into the bulk liquid. This operation was repeated until complete extraction was achieved.

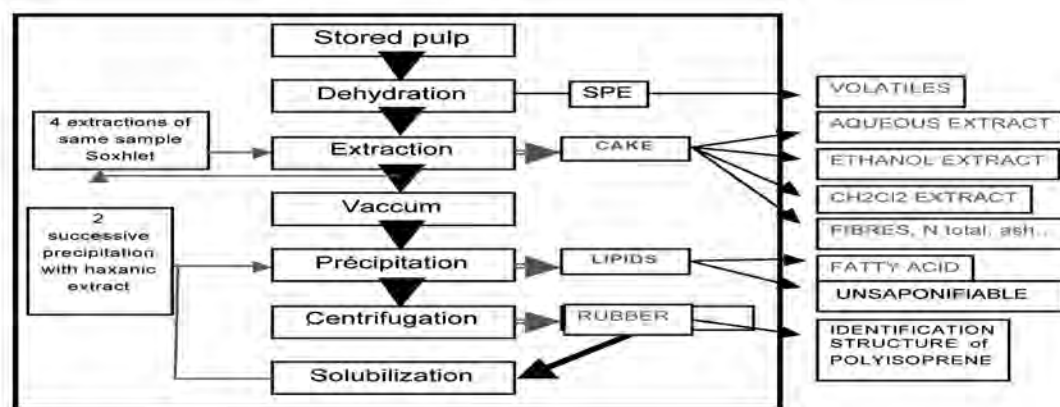
- Hexanic extract: The lipidic and polyisoprenic fractions (apolar fraction) were obtained by precipitation with methanol. 2 ml of hexanic extract were filtered and 0,2 ml of methanol KOH 2M were added for precipitation. The mixture was put in a vortex and filtered. The identification was performed on 2 µl of extract by GC-MS.



- The dichloromethanic extract was diluted in 50 ml of dichloromethane and 2  $\mu$ l were used for GC-MS analysis.

Non-extractibles matters measured were ash, cellulose and lignocellulose content of pulp.

**Figure 1 gives the laboratory protocol for pulp fractionation.**

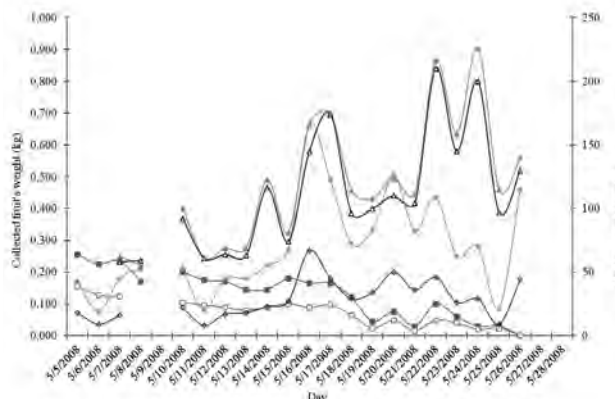


**Figure 1: Laboratory protocol for pulp fractionation**

## Results

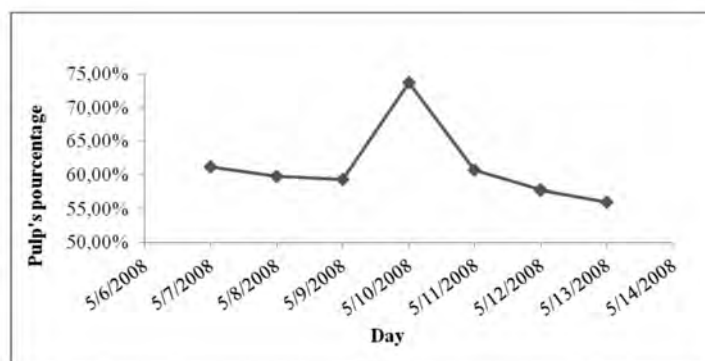
### 3.1- Influence of fruit shape and ripening:

This study shows the effect of fruit shape (fusiform, pointed, round...), and of the degree of ripening on the chemical composition of the pulp. The daily collection of fruits on the polyethylene film was strongly dependent of the date (because of variation of weather conditions) as shown in Figure 2. In fact the average fruit weight and the number of fruits fallen during one day, may vary similarly or not depending also on the considered group (fruit shape). Regarding biometric data, the fruit shape parameter -ratio length/diameter- 2.12 and 1.8 respectively for pointed and round shapes was very close to those found by [Chernane et al. 2000; Zahidi 2004; Maallah 199211]. The standard deviation of diameter and length over the collection time within fruits collected on a given is in the range of 1,8 mm for diameter and 2,8 mm for length. Regarding the composition, the percent of pulp in fruit (dry pulp weight) varies according to the shape: pointed (apiculé) 23.8%; elongated (fusiforme) 18.8%; round 16.7% with a relative variation within groups of trees producing fruits of same shape in the range of 20%, but only 10% of relative variation during harvest period for a given tree (Fig. 3)



**Figure 2 : Nbre of fallen fruits daily and average individual fruit weight for 3 selected trees**





**Figure 3: Progress of pulp's percentage in tree 04's fruit**

Several fractions were extracted from above pulp samples using a panel of methods and of solvents according to procedure detailed in figure 1. The volatile fraction obtained by SPE showed lactones (decanolactone), decenal, unsaturated hydrocarbons, all known as components of aromas.

Next fraction is the sugars in aqueous extract; during the ripening period total sugars vary from 3.0 to 16.7% for round fruits, while it may account for up to 23.8% vs fruit shape. Thus sugars content could be taken as markers of ripening stage to determine harvesting date.

Then the non polar extract obtained with hexane (Table 2) makes up to 12% dry weight (dw), as does Argan oil in the seed. Here this extract contains polyisoprene but also lipids. These lipids account for 4.8 to 5.7% depending on fruit shape and may vary of 10-20% during ripening. The study also confirmed the peculiar fatty acid composition of this pulp oil, being almost independent of fruit shape (Table 3). The second fraction of the hexane extract, polyisoprene, also mentioned in literature [Battino 192912; Fellat Zarrouck 198713], increases from 2 to 3.6% vs ripening, the maximum being measured just before falling, but also strongly influenced by fruit shape (0.8 – 2.7%) maximum for round fruit.

**Table 2: Hexane fraction vs ripening and fruit shape**

	Pointed ripe	Fusifform ripe	Round ripe	Round almost ripe	Round medium	Round almost ripe
Lipids (%p/dry pulp)	5,6	4,8	5,7	8,3	6,7	8,0
Polyisoprene (%p /dry pulp)	0,81	0,66	2,7	3,6	2,0	2,6



**Table 3: Fatty acid composition of pulp lipids**

	4 shapes	Bibliography	Argan oil (this work)
Lauric C12 :0	0 – 1.6	-	-
Palmitic C16 :0	23.7-25.7	18-31	10-15
Palmitoleic C16 :1	2.5- 3.4	1-3	-
Diocyladipate	0.93	-	-
15-méthyl hexadecanoic	0 – 2.7	-	-
StearicC18 :0	4.2 – 5.6	2-7	-
Oleic C18 :1	13.1-15	3-42	43-50
Linoleic C18 :2	28.4 - 31.9	3-23	28-36
Linolénic C18 :3	12.5-12.8	0,4-5	-
Arachidic C20 :0	1.2 – 1.9	1	-
13-Docosenoic C22 :1	0 – 1.0	-	-
Lignoceric C23 :0	2.4 - 3.3	-	-

Last, the  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  extract of pulp defatted with hexane contains bioactive compounds like amyirin, lupenylacetate, pyrocatechol; 35 compounds were identified by GC-MS (6 previously reported) and evolution vs ripening was noted, thus exemplifying the possibility of adapting the harvest time depending on the goal.

Finally the cake after having extracted above fractions, still contains proteins (as N total), up to 10%, 25% variation vs ripening or shape and fibers with no influence of shape, but suffering 30% variation during ripening, all these components giving a value to the solid as animal feed influenced, by ripening and shape.

This should lead to select varieties based on morphological and chemical characters.

Pilot trials at 5 kg scale, showed that key steps -drying, mechanical depulping and fractionation-extraction- can be carried out efficiently. These steps can afford the large biometric variability of fruits, even without sophisticated equipments, while preserving product quality. It should be noted that this new use of the pulp would require an adapted organization of the production chain, from harvest, and would need appropriate varietal selection.

### **3.2 Processing trials at 10kg pilot scale**

The use of a simple device comprising an horizontal cylinder serving as a mesh sized to retain depulped nuts fitted with a rotating knives at variable speed allowed a low ratio of broken nuts as low as 0.2 and 0.7% fresh weight respectively with fresh and dried fruits (Table 3). This leaves open both the options of processing fresh fruits or stabilized fruits that could afford a longer storage time compared to the first option. This very low ratio of broken nuts should lead to high quality Argan oil after subsequent breaking of separated nuts prior to extraction in screw press as currently done,



although this was not tested because out of the scope of this explorative work. The yield of depulped fruits in the range of 70% is only indicative here, because of the high dead volume of the equipment in comparison to the relatively small size of fruits available for each trial; this yield could be augmented by adjusting residence time of fruits and/or recycling of fruits if necessary.

The water content of fruits was found a key parameter, to be optimized in conjunction with stabilisation option: partial drying in sun tunnel, complete drying in an electrical loop or fresh fruits stored at 4°C. Worth noting that mechanical depulping did work in spite of fruit heterogeneity as mentioned in the biometry section, although these few trials did not allow testing a very large panel of fruits, including variable mechanical resistance of nuts known to be a key parameter when processing palm kernels for example. Based on our expertise in this last field, it is reasonable to expect mechanical processing of nuts be possible, although requiring a large, fully dedicated multidisciplinary study.

**Table 3: Pilot trials for mechanical depulping at 10kg scale vs type of stored fruits**

Type of fruit Water content (%)	Fresh 75	Partly dried 66	Dry 16
Depulped (%)	70.5	71.3	69.2
Broken nuts (%)	0.2	3.7	0.7
Not depulped (%) (to be recycled)	29	25	30

## Conclusions

The peculiarity of Argan tree-sessile fruits and harvest period spread over several weeks- led to set an adapted method, for collecting all fruits of a given tree at same ripening stage, while preventing extensive degradation of pulp. This procedure for collecting representative samples is now available for performing extensive research work, with the aim of characterizing the diversity of trees and fruits.

This study confirms the effect of fruit shape and degree of maturity on the chemical composition of pulp, parameters rarely considered to date, although of prime importance in view of an improved valorization of the whole fruit. This will lead to selecting trees, including characters linked to harvest and processing aptitude of fruits, from chemical composition to mechanical properties, in addition to resistance to Ceratite fly for example.

In view of achieving our goals, the processing trials have show the possibility of mechanizing several steps, although much more work would be necessary to set successfully a new production chain, achieving fractionation of pulp components while producing high quality Argan oil, as a important product, among others addressing a wider panel of markets.

Complementing previous reports, a panel of potential derived products has been highlighted: flavour; bioactive molecules; pulp oil; latex; all suitable for industrial applications. It should be mentioned that these valuable extracts represent a portion at least equivalent to the kernel oil on a weight basis (Argan oil) which can be still extracted by the usual processes. Then, other components (cellulose, hemicellulose, sugars, proteins...), which make the main part of the pulp (on weight basis), would still remain available for feeding local goats and sheep, owing to their high nutritional value.



Applying above concepts would lead to a “biorefinery” devoted Argan tree, definitely strengthening the production chain, which does not look to be sustainably implemented yet.

*A. spinosa* makes a specific agro-sylvo-pastoral system in Morocco, from both environmental and social stand points. Domestication -adapted cropping system and production chain- would bring new opportunities of sustainable development, while contributing to the preservation of this species.

## Aknowledgement

ADS–Morocco for funding in part of this research work (ARCADI project) under RARGA2, as well as CIRAD, Agropolis-International and IAV-Agadir. Dr Jean-Claude Dumas, UMR QUALISUD and Dr Frédéric Bonfils, UMR IATE both of CIRAD (Montpellier) and Dr Thierry Doco, INRA-Montpellier, respectively for their help in processing trial, polyisoprene and sugar analysis; Dr Hicham Harhar, Université Mohamed V, and Drs Miloudi Hilali and Badr, formerly students at IAV-Agadir for their help in daily harvesting of fruits

## References

- 1 **Battino M.**,1929, Recherches sur l’huile d’argan et sur quelques autres produits de l’arganier. Thèse de doctoract en Pharmacie, Paris, 1929. Librairie le Français (Paris), 132p.
- 2 **Charrouf Z., Fkih-Tétouani S., Rouessac F.**,1990, Occurrence of Erythrodiol in *Argania spinosa* , Al Biruniya, 6, (2), 135,
- 3 **Charrouf Z.**, 1991,Valorisation d’*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae : Etude de la composition chimique et de l’activité biologique du tourteau et de l’extrait lipidique de la pulpe., Thèse Sciences, Univ Mohammed V, Rabat ,
- 4 **Charrouf Z., Fkih-Tétouani S., Charrouf M., Mouchel B.**,1991, Triterpènes et stérols extrait de la pulpe d’*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae. *Plantes médicinales et Phytothérapie*, XXV, 2-3, 112-117,.
- 5 **Charrouf Z. and Guillaume D.**, 2002, Secondary metabolites from *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Phytochemistry Reviews*,1: p. 345-354.
- 6 **Charrouf, Z., Hilali M., Jauregui O., Soufiaoui M. and Guillaume D.**, 2007, Separation and characterization of phenolic compounds in argan fruit pulp using liquid chromatography–negative electrospray ionization tandem mass spectroscopy. *Food Chemistry* 2007. 100: p. 1398–1401.
- 7 **Chernane, H., Hafidi A., El Hadrami I., Ajana H.**,1999, Composition phénolique de la pulpe des fruits d’arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) et relation avec leurs caractéristiques morphologiques. *Agrochimica*, 43: p. 137-150.
- 8 **Fellat-Zarrouk K., Smoughen S. and Maurin R.**, 1987,Etude de la pulpe du fruit de l’arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. *Actes Inst. Agron.Vét.*,7: p. 17-22.
- 9 **Sandret F.**, 1957, La pulpe d’argane, composition chimique et valeur fourragère: variation en cours de la maturation. *Annales de la Recherche Forestière ao MARoc*, p. 152-177.
- 10 **Tahrouch S., Rapior S., Bessière J.M. and Andary C.**,1998, Les substances volatiles de *Argania spinosa* (Sapotaceae). *Acta Bot. Gallica*, 145: p. 259-263.
- 11 **Projet UE/MEDA/ADS**, 2009, appui à l’amélioration de la situation de l’emploi de la femme rurale et gestion durable de l’arganeraie dans le sud-ouest du Maroc contrat N° AR05A061P704, rapport final,
- 12 **K. FELLAT-ZARROUCK,S.SMOUCHEN 2 MR.MAURIN**, 1987, Etude de la pupe du fruit de l’arganier (*Argania Spinosa*) du Maroc Matière grasse et latex, *Actes Inst. Agrom ? vet.* Vol 7, 17-22, (314).



# Argan oil aroma : effect of kernels roasting and oil extraction process

ZAHAR M.<sup>1</sup>, REINECCIUS G.<sup>2</sup> and SCHIRLE-KELLER J-P<sup>2</sup>.

1- Département des Sciences Alimentaires et Nutritionnelles, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Morocco. E-mail: m.zahar@iav.ac.ma

2- Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, 1334 Eckles Ave, St. Paul, MN 55108, USA. E-mail: greincc@umn.edu; jpsk@spectraflavor.com

## Abstract

The effect of kernel roasting and oil extraction process on the aroma profile of Argan oils was studied. Argan oil from unroasted kernels (cosmetic grade) was obtained by mechanical press. Edible oils were prepared by (1) the traditional process and (2) semi-mechanical process (mechanical roasting and oil press extraction). Aroma compounds were isolated from the oils by dynamic headspace trapping using Tenax TA. Their separation and identification was accomplished by GC/MS and confirmed by LRI calculated by GC/FID. Sensory characterisation of odour-active compounds was performed by GC/MS/olfactometry. Aroma compounds identified in cosmetic oil were dominated by alcohols. Both edible oils had similar aroma profiles derived primarily from Maillard reaction, lipid oxidation, sugar degradation and/or products of their interactions. Oil obtained by the semi-mechanical process showed significantly higher levels of pyrazines, aldehydes and ketones than traditional oil. Olfactometric profile of cosmetic oil revealed mainly fruity/green/herbal notes. Profiles of edible Argan oils were dominated by the roasty/ toasty/ nutty and burnt sugar/caramel notes. Traditional oil presented more fruity and burnt sugar/caramel notes than oil obtained by the semi-mechanical process.

**Keywords:** Argan oil, roasting, extraction, aroma, identification, GC/MS/Olfactometry

## *Arôme de l'huile d'argane: effet de la torréfaction des amandons et du procédé d'extraction de l'huile.*

### Résumé

L'effet de la torréfaction des amandons et du procédé d'extraction de l'huile sur la composition de l'arôme de l'huile d'Argane a été étudié. L'huile cosmétique a été obtenue par presse d'amandons non torréfiés. Les huiles alimentaires ont été préparées par (1) le procédé traditionnel et (2) le procédé semi-mécanisé. La fraction arôme a été isolée des huiles par piégeage dynamique de l'espace de tête à l'aide de Tenax TA. La séparation et l'identification de ses constituants ont été réalisées par CPG/SM et leur confirmation par les IRL obtenus par CPG/DIF. La caractérisation sensorielle des odorants actifs a été faite par CPG/SM/Olfactométrie. L'arôme de l'huile cosmétique est dominé par les alcools. Les huiles d'Argane alimentaires ont montré des profils aromatiques similaires principalement dérivés de la réaction de Maillard, de l'oxydation des lipides, de la dégradation des sucres et/ou de leurs interactions. L'huile obtenue par procédé semi-mécanisé a montré des teneurs en pyrazines, aldéhydes et cétones significativement plus élevées que l'huile traditionnelle. Le profil olfactométrique de l'huile cosmétique est principalement composé d'odeurs fruitées/vertes/herbeuses. Dans les huiles d'Argane alimentaires, les notes grillé/toast/noisette et sucre brulé/caramel étaient dominantes. L'huile traditionnelle a montré plus de senteurs fruitées et sucre brulé/caramel que l'huile du procédé semi-mécanisé.

**Mots clés :** huile d'Argane, torréfaction, extraction, arôme, identification, CPG/SM/Olfactométrie.



## Introduction

The Argan tree (*Argania Spinosa* (L.) Skeels), endemically grown in Morocco, provides a nut sized fruit containing kernels that are used to produce a range of cosmetic and edible Argan oils available for national and export markets. Argan oil has a high percentage of unsaturated fatty acids which makes it of high nutritional quality (Yaghmur et al, 1999; Khallouki et al, 2003). It is relatively stable in storage (Khallouki et al, 2003; Farines, 1981; Chimi et al, 1994) and frying (Yaghmur et al, 2001) because of its natural antioxidants, mainly tocopherols.

In Argan oil production, the ripe fruit pulp and peel are discarded and the nuts are carefully broken manually with stones to separate the kernels (or “almonds”). Argan oil extracted from raw kernels by press extraction is referred as cosmetic grade while edible Argan oil is extracted from roasted kernels. Kernel roasting is used to give the oil its desirable organoleptic characteristics and to improve oil extraction yield. Edible Argan oil can be produced by a traditional (manual) or a semi-mechanical process. In the traditional technique, women use a multi-step process that includes kernels roasting in clay containers followed by grinding the roasted kernels using a millstone to give a brownish viscous mix. The mix is hand-worked with the concomitant addition of water to give a dough which is then hand pressed to give an emulsion and a cake. Oil is separated from the emulsion by decantation. This hand-press oil extraction technique is time consuming and gives low oil yield and a product with poor shelf-life (Charrouf and Guillaume, 1999). In the mechanical technique, kernel roasting is achieved in a rotating oven using gas burners at the base of the cabinet for heat and oil is extracted by mechanical press. The introduction of the mechanical technique by several women cooperatives and industrial units improved oil quality and extraction yield, and significantly reduced the time required for oil extraction (Charrouf and Guillaume, 1999).

Edible Argan oil has a rich aroma and flavor that confer it a high culinary value as a seasoning and cooking oil. Our previous work on the aroma of commercial edible Argan oils (Zahar et al, 2007) showed that pyrazines, aldehydes, ketones, hydrocarbons, alcohols, pyrroles and furans were the main aroma compounds. In addition, qualitative and quantitative differences in aroma profile were observed between commercial oils and these differences were attributed to differences in the roasting step and/or extraction techniques used in their preparation. In a study of the effect of oil extraction on the quality of edible Argan oil during storage, Matthaus et al. (2010) found no change in the sensory characteristics of Argan oil obtained by mechanical extraction after 20 weeks at 20°C; however, for oil obtained by traditional extraction, a Roquefort cheese taste developed after 12 weeks of storage. These authors found also that sensory attributes of oil from unroasted seeds changed very fast and within 4 weeks attributes like moldy/musty and Roquefort cheese appeared. Hilali et al (2005) found that the processing method had no, or little, influence on the overall oil composition (fatty acid profile, antioxidants, pigments, etc.) and that press-extracted oil and traditionally prepared oil had similar compositions. However, oils obtained from roasted seeds had lower acidity values and a-tocopherol contents than oils extracted from non roasted seeds.

The aim of the present work was to study the effect of kernel roasting and oil extraction process on the aroma profile and key aroma compounds of Argan oil.





## Material and methods

### Edible Argan oil samples:

Argan oil samples used in this study were prepared and kindly provided by Arganoil Company, Morocco. They were obtained from the same batch of kernels separated manually by the traditional technique from Argan fruits produced in the area of Taroudant, Morocco. Oil from non roasted kernels was obtained by mechanical press extraction (Cosmetic grade). Edible traditional oil (Trad.) was prepared using traditional process for kernels roasting and oil recovering. The edible semi-mechanical oil (S-M) was prepared from mechanically roasted kernels by mechanical pressing. Oil samples in their dark glass bottles were wrapped in aluminum foil and kept in dark at room temperature until analysis. Samples were 2 to 3 months old (from production date) at the time of analysis.

### Aroma compound Extraction:

Volatile compounds were isolated by dynamic headspace extraction. Ten ml of oil was placed in a double jacketed glass vessel (250 ml capacity) and held for 30 min at 45°C (circulated water from a water bath) while being purged with nitrogen (30 ml/min). The purged headspace volatiles were passed through a glass trap containing Tenax TA (60 mm/ 180 mg). In order to avoid volatile loss and/or contamination of the trapped volatiles, the loaded tube was sealed and placed in test tube until desorption (< 30 min after collection).

### Aroma compound separation and identification:

A Hewlett-Packard (HP) 5890 II chromatograph fitted with a fliptop injector and interfaced with a HP 5971 mass spectrometer controlled by a HP Chemstation was used. Compounds were separated on a DB-5 column (30 m x 0.25mm i.d. x 0.25 m film thickness (J & W Scientific)) using Helium as carrier gas at ca. 2 ml/min flow rate. The loaded Tenax traps were desorbed by placing them in the injection port of the GC quickly using the flip-flop injector (250°C) and thermally desorbing them directly into the column via splitless injection. The head of the capillary column was placed in a Dewar filled with liquid nitrogen to cryofocus the sample. The Dewar was removed from the GC oven and the sample run started after 5 min of desorption. The oven temperature was initially held at 40°C for 5 min, increased at 4°C/min to 250°C and held at this temperature for 5 min. Compounds were tentatively identified by comparing their mass spectra with those in a Wiley 275 library database (Chemstation program). Confirmation of compound identification was achieved by determination of their LRI using a HP 5890 II chromatograph equipped with a flame ionization detector (FID) and a series of alkanes (C5 to C16) solution (0.1 mg/ml) in ethyl ether. The column and chromatographic conditions were the same as described above. Calculated LRI were compared to LRI<sub>DB-5</sub> published data (Kondjoyan et Bérdaqué, 1996, Rychlik and al., 1998, Oruna-Concha et al., 2002 and www. Odour.org.UK). The extraction and analysis of each oil sample were done in triplicate.

## Olfactometry

The olfactometric data were collected using 3 panelists (2 females and 1 male) with experience in odor recognition and description acquired through their participation in several gas chromatography-olfactometry studies in our laboratory. They were asked to smell the effluent of the column at a sniffing port and each judge carried out one session (35-40 min) per day. The sniffing port was purged with humidified high purity Nitrogen: the flow rate was adjusted to suit the olfactory sensitivity of individual analyst's nose. For each odor stimulus, panelists recorded the detection time and wrote a description of each perceived odor. To minimize distraction, the sniffer was the sole occupant of the room during the sniffing session. The odors detected by at least 2 of the 3 sniffers were considered potential contributors to aroma.



## Results & discussion

### Volatile compounds profile:

Results of the analysis of dynamic headspace Tenax TA extracts of Argan oil samples are reported in Table 1. Compounds present in detectable levels are given in Table 1 (MS peak area). Compounds identified but in non quantifiable amounts or present at detectable levels but not in all replicates were considered present at trace levels.

For cosmetic grade Argan oil, which corresponds to oil extracted by mechanically from unroasted kernels, volatile compounds were mainly represented by alcohols and few aldehydes and ketones. Alcohols were the most numerous group in detectable levels of the volatiles identified: 11 alcohols were identified. Pentanal and hexanal were the only aldehydes found in detectable levels. For ketones, 2-propanone and 2-butanone were present in detectable levels. Other compounds present in detectable levels in cosmetic grade oil are methylbenzene, methyl-pyrrole and ethyl acetate. Among acids, acetic acid was the only acid present in abundance in the aroma extracts. Issues of coelution with another compound and very poor chromatography prohibited obtaining useful quantitative estimates of it. The obtained results do not agree with the findings on Argan oil from unroasted kernels by Charrouf et al. (2006) where 14 compounds, mainly aldehydes and ketones, were identified. This discrepancy is likely due to differences in the analytical methodology and perhaps oil samples.

In edible Argan oils, obtained from roasted kernels, volatile compounds were mainly related to the Maillard reaction, sugar degradation, lipid degradation and lipid-Maillard reaction interactions. These findings are in accordance with results of our previous work (Zahar et al., 2007) on commercial edible Argan oils. During the kernel roasting, reducing sugars and amino acids react and a cascade of reactions take place, resulting in browning and the formation of a large number of flavor substances (Weenen and de Rooij, 1998). In addition, substances such as hydrogen sulfide and ammonia generated in the Maillard reaction can react with lipid degradation products such as 2,4-decadienal generating intermediates which can ultimately lead to a wide range of additional compounds including pyridines, thiophenes and other S- and N- heterocycles typically not produced in significant quantities in the Maillard reaction (Farmer and Mottram, 1990). Dominance of N-containing compounds over sulfur containing compounds in edible Argan oil extracts is in agreement with the fact that foods from plant sources appear to have more N-containing than sulfur containing compounds, whilst in meat, the opposite trend is observed (Mottram, 2007).

For most volatile compounds, significant differences in their estimated quantities were observed between the two edible oils. In fact, all pyrazines, aldehydes and ketones present in detectable levels were present in significantly higher levels in edible oil obtained by the semi-mechanical process than the oil prepared by traditional process. No significant differences were observed for identified furans, furanones, pyrroles, sulfur compounds and terpenes. For alcohols, significantly higher levels were observed only for long chain alcohols; no significant differences in short chain alcohols were observed between the edible oils.

When comparing the two edible Argan oils, we expect that variations in quantities of volatiles was the result of differences in roasting conditions and/or the extraction yield of aroma compounds between the two processes. Kernel roasting conditions (T, time) are critical determinants in aroma development. In the traditional process, kernel roasting is done in clay trays over fire and the heat is supplied to the kernels by conduction through the tray. The operation uses ca. 1.5 kg batches of kernels and takes about 10 min with regular stirring until a slight golden brown color of kernels is obtained. In the mechanical roasting method, the kernels are roasted in a rotating oven using electrical heating or gas burners at the base of the cabinet for heat. For kernel batches of about 20 kg, a temperature-time condition of about 120°C for half hour are used (Waali, 2009).



Differences in aroma components between the two edible oils may also be the result of the extraction process. Hand-working of the paste in the traditional method results in partitioning of aroma compounds between the emulsion and the cake, and in the emulsion, between the oil and the aqueous phase. In the mechanical technique, oil extraction is achieved using a screw press in a single stage operation where both disruption of cells and expression of oil take place. To improve the extraction yield and minimize oil quality degradation, a pressure of 400 bars and heating to have an oil temperature at the outlet of about 60°C are applied (Wali, 2009). The heat during this mechanical extraction of oil from roasted kernels may lead to the formation of more Maillard products in the oil.

Hexanal values, an indicator of the degree of autooxidation, were high in both edible oils. Argan oil prepared by semi-mechanical process displayed a significantly higher level of hexanal than the traditional oil. Similar results were reported by Matthaus et al. ((2010) in Argan oil used for storage stability studies. 2-methylbutanal and 3-methylbutanal, generated from isoleucine and leucine, respectively, by Strecker degradation (Weenen and de Rooij, 1998), were present in relatively higher abundances in the oil by the semi-mechanical process than in the traditional oil. Traditional Argan oil showed significantly higher levels for several compounds including 2-propanol, 2-butanol, 2,3-butanediol, heptane, ethyl acetate and 3-pyridine methanol. For the cited 3 alcohols, their levels were higher in cosmetic grade oil than in edible oils which suggest their loss during roasting.

## Olfactometry

The most potent odorant compounds detected in aroma extracts of Argan oils are reported in Table 2. Odor descriptions are provided when at least 2 out of the 3 sniffers found a similar odor at a given time. In cosmetic grade Argan oil, only 9 compounds were found to be odor active: 3 aldehydes (hexanal, furfural and nonanal), 2 alcohols (pentanol, and 1-octen-3-ol), 2 dioxalane derivatives and one ketone (2,3-butanedione). Aldehydes, alcohols and dioxalane derivatives were associated mainly with the fruity/green/herbal notes. The 2,3-butanedione was responsible for a buttery/creamy note, while 1-octen-3-ol was associated with a mushroom-like note. The odors associated with 2,3-butanedione and 1-octen-3-ol were detected in all oils where they were present in trace levels, which demonstrates their very low sensory thresholds. This is in accordance with our previous findings in commercial edible Argan oil (Zahar et al., 2007).

In edible Argan oils, numerous odorants resulting from the roasting process were detected. Only half of the odorants detected were common to both edible oils, the rest of odorants were specific to the traditional oil or to the oil obtained by the semi-mechanical process. Odors detected in both edible oils included the roasty/ toasty/ nutty notes that were associated with 4 pyrazine derivatives: 2-ethyl-5-methylpyrazine, 2-ethenyl-6-methylpyrazine, 2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine and 3-ethyl-2,5 dimethylpyrazine. In addition, nutty and toasty/coffee-like notes were associated with 2,4-dimethylthiazole and 2-acetylfuran, respectively. The chocolate-like notes were associated with isobutanal and 3-methylbutanal while the fruity impressions were associated mainly with furfural, 2-pentylfuran and nonanal. Two compounds (in both oils) characterized as being burnt sugar/caramel in character occurring at a  $LRI_{DB-5}$  of about 990 and 1078 were not identified. The traditional oil differed from oil produced by the semi-mechanical process mainly by having several fruity and caramel notes. Fruity notes were associated with isopentanol and two non identified compounds at a  $LRI_{DB-5}$  of about 967 and 1376. The burnt sugar/caramel notes were associated with 5-ethyl- dihydro-3(2H)-furanone and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone. In Addition, toasty/earthy,



**Table 1. Aroma compounds in Tenax TA trap extracts of Argan oils.**

Chemical Group	Compound	LRI <sub>DB-5</sub>		Abundance (area units X 10 <sup>6</sup> ) <sup>1</sup>			
		Obs.	Lit. <sup>2</sup>	Cosmetic grade	Edible grade		
					Trad.	LS <sup>3</sup>	S-M.
Pyrazines	Pyrazine	732	NF	nd	9.3 (0.9)	**	13.5 (0.8)
	2-methylpyrazine	827	828 <sup>b</sup> ; 836 <sup>c</sup>	nd	84.9 (2.3)	**	99.5 (0.6)
	2,5-dimethylpyrazine	915	906 <sup>b</sup> ; 923 <sup>c</sup>	nd	45.1 (3.0)	*	63.4 (5.6)
	Ethylpyrazine	919	911 <sup>b</sup>	nd	nd		4.5 (2.6)
	2,3-dimethylpyrazine	922	916 <sup>b</sup>	nd	3.7 (0.2)	**	5.1 (0.1)
	2-ethyl-6-methylpyrazine	1001	1003 <sup>c</sup>	nd	3.9 (0.2)	*	6.9 (0.4)
	2,3,5-trimethylpyrazine	1004	1000 <sup>b</sup>	nd	nd		19.4 (0.8)
	3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine	1080	1082 <sup>c</sup>	nd	3.9 (0.2)	*	5.0 (0.1)
Aldehydes	2-methylpropanal	557	552 <sup>b</sup>	nd	0.9 (0.2)		nd
	3-methylbutanal (ion 58)	639	650 <sup>b</sup> ; 654 <sup>a</sup>	nd	tr		11.5 (0.5)
	2-methylbutanal (ion 58)	650	662 <sup>a</sup> ; 663 <sup>b</sup>	nd	2.2 (0.1)	***	15.5 (0.8)
	Pentanal	701	703 <sup>c</sup> ; 697 <sup>d</sup>	3.5 (0.6)	tr		11.8 (1.6)
	Hexanal	804	799 <sup>a</sup> ; 804 <sup>c</sup>	3.4 (0.4)	10.5 (0.6)	***	76.1 (2.7)
	Nonanal	1104	1103 <sup>b</sup> ; 1107 <sup>c</sup>	nd	5.0 (0.1)	*	8.6 (0.5)
Ketones	2-propanone	500	NF	2.7 (0.9)	7.7 (0.4)		33.7 (11.8)
	2,3-butanedione (diacetyl)	587	589 <sup>a</sup>	nd	tr	ns	1.3 (0.1)
	2-butanone	597	597 <sup>a</sup> ; 600 <sup>c</sup>	2.7 (0.3)	8.8 (0.3)	***	21.6 (0.5)
	1-hydroxy-2-propanone	682	NF	nd	tr		8.7 (0.8)
	2-pentanone	683	683 <sup>d</sup>	nd	2.2 (0.2)	***	6.2 (0.3)
	3-hydroxy-2-butanone	720	718 <sup>b</sup>	nd	tr	***	49.2 (2.0)
	2-heptanone	890	888 <sup>a</sup> ; 895 <sup>b</sup>	nd	nd		3.8 (0.3)



Alcohols	Ethanol	< 500	503 <sup>a</sup>					
	2-propanol	511	NF	7.8 (3.5)	34.7 (3.1)	ns	35.9 (2.7)	
	2-propen-1-ol	550	NF	21.2 (6.2)	13.0 (1.8)		nd	
	Propanol	567	NF	nd	2.4 (0.1)	ns	2.7 (0.2)	
	2-butanol	605	NF	8.0 (2.5)	1.6 (0.4)	*	10.6 (3.6)	
	2-methyl-1-propanol	616	621 <sup>c</sup>	15.1 (1.8)	10.0 (0.7)	***	2.4 (0.2)	
	1-butanol	657	657 <sup>c</sup>	48.9 (14.4)	41.7 (2.2)	***	74.0 (2.5)	
	3-methyl-1-butanol	738	737 <sup>a</sup>	nd	tr		2.0 (0.6)	
	2-methyl-1-butanol	745	7 4 2 <sup>a</sup>	10.7 (2.9)	9.5 (0.5)	***	15.9 (0.5)	
	Propylene glycol	763	NF	6.9 (2.0)	25.4 (1.0)	***	43.9 (0.7)	
	1-pentanol	773	NF	nd	2.0 (0.6)	ns	2.5 (0.7)	
	2,3-butanediol	813	7 6 4 <sup>b</sup>	4.3 (1.4)	10.4 (0.5)	***	35.8 (0.5)	
	1,3-butanediol	826	782a	15.8 (4.5)	5.8 (1.9)	ns	2.5 (0.8)	
	1-hexanol	879	NF	22.9 (5.8)	nd		nd	
				876 <sup>c</sup>	13.1 (4.2)	24.3 (1.5)	***	80.7 (2.3)
	Hydrocarbons	Benzene	642	659 <sup>c</sup>	nd	4.6 (2.2)	ns	2.8 (0.2)
Heptane		700	NF	nd	6.8 (0.8)		tr	
Methylbenzene		761	774 <sup>d</sup>	9.0 (2.6)	6.8 (0.3)	ns	7.1 (0.3)	
1-octene		787	789 <sup>c</sup>	nd	1.9 (0.2)	*	3.2 (0.4)	
Octane		800	800 <sup>c</sup>	nd	7.7 (3.3)	*	17.5 (0.8)	
Styrene		900	894 <sup>c</sup>	nd	2.4 (0.4)	ns	2.9 (0.2)	



Furans & Furanones	2-methylfuran	602	606 <sup>a</sup> ; 615 <sup>c</sup>	nd	8.9 (0.3)	ns	8.4 (1.2)
	2,5-dimethylfuran	708	NF	nd	6.8 (0.2)	ns	6.4 (0.2)
	Dihydro-2-methyl-3(2H) furanone	811	814 <sup>c</sup>	nd	tr		2.3 (0.3)
	Furfuryl alcohol	876	863 <sup>a</sup>	nd	28.8 (2.5)	**	46.6 (1.4)
	2-acetylfuran	909	909 <sup>d</sup>	nd	1.1 (0.1)	ns	1.4 (0.1)
	Dihydro-5-methyl-3(2H) furanone	956	NF	nd	nd		2.3 (0.6)
		966	NF	nd	4.6 (0.5)	*	6.8 (0.7)
	2-furancarboxylic acid	993	992 <sup>c</sup>	nd	2.5 (0.2)	**	10.2 (1.0)
	2-pentylfuran						
Pyrroles	1-methyl-pyrrole	743	735 <sup>c</sup>	46.4 (8.2)	288.6 (10.5)	ns	340.0 (17.8)
	1-H-pyrrole	758	751 <sup>c</sup>	nd	13.6 (0.4)	ns	13.0 (0.8)
Sulfur comp.	Thiophene	664	663 <sup>c</sup>	nd	3.0 (0.2)	ns	1.5 (0.7)
Acids	Acetic acid	663	NF	NQ <sup>4</sup>	NQ		NQ
Esters	Methyl acetate	531	531 <sup>a</sup>	tr	2.0 (0.1)	ns	2.4 (0.6)
	Ethyl acetate	606	612 <sup>a</sup>	2.1 (0.6)	13.6 (0.3)	***	9.4 (0.1)
Pyridines	3-pyridine methanol	1007		nd	1.0 (0.0)		nd
Terpenes	a-pinene	931	935 <sup>c</sup>	nd	2.3 (1.0)	ns	3.8 (0.2)
	Limonene	1026	1033 <sup>b</sup> ; 1034 <sup>c</sup>	10.1 (2.7)	15.6 (1.9)	ns	13.6 (1.2)

<sup>1</sup> Mean values with their standard deviation in parentheses; (tr): identified compound present at trace level (MS peak area < 10<sup>6</sup>); (nd): not detected.

<sup>2</sup> Linear Retention Indices from the literature for DB-5 capillary column (letters a, b, c and d correspond to references Kondjoyan et Bérdaqué, 1996, Rychlik and al., 1998, Oruna-Concha et al., 2002 and www. Odour.org.UK, respectively) and for SE-54 capillary column (e corresponds to reference 12); NF: DB-5 LRI values not found in the literature.

<sup>3</sup> Level of significance for the differences between traditional oil and oil prepared by mechanical technique; ns: not significant ( $p > 0.05$ ); \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*  $p \leq 0.001$ .

<sup>4</sup> NQ (not quantified): useful quantitative estimation of acetic acid was not possible because of co-elution with other compounds and very poor chromatograph.

cooked rice and peanut notes were detected in the traditional oil and were attributed to 2,3-methylpyrazine, 2-ethenyl-5-methylpyrazine and dimethyl-2-vinylpyrazine, respectively. The edible Argan oil prepared by the semi-mechanical process contained nutty/hazelnut, toasty and toasty/green descriptions associated with ethylpyrazine, 2-acetyl-3-methylpyrazine and 2-methyl-6-trans-propenyl pyrazines, respectively. Other odorants detected only in this oil included cheesy, green, nutty/brothy and fatty notes corresponding to non identified compounds with higher LRI<sub>DB-5</sub> values of 1140, 1160, 1175 and 1226, respectively.



The observed richer odor profile of traditional oil when compared to the oil prepared by the semi-mechanical process may explain preferences by some consumers for the traditional oil. Unfortunately, the traditional technique of oil production is relatively time consuming, generates low oil yields and gives a product with poor shelf-life than the semi-mechanical process.

## Conclusion

Aroma compounds identified in Argan oil prepared from unroasted kernels (cosmetic grade) were limited in number and dominated by alcohols and few aldehydes and ketones. Volatile compounds identified in edible Argan oils prepared from roasted kernels were derived primarily from Maillard reaction, lipid oxidation, sugar degradation and/or their interactions. Edible oils prepared by the traditional manual process or the semi-mechanical process had similar aroma profiles but they showed differences in aroma compounds levels. The oil obtained by the semi-mechanical process contained significantly ( $p < 0.05$ ) higher levels of pyrazines, aldehydes and ketones than the edible traditional oil. No significant differences were observed for furans, furanones, pyrroles, sulfur compounds and terpenes between the two edible oils.

The Olfactometric profile of cosmetic grade oil revealed mainly fruity/green/herbal notes. In edible Argan oils, in addition to odors detected in the cosmetic grade oil, roasty/ toasty/ nutty and burnt sugar/caramel notes were also present. Traditional oil presented more fruity and burnt sugar/caramel notes than oil obtained by the semi-mechanical process.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Moroccan American Commission for Educational and Cultural Exchange (MACECE) and the Fulbright program for providing Dr. M. Zahar a visiting scholar grant that allowed him to work on this project at the University of Minnesota. They also thank the Arganoil Company for preparing and offering the Argan oil samples used in this work.



**Table 2. Odor-active compounds in Tenax TA extracts of Argan oil (cosm.: cosmetic grade, Trad.: traditional edible oil, S-M.: edible oil prepared by the semi-mechanical process)<sup>a</sup>.**

Odor description	Tentative identification Compound	LRI DB-5	Cos.	Trad	S-M.
Chocolate like	Isobutanal	< 500	-	++	++
Buttery/creamy	2,3-butanedione	587	++	+++	+++
Chocolate like/toasty	3-methyl butanal	639	-	++	++
Vinegar/ sour	Acetic acid	663	++	-	-
Green/flower	2,4,5 trimethyl-1,3-dioxalane	703	++	-	-
Fruity/sweet/nutty	(t)	742	-	+++	-
Fruity/floral	Isopentanol	751	+++	+++	+++
Fruity/green	4 ethyl-1,3-dioxalane (t)	773	+++	++	++
Grass/herbal/green/floral	Pentanol	804	+++	+++	+++
Sweet/fruity/pleasant	Hexanal	836	+++	+++	+++
Cheesy	NI	880	-	++	+++
Nutty/ pyrazine like	Butyric acid, methyl ester	886	-	++	++
Toasty/coffee	2,4-dimethylthiazole	909	-	++	++
Nutty/hazelnut	2-acetylfuran	919	-	-	++
Toasty/earthy	Ethylpyrazine	922	-	+++	-
Floral/fruity	2,3-dimethylpyrazine	967	-	++	-
Mushroom/musty	NI	983	++	++	++
Burnt sugar/caramel/toast	1-Octen-3-ol	990	-	+++	++
Fruity	NI	993	-	++	-
Musty/ nutty/Green/	2-pentylfuran	1000	++	+++	++
Toasty/ nutty /roasty	NI	1001	-	++	++
Cooked rice /peanut	2-ethyl-5-methylpyrazine	1018	-	++	-
Caramel /Burnt sugar	2-ethenyl-5-methylpyrazine	1063	-	++	-
Nutty/toasty	5-ethyl-dihydro-2(3H)-furanone	1070	-	+++	++
Burnt sugar/caramel	2-ethenyl-6-methylpyrazine	1070	-	++	-
Toasty	2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-	1075	-	-	++
Caramel/burntsugar/swt	fur	1078	-	+++	++
Toasty/nutty	2-acetyl-3-methylpyrazine	1080	-	+++	+++
Nutty/ toasty/almond	NI	1080	-	+++	+++
Toasty/green	2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine	1098	-	-	+++
Caramel/peanut/baked	3-ethyl-3,5-dimethylpyrazine	1102	-	+++	-
Fruity/ floral	2-methyl-6-trans-propenyl	1104	++	+++	+++
Cheesy/waxy	pyrazin	1140	-	-	++
Green/chemical	Dimethyl-2-vinylpyrazine	1160	-	-	++
Nutty/brothy	Nonanal	1175	-	-	+++
Fatty/oxidized	NI	1226	-	-	+++
Fatty/ oxidized/ nutty	NI	1340	-	++	+++
Fruity	NI	1376	-	++	-
	NI				
	NI				
	NI				

NI – not identified

<sup>a</sup> Odors detected by at least 2 of the 3 panelists were considered.

<sup>b</sup> Detection of odorant at GC-O port; (-) no or (+) yes (++: 2 panelists; +++: 3 panelists)





## Literature cited

- (1) Charrouf, Z., Guillaume, D.** Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *J. Ethnopharmacol.* 1999, 67, 7-14.
- (2) Charrouf, Z., El Hamchi, H., Mallia, S., Licitra, G., Guillaume, D.** Influence of roasting and seed collection on Argan Oil odorant composition. *Nat. Prod. Comm.* 2006, 0 (0), 1-5.
- (3) Chimi, H., Cillard, J., Cillard, P.** Autooxydation de l'huile d'Argan. *Argania Spinosa L. du Maroc. Sci. Aliment.* 1994, 14, 117-124.
- (4) Farines, M., Charrouf, Z., M. Soulier,** The sterols of *Argania spinosa* seed oil. *Phytochem.* 1981, 20, 2038-2039.
- (5) Farmer, L.J., Mottram, D.S.** Interaction of lipid in the Maillard reaction between cysteine and ribose: the effect of a triglyceride and three phospholipids on the volatile products. *J. Sci. Food Agric.* 1990; 53: 505-525.
- (6) Hilali, M. Charrouf, Z., Soulhi, A., Hachimi, L., Guillaume, D.** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 53 (6), 2081-2087.
- (7) Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T, Charrouf, Z., Speiglhader, B., Bartsch, H. and Owen, R.W.** Consumption of Argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols, and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur. J. Cancer Prev.* 2003, 12 (1), 67-75.
- (8) Kondjoyan, N., Bérdaqué, J.L.** A compilation of relative retention indices for the analysis of aromatic compounds. 1996. Laboratoire Flaveur (INRA), Theix, France.
- (9) Matthaus, B., Guillaume, D., Gharby, S., Haddad, A., Harhar, H. Charrouf, Z.** Effect of processing on the quality of edible Argan oil. *Food Chem.* 2010, 120, 426-423.
- (10) Mottram, D. S.** The Maillard Reaction: source of flavour in thermally processed foods. In *Flavors and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability.* Berger RG (Ed). Springer, Berlin, Germany. 2007; 269-283.
- (11) Oruna-Concha, M. J., Bakker, J., Ames, J. M.** Comparison of the volatile compounds of two cultivars of potato cooked by boiling, conventional baking and microwave baking. *J. Sci. Food Agric.* 2002, 82, 1080-1087.
- (12) Rychlik, M. Schieberle, P. Grosch, W.** Compilation of odor thresholds, odor qualities and retention indices of key food odorants. 1998. Garching: Deutsche Forschungsanstalt Fuer Lebensmittelchemie.
- (13)** The Sadtler Standard Gas Chromatography Retention Index Library. Volume 4. Sadtler Research Laboratories, Philadelphia, PA, 1986.
- (14) Waali, S.** Huile d'Argane: techniques de production et qualité organoleptique. Mémoire de troisième cycle. 2009. Institut Agronomique & Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.



- (15) Weenen, H., de Rooij, J.F.M. Process Flavourings. In Ziegler H, Ziegler E (Eds).** Flavourings production, composition, applications, regulations. Second edition. Wiley-VCH, New York, NY, 1998; 233-258.
- (16) Yagmur, A., Aserin, A., Mizrahi, Y., Nerd, A., Garti, N. Argan oil -In-Water Emulsions:** preparation and stabilization. J. Am. Oil Chem. Soc. 1999, 76(1), 15-18.
- (17) Yagmur, A., Aserin, A., Mizrahi, Y., Nerd, A., Garti, N.** Evaluation of Argan oil for deep-fat frying. Lebensm-Wiss & Technol. 2001, 34, 124-130.
- (18) Zahar M., Reineccius G. ; & Schirle-Keller J-P.** Identification of aroma compounds in food grade Argan oil. The 234th American Chemical Society meeting, August 19- 23, 2007, Boston, MA, USA.





**Axe 4 : Structure  
et fonctionnement  
de l'écosystème**



# Modélisation logistique et analyse multivariée pour l'élaboration des indicateurs de suivi de la dynamique de dégradation qualitative : cas de l'arganeraie (Maroc)

**El Wahidi F.<sup>1</sup> ; Mounir F.<sup>2</sup> ; Sabir M.<sup>2</sup> ; Defourny P.<sup>3</sup> ; Ponette Q.<sup>3</sup>**

1 - Chercheur au Centre de la Recherche Forestière. BP : 12360, poste Annakhil, Marrakech. elwahidifarid@yahoo.fr

2 - Professeur à École Nationale Forestière des Ingénieurs (ENFI). BP: 511, Tabriquet, Salé, Maroc. mounirf@hotmail.com ; sabirmohamed@menara.ma.

3 - Professeur à la Faculté d'Ingénierie biologique, Agronomique et Environnementale (AGRO). Université Catholique de Louvain (UCL) - Earth and Life Institute. Croix du Sud, 2 - boîtes 16-B. 1348- Louvain-la-Neuve, Belgique. Pierre.Defourny@uclouvain.be; quentin.ponette@uclouvain.be

## Résumé

L'estimation et le suivi de la dégradation qualitative, caractéristique des milieux forestiers et pré forestiers ouverts sous fortes pressions anthropiques, constitue encore un défi méthodologique. Les inventaires diachroniques sur placettes permanentes étaient, jusqu'à présent le seul outil pour mener un suivi de la dégradation qualitative des attributs écologiques. L'observation de ces attributs comme étant qualitatifs constitue une contrainte pour leur utilisation dans les méthodes d'échantillonnage et de statistique actuellement élaborées.

Nous venons de voir dans cette étude que la modélisation multi variée (disqual, logistique) permet de valoriser ces variables semi-quantitatives ordinales pour construire un indicateur synthétique de caractérisation et de suivi des états de dégradation des écosystèmes pré-forestiers en milieux ouverts. Les performances des modèles développés sont globalement satisfaisantes et offrent de bonnes perspectives pour leur utilisation dans le diagnostic et le suivi de la dynamique de ce phénomène commun à toutes les arganeraies. Les taux des bonnes prédictions atteignent 80,73 % ( $\pm 0,004$ ) pour la tetraclinaie et 70 % ( $\pm 0,428$ ) pour l'arganeraie.

**Mots clés** : arganier (*Argania spinosa*), dégradation qualitative, variables de la végétation, facteurs du milieu, indicateurs, forêts ouvertes, Maroc.



***Towards the development of indicators for monitoring the qualitative degradation. A multivariate analysis and logistic modeling approaches: the case of argan forests (Morocco).***

**Abstract**

Estimating and monitoring qualitative degradation, that characterizes open woodlands under strong anthropogenic pressures, is still a methodological challenge. Indeed, the diachronic inventories in permanent plots were, so far, the only tool to monitor a qualitative degradation dynamic of the ecological attributes. The observation of these attributes as discrete variables is a constraint for their use in sampling and statistical methods currently elaborated.

We have seen in this study that the multivariate models (disqual, logistics) adds value to these semi-quantitative and ordinal variables to construct a synthetic indicator for characterization and monitoring of ecosystems degradation states in open woodland forests. The performances of the models developed are satisfactory and offer good prospects for use in the diagnosis and monitoring this phenomenon common to all the Argan forests. The rates of good predictions reached 80.73% ( $\pm 0.004$ ) and 70% ( $\pm 0.0428$ ) respectively for the Thuja and the Argan forests.

**Keywords:** argan (*Argania spinosa*) forests, indicators qualitative degradation, open woodlands, multivariable and logistic modeling.

## Introduction

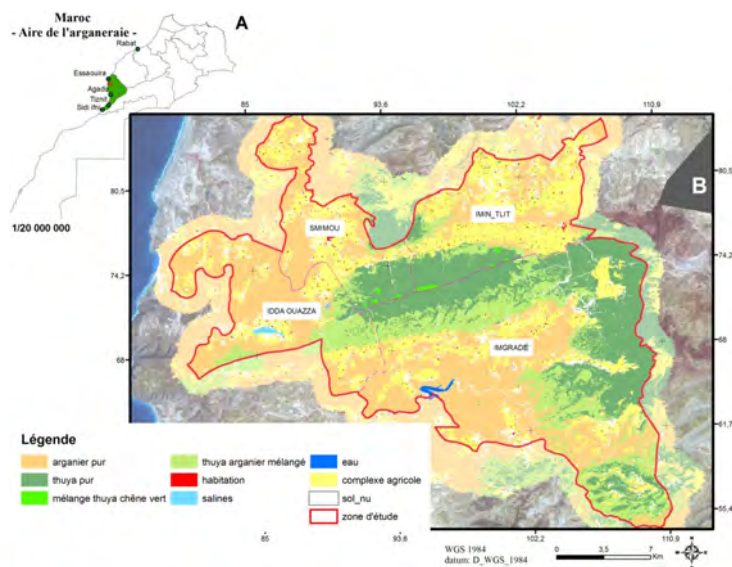
Le suivi et l'évaluation du phénomène de la dégradation est la première étape vers la compréhension de la relation ressources/besoins ou services. La forêt d'arganier (*Argania spinosa*) des Haha, écosystème forestier endémique du sud ouest marocain, est l'espace forestier où cette relation atteint son paroxysme à travers l'exercice de multiples usages. Jusqu'à présent, le suivi de la dégradation, dans ces milieux forestiers ouverts semi arides, a été réalisé soit à partir (i) des données de télédétection pour l'estimation des changements en surface (El Yousfi, 1988 ; Lybbert, 2011) qui sous estime, le plus souvent, le phénomène de dégradation et ne tient pas en compte la diminution de la biomasse et la productivité due à la diminution de la densité des arbres. Les outils de la télédétection ont aussi été largement utilisé pour l'estimation des changements en densité (Le Polain de Waroux & Lambin, 2011 ; Aboudi, 2000 et Msanda, 1993) ou sous forme hybride combinant les changements en surface et les changements graduels de la densité des arbres (El Wahidi et al., 2010) (ii) Soit, à une échelle régionale, à partir des recherches palynologiques (McGregore et al., 2009), (iii) ou à partir des études locales de mesure au sol de plusieurs paramètres de la végétation sur des placettes permanentes (Culmsee, 2004) . Globalement, les estimations de la dégradation des espaces boisés ne sont en général détaillées qu'au niveau local, sur des sites de superficie limitée. Le suivi à l'échelle régionale, lorsqu'il existe, reste très approximatif (Lanly, 2003) et pose un certain nombre de challenges méthodologiques.

L'arganeraie des Haha, connaît un faible taux de changement en densité des arbres moins de 2 % entre 1984 et 2006 et encore moins pour les changements en surface (taux décennal de 0,28%) (El Wahidi et al., 2010). Aborder la dégradation de l'arganeraie des Haha à partir de l'analyse des changements en surface et de densité ne peut être considérée seule pour documenter les dynamiques d'évolution et de l'état de ces formations forestières. L'étude des attributs de ces écosystèmes naturels et des effets des pressions anthropiques qui y sont impliquées doivent être repris dans un diagnostic qui intègre un ensemble de descripteurs socio-écologiques. L'objectif de ce travail vise à définir et mesurer, par une approche multidimensionnelle, les principaux facteurs de dégradation et leurs poids. Il consiste, aussi, à élaborer et valider des indicateurs écologiques de typologie des états de dégradation et de leur prédiction sur la base de mesures au sol de variables pertinentes. Les valeurs comparées dans le temps de ces indicateurs permettent d'évaluer la dynamique de changement d'état, de déduire l'importance de chaque agent de dégradation et d'orienter les efforts d'aménagement.



## Zone d'étude

La zone d'étude (Figure 1), représentative de l'arganeraie de basse montagne, couvre les plateaux des Haha dans la province d'Essouira au sud ouest marocain. Elle s'étend sur environ 96 000 ha à cheval sur quatre communes rurales (Smimou, Imin T'lit, Idda Ouazza et Imgrad). Deux essences forestières majeures sont rencontrées dans la zone : le thuya (*Tetraclinis articulata*) domine les massifs d'Amsiten, Aguirar et Adrar n'Ait M'hand. Les arganeraies pures dominent sur les plateaux et les vallées. Les espaces forestiers sont soumis à une gestion collective se traduisant par de multiples statuts de protection. L'échelle supra-communale choisie permettra de brasser des situations multiples permettant de réaliser un diagnostic approfondi de ces écosystèmes et de la relation homme-environnement fort importante dans ces milieux naturels.



**Figure 1. Aire de répartition de l'arganier (A) et zone d'étude (B)**

## Collecte des données

### 3.1. Taille et plan de l'échantillonnage

Les unités observées sont issues d'échantillonnage aléatoire à deux degrés. L'unité primaire (A), 10 ha, est choisie selon une distribution aléatoire et simple dans toute la zone. L'unité secondaire d'observation (a) est une placette circulaire de 18 m de rayon (1000 m<sup>2</sup>). Elles sont choisies selon une distribution systématique. La taille de l'échantillon retenu pour les campagnes de terrain est constitué de 618 placettes réparties en 174 unités primaires.

### 3.2. Données d'observation au sol

Les variables de la végétation et des manifestations de surexploitation

Les variables de la végétation (Tableau 1) renseignent la structure et la composition de la végétation pérenne (strate arborée et arbustive) : (i) Recouvrement arboré (%). (ii) Recouvrement arbustif. (iii) Hauteur arborée de l'arbre abondant (m). (iv) Structure verticale<sup>1</sup> (échelle semi quantitative ordinale). (v) Hétérogénéité du couvert ligneux<sup>2</sup> (échelle semi quantitative ordinale). (vi) Traitement sylvicole (variable qualitative nominale) (vii) État de développement (échelle semi quantitative ordinale).

<sup>1</sup> Architecture en profil du peuplement.

<sup>2</sup> A l'échelle du peuplement, l'hétérogénéité spatiale augmente avec la dégradation jusqu'à un maximum au-delà duquel on assiste à une homogénéisation (Bassisty 1998 ; Lambin 1999). Un ensemble de motifs de la structure horizontale de la végétation ligneuse à l'intérieur d'une placette a été développé pour cette étude. Ces motifs tiennent compte à la fois du taux de couverture de la placette par la végétation pérenne et de sa compacité (végétation éparse ou compact), de l'importance des trouées (gaps) et de leur connectivité.

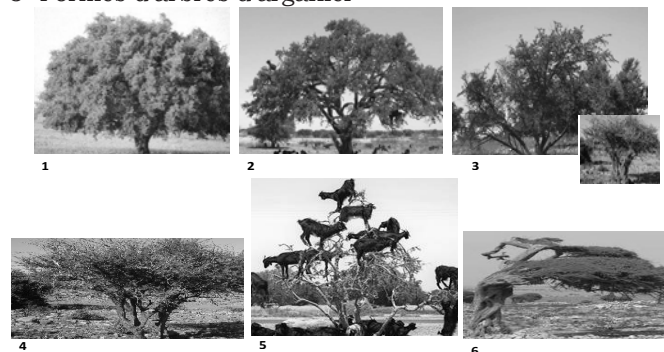


Quant aux manifestations de surexploitation sur la végétation, on distingue celles liées à l'intensité des prélèvements en bois et celles liées au surpâturage. Ces deux usages sont reconnus comme les principales perturbations des milieux naturels dans la zone. Trois variables ont été relevés : (i) Mutilations (échelle semi quantitative ordinale), elle consiste de rapporter par placette l'intensité de trois types de mutilations : écimage ( $\emptyset \leq 2$  cm)/ébranchage ( $2 < \emptyset \leq 5$ cm) (mutil\_1), coupe de brins ( $\emptyset > 5$ cm) (mutil\_2), souches entièrement rasées (mutil\_3). (ii) Profil du peuplement (%): mesure par placette la part (%), en terme de nombre d'arbre, de six formes sur le terrain et que chacune reflète une intensité de surexploitation. Les formes 4, 5 et 6 des arganiers sont des figures de la surexploitation, développées essentiellement comme conséquences des passages répétés des troupeaux de chèvres sur la même station. Plus la somme de leurs parts, désignées P456, augmente dans le peuplement plus la dégradation est dans un stade avancé. (iii) Nombre de rochers verts (échelle semi quantitative ordinale). Désigné comme rocher vert tout arbre (arganier et oléastre) sans tronc développé, dont la forme ressemble à un coussinet suite aux passages répétés des troupeaux qui ont contraint le développement en hauteur de l'arbre.

**Tableau 1. Variables de la végétation et des manifestations de surexploitation mesurées par placette.**

Variables		Tetraclinaie	Arganeraie
Variables de la végétation		Modalités des variables	Modalités des variables
1	Recouvrement arboré	Rcvt_1 ( $\geq 50$ %) ; rcvt_2 ([25,50%]) ; rcvt_3 ( $< 25$ %)	rcvt_1 ( $\geq 25$ %) ; rcvt_2 ([10,25%]) ; rcvt_3 ([3,10%]) ; rcvt_4 ( $< 3$ %)
2	Structure verticale	Complexe ; normale ; réduite	normale ; réduite ; thérophytisée
3	Mutilation_1 (ébranchage/écimage)	mutil_1_faible (mutil1_1) mutil_1_moyen (mutil1_2) mutil_1_élevé (mutil1_3)	mutil_1_faible (mutil1_1) mutil_1_moyen (mutil1_2) mutil_1_élevé (mutil1_3)
4	Mutilation_2 (coupe de brin)	mutil_2_faible (mutil2_1) mutil_2_moyen (mutil2_2) mutil_2_élevé (mutil2_3)	mutil_2_faible (mutil2_1) mutil_2_moyen (mutil2_2) mutil_2_élevé (mutil2_3)
5	Mutilation_3 (souche rasée)	mutil_3_faible (mutil3_1) mutil_3_moyen (mutil3_1) mutil_3_élevé (mutil3_1)	mutil_3_faible (mutil3_1) mutil_3_moyen (mutil3_1) mutil_3_élevé (mutil3_1)
6	Hétérogénéité	ht12 ; ht3 ; ht456	H1 ; H2 ; H345
7	Recouvrement arbustif	rcvt_arbu_1 ( $< 2$ ), rcvt_arbu_2 ([2,5]), rcvt_arbu_3 ([5,10]), rcvt_arbu_4 ( $\geq 10$ )	
8	Hauteur arborée	Haut ( $> 5$ ); moyenne ([3,5]) ; basse ( $< 3$ )	
9	Traitement sylvicole	Taillis ; futaie/futaie_sur_souche,	
10	Etat de développement	Jeune ; adulte ; vieux,	
11	Composition arborée	pure ; mélangée	
12	Rocher vert	-	roch_vert_propre à faible (roch_1) roch_vert_moyen (roch_2) roch_vert_élevé (roch_3)
13	P456	-	P456_1 ( $\leq 10$ ) ; P456_2 ([10, 25]) ; P_456 ( $> 25$ )

### 3 Formes d'arbres d'arganier





## facteurs du milieu

Il s'agit de relever par placette les données suivantes (Tableau 2) (i) Proximité (km)<sup>4</sup>. (ii) Densité de sentier (échelle semi quantitative ordinaire). (iii) les variables édaphiques (profondeur du sol, type du sol) et topographiques (pente et exposition). (iv) Système de propriété et mode de gestion coutumière. (v) score de la végétation consiste à extraire par placette, les valeurs moyennes des écarts (NDVI – réflectance du rouge) à partir de l'image Spot enregistrée pendant l'été 2008 où la végétation est composée des seules espèces pérennes. L'écart (NDVI – réflectance du rouge) permet d'augmenter le contraste entre les peuplements relativement boisés et ceux entamés par la dégradation et dominés par le sol nu. Ce facteur permet d'approcher des gradients de dégradation liés aux habitudes des usagers à se rendre sur le même endroit de la forêt selon l'hypothèse qu'un peuplement ouvert et entamé par la dégradation recevra plus de pression qu'un peuplement au stade conservé.

**Tableau 2. Les facteurs du milieu mesurés par placette.**

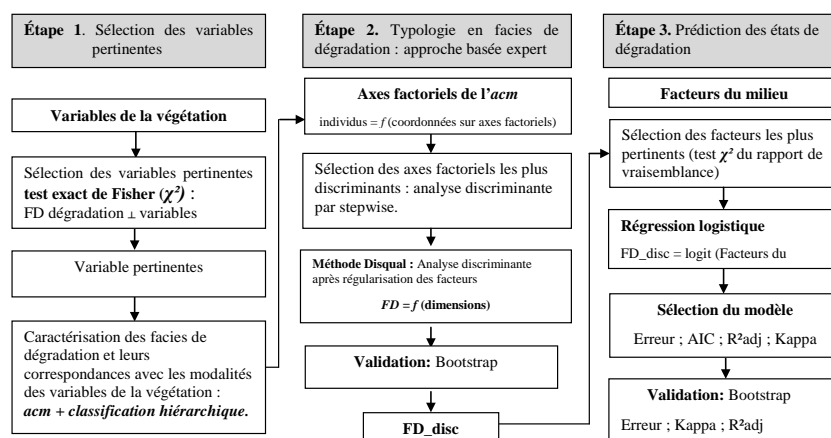
Variables	Modalités des variables
1 Proximité <sup>1</sup>	Proche (<500) ; assez_proche ([500,1000]) ; loin (>1000)
2 Densité des sentiers	sentier_faible (sent_1) sentier_moyen (sent_2) sentier_fort (sent_3)
3 Substrat	Calcaire ; grè-calcaire/grès ; dolomie
4 Profondeur du sol	Superficiel (<10cm) ; peu_profond ([10, 30]) ; profond (>30)
5 Exposition	Plat, S, W, E, N
6 Pente	Classe_1 (<7%), classe_2 ([7, 14]), classe_3 ([14, 30]), classe_4 (>30)
7 Mode de gestion coutumière*	Agdal, Mouchaa, MSA.
8 Score de la végétation	Moyenne de (NDVI – réflectance du rouge)

\* variable propre à l'arganeraie. La tetracinaie est gérée en forêt collective à usage libre.  
Facies de dégradation comme variable dépendante

Le facies de dégradation (FD), variable à expliquer ou variable dépendante, est le stade de dégradation de l'écosystème (Tableau 3).

**Tableau 3. Synthèse des correspondances entre stade phytodynamique, degrés de perturbation et état de dégradation.**

Stade phytodynamique	Intensité de perturbation	Stade de dégradation
Forêt/Matorral arboré	Faible	Peu dégradé
	Moyenne	Dégradé
	Élevée	
Matorral bas	Faible	Peu dégradé
	Moyenne	Dégradé
	Élevée	Très dégradé
Thérophytes et sols dénudés	Élevée	Très dégradé



**Figure 2. Diagramme de synthèse de l'approche méthodologique.**

4- Proche <0,5 km ; Assez proche [0,5 à 1 km] ; Loin >1 km.



## Méthodes

La démarche proposée s'articule autour de trois étapes (Figure 2) :

### Étape 1. Sélection des variables de la végétation et caractérisation des faciès de dégradation

L'objectif de cette étape, dans un premier temps, est de sélectionner le sous-ensemble des variables de la végétation qui permet d'expliquer efficacement la variable dépendante. La sélection des variables catégorielles est basée sur la statistique  $\chi^2$  du rapport de vraisemblance du test d'indépendance. Dans un second temps, il s'agit d'explorer, par le biais de l'analyse factorielle des correspondances multiples (*acm*), les proximités et oppositions entre les modalités des variables de la végétation sélectionnées et les modalités de la variable dépendante (*FD*) introduite comme variable supplémentaire. La classification hiérarchique des modalités des variables dans ce nouvel espace (plan 1-2 des axes factoriels) a permis de déterminer le nombre de classes potentielles.

### Étape 2. Typologie en faciès de dégradation par une approche basée expert

Cette étape a pour objectif de s'affranchir de l'avis d'un expert pour renseigner le stade de dégradation d'une placette donnée sur la base des variables mesurées de la végétation. L'analyse discriminante (*AD*), méthode paramétrique multivariée, est utilisée pour reclasser les placettes caractérisées par un certain nombre de variables de la végétation. À l'issue de cette étape une nouvelle variable cible, appelée dans ci-après *FD\_disc*, est estimée par le modèle des fonctions discriminantes.

### Étape 3. Prédiction des états de dégradation à partir des facteurs du milieu

L'objectif de cette étape est de développer, par une approche multi variée des données discrètes, à partir des facteurs du milieu les plus pertinents un modèle de prédiction de l'état de dégradation et d'estimation des odds ratios. Le modèle de régression logistique est un modèle multi varié souvent appelé pour dresser cette fonction de probabilité (Agresti, 2007 ; Hosmer and Lemeshow, 2000).

## Résultats

### 4.1. Sélection des variables de la végétation et caractérisation des faciès de la dégradation

Les tests d'indépendance ( $FD \perp$  variables de la végétation), permettent de classer les variables selon leur association avec la variable cible. Le tableau 4 donne l'ordre des variables de la végétation selon leur association avec la variable *FD* et les résultats du test d'indépendance (faciès dégradation  $\perp$  variables).

**Tableau 4. Les résultats du test d'indépendance ( $FD \perp$  variables)**

Tetraclianie		Arganeraie	
Variable	Test du rapport de vraisemblances	Variable	Test du rapport de vraisemblances
Coupe brin	5,75E-36	P456	2,09E-40
Souche rasée	1,97E-35	Recouvrement arboré	6,89E-39
Hétérogénéité	3,88E-28	Rochers verts	4,13E-34
Ebranchage	8,16E-27	Hétérogénéité	1,27E-18
Recouvrement arboré	1,81E-20	Souche rasées*	3,14E-15
Structure verticale	2,55E-19	Coupe brin	4,74E-12
Recouvrement arbustif	7,73E-09	Structure verticale	7,43E-12
Hauteur arborée	5,41E-07	Ecimage	7,43E-09
Etat développement*	0,0059	État développement	5,54E-05
Composition arborée	0,3841	Hauteur arborée*	0,0013
Traitement sylvicole*	0,9247	Traitement sylvicole	0,0792
		Recouvrement arbustif*	0,4561
		Composition arborée*	0,9069

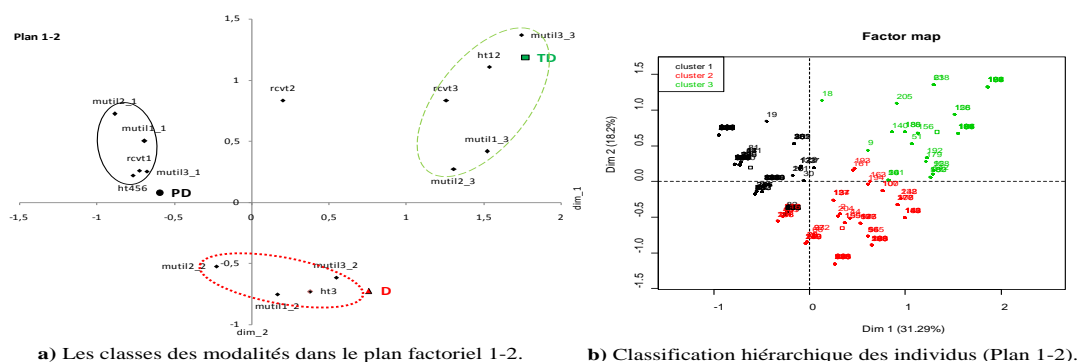
(\*test  $\chi^2$  du rapport de vraisemblances non valide, effectif attendu  $\leq 5$ )



Pour la tetraclinaie, les *p.valeurs* des quatre premières variables (coupe de brins, souche rasée, hétérogénéité et ébranchage) se décrochent des autres. Elles constituent le sous ensemble le plus associé à notre variable dépendante. La variable « recouvrement arboré », reconnue par plusieurs auteurs comme un bon indicateur de la dégradation des forêts, a été aussi retenue dans ce sous ensemble. Dans l'arganeraie, on observe une forte décroissance dans les *p.valeurs* à partir de la quatrième variable (hétérogénéité). Le sous ensemble des variables retenues pour le reste de l'analyse est constitué des 4 premières variables comme les plus associées à notre variable dépendante. Comme pour la tetraclinaie, ces variables retenues se répartissent en deux composantes, la première (recouvrement arboré et l'hétérogénéité) reflète l'état de la végétation et la seconde (*P456* et la densité des rochers verts) mesure la pression des usages, essentiellement le surpâturage.

## 7.2. Analyse multivariée pour la caractérisation des facies de dégradation

- *La tetraclinaie* : l'*acm* a fait ressortir 10 facteurs ordonnés selon leurs valeurs propres de la variance. Les trois premiers axes expriment 61,8% de la l'inertie totale du nuage des placettes. L'axe 1 traduit le processus extrême de dégradation, il oppose les facies « très dégradés » de ceux « Peu dégradés ». Quant à la deuxième dimension, elle apporte une information complémentaire de la séparation du nuage en distinguant les facies « dégradés » de celle « très dégradés ». À l'exception de la modalité *rcvt\_2* qui se chevauche entre les facies « dégradé » et celle « très dégradé », toutes les modalités des variables étudiées sont systématiquement appariées avec les modalités de la variable cible, et elles se trouvent en isolats chacune sur un quadrant du plan 1-2 (a, Figure 3). Ce qui conforte en partie notre choix des variables discriminantes au départ. La classification hiérarchique et la segmentation du nuage des individus (b, Figure 3) et des 15 modalités font ressortir 3 classes potentielles dans le plan 1-2 (c, Figure 3). La dégradation, dans la tetraclinaie, est traduite par les perturbations de coupes illégales de bois et par la continuité du voile végétal mesuré plutôt par l'hétérogénéité de la végétation pérenne que par le recouvrement arboré.



Classes	Modalités	Facies dégradation correspondant
1	ébranchage_faible, souche_rasee_faible, rcvt_1, H456,	peu dégradé
2	ébranchage_moyen, souche_rasee_moyen, coupe_brin_moyen, rcvt_2, H3,	dégradé
3	ebranchage_eleve, coupe_brin_eleve, souche_rasee_eleve, H12, rcvt_3	très dégradé

c) Résultats de la classification hiérarchique sur le plan factoriel (1-2).

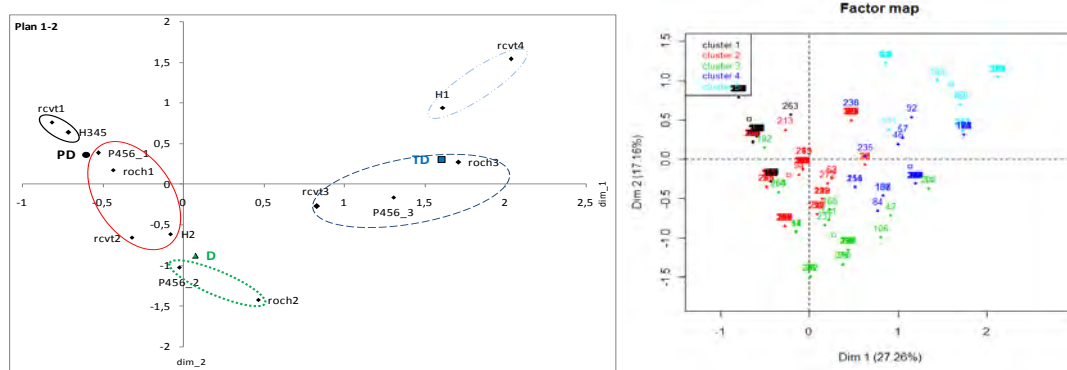
**Figure (3). Résultats de l'Acm et de la classification hiérarchique des variables dans la tetraclinaie.**

- *L'arganeraie* : parmi les 9 facteurs indépendants de l'*acm*, les trois premiers expliquent 56,21% la variance totale du nuage et de l'information globale. La dispersion des individus dans l'arganeraie est relativement plus importante de celle dans la tetraclinaie. La figure (Figure 4-a) illustre les proximités et les oppositions entre les modalités des variables sur le plan 1-2. L'axe 1 traduit le processus de dégradation et oppose les facies « très dégradé » des facies « peu dégradé ». Le deuxième axe est formé par les contributions des facies au stade de dégradation intermédiaire « dégradé ».



Il permet la différenciation des modalités chevauchant entre les facies « peu dégradé » et « dégradé ». La segmentation par classification (Figure 4-b) distingue 5 classes. Le tableau (Figure 4-c) donne une synthèse des appariements entre les modalités des variables.

La classe 2 présente un chevauchement entre les facies « peu dégradée » et « dégradé ». Elle regroupe les modalités *rcvt2* ([10, 25]) et *H2*, qui peuvent exister dans les deux facies de dégradation, avec les modalités *rocher vert\_1* et *P456\_1* souvent rencontrées dans les stations peu dégradées. On conclut que la présence des variables *rocher vert* et *P456* sont déterminantes pour départager les placettes de la classe 2 entre les facies « peu dégradé » ou « dégradé ». La classe 5, composée des modalités *rcvt\_4* et *H1*, reflète les placettes extrêmement dégradées a été regroupé avec la classe 4 des facies très dégradés (*rcvt\_3* [3, 10], *roch\_3*, *P456\_3*). En effet, la variable *recouvrement arboré* avec quatre modalités (*rcvt4*) devraient être la cause de la détection de la cinquième classe composée des placettes à hétérogénéité *H1*.



a) Les classes des modalités dans le plan factoriel 1-2

b) Classification hiérarchique des individus.

Classes	Modalités	Facies dégradation correspondant
1	rcvt_1, H345	peu dégradé
2	Roch_1, P456_1, rcvt2, H2	Chevauchement entre 'peu dégradé' 'et dégradé'
3	roch_2, P456_2,	dégradé
4	Roch_3, P456_3, rcvt3,	très dégradé
5	rcvt4, H1	

c) Résultat de la classification hiérarchique sur le plan factoriel (1-2).

#### Figure (4). Résultats de l'Acm et de la classification hiérarchique des variables dans l'arganeraie.

Globalement, les facies de dégradation semblent être mieux appréhendés par le sous ensemble sélectionné des variables de la végétation dans la tetracliniaie que dans l'arganeraie. L'arganeraie gérée en forêt rurale fort domestiquée et perturbée par les usages, et elle subit une dégradation généralisée sur l'ensemble de son territoire, la discrimination entre les états de dégradation est ainsi moins évidente. Cette dégradation est portée essentiellement par les perturbations de surpâturage traduite par les variables *P456* et *rocher-vert*. La typologie en facies de dégradation doit se baser en plus de ces deux variables de surexploitation à la variable *recouvrement arboré* indicateur de l'état du peuplement.

### 7.3. Typologie en facies de dégradation sur la base des variables de la végétation : approche basée expert

Le but étant de produire les fonctions discriminantes, combinaison linéaire des variables de la végétation, pour renseigner le stade de dégradation d'une placette donnée et s'affranchir par rapport à l'avis d'un expert.



## Fonctions discriminantes

Dans la méthode *Disqual*, les fonctions discriminantes sont formulées à partir des facteurs des correspondances multiples (*acm*). Leur formulation en fonction des variables d'origines est obtenue en calculant le pseudo-inverse de la matrice des coordonnées de ces dernières dans l'espace des dimensions factorielles (Tableau 5).

**Tableau 5. Fonctions discriminantes linéaires.**

Tetraclinaie				Arganeraie			
	Dégradé	Peu dégradé	Très dégradé		Dégradé	Peu dégradé	Très dégradé
Intercept	-2,97	-1,18	-11,31	Intercept	-1,9	-1,53	-6,61
mutil1_1	-0,4032	0,0189	0,8218	roch1	-0,1039	0,1939	-0,395
mutil1_2	0,4085	-0,0369	-0,7293	roch2	0,4081	-0,4861	0,773
mutil1_3	0,2156	-0,0229	-0,3594	roch3	0,1369	-0,5098	1,2397
mutil2_1	-0,2168	0,0841	0,005	P456_1	-0,2001	0,3492	-0,6924
mutil2_2	-0,5093	0,3179	-0,7047	P456_2	0,3162	-0,539	1,06
mutil2_3	1,1615	-0,6557	1,1957	P456_3	0,2515	-0,4347	0,8565
mutil3_1	-0,8663	0,6658	-1,9371	rcvt1	-0,4698	0,4525	-0,5865
mutil3_2	1,1136	-0,77	1,984	rcvt2	0,2246	0,1751	-0,8337
mutil3_3	0,2496	-0,5566	2,7068	rcvt3	0,1445	-0,5734	1,417
rcvt1	0,0023	0,1043	-0,6183	rcvt4	0,1275	-0,8235	2,1504
rcvt2	-0,0501	-0,0947	0,6733	H1	-0,6025	0,8529	-1,5188
rcvt3	0,0435	-0,0831	0,3865	H2	0,2289	-0,0985	-0,0605
ht12	-0,6258	0,1179	0,7424	H345	-0,1153	-0,2575	0,8985
ht3	0,4003	-0,0715	-0,5035				
ht456	-0,1161	0,0095	0,2149				

### *Performance du classement et validation : méthode de ré échantillonnage (Bootstrap)*

Le classement obtenu dans la tetraclinaie (Tableau 6), taux d'erreur entre 11,7 % et 12,1 %, est mieux établi que celui obtenu dans l'arganeraie, taux d'erreur est égal 15,5 %. Ceci revient à ce que les nuages des placettes à l'intérieur des facies de dégradation sont plus dispersés dans l'arganeraie que dans la tetraclinaie. *L'indice Kappa* varie entre  $0,775 \pm 0,07$  et  $0,664 \pm 0,08$  respectivement pour la tetraclinaie et l'arganeraie. Suivant le classement fréquemment utilisé de Landis et Koch (1977), le Kappa de notre exemple aurait été considéré bon (0,61 à 0,8).

**Tableau 6. Erreur de resubstitution pour le classement avec les deux méthodes de l'AD**

	Tetraclinaie				Arganeraie			
	Dégradé	Peu dégradé	Très dégradé	Échantillon total	Dégradé	Peu dégradé	Très dégradé	Échantillon total
ADL	0,242	0,069	0,111	0,117	0,308	0,068	0,173	0,155
NPR	0,290	0,057	0,111	0,1210	0,231	0,108	0,173	0,155



Le taux d'erreur de resubstitution ayant été calculé à partir des mêmes données d'apprentissage doit être validé avec une des méthodes non paramétriques de ré-échantillonnage, le *Bootstrap* (BTS), afin d'avoir une mesure non biaisée de la qualité du modèle et de sa stabilité (Tableau 7).

**Tableau 7. Estimation par BTS des erreurs de classement**

	Tetraclinaie				Arganeraie			
	Peu dégradé	Dégradé	Très dégradé	Échantillon total	Peu dégradé	Dégradé	Très dégradé	Échantillon total
ADL	0,070	0,282	0,192	0,135	0,077	0,334	0,201	0,171
	±0,003	±0,010	±0,015	±0,003	±0,004	±0,012	±0,009	±0,004
NPR	0,070	0,267	0,205	0,133	0,071	0,285	0,146	0,144
	±0,002	±0,010	±0,016	±0,003	±0,004	±0,011	±0,009	0,004
P value Test de comparaison de moyennes (ADL vs NPR)	P=0,87	P=0,09	P=0,28	P=0,42	P=0,13	P <,0001	P <,0001	P=<,0001

Le taux d'erreur estimé par *BTS* est de 13,5 % ± 0,3 pour la tetraclinaie et varie entre 14,4 % ± 0,4 (*ADL*) et 17,1 % ± 0,4 (*PNR*) pour l'arganeraie. Les valeurs des intervalles de confiance ( $\alpha=0,05$ ) montre que la variabilité de cette erreur semble maîtrisée avec les modèles élaborés.

#### 7.4. Prédiction des états de dégradation à partir des facteurs du milieu

Les facteurs explicatifs retenus, les trois premiers, ayant une forte association avec la variable dépendante sont donnés dans le tableau 8. Les modèles logistiques ont été élaborés à partir de ces trois facteurs pour prédire l'état de dégradation (*FD*) par le biais d'une relation logistique.

**Tableau 8. Les résultats du test d'indépendance ( $FD \perp$  facteurs)**

Tetraclinaie		Arganeraie	
Facteurs	p. value	Facteurs	p. value
Densité sentier	7,11E-23	Densité sentier	1,19E-31
Score de la végétation	7,673E-23	Mode gestion/utilisation	4,379E-20
Proximité	2,38E-22	Score de la végétation	2,653E-4
Profondeur sol	2,79E-15	Pente	0,0015
Exposition	0,1048	Profondeur du sol*	0,0017
Substrat*	0,2483	Proximité*	0,0093
Pente	0,5159	Substrat*	0,0615
		Exposition	0,1280

(\*test  $\chi^2$  du rapport de vraisemblances non valide, effectif attendu  $\leq 5$ )

La sélection pas à pas (Tableau 9) montre qu'en présence du facteur « densité de sentier » sélectionné à la première étape, la variable « score de la végétation » possède un pouvoir explicatif plus important que les facteurs « proximité » ou « mode de gestion » sélectionnés dans la troisième étape. Les interactions du deuxième et troisième degré sont non significatives à l'exception du modèle M2.



**Tableau 9. Résumé de la sélection pas à pas des facteurs explicatifs du modèle M4.**

Tetraclinaie					Arganeraie				
Étape	Effet Saisi	ddl	Khi <sup>2</sup> du score	Pr > Khi <sup>2</sup>	Étape	Effet Saisi	ddl	Khi <sup>2</sup> du score	Pr > Khi <sup>2</sup>
1	Densité sentier	4	192,79	<,0001	1	Densité sentier	4	147,56	<,0001
2	Score végétation	2	67,23	<,0001	2	Score végétation	2	15,26	0,0005
3	Proximité	4	17,45	0,0016	3	Mode de gestion	4	15,25	0,0042

Le tableau 10 donne une synthèse des principaux modèles ajustés et l'estimation de leurs performances.

**Tableau 10. Comparaison entre les performances des modèles.**

Tetraclinaie		AIC <sup>1</sup>	% bien classé	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
M1 (proximité ; densité de sentier ; score végétation)		246,26	80,24	0,814
Arganeraie		AIC	% bien classé	R <sup>2</sup> adj
M1 (mode de gestion ; densité de sentier ; score végétation)		408,74	69,10	0,531
M2 (mode de gestion ; densité de sentier ; score végétation ; interaction)		390,08	71,27	0,604

Dans la tetraclinaie, le modèle M1 affiche 80,2 % des placettes bien classées et un  $R^2 = 0,81$ , alors que dans l'arganeraie c'est le modèle complet (M2) qui affiche le meilleur taux des classifications correctes (71,3% et  $R^2 = 0,6$ ).

Par soucis de simplicité, nous retenons les modèles M1 qui donnent le meilleur ajustement et semble être satisfaisant pour le cas de l'arganeraie voire excellent pour le cas de la tetraclinaie. Les marges acceptables des erreurs calculées sur les coefficients des fonctions logistiques ( $\beta_j$ ) traduisent la stabilité des estimations obtenues par ces modèles.

La validation des performances du meilleur modèle (M1) étant réaliser avec la méthode *Bootstrap* (Tableau 11) confirme la robustesse de ce modèle avec des intervalles de confiance étroits sur les critères d'évaluation pour les deux écosystèmes.

**Tableau 11. Performance du modèle M1.**

	kappa	% bien classé	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
M1 (tetraclinaie)	0,594 ±0,09	80,73 ±0,004	0,823 ±0,003
M1 (arganeraie)	0,459 ±0,007	70,00 ±0,428	0,537 ±0,011

## Odds ratio et signification

Les coefficients ( $\beta_j$ ) du modèle logistique s'interprètent en terme des odds ratios (OR). Il mesure l'effet d'un facteur du milieu (polytomique) sur la variable dépendante en terme de chance de réalisation d'un état de dégradation donné. Le tableau 12 donne les valeurs des OR pour chaque variable et leurs intervalles de confiance ( $\alpha = 0,05$ ). Leurs interprétations sont données dans les exemples ci-après.

En plus de l'utilité de ces modèles dans la prédiction du stade de dégradation pour une nouvelle observation en fonction d'un nombre limité de facteur du milieu (3 variables), leur utilité est aussi démontrée dans l'estimation des OR. Ces derniers permettent de mesurer l'effet d'un facteur donné (mode de gestion) en passant d'une modalité à l'autre pour décider de quelle action encourager [OR (mouchaa vs agdal | PD) = 1,6 ou (msa vs agdal | PD) = 4 ou (msa vs mouchaa | PD) = 6, on conclut que les « msa » jouissent d'une protection plus grande que les « agdals » à leur tour relativement mieux protégés que les « mouchaa »].



**Tableau 12. Estimation des rapports de cotes (OR)**

Tetraclinaie					
Effet	Modalités	Facies Dégradation	Odds ratio	Intervalle de confiance de Wald à 95 %	
proximité	assez proche / proche	PD	1,264	0,488	3,269
proximité	assez proche / proche	TD	0,459	0,143	1,479
proximité	loin / proche	PD	10,138	2,660	38,639
proximité	loin / proche	TD	1,781	0,324	9,805
densité sentier	sent_1 / sent_3	PD	>999.9	>999.9	>999.9
densité sentier	sent_1 / sent_3	TD	0,182	0,023	1,414
densité sentier	sent_2 / sent_3	PD	>999.9	694.155	>999.9
densité sentier	sent_2 / sent_3	TD	0,037	0,008	0,174
score végétation (*20 unités)		PD	1,049 (2,626)	1,029	1,071
score végétation (*20 unités)		TD	0,992 (0,856)	0,982	1,003
Arganeraie					
densité sentier	sent1 / sent3	PD	8,578	2,087	35,251
densité sentier	sent1 / sent3	TD	0,013	0,002	0,107
densité sentier	sent2 / sent3	PD	8,571	2,139	34,335
densité sentier	sent2 / sent3	TD	0,089	0,033	0,242
mode de gestion	agdal / msa	PD	0,267	0,07	1,013
mode de gestion	agdal / msa	TD	0,677	0,067	6,816
mode de gestion	mouchaa / msa	PD	0,167	0,039	0,709
mode de gestion	mouchaa / msa	TD	2,275	0,215	24,039
score végétation (*20 unités)		PD	1,037 (2,064)	1,013	1,062
score végétation (*20 unités)		TD	0,983 (0,705)	0,953	1,013

La classe de référence est la classe "D".

Ex. 1. OR de l'effet proximité (*loin vs proche* | PD) = 10,138 =

Une station de thuya loin des agglomérations a 10 fois plus de chance (10,138) d'être « *peu dégradé* » plutôt que « *dégradé* » par rapport à une station proche.

Ex. 2. OR de l'effet mode de gestion (*agdal vs msa* | PD) = 0,267 : un peuplement géré en « *msa* » à 4 ((0,267)<sup>-1</sup> = 3,7) fois plus de chance d'être « *peu dégradé* » que « *dégradé* » par rapport à un peuplement géré en agdal.

Ex.3. OR de l'effet mode de gestion (*agdal vs mouchaa* | PD) = 0,267/0,167 = 1,6 : un peuplement géré en « *agdal* » a 1,6 fois plus de chance d'être « *peu dégradé* » que « *dégradé* » s'il était géré en « *mouchaa* ».

Ex.4. une augmentation de 20 unités du score de la végétation d'une station « *dégradé* » de tetraclinaie augmentera 2,5 fois (2,626) sa probabilité d'être « *peu dégradé* ».

Le suivi de l'évolution des odds ratio dans une série chronologique peut constituer un système d'information quant à la dynamique de changement de l'état de dégradation ou de conservation des formations forestières. Ainsi, il peut être utilisé comme un étalon de renseignement sur la dynamique de dégradation en comparant les valeurs odds estimés par deux échantillons d'une étude diachronique. Ex. au temps t, l'OR (*loin vs proche* | PD) = 10 au temps t + 1, cet OR devient 5.



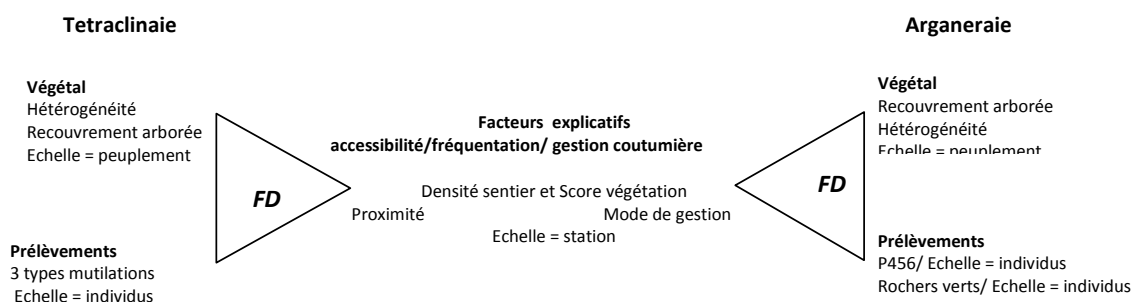


Nous pouvons conclure qu'il y a une dynamique de généralisation de la dégradation qui touche les peuplements loin auparavant mieux épargnés et qui ressemblent de plus en plus aux peuplements proches. Ex. OR (agdal vs mouchaa |PD) passe de 1,6 à 1 entre le temps  $t$  et  $t+1$ , devant l'égalité des chances entre « agdal » et « mouchaa », on pourrait conclure que la gestion coutumière ne joue plus son rôle pour la protection des peuplements arganier.

## Discussion

### **Trilogie socio écologique de qualification de la dégradation qualitative**

Dans l'ensemble de ce travail, il ressort que le suivi de la dégradation qualitative des milieux forestiers ouverts doit se baser sur l'observation de trois composantes principales mesurant : (i) l'état de la végétation, (ii) les prélèvements et services offerts par ces écosystèmes naturels et (iii) les facteurs sociaux agissant dans leur environnement (Figure 5).



**Figure 5. Triangle socio écologique de suivi des faciès de dégradation.**

Cette trilogie est observée dans les deux formations végétales, à trois échelles hiérarchiques (individus, peuplement et leur environnement). Elle permet ainsi, le diagnostic autant complet que possible pour une qualification fiable de son stade de dégradation. Dans la tetraclinaie, le recouvrement arboré et l'hétérogénéité traduisent la consistance du peuplement arboré et la variation de la végétation pérenne dans l'espace. Elles expriment la biomasse et sa distribution spatiale à l'échelle de la station. Tandis que, les mutilations mesurent l'importance de la pression anthropique directe à l'échelle de l'individu à travers les différents prélèvements en bois des usagers. Quant à la troisième composante, elle est constituée par les facteurs dans l'environnement de la station. Ils mesurent respectivement l'accessibilité de la station et la fréquence de retour des usagers et de leurs troupeaux sur la même station. C'est la composante sociale dans l'environnement du peuplement forestier à thuya. Comme pour la tetraclinaie, la caractérisation des stades de dégradation dans l'arganeraie s'apparentent au trois composantes du système socio écologique de l'environnement de la station. Il s'agit de (i) recouvrement arboré et l'hétérogénéité (ii) « P456 », « rochers verts » (iii) la densité des sentiers et le mode gestion coutumier.

### **Prédiction des faciès de dégradation**

L'analyse discriminante qualitative a permis de discriminer les faciès de dégradation sur la base des mesures semi-quantitatives des variables de la végétation. La méthode *Disqual* utilisée pour la régularisation des variables sur les axes factoriels de l'*acm* a permis d'obtenir des modèles de classement précis pour s'affranchir de l'avis d'un expert pour qualifier le stade de dégradation d'une station donnée.

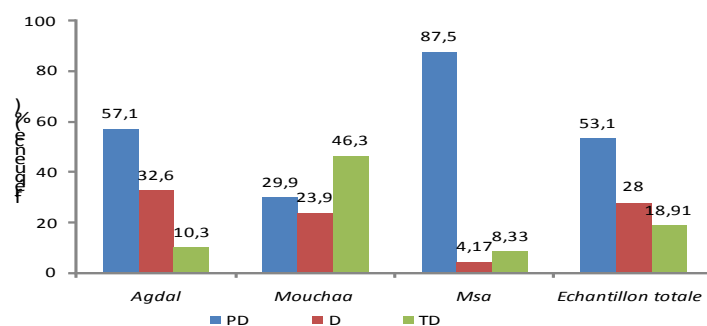
La prédiction à partir des facteurs du milieu est acquise dans le cas de la tetraclinaie où les séquences des faciès de dégradation sont expliquées par les facteurs de proximité et de fréquentation (densité de sentier).



Les classes des facies de dégradation sont relativement consolidées autour de ces deux facteurs. Dans le cas de l'arganeraie, la consolidation des classes de dégradation est moins évidente. En effet, il n'est pas évident de simplifier la complexité de l'arganeraie dans un modèle prédictif avec un petit nombre de variable, la diversité des situations confère à l'arganeraie un caractère fort hétérogène et perturbé rend imprévisible son état de dégradation. C'est un espace de parcs forestiers fort domestiqués par les riverains.

### **Correspondance entre les facies de dégradation et les modes de gestion coutumiers.**

L'arganeraie pure dans les plateaux des Haha est essentiellement gérée en *Agdal* à l'exception des vallées encaissées et des zones à accès difficiles. Différents états de dégradation (Figure 6) sont rencontrés dans ces espaces, avec une légère dominance des facies « peu dégradé » (57%). Rarement forts dégradés (10%), l'état des *Agdals* oscille entre les facies peu dégradés et dégradés (32,6%). Malgré leur statut privilégié de protection, les *Agdals* sont des espaces surpâturés à ambiance forestière extrêmement simplifiée et à dynamique naturelle en état stationnaire. Ils constituent le réservoir sur pied des ménages en terme d'unités fourragères et à moindre intensité comme source de bois de feu.



**Figure 6. Distribution des facies de dégradation par mode de gestion dans l'arganeraie.**

La situation ambiguë des *Agdals* gérés par les ménages et appartenant aux espaces domaniaux n'est pas parfaitement favorable à leur préservation par les paysans. Ces derniers hésitent à investir énergie et moyens techniques pour la préservation d'un espace qui ne leur appartient pas statutairement, bien qu'ils en revendiquent l'exploitation exclusive. Ce résultat ressort également au niveau des *odds ratios*. Les *Agdals* les mieux protégés sont observés sur des peuplements isolés par des bandes de cultures (céréaliculture) installées par leurs usagers et sur des terrains clôturés, en cours de privatisation.

Les *mouchaa* englobent toutes les forêts à arganier en mélange avec le thuya, les arganeraies pures désignées collectives par la population se trouvant loin des agglomérations rurales ou sur terrains accidentés. Ils sont des terrains à gestion collective en absence de toute règle de protection contre le pâturage ou toutes autres formes de revendications. De surcroît, les droits de jouissance de la législation spéciale de l'arganeraie rendent légales un plus grand nombre de pratiques qui aggravent leur état de dégradation. La distribution des facies de dégradation montre que ces terrains sont à 54% peu dégradés à dégradés à et localement très dégradés à hauteur de 46%.

Les « *MSA* », globalement peu dégradées, sont des agro-écosystèmes dont l'ambiance forestière est fort perturbée par l'installation des céréalicultures et souvent mise en enclos pour matérialiser leur mise en défens. Ces espaces jouissent d'une protection rapprochée limitant leur surexploitation qui se manifeste sur plusieurs de leurs attributs : propre en « *rochers verts* », propre des mutilations des coupes de bois, faible densité de sentiers, leurs peuplements sont constitués d'arbres bien venants. Elles possèdent, cependant, un recouvrement arboré extrêmement ouvert (<10 %) et une hétérogénéité (H1 et H2) caractéristiques fortement rencontrées dans les peuplements très dégradés. *In fine*, les *MSA* constituent des espaces (agro-systèmes) spéciaux.



En conclusion, la typologie en fonction du mode de gestion de l'espace arganeraie permet de relever de légères tendances de dégradation entre les trois affectations de l'espace arganeraie. Cependant, des situations intermédiaires existent et nous pousse à considérer ce résultat avec précaution.

## Conclusion

Le suivi de la dégradation à partir des seuls indicateurs des changements en surface et de la densité des arbres n'est pas suffisant pour refléter l'état des pressions anthropiques et de la dégradation de l'arganeraie des Haha. Les relevés écologiques sur placettes permanentes ne permettant pas le changement de l'échelle spatiale constitue le principal inconvénient de ces approches. Néanmoins, la modélisation de la dégradation qualitative de ces écosystèmes à une échelle méso régionale, par des approches holistiques de mesures et d'analyses multi variées, a permis de construire un système de caractérisation et de suivi de ce phénomène discret et continu longtemps ignoré.

Le diagnostic écologique d'une station, qu'elle soit dans la tetracinaie ou l'arganeraie, pour la qualification de son stade de dégradation doit se baser sur la mesure des trois composantes du système socio-écologique : (i) l'état du peuplement (végétal), (ii) les manifestations de surexploitation (biens et services) (iii) et de son accessibilité ou affectation dans le système de gestion coutumière. L'observation de ce système socio-écologique a permis de mesurer l'état de dégradation qualitative de ces écosystèmes forestiers dans ces milieux ouverts à forts impacts anthropiques.

## Références Bibliographiques

- Agresti**, 2007. An Introduction to Categorical Data Analysis, Wiley series in probability and statistics. Published by JohnWiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Second edition, 394 p.
- Culmsee H.**, 2004. Vegetation and pastoral use in the Western High Atlas Mountains (Morocco) : An assessment of sustainability from the geobotanical perspective. Actes du 7ème colloque maroco-allemand Rabat 2004. – Rabat 2005, pp. 67-80.
- El Wahidi F., Mounir F., Defourny P., Ponette Q., Sabir M.**, 2010. Deforestation *vs* Degradation: case of Haha argan (*argania spinosa*) forests Western Morocco. IFAD *International Scientific Conference: advanced scientific tools for desertification policy* - 28-29 september 2010 – Rome.
- Hosmer, D. W. & Lemeshow, S.** (2000). Applied Logistic Regression, 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Landis J.R., Koch G.G.** 1977a - The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*; 33 : 159-174.
- Lanly, J.** 2003. Les facteurs de déforestation et de dégradation des forêts. Paper submitted to the XII World Forestry Congress, Québec City.
- le Polain de Waroux Y., Lambin E. F.**, 2011. Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: The case of the argan woodlands (Morocco). *Applied Geography* 32 (2011) 777-786.
- Lybbert T. J., Aboudrare A., Chaloud D., Magnand N., Nash M.**, 2011. Booming markets for Moroccan argan oil appear to benefit some rural households while threatening the endemic argan forest. *PNAS* - vol. 108 - no. 34, 13963-13968.
- McGregor V. H., Dupont L., Jan-Berend W. Stuur J-B. W., Kuhlmann H.**, 2009. Vegetation change, goats, and religion: a 2000-year history of land use in southern Morocco. *Quaternary Science Reviews* (2009), doi:10.1016/j.quascirev.2009.02.012. 15 p.

(Footnotes)

1 AIC : Akaike information criterion : est le critère le plus utilisé pour la sélection du modèle optimal (Agresti, 2002). Il donne un jugement sur la qualité de l'ajustement des données observées.

AIC = -2 (maximized log likelihood – number of parameters in model).



# Les conséquences de la marchandisation de l'arganier sur la vie socio-économique et culturelle à Haha

**Aziz L.<sup>1</sup>, Elharousse L.<sup>2</sup>, Mormont M.<sup>3</sup>, Bellefontaine R.<sup>4</sup>, Allali K.<sup>2</sup>, et Elamarani M.<sup>2</sup>**

1 - Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, BP. S/ 40, 50000 Meknès, Maroc  
Email : aziz.larbi@yahoo.fr

2 - Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, BP. S/ 40, 50000 Meknès, Maroc

3 - Université de Liège, Campus d'Arlon, 185 Avenue de Longwy, 6700 Arlon, Belgique.

4 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France.

## Résumé

Arbre à usages multiples, l'arganier est aussi à multifonctions : économique, sociale et environnementale. Il était, et il est encore, un élément important du système agraire local et participe au maintien d'une biodiversité particulière. Comme il a toujours configuré et rythmé la vie des populations de l'arganeraie puisqu'il était (ou l'un de ses produits) toujours présent dans leurs activités culinaires, festives ou socioculturelles. Cependant, l'augmentation rapide du prix de l'huile d'argan a engendré de multiples conséquences sur la vie socioéconomique et culturelle de ces populations. En fait, la marchandisation de l'huile d'argan a eu à la fois des retombées positives et des effets négatifs sur tout l'écosystème. Pour comprendre et analyser ces évolutions et les nouvelles dynamiques locales qui s'y développent, nous avons réalisé une étude dans la zone de Haha, région d'Essaouira, en prenant comme cas les deux communes rurales d'Aguerd et de Tidzi. Ce qui nous a permis, en plus de l'analyse historique, de comparer les dynamiques qui sont en cours au niveau de ces deux communes rurales.

**Mots clés** : Arganier, savoir local, valeurs socioculturelles, vie socio-économique.

## *The consequences of the marchandisation of the argan tree on the socioeconomic and cultural life at haha*

### **Abstract**

Multipurpose tree, the argan tree is also multifunction: economic, social and environmental. It was, and it is still, an important element of the local agrarian system and participates in the preservation of a particular biodiversity. As it always configured and gave rhythm to the life of the populations of the Argan woodland because it was (or one of its products) always present in their culinary, festive or sociocultural activities. However, the boom of the price of the argan oil engendered multiple consequences on the socioeconomic and cultural life of these populations. In fact, the marchandisation of the argan oil had at once (at the same time) positive effects and negative effects on all the ecosystem. To understand and analyze these evolutions and the new local dynamics which implement there, we realized a study in the zone of Haha, region of Essaouira, by taking as case studies both rural districts of Aguerd and Tidzi. What allowed us, besides the historic analysis, to compare the dynamics which are in progress at the level of these two rural districts.



## Introduction

L'arganeraie est un écosystème complexe dans lequel la faune et la flore vivent en inter-dépendance, ce qui lui confère beaucoup de stabilité. Cet écosystème est organisé autour de l'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels), un arbre doté d'une capacité remarquable d'adaptation aux déficits hydriques et aux températures qui caractérisent le sud-ouest du Maroc. Il a toujours configuré et rythmé la vie des populations locales. Arbre à usages multiples, il est aussi à multifonctions : économique, sociale et environnementale. Il était, et il est encore, un élément important du système agraire local basé essentiellement sur la céréaliculture (particulièrement l'orge), l'élevage (surtout les caprins) et l'arganier. Étant donné que l'agriculture reste généralement vivrière, l'arganier et ses produits constituent actuellement la principale source de revenus des ménages locaux (surtout pour les femmes). En fait, avec l'augmentation rapide du prix de l'huile d'argan à la fin des années 90, nous assistons, au niveau de la zone, à de nouvelles dynamiques socio-économiques. La marchandisation des produits de l'arganier a alors eu des conséquences sur les représentations et la vie quotidienne des populations locales.

Ce sont ces changements et leurs conséquences sur les comportements des locaux et sur leur vie socio-culturelle qu'essaie d'analyser le présent article. Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé une étude empirique dans la zone de Haha, région d'Essaouira<sup>1</sup> où la forêt d'arganier est considérée comme la plus dense du Maroc, précisément au niveau des communes rurales de Tidzi et d'Aguerd. La première commune est caractérisée par une densité d'arganiers et un tissu coopératif (féminin surtout) plus importants que ceux d'Aguerd, ce qui ouvrait la voie à des comparaisons entre ces deux localités caractérisées par des dynamiques différentes. L'étude a été menée par entretiens semi-structurés auprès de 110 personnes, dont 49 femmes et 61 hommes relevant des deux communes, complétés par des entretiens avec les responsables de la Direction provinciale de l'agriculture (DPA) et du Service provincial des Eaux et Forêts (SPEF) à Essaouira.

## La marchandisation de l'huile d'argan : évolution de représentations

### ***La flambée des prix des produits de l'arganier***

Vers la fin des années 1990, le marché de l'huile d'argan et de ses produits a évolué de manière spectaculaire. Ainsi ce n'est pas seulement l'huile, alimentaire ou cosmétique, qui est convoitée, mais également les fruits et ses dérivés. La population locale rattache cet accroissement à la création des coopératives et à l'apparition d'intermédiaires et d'industriels. En effet, les coopératives achètent de grandes quantités de fruits, du fait qu'elles doivent répondre favorablement aux commandes émanant de leurs clients, spécialement étrangers (touristes et privés étrangers). Auparavant les produits de l'arganier ne faisaient pas l'objet de transactions marchandes importantes. La production était le plus souvent destinée à l'autoconsommation. C'est ce qui nous a été confirmé par l'ex-présidente de la coopérative pionnière dans la zone (commune de Tidzi) : « *A l'époque, les gens ne vendaient pas les fruits. Il y en avait même qui les jetaient une fois qu'ils commençaient à pourrir. J'avais pris alors un crieur au souk pour annoncer que j'achetais les fruits à 10, puis 12 Dh l'abra<sup>2</sup>, alors qu'ils se vendaient à 2,5 Dh l'abra* ».

Avec cette nouvelle donne du marché, la demande des fruits s'est accrue à tel point que parfois ceux-ci deviennent rares. Pour faire face à ce risque de pénurie, les coopératives optent davantage pour le stockage des fruits en s'en approvisionnant à diverses sources : directement auprès de la population, au souk de la commune, celui de Had Dra<sup>3</sup> ou même ailleurs. Pour la population enquêtée, cette variation de l'offre et de la demande des fruits sur le marché agit logiquement sur le prix de cette matière première et les prix de l'huile s'en trouvent ainsi affectés. C'est donc toujours la loi de l'offre et de la demande qui en définit les cours.

1 - La région d'Essaouira est composée de deux zones : Haha à topographie montagneuse et à population berbérophone, alors que Chiadma est située dans la plaine et à population arabophone.

2 - Unité de mesure locale correspondant à 12 kg.

3 - Situé à Chiadma, il reste l'un des grands souks de la région.



Cette variation est aussi liée, pour certains interviewés, au fait que l'arganier montrerait une production importante une année sur deux. C'est ainsi que le prix du litre d'huile varie entre 150 et 200 Dh au souk alors qu'il voisine les 300 Dh dans les coopératives. Cela représente une évolution importante du prix pour les locaux, car certains se rappellent de l'époque où le litre ne coûtait que 10 Dh (dans les années 1975) et il y a trois ou quatre ans, il ne dépassait pas les 80 Dh.

Cette tendance a aussi été enregistrée pour l'huile cosmétique dont le prix est plus élevé que celui de l'alimentaire : il peut varier de 300 Dh le litre au souk à 800 Dh dans les coopératives. Pour écouler leur production, les coopératives préfèrent produire de l'huile cosmétique, à l'inverse de la population locale. Elles mettent cette huile en bouteilles de différentes capacités, allant du litre à 100 ml. Cette diversification dans la présentation leur permet de toucher différents segments du marché en offrant au client « *la quantité dont il a besoin en fonction de ses moyens financiers* », disent-elles. Ce coût élevé de l'huile cosmétique se justifie selon les locaux par le fait que les amandes non torréfiées produisent moins d'huile, alors que la torréfaction indispensable pour l'huile alimentaire, permet de produire plus d'huile. Pour les responsables des coopératives, deux facteurs justifient également ce prix de vente plus élevé : le prix de revient (comprenant la mécanisation du procédé d'extraction et la labellisation du produit) et la destination finale du produit (à l'étranger, les acheteurs de cette huile la vendent à un prix plus élevé).

Au souk, on ne vend pas que les fruits et les huiles, mais aussi d'autres produits, en l'occurrence :

- « *irguen* », la coque qui entourait les amandes et qui coûte 0,5 Dh/kg. Ce produit est recherché par des intermédiaires qui le vendent aux bains maures ou aux boulangeries en tant que combustible.

- « *zaghouna* », tourteau obtenu après l'extraction de l'huile. On le donne au troupeau en tant que complément alimentaire. Le prix varie de 1,8 à 2,5 Dh l'unité (soit environ 200 g).

Cette récente rentabilité des produits de l'arganier en a fait la principale source de revenus parmi les autres composantes du système agraire local. En effet, si l'on compare l'huile d'olive et celle d'argan, la première atteint 50 à 60 Dh/l, alors que l'huile d'argan est 3 fois plus chère (150 Dh/l). De plus, l'olivier exige des entretiens et des arrosages, alors que l'arganier n'en demande pas. Pourtant, la population locale ne pense pas délaisser l'olivier, « *je n'abandonnerai aucune des deux huiles car chacune a son importance pour moi* » (Homme, 40 ans, Aguerd). Cette rentabilité est encore mieux perçue quand les enquêtés comparent l'arganier aux céréales. En effet, ils étaient tous unanimes pour souligner que le prix de vente ne couvre même pas le prix de revient. En fait, ils achètent les semences à 5 Dh/kg, la main d'œuvre pour la moisson coûte 130 Dh/jour/personne (avec en plus la prise en charge de la nourriture), la location du matériel<sup>4</sup> pour le fanage est à 200 Dh/ jour (en plus de la nourriture des hommes en charge de cette opération). Alors que le prix de vente est de 1,2 à 1,3 Dh/kg pour l'orge et 2 Dh/kg pour le blé tendre ! De plus, ils sont affrontés aux problèmes d'écoulement des récoltes.

C'est ainsi que l'arganier représente la seule source de revenus pour 40 % des enquêtés, qui toutes sont des femmes. Il participe aussi aux revenus de 54 % des enquêtés ; l'autre partie de leurs revenus provient soit de l'agriculture (céréales et élevage), soit d'autres activités (comme la maçonnerie, le commerce, etc.) ou de l'immigration. En conséquence, comme presque partout dans l'arganeraie, l'économie des deux communes étudiées est de plus en plus basée sur l'arganier.

### ***Une nouvelle représentation vis-à-vis de l'arganier***

De par le passé et jusqu'à nos jours encore, l'arganier a toujours configuré la vie des populations de l'arganeraie. Étant donné les multiples services offerts par cet arbre, celui-ci a toujours été perçu comme source d'alimentation tant pour les hommes que pour leurs animaux, comme arbre guérisseur et faisant partie du système culturel et mythique de la population locale, dans le quotidien des familles et lors de leurs activités festives. Cependant, depuis la flambée des prix des produits de l'arganier (notamment de l'huile), son intérêt aux yeux de la population est devenu synonyme de sa valeur marchande.



En fait, surtout pour les femmes, l'arganier représente la seule source de revenus ; il est fréquent d'entendre parmi ces femmes l'adage : « *Argan, oh argan, tu es le seigneur des hommes* ». C'est donc l'arganier qui offre à ces femmes l'argent pour satisfaire leurs besoins et ceux de leurs familles, leur procurant ainsi une certaine autonomie monétaire vis-à-vis de leur mari. L'arganier représente leur « métier » et leur relation à cet arbre est dès lors devenue une relation marchande. La fonction économique commence alors à masquer les fonctions sociales, psycho-affectives et culturelles qu'assurait l'arganier. En fait, les femmes ont ainsi pu accéder au souk, là où elles ne se rendaient pas. Certaines d'entre elles, celles qui ont eu plus de moyens, ont acheté des chèvres, des brebis ou des vaches, montrant ainsi un réinvestissement de l'argent gagné dans des activités génératrices de revenus. L'argent gagné revient toujours à la femme mais elle peut toutefois le laisser à son mari s'il n'a pas de revenus pendant la période où la vente a eu lieu, car elle sait qu'il va s'en servir pour répondre aux demandes de la famille. Mais si cette entente entre les deux époux est une tendance générale dans de nombreuses familles, dans certains cas, elle fait défaut et il se peut qu'il y ait conflit autour de cet argent. Ceci témoigne d'un changement des rapports entre l'homme et la femme, dans le sens où celle-ci serait en train de prendre une part dans la prise de décisions tout en veillant généralement à la cohésion de la famille.

## Les conséquences de la marchandisation des produits de l'arganier

### ***Un marché disproportionné***

L'engouement pour les produits de l'arganier a permis le développement d'un marché peu structuré et où de nouveaux acteurs ont surgi. Ainsi, en plus des coopératives féminines d'extraction d'huile et leurs groupements d'intérêt économique (GIE) qui ont fait leur apparition à partir des années 1990, de nombreux acteurs privés<sup>5</sup> ont pris place sur cet échiquier, en plus des intermédiaires. Ces opérateurs privés, constitués dans leur majorité de groupes d'industriels, s'accaparent la plus grande part du marché, au détriment de la population locale et même des coopératives et leurs GIE. Ils ne cherchent que des bénéfices à court terme. En plus de l'achat direct des fruits au souk, ces acteurs privés comptent sur un réseau d'intermédiaires qui achètent ces produits directement dans les douars aux populations. Ils s'installent généralement en dehors de la zone de l'arganeraie ou même à l'étranger où ils réalisent leurs activités. La valeur ajoutée de ce marché échappe à la zone. Face à cette concurrence, les coopératives sont en outre affaiblies par de nombreux facteurs, malgré les efforts d'accompagnement qui leur ont été apportés par divers acteurs (étatiques ou organismes de développement nationaux ou internationaux). En conséquence, on assiste à une disproportion des rapports de forces entre les acteurs de ce marché. Les théoriciens de l'économie de la biodiversité laissent entendre que « *ce n'est pas tant le marché qui est en cause que les acteurs qui faussent les conditions de son fonctionnement* » (Boisvert et Vivien, 2007). Ceci engendre des conséquences touchant à la fois la vie socio-économique et culturelle des populations locales.

### ***Les conséquences sur le système agraire local***

L'augmentation rapide du prix de l'huile d'argan a eu des effets positifs et aussi négatifs sur le système agraire au niveau des deux communes étudiées, comme partout dans toute l'arganeraie (Lybbert *et al.*, 2011 ; Nouaim, 2005 ; Mhirit *et al.*, 1998). Ils ont mis en valeur les changements positifs induits par cette nouvelle donne, mais dans cette communication, nous présentons certains effets qui n'ont pas été relatés auparavant ou qui l'ont été de manière discrète. Ainsi, sans prétendre être exhaustifs, nous en citons les exemples suivants : La coupe de bois et l'arrachage d'arganiers ne sont plus pratiqués en propriété privée (*melk*). Une femme (50 ans, Aguerd) affirme que : « *Il y avait des gens qui arrachaient l'arganier de leur melk afin de faciliter la mise en culture. Mais actuellement, ils ne font plus cela car l'arganier a pris de la valeur* ». La protection des jeunes plants : selon certains enquêtés, depuis peu les gens protègent contre le troupeau les jeunes arganiers qui poussent naturellement pour garantir leur développement. L'acquisition d'un savoir relatif à l'intérêt de l'arbre sur le plan environnemental et relatif aux méthodes de conservation (citée par quelques adhérentes de coopératives).

5 - nationaux et internationaux



Ceci montre l'importance que peuvent jouer les coopératives pour véhiculer des savoirs « exogènes » en matière de conservation de l'écosystème. La surveillance des arganiers qui se trouvent dans la forêt par leurs ayants-droit, surtout pendant la période de l'agdal.

Notons que ces différents comportements restent un peu disparates au niveau des deux communes étudiées et ne sont pas généralisés à toute la population. Toutefois, ils constituent des prémisses d'éléments relatifs à la stratégie de conservation dite « gagnant-gagnant » selon laquelle, plus la population prend conscience de la valeur de la ressource, plus elle opte pour sa conservation. Ce sont ces éléments qu'il faut donc valoriser pour plus de conscientisation de la population vis-à-vis des ressources dont elle dispose.

### ***Un comportement agressif vis-à-vis de l'arbre***

L'augmentation de la valeur de l'huile d'argan a eu aussi des incidences négatives sur le comportement des locaux et par la suite sur la biodiversité locale. En fait, suite à cette explosion du marché, des comportements inconnus et agressifs à l'égard de l'arbre ont fait surface. Le gaulage reste l'une des principales méthodes néfastes que nous avons enregistrée au niveau des deux communes. Selon plusieurs interrogés, elle n'est apparue que dernièrement avec la flambée des prix de l'huile d'argan. Elle se fait en cachette puisqu'interdite, mais s'intensifie lorsque le prix du fruit est important (7 Dh/kg par exemple).

Par ailleurs, beaucoup d'enquêtés assurent que les fruits gaulés (nommés localement « *lebziz* ») sont de moindre qualité, car ils ont une teneur en huile très faible due au fait qu'ils n'ont pas atteint leur stade optimal de maturité. Ils sont de petite taille et de couleur verdâtre (et non jaunâtre, la couleur du fruit mûr). Or, la teneur en huile dépend du stade de maturité et ce n'est qu'après maturité complète qu'elle dépasse les 50 % et que la qualité est meilleure (Kenny, 2007). C'est en raison de cette « mauvaise » qualité que les coopératives n'achètent pas ces fruits, surtout celles qui produisent de l'huile labélisée pour laquelle elles ont un cahier de charges strictes à respecter. Selon nos enquêtés, ces fruits sont principalement achetés par les acteurs privés, quelle que soit leur qualité. S'agissant des raisons qui poussent les gens à pratiquer le gaulage, nos enquêtés affirment qu'elles sont nombreuses et les plus importantes à leurs yeux sont :

- L'accroissement des actes de vols dans la forêt (qui sont pratiqués par des jeunes et des non ayants-droit<sup>6</sup>) oblige les ayants-droit à accélérer l'opération de collecte par le gaulage. Ce comportement est plus accentué dans la commune d'Aguerd que dans celle de Tidzi.

- Les gens craignent que les non-titulaires du droit de collecte fassent entrer leurs troupeaux avant que la période d'Agdal ne soit terminée et donc avant que les ayants-droit n'aient collecté tous leurs fruits.

- Les hommes, car exerçant d'autres activités, sont pressés et pratiquent le gaulage pour ramasser les fruits le plus tôt possible ;

- Certains préfèrent vendre des fruits gaulés qui ont un poids plus élevé du fait qu'ils sont encore frais (ceux qui sont ramassés au sol sont généralement secs). En effet, la pulpe à l'état frais est très riche en eau (70 à 80 %) et au fur et à mesure de son dessèchement, ce pourcentage se réduit à 12 % (Kenny, 2007).

La population déclare assister à l'accroissement des actes de vol des fruits dans la forêt. Ceci pousse certains à payer des gardiens pour protéger leurs arbres. Ces actes de malveillance sont observés beaucoup plus au niveau de la commune d'Aguerd (dont la superficie ainsi que la densité de la forêt sont moins importantes) que dans la commune de Tidzi.

<sup>6</sup> - La législation reconnaît aux riverains un nombre de droits de jouissance au niveau de l'arganeraie, dont celui de la collecte des fruits.





## Un début de reconversion du cheptel

De par son histoire, la population de Haha a toujours été attachée à l'élevage et particulièrement aux chèvres. Cet élevage constituait pour elle, en plus d'une source d'alimentation, une source de revenus puisque le chef du foyer vendait quelque têtes du troupeau chaque fois qu'il a besoin d'argent. Toutefois, avec la nouvelle donne du marché de l'arganier, nous assistons à de nouvelles dynamiques locales allant dans le sens d'une reconfiguration de la composition du troupeau local. C'est ainsi que plus de la moitié des enquêtés ont soit eu recours à la reconversion de leur cheptel caprin vers les ovins (35 %) ou qu'ils ont totalement délaissé l'élevage (25 %). Ce changement important est dû à nombreuses raisons dont la plus importante et la plus citée par nos enquêtés reste la pénurie de berger. Ceci peut être expliqué par plusieurs causes. D'abord, la dévalorisation du statut de berger au niveau local. En outre, les familles sont plus soucieuses de la scolarisation de leurs enfants<sup>7</sup> et ces derniers refusent de plus en plus d'adopter cette activité. Et même s'ils abandonnent l'école, ils partent pour travailler ailleurs. C'est le cas de plusieurs enquêtés qui ont émigré vers d'autres villes à la recherche d'un emploi ou se sont orientés vers d'autres domaines (en parallèle avec l'agriculture) tels que la maçonnerie, la boucherie, le transport, l'épicerie, etc. De ce fait, ils n'ont plus assez de temps pour pratiquer l'élevage, surtout des caprins qui sont « difficiles à garder », comme l'affirment tous les enquêtés.

D'un autre côté, et surtout à Aguerd, certains interviewés commencent à assimiler l'arganier au même titre que l'olivier : ils le protègent contre les chèvres. Certains les ont même délaissées puisqu'elles nuisent à l'arbre. Il est alors devenu normal de voir dans la forêt un troupeau composé à 100 % d'ovins. Par contre, d'autres éleveurs, particulièrement à Tidzi, disent ne pas abandonner les caprins puisqu'ils contribuent pour une part importante à la formation de leurs revenus. C'est le cas particulièrement de ceux qui ne disposent pas de droit de collecte des fruits pendant la période d'Agdal. Celle-ci représente une période critique pour ces éleveurs, car leurs troupeaux ne trouvent guère d'autres espaces de pâturage. Tous ces éléments témoignent d'un changement important qui s'opère au niveau du système d'élevage qui tend à devenir à dominance ovine lorsqu'il n'est pas délaissé par certains. Mais ce changement n'aura-t-il pas d'effets sur la stabilité de l'écosystème arganeraie ?

## Changements socioculturels

### Des pratiques et traditions qui s'érodent

Les travaux d'anthropologues ont montré que le rapport des populations locales à la nature était médiatisé par un système complexe de représentations d'ordre essentiellement métaphysique (Pinton et Grenand, 2007). C'est aussi le cas pour les Hahis<sup>8</sup> pour qui l'arganier a toujours configuré leur vie socioculturelle. En fait, les nombreuses représentations de l'arganier et de ses produits correspondaient à des pratiques spécifiques. Toutefois, étant donné les nouvelles donnes du marché des produits de l'arganier et l'ouverture des deux sociétés rurales étudiées sur l'extérieur (l'émigration vers les villes, l'arrivée de touristes et de clients, la scolarisation des jeunes,...), plusieurs de ces pratiques sont en train de disparaître. En fait, pour le paysan, « c'est son vécu qui compte, parce qu'il constitue un socle sur lequel il va tenter d'asseoir ses pratiques, anciennes comme nouvelles » (Pinton et Grenand, 2007). Pour l'illustration de ces propos, nous présentons ci-dessous certaines de ces pratiques et leurs changements.

*Les femmes du même foyer produisent ensemble :* Toutes les femmes des deux communes visitées savent produire l'huile selon la même technique, ont déclaré toutes nos enquêtées. De plus, elles disent qu'il n'y a pas de spécialisation entre les femmes pour l'une ou l'autre des opérations du processus d'extraction de l'huile. Toutefois, étant donné que certaines de ces opérations demandent plus de force (le moulage et le malaxage), les vieilles s'occupent plus du concassage, bien qu'elles maîtrisent toutes les autres opérations.

7 - L'accroissement de la scolarisation des enfants est bien ressenti, particulièrement pour les jeunes filles, suite à l'augmentation du revenu des femmes qu'elles investissent dans le système éducatif afin que leurs filles ne subissent pas les mêmes conditions de vie qu'elles.

8 - Population de Haha



D'autre part, les femmes d'un même foyer se partagent les rôles et les tâches : si l'une prépare le repas, les autres préparent l'huile. On assiste à une division des tâches entre les femmes au sein du même foyer. Cependant, cette situation commence à changer, surtout au niveau des familles des adhérentes aux coopératives, puisqu'elles y passent la plupart de leur temps.

*« Iduffu » : fêter ensemble la première extraction de l'année :* Aujourd'hui, les femmes peuvent se regrouper pour concasser chacune leurs fruits, puis elles se séparent. Auparavant, les familles se rassemblaient pour préparer ensemble les premières productions : c'est « Iduffu ». Les femmes s'entraidaient pour préparer et extraire, la même nuit, l'huile qu'on consommait ensemble en familles avec du pain (qu'on préparait la même nuit) et du thé. On mangeait et on chantait jusqu'à une heure tardive.

*Arganier, arbre de recueillement pour les femmes :* Presque partout dans les deux communes étudiées, il y a des arganiers qui sont bien connus par la population locale et sous lesquels les femmes, depuis longtemps, viennent manger et chanter. C'est le cas d'« argan'Sidi Jaafar » (douar Lkasseh à Aguerd) sous lequel on s'installe pour profiter de son ombre étant donné sa grandeur. L'hiver, quand la pluie tarde, les femmes s'y rendent et chacune apporte sa petite bouteille d'argan et y préparent « tagoula » (un repas local à base d'huile d'argan). Elles en mangent et offrent à manger à chaque passant. Vers la fin de la journée, et avant de partir, elles prient Dieu (« fatiha ») pour qu'il pleuve. Un autre arbre se trouve au douar Ait Ali Ouatmane (Aguerd), appelé « Lala Tagouramt », sous lequel se réunissent les femmes du douar pour chanter et manger. C'est aussi le cas des arganiers de « Sidi Mohamed Dhou » au douar Ait lkaseh et dans la commune de Tidzi « Argan Lala Abouch » ou « Argan Tkhouba » vers le douar d'Ait Ahmed Ouhmed, qui sont des arbres sous lesquels les femmes se réunissent à l'occasion lors d'événements festifs locaux (« mawsime »). Pour ces arbres sacrés, personne ne touche ni à leurs branches, ni à leurs fruits. Toutefois ces pratiques ne perdurent actuellement que par endroits et sont de plus en plus délaissées.

*L'arganier est aussi un arbre guérisseur :* Les produits de l'arganier ont toujours fait partie des ingrédients des recettes de la pharmacopée traditionnelle locale. Nous avons pu collecter nombre de ces recettes auprès de nos enquêtés ; les vieilles femmes sont les principales détentrices de ce savoir-faire. Mais ces recettes sont en train de disparaître puisque la population a de plus en plus recours aux produits pharmaceutiques.

Certains arganiers faisaient partie de rites thérapeutiques locaux : c'est le cas, à titre d'illustration, d'un arganier appelé « Argan' Imasmarn » au douar Ait Ali Ouatmane (Aguerd). Si une personne a un bouton sur sa peau, sous l'arbre, il se gratte le bouton avec un clou qu'il enfonce dans le tronc et s'en va sans se retourner; le bouton se sèche et la peau se rétablit. Aux dires de nos enquêtés (surtout les jeunes), ces pratiques n'existent plus puisqu'ils n'y croient plus.

*L'arganier, médiateur lors des festivités de mariage :* Quand une femme veut organiser le mariage d'un de ses enfants, elle rassemble toutes les femmes du douar une journée pour l'aider à concasser des fruits. Ou bien encore, chacune vient prendre un panier de fruits, rentre chez elle pour le préparer et rapporte l'huile produite. L'huile ainsi collectée va servir pour préparer les plats de la cérémonie, se coiffer et en offrir aux invitées citadines.

*L'arganier source récente de conflits :* L'engouement pour les produits de l'arganier a créé des tensions entre membres d'une même population. Il n'est plus rare d'assister à nombreux conflits qui peuvent aller jusqu'au tribunal. « Si quelqu'un touche à l'arganier de l'autre, ils peuvent s'entretuer ; les conflits sont fréquents au niveau du tribunal ou chez les forestiers. » (homme, 60 ans). Il est vrai que de pareils conflits existent depuis longtemps, mais la population locale trouve qu'ils se sont intensifiés récemment avec la flambée des prix.



## Changements dans les habitudes alimentaires

Au niveau des deux communes, l'huile d'argan était jusqu'à il y a peu de temps toujours présente dans la cuisine locale, soit pour la consommation lors du petit déjeuner, soit pour la présenter aux invités. Elle était également utilisée comme ingrédient principal pour la préparation des plats et des recettes traditionnelles. Bref, tout foyer en disposait et toutes les préparations en contenaient. Cependant, actuellement, nous assistons à un changement des habitudes alimentaires dans la plupart des foyers enquêtés. En effet, suite à la hausse du prix de l'huile d'argan, les gens préfèrent la vendre et la remplacer par de l'huile industrielle pour préparer leurs plats. « *Actuellement, nous qui habitons ici, nous ne la consommons plus à cause du prix du marché* » (homme, 50 ans, Aguerd). En outre, certaines familles qui n'ont pas d'arganier, bien qu'elles soient rares au niveau de la zone, ne peuvent plus se permettre d'acheter cette huile. Ces affirmations traduisent à quel point les habitudes alimentaires des générations actuelles commencent à s'éloigner de celles des anciennes générations.

### Un savoir local en voie de disparition

Avec le développement du marché de l'huile d'argan, nombreuses sont les femmes qui n'extraient plus l'huile chez elles. Ceci est dû, selon les adhérentes aux coopératives, au fait qu'elles ne trouvent pas le temps pour cette activité puisque à la coopérative, elles y passent jusqu'à 10 h par jour à concasser les fruits. Certaines parcourent jusqu'à 8 km pour arriver au siège de la coopérative. Notons que pour nombre de ces coopératives, l'extraction de l'huile se fait mécaniquement<sup>9</sup> et la seule étape qui reste manuelle est le concassage réalisé par les « adhérentes ». Pour les femmes non adhérentes, cela tient principalement à deux raisons : la pénibilité des étapes d'extraction (selon les femmes, actuellement les filles refusent tout travail pénible) et le bénéfice<sup>10</sup> plus important dégagé de la vente des amandes brutes que celui obtenu à partir de la vente de l'huile. Le résultat est donc évident : rupture du cycle de préparation de l'huile. De plus, le savoir-faire relatif au procédé d'extraction se trouve menacé de disparaître, surtout que la transmission de ce savoir entre générations est basée, en grande partie, sur l'observation. Cependant, les responsables des coopératives ne sont pas de cet avis. Elles pensent que si des femmes sont à la coopérative à longueur de journée, d'autres sont encore à la maison et produisent de l'huile de manière traditionnelle, assurant ainsi le transfert de ce savoir. Ces responsables estiment que dans la région, il est impossible de trouver une fille qui ne sait pas extraire de l'huile, car elles se sont habituées à voir, dès leur jeune âge, leurs mamans la produire.

Cette tendance conjuguée au fait que les femmes préfèrent de plus en plus vendre les amandes brutes ou les fruits entiers que de produire de l'huile fait que les savoirs relatifs à la pharmacopée et à la cosmétique traditionnelles sont méconnus des nouvelles générations. En fait, pour celles-ci, ces amandes n'ont qu'une valeur marchande leur permettant de dégager un revenu pour satisfaire leurs besoins et ceux de leurs familles. Les recettes médicinales ou de beauté traditionnelle sont abandonnées au profit de produits pharmaceutiques et cosmétique industriels et à bas prix.

Un autre registre du savoir local qui risque de disparaître sous l'influence des changements en cours dans la zone est celui relatif au système agraire local. Ainsi, pour la conduite de l'élevage, la reconversion ou le délaissement, dans certains cas à Aguerd surtout, de l'élevage caprin, comme mentionné plus haut, fait perdre un savoir lié à la conduite de cette espèce : le mode de pâturage, la conduite sanitaire, la différenciation entre chèvres grimpeuses et celles qui ne le sont pas, etc. D'un autre côté, le savoir relatif à la conduite des céréales peu rentables par rapport aux produits de l'arganier risque aussi de connaître une grande érosion. Ceci est dû à l'émigration des jeunes et même ceux qui n'ont pas émigré préfèrent s'adonner à d'autres activités moins pénibles et plus rémunératrices que le travail agricole.

9 - Il y a aussi des coopératives dites artisanales qui optent toujours pour le procédé traditionnel d'extraction de l'huile.

10 - On a besoin de 2,5 kg d'amandes pour produire un litre d'huile (qui lui sera vendu 90 Dh/l). Or à raison de 37 Dh/kg, ces 2,5 kg d'amandes seront vendus à 92,5 Dh. Donc la vente des amandes est plus rentable que la vente de l'huile extraite.



## Conclusions

L'évolution du marché de l'huile d'argan a eu des conséquences à la fois positives et négatives sur le tissu socio-économique et sur le système agraire au niveau des deux communes étudiées. Il devient alors urgent de penser à une utilisation durable de cette ressource comme voie à privilégier pour assurer sa protection, par opposition à la préservation, qui proscrit l'exploitation, perçue comme la cause de la dégradation ou de l'épuisement des ressources (Boisvert et Vivien, 2007). Cela passe par l'adoption d'une approche de développement global et intégré faisant participer tous les acteurs locaux et qui considère l'arganeraie dans sa globalité en tant qu'écosystème. Il s'agit principalement de penser à une co-gestion de l'arganeraie et à une régulation du marché de l'huile d'argan et des produits. Il est vrai que nombre d'actions qui vont dans ce sens sont en train de voir le jour (création d'associations d'utilisateurs, mise en place de cahier de charges pour la labellisation, création de l'Agence nationale de développement des zones oasiennes et de l'arganeraie (ANDZOA),...). Toutefois, ces actions restent disjointes et sans synergie entre elles, car elles sont encore menées de manière individuelle sans coordination.

L'ANDZOA a un programme très chargé d'actions à mener d'ici l'horizon 2020, notamment l'enrichissement de 200 000 ha d'arganeraie (soit 1/4 de l'aire naturelle ou encore 25 000 ha par an durant les 8 prochaines années). Pour atteindre cet objectif, il faudra augmenter la densité d'arganiers dans les forêts existantes et reboiser certaines terres forestières. Cela ne pourra se faire qu'avec des plants issus de semis ou de boutures, dotés d'un excellent système racinaire, ce qui sera produit en hors sol dans des pépinières modernes. Ces jeunes plantules, fournis aux coopératives et aux privés en conteneurs rainurés, avec un substrat standard contenant un aérateur et un rétenteur-relargeur d'eau et de sels minéraux, montreront dès lors une croissance juvénile rapide et auront un taux de survie très élevé. Les mises en défens seront très nettement écourtées (Bellefontaine *et al.* 2010 ; Le Boulter *et al.* 2011), ce qui sera beaucoup mieux toléré par les populations locales.

La co-gestion, elle-même, doit passer par la redéfinition des missions et des rôles des différents acteurs, y compris la population locale qui détient de nombreux savoirs et pratiques locales pouvant être des éléments importants pour la conception de cette nouvelle stratégie. Mais pour réussir cette participation des locaux, il serait intéressant de redynamiser les coopératives en place pour qu'elles atteignent les objectifs fixés lors de leur création : l'émancipation des femmes, la valorisation des produits de l'arganier, la conservation et la préservation de l'arganeraie (Alifriqui, 2004).

Il s'agira aussi de travailler sur la gouvernance au sein de ces coopératives en reconsidérant le rôle des femmes membres pour qu'elles soient de vraies adhérentes et pas seulement « une main d'œuvre pour le concassage » au sein de ces institutions. Il en va de même pour les associations d'utilisateurs nouvellement créées auxquelles doivent être attribuées de vraies tâches dans la gestion de la forêt, tout en veillant aussi à leur bonne gouvernance. La co-gestion dont il est question ici suppose d'associer décideurs, scientifiques, experts et populations locales dans des actions communes de conservation et de gestion de l'arganeraie, ce qui ne peut pas se faire sans une transformation des rapports entre ces différents acteurs (Pinton et Grenand, 2007). Mais cela ne va pas de soi, tant les valeurs et les savoirs des uns et des autres sont distants. C'est à quoi renvoie aussi la Convention de la Diversité Biologique (CDB) lorsqu'elle affirme que pour créer un marché favorable à la conservation de la biodiversité, il faut faire le pari d'une cohabitation entre un savoir scientifique et des savoirs traditionnels.

Il faut penser à structurer davantage le marché des produits de l'arganier tout en veillant à ce que la plus value dégagée revienne plus aux populations et qu'elle soit aussi réinvestie dans des projets de développement local.



## Références bibliographiques

- ALIFRIQUI M.** *L'écosystème de l'arganier*. Étude réalisée pour le Programme des Nations Unies pour le développement. Maroc, Rabat, PNUD, 2004.
- BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., MONTEUIS O.** Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304 (2), pp.47-59.
- BOISVERT V. et VIVIEN F-D.** Un marché pour la biodiversité ? In : PINTON F. et GRENAND P. *Les marchés de la biodiversité*, IRD Éditions, Paris, 2007, pp.224-243. ISBN: 978-2-7099-1636-3.
- CHARROUF Z** 20 ans de recherche-action pour faire de l'arganier un levier du développement durable du milieu rural marocain, In : *Actes du Colloque international ; L'Arganier levier du développement humain du milieu rural marocain*, Rabat, 2007, pp 3-14.
- EI AICH A. BOURBOUZE A, et MORAND-FEHR P.** *La chèvre dans l'arganeraie*, Rabat. Actes Editions, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 2005, 124 p. Pas d'ISBN.
- KENNY L.** Histoire de l'arganier : les usages de l'arganier. In : KENNY L. De ZBOROWSKI I. *Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie*, Rabat. Editions Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 2007, 190 p. ISBN: 978-2-909613-00-0.
- LE BOULER H., BRAHIC P. BOUZOUBAA Z., ACHOUR A., DEFAA C., BELLEFONTAINE R.,** 2011. L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. *Premier Congrès International sur l'Arganier*, Agadir, 15-17 décembre 2011, 10 p.
- LYBBERT T. J., ABOUDRARE A., CHALLOUD, MAGNAN N. and NASH M.** Booming markets for Moroccan argan oil appear to benefit some rural households while threatening the endemic argan forest. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America)*, 2011, vol. 108, no. 34, pp. 13963-13968.
- M'HIRIT O., BENZYANE M, BENCHAKROUN F, EI YOUSFI SM, BENDAANOUN M.** *L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples*. Sprimont, Bruxelles. Editions Mardaga, 1998, 150 p. ISBN: 2-8700°-684-4.
- NOUAIM R.** *L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités, une civilisation née d'un arbre*. Paris. Editions l'Harmattan, 2005, 230 p. ISBN: 2747584534
- PINTON F. et GRENAND P.** Savoirs traditionnels, populations locales et ressources globalisées. In : **PINTON F. et GRENAND P.** *Les marchés de la biodiversité*, IRD Éditions, Paris, 2007, 165-194 pp. ISBN: 978-2-7099-1636-3.



# Femmes et outils dans l'élaboration de l'huile d'Argan tradition, innovation

**Narjys El Alaoui**

Anthropologue

**MuCEM - EHESS (Paris)**

narjys.elalaoui@culture.gouv.fr

**ATERAM**

Association Techniques Rurales de Méditerranée

contact@ateram.org

## **Résumé**

L'argumentaire scientifique portant sur Femmes et outils dans l'élaboration de l'huile d'Argan propose une lecture des faits techniques questionnant l'usage pérenne d'outils choisis dans la nature et non modifiés avant leur usage. Pour illustrer ce propos, les étapes du processus de cette élaboration à l'aide de matériel lithique activé dans l'espace domestique des usagers de l'arganeraie, comme dans les coopératives avoisinantes, retiendront autant l'attention que la mécanisation récente, réponse à une demande de production inégalée jusque-là. A travers la mécanisation lacunaire et les savoir-faire féminins bousculés pour la première fois dans l'histoire technique de cette huile, l'argumentaire interroge la tractation entre innovation et tradition, en même temps qu'il voudrait interroger l'évolution prématurée de cette mécanisation.

**Mots-clés** : huile d'Argan, technique, tradition, innovation, négociation.

## **Summary**

The scientific argument developed in Women and Tools in the Elaboration of Argan Oil focuses on technical questions around the perennial use of tools carefully chosen and therefore requiring no further improvement for human use. Examples range from the traditional elaboration of home-made oil using stone equipment by the usufructuaries of argan groves or in neighbouring cooperatives to recent mechanical press-extraction intended to meet a growing demand for argan oil. Through the study of women's age-old expertise and the deficient mechanical processing now complementing women's ancient methods for the first time in the long technical history of this oil, the argument examines the relationship between innovation and tradition, questioning the very evolution of mechanical processing.

**Keyword** : Argan oil, technic, tradition, innovation, dealing.



Le point de vue ici présenté relève de l'anthropologie culturelle, science dont l'objet est aussi vaste que l'humain appréhendé dans ses interactions avec le milieu naturel et dans ses manifestations sociales et culturelles complexes. Il relève également d'une de ses branches : l'anthropologie des techniques ou technologie culturelle, qui traite des systèmes techniques sur la base d'observations, d'entretiens et d'analyses. L'une comme l'autre gagnerait à être développées au Maroc, terre de sagesse en ce domaine.

L'Arganier, comme le Karité (l'arbre à beurre), appartient à l'ordre des Ébénales, famille tropicale des Sapotacées dont il est le témoin le plus septentrional. Au Maroc, sa présence est une survivance de l'ère tertiaire où la famille est connue depuis le Miocène inférieur (15 à 25 Ma).

Le processus technique engagé dans la réalisation de l'huile d'Argan nous est familier depuis seulement mille ans (El Bekri, début du XI<sup>e</sup> siècle). Ce processus, stable dans la longue durée, est apparu modifié dans un espace récent de production mécanisée, lui-même né d'impératifs économiques et environnementaux. Des coopératives et des machines se sont inscrites dans le milieu externe des populations vivant de l'Arganier. Telle conjoncture a permis d'observer un avènement technique, premier à notre connaissance : la proximité des machines et des pierres techniques (galets millénaires) pour exprimer l'huile d'Argan. C'est là un fait majeur, non des étapes du processus lui-même, inchangé dans ses séquences fixes d'élaboration de l'huile alimentaire, mais dans ce que l'avènement technique révèle de changements d'envergure : continuités, ruptures et négociations techniques. Autrement dit, le processus rend compte de l'emploi synchrone d'outils lithiques dans un milieu externe (environnement, arganeraie) et interne (culture, société amazigh d'agriculteurs-céréaliculteurs de montagne) jusque-là inertes, et de machines à dépulper les noix ou à torrifier les graines de l'Arganier. Le maintien de ces outils culturels renvoie au processus domestique millénaire aujourd'hui intriqué à une réalité économique tributaire du processus paralysé par le chaînon défaillant. Dans les étapes de production mécanisée, la panne a convoqué le maintien d'outils lithiques et par voie de conséquence les agents de la technique initiale, inventeurs de la chaîne opératoire. Ceci montre d'un côté l'équilibre atteint entre milieu externe et milieu interne, stables et pérennes du groupe parvenu à une efficacité limitée (satisfaction interne) ; de l'autre, une innovation mécaniquement inachevée.

## La fabrication de l'huile d'Argan

La fabrication de l'huile d'Argan que chacun connaît aujourd'hui illustre le double phénomène de stagnation et de rupture du fait technique finalisé. L'extraction de cette huile réalisée exclusivement par les femmes de la région du Souss, matrice de l'Arganier domine, davantage qu'hier, l'activité des ouvrières.

Les outils simples, actifs ou passifs, présents dans une ou plusieurs étapes de la filière technique : écalage de la pulpe, concassage de la coque et torrification des graines sont eux aussi exclusifs aux femmes. Avec les coopératives féminines créées au Maroc dans les années 1990 autour de l'huile d'Argan et bénéficiant de moyens notables, on observe que certains de ces outils de culture technique ancienne ont été, depuis cette date, supplantés par différentes machines électriques : écaleuse de noix et presses ; grilloir à gaz pour torrifier les amandes. Elles indiquent que l'innovation, perturbée dans son projet novateur, n'était envisageable hors un contexte d'adaptation économique favorisée par l'explosion d'une demande exogène de l'huile. La mécanisation libère certes de certaines contraintes physiques mais elle crée d'autres types de contraintes dans le domaine social, économique, énergétique. Faut-il souscrire ? S'interroger ?

Pour obtenir la meilleure compétence collective et atteindre un résultat de production escompté, la stratégie de performance a été adoptée en introduisant des machines mues par des énergies nouvelles dans un paysage ancien et en augmentant l'action des forces physiques et des outils lithiques palliant la lacune du projet mécanisé. Appariée à la présence accrue de nouveaux acteurs masculins dans certaines coopératives féminines, la concomitance du transfert du savoir-faire domestique dans l'espace marchand renseigne le projet novateur quant à satisfaire la production avec l'outillage disponible.



Nous allons nous arrêter aux étapes de cette fabrication, développée ailleurs<sup>1</sup>, où l'outil lithique ou osseux (simples) a fait place à une innovation technique, ou n'a pas été modifié ou remplacé.

### 1 - L'écalage, *ašfiyš*

L'opération consiste à détacher l'écale charnue du fruit, en l'ôtant par percussion lancée sur une enclume : pierre gisante, lourde, haute, à surface lisse et plane nommée *assar<sup>w</sup>g / tassarug<sup>w</sup>t*, à l'aide d'une pierre arrondie, *tašfiyašt / tašfiyšt*. Le pouce et l'index de la main gauche tenant le fruit tandis que le creux et les doigts de la main droite retiennent la pierre d'écalage (Fig. 1a, 1b, 2). L'action est facilitée par la dessiccation préalable du fruit abandonné à la chaleur ambiante. La superposition des couches brunes (traces) permet de reconnaître l'outil et de distinguer son usage sans recours à la tracéologie. Cette activité, manuelle jusque-là, a été suppléée par une machine électrique (assourdissante) mise au point à la fin des années 80, contrôlée par une femme ou un homme selon les coopératives (Fig. 3). On est donc passé sans transition de l'outil lithique abandonné à la machine sophistiquée.

### 2 - Le concassage, *taraga ou awrag*



Fig 1a. Ecalage domestique



Fig.1b. Ecalage dans une coopérative



Fig. 2. Pierre d'écalage et enclume



Fig. 3. Ecaleuse électrique (coopérative)

Débarassées de l'écale, les coques dures sont brisées une à une entre la même enclume et une pierre de concassage allongée, *taragt / tawwunt n traga*, selon un plan de clivage permettant la sortie des graines sans les abîmer (Fig. 4, 5, 6). Le noyau, constitué d'une ou deux graines, est brisé dans le sens horizontal, quant au noyau de trois voire quatre graines (dont deux sont souvent avortées), il est brisé dans le sens vertical, à l'instar

des petits fruits. Une pierre longue aux extrémités arrondies sert quelquefois les deux opérations. Le noyau extrêmement dur et la morphologie variée du fruit ayant freiné la mise au point d'une machine, les outils lithiques séculaires non modifiés sont maintenus et les femmes poursuivent, à proximité des salles abritant les machines, l'opération pénible : mouvements répétitifs, vibrations, ntraignante, démultipliée par une demande nouvelle et forte affectant les besoins et le rythme de production domestique acquis. Paradoxe si l'on remarque que la panne ou l'échec du concassage mécanique n'est point imputé à la filière technique initiale mais à la chaîne de mécanisation, incomplète, interrompue dans son projet novateur.

## Séparation des graines et tri

Le noyau brisé est lancé d'un coup sec sur l'enclume. La coque, traversée d'un réseau de faisceaux vasculaires adhérant quelquefois au noyau, achève de s'ouvrir, libérant les graines entières (signe de dextérité). À cette opération succède le tri, *afran*, qui consiste à éliminer à mains nues les dernières brisures de coque (Fig. 7) autour de l'amande. Ce "lancé" *tigri*, ne laisse pas de trace matérielle. Il interroge pourtant l'activité technique corrélée à la main, au geste et à l'outil tout en soulignant l'importance d'observer directement l'action lorsque l'on s'intéresse aux outils « simples ».

<sup>1</sup>- El Alaoui, 2007a.







Fig. 4 Concassage domestique



Fig. 5 Concassage (coopérative)



Fig. 6 Pierre de concassage sur enclume (coopérative)



Fig. 7 Lancé de la coque sur l'enclume

### 3 - La torréfaction, aslay

Pour faciliter le broyage dans le moulin à bras et permettre l'extraction maximale de l'huile domestique, de l'arôme et de la saveur du terroir, les graines sont préalablement torréfiées dans un plat en argile, anhdam, au-dessus d'un foyer alimenté par le bois et les coques d'Argan, irg / irgn (Fig. 8). L'outil en os employé pour remuer fréquemment les amandes dans le plat en argile, évitant ainsi leur calcination, est une omoplate de mouton ou de chèvre séchée, appelée tassarft ou tağrut, parfaitement adaptée à la main et au résultat prévu. L'utilisation récente et exceptionnelle du gaz (énergie fossile) dans l'espace domestique est réservée à la cuisson rapide (café, thé, œufs). Son usage soulage sans conteste l'arganeraie mais, au contraire du bois (énergie thermique), le gaz s'achète et ne produit ni le charbon ni les cendres utiles. Quant au foyer, construit par les femmes, il perpétue partout la cuisson du pain, du ragoût, du couscous et des bouillies destinés à la consommation quotidienne ou rituelle, en assurant à ces denrées essentielles leur charge symbolique, à travers le goût, qui satisfait, construit et lie l'affect des consommateurs à leur terroir, y compris en terre d'immigration. L'ensemble du matériel de torréfaction (foyer, plat, cuiller, combustible) a fait place à un torréfacteur à gaz (Fig. 9), éprouvant par forte chaleur. Là aussi, on est passé sans transition vers la machine sophistiquée.



Fig. 8. Torréfaction domestique



Fig. 9. Torréfacteur ou grilloir à gaz (coopérative)

Ce qui est intéressant, c'est la proximité première dans l'histoire technique d'*Argania spinosa* L. qui sollicite dans un espace de production semi mécanisé, à la fois des outils lithiques actionnés par le geste et la force physique d'acteurs féminins, et des machines utilisant l'énergie électrique et fossile (gaz) dont l'apparition, le développement ou la disparition gageront de leur capacité d'adaptation, d'évolution, voire d'abandon. Autrement dit, les avancées techniques dictées par un mode de production néguentropique, extérieur au système technique initial, couplées à l'efficacité des outils anciens témoignent de changement, d'inertie et de rupture (panne). On constate là une synthèse, imprévisible il y a seulement 30 ans, entre stabilité durable et modernité soudaine, révélatrices de négociation technique entre innovation (machine) et tradition (outil lithique).



Continuité, innovation et rupture, comme les rapports complexes que la mécanisation entretient avec la tradition technique appropriée à ses milieux, seront susceptibles de révéler des faits techniques et des mentalités transformées si le processus semi mécanisé était ou non validé par la tradition au cas où ses milieux seraient, ou ne seraient pas, travaillés par l'emprunt. Mais il est encore tôt pour s'engager dans telle voie hic et nunc.

Avec la mécanisation, les étapes 2 et 3 de la fabrication de l'huile d'Argan échappent aux ouvrières des coopératives. Avec l'outil lithique ou osseux et le geste technique concomitant, les femmes maintiennent leur présence, leur rôle et leur savoir-faire même réduits, dans la séquence la plus pénible d'entre toutes du processus de mécanisation bloqué : le concassage. Elles exécutent ce que la machine absente ne fait pas. Cet exemple témoigne d'une mise en action de la main, inconcevable sans pierre technique comme le souligne l'actualité, qui continue de mobiliser un savoir et des outils anciens dans un espace mécanisé. La négociation entre galets techniques et machines est engagée pour atteindre un résultat de production amplifiée.

On se trouve face à un paradoxe technique causé par un blocage fonctionnel de la filière mécanique, doublement singulier. Relégué, ce blocage procède de la permanence d'un outillage traditionnel et d'une mécanisation partielle justifiée par l'adéquation liée au rendement. Il s'agit non d'une adaptation de l'outillage traditionnel à la mécanisation ou de son inverse, ni d'emprunt de machines par le milieu interne mais de leur coexistence imposée, reflet d'un bricolage entre l'acquis, l'innovation engagée et incomplète pour atteindre l'efficacité. Pierres techniques et machines ne sont donc pas tout à fait en concurrence dans cette aventure mais associées face à un couac technique. La cohérence du processus actuel, induit par la capacité du procédé, le rôle actif des femmes, la présence d'hommes et de machines de leur invention dans une activité et dans un espace jusque-là domestiques, ne peut ici être comprise hors le développement de la production. Telle avancée peut difficilement être liée à l'essor de techniques endogènes proches, du fait que l'Arganier est endémique à des régions rurales et que la morphologie non calibrée de son fruit inhibe la mise au point d'un concasseur mécanique. Toutefois, si la demande extérieure persistait ou s'accroissait, on pourrait s'attendre à une solution imminente, provoquant à terme une redéfinition des groupes sociaux et une construction de l'identité des femmes ayant abordé simultanément l'innovation technique, la panne et le salariat dans le milieu externe de leurs activités séculaires.

## Structure sociale au service de la continuité imposée

L'exercice individuel des activités domestiques, rurales et féminines, attaché à une autonomie d'exécution des tâches et à des activités techniques assignées à la subsistance, est limité à la force physique et à l'adoption de la pierre technique (le moulin étant de fabrication non domestique) au service d'un procédé répétitif et de longue immobilité.

Si nos observations ont montré la compétence de la femme à réaliser la totalité du processus technique depuis le gaulage jusqu'à l'extraction de la matière oléagineuse, de ses dérivés et à sa conservation-consommation, y compris dans l'emploi des machines, force est de constater qu'aucun outil élaboré n'est conçu par elle, parce qu'il manque souvent une petite chose en métal qu'elle ne sait, ne peut ou ne doit pas faire.

L'étude des relations de parenté, des relations entre femmes et hommes, de leurs pratiques techniques transmises, des rythmes de leurs activités respectives et disjointes au sein de l'unité domestique et plus largement de leur groupe social, voire de la société et des règles qui les régule apporte un éclairage précieux sur leur rapport au milieu naturel, aux savoir-faire et aux procédés traditionnel et mécanisé, dans leur acception par le groupe novateur. C'est en identifiant les milieux externe et interne des acteurs techniques qu'on peut les connaître. Considérer le projet technique (la filière opératoire) dans ses séquences de réalisation de l'huile d'Argan alimentaire interroge l'étape lacunaire du concassage, particulièrement intéressante, qui permettrait de déceler une solution adéquate.



C'est là un élément supplémentaire de valorisation des savoir-faire à la fois comme ressource de développement et comme source de reconnaissance d'un patrimoine circonscrit à un territoire. Isolé techniquement et commandé depuis de nombreux siècles par l'endémicité de l'Arganier, peu exigeant en eau de surface (comparé à l'Olivier), ce milieu est aujourd'hui identifié et protégé par MAB-Unesco.

Avant de poursuivre, une digression s'impose. Qu'entend-on par savoir-faire ? C'est un ensemble d'expériences individuelles ou collectives, transmises en savoir (données) et en connaissance (assimilation du savoir), simultanément combinés à la matière première, à l'outil et au geste d'un agent technique, dans un processus réalisé par consécution de séquences fixes, ciblant un résultat attendu (efficace), favorable ou défavorable à l'innovation, au bricolage, à la stagnation ou au transfert de technologie. La transmission des savoir-faire (tradition) induit la continuité technique lorsque l'activité, définie dans un contexte d'économie traditionnelle (ici domestique) répond ipso facto aux attentes des groupes historiquement producteurs (inventeurs de la filière technique), en mesure d'intégrer un emprunt ou de proposer un progrès adéquat à leurs milieux externe (environnement naturel) et interne (culture et son incidence sur la société) éventuellement modifiés dans leurs combinaisons spécifiques.

Inscrire le savoir-faire et les sachant-faire vivants, en interrelation directe avec le milieu endémique de l'Arganier, concerne la sauvegarde et la préservation de ce patrimoine technique, culturel, unique et intangible, appelant des efforts conjugués. Dans cette perspective, la présence des outils et des connaissances seront incontournables dans un lieu didactique de l'Arganier dans son milieu naturel, culturel et social. C'est là une étape essentielle témoignant du savoir-faire séculaire des inventrices, transmis aux publics dans un lieu artisan de ses traces, ouvert au savoir et à la connaissance, conséquences infaillibles de sa protection et d'un développement durable partagé.

## Poids du marché mondial sur l'action technique millénaire : rupture imposée

Des raisons économiques imprévisibles ou sans arrière-plan historique ont induit l'adoption de machines d'innovation récente dans un espace inédit de production. La réponse à la rupture, chaînon manquant de la mécanisation (concasseur), par le transfert des femmes, de leur savoir-faire et de leur outillage lithique initial montre une conciliation imposée des techniques hétérogènes opérant dans un même projet de rendement.

Le sens que nous attribuons aux choses découle de transactions des humains et de leurs motivations. Dans de nombreuses sociétés, préindustrielles et industrielles, la métallurgie est une activité spécifique aux hommes même si j'ai pu observer des feronnrières à Copenhague (Danemark). Non à cause de la nature intrinsèque du feu, que la femme utilise pour cuire les aliments et la poterie, mais vraisemblablement à cause des armes et de la monnaie que le métal et le feu combinés permettent de réaliser. Autrement dit, pour saisir la mise à distance de la femme de la réalisation totale de l'outil et de la machine, il est nécessaire de distinguer le feu de la forge, qui expliciterait la durabilité des pierres techniques. Le marché, lieu de la rencontre de l'offre et de la demande où s'écoulent des biens, est le lieu masculin par excellence (la Bourse). Le métal et la monnaie, irriguant les nerfs du pouvoir et de la guerre, tiennent à distance les femmes de l'économie et de la finance de grande échelle. Largement exercé par les hommes et les scribes, le commerce éclaire comme pour la poterie et le tissage féminins, leurs statuts sur les lieux de l'opération commerciale des productions féminines : souks locaux, régionaux ou urbains. Il y a dans tout cela l'ombre d'un héritage précieux, favorable à la division des tâches et à l'assignation de la femme dans la non-exécution des outils complexes. Comme s'il y avait interaction et interdépendance entre disponibilité et mobilité qu'imposent l'extraction de la matière première, le contrôle territorial, la gestion politique des ressources naturelles et les transactions, étayés par la fabrication et la circulation des outils, des machines et des biens dont le processus est socialement réglementé par les hommes. Aucun souk ne propose de pierres techniques.



Cela donne à réfléchir sur la relation prégnante entre milieu externe pourvoyeur d'outils, activité technique, statut et rôle assignés aux acteurs au cœur de la structure sociale (parenté, réseau de relations, espaces et activités, biens). Cette relation cognitive à la pratique technique éclaire la mobilité des identités et des savoirs (ruraux/urbains - femmes/hommes). On remarque en effet, que depuis les années 60-70, le savoir féminin a été soumis au besoin d'écouler des objets de réalisation domestique, vers une clientèle exogène qui les a transformés en marchandises supervisées par les hommes (collectionneurs, antiquaires). Un bon indicateur du processus d'affirmation apparaît avec la vente des productions féminines (vaisselle domestique) par les artisanes elles-mêmes dans un coin du souk. Mais là encore, le statut social, le contexte politique et social qu'implique la présence des femmes dans les marchés ruraux doivent être considérés attentivement.

Que dit l'outil de ses utilisateurs ? Quelle valeur non verbale laisse-t-il entendre ? Certes, la culture matérielle nous informe sur la culture qui l'a produite, y compris dans un contexte où les processus de redéfinition des identités sont amorcés. D'une certaine façon, les réalités mentales du fait technique ont assimilé la stagnation (pierres atemporelles) et l'innovation des machines dans un paysage familier. Retournées dans la nature, ces pierres érodées sont difficilement identifiables. Et s'il n'y a pas d'action technique sans outil, la matière brute directement prélevée dans la nature devient outil à travers de nombreux critères participant de l'efficacité du résultat.

Une enquête sur ce même propos, avait attirée mon attention sur l'utilisation du hachoir manuel à viande chez les Oulad Jerrar. Son maniement aisé permet aux femmes de moudre les amandes de l'Arganier. C'était il y a quinze ans. Cet exemple fort de transfert de fonction du hachoir témoigne d'une adaptation de la tradition à l'innovation dans la réalisation de la pâte (obtenue généralement avec le moulin manuel en pierre), même quand le tourteau résiduel n'est pas plus apprécié du bétail que le tourteau issu de la mécanisation. Il montre aussi que tradition et innovation domestiques sont elles aussi dictées par l'efficacité (choix de résultat). Nous l'expérimentons chaque jour.

## Conclusion

Sans l'attention accordée aux outils de longue durée technique, les activités de production (de sens) et de consommation privent la culture matérielle d'une expression prégnante. Les dimensions culturelles des groupes humains expriment des différenciations subtiles qui méritent toujours plus d'attention et de connaissance. Ici, les pierres techniques traduisent des activités et des actions stables sur la matière, qui comptent des aspects essentiels du système de pensée et d'action des groupes, instruisant les milieux techniques, l'idéologie et les formes de la gouvernance. Là, une mécanisation imprévue par les réalisateurs de l'huile d'Argan dans un terroir ancien.

Les aspects culturellement définis de change et de circulation des biens dans un espace de contrôle masculin renseignent la conservation prolongée des pierres techniques par les femmes, dont l'usage couplé à l'indigence des sources technographiques (textes et témoignages), s'ils excluent toute affirmation catégorique de notre part, soulignent dans l'attente de travaux éclairants, la non exécution des outils élaborés par les femmes -non seulement au Maroc-, bien qu'elles réalisent la totalité du processus de transformation de la matière première. La conjonction de ces latences ne laisse pas de poser des questions sur l'utilisation des pierres techniques ailleurs au Maroc<sup>2</sup>, qui conduirait à un résultat élaboré de son action même si elle reflète, dans notre exemple, l'équilibre atteint entre milieu naturel et résultat technique combinés.

Les principales interrogations soulevées par les fonctions et les usages pérennes de tels outils conduisent à poursuivre leur inventaire dans une perspective globale d'analyse des processus techniques qui les ont maintenus, voire engendrés dans leurs milieux d'utilisation. Considérer ces pratiques permet de saisir à la fois la variété et le caractère différentiel des environnements, des acteurs et de la mise en œuvre technique, culturelle et sociale, des dispositifs et d'asseoir une technographie et des

<sup>2</sup> - El Alaoui, 2007b.



perspectives d'équilibre dialectique entre procédés endogènes ou/et exogènes. Les recherches relatives à la connaissance et à la reconnaissance des pierres techniques méritent une approche interdisciplinaire comparative, conjuguée à la connaissance des sociétés vivantes. Elles rendent la pratique scientifique féconde lorsque la communication avec les agents techniques est nourrie.

Quoique ténue, la perception des outils sommaires, exécutés, assemblés ou partiellement fabriqués/taillés par les femmes et de leur inventaire, ouvrent une brèche qui, jointe à la multiplication et à l'instauration d'une synergie de recherches interdisciplinaires et généreuses sur ce phénomène, marquera sans doute une étape majeure dans la compréhension de la technologie culturelle, miroir des sachant-faire et de leurs milieux. Elle contribuera notamment à enrichir nos connaissances sur le système technique propre aux femmes, même dépourvu de généalogie ou de profondeur historique là où la culture matérielle agit comme témoin d'une longue histoire non imprimée.

Considérer le projet d'appropriation de la matière oléagineuse en regard de sa réalisation et de sa consommation initiales permet de saisir l'ampleur de la demande globale, même s'il rend complexe le processus de matrimonialisation de l'Arganier. Si la contribution de la mécanisation ne résidait pas seulement dans des réponses techniques urgentes, elle a su convoquer une proximité première de technique mnésique et permanente que rien n'interdit de penser qu'elle ne puisse favoriser la résolution du couac. De ce point de vue, les processus en œuvre autour d'Argan sont un événement sans précédent, intéressant directement la technologie culturelle, tant les enjeux sont séduisants.

Que faire devant tel défi ? Peut-on réduire les bruits de moteurs pour permettre à l'outil sans histoire de déconstruire davantage la culture technique afin de mieux l'entendre ? L'énigme resterait presque entière si les faits techniques et leur examen ne permettaient d'interroger les types d'outillage ancien et actuel en même temps qu'ils interrogent la diversité des économies et les formes d'engagement politique en jeu dans l'Arganier, comme objet privilégié de penser l'innovation conjointe à la tradition au cœur de la globalisation. La réalité nous met en présence d'une transition technique sollicitant des outils culturels anciens capables d'achever un projet où tradition et innovation conjugués permettraient l'adéquation au progrès, fondé sur les savoirs féminins et masculins, ruraux et urbains, connus et en recherche. La diversité est source de tous les possibles.

## Bibliographie

- Arendt, Hannah.** Condition de l'homme moderne (éd. 1968), trad. **G. Fradier**, éd. **Calmann-Lévy**, p. 165.
- Bergson, Henri.** L'Évolution créatrice, Paris : PUF, coll. Quadrige, 1907 (rééd. 1996) chap. II, pp. 138-140.
- El Alaoui, Narjys** 1999. Paysages, usages et voyages d'*Argania spinosa* (L.) Skeels (XIe-XXe siècles), Paris : Jatba, Revue d'ethnobiologie (MnHn), vol 41 (2) : 45-79.
- 2002 Bouillies. Pains, galettes et fours dans le sud du Maroc, Cuisine et Société en Afrique. Histoire, saveurs, savoir-faire (**D. Beaulaton, M. Chastanet, F.-X. Fauvelle-Aymar**, édés). Paris : Karthala.
- 2007a. L'Arganier : arbre du Maroc, Paris : Société des Amis du Muséum national d'Histoire naturelle (MnHn), n° 228.
- 2007b. Une presse à huile au Maroc, Techniques & culture, 48-49 : 189-218.
2009. Compte rendu de lecture, Documents pour l'histoire des techniques, n° 17 (juin). A. de Beaune. Pour une archéologie du geste. Broyer, moudre, piler. Des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs, Paris : Cnrs, 2000.
2011. Métiers à tisser suivi d'un lexique du tissage, Encyclopédie berbère, Louvain : Peeters, fascicule XXXI, notice M99, p. 4929-4940, fig.
- Leroi-Gourhan, André 1985. (ss la dir. de) Dictionnaire de la Préhistoire. Paris : PUF.
- Weil, Simone 2004 (1ère éd 1934). Réflexions sur les causes de la liberté et de l'oppression, Paris : Gallimard.



# Le marketing des produits du terroir au service du développement régional durable : cas des produits d'argane des coopératives de la région Souss-Massa-Drâa

**Elkandoussi F <sup>1</sup>, Omari S <sup>2</sup>**

1 - Professeur à l'ENCG Université IBN Zohr Agadir Maroc

2 - Responsable de l'Equipe de Recherche en Audit Contrôle et Management (ERACOM)

Membre du Laboratoire de Recherche en Entrepreneuriat, Finance et Audit (LAREFA)

PB 37/S Agadir

Elkandoussi\_f@yahoo.fr

2 - Doctorante à l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion Agadir Maroc

Membre du Laboratoire de Recherche en Entrepreneuriat, Finance et Audit

Soumia1978@hotmail.com

## **Résumé**

Les produits à base d'argane constituent un levier du développement durable dans la région du Souss-Massa-Drâa. Dans le cadre de notre recherche, nous avons mis l'accent sur les pratiques marketing des coopératives d'argane en nous basant sur les données et les informations relevées lors d'une enquête menée auprès de ces coopératives. L'objectif de notre recherche consistera à mettre en évidence le rôle et l'impact que peut avoir l'adoption du marketing sur le développement des coopératives féminines d'argane.

En effet, la création des coopératives d'argane a eu des retombées positives sur les plans social, économique et environnemental, particulièrement pour les femmes d'origine rurale. Cependant, derrière ce succès apparent se cache un nombre d'obstacles qui entravent la réalisation de leurs objectifs : il s'agit, en premier lieu, de la défaillance en matière de gestion et de commercialisation des produits, ensuite, de la rareté de la matière première et de son prix élevé, puis, de l'existence d'un marché atomisé et de l'analphabétisme qui caractérise une partie non négligeable de ces populations. D'où la nécessité pour les coopératives d'œuvrer pour la certification de leurs produits et services dans le but d'accéder aux marchés extérieurs, de développer leur label éthique et de stimuler la création d'associations et de réseaux dans les différentes filières de production et de commercialisation. Cependant la survie et le développement de ces activités demeurent étroitement liés à la préservation de l'arganier. La solution passe à l'évidence par l'implication des usagers dans la protection des arbres existants et par la plantation de nouveaux. La modernisation des processus et la recherche marketing peuvent en faire une activité à très forte valeur ajoutée, notamment sur des marchés d'exportation.

**Mots clés :** marketing, développement durable, coopératives féminines d'argane, certification des produits d'argane, préservation de l'arganier.



## Abstract

Products with argane constitute a control lever of the sustainable development in the region of Souss-Massa-Drâa. Within our research framework, we focused on the marketing practices of the argane cooperatives relying on the data and information found during an investigation conducted within these cooperatives. The objective of our research is to shed light on the role and impact that the adoption of the marketing can have on the development of the feminine cooperatives of argane.

In fact, the creation of the argan cooperatives had positive effects on the social, economic and environmental plans, particularly for the women of rural origin. However, behind this visible success hides a number of obstacles which hinder the realization of their objectives: namely the failure in management and marketing of products, the rarity and high price of the raw material, the existence of an annihilated market, and the illiteracy which characterizes a significant part of these populations. Where from the necessity for the cooperatives to work at the certification of their products and services with the aim of reaching the overseas markets, developing their ethical label and stimulating the creation of associations and networks in the various sectors of production and marketing. However, the survival and development of these activities remain strictly bound to the conservation of the argane tree. The solution passes by the implication of the users in the protection of the existing trees and by the plantation of new ones. The modernization of the processes and the marketing research can make a very high value-added activity, in particular on export markets.

**Keywords:** marketing, the sustainable development, the feminine cooperatives of argane, certification of argane products, argane tree conservation.

## Introduction

Dans les années 90 le concept de la mondialisation confirme l'idée que le monde est homogène où tous les hommes ont les mêmes caractères, les mêmes goûts et les mêmes actes. Cette période a été caractérisée par la normalisation des technologies et l'évolution des relations hors frontières<sup>1</sup>. En effet, dans le contexte de standardisation et d'uniformisation engendrée par cette mondialisation des échanges, il est important de soutenir et de valoriser le patrimoine local matériel et immatériel, la diversité biologique et culturelle. A ce titre de nombreux chercheurs ont montré l'importance du local et de la tradition qui se base sur la diversité et la différence entre les hommes, les peuples et leurs cultures. Or les terroirs et leurs produits sont témoins de cette diversité et constituent donc une alternative à la standardisation et l'uniformisation des produits alimentaires ou artisanaux.

Les produits du terroir jouent aujourd'hui un rôle dans le développement local et durable. Ces produits protègent l'environnement, assurent des emplois stables et améliorent le niveau social de la société locale. De même ils sont le centre des préoccupations et des attentes des consommateurs surtout ceux qui cherchent l'authenticité, l'originalité et la sécurité alimentaire<sup>2</sup>. Dans cette perspective le Maroc accorde une importance à ces produits de terroir. A ce titre la valorisation des produits du terroir répond au second pilier du plan vert dans le but de créer des emplois, engendrer la valeur ajoutée en faveur des petits agriculteurs et permettre à ces agriculteurs un meilleur accès aux marchés (locaux, nationaux et internationaux)<sup>3</sup>.

1- Amilien V. (2005) « Préface : à propos de produits locaux », Anthropology of food 4 | May 2005 <http://aof.revues.org/index306.html>

2 - La charte des terroirs proposée par l'association terroirs et cultures. <http://www.terroirsetcultures.org>

3 - Ait Kadi M. (2010), « Regards croisés sur les enjeux des terroirs », 3ème Forum International « Planète Terroirs – Chefchaoen, Maroc 2010 » Séance plénière du 31 mai 2010 ; p 37



L'arganier constitue l'une des cultures du terroir majeur dans la région Souss-Massa-Draa, de plus cette région représente 80% de production de l'arganier<sup>4</sup>. L'activité liée à l'arganier est l'extraction de l'huile d'argane. Il était produit exclusivement au sein du cadre familial, selon un procédé ancestral entièrement manuel et traditionnel, pour la consommation à domestique ou pour la commercialisation locale<sup>5</sup>. En plus de la production familiale, l'huile d'argane est produite au sein des coopératives qui ont été créées dès l'année 1996. Ces coopératives sont spécialisées dans la production mécanisée et artisanale des produits d'argan et la commercialisation de ces produits. Si on constate aujourd'hui une meilleure organisation au niveau des unités de production mises en place par ces coopératives, il est également impératif de s'organiser en matière de commercialisation. La problématique de notre recherche s'articule autour des questions suivantes : Quelles sont les pratiques marketing appliquées dans ces coopératives ? Quelles sont les opportunités, les menaces, les forces et les faiblesses de ces coopératives ? Quelles seraient les actions à entreprendre afin de rendre ces coopératives performantes et instaurer un développement durable dans cette région ?

Pour répondre à ces questions, nous avons structuré notre travail en deux axes principaux :

- Dans le premier axe, nous allons aborder le cadre conceptuel de notre recherche à savoir le marketing durable des produits du terroir dans les coopératives.

- Le deuxième axe sera consacré à la présentation des résultats de notre étude empirique à travers une analyse interne et externe des coopératives qui ont fait l'objet de notre recherche.

## I. Le cadre théorique du marketing durable des produits du terroir dans les coopératives :

### A. Les caractéristiques du marketing des coopératives :

Le marketing est le processus sociétal par lequel les individus et les groupes obtiennent ce dont ils ont besoin et ce qu'ils désirent ; ce processus consiste à créer, offrir et échanger avec autrui des produits et des services de valeur<sup>6</sup>. De même le marketing est l'effort d'adaptation des organisations à des marchés concurrentiels, pour influencer en leur faveur le comportement de leurs publics, par une offre dont la valeur perçue est durablement supérieure à celle des concurrents<sup>7</sup>. C'est, sans doute, la satisfaction du client qui est la préoccupation majeure du marketing afin d'assurer la survie et le développement de l'organisation. Appliqué au domaine des coopératives, le marketing doit être adéquat avec la forme hybride (en tant qu'une entreprise et une association) de ces dernières et en respectant leurs valeurs et leurs principes. Cela nécessite une conciliation entre<sup>8</sup> :

- **Les objectifs sociaux (situation socioéconomique du membre)**

- **Les objectifs économiques (efficience)**

Donc, les coopératives sont en face d'un défi de satisfaire leurs membres qui sont la raison de leur existence et, en même temps, satisfaire le client qui constitue le gage de leur continuité. Il s'agit, donc, ici de définir le marketing des coopératives en tant que courant conciliant deux objectifs :

4 - El Fasskaoui B. (2009), « Fonctions, défis et enjeux de la gestion et du développement durables dans la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie (Maroc) », Études caribéennes, <http://etudescaribeennes.revues.org/3711>

5 - Chaussod R, Adlouni A, Christon R. (2005), « L'arganier et l'huile d'argane au Maroc : vers la mutation d'un système agroforestier traditionnel ? Enjeux et contribution de la recherche ». Cahiers Agricultures vol. 14, n° 4, juillet-août 2005, p.352

6 - Kotler P, Dubois B, Manceau D. (2009), Marketing management, 13 éditions Person Education France, p. 5

7 - Lendrevie J, Lévy J, Lindon D. (2006), Mercator, 8e édition Dunod, p. 12

8 - Côté D. (2005), Loyauté et identité coopérative l'implantation d'un nouveau paradigme coopératif, RECMA, N°29, p. 53





Les objectifs marketings sociaux spécifiques qui sont la raison d'être des coopératives, sont la formation, l'éducation, la satisfaction et le bien être des membres. Les objectifs économiques qui sont principalement les parts de marché, les ventes, les clients et la rentabilité<sup>9</sup>.

En plus, la finalité du marketing a donc changé, passant des échanges transactionnels à une relation durable entre les parties et faisant de la loyauté le vecteur de l'approche relationnelle<sup>10</sup>. Dans cette perspective, les valeurs et les principes coopératifs deviennent des fondements clés pour bâtir une organisation centrée sur la loyauté. Dans ce cas, la coopérative qui prend en considération, dans sa gestion, l'identité coopérative se différencie par rapport aux autres concurrents par son offre et par son engagement dans le développement de la collectivité. Les coopératives pourront plus facilement se développer en offrant à leurs clients une qualité irréprochable, au lieu de se baser sur les prix les plus faibles<sup>11</sup>.

### ***B. Intégration de l'approche du terroir et du développement durable dans le marketing des coopératives :***

Les produits issus du terroir sont définis par le groupe de travail sur les appellations réservées et les produits de terroir<sup>12</sup> comme des produits qui proviennent d'un territoire limité et homogène ce qui les rendent différents des autres produits de même nature. En plus ces produits du terroir résultent d'un savoir faire traditionnel et ils sont des fruits d'interaction entre la nature et la culture. Cependant la fonction du producteur ne se limite pas dans la maîtrise du processus de production et de transformation mais ils s'étendent à la commercialisation de ces produits. Dans le cas où les produits de la coopérative sont issus du terroir, l'indication géographique (IG) est un moyen pour défendre les intérêts des producteurs face à la concurrence déloyale<sup>13</sup>. En plus, l'indication géographique est l'un des éléments de différenciation et d'obtention d'un avantage concurrentiel sur les marchés actuels<sup>14</sup>. Comme le rôle de la coopérative ne se limite pas à la satisfaction de ses membres, mais il tend à contribuer au développement économique, social, environnemental et politique de sa communauté<sup>15</sup>. Pour cela la coopérative doit adopter un mix-marketing cohérent qui intègre d'une part la dimension économique, sociale est environnementale et d'autre part les spécificités des produits du terroir à savoir :

Politique du produit : puisqu'il s'agit dans notre cas d'un produit du terroir, la coopérative de mettre en évidence la typicité, l'originalité et l'authenticité de ses produits du terroir. Cependant vue l'image que perçoit le consommateur sur les produits du terroir en tant que produits originaux et mêlés aux sentiments de nostalgie, la construction du produit, doit donc être ajustée par une innovation subtile cherchant à l'ancrer dans l'authentique<sup>16</sup>.

9 - Boisvert J. (1981), Le marketing dans la perspective coopérative. La Gestion moderne des coopératives .Chicoutimi, Editions Gaétan Morin, p. 119

10 - Côté D. (2007), Fondements d'un nouveau paradigme coopératif Quelles incitations pour les acteurs clés ? RECMA, n° 305, p. 76-77

11 - Collette C, Pigé B, (2008), Economie sociale et solidaire, gouvernance et contrôle, Dunod, p. 138

12 - Solidarité rurale du Québec(2003), La mise en marché des produits du terroir .Défis et stratégies, Solidarité rurale du Québec, coll. Études rurales, Nicolet, septembre 2003, p. 6

13 - Bérard L, Marchenay P (2006), « Biodiversité culturelle productions localisées et indications géographiques », 3<sup>e</sup> colloque international du réseau SYAL, Alter 2006.

14 - Giovannucci D. (2009), « Guide des indications géographiques faire le lien entre les produits et leurs origines », Centre de commerce international, Genève, p. 5

[http://www.cgeci.org/cgeci/docs/documents/Geographical\\_Indications\\_French.pdf](http://www.cgeci.org/cgeci/docs/documents/Geographical_Indications_French.pdf)

15 - Site de l'Alliance coopérative internationale <http://www.ica.coop>

16 - Fort F, Fort F.(2006), « Alternatives marketing pour les produits de terroir », Revue française de gestion 3/2006 (n° 162), p 145-159.



Politique de prix et de distribution : La coopérative doit s'adapter au principe du commerce équitable<sup>17</sup>. Il s'agit d'appliquer un prix qui permet une rémunération correcte et satisfaisante des producteurs locaux. Le label FLO /Max Havelaar regroupe trois certification du commerce équitable, Max Havelaar, Fairtraide et Transfair. L'huile d'argane vient d'être labellisée FairTrade. La première coopérative au Maroc à posséder ce label est la coopérative Tighanimine. A côté des circuits de distribution classique, les produits issus du commerce équitable ont d'autres types circuits spécialisés à savoir les magasins spécialisés dans la vente des produits équitables, par correspondance et par internet<sup>18</sup>.

Politique de communication responsable qui a pour mission d'une part de sensibiliser les consommateurs sur l'engagement de la coopérative dans le développement durable et d'autre part de les informer sur les attributs des produits du terroir.

## II. Etude empirique des actions marketing des cooperatives de l'union des cooperatives feminines d'argane (ucfa).

### A. La méthodologie de recherche :

Afin d'établir un diagnostic sur l'environnement interne et externe des coopératives nous avons procédé à :

- Une analyse externe des coopératives au niveau macro-environnement et microenvironnement en se basant sur les articles et les sites d'internet relevant du domaine de notre étude. Cette analyse nous a permis de détecter les menaces et les opportunités qui s'offrent aux coopératives.

- Une étude qualitative basée sur l'étude de cas dans la volonté de découvrir et d'appréhender des structures organisationnelles<sup>19</sup>. Cette étude a été axée sur des entrevues semi directives abordées avec les responsables au sein de l'union des coopératives féminines d'argane (UCFA). Ces entrevues ont été menées avec succès grâce à l'élaboration d'un guide d'entretien. Le thème abordé est le mix marketing appliqué au sein des coopératives membres à l'UCFA. L'étude de ces cas va nous permettre d'effectuer de différentes observations sur les conditions et les techniques de production, de fixation du prix de vente, de commercialisation des produits d'argane.

### B. L'analyse de l'environnement externe des coopératives au Maroc.

#### 1. Analyse des informations sur le macro- environnement :

##### - L'environnement juridique et réglementaire :

L'adoption de la loi n° 25-06 relative aux signes distinctifs d'origine et de qualité des produits agricoles et des denrées alimentaires est donc un moyen de protéger le patrimoine national dans le but de protéger les produits du terroir .En effet, la mise en place d'une indication géographique IGP argane d'huile d'Argane est un outil de reconnaissance nationale et internationale, un moyen de sauvegarder le patrimoine et le savoir-faire national et c'est aussi l'un des instruments du développement rural<sup>20</sup>. L'IGP d'argane est officiellement reconnu en 2009<sup>21</sup>. Cependant l'impôt sur les sociétés appliqué aux coopératives dont le Chiffre d'Affaires dépasse 5 Millions DH va diminuer la compétitivité de ces coopératives, augmenter le taux du chômage et réduire le revenu des coopératrices.

17- Grandval S, Soparnot R (2005), Le développement durable comme positionnement stratégique, Wolf D, Mauléon F, Le management durable l'essentiel du développement durable appliqué aux entreprises, Lavoisier, p. 235

18 - Diaz Pedregal V. (2007), Le commerce équitable dans la France contemporaine: idéologies et pratiques, Editions L'Harmattan, p .172

19 - Wacheux F. (1996), Méthodes qualitatives et recherche en gestion, Economia, p. 93.

20 - Alami M. (2009), « Les produits du terroir cherchent un label », Le journal L'économiste- 6/2/2009

21 - Dossier la valorisation des produits de terroir, lignes d'action du pilier II du Plan Maroc Vert, Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) n°8.novembre 2010, p 216



L'élimination de ces avantages fiscaux est, en réalité, une réponse aux pressions des entreprises privées, particulièrement laitières, qui ne cessent de décrier les situations de concurrence déloyales du fait de la montée en puissance de certaines coopératives<sup>22</sup>.

#### **- Environnement démographique**

Le Maroc compte 30 millions d'habitants (en 1999) répartis entre 52% en milieu urbain et 48% en milieu rural. Environ 55% de la population a moins de 20 ans et 35% à moins de 15 ans. La population active, âgée de 15 ans et plus, a atteint au cours du premier trimestre de l'année 2009, 11.326.000 personnes, soit une légère hausse de 0,5% par rapport à la même période de l'année 2008 (+0,9% en milieu urbain et quasi-stagnation en milieu rural)<sup>23</sup>. Par conséquent, l'action qui doit être menée par les coopératives est de renforcer l'image de leurs produits cosmétiques.

#### **- Environnement technologique :**

La méthode d'extraction semi-mécanisée a été mise au point. Cette technique permet la préparation reproductible, dans des conditions moins pénibles pour les femmes, d'une huile de meilleure qualité sanitaire et analytique. De même, cette technique est un gain de temps, d'effort et d'argent, ce qui diminue les coûts de production et augmente les bénéfices des coopératives.

#### **- Environnement naturel :**

Malheureusement, victime de sa richesse, mais aussi sous l'effet de la sécheresse, l'enlèvement du bois et le pâturage excessif. L'aire de l'arganier se dégrade d'année en année. En moins d'un siècle, plus de la moitié de la forêt a disparu et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres par ha. L'importance de protéger l'arganeraie n'a pas échappé aux autorités locales et internationales. L'UNESCO et l'Etat marocain ont classé l'arganeraie marocaine « Réserve de biosphère (RBA) » en 1998<sup>24</sup>.

## **2. Collecte et analyse des informations sur le micro-environnement :**

#### **- Le marché :**

La production totale de l'huile d'argane en 2005 est de 2000 à 2500 tonnes. De cette production, 40 % revient aux ateliers familiaux, 40% est assuré par les coopératives, et le reste est produit par des sociétés privées<sup>25</sup>. De même, le marché est atomisé, hétérogène, opaque et désorganisé, où la concurrence se fait principalement par le prix et où la production approche un seuil de stagnation<sup>26</sup>.

#### **- La concurrence :**

Parmi les concurrents des coopératives d'argane et des entreprises marocaines se trouvent dans un premier lieu les grandes entreprises internationales. Ces dernières importent la matière première, tandis qu'à l'échelle nationale, des commerçants dénués d'éthique procèdent à des mélanges illicites avec des huiles de table moins chères et compensées par l'état. La vente des produits de contrefaçon est préoccupante ainsi que celle effectuée au rabais par l'intermédiaire du marché noir par lequel les commerçants vendent des produits stockés dans les régions de production<sup>27</sup>.

22 - Ahrouch S. (2011), « Les coopératives au Maroc : enjeux et évolutions », RECMA, n°322, p. 24-25

23 - Statistiques du Haut Commissariat au Plan du Maroc [http://www.hcp.ma/La-Situation-du-marche-du-travail-au-premier-trimestre-de-l-annee-2009\\_a552.html](http://www.hcp.ma/La-Situation-du-marche-du-travail-au-premier-trimestre-de-l-annee-2009_a552.html)

24 - Charouf Z. (2007), L'arganier levier de développement humain au milieu rural marocain, colloque international Rabat -27-28 avril,2007, p. 5

25 - El Aich A. (2005), « Produit de terroir méditerranéennes condition d'émergence, d'efficacité et mode de gouvernance » research programme -juin2005, p. 149

26 - Cherkaoui N. (2008), «Cas d'entreprise Arganoil, la force du terroir » - Revue economica -n° 2, février mai , 2008,p.119.

27 - Cherkaoui N. (2008), « Cas d'entreprise Arganoil, la force du terroir », Revue Economica n° 2, février mai, p. 118



L'analyse de l'environnement externe des coopératives a fait sortir quelques obstacles qui empêchent les coopératives à pénétrer le marché d'une façon rentable et efficace : il s'agit principalement de l'absence des lois et des législations qui protègent ces produits d'arganier. La régression de l'aire d'arganier a conduit à une diminution de la matière première ce qui explique son prix élevé. Ensuite, la structure atomisée du marché et la concurrence déloyale diminuent les parts du marché des coopératives.

### 3. Diagnostic interne des coopératives de l'UCFA :

L'UCFA (l'Union des Coopératives Féminines d'Argane) a été créée pour encadrer sa première coopérative du groupement Tissaliwine dans la province d'Essaouira en 1995. Trois autres coopératives furent construites entre les années 1997 et 1999: la coopérative Amalou N'Touyag (Tiznit 1998), la coopérative Doumagdoul (Tiznit 1999) et la coopérative Tamount (Taroudant 1999). La mission principale de l'UCFA est la commercialisation et la promotion des produits d'argane à l'échelle nationale et internationale. Ces produits à base d'argane sont produits par les 26 coopératives membres réparties dans les 6 provinces de l'Arganeraie (Tiznit, Agadir, Taroudant, Chtouka Ait Baha, Essaouira). Le tableau suivant analyse la situation interne de l'UCFA afin de déterminer ses forces et ses faiblesses.

*Intitulé du tableau ?*

Les ressources, les moyens	Les forces	Les faiblesses
Ressources humaines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les femmes suivent des cours d'alphabétisation.</li> <li>- un projet de sécurité sociale est en cours de réalisation.</li> <li>- Un savoir-faire ancestral réservé aux femmes de l'arganeraie et transmis de génération en génération depuis des siècles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de techniciens pour l'entretien des machines.</li> <li>- Démotivation des femmes des coopératives liées au retard de paiement (qui peut dépasser 120 jours).</li> <li>- Manque de compétences en matière de gestion de la coopérative.</li> </ul>
Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les coopératives bénéficient du soutien financier de l'INDH.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'accès au crédit bancaire est impossible pour les coopératives.</li> </ul>
Production	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La production est effectuée au niveau des coopératives.</li> <li>- La production semi mécanisée pour les produits d'argane cosmétique (2 tonnes/mois).</li> <li>- La production traditionnelle pour les huiles alimentaires (5tonnes/mois).La majorité de cette production (2/3) est réalisée par la coopérative Tissalouine (située dans la région Essaouira caractérisée par une abondance de la matière première).</li> <li>- Respect des règles du guide de bonnes pratiques de fabrication de l'huile d'argane nouvellement élaboré dans le cadre du projet arganier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le coût de la matière première réduit la marge bénéficière.</li> </ul>
Mix marketing Le produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produit certifié bio et IGP</li> <li>- Produits diversifiés huile alimentaires, amlou, produits cosmétiques (anti tache, anti chute cheveux, relaxant, anti ride, anti cellulite, savon d'argane, crème hydratante pour main).</li> <li>- Assure la traçabilité de la matière première.</li> </ul>	
Le prix		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix élevé par rapport aux entreprises qui ont des stocks de la matière première.</li> </ul>
La distribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profite du réseau de l'UCFA.</li> <li>80% destiné à l'exportation</li> <li>20% commercialisé au niveau local et national par les GSM, les intermédiaires, les grossistes...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politique de distribution axée sur la vente directe</li> <li>- Vente-en vrac</li> </ul>
La communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bénéfice de la communication effectuée par l'UCFA. tel que les foires, les catalogues...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuffisants Il faut un minimum de publicité se limitant au contexte local.</li> </ul>



### **C. Synthèse et recommandations :**

Le diagnostic interne a permis de détecter les difficultés auxquelles sont affrontées les coopératives dont les principales :

- La commercialisation qui a pour cause l'incapacité de trouver assez de clients et l'insuffisance des capitaux. Ce problème peut être surmonté si les coopératives avaient le droit d'accès aux crédits.

- Les membres des coopératives ont des lacunes au niveau de gestion, de la commercialisation et du marketing.

- Le coût de la matière première est élevé.

Afin de surmonter ces obstacles, on a proposé des objectifs et des actions marketing qui doivent être menées au niveau interne des coopératives.

L'objectif marketing de ces coopératives en tant que membres de l'UCFA c'est d'augmenter leur chiffre d'affaire en gagnant des clients sur la concurrence. Pour atteindre ces objectifs une politique de produit, de prix, de communication et de distribution, doit être déterminée.

#### - La politique de produit :

- Encourager la mécanisation du processus de production pour rentabiliser la production.

- L'emballage doit être fabriqué en matière recyclable pour être conforme aux objectifs de ces coopératives (protéger l'environnement).

- Les consommateurs sont de plus en plus intéressés à la sécurité et l'origine des produits qu'ils achètent. Sensible aux questions de l'écologie et du développement durable, ils attendent toujours plus de transparence dans la qualité et la provenance du produit qu'ils consomment. Pour satisfaire cette demande et retrouver « l'histoire » d'un produit en cas d'accident sanitaire, les coopératives doivent mettre en place des procédures de traçabilité qui consistent à enregistrer les informations permettant de suivre le produit du stade « matière première » à celui du « produit fini ».

#### - La politique de prix :

Vendre les produits à base d'argane à un prix plus élevé pour dégager des bénéfices, couvrir le prix élevé de la matière et assurer une rémunération correcte des femmes aux différentes échelles de la production (principe du commerce équitable).

#### - La politique de distribution :

Pour créer de la valeur, il faut disposer d'un circuit de distribution performant afin que les produits soient à la portée des clients visés. La stratégie de la distribution la plus adaptée dans notre cas est la stratégie sélective. Cette stratégie consiste à choisir les points de vente les mieux achalandés, pour leur qualité de représentation afin de donner à leurs produits une image de prestige et d'authenticité autorisant un prix élevé. Cependant les coopératives doivent éviter les circuits longs pour mieux maîtriser la distribution et éviter l'intervention de plusieurs intermédiaires. Il est important d'envisager la vente sur le site internet pour rechercher de débouchés sur les marchés nationaux et internationaux et attirer de nouveaux consommateurs qui n'ont aucune information sur ces produits ou qui n'ont ni le temps ni la possibilité d'acquérir les produits d'argane dans les points de vente. L'UCFA doit assurer la qualité de service (respect des délais de livraison, service après vente...) et de fidéliser la clientèle.



- La politique de communication :

Afin de donner à ces coopératives une connaissance précise des actions de communication. Le plan de communication que nous proposons est constitué des éléments suivants:

- Le message publicitaire véhiculé doit fonder sur deux axes :

- Rationnel : faire connaître les vertus cosmétiques et thérapeutiques de l'argane. En renforçant l'image « exotique » du produit et son utilisation traditionnelle par les femmes de l'arganeraie pour entretenir leur beauté.

- Ethique : Il doit mentionner l'impact de l'achat des produits d'argane dans le développement durable des régions rurales où s'opèrent les coopératives et dans l'amélioration de la qualité de vie de la femme rurale.

- Les moyens de communication :

Afin de parvenir à toucher la cible visée et informer les clients de l'existence de l'offre de l'UCFA, nous proposons de recourir aux supports de communication suivants :

➤ Le marketing direct : il offre l'avantage de la sélectivité car il ne s'adresse qu'à la cible visée. L'UCFA doit créer une base de données qui contient les clients actuels et les clients potentiels, donc l'UCFA doit utiliser les outils de MD suivants :

- Le mailing : à travers l'envoi des mails aux adresses électroniques des clients. L'UCFA peut l'utiliser pour renforcer l'image ou les bonnes relations (carte de vœux ou d'anniversaire), pour faire mesurer la satisfaction de la clientèle et connaître leurs éventuelles remarques.

- Le catalogue : il doit porter des informations sur les différents produits commercialisés par l'UCFA, en assistant sur leurs conformités aux normes internationales de qualités et leurs traçabilités, sans oublier le rôle de ses produits dans la promotion des femmes rurales, dans la préservation de l'arganier et dans la garantie des revenus équitables pour les « coopératrices ».

Les brochures : doivent comprendre les informations sur le savoir-faire des coopératives, les matériels de fabrication, le potentiel humain, le réseau commercial. Ces informations doivent être données en privilégiant les visuels (photos, dessins, schémas, plans...)

➤ La participation à des manifestations commerciales : la participation dans les foires et les salons nationaux et internationaux nécessite la préparation du catalogue de l'exposition qui permet la promotion de la coopérative et constitue un guide des visiteurs. Pendant la manifestation l'UCFA doit préparer des animations sur les stands (inaugurations, démonstrations, débats, cocktails...)

➤ La promotion des ventes : Les formes les plus adaptées dans notre cas est le rabais sur l'achat d'une grande quantité. La prime qui consiste à offrir un savon gratuitement pour tout achat de produit cosmétique par exemple.

➤ Conclusion

La gestion collective des produits à base d'argane au sein des coopératives de l'UCFA joue un rôle fondamental dans le développement rural et durable. Sur le plan écologique, les femmes ont pris conscience de préserver l'arganeraie contre le pâturage excessif et l'enlèvement du bois. Sur le plan économique, les coopératives ont créé des emplois générateurs de revenu au profit des femmes rurales ce qui a stimulé l'économie locale affaiblie par la sécheresse. Sur le plan social, les coopératives permettent aux femmes de suivre les cours d'alphabétisation. Cependant le développement de ces coopératives exige une maîtrise de la dimension commerciale qui intègre d'une part les principes du développement durable, d'autre part les caractéristiques des produits du terroir. Les coopératives doivent se différencier des compétiteurs par la mise en place d'une stratégie marketing adaptée.



## Références bibliographiques

- Ahrouch S.** (2011), Les coopératives au Maroc : enjeux et évolutions, RECMA, n°322, p. 24-25.
- Ait Kadi M.** (2010), « Regards croisés sur les enjeux des terroirs , 3ème Forum International» Planète Terroirs – Chefchaoen, Maroc 2010 Séance plénière du 31 mai 2010 ; p 37
- Alami M.** (2009), « Les produits du terroir cherchent un label », Le journal L'économiste- 6/2/2009
- Amilien V.** (2005) « Préface : à propos de produits locaux », Anthropology of food 4 | May 2005 <http://aof.revues.org/index306.html>
- Bérard L, Marchenay P.** (2006), « Biodiversité culturelle productions localisées et indications géographiques », 3<sup>e</sup> colloque international du réseau SYAL (Systèmes Agroalimentaires Localisés) Alimentation et Territoires « ALTER 2006 »
- Boisvert J.** (1981), Le marketing dans la perspective coopérative. La Gestion moderne des coopératives .Chicoutimi, Editions Gaétan Morin, p. 119.
- Charouf Z.** (2007), L' arganier levier de developpement humain au milieu rural marocain, colloque internatinal Rabat -27-28 avril,2007, p. 5
- Cherkaoui N.** (2008), « Cas d'entreprise Arganoil, la force du terroir » - Revue economica -n° 2, fevrier mai 2008 , p118-.119.
- La charte des terroirs proposée par l'association terroirs et cultures. <http://www.terroirsetcultures.org>
- Chaussod R, Adlouni A, Christon.** (2005), « L'arganier et l'huile d'argane au Maroc : vers la mutation d'un système agroforestier traditionnel ? Enjeux et contribution de la recherche », Cahiers Agricultures vol. 14, n° 4, juillet-août 2005.p.352.
- Collette C, Pigé B,** (2008), Economie sociale et solidaire, gouvernance et contrôle, Dunod, p. 138.
- Côté D.** (2005), Loyauté et identité coopérative l'implantation d'un nouveau paradigme coopératif, RECMA, N°29, p. 53
- Côté D.** (2007), Fondements d'un nouveau paradigme coopératif Quelles incitations pour les acteurs clés ? RECMA, n° 305,76, p. 77
- Dossier la valorisation des produits de terroir, lignes d'action du Pilier II du Plan Maroc Vert. . Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) n°8.novembre 2010, p 216
- Diaz Pedregal V.** (2007), Le commerce équitable dans la France contemporaine: idéologies et pratiques, Editions L'Harmattan, p .172.
- Aich A.** (2005), « Produit de terroir méditerranées condition d'émergence, d'efficacité et mode de gouvernance» Femise research programme –juin2005, p. 149.
- El Fasskaoui B.** (2009), « Fonctions, défis et enjeux de la gestion et du développement durables dans la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie (Maroc) », Études caribéennes, <http://etudescaribeennes.revues.org/3711>
- Fort F, Fort F,** «Alternatives marketing pour les produits de terroir », Revue française de gestion 3/2006 (no 162), p 145-159.
- Giovannucci D.** (2009), « Guide des indications géographiques faire le lien entre les produits et leurs origines», Centre de commerce international, Genève, p. 5 [http://www.cgeci.org/cgeci/docs/documents/Geographical Indications French.pdf](http://www.cgeci.org/cgeci/docs/documents/Geographical%20Indications%20French.pdf)
- Grandval S, Soparnot R** (2005), Le développent durable comme positionnement stratégique, Wolf D, Mauléon F, Le management durable l'essentiel du développement durable appliqué aux entreprises, Lavoisier, p. 235



**Kotler P, Dubois B, Manceau D.** (2009), Marketing management, 13 éditions Person Education France, p. 5

**Lendrevie, J, Lévy, J, Lindon, D.** (2006), Mercator, 8e édition Dunod, p. 12

**Solidarité rurale du Québec** (2003), La mise en marché des produits du terroir .Défis et stratégies, **Solidarité rurale du Québec, coll. Études rurales, Nicolet, septembre 2003**, p. 6

Statistiques du Haut Commissariat au Plan du Maroc [http://www.hcp.ma/La-Situation-du-marche-du-travail-au-premier-trimestre-de-l-annee-2009\\_a552.html](http://www.hcp.ma/La-Situation-du-marche-du-travail-au-premier-trimestre-de-l-annee-2009_a552.html)

Site de l'Alliance coopérative internationale <http://www.ica.coop>

**Wacheux F.** (1996), Méthodes qualitatives et recherche en gestion, Economia, p. 93.





# Gagnant - Perdant ? La valorisation des produits d'argan semble être bénéfique pour les ménages ruraux, mais menaçante pour la forêt endémique d'arganier

**Travis J. Lybbert**, Associate Professor, Ag & Resource Economics, UC Davis (tlybbert@ucdavis.edu)

**Abdellah Aboudrare**, Chercheur, École Nationale d'Agriculture – Meknès, Morocco

## **Résumé**

Les marchés de haute valeur d'argan ont déclenché une aubaine de l'activité liée à ce produit. Les ONGs, les organismes de développement national et international et les coopératives d'huile d'argan ont promu le concept « gagnant-gagnant » consistant en un bénéfice mutuel pour la population locale et la forêt d'arganier. En se basant sur un programme de recherche qui a commencé en 1997, nous avons testé ces affirmations « gagnant-gagnant » et nous avons trouvé qu'elles sont trompeuses et/ou fausses. Depuis le début du boom des marchés d'argan autour de l'année 2000, les ménages ruraux ont gagné, mais la forêt d'argan a perdu. Les ménages ayant accès aux fruits d'argan ont bénéficié de ce boom des marchés d'argan de façon importante, mais ces avantages locaux ne se sont pas traduits pas des améliorations dans l'arganeraie. Bien au contraire, nous avons constaté que le boom d'argan a accéléré la dégradation de la forêt. Nous concluons par des perspectives pour les années et les décennies à venir pour cette histoire d'argan.

## **Abstract**

High value argan markets have sparked a bonanza of argan activity. NGOs, international and domestic development agencies, and argan oil cooperatives have promoted the win-win aim of simultaneously benefiting local people and the argan forest. Based on a research program that started in 1997, we test these win-win claims and find them to be misleading and false. Since argan markets started booming around 2000, rural households have won, but the argan forest has lost. Locals with access to argan fruit have benefited from booming argan markets in important ways, but these local benefits have yet to translate into improvements in the argan forest. If anything, we find that the argan boom has hastened the degradation of the forest. We conclude by speculating how the argan story will play out from here in the coming years and decades.



Au cours des 15 dernières années, l'arganier et l'huile extraite de ses graines ont attiré une intense attention à la fois au niveau national et international. Les organismes de développement Marocains, Européens et internationaux ont stimulé une véritable aubaine de l'activité d'argan. Cette aubaine d'argan a été largement axée sur la création et le soutien des coopératives d'huile d'argan comme un moyen « gagnant-gagnant » pour atténuer la pauvreté rurale et inciter la conservation locale de l'arbre endémique d'arganier. Ces deux objectifs sont justifiés par l'importance de la pauvreté et l'analphabétisme dans la région, et le rôle important que joue l'arganier dans la conservation locale de la biodiversité végétale et animale – la forêt d'arganier abrite plus de 1200 autres espèces de plantes et d'animaux (140 endémiques) (Msanda, El Aboudi et Peltier 2005, World Wildlife Fund et McGinley 2007). Les affirmations « gagnant-gagnant » pour la réduction de la pauvreté et la conservation de la biodiversité sont aujourd'hui au centre des efforts de sensibilisation et de marketing des produits d'argan. En effet, après une décennie de marketing et de la couverture médiatique, ce discours « gagnant-gagnant » d'argan est si familier qu'il est souvent accepté comme une loi de la nature. Après tout, comment ces affirmations logiques pourraient éventuellement ne pas être vraies ?

Dans cette étude, nous avons utilisé une combinaison combiné d'analyses au niveau des ménages et du paysage pour évaluer le concept courant « gagnant-gagnant » d'argan et de montrer que ce n'est pas en fait vrai. Depuis le début du boom des marchés d'argan autour de l'année 2000, les ménages ruraux ont gagné, mais la forêt d'argan a perdu. Les ménages ayant droit aux fruits d'argan ont bénéficié de ce boom des marchés d'argan de façon importante. Ces booms du marché d'argan ont, plus spécifiquement, permis à ces ménages de dépenser plus au souk, de développer leur troupeaux de chèvres et d'envoyer leurs filles à l'école secondaire. Pour que ces bénéfices locaux se traduisent à l'amélioration de la forêt d'arganier, les habitants doivent soit (1) cesser de nuire à la forêt (2) soit commencer à aider dans la protection de la forêt. A cet égard, nous n'avons évidemment pas constaté de changement de comportement des habitants. En effet, lorsque nous évaluons les changements au niveau du paysage, nous constatons que le boom des marchés de l'huile d'argan n'a jusqu'ici qu'augmenté plutôt que diminué la dégradation de la forêt d'arganier.

La conversion de la situation réelle « gagnant-perdant » d'argan à une situation alternative « gagnant-gagnant » nécessiterait des départs créatifs à partir des modèles actuels de coopératives, y compris éventuellement des modifications dans la législation et dans les institutions locales. Pour commencer à explorer ces modifications créatives, nous devons d'abord reconnaître que les prétentions « gagnant-gagnant » qui ont alimenté l'aubaine d'argan depuis l'année 2000 sont fausses et dangereusement trompeuses.

## I. Aperçu sur le programme de recherche

La recherche que nous synthétisons dans cette présentation couvre 14 ans. Elle a commencé en 1997 avec l'exploration de l'économie du système *Agdal* qui régissait l'accès des ménages aux fruits d'argan et des impacts potentiels des efforts naissant pour développer les marchés de haute valeur de l'huile d'argan. Ces premiers travaux s'étaient traduits par une première publication (Barrett et Lybbert, 2000) et ont conduit à une étude détaillée en 1999 sur 149 ménages dans huit villages et pour trois densités de la forêt d'argan (haute, moyenne et basse) dans la province d'Essaouira. L'analyse des données de cette enquête est apparu comme une thèse MS (Lybbert, 2000) et deux publications scientifiques (Lybbert, Barrett et Narjisse, 2003 ; Lybbert, Barrett et Narjisse, 2002). Cette première vague de recherche a été réalisée juste avant les changements dramatiques dans les marchés d'argan et sert de base précieuse. Nous nous attendions à ce stade que les habitants avec des droits d'*Agdal* pourraient raisonnablement s'attendre à bénéficier de l'appréciation de fruits d'argan, bien qu'une bonne partie de la valeur ajoutée totale associée à ces nouveaux marchés de haute valeur d'argan soit liée aux autres participants à ces chaînes de valeur émergentes. Nous nous n'attendions peu, voire pas, à ce que les investissements locaux dans le reboisement d'argan apportent une prévalue importante étant donné la faible valeur attendue en plantant un arbre.



En 2006, la Division de la Propriété Intellectuelle de l'Organisation Mondiale du Commerce a suggéré une étude sur le cas d'huile d'argan dans la perspective de la Convention sur la Biodiversité, les exigences de divulgation des brevets et le partage des bénéfices locaux. Depuis que plusieurs aspects de l'arganier ont été brevetés en Europe et en Amérique du Nord depuis les années 1980, le cas d'argan était un exemple utile qui a suscité un débat chaud à l'époque. Cette étude de cas s'était concrétisée par une publication dans une revue scientifique (Lybbert, 2007).

En 2007, nous sommes retournés à la province Essaouira et re-enquêtés de nombreux ménages déjà enquêtés dans notre enquête d'origine de 1999. Le panel des données résultant de cette enquête offre une vue unique sur l'impact du boom des marchés d'argan sur les ménages locaux. Plus spécifiquement, cette structure en panel nous permet de contrôler pour les ménages les effets non observables et à identifier clairement l'effet causal du boom d'argan sur le bien-être des ménages. Cette analyse est apparue dans deux publications distinctes (Aboudrare, Lybbert et Magnan, 2009 ; Lybbert, Magnan et Aboudrare, 2010).

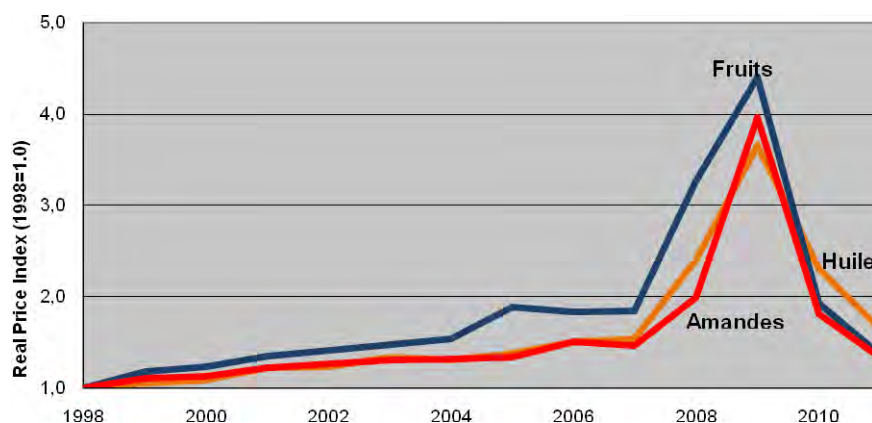
Enfin, en 2010, nous avons décidé de tester si les impacts locaux que nous avons trouvé sur la base de notre panel de ménages étaient conformes aux impacts à plus grande échelle spatiale. Cela a conduit à une analyse des données scolaires au niveau des communes dans la province d'Essaouira entre 2000 et 2005 et de l'imagerie satellitaire pour la région entière d'argan de 1980 à 2009. Cette analyse a été récemment publiée (Lybbert, *et al.*, 2011) et constitue ainsi la publication la plus récente de cette chaîne de publications sur argan.

## II. Synthèse des résultats

Dans cette section, nous allons d'abord synthétiser les résultats de l'analyse du panel des données sur les impacts locaux du boom de l'huile d'argan sur la façon dont les ménages ruraux interagissent avec les marchés d'argan, quels sont les bénéfices découlant de leur participation aux marchés, et comment leur utilisation de la forêt a évolué. S'appuyant sur cette micro-analyse, nous discutons les résultats des analyses au niveau du paysage qui permettent de tester le concept « gagnant-gagnant » à une plus large échelle spatiale.

### A. Impact local sur les ménages ruraux et la forêt

Comme déjà décrit en détail dans Lybbert, Magnan et Aboudrare (2010), nous avons utilisé le panel des données des ménages de la Province d'Essaouira pour évaluer l'impact du boom d'argan sur les ménages et sur leur exploitation de la forêt. Comme les prix d'argan ont explosé entre 1999 et 2007 (voir Figure 1), la production moyenne de l'huile d'argan par ménage a triplé et la consommation moyenne de l'huile d'argan par ménage a baissé de moitié.



**Figure 1.** Evolution des indices des prix réels dans les marchés locaux (Souks) de l'huile, des fruits et des amandons d'argan.



Le fruit d'argan est devenu un investissement spéculatif populaire et les stocks moyens des ménages en ce produit ont augmenté de 10 fois. La proportion des ménages qui vendent l'huile d'argan a plus que doublé, mais la proportion des ménages qui vendent les fruits a augmenté de plus de six fois plus puisque le boom du marché des fruits d'argan a fait de ce produit une source importante de revenu du ménage. Plus récemment, les marchés des amandons d'argan a commencé à émerger et permet de plus en plus aux ménages de capturer une plus grande valeur ajoutée par dépulpage des fruits et concassage des noix pour en extraire les amandons.

Nous avons également comparé plusieurs indicateurs mesurables du bien-être chez les ménages ruraux avant et après les changements dramatiques dans les marchés d'argan. Nous avons utilisé l'accès des ménages aux fruits d'argan en 1999 comme une base de comparaison pour apprécier les bénéfices tirés du changement des prix d'argan. Premièrement, nous avons constaté que les ménages ayant accès à plus de fruits ont connu une augmentation légèrement plus élevée de leurs consommations, relativement par rapport aux autres ménages. Deuxièmement, les ménages bénéficiant des marchés d'argan ont accumulé plus d'actifs sous forme d'investissement dans l'achat des chèvres (mais pas d'autres animaux), ce qui a affecté négativement la santé de la forêt et les récoltes ultérieures puisque les chèvres grimpent souvent sur les arbres d'arganier pour se nourrir de leurs feuilles et fruits. Troisièmement, les filles des ménages ayant bénéficiés du boom des prix d'argan étaient significativement plus susceptibles de faire la transition de l'école primaire à l'école secondaire que les filles d'autres ménages, mais ce résultat n'apparaît pas pour les garçons.

Le boom du marché d'argan a aussi induit les ménages à modifier leur exploitation de la forêt. Les conflits sur les ressources d'argan ont augmenté, tout comme les clôtures permanentes autour des exploitations forestières saisonnières. Alors que la plupart des ménages pâturent toujours leurs chèvres dans les arganiers durant certaines périodes de l'année, mais ils le font moins fréquemment qu'auparavant - et très rarement durant la saison de collecte de fruits. Nous avons également constaté que les habitants ont tendance à récolter les fruits d'argan de façon plus agressive et utilisent souvent des bâtons pour les faire tomber avant leur chute naturelle, ce qui pourrait endommager les branches et les bourgeons pour la production des années ultérieures. Malgré les prix élevés des fruits, les habitants ont délaissé le butane pour utiliser davantage du bois «mort» d'arganier comme une source d'énergie. Alors que 17 % seulement des ménages comptaient principalement sur le bois d'arganier pour cuisiner en 1999, ce chiffre est passé à 67 % en 2007. Avec l'augmentation constante des coûts de la vie et la stagnation des revenus en dehors du secteur d'argan, les ménages choisissent de plus en plus le bois «gratuit» que le butane acheté. En définitif, cette micro-analyse à l'échelle des ménages suggère que le boom d'argan profite uniquement à certains ménages ruraux, mais a modifié l'exploitation forestière en augmentant les incitations à court terme de collecte des fruits plutôt que des préoccupations à long terme de la durabilité de la forêt.

### **B. Impacts à l'échelle du paysage**

Dans cette partie nous allons évaluer l'impact à large échelle du boom des marchés d'argan sur la région et les paysages forestiers. Pour ce faire, nous concentrons notre attention sur des données du bien-être global au niveau des communes d'une province (Essaouira) et sur les données d'images satellitaires à l'échelle 8 km x 8 km pour toute la région d'arganier (voir Lybbert *et al.*, 2011 pour plus de détails).

Afin d'évaluer l'association entre le boom d'argan et la réponse en termes de bien-être et d'évolution de la forêt, nous avons adopté une approche dose-réponse qui utilise les prix d'argan après 1999 comme traitement et la couverture forestière d'argan comme le dosage de ce traitement. En utilisant le panel de données disponibles uniquement sur les résultats du bien-être au niveau communal, nous concentrons notre méso-analyse des impacts du bien-être sur les données de scolarisation (inscriptions à l'école primaire) dans la province d'Essaouira. Les résultats suggèrent que le boom d'argan a eu un impact positif sur les effectifs d'élèves inscrits dans les communes où les infrastructures d'éducation sont faibles. A cet effet, il est particulièrement fort pour les filles.



Parmi les communes avec des infrastructures scolaires faibles, celles avec 65% de couverture forestière d'arganier a vu la proportion de filles inscrites à l'école augmenter d'environ 10% entre 2000 et 2005.

Nous avons ensuite analysé les données satellitaires pour évaluer les tendances au niveau de la densité de la forêt d'arganier et du couvert forestier. En comparant ces tendances avant et après le début du boom d'argan en 1999, nous avons évalué si la commercialisation de haute valeur d'argan a conduit à des améliorations dans la densité et le couvert d'arganier. Ces variations de densité ont été quantifiées en utilisant l'Indice de Végétation Normalisé (NDVI), qui a été utilisé pour surveiller le couvert végétal, la biomasse végétale, la productivité et la biodiversité dans de nombreux contextes (Bawa, *et al.* 2002).<sup>1</sup> Dans l'analyse, on a contrôlé les précipitations actuelles et cumulées afin d'isoler les impacts anthropiques sur les NDVI et exploiter le fait que le sol de la forêt est en grande partie sans végétation pendant la saison sèche afin d'isoler la tendance des NDVI pour le couvert forestier. Avant le boom d'argan, les tendances négatives ont prévalu dans certaines parties du sud de la forêt d'argan en raison de l'expansion spectaculaire de l'agriculture irriguée dans cette région au cours des années 1980 et 1990 (Aziki 2008, El Yousfi, 1988). Depuis que le boom a commencé, la plupart des forêts du Nord de la région d'argan semble avoir été éclaircies. Puisque la forêt du Nord a attiré plus d'attention pendant le boom d'argan en raison de sa proximité des principaux marchés et de sa popularité par les touristes, ce schéma semble cohérent avec le boom affectant négativement la forêt, mais nous devons pousser plus loin l'analyse pour tester statistiquement l'impact de ce boom.

À cette fin, on a fait un zoom sur les pixels à l'intérieur ou à proximité de la forêt d'arganiers et on a évalué avec plus de détail les changements dans les tendances du couvert. Comme précédemment, nous avons utilisé le boom d'argan comme traitement, où seuls les pixels avec la couverture forestière d'argan (pré-boom) sont traités. Les pixels non-arganier qui contiennent différents arbres et arbustes (par exemple, *Acacia*, *Juniperus*, *Tetraclinis*) ont servi de pixels de pseudo-contrôle, car ils ont été soumis aux mêmes pressions climatiques que la forêt d'arganier, mais pas les changements d'origine anthropique induits par le boom d'argan. Après différenciation des tendances du couvert estimées avant et après 1999 pour chaque pixel, on a comparé les changements de tendance pour les pixels arganier et non-

arganier. Nous avons correspondu les pixels arganiers aux mêmes pixels non-arganiers de proximité et estimé l'effet moyen du boom d'argan sur le couvert de la forêt d'arganier (traité) en se basant sur la comparaison par paire de ces pixels appariés. Bien qu'il y ait une certaine variation dans la signification statistique entre les différentes configurations de correspondance, les pixels «traités» avec des prix du boom d'argan ont connu une baisse de NDVI par rapport aux pixels similaires correspondant aux espèces d'arbres et arbustes non-arganiers. Puisque nous sommes intéressés à tester l'impact du boom d'argan sur l'arganeraie (et non son impact sur la forêt non-arganier), l'effet moyen du traitement sur les traités est plus pertinent et significatif pour toutes nos configurations de correspondances. Tant l'ampleur que l'importance de ces impacts sont plus importants lorsque nous correspondons les pixels avec plus de 40% de couverture d'argan à ceux avec la forêt non-arganier. Le boom des marchés d'argan n'a certainement pas amélioré la forêt d'arganiers et peut-être même induit encore plus de dégradation, en particulier dans le nord de la région d'argan.

Ces analyses à l'échelle des ménages et du paysage offrent des tests complémentaires pour les réclamations gagnant-gagnant de la réduction de la pauvreté et la conservation de la biodiversité. Les données sur les ménages ont abouti aux tests rigoureux des impacts sur le bien-être, mais les preuves des impacts sur la forêt ne peuvent être déduites que par des actions signalées par des ménages.

1- Pour valider notre utilisation de cette mesure, nous avons comparé les NDVI avec des pourcentages de couverture issus des mesures basées sur des images satellites prises récemment dans la région de l'arganier. La corrélation entre les NDVI en saison sèche et le couvert est élevée (> 0,90) car les arbres sont souvent la seule végétation en saison sèche dans la région.



En revanche, l'analyse au niveau du paysage offre des preuves moins solides mais suggestives de bénéfiques pour l'éducation des filles, tout en fournissant un test plus rigoureux de l'impact du boom d'argan sur la forêt d'arganier. Combinés, ces résultats suggèrent que les habitants bénéficient du boom d'argan d'une manière qui peut améliorer le bien-être des femmes et atténuer la pauvreté rurale persistante, mais avec un risque de dégrader la forêt et la biodiversité qu'elle soutient. A moins que l'obsession des habitants à court terme pour la collecte des fruits mûrisse dans le sens des préoccupations à long terme de la productivité et de la durabilité, la réduction de la pauvreté rurale peut être elle-même un avantage à court terme du boom d'argan.

### III. Comment l'histoire d'argan va-elle se jouer dans l'avenir ?

En se basant sur le travail que nous avons fait dans la région d'argan, plusieurs aspects de l'histoire d'argan nous semblent à ce jour particulièrement importants pour mieux comprendre comment l'histoire peut se jouer dans la prochaine décennie. Tout d'abord, considérons l'interaction entre la réponse des locaux et la hausse des prix des fruits d'argan, les marchés d'argan, et les impacts sur la forêt. En 1999, les extracteurs de l'huile de haute valeur ont insisté uniquement sur l'achat de fruits entiers dans les marchés locaux (souks), ce qui constitue une garantie que les amandons ne sont pas passés par l'intestin d'une chèvre (Lybbert, Barrett et Narjisse, 2002). Depuis lors, la hausse rapide du prix des fruits d'argan a incité les habitants à recueillir les fruits à la main et à empêcher l'ingestion des fruits entiers par leurs chèvres. Ainsi, il ya beaucoup moins d'« amandons de chèvres » dans les marchés locaux. Partant de ce fait, les extracteurs de haute valeur sont de plus en plus prédisposés à acheter les noyaux dans les marchés au comptant, qui sont devenus presque aussi actifs que ceux des fruits d'argan. Par ailleurs, ce changement a augmenté le volume d'amandons vendus, ainsi que son prix qui a plus que doublé entre 2005 et 2009. En bref, les changements initiaux du marché a induit une réponse comportementale qui a résolu un problème de « marché des citrons » (Akerlof, 1970) et a permis l'émergence de marchés de haute valeur d'amandons. Parce que la tâche laborieuse de l'extraction des amandons n'est pas encore mécanisée, ce marché des amandons est actuellement la voie la plus prometteuse des marchés de haute valeur d'argan pour la réduction de la pauvreté rurale. Mais cela va changer de façon spectaculaire lorsque l'extraction des amandons (concassage) sera mécanisée, ce qui pourrait bientôt arriver.

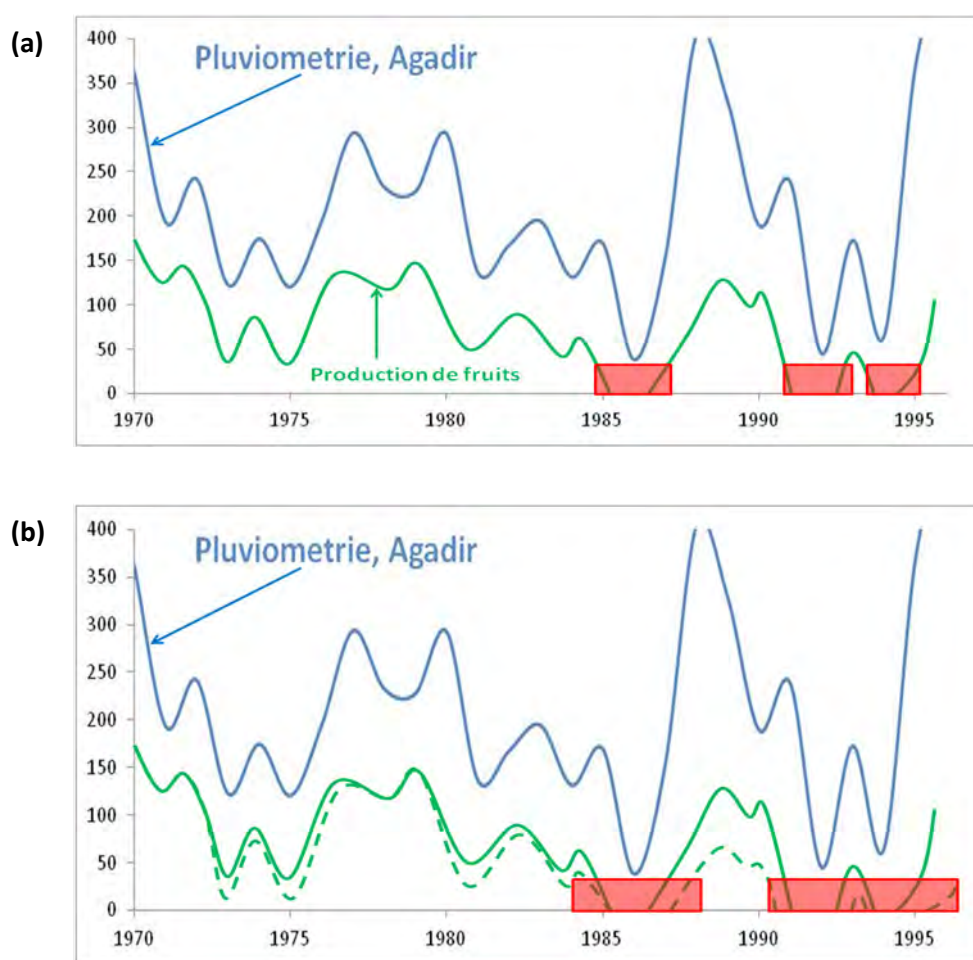
La réalité « gagnant-perdant » du cas d'argan est largement due à l'inadéquation entre l'incitation des populations locales à la conservation et la durabilité à long terme de l'arganeraie. Alors que les habitants laissent désormais de moins en moins leurs chèvres brouter sur les arbres d'arganier, ce changement vis-à-vis de la forêt est davantage motivé par des préoccupations immédiates relatives à la récolte de fruits que par le souci à long terme pour la productivité et la durabilité des arbres ou de la forêt. Les chèvres grimpent et parcourent encore régulièrement les arbres en dehors de la saison de récolte de fruits, du moment où la plupart des arbres est considérée comme une ressource à accès libre, et continuent ainsi à taxer la forêt. De nombreux habitants ont également toujours recours à des techniques plus agressives pour la récolte des fruits (gaulage) et au bois d'arganier comme source d'énergie, ce qui peut endommager les arbres. Collectivement, ces décisions suggèrent que les intérêts des locaux pour les fruits d'argan n'ont pas encore mûri dans le sens d'un souci de durabilité à long terme de la forêt. Cette inadéquation va fortement influencer l'avenir de la forêt d'arganier.

Cette inadéquation entre les incitations privées et la durabilité de la forêt interagit également avec les cycles de sécheresse de manière potentiellement négative comme le montre la figure 2. Bien que l'arganier est bien adapté aux conditions arides et peut survivre en état de dormance pendant plusieurs années pendant la sécheresse extrême, elle est très vulnérable en cas de sécheresse moindre qui ne déclenche pas cette réponse en dormance. Les locaux et leurs chèvres exploitent généralement l'arganier plus fortement au cours des épisodes de sécheresse modérée à tel point qu'il y a un dessèchement de l'arbre avant son entrée en dormance une dépendance qui ne peut qu'augmenter puisque les ménages orientent leurs moyens de subsistance plus fortement vers les fruits d'argan. Comme la production de fruits est faible durant ces périodes, les techniques de récolte deviennent encore plus agressives.



Ce scénario s'est précisément joué en 2008 une année de production fruitière basse, les prix des fruits élevés, des conflits entre les collecteurs, et une récolte fréquente et agressive des fruits. Bien que l'arbre d'arganier soit robuste à de nombreuses pressions, la récupération de ces épisodes d'intenses pressions climatiques et d'exploitation peut être très lente. Puisqu'il sert de support pour plus de 1200 (Aymerich et Tarrier 2010), cette pression intense et cyclique sur l'arganier pourrait menacer l'ensemble de la biodiversité de l'éco-région *Acacia-Argania*.

Enfin, le reboisement réussi de l'arganier et, en fin de compte, sa domestication pourraient maintenant être à l'horizon. Ces avancées pourraient modifier radicalement les perspectives de l'arganier et d'une manière qui peut être difficile à anticiper à ce stade. Le fait de faire pousser facilement l'arbre et de produire aisément les fruits permettra aux locaux de cerner de manière viable la durabilité de la forêt d'arganier, mais peut également servir à briser un système d'usufruit relatif aux droits de collecte des fruits d'argan, puisque les arbres plantés seront probablement considérés comme une propriété privée et non collective. L'impact le plus profond de ces avancées sera, cependant, l'élargissement de l'aire de l'arganier tant au sein du Maroc que plus largement ailleurs. En effet, le pire des cas qui pourrait menacer l'arganier, est l'accentuation des changements climatiques aboutissant à plus de sécheresse et plus de chaleur dans la région d'argan, rendant cet arbre moins adapté à cette région. De vastes étendues de vergers d'argan pourraient alors voir le jour sur d'autres continents dans les régions mieux adaptées à l'arbre. Évidemment, de tels changements changeraient radicalement la façon dont l'histoire d'argan doit se jouer à partir de là.



**Figure 2 Précipitations réelles (mm/an) à Agadir et production hypothétique des fruits d'argan: (a) Représentation hypothétique de la production de fruit avant le boom du marché d'argan et (b) Représentation hypothétique de la production des fruits production après le boom du marché d'argan (Ligne en pointillées). Les barres en rouge indiquent les périodes de dormance et vulnérabilité de l'arbre d'arganier.**



## Références bibliographiques

- Aboudrare, A., T.J. Lybbert, and N. Magnan.** 2009. "Le Marché de l'huile d'Argan et son impact sur les ménages et la forêt dans la région d'Essaouira " *Transfert de Technologie en Agriculture* 175(Avril).
- Akerlof, G.** 1970. "The market for" lemons": Quality uncertainty and the market mechanism." *The quarterly journal of economics* 84(3):488-500.
- Aymerich, M., and M. TARRIER.** 2010. *Un Désert Plein de Vie, Carnets de Voyages Naturalistes au Maroc Saharien*. Morocco: La Croisée de Chemins.
- Aziki, S.** 2008. "Dégradation et Changements Ecologiques Dans La Réserve de Biosphère Arganeraie." *RARBA / GTZ Report*:57.
- Barrett, C.B., and T.J. Lybbert.** 2000. "Is Bioprospecting a Viable Strategy for Conserving Tropical Ecosystems?" *Ecological Economics* 34(3):293-300.
- Bawa, K., J. Rose, K. Ganeshiah, N. Barve, M. Kiran, and R. Umashaanker.** 2002. "Assessing biodiversity from space: an example from the Western Ghats, India." *Conservation Ecology* 6(2):7.
- El Yousfi, S.M.** 1988. "La Dégradation Forestière dans le Sud Marocain: Exemple de l'Arganeraie d'Admine entre 1969 et 1986." M.S. Thesis, IAV Hassan II.
- Lybbert, T., N. Magnan, and A. Aboudrare.** 2010. "Household and local forest impacts of Morocco's argan oil bonanza." *Environment and Development Economics* 15(04):439-464.
- Lybbert, T.J.** 2000. "Local Development and Conservation Consequences of a Bioprospecting-Based Boom: The Case of Morocco's Argan Oil." M.S. Thesis, Cornell University.
- . 2007. "Patent Disclosure Requirements and Benefit Sharing: A counterfactual case of Morocco's argan oil." *Ecological Economics* 64:12-18.
- Lybbert, T.J., A. Aboudrare, D. Chaloud, N. Magnan, and M. Nash.** 2011. "Booming markets for Moroccan argan oil appear to benefit some rural households while threatening the endemic argan forest." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(34):13963-13968.
- Lybbert, T.J., C.B. Barrett, and H. Narjisse.** 2003. "Does Resource Commercialization Induce Local Conservation? A Cautionary Tale From Southwest Morocco." *Society and Natural Resources* 17:413-430.
- . 2002. "Market-Based Conservation and Local Benefits: The Case of Argan Oil in Morocco." *Ecological Economics* 41(1):125-144.
- Msanda, F., A. El Aboudi, and J. Peltier.** 2005. "Biodiversity and biogeography of Moroccan argan tree communities." *Cahiers Agricultures* 14(4):357-364.
- World Wildlife Fund, and M. McGinley** 2007 Mediterranean acacia-argania dry woodlands and succulent thickets Mediterranean acacia-argania dry woodlands and succulent thickets, ed. C.J. Cleveland, Encyclopedia of Earth. Washington D.C., National Council for Science and the Environment.





# Gagnant-Perdant ? La valorisation des produits argans seems to benefit rural households while harming the endemic argan forest

**Travis J. Lybbert**, Associate Professor, Ag & Resource Economics, UC Davis (tlybbert@ucdavis.edu)

**Abdellah Aboudrare**, Researcher, École Nationale d'Agriculture – Meknès, Morocco

## **Abstract**

High value argan markets have sparked a bonanza of argan activity. NGOs, international and domestic development agencies, and argan oil cooperatives have promoted the win-win aim of simultaneously benefiting local people and the argan forest. Based on a research program that started in 1997, we test these win-win claims and find them to be misleading and false. Since argan markets started booming around 2000, rural households have won, but the argan forest has lost. Locals with access to argan fruit have benefited from booming argan markets in important ways, but these local benefits have yet to translate into improvements in the argan forest. If anything, we find that the argan boom has hastened the degradation of the forest. We conclude by speculating how the argan story will play out from here in the coming years and decades.

## **Abstract**

In the past 15 years, the argan tree and the oil extracted from its seeds have attracted intense attention both domestically and internationally. Moroccan, European and other international development agencies have fueled a veritable bonanza of argan activity. This argan bonanza has focused largely on creating and supporting argan oil cooperatives as a win-win way to alleviate rural poverty and incite local conservation of the endemic argan tree. Both are worthwhile goals: both poverty and illiteracy are relatively high in the region, and the argan tree – which has thus far defied domestication – acts as foundation species for over 1,200 other species of plants and animals (140 endemic) in the eco-region (Msanda, El Aboudi and Peltier 2005, World Wildlife Fund and McGinley 2007). Win-win claims of poverty alleviation and biodiversity conservation now undergird virtually all argan fund raising and marketing efforts. Indeed, after a decade of marketing and media coverage, this win-win argan story is so familiar that it is often accepted as a law of nature. After all, how could these logical claims possibly not be true?

We use a combination of rigorous household and landscape level analyses to evaluate the common win-win argan story and find that it is in fact not true. Since argan markets started booming around 2000, rural households have won, but the argan forest has lost. Locals with access to argan fruit (ayant droits) have benefited from booming argan markets in important ways. Specifically, these booming markets have enabled these households to spend more at souk, to grow their goat herds, and to send their girls to secondary school. In order for these local benefits to translate into argan forest improvements, locals must either (1) stop harming the forest or (2) start helping the forest. We find evidence of neither change in behavior. Indeed, when we evaluate the landscape-level changes, we find that the argan oil boom has thus far increased rather than decreased argan forest degradation.



Converting the win-lose argan reality into a win-win alternative will require creative departures from the current argan cooperative model, potentially including modifications in legislation, enforcement and local institutions. To begin exploring these creative modifications, we must first recognize that the win-win claims that fueled the argan bonanza since 2000 are false and dangerously misleading.

## I. Overview of research program

The research that we synthesize in this presentation spans 14 years. It began in 1997 with the exploration of the economics of the *agdal* system that governed households' access to argan fruit and of the prospective impacts of the then nascent efforts to develop high value argan oil markets. This early work inspired an initial peer-reviewed publication (Barrett and Lybbert 2000) and led to a detailed survey in 1999 of 149 households in eight villages in high, medium and low argan forest density in the Essaouira province. The analysis of this survey data appeared as an MS thesis (Lybbert 2000) and two peer-reviewed publications (Lybbert, Barrett and Narjisse 2003, Lybbert, Barrett and Narjisse 2002). This early wave of research came just before dramatic changes in argan markets and serves as a valuable baseline. We anticipated at this stage that locals with *agdal* rights could reasonably expect to benefit from appreciation of argan fruit, although much of the total value added associated with new high value argan markets would accrue to other participants in these emerging value chains. We also expected few, if any, local investments in argan reforestation given low expected present value of planting a tree.

In 2006, the Intellectual Property Division of the World Trade Organization suggested a study of the argan oil case from the perspective of the Convention on Biodiversity, patent disclosure requirements and local benefit sharing. Since several aspects of the argan tree have been patented in Europe and North America since the 1980s, the argan case shed useful light on what was a heated debate at the time. This case study and analysis was ultimately published (Lybbert 2007).

In 2007, we returned to the Essouira province and re-surveyed as many of the households in our original 1999 survey. The resulting panel dataset of households in the region provides a unique view of the impacts of booming argan markets on local households. Specifically, this panel structure allows us to control for household unobservable effects and to cleanly identify the causal impact of the argan boom on household welfare. This analysis appeared in two separate publications (Aboudrare, Lybbert and Magnan 2009, Lybbert, Magnan and Aboudrare 2010).

Finally, in 2010, we decided to test whether the local impacts we found based on our panel of households were consistent with impacts at a larger spatial scale. This led to an analysis of commune-level education outcomes in the Essaouira province 2000 to 2005 and of satellite imagery for the entire argan region 1980 to 2009. This analysis appeared as the most recent in this string of argan-related publications (Lybbert, et al. 2011).

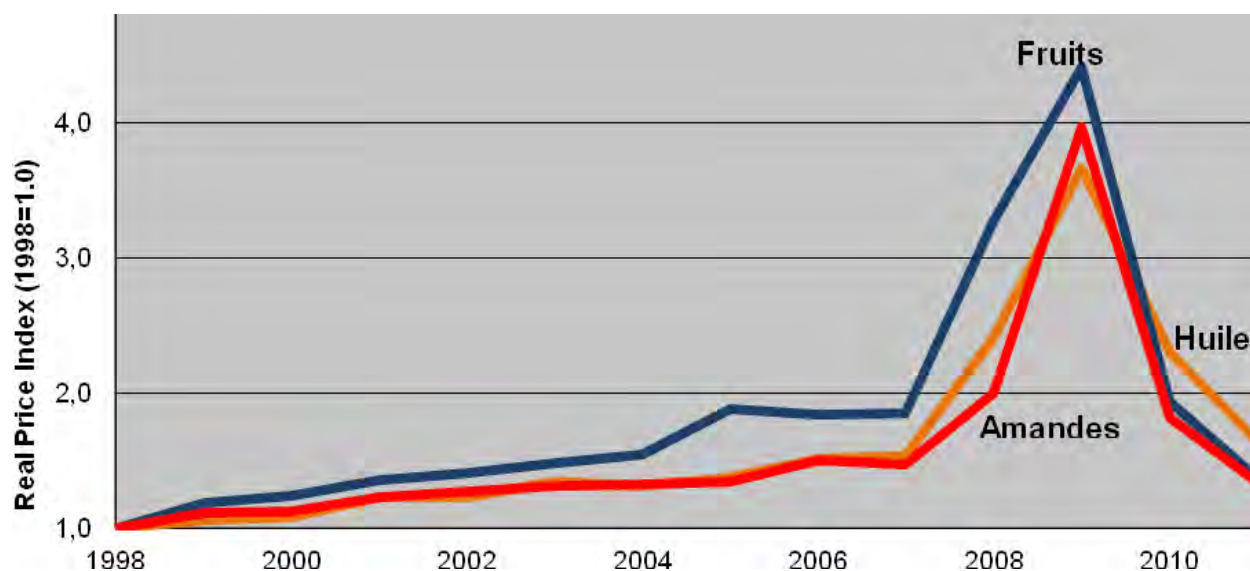
## II. Synthesis of Results

In this section, we first synthesize results from the panel data analysis of the local impacts of the argan oil boom on how rural households interact with argan markets, what benefits arise from their market participation, and how their use of the forest has evolved. Building on this micro-analysis, we discuss the results of the landscape-level analyses that test the win-win claim at the more aggregated landscape-level.

### A. Local Impacts on Rural Households and the Forest

As described in detail elsewhere (Lybbert, Magnan and Aboudrare 2010), we use panel household data from Essaouira Province to assess the impact of the argan boom on households and on their exploitation of the forest.





**Figure 1** Real price indices for argan oil, fruit and kernels showing the evolution of prices in local souks.

As argan prices soared between 1999 and 2007 (see Figure 1), average household argan oil production tripled and average argan oil consumption fell by half. Argan fruit became a popular speculative investment, with average household stocks increasing 10 fold. The proportion of households selling argan oil more than doubled, but the proportion selling *fruit* increased more than six-fold as the booming fruit market has turned argan fruit into an important source of income. Even more recently, markets for argan kernels began to emerge and increasingly enable locals to capture greater value-added by stripping pulp and cracking stones to extract the kernel.

We compare several measurable indicators of welfare among rural households before and after dramatic changes in argan markets. We use households' access to argan fruit in 1999 as a measure of how much they stood to benefit from the ensuing appreciation of argan prices. First, we find that households with access to more fruit enjoyed a slightly higher increase in household consumption relative to other households. Second, benefiting households accumulated more assets in the form of goats (but not other livestock), which bodes poorly for the forest because goats often climb in trees to graze leaves with negative impacts on forest health and subsequent harvests. Third, girls from households that stood to benefit from booming argan prices were significantly more likely to make the transition from primary to secondary school than girls from other households, but no such result appears for boys.

The boom has also induced households to alter their exploitation of the forest. Conflicts over argan resources have increased, as have permanent barriers around seasonal usufruct forest tracts (see SI). While most households still graze their goats in argan trees during some periods of the year, they do so less frequently than before – and very rarely during the fruit collection season. Locals tend to harvest argan fruit more aggressively and often use sticks to dislodge fruit, which can damage branches and dislodge buds for subsequent year's production. Despite higher fruit prices, locals have shifted away from butane and toward 'dead' argan wood as a source of energy. Whereas 17 percent of our households relied primarily on argan wood for cooking in 1999, this figure rose to 67 percent by 2007. With steadily increasing costs of living and stagnating income outside the argan sector, households are increasingly choosing to substitute 'free' argan wood for purchased butane. In sum, micro-level evidence suggests that the boom is benefiting some locals, but has altered forest exploitation by increasing short-run fruit collection incentives rather than long-run concerns of forest sustainability.



## B. Landscape-Level Impacts

We next zoom out and assess the impact of booming argan markets on the region and forest landscape. To do this, we focus our attention on aggregate welfare data at the commune-level for one province and on satellite image data at the 8km x 8km level for the entire region (see Lybbert et al. 2011 for full details).

To evaluate the association between the argan boom and the response in welfare and forest changes, we follow a dose-response approach that uses booming argan prices after 1999 as the treatment and argan forest coverage as the dosage of this treatment. Using the only available panel data on welfare outcomes at the commune level, we focus our meso-analysis of welfare impacts on education enrollment data from Essouira Province. The results suggest that the argan boom has had a positive impact on student enrollment in communes where educational infrastructure is weak. This effect is particularly strong for girls. Among communes with weak educational infrastructure, those with 65% argan forest cover saw the proportion of eligible girls enrolled increase by roughly 10% between 2000 and 2005.

Next, we analyze satellite data to assess landscape-level trends in the density of the argan forest and forest canopy. By comparing these trends before and after the onset of the boom in 1999, we evaluate whether high value argan commercialization has led to improvements in forest and canopy density. We quantify these density changes using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is used to monitor vegetation cover, plant biomass, productivity, and biodiversity in many settings (Bawa, et al. 2002).<sup>1</sup> In the analysis, we control for current and cumulative rainfall to isolate anthropogenic impacts on NDVI and exploit the fact that forest floor is largely void of vegetation during the dry season to isolate the NDVI trend for the forest canopy. Prior to the boom, negative trends prevailed in some portions of the southern argan forest due to dramatic expansions of irrigated agriculture in that region during the 1980s and 1990s (Aziki 2008, El Yousfi 1988). Since the boom began, much of the northern argan forest appears to have thinned. Since the northern forest has attracted greater attention during the argan boom due to its proximity to major markets and popularity among tourists, this pattern seems consistent with the boom negatively affecting the forest, but we must push further to statistically test the impact of the boom.

To this end, we zoom in on pixels in or near the argan forest and assess changes in canopy trends in greater detail. As before, we use the argan boom as the treatment, where only pixels with (pre-boom) argan forest coverage are treated. Non-argan pixels that contain different tree and shrub species (e.g., *Acacia*, *Juniperus*, *Tetraclinis*) serve as pseudo-control pixels since they were subject to the same climatic pressures as the argan forest, but not the anthropogenic changes induced by the argan boom. After differencing the estimated pre- and post-1999 canopy trends for each pixel, we compare trend changes for argan and non-argan pixels. We match argan forest pixels to similar non-argan forest pixels nearby and estimate the average effect of the argan boom on (treated) argan forest canopy based on the pairwise comparison of these matched pixels. Although there is some variation in statistical significance across different matching configurations, pixels ‘treated’ with booming argan prices experienced a decline in NDVI relative to similar pixels with non-argan tree and shrub species. Since we are interested in testing the impact of the argan boom on the argan forest (and not its impact on non-argan forest were it converted to argan forest), the average treatment effect on the treated is most relevant and is significant for all of our matching configurations. Both the magnitude and significance of these impacts are greater when we match pixels with more than 40% argan cover to those with non-argan forest. Booming argan markets have certainly not improved the argan forest – and may have even induced further degradation, particularly in northern locations.

1 - To validate our use of this measure, we compared NDVI with percent canopy measures based on recent satellite images taken in the argan region. The correlation between dry season NDVI and canopy cover is high (>0.90) since trees are often the only dry season vegetation in the region.



These household- and landscape-level analyses offer complementary tests of the win-win claims of poverty alleviation and biodiversity conservation. The household data allow for rigorous tests of welfare impacts, but evidence of forest impacts can only be deduced from households' reported actions. In contrast, the landscape-level analysis offers less robust but suggestive evidence of benefits to girls' education, while providing a more rigorous test of the impact of the boom on the argan forest. Combined, these results suggest locals are benefiting from the argan boom in ways that may improve women's welfare and alleviate persistent rural poverty, but at the risk of degrading the forest and the biodiversity it sustains. Unless locals' short term obsession with fruit collection matures into longer term productivity and sustainability concerns, rural poverty reduction may itself be a short term benefit of the argan boom.

### III. How Will the Argan Story Play Out?

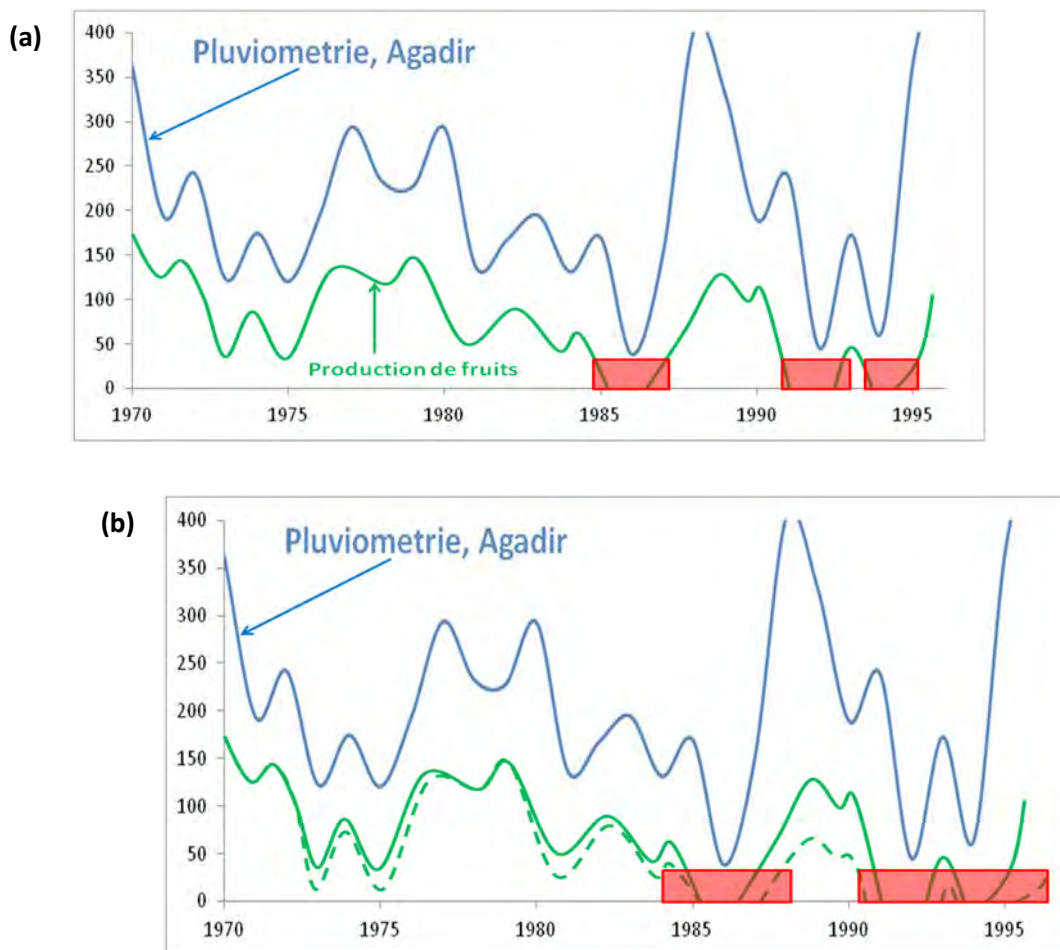
Based on the work we have done in the argan region, several aspects of the argan story to-date strike us as particularly important for better understanding how the story may play out in the next decade. First, consider the interplay between locals' response to argan fruit price appreciation, argan markets, and forest impacts. In 1999, high value argan oil extractors insisted on purchasing only whole fruit in local markets as a guarantee that the kernel inside had not passed through a goat's gut (Lybbert, Barrett and Narjisse 2002). Since then, rapid appreciation of argan fruit prices has prompted locals to collect fruit by hand and prevent their goats from ingesting whole fruit. Thus, there are far fewer "goat kernels" in local markets. Knowing this, high value extractors are increasingly willing to purchase kernels in spot markets, which have become nearly as active as those for argan fruit. Moreover, this change has increased the volume of kernels sold as well as doubling the price premium of kernels over fruit between 2005 and 2009. In short, initial market changes induced a behavioral response that resolved a "market for lemons" problem (Akerlof 1970) and enabled the emergence of high value kernel markets. Because the laborious task of extracting the kernel has yet to be mechanized, this induced kernel market is currently the most promising path from high value argan markets to rural poverty alleviation. But this will change dramatically when kernel extraction (concassage) is successfully mechanized, which will happen soon.

The win-lose reality of the argan case is largely due to the mismatch between locals' conservation incentives and the long run sustainability of the argan forest. While locals are now less likely to let their goats browse in the tree canopy, this forest-friendly change is motivated more by immediate concerns about the fruit harvest than by any longer-term concern for tree or forest productivity. Goats still regularly climb and browse trees outside the fruit harvest season, when most trees are treated as an open access resource, and so continue to tax the forest. Many locals also appear to be resorting to increasingly aggressive fruit harvesting techniques, which can damage the tree, and to argan wood as a source of fuel. Collectively, these decisions suggest that locals' interest in argan fruit has not yet matured into a concern about the long run sustainability of the forest. Whether and how this mismatch evolves will strongly influence the future of the forest.

This mismatch between private incentives and sustainability of the forest also interacts with drought cycles in potentially negative ways as shown in Figure 2. While the argan tree is well adapted to arid conditions and can survive in a dormant state for several years during extreme drought, it is quite vulnerable during lesser drought conditions that do not trigger this dormant response. Locals and their goats generally exploit the argan tree more heavily during such episodes of moderate drought because other options dry up before the argan tree goes dormant – a dependence that can only increase as households shift their livelihoods more heavily toward argan fruit. As fruit production falls during these periods, harvesting tactics are likely become even more aggressive. Precisely this scenario played out in 2008 – a year of low fruit production, high fruit prices, conflicts among collectors, and frequent and aggressive fruit harvesting. Although the argan tree is robust to many pressures, recovery from these episodes of intense climatic and exploitation pressures can be painfully slow. Since it serves as foundation species for over 1,200 species (Aymerich and TARRIER 2010), this cyclical and intensifying pressure on the argan tree may threaten the broader biodiversity of the *Acacia-Argania* eco-region.



Finally, successful reforestation of the argan tree and ultimately its domestication may now be on the horizon. These advances could dramatically change the prospects of the argan tree – and in ways that may be hard to anticipate at this point. Making the tree easier to grow and fruit easier to produce will give locals a viable way to invest argan forest sustainability, but may also serve



**Figure 2** Actual rainfall (mm/yr) in Agadir and hypothetical production of argan fruit: (a) depicts hypothetical fruit production before argan market boom and (b) depicts hypothetical fruit production after argan market boom (dashed line). Red bars indicate periods of argan tree dormancy.

to break down an already vulnerable usufruct tenure system for allocating rights to argan fruit since planted trees will likely be considered private not collective property. The most profound impact of these advances, however, will be expanding the range of the argan tree both within Morocco and more broadly. Indeed, if the worst case climate changes occur, the argan region may become too dry and too hot to continue hosting the argan tree. Vast expanses of argan orchards might then be seen on other continents in regions better suited for the tree. Obviously, such changes would drastically change how the argan story plays out from here.



## Références bibliographiques

- Aboudrare, A., T.J. Lybbert, and N. Magnan.** 2009. "Le Marché de l'huile d'Argan et son impact sur les ménages et la forêt dans la région d'Essaouira " *Transfert de Technologie en Agriculture* 175(Avril).
- Akerlof, G.** 1970. "The market for" lemons": Quality uncertainty and the market mechanism." *The quarterly journal of economics* 84(3):488-500.
- Aymerich, M., and M. TARRIER.** 2010. *Un Désert Plein de Vie, Carnets de Voyages Naturalistes au Maroc Saharien*. Morocco: La Croisée de Chemins.
- Aziki, S.** 2008. "Dégradation et Changements Ecologiques Dans La Réserve de Biosphère Arganaise." *RARBA / GTZ Report*:57.
- Barrett, C.B., and T.J. Lybbert.** 2000. "Is Bioprospecting a Viable Strategy for Conserving Tropical Ecosystems?" *Ecological Economics* 34(3):293-300.
- Bawa, K., J. Rose, K. Ganeshiah, N. Barve, M. Kiran, and R. Umashaanker.** 2002. "Assessing biodiversity from space: an example from the Western Ghats, India." *Conservation Ecology* 6(2):7.
- El Yousfi, S.M.** 1988. "La Dégradation Forestière dans le Sud Marocain: Exemple de l'Arganaise d'Admine entre 1969 et 1986." M.S. Thesis, IAV Hassan II.
- Lybbert, T., N. Magnan, and A. Aboudrare.** 2010. "Household and local forest impacts of Morocco's argan oil bonanza." *Environment and Development Economics* 15(04):439-464.
- Lybbert, T.J.** 2000. "Local Development and Conservation Consequences of a Bioprospecting-Based Boom: The Case of Morocco's Argan Oil." M.S. Thesis, Cornell University.
- . 2007. "Patent Disclosure Requirements and Benefit Sharing: A counterfactual case of Morocco's argan oil." *Ecological Economics* 64:12-18.
- Lybbert, T.J., A. Aboudrare, D. Chaloud, N. Magnan, and M. Nash.** 2011. "Booming markets for Moroccan argan oil appear to benefit some rural households while threatening the endemic argan forest." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(34):13963-13968.
- Lybbert, T.J., C.B. Barrett, and H. Narjisse.** 2003. "Does Resource Commercialization Induce Local Conservation? A Cautionary Tale From Southwest Morocco." *Society and Natural Resources* 17:413-430.
- . 2002. "Market-Based Conservation and Local Benefits: The Case of Argan Oil in Morocco." *Ecological Economics* 41(1):125-144.
- Msanda, F., A. El Aboudi, and J. Peltier.** 2005. "Biodiversity and biogeography of Moroccan argan tree communities." *Cahiers Agricultures* 14(4):357-364.
- World Wildlife Fund, and M. McGinley** 2007 Mediterranean acacia-argania dry woodlands and succulent thickets Mediterranean acacia-argania dry woodlands and succulent thickets, ed. C.J. Cleveland, Encyclopedia of Earth. Washington D.C., National Council for Science and the Environment.









**B. Posters présentés  
par axe thématique**

**Axe 1 : L'Arganier  
et l'Ecosystème arganeraie**



# Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'*argania spinosa*

**Fadma FAHMI<sup>1</sup>, Saida TAHROUCH<sup>2</sup>, Zakia BOUZOUBÂA<sup>3</sup>, Abdelhakim HATIMI<sup>2</sup>**

1 - Doctorante, Laboratoire de Biotechnologies Végétales, Faculté des Sciences, Agadir. [fadmafahmi@gmail.com](mailto:fadmafahmi@gmail.com).

2 - Professeurs chercheurs, Laboratoire de Biotechnologies Végétales, Faculté des Sciences, Agadir.

3 - Maître de Recherche en Production, Protection et Biotechnologie Végétale à l'INRA Maroc ; CRRA Agadir.

## Résumé

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est un arbre résistant à des périodes de sécheresse prolongée. L'effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'arganier a été étudié sur la partie foliaire des arbres d'arganier récoltée dans sept stations à savoir Essaouira, Tamanar, Imouzzer, Admine, Ait Baha, Merght et Guelmim.

Lors d'un stress hydrique, la teneur en eau relative des feuilles augmente de 55.09% à 77.82%, cette augmentation est due à une fermeture graduelle des stomates ; ce qui permet de maintenir la turgescence foliaire de la plante pour tolérer la déshydratation. Par ailleurs, nous remarquons une nette diminution de la teneur en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b) et caroténoïdiques des feuilles d'arganier, avec le stress hydrique, cela peut être du à la fermeture partielle des stomates qui limite la photosynthèse ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle.

Le dosage spectrophotométrique, à l'aide du réactif de Neu, des flavonoïdes totaux de l'extrait des feuilles d'arganier, montre que le taux de ces composés augmente avec le stress hydrique et présente des teneurs allant de 36.71 mg/gMS à 53.51 mg/gMS. Les plantes réagissent en augmentant leur pool phénolique, surtout les flavonoïdes, pour faire face aux agressions de l'environnement.

**Mots clés** : *Argania spinosa* – Teneur en eau relative – Chlorophylles – Flavonoïdes – Aridité.

## *Aridity effect on biochemistry and physiology of argania spinosa*

### Abstrat

The argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) is a tree which resists to periods of prolonged drought well. Aridity effect on biochemistry and physiology of argan tree has been studied on the leaves of this tree collected in seven stations: Essaouira, Tamanar, Imouzzer, Admine, Ait Baha, Merght and Guelmim.

Under water stress, the relative water content of the leaves increases from 55.09% to 77.82%, the increase is due to partial closing of their stomates; which helps plant to maintain leaf turgor to tolerate dehydration. Moreover, the chlorophyll pigments content (chlorophyll a, b) and carotenoids in leaves of argan tree decrease in response to water stress. The decrease may be resulted from partial closure of stomata which limits leaf photosynthesis rate or may be due to a chlorophyll degradation under water stress. The flavonoid contents increase with water stress and varied between 36.71 mg /g DW and 53.51 mg /g DW. It is known that under stress conditions, polyphenol metabolites increase, especially flavonoids.

**Key word** , : *Argania spinosa* – Relative water content – Chlorophylls –Flavonoids – Aridity.



## Introduction

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une espèce endémique du Sud-Ouest marocain [1, 2,3,4,5]. C'est un arbre thermophile et xérophile, avec des exigences en humidité atmosphérique élevées. Il résiste à des périodes de sécheresse prolongée et aux effets desséchants du vent chaud et sec venant du Sahara en perdant ses feuilles [6]. Les forêts d'arganier ne s'étendent actuellement que dans les zones arides et semi-arides du Sud-ouest marocain. L'arganier joue un rôle écologique et socio-économique très important, il permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne grâce à ses profondes racines [7]. Chaque partie ou production de l'arbre (bois [4], feuilles, fruits [8] et huile [3,9,10,11]) est utilisable et représente une source de revenus et de nourriture pour les populations autochtones [2,12].

Les espèces des zones arides et semi-arides peuvent survivre au déficit hydrique et à l'extrême irrégularité des précipitations grâce à un ensemble de mécanismes morphologiques, anatomiques, physiologiques et métaboliques reflétant différents types d'adaptations [13,14,15]. Lors d'un déficit hydrique, l'activité photosynthétique de la feuille est affectée et particulièrement la concentration en chlorophylle qui diminue avec l'augmentation du stress hydrique [16,17].

La teneur en eau relative correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal [18]. Les espèces végétales qui maintiennent des teneurs foliaires en eau relatives élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes à la sécheresse.

D'autres mécanismes biochimiques interviennent pour faire face aux différentes agressions de l'environnement à savoir les polyphénols surtout les flavonoïdes. L'étude de la fraction flavonoïdique des feuilles d'arganier a montré la présence de la quercétine, la myricétine et de leurs hétérosides [19].

Dans cette optique, notre travail s'intéresse à l'étude des mécanismes physiologiques et biochimiques comparative des feuilles d'arganier de sept stations différentes suivant un gradient d'aridité croissant, en vue de déterminer les facteurs intervenants à la résistance à l'aridité.

## Matériels et méthodes

### ***Matériel végétal***

Le matériel végétal est constitué de feuilles d'arganier prélevées sur quinze arbres différents, récolté au niveau de sept stations : Essaouira, Tamanar, Immouzer, Admine, Ait Baha, Merghat et Guelmim. Les principales caractéristiques de chaque site sont représentées dans le tableau 1.



**Tableau 1** : Les caractéristiques des sites de récolte.

Station	Position	Situation géographique	Altitude (m)	Précipitation annuelle (mm)	Climat
Essaouira	N30°59'30" W009°42'42.9"	Côte atlantique	117	280	Semi-aride
Tamanar	N31°05'14.5" W009°40'32.4"	Nord Anti-Atlas	183	300	Semi-aride
Immouzer	N30°40'23" W009°28'48"	Nord Anti-Atlas	1000	422	Semi-aride
Admine	N30°20'3" W 9°27'50"	Plaine de Souss	90	200	Aride
Ait Baha	N30°03'49.7" W009°07'15.3"	Nord Anti-Atlas	610	120	Aride
Merght	N29°25'18.5" W009°42'29"	Sud Anti-Atlas	712	150	Aride
Guelmim	N29°25'18.5" W009°42'29"	Limite nord de Sahara	629	146	Aride

Une partie des feuilles récoltées est séchée à l'étuve à 40°C pendant 24h et est utilisée pour l'étude phytochimique. L'autre partie est conservée au congélateur pour l'étude écophysiological.

## Méthodes

### *La teneur en pigments chlorophylliens*

0.5g des feuilles fraîches sont homogénéisées avec 50ml d'acétone 90% (v/v) puis centrifuger. Le surnageant obtenu est utilisé pour le dosage des pigments chlorophylliens (chlorophylle a et b, caroténoïdes). La lecture de la densité optique (DO) se fait au spectromètre IC 6400 visible à des longueurs d'onde de 663nm pour la chlorophylle a, 645nm pour la chlorophylle b et 470nm pour les caroténoïdes. Le blanc est constitué d'acétone.

La concentration des pigments chlorophylliens est calculée selon la formule [20] suivante :

$$\text{Chlorophylle a (mg/g MF)} = (11.75 \times A_{663} - 2.35 \times A_{645}) \times 50 / 500$$

$$\text{Chlorophylle b (mg/g MF)} = (18.61 \times A_{645} - 3.96 \times A_{663}) \times 50 / 500$$

$$\text{Caroténoïdes (mg/g MF)} = ((1000A_{470}) - (2.27 \times \text{Chla}) - (81.4 \times \text{Chlb}) / 227) \times 50 / 500$$

### *La teneur en eau relative*

La Teneur relative en eau (TRE) est déterminée selon la formule suivante [21] :

$$\text{TRE} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$$

PF : Poids de la matière fraîche.

PT : Poids à la turgescence, obtenu après 24 heures de trempage des feuilles dans de l'eau distillée et sont maintenues à l'obscurité.

PS : Poids sec, obtenu après séchage des feuilles à l'étuve à 70°C pendant 48 heures.



### **La teneur en flavonoïdes totaux**

50 mg de poudre de feuilles séchées mis dans un tube Eppendorf sont homogénéisés dans 1 ml de Méthanol 80% (v/v). Le mélange subit une sonication pendant 15 min puis une centrifugation de 30 min. Le surnageant est utilisé pour le dosage des flavonoïdes totaux. Ce dosage est effectué au spectromètre IC 6400 visible.

Deux méthodes de dosage sont utilisées :

-Gamme d'étalonnage : réalisée à partir de 0.05 mg/ml de quercitrine (flavonol). La lecture de la densité optique (DO) est effectuée entre 220 et 420 nm.

-Méthode d'Andary [22] : chaque extrait est additionné du réactif de NEU [23] à raison de 100 µl de NEU (2 amino-éthyl diphényl borate à 1% dans le méthanol) pour 2 ml d'extrait. La lecture de la DO se fait à une longueur d'onde de 404 nm. Le blanc est constitué de méthanol.

La teneur des flavonoïdes est calculée selon la formule suivante [24] :

$$T \text{ flavonoïdes} = A_{\text{ext}} \times 0.05 \times 100 / A_{\text{q}} \times C_{\text{ext}}$$

$A_{\text{ext}}$  : Absorption de l'extrait

$A_{\text{q}}$  : Absorption de la quercitrine (0.05 mg/ml)

$C_{\text{ext}}$  : Concentration de l'extrait en mg/ml

Les résultats sont donnés en mg d'équivalent quercitrine par gramme de matière sèche.

#### *Analyses statistiques*

Les analyses statistiques de l'ensemble des données sont effectuées avec STATISTICA. Ce logiciel permet de faire l'analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5% et lorsqu'une différence significative a été mise en évidence, les groupes homogènes ont été constitués à partir du test de NEWMAN-KEULS.

## **Résultats**

### **la teneur en pigments chlorophylliens**

La teneur de la chlorophylle a est plus importante dans la région d'Essaouira, elle représente  $1.99 \pm 0.75 \text{ mg/g MF}$ , alors qu'elle est faible dans la région de Guelmim avec une teneur de  $1.5 \pm 0.33 \text{ mg/g MF}$ , passant par des valeurs intermédiaires dans les autres stations (fig.1). On note que la teneur de la chlorophylle a diminue suivant un gradient d'aridité croissant (fig.1).

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les stations étudiées concernant les résultats de la chlorophylle a (Tab.2).

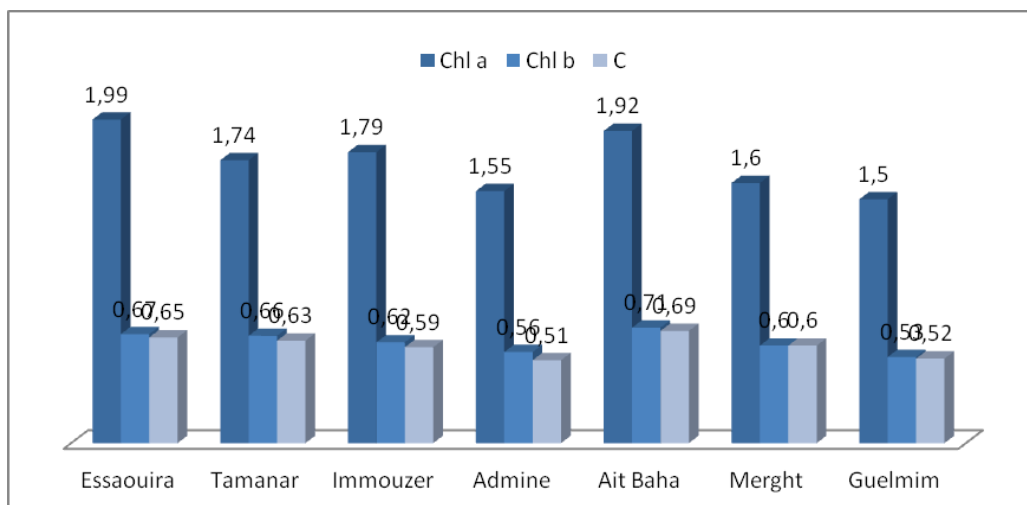
La teneur de la chlorophylle b est importante dans la région d'Aït Baha ( $0.71 \pm 0.26 \text{ mg/gMF}$ ) et peu importante dans la région de Guelmim ( $0.53 \pm 0.14 \text{ mg/gMF}$ ) (Tab.2).

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les stations étudiées concernant les résultats de la chlorophylle b (Tab.2).

La teneur des caroténoïdes est importante dans la région d'Aït Baha et représente  $0.69 \pm 0.22 \text{ mg/gMF}$ . Cette teneur est peu importante dans la région d'Admine et représente  $0.51 \pm 0.25 \text{ mg/gMF}$  (fig.1).

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les stations étudiées pour la teneur des feuilles en caroténoïdes (Tab.2).



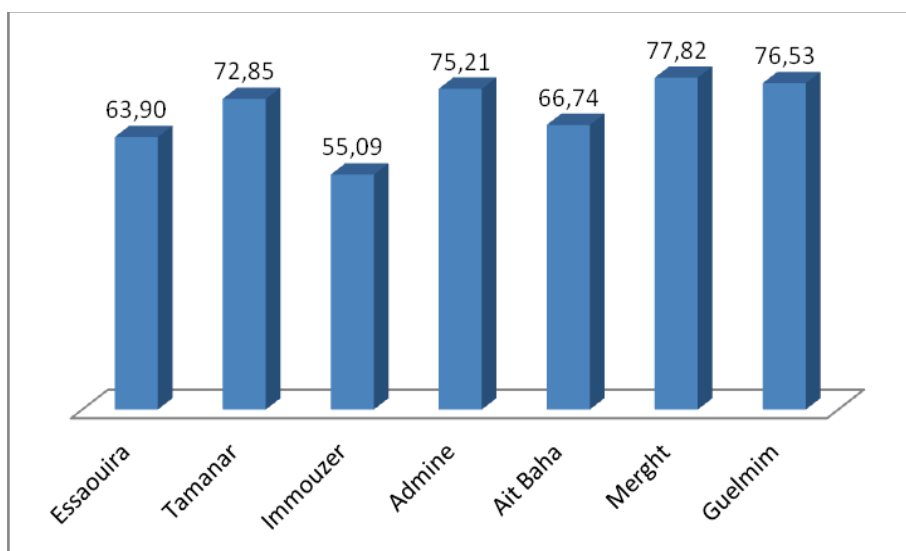


**Figure 1** : Taux des pigments chlorophylliens en mg/g de matière fraîche

### **La teneur en eau relative**

Une comparaison de la teneur en eau relative des feuilles d'arganier, en répondant aux facteurs d'aridité croissants montre, en général, une augmentation de ce paramètre (TER) avec deux exceptions dans la région d'Immuzer et d'Ait Baha, ces deux stations enregistrent la plus faible teneur en eau relative par rapport à leur situation géographique ; soit respectivement de  $55.09 \pm 13.86\%$  et  $66.74 \pm 18.44\%$ , contre une augmentation de cette teneur suivant un gradient d'aridité croissant allant de  $63.9 \pm 14.58\%$  à  $77.82 \pm 6.46\%$  pour les cinq autres stations (fig.2).

Le test de NEWMAN-KEULS permet de déterminer les groupes homogènes pour la teneur en eau relative. Ce test montre qu'il existe trois groupes homogènes qui sont respectivement les stations d'Essaouira, Tamarar et Ait Baha, les stations de Tamarar, Admine, Ait baha, Merghat et Guelmim et la station d'Immuzer. Alors la différence entre les stations du même groupe ne sont pas significative (Tab.2).



**Figure 2** : Teneur en eau relative en %

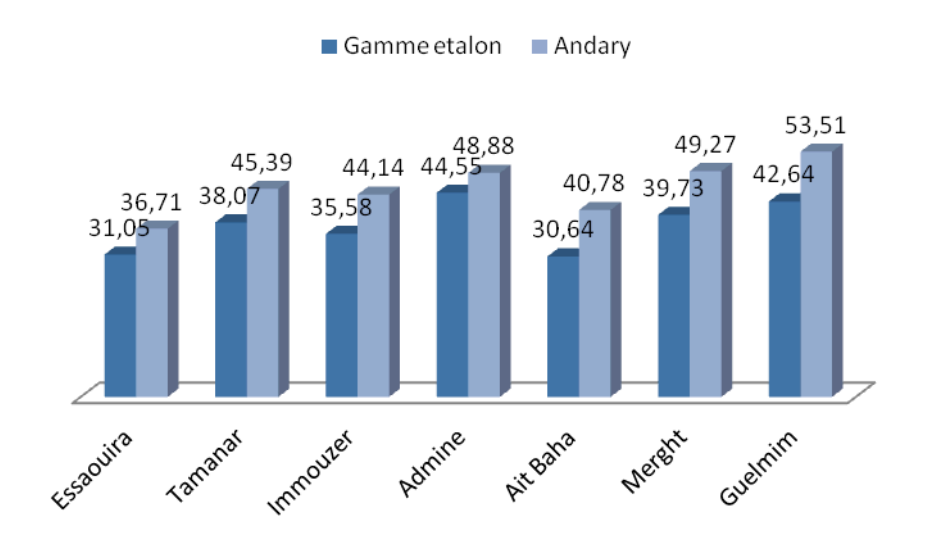


### La teneur en flavonoïdes totaux

La méthode d'Andary [22] et Hariri [24], montrent que le taux des flavonoïdes est important chez les feuilles des régions du Sud (plus élevée dans la région de Guelmim avec une teneur de  $53.51 \pm 25.02 \text{ mg/gMS}$ ) et moins important dans les régions du Nord, et il arrive à  $36.71 \pm 22.07 \text{ mg/gMS}$  dans la région d'Essaouira (fig.3).

La méthode de la gamme étalon confirme les résultats obtenus par la méthode d'Andary (tab. 2).

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les sept stations étudiées quelque soit la méthode utilisée (Tab.2).



**Figure 3 :** Taux des flavonoïdes totaux en mg/g de matière sèche

**Tableau 2 :** Résultats des analyses physiologiques et biochimiques des stations étudiées

Stations	Pigments chlorophylliens (mg/gMF)			TER (%)	Teneur en flavonoïdes (mg/gMS)	
	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Caroténoïdes		La gamme étalon	Méthode d'Andary
Essaouira	1.99±0.75 <sup>a</sup>	0.67±0.36 <sup>a</sup>	0.65±0.24 <sup>a</sup>	63.9±14.58 <sup>b</sup>	31.05±25 <sup>a</sup>	36.71±22.07 <sup>a</sup>
Tamanar	1.74±0.9 <sup>a</sup>	0.66±0.33 <sup>a</sup>	0.63±0.27 <sup>a</sup>	72.85±9.13 <sup>bc</sup>	38.07±20.03 <sup>a</sup>	45.39±22.36 <sup>a</sup>
Immouzer	1.79±0.47 <sup>a</sup>	0.62±0.12 <sup>a</sup>	0.59±0.13 <sup>a</sup>	55.09±13.86 <sup>a</sup>	35.58±13.44 <sup>a</sup>	44.14±18.73 <sup>a</sup>
Admine	1.55±0.89 <sup>a</sup>	0.56±0.35 <sup>a</sup>	0.51±0.25 <sup>a</sup>	75.21±4.24 <sup>c</sup>	44.55±17.74 <sup>a</sup>	48.88±20.45 <sup>a</sup>
Ait Baha	1.92±0.61 <sup>a</sup>	0.71±0.26 <sup>a</sup>	0.69±0.22 <sup>a</sup>	66.74±18.44 <sup>bc</sup>	30.64±13.94 <sup>a</sup>	40.78±17.94 <sup>a</sup>
Merght	1.6±0.43 <sup>a</sup>	0.6±0.15 <sup>a</sup>	0.6±0.13 <sup>a</sup>	77.82±6.46 <sup>c</sup>	39.73±17.21 <sup>a</sup>	49.27±21.99 <sup>a</sup>
Guelmim	1.5±0.33 <sup>a</sup>	0.53±0.14 <sup>a</sup>	0.52±0.16 <sup>a</sup>	76.53±6.36 <sup>c</sup>	42.64±23.67 <sup>a</sup>	53.51±25.02 <sup>a</sup>

Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).





## Discussions

les plantes réagissent au stress environnemental par un ensemble des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques, ce qui permet le maintien de la croissance, du développement et de la production [25, 26, 27, 28]. Cette réponse varie au sein des populations et des génotypes provenant des régions climatiques différentes [29, 30, 31, 32].

Nos résultats montrent que les arbres d'arganier réagissent aux différents niveaux du stress environnemental.

Le taux des pigments chlorophylliens (chl a, chl b et caroténoïdes) diminue selon un gradient d'aridité croissant. Cependant, les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les stations étudiées.

La teneur en eau relative des feuilles d'arganier augmente le long d'un transect d'aridité croissant mais cette teneur diminue aux grandes altitudes (région d'Immouzer).

Nos résultats diffèrent de ceux trouvés chez les plantes qui sont soumis à un déficit hydrique édaphique, cités par de nombreuses auteurs ; Berka et Aïd [33] chez les plants d'*Argania spinosa*, Huseynova *et al* [34] chez le blé, Van Loon [35] chez la pomme de terre.

Dans les conditions naturelles, lorsque les plantes de pomme de terre sont soumises aux conditions du stress environnemental, les stomates commencent à se fermer, si la teneur en eau relative atteint 92 à 96% [36]. On note alors que le stress hydrique aboutit à la fermeture partielle des stomates [37, 38], ce qui a pour conséquence de diminuer la transpiration [38] et la photosynthèse [35]. Il apparaît que la transpiration et la photosynthèse sont indépendants au dessèchement du sol au fur et à mesure que le potentiel de base devient plus négatif [33, 38, 39].

Berka et Aïd [33] montrent que la régulation stomatique chez l'arganier contribue peu efficacement à la stratégie d'évitement de la dessiccation. Le maintien de la teneur en eau relativement élevée semble être attribué à d'autres mécanismes physiologiques (accumulation des solutés).

L'activité photosynthétique des feuilles dépend de ces caractéristiques physiologiques comme la teneur en pigments chlorophylliens [34]. Cette teneur diminue en répondant au stress environnemental [16,17,34, 40, 41, 42, 43, 44].

La diminution du taux des pigments chlorophylliens est probablement due à la fermeture partielle des stomates, à cause de la diminution du potentiel hydrique du sol [42], où à la formation d'une enzyme protéolytiques (chlorophyllase), qui est responsable de la dégradation de la chlorophylle [45].

La diminution du taux des pigments chlorophylliens est aussi probablement due à la diminution de la synthèse de la chlorophylle à cause d'un changement de la structure membranaire des thylacoïdes [46].

Le dosage de flavonoïdes des feuilles d'arganier montre une augmentation de la teneur en flavonoïdes dans différentes stations le long d'un transect d'aridité croissant. Cependant, les analyses statistiques pour le dosage des flavonoïdes des feuilles d'arganier par la méthode d'Andary [22] et Hariri [24] et par celle effectués avec la gamme-étalon montrent qu'il n'y a pas de différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les sept stations étudiées.

On note que les plantes réagissent aux agressions de l'environnement en augmentant la production des polyphénols surtout les flavonoïdes, ces composés phénoliques peuvent être soumis à d'importantes fluctuations face à ces agressions. De plus, les composés phénoliques d'une plante dépendent d'un nombre de facteurs intrinsèques (génétiques) et extrinsèques (environnementaux) des facteurs [47,48].



## Conclusion

L'ensemble de nos résultats montre que les arbres d'arganier présentent une stratégie caractéristique des espèces tolérantes à la sécheresse hydrique.

L'arganier peut faire face aux conditions d'aridité en diminuant la perte d'eau grâce à la fermeture partielle des stomates.

En plus de ce mécanisme physiologique, un autre mécanisme biochimique intervient pour renforcer l'adaptation des plants d'arganier à la sécheresse en augmentant leur pool phénolique surtout les flavonoïdes.

La résistance globale des arbres d'arganier à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien d'une bonne croissance face à ces conditions agressives.

## Références bibliographiques

1. **Emberger L., 1925.** Le domaine naturel de l'arganier. Bull. Soc. Bot., Paris. Pp : 770-774.
2. **Boudy P., 1950.** Economie forestière Nord Africaine. Tome II, Monographie et traitements des essences forestières. Fasc 1. pp : 382-416. Larose. Paris.
3. **Ehrig F.R., 1974.** Die Arganie. Charakter, Ökologie und Wirtschaftliche Bedeutung eines Teträrreliktes in Marokko. Petermanns Geogr. Mitt., 118 (2). Pp: 117-125.
4. **M'hirit O., 1989.** L'arganier est une espèce fruitière forestière à usages multiples. Formation forestière continue, Thème « l'arganier » Station de Recherche Forestière, Rabat, 13-17 Mars : 31-57.
5. **Prendergast H.D.V., Walker C.C., 1992.** The Argan multipurpose tree of Morocco. The Kew Magazine, 9: 76-85.
6. **Nouaim R., Chaussod R., 1993.** L'Arganier – *Argania spinosa* (L) Skeels.(Sapotacées). Bull Res Arb Trop ; 27 : 7-9.
7. **Benzyane M., Khatouri M., 1991** ; Estimation de la biomasse des peuplements d'Arganier. Annales de la recherche forestière au Maroc. 128-140.
8. **Fellat-Zarrouk K., Smoughen S., Maurin R., 1987.** Étude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. Actes Inst. Agron. Vét. 7. 17-21.
9. **Jaccard P., 1926.** L'arganier, Sapotaceae oléagineuse du Maroc. Pharmaceutica Acta Helvetiae. Pp : 203-209.
10. **Fairchild D., 1930.** Exploring For Plants. Mc Millan Company. N.Y.: 168-185.
11. **Chimi H., Cillard J., Cillard P., 1994.** Autooxydation de l'huile d'argan *Argania spinosa* L. du Maroc. Science des aliments, 14: 117-124.
12. **Benchakroun F., 1990.** Un système typique d'Agroforesterie au Maroc: L'arganeraie. Séminaire Maghrébin D'Agroforesterie, Jebel Oust, Tunisie, October.
13. **Turner NC., 1986.** Adaptation to water deficits: A changing perspective. Aust J Plant Physiol ; 13 : 175-90.
14. **Domingo F., Brenner A.J., Gutiérrez L., Clark S.C., Incoll L.D., Aguilera C., 2003.** Water relations only partly explain the distributions of three perennial plant species in a semi-arid environment, *biologia plantarum* 46 (2) : 257-262.



- 15. Sawadogo M., Zombre G., Balma D., 2006.** Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 43-54
- 16. Kaya C., Tuna A. L., Alves A. A. C., 2006.** Gibberellic acid improves water deficit tolerance in maize plants. *Acta physiologiae plantarum*. Vol. 28. No. 4. 331-337.
- 17. Degl'Innocenti E., Guidi L., Stevanovic B., Navari F., 2008.** CO<sub>2</sub> fixation and chlorophyll a fluorescence in leaves of *Ramonda serbica* during a dehydration-rehydration cycle. *Journal of Plant Physiology* 165,723-733
- 18. Collinson S., Clawson E., Azam-Ali S., Black C., 1997.** Effects of moisture deficits on the water relations of bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.). *J Exp Bo* ; 48 : 877-84.
- 19. Tahrouch S., Andary C., Rapior S., Mondolot L., Gargadennec A. et Fruchier A., 2000.** Polyphenol investigation of *Argania spinosa* (Sapotaceae) endemic tree from Morocco. *Acta Botanica Gallica*, 147, (3), 225-232.
- 20. Lichtenthaler H.K., 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol* ; 148:350-82.
- 21. Weatherley P.E., 1950.** Studies in the water relation cotton plants: the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytol.* 49, 81-87.
- 22. Andary C., 1990.** Documentation chimique et pharmaceutique pour l'AMM du MERALOPS comprimés. Laboratoire Allergan-Dulcis, Monaco, France.
- 23. Neu R., 1956.** Ein neues Reagenz zum Nachweis und zur Unterscheidung von Flavonen im Papierchromatogramm. *Die Naturwissenschaften*, 43,82.
- 25. Hariri E.B., Salle G. et Andry C., 1991.** In volvement of flavonoïds in the resistance of two popular cultivars mistletoe (*Viscum album* L.). *Protoplasma* 162, 20-26.
- 25. Li C., Junttila O., Ernstsén A., Heino P., Palva E.T., 2003.** Photoperiodic control of growth, cold acclimation and dormancy development in silver birch (*Betula pendula*) ecotypes. *Physiol. Plant.* 117: 206-212.
- 26. Li, C., Junttila, O., Heino, P., Palva, E.T., 2003.** Different responses of northern and southern ecotypes of *Betula pendula* to exogenous ABA application. *Tree Physiol.* 23: 481-487.
- 27. Denden M., Bouslama M., Slimi H., Bouaouina T., 2005.** Action du trajet foliaire de diffusion de l'eau et de l'épaisseur de la cuticule sur la transpiration. *Sécheresse* ; 16 : 125-9.
- 28. Denden M., Ben Tina B., Hlaoua W., 2008.** Caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques de tolérance à la sécheresse du pêcher, du poirier et du pommier. *Cahiers Agricultures* vol. 17, n°5.
- 29. Li C., Viherä-Aarnio A., Puhakainen T., Junttila O., Heino P., Palva E.T., 2003.** Ecotype-dependent control of growth, dormancy and freezing tolerance under seasonal changes in *Betula pendula* Roth. *Trees* 17: 127-132.
- 30. Lu Y., Duan B., Li C., 2007.** Physiological responses to drought and enhanced UV-B radiation in two contrasting *Picea asperata* populations. *Can. J. Forest. Res.* 37: 1253-1262.
- 31. Toumi I., Gargouri M., Nouairi I., Moschou P.N., Ben Salem-Fnayou A., Mliki A., Zarrouk M., Ghorbel A., 2008.** Water stress induced changes in the leaf lipid composition of four grapevine genotypes with different drought tolerance. *Biol. Plant.* 52: 161-164.
- 32. Huang X., Xiao X., Zhang S., Korpelainen H., Li C., 2009.** Leaf morphological and physiological responses to drought and shade in two *Populus cathayana* populations. *Biologia plantarum.* 53 (3) : 588-592.



- 33. Berka S. et Aid F., 2009.** Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse* ; 20 (3) : 296-302.
- 34. Huseynova I.M., Suleymanov S.Y., Alyev J.A., 2007.** Structural-functional state of thylakoid membranes of wheat genotypes under water stress. *Biochimica et Biophysica Acta* ; 1767 : 869-875.
- 35. Van Loon C.D., 1981.** The effect of water stress on potato growth development and yield. *American potato journal*. Vol.58.
- 36. Winkler E., 1961.** Assimilationsvermögen, Atmung und Ertrage der Kartoffelsorten Oberarnbacher Frrtne, Planet, Lori und Agnes im Tal (610m) und an der Waldgrenze bei Innsbruck und Vent (1880 m bzw. 2014 m). *Flora, Jena* 151:621-661.
- 37. Epstein E., Grant W.J., 1973.** Water stress relations of the potato plant under field conditions. *Agron J.* 65:400-404.
- 38. El Aboudi A., 1990.** Typologie des agraneraies inframediterraneennes et ecophysiologie de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans le Sous (Maroc). Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier Grenoble I, 123 p.
- 39. Bois J.F., 1983.** Effet d'un stress hydrique sur le comportement racinaire et aérien du riz pluvial. International atomic energy agency vienna. IAEA-SM-267/22.
- 40. Gadallah M.A.A., 1995.** Effect of water stress, abscisic acid and proline on cotton plants. *Journal of Arid Environment* ; 30: 315-325.
- 41. Chen K., Hu G., Keutgen N., Janssens M.J.J., Lenz F., 1999.** Effects of NaCl salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.) II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange. *Scientia Horticulturae* 81 (1999) 43-56.
- 42. Bacelar E. A., Santos D. L., Moutinho-Pereira J.M., Goncalves B.C., Ferreira H.F., Correia C.M., 2006.** Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science* 170 : 596-605.
- 43. Thapar R., Srivastava A.K., Bhargava P., Mishra Y., Rai L.C., 2008.** Impact of different abiotic stresses on growth, photosynthetic electron transport chain, nutrient uptake and enzyme activities of Cu-acclimated *Anabaena doliolum*. *Journal of Plant Physiology* 165 : 306-316.
- 44. Sabater B., Rodriquez M.I., 1978.** Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetin on chlorophyllase levels. *Physiol. Plant.*, 43: 274-276.
- 45. Flore J.A., Lakso A.N., 1989.** Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hortic. Rev.* 11, 111-157.
- 46. Brito G.A., Costa H.M.A.C., Fonseca C.V.V., Santos, 2003.** Response of *Olea europaea* ssp. maderensis in vitro shoots exposed to osmotic stress, *Sci. Hort.* 97 : 411-417.
- 47. Young A.J., Phillip D., Savill J., 1997.** Carotenoids in higher plant photosynthesis, in: M. Pessaraki (Ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel DekkerInc., New York, pp. 575-596.
- 48. Carpenter S.B., Smith N.D., 1975.** Stomatal distribution and size in southern Appalachian hardwoods. *Canadian Journal of Botany*, 53, 1153-1156.



# Essai d'installation et de suivi de comportement de l'arganier (*argania spinosa*) dans le contexte aride de Tafilalet

**HOMRANI BAKALI Abdelmonaim<sup>1</sup>**

1 - Chercheur à l'Institut National de Recherche Agronomique, Errachidia, BP. 2 Errachidia principale, Av. de la Marche Verte. Email : ([homrani\\_bakali@yahoo.fr](mailto:homrani_bakali@yahoo.fr))

## Résumé

Un essai est mené au domaine expérimental d'Errachidia dans le but de tester l'installation et le comportement de l'arganier (*Argania spinosa*) dans le contexte climatique de la région d'Errachidia. Pour vérifier l'efficacité de nos techniques, un dispositif en split plot a été réalisé combinant le bloc en ciment (cylindre sans fond pour forcer la croissance racinaire en profondeur) avec trois fréquences d'irrigation (une, deux et trois fois par mois). Le taux de survie après regarnis est 89.9%. Ce taux varie selon les traitements étudiés, le taux le plus élevé est réalisé grâce à la méthode de fibrociment (93.3%). L'arganier ne s'est pas bien acclimaté au climat d'Errachidia puisque la partie aérienne des plants se dessèche chaque année durant le mois de janvier (durant 5 ans). Ces plants reprennent par la suite grâce à leur système racinaire qui survit à l'hiver. Ce comportement négatif a influé certainement notre analyse statistique, puisqu'on n'a pas relevé de différence significative entre les traitements étudiés. La croissance de l'espèce est relativement lente pendant la première année, le gain moyen enregistré est de 19 cm. À noter aussi que deux pieds sont arrivés au stade floraison en 2007, mais une fois de plus le froid a freiné leur croissance en 2008.

**Mots clés :** *Argania spinosa*, Bloc en ciment, Fréquence d'irrigation, comportement, aride

## ***Study of the establishment and the behavior of arganier tree (argania spinosa) in the arid context of tafilalet***

### **Abstract**

A test is carried out in the experimental station of Errachidia in order to test the establishment and the behaviour of argan tree (*Argania spinosa*) to the climatic context of Errachidia region. To verify the efficiency of our techniques, a trial in split plot has been achieved combining the block made of cement (cylinder without bottom made to force the root growth in depth) with three irrigation frequencies (one, two and three times per month). The survival rate after replenishment is 89,9%. This rate varies according to the studied treatments, the most elevated rate is achieved thanks to the method of fibrocement (93.3%). The argan tree didn't get acclimatized to the climate of Errachidia since the aerial part of the plants dries up every year during the month of January (during 5 years). These plants renew their aerial parts thanks to their root system that survives to the winter. This negative behaviour has influenced certainly our statistical analysis, since we did not register any significance differences between the studied treatments. The growth of the argan tree is relatively slow during the first year, the recorded average gain is of 19 cm. We note also that two plants arrived to flowering stage in 2007, but once again the cold weather slowed down their growth in 2008.

**Key words:** *Argania spinosa*, Block in cement, Frequency of irrigation, Behaviour, arid.



## Introduction

L'arganier (*Argania spinosa*) est un arbre multi-usage (forestier-fruitier-fourrager) de la famille des Sapotacées, endémique au Maroc. Il joue un rôle socio-économique important. Chaque partie de l'arbre est utilisable et constitue une source de revenus ou de nourriture. Le bois est utilisé comme combustible, les feuilles et les fruits comme fourrage pour les chèvres et l'huile extraite de l'amande par les femmes est utilisée en alimentation humaine et en médecine traditionnelle (M'hirit et al., 1998 ; El Aich et al., 2007).

C'est un arbre thermophile, xérophile et adapté aux régions arides et peut survivre aux conditions de sécheresse. Il appartient à l'étage inframéditerranéen (type océanique de l'étage thermo-méditerranéen inférieur) et pousse à l'état sauvage et en abondance dans les régions arides et semi-arides du Sud-ouest marocain. Ces dernières sont caractérisées par climat doux en général et un contraste thermique atténué. Cette zone s'étend de Safi jusqu'à la frange saharienne et limitée par l'océan Atlantique à l'ouest et l'Atlas à l'est (Prendergast & Walker, 1992 ; Msanda, 2005).

L'aire de l'arganier se dégrade d'année en année sous l'effet conjugué de l'accroissement de la population et du cheptel de l'apparition des cultures intensives (notamment le maraîchage sous serre), avec comme corollaires : le déboisement, le surpâturage, la désertification et l'exode accentué des populations rurales vers les villes de la région (M'hirit et al., 1998). Si les rares tentatives de reconstitution par transplantation opérées jusqu'à maintenant ont connu un peu de réussites dans certaines régions, dans la majorité des cas, elles ont enregistré des échecs dus entre autres au déficit hydrique et le manque de collaboration entre les gestionnaires et les chercheurs.

Malgré l'importance économique, sociale et environnementale de cet arbre et les efforts déployés par les Eaux et Forêt pour sa régénération, peu de travaux ont concerné son installation hors de son biotope au Maroc et à l'étranger (-Smith, 1884 ; Van Den Berghe, 1889 ; Chevalier, 1953 ; Rieuf, 1962 ; Montoya, 1984- cités par Nouaïm, 2005). Les tentatives les plus intéressantes restent dans le semi-aride de l'Espagne, l'Algérie et l'Israël qui ont connue un peu de succès (Nerd et al., 1998). Les facteurs de pluviométrie, d'humidité, de froid et des particularités liés au système racinaire, demeurent peut-être les obstacles majeurs pour l'extension et la bonne réussite des opérations de plantation et de reboisement de l'arganier dans les zones arides continentales à l'instar des régions présahariennes (Msanda, 2005). Dans ces zones, la quantité de pluie est généralement faible pour permettre la plantation sans apport d'eau ( $P < 250$  mm). En plus, le froid qui règne dans ces régions reste l'obstacle majeur de l'extension l'arganier et plusieurs autres espèces (Sakai & Larcher, 1987). La diversité génétique de l'arganier (Le Maire en 1929 distinguait déjà deux variétés *var. apiculata* et *var. Mutica*) et sa large élasticité qui se trouve au Maroc depuis 0 à 2000 mètres, nous a poussés à installer un essai au domaine expérimental d'Er-Rachidia dans le but de voir s'il y a possibilité de son extension dans la région de Tafilalet, de suivre son comportement et son installation.

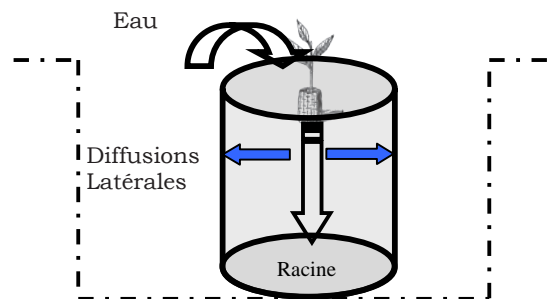
## Matériels et méthodes

La présente étude se déroule au domaine expérimental d'Errachidia. Ce dernier est localisé dans une zone écologique présaharienne, situé géographiquement entre le croisement de 2 routes principales N° 21 reliant Meknès-Rissani et N° 32 reliant Agadir-Bouarfa (Longitude 4°25' Ouest, latitude 31°75' Nord et altitude de 1060 m). Le sol de la parcelle d'essai est sablonneux-limoneux. Les précipitations moyennes annuelles sont de 150 mm (Figure 2) et les températures d'été peuvent atteindre 50°C. L'handicap majeur est l'évaporation estimée à plus de 3000 mm/an.



Le site a été classé comme subdésertique ( $P/ETP = 0.063$ ) avec un hiver froid ( $-1 < m = 0.9 < 1$ ) (Le Houérou, 1995) ( $m$  représente la température moyenne minimale du mois le plus froid, représentant le stress thermique hivernal). Le quotient pluviothermique «Q2» d'EMBERGER pour la station d'Errachidia est de 13.44, ce qui la place d'après le climagramme pluviothermique dans l'étage aride inférieur à hivers frais. Ce coefficient se rapproche des coefficients de Goulmine (13.6) et Tafraout (15.9) qui présentent l'arganier à l'état naturel (M'hirt, 1998)

L'essai qui a commencé en 2005 consiste à étudier le comportement de l'arganier au contexte présaharien et de tester l'impact des blocs en ciment et trois cadences d'irrigation sur l'installation et la croissance de l'arganier. Les blocs en ciment ont été confectionnés manuellement pour forcer la croissance racinaire en profondeur. Ainsi des cylindres sans fond de 25 cm de diamètre et 75 cm de longueur ont été confectionnés artisanalement. Ce cylindre permet de canaliser l'eau d'arrosage en profondeur, évite la diffusion de l'eau latérale et limite l'évaporation en mettant l'eau d'arrosage à l'abri de la chaleur (Figure 1). La composition du bloc adopté est de 15% de ciment mélangé avec 85% de sable. Cette composition a été adoptée de sorte à favoriser la désintégration du bloc avec le temps. Ce cylindre a coûté 35 Dh de plus pour chaque trou de plantation.



**Figure 1** : Disposition du bloc en ciment dans le trou de plantation

Pour comparer la méthode du fibrociment avec la méthode normale de plantation, un dispositif expérimental split plot a été préparé. L'essai compare 3 fréquences d'irrigation croisées avec la présence ou l'absence de fibrociment, soit 6 traitements au total. La fréquence d'irrigation occupe les grandes parcelles alors que les blocs en ciment occupent les petites parcelles. Les fréquences adoptées pour cet essai sont une, deux et trois fois par mois (F1, F2 et F3). La quantité apportée par plant est 15 l. Les fréquences d'irrigation ont été effectuées durant la période allant du mois de février 2006 jusqu'au mois de septembre 2007.

Les plants de l'arganier issu de la multiplication par graine proviennent des eaux et forêts de Taroudant.

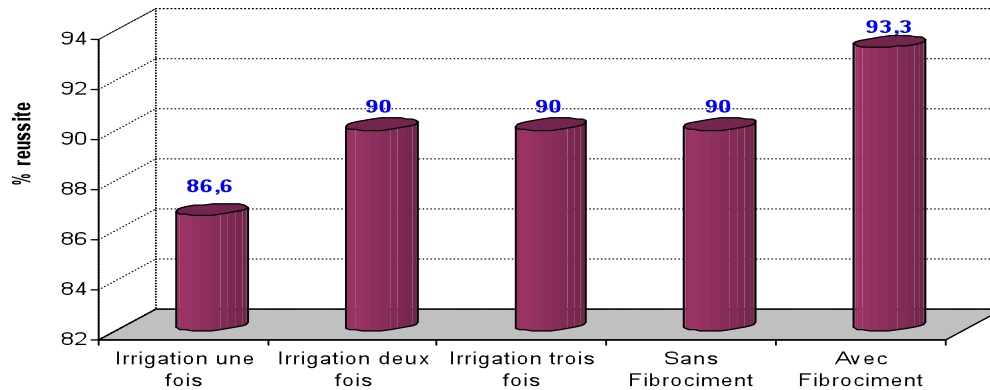
Tous les essais ont été répétés trois fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes encadrées par leurs écarts-types, ces derniers ont été réalisés par le logiciel SPSS (version 12). Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance à deux facteurs fixes et les moyennes sont comparées selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% d'erreur, basée sur la plus petite amplitude significative. Les variables mesurables sont le taux de réussite, la croissance de la tige principale, le diamètre et la phytomasse.



## Résultats et discussions

### Taux de survie

Durant la phase initiale, le taux de mortalité a été de 24,43% pour l'arganier. Ce taux a été réduit à 11,1% après le regarni effectué durant l'année suivante (figure 2). Ces mortalités sont réparties selon la saison et sur les différentes variables étudiées d'une façon plus ou moins homogène, c.-à-d. qu'on n'a pas relevé de différences significatives selon le test de Newman et Ke



**Figure 2 :** Taux de réussite des plants de l'arganier réparti sur les différents traitements

La période de transplantation, la faible taille initiale des plants transplantés (nos plants avaient une taille moyenne initiale de 16cm), un système racinaire peu développé et déformé (sachet en plastique qui forme le chignon), le stress hydrique que connaît la région d'Errachidia, le développement des mauvaises herbes consommatrices d'eau et le froid sont peut être les principaux facteurs des mortalités enregistrés chez l'arganier. En fait, la période de transplantation d'automne ne semble pas propice pour l'installation de l'arganier. Le Floc'h (1988) signale que la période de transplantation ne doit pas être pratiquée durant la période de froid (cité par El Euch, 2000), ceci est notre cas, puisque la plantation a été effectuée juste avant la période du froid.

La transplantation de l'arganier a fait l'objet de plusieurs études. Nouaïm (2005) signale que la réussite de transplantation dépend plutôt des soins particuliers donnés au système racinaire assurant la longueur du système pivotante et surtout une ramification adéquate. Le système secondaire est aussi essentiel pour la symbiose mycorhizienne, c.-à-d. l'association avec les champignons du sol qui les aident à prélever l'eau et les éléments nutritifs (Nouaïm et al., 1993). L'étude faite sur plusieurs clones très différents a révélé que l'arganier est très dépendant de la symbiose mycorhizienne (Nouaïm et Chaussod, 1994 ; Nouaïm et al., 1994 ; Nouaïm et al., 1995 ; Echairi et al. 2008). Le système racinaire est aussi influencé par le type de conteneur (Alouani & Bani-Aameur, 2004), les caractères transmis par le conteneur conditionnent la réussite de la transplantation et la stabilité des arbres aux différents stress environnementaux. Dans ce sens, Alouani & Bani-Aameur, (2004) recommandent l'usage des plateaux de semis qui produisent des plants de qualité. En outre, le préconditionnement (acclimatation) à la sécheresse appliqué au niveau de la pépinière favoriserait la réussite des reboisements en conditions hydriques sévères (M'hirit et al., 1998 ; Van Den Driessche, 1991).

Enfin, le problème majeur rencontré chez l'arganier puisque c'est une essence thermophile c'est le climat vigoureux d'Errachidia. En fait, les faibles températures et les gelées successives du mois de janvier ont causé l'éclatement des tissus et le dessèchement subséquent de 30% des plants de l'arganier durant la première année. Ces plants ont repris par la suite pendant le mois de mars grâce au système racinaire qui a survécu au froid hivernal.





La deuxième année a été plus frappante en terme de dessèchement de plants, ainsi 35,6% ont été desséchés complètement, 45,2% desséchés partiellement et seulement 15,6% sont restés verts. Cette constatation de dessèchement et de reprise a été maintenue durant six ans (2005-2011) (Figure 3). Smith (1882) dans un jardin botanique en Angleterre note aussi que les gelées ont été fatales pour l'arganier. Les moyennes des températures du mois le plus froid (m) du biotope de l'arganier varient entre 3 et 7 (Peltier et al., 1990), ce qui n'est pas le cas de notre région d'étude, puisque (m) a varié de 0.8°C (en 2010) à 2.8°C (en 2009) durant la période d'essai, d'où le problème du dessèchement des plants. On peut dire l'arganier n'a pas montré des signes de résistance au froid au niveau de la partie aérienne, mais malgré ce problème, l'arganier a été capable de reprendre soit à partir des tiges desséchées (seules les feuilles sont desséchées), soit à partir du système racinaire de la base. Le contraste observé lors du dessèchement des plants (vertes et partiellement desséchées, totalement desséchées) peut être expliqué par la diversité génétique des plants de l'arganier issus d'une multiplication sexuée. Plusieurs études faites sur plusieurs clones très différents confirment cette diversité (Nouaïm et al., 1993 ; Nouaïm et al., 1995 ; Alouani & Bani-Aameur, 2004 ; Majourhat et al., 2008 ; Bellefontaine, 2010). Bien que le durcissement au froid soit sous contrôle génétique, des signes de l'environnement conduisent parfois à des changements physiologiques et biochimiques dans l'usine de la plante, induisant une plus grande tolérance (Xin and Browse, 2000 ; Poirier et al., 2010). Le cas de l'arganier nécessite des études physiologiques pour se prononcer sur ce sujet.

### ***Paramètres de croissance et de biomasse de l'arganier***

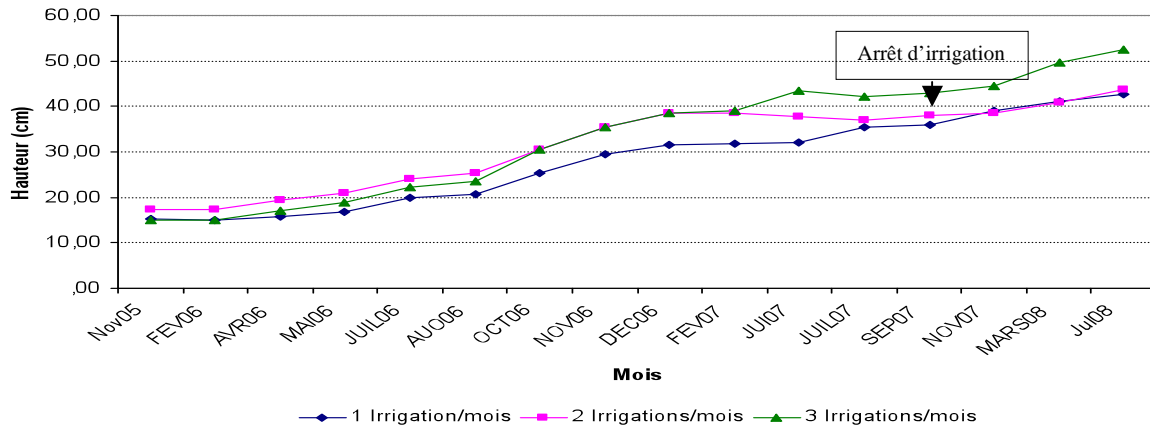
L'analyse des données statistiques révèle l'inexistence de différences significatives pour les variables mesurables (Hauteur, diamètre, phytomasse aérienne), ceci se justifie par les taux de mortalité et de dessèchement élevés enregistrés chez les jeunes plants de l'arganier. Toutefois, vers le mois de septembre de la première année, on a constaté des différences qui se profilent à mesure du temps pour le facteur fréquence d'irrigation, la différence entre les fréquences F3 et F2 (qui se joignent vers la fin de 2006) dépasse de 16,17% la fréquence F1 (Figure 4). La croissance de l'arganier durant la première année a été très lente, les gaines enregistrées durant cette période pour les cadences 1, 2 et 3 sont respectivement 14,83 cm, 19,24 cm et 21,63 cm (Figure 4). Durant l'année 2007, on a constaté une régression des plants de la F2 par rapport à la F3. La différence entre la F3 et la F1, F2 a atteint en 2008 respectivement 20.8% et 18.7%. L'effet du froid et les précipitations relativement favorables enregistrées durant les campagnes 2006, 2007 et 2008 avec respectivement 230.9, 188.7 et 333.5 mm avaient en quelque sorte des effets limiteurs sur le facteur fréquence d'irrigation.

Aussi, les blocs en ciment n'ont pas affecté la croissance aérienne des plants de l'arganier, ce qui est encore surprenant, c'est que vers la fin de l'essai, des différences ont commencé à se profiler en faveur des plants sans fibro-ciment. La différence a atteint vers la fin de l'essai entre les deux traitements 10.7% (Figure 5). Ceci est peut-être dû aux campagnes agricoles relativement favorables qu'a connues la région d'Errachidia durant les années de déroulement de l'essai et l'épanouissement racinaire des plants sans bloc en ciment.



**Figure 3 :** Plant sain, puis dessèchement par le froid et enfin reprise





**Figure 4:** Effet de la fréquence d'irrigation sur l'évolution de la croissance en hauteur de l'arganier

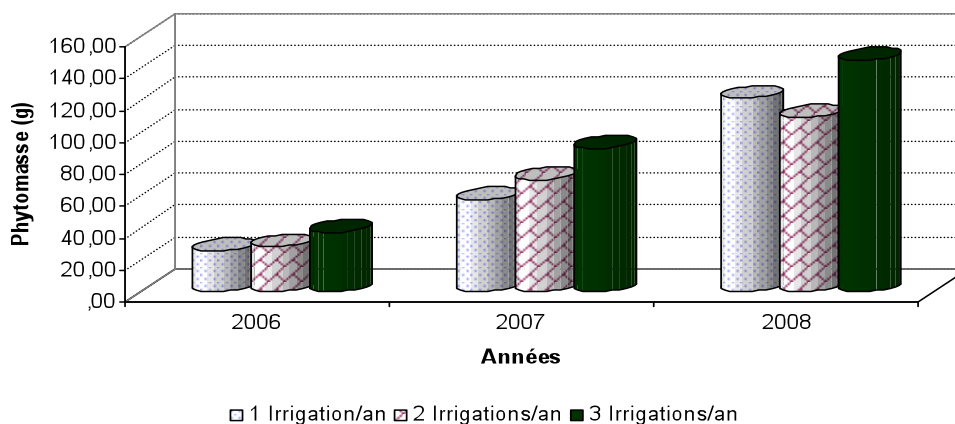


**Figure 5:** Effet du bloc en ciment sur l'évolution de la croissance en hauteur de l'arganier

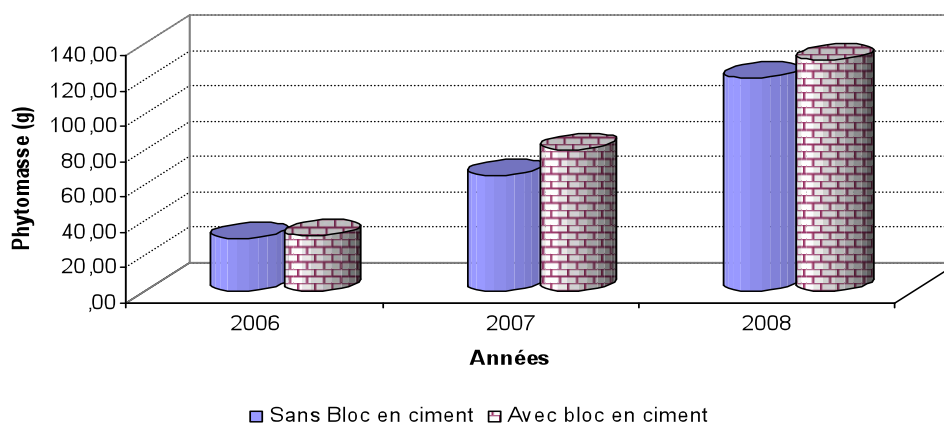
La tendance de croissance lente de l'arganier a été confirmée auparavant par Boudy (1950) qui signalé une croissance de l'ordre de 0.2 à 0.3 m par an et M'Hirit et al. (1998) qui a signalé 0.38 m durant les vingt premières années. Le rythme de croissance de l'arganier a été très lent depuis le début de la transplantation au mois de novembre jusqu'au mois d'août (figures 3 et 4). Ce n'est qu'à partir du mois de septembre qu'on a noté une réelle augmentation de la taille des plants selon les différentes classes. Cela est dû à la physiologie de l'arganier de type C3, qui présente le maximum de photosynthèse lorsque les températures descendent de 30°C. Selon Thakur et Rai (1982), le déficit en eau est le facteur principal du retard de la croissance du végétal. Ceci est notre cas, puisque la période estivale enregistre des demandes climatiques très élevées se traduisant par une réduction de la croissance en hauteur et la diminution du nombre des feuilles. L'apport de mycorhization pourra très vraisemblablement accélérer la croissance des plants de l'arganier (Nouaïm et Chaussod, 1994 ; Echairi et al., 2008 ).

Le paramètre de la phytomasse aérienne selon les deux facteurs est reporté dans les figures 6 et 7. D'après ces courbes, on constate que l'arganier a bien bénéficié de l'irrigation surtout durant la phase initiale de développement des plants. Ainsi, les plants qui ont reçu plus d'eau (F3) se distinguent légèrement des autres (différences non significatives). Après l'arrêt de l'irrigation, on a constaté une recrudescence de plants de la F1 par rapport à la F2. Concernant le bloc en ciment, la différence entre les deux traitements de 10 g est très insignifiante.





**Figure 6:** Effet de la fréquence d'irrigation sur l'évolution de la phytomasse aérienne de l'argan



**Figure 7 :** Effet du fibrociment sur l'évolution de la phytomasse aérienne de l'arganier

L'accumulation de la phytomasse aérienne est fonction de la fréquence d'irrigation. Les facteurs étudiés n'ont pas révélé de différences significatives, le froid a été le principal facteur qui a limité l'évolution de l'arganier et les écarts qui commençaient à se différencier concernant principalement le facteur fréquence d'irrigation ont été dissipés par le froid.

L'impact du fibrociment est quasi nul sur tous les paramètres mesurables. Cependant, les observations effectuées sur le profil racinaire révèlent une nette différence entre la tendance des racines des plants établis sans et à l'intérieur des blocs en ciment. Les plants à l'intérieur du bloc ont tendance à densifier leur système racinaire autour de la paroi bloc et à se développer en profondeur. Par contre pour les plants sans fibrociment, les racines ont tendance à se développer dans toutes les directions (Figure 7). Le manque d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées (Ledig, 1983), ceci est lié à la complémentarité des fonctions de croissance des parties racinaires et aériennes (Monroy-Ata et al., 1989). Pour le cas de l'arganier, il semble allouer au départ plus de ressources pour le développement racinaire. Ce trait est considéré par plusieurs auteurs comme un critère de résistance à la sécheresse (Davidson, 1969 ; Van Hees, 1997).

Enfin, nous aimerions signaler deux pieds dont un a atteint presque 2 mètres sont arrivés au stade floraison, mais le froid a freiné leur croissance durant l'année suivante.





**Figure 8 :** À gauche, profil racinaire sans fibrociment, à droite, profile racinaire avec fibrociment

## Conclusion et recommandations

Ce travail avait pour but d'étudier le comportement de l'arganier et de tester l'impact des blocs en ciment et trois cadences d'irrigation sur l'installation et la croissance de l'arganier. Cette étude a permis de dégager les conclusions suivantes :

Le taux de survie après deux années est de 89.9% pour l'arganier. Le fibrociment n'a pas d'effet sur l'installation des deux espèces. Le taux de survie peut être amélioré par les conditions d'élevage des plants, par l'apport des mycorhizes, et en plantant durant le début de printemps.

L'arganier est une essence thermophile et xérophile, il exige un climat doux en général, à contrastes thermiques très atténués. Au niveau de la région d'Eraachidia caractérisé par des contrastes thermiques accentués entre l'hiver et l'été, le froid a été fatal sur la croissance de l'arganier, 30% de plants desséchés durant la première année et plus de 80% pendant la deuxième année. Ces effets ont orienté l'arganier vers une croissance en buisson avec plusieurs ramifications. Cependant, la différence de comportement vis-à-vis du froid observé chez les individus de l'arganier laisse un espoir pour l'installation de cette espèce dans la région de Tafilalet, surtout pour des zones caractérisées par un faible contraste thermique comme Alnif.

La croissance en hauteur est relativement lente durant les premières années. Le gain moyen de 19 cm pour l'arganier a été observé durant la première année. La fréquence d'irrigation n'a pas révélé de différences significatives, les taux de mortalité et de dessèchement de plants ont biaisé l'analyse des résultats.

La tendance de croissance racinaire diffère selon le système de plantation, les individus plantés sous bloc en ciment ont tendance à densifier leur système racinaire et s'accroître en profondeur, alors que les individus sans fibrociment ont un système racinaire dispersé et peu dense.

L'introduction de l'arganier dans la région d'Er-Rachidia a montré quelques limites quant à son adaptation. Si on veut vraiment continuer la recherche, nous recommandons de mener des études sur les aspects physiologiques de la plante (en relation avec le froid), de mettre l'accent au départ sur le choix des zones à contraste thermique atténué (ex : Alnif) et surtout de travailler sur la sélection de génotypes adaptés, en particulier les génotypes qu'en trouvent dans les hautes montagnes (adaptés au froid). Ces derniers peuvent présenter des lueurs d'espoir d'introduction de l'arganier dans le Tafilalet.



## Références bibliographiques

- Alouani, M. & Bani-Aameur, F.** Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed germination under nursery conditions: Effect of cold storage, gibberellic acid and mother-tree genotype. *Annals of Forest Science*, 2004, Vol. 61, No°2, p. 191-194.
- Bellefontaine, R.** De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). *Sécheresse*, 2010, Vol. 21, No° 1, p. 42-53.
- Boudy, P.** *Économie forestière nord-africaine. Tome II, monographie et traitement des essences forestières*. Paris : Fasc. I, Édit. LAROSE, 1950, 525 p.
- Boudy, P.** Arganier (*Argania spinosa*). In: BOUDY, P. (ed.) *Guide du Forestier en Afrique du Nord*. Paris : Edit. LA MAISON RUSTIQUE, 1952. p.185-195.
- Davidson, R. L.** Effects of soil nutrients and moisture on root/shoot ratios in *Lolium perenne* L. and *Trifolium repens* L. *Annals of Botany*, 1969, Vol. 33, p. 571 – 577.
- Echairi, A., Nouaïm, R. & Chaussod, R., 2008.** Intérêt de la mycorhization contrôlée pour la production de plants d'arganier (*Argania spinosa*) en conditions de pépinière. *Sécheresse*, 2008, Vol. 19 (4): 277-281.
- El Aich, A., El Assouli, N., Fathi, A., Morand-Fehr, P., Bourbouze, A., 2007.** Ingestive behaviour of grazing goats in the southwestern argan forest of Morocco **Small Ruminant Research**, 2005, Vol. 70, No 2, p.248-256.
- El Euch, F.** Rôle de l'Acacia cyanophylla dans l'alimentation du cheptel en Tunisie. In Sulas L. ed. *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses = Légumineuses pour cultures fourragères, pâturages et autres usages en région méditerranéenne*. Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 2000. p. 431-434 (Cahiers Options Méditerranéennes ; v. 45).
- Le Houérou, H.N.** *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation*. Montpellier : CIHEAM-IAMM, 1995. 396 p. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n. 10). ISBN 2-85352-146-X.
- Ledig, F. T.** The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plants. In: HUXLEY, P. A., ed. *Plant research and agroforestry*, Proc Consultative Meeting, International council for research in agroforestry. Nairobi (ICRAF), 1983, p.427 – 454.
- Majourhat, K., Jabbar, Y., Hafidi, A. & Martínez-Gómez, P.** Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. *Annals of Forest Science*, 2008, Vol. 65, No 8, p.805.
- M'hirit, O., Benzyane, M., Benchekroun, F. El Yousfi, S.M., Bendaanoun.** *L'arganier, une espèce fruitière, forestière à usages multiples*, Mardaga : PRIMONT (Belgique), 1998. 151p. ISBN/ISSN : 978-2-87009-684-0
- Monroy-Ata, A., Floret, Ch., Pontanier, R. et Rambal, S.** Rapport entre la biomasse racinaire et aérienne de plantes pérennes de la zone aride pendant la période d'installation. In: Di Castri, F., Floret, CH., Rambal, S., Roy, J., ed. *Time scales and water stress*. Proceedings of the 5th International Conference on Mediterranean Ecosystems (MEDECOS V). Montpellier: UIBS pub, 1989, p.247 – 53. ISBN°9290460725.
- Msanda, F.** Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Sécheresse*. 2005, Vol. 14, No 4, p.357-64.
- Nerd, A., Irijimovich, V. & Mizrahi, Y.** Phenology, breeding system and fruit development of argan (*Argania spinosa*, Sapotaceae) cultivated in Israel. *Economic Botany*, 1998, Vol. 52 No 2, p.161-167.
- Nouaïm, R., Chaussod, R., EL Aboudi A., Schnabel C. et Peltier J.P.** L'Arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In : Riedacker, A., Dreyer, E., Pafadnam, C., Joly, H., Bory, G. Ed. *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. Paris : JOHN LIBBEY EUROTEXT, 1993. pp 373-388. Groupe d'étude de l'arbre, Observatoire du Sahel et du Sahara. ISBN : 2-7420-0019-4



- Nouaïm, R. et Chaussod, R.** Mycorrhizal dependency of two clones of micropropagated Argan tree (*Argania spinosa*) : I) Growth and biomass production. *Agroforestry Systems*, 1994, Vol. 27, No 1, p. 53-65.
- Nouaïm, R., Lineres, M., Esvan, J.M., & Chaussod, R.** Mycorrhizal dependency of two clones of micropropagated Argan tree (*Argania spinosa*) : II) Mineral nutrition. *Agroforestry Systems*, 1994, Vol. 27, No 1, p. 67-77.
- Nouaïm, R.** *L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités*. Paris : L'HARMATTAN, 2005. 230p. ISBN : 2-7475-8453.
- Peltier, J.P., CARLIER, G. & ELABOUDI, A.** Evolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'arganier [*Argania spinosa* (L.) Skeels] sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Sous, Maroc). *Acta oecologica*, 1990, vol. 11, No. 5, p.643-668.
- Poirier, M., Lacoïnte, A. & Ameglio, T., 2010.** A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. *Tree Physiology*, 2010, Vol. 30, No 15, p.1555–1569
- Prendergast, H.D.V. et Walker, C.C., 1992.** The Argan Multipurpose tree of Morocco. *Kew Magazine*, 1992, Vol. 9, No 9, p.76–85.
- Sakai, A. & Larcher, W.** *Frost survival of plants. responses and adaptation to freezing stress*, Berlin : SPRINGER-VERLAG, 1987, 321p. ISBN 0387173323
- Thakur, PS. et Rai, VK.** Dynamics of Amino-Acid Accumulation of 2 Differentially Drought Resistant Zea-Mays Cultivars in Response to Osmotic Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 1982, Vol. 22, No 2, p. 221-6.
- Van Den Driessche R.** Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedling following planting. I. Survival and growth. *Canadian Journal of Forest Research* 1991, Vol 21, No 5, p.555-65.
- Van Hees, A. F. M.,** Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in relation to shading and drought. *Annals of Forest Science*. 1997, Vol. 54, No 1, p.9–18.
- Xin, Z. & Browse J.** Cold comfort farm: the acclimation of plants to freezing temperatures. *Plant, Cell and Environment*, 2000, Vol. 23, No 9, p.893–902.



# Isolement et caractérisation de microsatellites chez l'Arganier (*Argania spinosa*)

**Machtoun I.<sup>1</sup>, El bahloul Y.<sup>1</sup>, Dauchot N.<sup>2</sup>**

1 - Unité d'Amélioration des Plantes, Conservation et Valorisation des Ressources  
Phytogénétiques INRA Rabat- Maroc

2 - Laboratoires de la biologie cellulaire et moléculaire des végétaux, Université de  
Namur - Belgique

## **Résumé**

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est un arbre endémique au Maroc, sa forêt s'étend sur environ 820 000 ha, dans le triangle formé par Essaouira, Agadir et Taroudant. Cet arbre de la famille des Sapotacées, est particulièrement résistant aux conditions sèches et arides de cette région. Malheureusement, victime de l'évolution du mode de vie rural et du climat, l'arganeraie est fragilisée. Toutefois, il n'existe pas une collection centralisée de géotypes qui permettrait de conserver et d'utiliser le matériel génétique adapté aux différentes conditions.

C'est pour cette raison que dans ce travail, nous nous intéresserons au développement des marqueurs moléculaires polymorphes de type microsatellites, chez *Argania spinosa* afin de participer avec de nouveaux outils à caractériser et analyser la diversité génétique de l'arganier.

Après la génération d'une banque génomique d'ADN d'*Argania spinosa*, nous avons fait un enrichissement par des séquences microsatellites. Plusieurs clones positifs ont été sélectionnés, le séquençage de ces derniers a montré que 98% contenaient des séquences microsatellites.

Un total de 31 paires d'amorces a été conçu. Les analyses de validation des marqueurs obtenus sont en cours et sont complétés par d'avantage, d'échantillons, pour une meilleure évaluation de leur polymorphisme.

**Mot clé :** *Argania spinosa*, marqueurs moléculaires, microsatellites, polymorphisme.



## Introduction

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est un arbre endémique au Maroc, il constitue la deuxième essence forestière du pays, après le chêne vert et juste avant le thuya. C'est un arbre qui peut vivre jusqu'à 200 ans. La forêt d'arganier s'étend sur environ 820 000 ha, dans le triangle formé par Essaouira, Agadir et Taroudant. Cet arbre de la famille des Sapotacées, est particulièrement résistant aux conditions sèches et arides de cette région. Il peut en effet supporter des températures allant de 3°C à 50°C et se contenter d'une pluviométrie très faible. Survivant de l'ère tertiaire, son extrême résistance à la chaleur et à la sécheresse, lui avait permis de s'adapter aux sols les plus pauvres.

Malheureusement, victime de sa richesse, mais aussi de l'évolution du mode de vie rural et du climat, l'arganeraie est fragilisée. Sa surexploitation agricole, l'érosion des sols, l'avancée du désert, le défrichement des arbres et leur substitution par des cultures intensives, sont autant d'agressions de ce patrimoine unique. En moins d'un siècle, plus de la moitié de la forêt a disparu et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres par ha.

Toutefois, il n'existe pas une collection centralisée de génotypes qui permettrait de conserver et d'utiliser le matériel génétique adapté aux différentes conditions.

En l'absence d'une telle collection convenablement caractérisée phénotypiquement et génotypiquement, il est difficilement concevable de développer un programme de sélection végétale de l'arganier.

Cette étude rentre dans le cadre d'un programme de recherche regroupant la collecte et la caractérisation de l'arganeraie marocaine. Le but de ce travail est de contribuer à une meilleure connaissance de la diversité et de la structure génétique des populations d'arganier, par développement de nouveaux marqueurs moléculaires. Ceci sera utile dans la stimulation de facteurs favorisant le maintien de la diversité génétique.

## Matériel et méthodes

### **1- Matériel végétal ;**

Le travail d'isolement des marqueurs a considéré des échantillons d'arbres issus d'une collecte réalisée au cours des campagnes 2009 et 2010 (El Bahloul *et al* ; 2011).

### **2- Extraction d'ADN :**

L'extraction d'ADN a été effectuée suivant la technique modifiée CTAB décrite par Saghai-Marooif *et al.* (1984). Pour la quantification, l'ADN a été dosé au spectrophotomètre UV/visible, par mesure de l'absorbance et par électrophorèse sur gel d'agarose.

### **3- Isolement des loci microsatellites chez *Argania spinosa***

La méthode classique pour isoler des motifs microsatellites consiste à préparer une banque d'ADN génomique enrichie en séquences microsatellites et à la cribler avec une sonde correspondant à ce microsatellite d'intérêt. Le séquençage des clones positifs permet alors de sélectionner et de synthétiser des paires d'amorces utilisées par la suite en amplification par PCR, pour mettre en évidence le polymorphisme des nouveaux marqueurs.



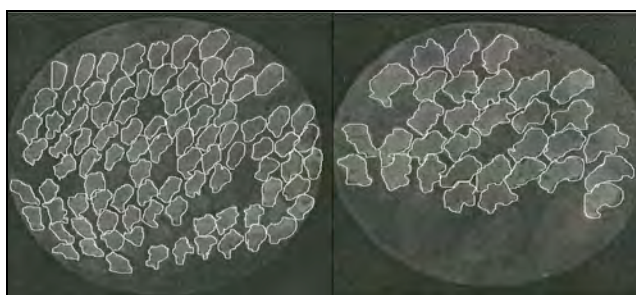


La préparation d'une banque de fragments d'ADN génomique enrichie en séquences microsatellites a été effectuée selon le protocole décrit par Glenn, T.C. et N.A. Schable (2005). L'ADN enrichi a été inséré dans un vecteur approprié. Les recombinants ont été séquencés et les motifs microsatellites ont été ensuite sélectionnés (Temnykh et al., 2001). Des amorces ont été conçues au départ de l'ADN bordant ces motifs microsatellites en utilisant le programme «Vector NTI Explorer». Finalement, les amorces ont été testées par amplification en utilisant des échantillons d'ADN, tester leur polymorphisme.

## Résultats

Les résultats présentés concernent les étapes les plus importantes dans la détermination et l'obtention des marqueurs microsatellites chez *Argania spinosa*.

Dans la partie d'isolement des *loci* microsatellites, 142 clones ont été visualisés sur les 264 criblés sur membrane (figure 1).



**Figure 1 : Clones positifs obtenus par hybridation de sondes biotinylées chez *Argania spinosa*.**

Sur les 142 clones positifs lors du criblage, 90 ont été sélectionnés sur base de la taille de l'insert. En effet, après l'extraction d'ADN plasmidique, la taille de l'insert a été estimée lors de la migration sur gel d'agarose. Les inserts ayant la plus grande taille ont été identifiés.

En conséquence, 90 clones ont été sélectionnés et séquencés, soit, 63.4% clones positifs retenus lors du criblage ont été séquencés, 90% de clones contenaient un microsatellite et le reste (10%) ne comportaient pas de microsatellite.

Une fois les amorces définies et sélectionnées, les conditions d'amplification ont été mises au point.

## Conclusion

L'amplification des 31 microsatellites a été possible, neuf d'entre eux ont montré un polymorphisme au stade actuel des analyses.

Ces résultats, bien que prometteurs ne sont pas définitifs et sont complétés d'avantage avec des échantillons, pour une meilleure évaluation de leur polymorphisme.



## Références bibliographiques

**EL Bahloul Y., Dauchot N., Machtoun I., Bouzoubaa Z., Saidi N., Gaboun F.. (2011).** Analyse de la diversité génétique de l'arganeraie marocaine: Collecte - caractérisation et analyse de la structuration des populations. Premier Congrès International sur l'Arganier. Acquis et perspectives de recherche scientifique. Agadir, 15-17 Décembre 2011

**Glenn T.C. and Schable N.A.** (2005). Isolating microsatellite DNA loci. *Methods Enzymol* 395: 202-222.

**Saghai-Marooif, M.A., Soliman, K.M., Jorgensen R.A and Allard, R.W.,** (1984), Ribosomal DNA spacer length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location and population dynamics. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 81: 8014-8019,

**Temnykh S., DeClerck G., Lukashova A., Lipovich L., Cartinhour S. and McCouch S.** (2001). Computational and experimental analysis of microsatellites in rice (*Oryza sativa* L.): frequency, length variation, transposon associations, and genetic marker potential. *Genet Res* 11: 1441-1452.





**Axe 2 :**  
**Itinéraires techniques**  
**de l'arganier**



# Effet de l'Irrigation d'appoint sur la Reprise de jeunes Plants d'Arganier après Transplantation au terrain

**WIFAYA Ahmed et MIMOUNI Abdelaziz**

Centre de la Recherche Agronomique Agadir, Avenue des FAR, BP. 124, Inezgane, Maroc. [Wifaya\\_ahmed@yahoo.fr](mailto:Wifaya_ahmed@yahoo.fr),

## Introduction

Les programmes de régénération de l'arganier au terrain jouent un rôle primordial dans la conservation des ressources naturelles généralement et la réhabilitation de l'arganeraie plus particulièrement. Actuellement, l'irrigation de jeunes plants sur un sol pauvre et dans un climat aride est un facteur déterminant pour la réussite de la reprise de jeunes plants d'arganier après transplantation au terrain. Le présent travail donne une réponse à la problématique de la gestion de l'irrigation de jeunes plants en termes de volume et de fréquences adéquates pour une optimisation du taux de régénération de l'arganier au terrain.

Ce travail s'intègre dans le cadre du programme de recherche d'appui au "Projet Arganier" financé par l'Agence de Développement Social et l'Union Européenne, est mis en œuvre et coordonné par l'association Agrotechnologies du Souss Massa Draa (Agrotech).

Il vise à déterminer la dose et la fréquence d'irrigation d'appoint adéquates pour améliorer le taux de régénération de plants d'arganier après transplantation au terrain.

## Matériel et Méthodes

### ✓ Choix des sites

Site/texture	Commune	Références géographiques	Géographie
Taksbite Sablonneux	Belfae-Massa	182 m (29° 58 358 N-009° 29 553 O)	Plateau océanique
Anzad Sablo-limoneux	Imimekourn-AitBaha	324m (30° 10.307 N-009° 09.050 O)	Piémont de montage
Tinzert Sablo-argileux	Tinzert-Oulad Berhil	571 m (30° 40.628 N-008° 20.552 O)	Montagne



- ✓ **Dose d'irrigation** : Fraction de la RU du sol estimée à partir du triangle de texture (**Jamagne et Bétremieux, 1977 in Lemonnier, 1992**) et la combinaison du type d'horizon, la texture et la Densité Apparente du sol à partir des tableaux de (**Bruand A., Duval O. et Cousin I., 2004**).
- ✓ **Fréquence d'irrigation** : Recommandées par les CPS des marchés de régénération de l'arganier;

Site	D1 (50%RU) (1/ plant)	D2 (75%RU) (1/ plant)	D3 (100%RU) (1/ plant)	Fréquences F1, F2 et F3 (jours)
Taksbite	11	16	21	15, 30 et 60
Anzad	24	36	47	30, 60 et 90
Tinzert	23	35	46	30, 60 et 90

- ✓ **Matériel végétal** : Âgés de 4 à 6 mois, plants d'arganier issus de la multiplication par semi de la graine dans la pépinière des eaux et forêts de Tiznit ;
- ✓ **Dispositif expérimental** : BAC avec 3 répétitions ;
- ✓ **Observations** : le nombre de rameaux, la taille de la tige, la longueur entre-nœud, le nombre de feuilles, le diamètre apical et basal de la tige ;
- ✓ **Les analyses statistiques** : logiciel statistique MINITAB 13.

## Résultats

### Pluviométrie 2009/2010

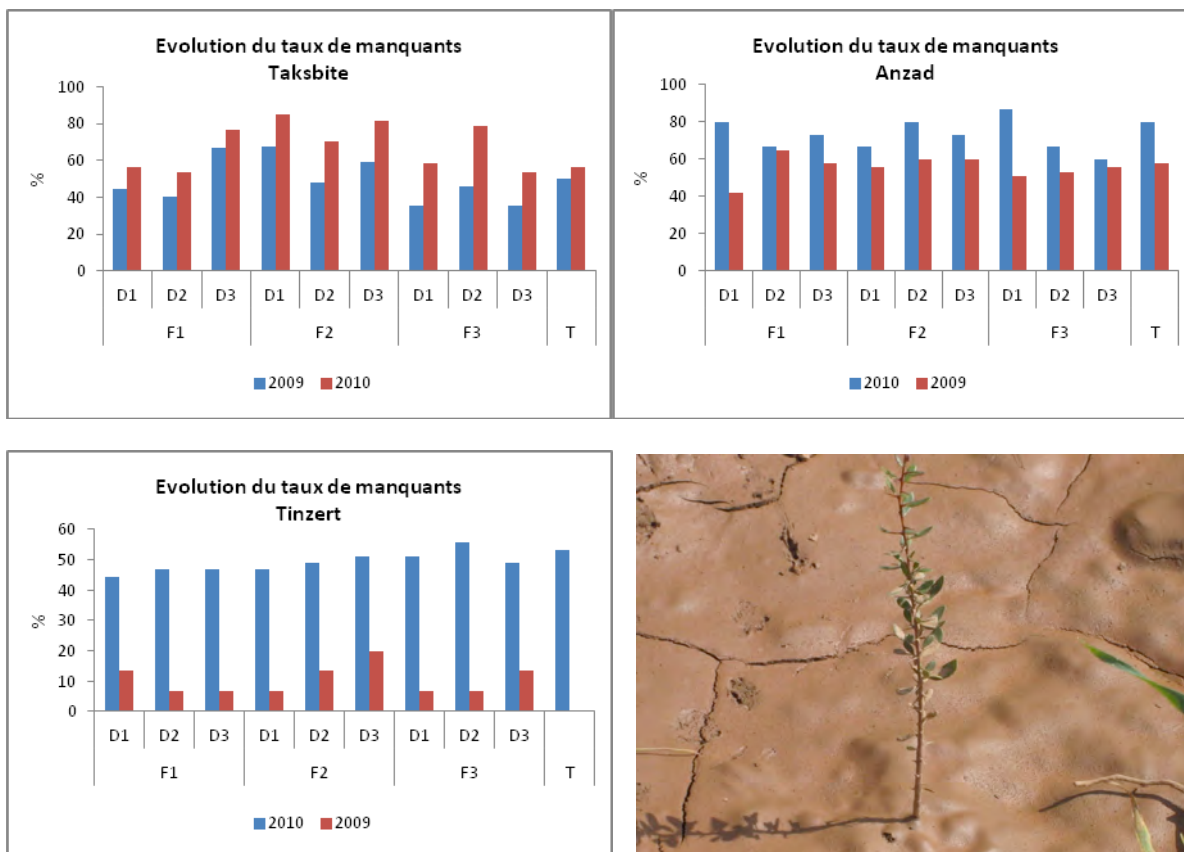
Cumul/pluviométrie	2009	2010	Taux d'accroissement
Taksbite	196,4 mm	352,7 mm	45%
Anzad	80,8 mm	101,6 mm	21%
Tinzert	398 mm	467 mm	15%



## Taux de manquants

Un taux élevé de manquants durant la première campagne en raison de :

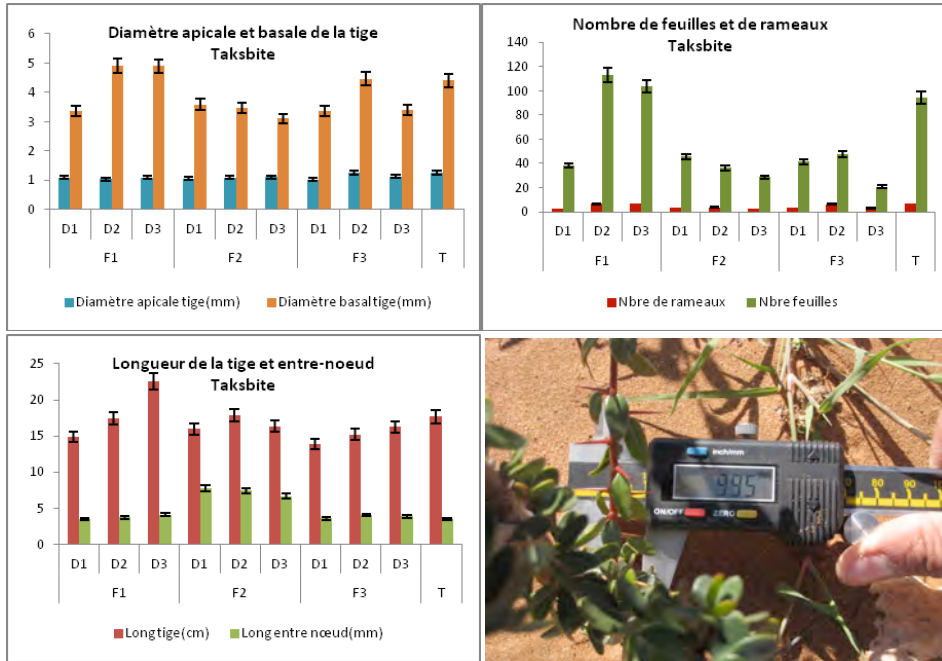
- ✓ La qualité médiocre de plants à la transplantation
- ✓ Une bonne partie de plants flétrissent totalement après plantation et surtout en période de forte demande climatique.



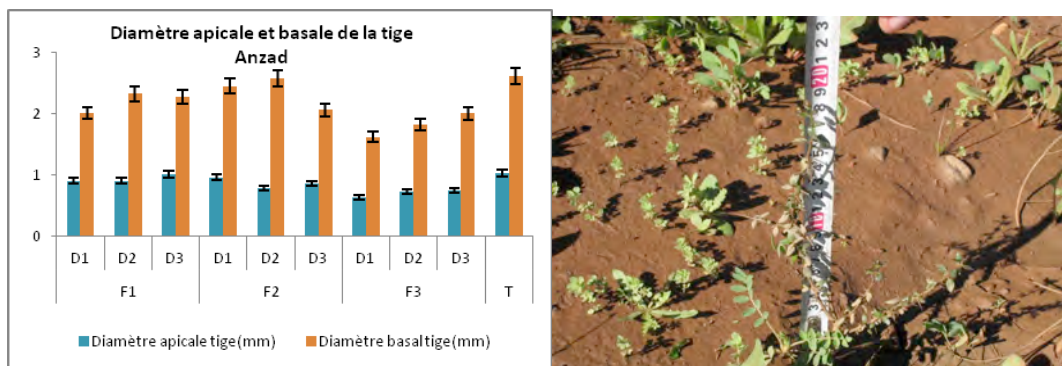
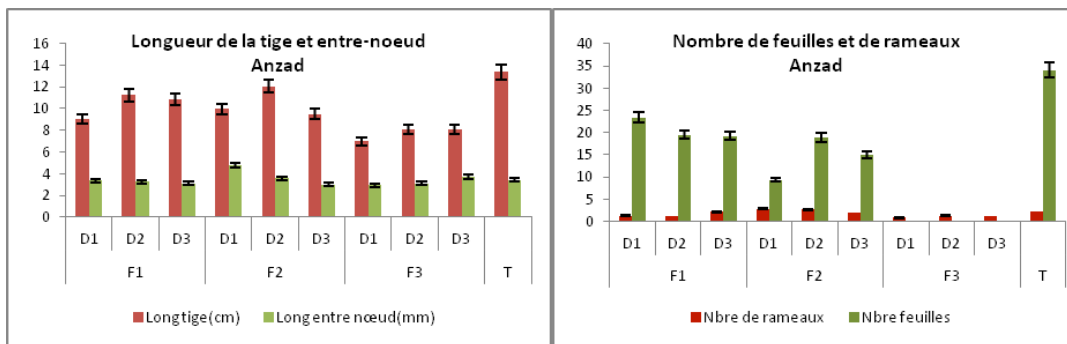
## Effet de l'irrigation sur les paramètres dendrométriques

**TAKSBITE** : L'analyse statistique a montré un effet très hautement significatif de la deuxième fréquence d'irrigation (1 mois) sur la longueur entre-nœud des plants d'arganier ( $P=0,0001$ )  $7,28 \pm 0,56$ . La deuxième dose d'irrigation (16 l/plant) correspond à la dose idéale pour une bonne performance de la majorité des paramètres mesurés (Selon le test de comparaison des moyennes de Tukey avec un intervalle de confiance de 95%).



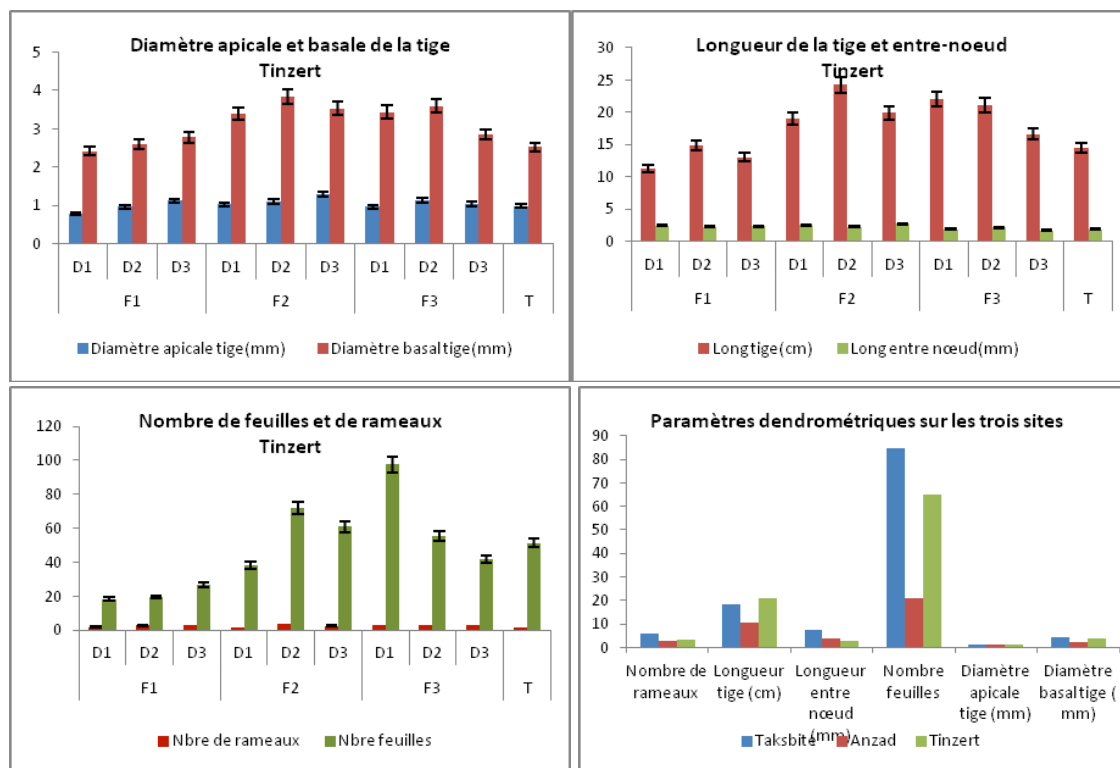


**ANZAD** : L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative du nombre de feuilles ( $20,73 \pm 2,32$ ) et significative du diamètre apical de la tige ( $0,94 \pm 0,06$ ) sous la fréquence d'irrigation 1 mois. De même, la fréquence 2 mois s'est montrée significative pour le nombre de rameaux ( $2,48 \pm 0,43$ ) et la longueur de la tige ( $10,48 \pm 1,37$ ). La dose 2 d'irrigation (36 l/plant) est le meilleur régime hydrique.





**TINZERT** : La fréquence 2 d'irrigation (2 mois) a influencée significativement la longueur de la tige ( $21,02 \pm 2,79$ ), la longueur entre-nœud ( $2,48 \pm 0,22$ ) et le diamètre basal de la tige ( $0,58 \pm 0,22$ ). La dose 2 d'irrigation (35 l/plant) est le régime hydrique le plus déterminant pour une meilleure reprise de jeunes plants d'arganier.



## Conclusion et Recommandations

Une bonne gestion de l'irrigation d'appoint a permis d'avoir les meilleures performances dendrométriques au niveau du site Taksbite suivi de Tinzert et enfin, Anzad.

En effet, nous recommandons les doses et fréquences suivantes par site :

- ✓ **Taksbite** : **D2=16L et F2=1 mois ;**
- ✓ **Anzad** : **D2=36L et F1 et F2=1 et 2 mois ;**
- ✓ **Tinzert** : **D2=35L et F2=2 mois.**

## Perspectives

En perspective de recherche, on propose la reconduite de la même expérimentation en conditions contrôlées et réelles sur des plants homogènes présélectionnés pour la confirmation de ces résultats. Enfin, la recherche à produire des plants de qualité sélectionnés et adaptés au stress hydrique au niveau de la pépinière.



# Étude et optimisation des techniques de régénération chez l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels)

**TAOUFIQ M.S.\*; BOUZOUBAA Z.\*\*; HATIMI A.\*\*\* TAHROUCH S.\*\*\***

\* Doctorant Faculté des sciences IBN ZOHR Agadir

\*\* Laboratoire d'agro physiologie ; Centre Régional de la Recherche Agronomique Agadir – INRA – B.P 124 Inezgane. Maroc

\*\*\* Faculté des sciences IBN ZOHR Agadir

## Résumé

Ce travail a pour objectif d'étudier les moyens de régénération de l'arganier (*Argania spinosa* L Skeels) notamment le bouturage, le greffage et le marcottage. Pour le bouturage, le matériel végétal est constitué de boutures ligneuses, semi-ligneuses et herbacées. Les boutures ont été menées dans une chambre de cultures aux conditions contrôlées. Le taux de débourrement était variable, selon les arbres et les stations sans pour autant aboutir à l'édification racinaire pour les boutures ligneuses et semi ligneuses sous différentes concentrations d'hormones. Quant aux boutures herbacées, un début d'émission d'ébauches racinaires à un taux faible et variable 8 à 33% selon les arbres a été enregistré (à l'exception d'un taux de l'ordre de 50% enregistré pour un seul arbre avec 6000 ppm d'AIB).

En ce qui concerne le greffage, l'objectif consiste à comparer trois techniques différentes : greffage en fente apicale, greffage par approche simple et greffage en tranches sous deux conditions différentes : sous serre et au laboratoire à température 28°C et humidité ambiantes. De bons Résultats sont obtenus sous conditions de salle avec 60% de réussite pour greffage en fente apicale et 30% pour greffage par substitution de rameaux (tous les deux effectués sur un matériel végétal âgé d'un an) ; alors que les résultats du greffage par approche simple étaient faibles de l'ordre de 20%.

Quant au marcottage aérien, nous avons obtenu un taux élevé de survie de marcottes présentant toutes des cals avec début d'émission de racines latérales.

Pour le marcottage terrestre, la possibilité que celui ci soit réalisable naturellement a été recherchée. Malgré qu'il s'agisse d'événement rare, des marcottes terrestres émettant des racines ont été observées sur terrain.

**Mots clés** : AIB ; *Argania spinosa* ; Bouturage ; Greffage ; Marcottage ; Rhizogenèse.



## Summary

This work aims to explore ways of argan tree regenerating (*Argania spinosa* Skeels L.) including cuttings, grafting and layering. For propagation, plant material consists of cuttings woody, semi-hardwood and herbaceous. The cuttings were conducted in a chamber cultures in controlled conditions. The rate of bud break was variable, depending on the trees and stations without leading to the building to root cuttings in different semi woody hormone concentrations. As for softwood cuttings, an early issue of draft root at a low and variable 8-33% depending on the trees was recorded (with the exception of a rate of about 50% recorded for a single tree with 6000 ppm of IBA).

With regard to the grafting, the objective is to compare three different techniques: cleft grafting apical, simple approach grafting and grafting sliced in two different conditions: under greenhouse and laboratory at 28°C temperature and humidity. Good results are obtained under room conditions with 60% success in cleft grafting for apical and 30% for graft substituting branches (both made of plant material a year old), while the results of grafting by simple approach were low in the order of 20%.

As for air layering, we achieved a high survival rate of all layers with callus with early emission of lateral roots.

For terrestrial layering, the possibility that it becomes feasible course was investigated. Despite being rare event, layers of earth emitting roots were observed on land.

**Keywords:** IBA; *Argania spinosa*; Cutting; Grafting; Layering; Rhizogenesis.

## Introduction

L'Arganier est l'un des principaux arbres agro-forestiers du Maroc en raison de ses caractéristiques en tant qu'arbre endémique et de l'importance de la superficie qu'il occupe. Cependant, sous la pression des changements liés aux activités anthropométriques, l'équilibre fragile, préalablement installé entre les capacités d'adaptation et de régénération de l'Arganier et la forte pression qu'il subit, a viré vers un déséquilibre irréversible au détriment de l'Arganier (Nouaim, 2005). Par conséquent, l'Arganeraie s'est dégradée avec une vitesse alarmante : en moins d'un siècle, presque la moitié de l'Arganeraie a disparu et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres/ha (Kabiri *et al.*, 1996) voir même 10 à 15 par hectare dans sa limite sud (Bouzoubaâ 2006). La multiplication végétative par des techniques diverses est une alternative de la multiplication sexuée vue que celle ci est actuellement très faible voire absente (M'hirit, 2002). Parmi les techniques de multiplication végétative on distingue :

**Le bouturage:** C'est une voie rapide et très avantageuse pour la fourniture des plants nécessaires aux reboisements de types très intensifs (Martin, 1977). Cette technique consiste à reproduire des plants conformes génétiquement à la plante mère en faisant usage des parties de la plante (tige, racine, feuille) et les mettre dans des conditions adéquates pour engendrer des racines et par suite une plante entière.

**Le greffage :** C'est un processus qui consiste à rassembler les performances de deux sujets : le greffon et le porte-greffe. Le greffage doit aboutir à la connexion des systèmes vasculaires (Xylème et phloème) des deux symbiotes : porte -greffe et greffon ( Mokhtari, 2002).

**Le marcottage :** il consiste à provoquer la formation de racines sur un rameau non détaché de l'arbre-mère. Après annélation de l'écorce et traitement à l'aide de substances rhizogènes, le milieu nécessaire au développement des racines est installé sous forme de buttes (marcottage en cépée) ou de manchons (marcottage aérien) autour des rameaux.



Le plant sera séparé du pied-mère une fois enraciné (Cornu, 1986). Ce moyen de multiplication végétative fut naturellement rare et n'aboutit généralement pas à des marcottes affranchies. En effet, Les espèces qui produisent des drageons ou des marcottes affranchis sont très largement minoritaires parmi plus de 875 espèces recensées (Bellefontaine R.2005), puisqu'elles représentent moins de 1%. L'affranchissement se produit naturellement par autodégénérescence de la racine mère. « Si les drageons ont leur propre système racinaire et sont complètement indépendants trophiquement (pour l'eau, les sucres et éléments minéraux), ils deviennent des individus séparés et autonomes. Dans ce cas, on peut alors effectivement parler de multiplication végétative (Bellefontaine R.).

## Matériels et méthodes

### 1. Bouturage

L'étude du bouturage a été effectuée avec du matériel végétal constitué de boutures ligneuses, semi-ligneuses et herbacées issues de recepage. Et l'essai a été réalisé au CRRA (Centre Régional de Recherche Agronomique d'Agadir), sous conditions contrôlées dans une chambre de culture avec une humidité relative supérieure à 80% et à une température de l'ordre de 30°C. L'essai est un bloc aléatoire complet avec trois répétitions. Les traitements par l'AIB que nous avons utilisé sont 0, 2000, 4000 et 6000 ppm.

### 2. Greffage

Le matériel végétal est constitué de trois lots de plantules d'arganier d'âges différents : le premier lot âgé d'un an est fourni par la Direction Régionale des Eaux et Forêts. Le second est constitué de plantules de 6 mois issus de germination de graines du Centre Régional de Recherche Agronomique d'Agadir. Le troisième lot est constitué de plantules de 4 mois issus de germination de graines. Le greffage de l'arganier a été effectué pendant le mois de Juillet. Raison pour la quelle, nous avons prélevé les greffons peu de temps avant de pratiquer le greffage pour éviter la perte excessive d'eau par le matériel végétal (Leterme, 2004). Les porte-greffes sont arrosés les jours qui précèdent la pratique du greffage pour qu'ils soient frais (Leterme, 2004).

#### Trois techniques de greffage ont été étudiées :

- Greffage en fente Apicale : Les porte-greffes et les greffons sont tous âgés d'une année et ont été fournis par la Direction Régionale des Eaux et Forêts. Une fente d'environ 1,5cm a été réalisée sur la partie apicale du porte-greffe. Le greffon ayant un diamètre compatible avec celui du porte-greffe, est taillé sur les deux faces de sa partie basale de manière à s'adapter à la fente. Après avoir inséré le greffon dans la fente, la jointure se fait à l'aide de para-film. Enfin, pour protéger la plaie, nous avons appliqué une couche de paraffine à l'aide d'un pinceau, (Mokhtari, 2002).
- Greffage en tranche (chip-dudding) : Les porte-greffes et les greffons sont tous âgés d'une année et ont été également fournis par la Direction Régionale des Eaux et Forêts d'Agadir. Cette technique consiste à enlever un rameau du porte-greffe depuis sa base en le substituant par un autre, ayant les mêmes dimensions, qui va servir de greffon.
- Greffage par approche simple : Les porte-greffes et les greffons sont issus de semis et sont âgés de 4 et 6 mois. Le choix entre porte-greffe et greffon était fondé sur les caractéristiques des plantules : en effet, celles qui présentent une partie racinaire développée sont considérées comme porte-greffes et celles qui ont la partie aérienne développée sont considérées comme greffons. Les deux doivent avoir la même section juste au-dessous des cotylédons.



Le principe consiste à réaliser une coupe mince de même taille (1,5 à 2 cm) sur un côté au-dessous des cotylédons pour les deux plantules puis les juxtaposer au niveau des coupes et les ligaturer à l'aide du para film. Ensuite, la partie aérienne (au-dessus de la jointure) du porte-greffe et la partie racinaire du greffon sont coupées simultanément. Les plaies et les jointures sont couvertes de paraffine.

### 3. Marcottage aérien

Nous avons choisi la technique la plus courante qui consiste à entailler l'écorce de branches fines (rejets de l'année): Une annélation corticale des deux côtés a été effectuée sur environ 4 cm de long. L'un des substrats suivants : Perlite, Fibres de noix de coco ou laine de Roche est posé autour de la partie entaillée à l'aide d'un film alimentaire puis entouré de plastique noir suffisamment épais pour résister aux UV et aux vents. L'ensemble est ligaturé hermétiquement aux deux extrémités. 36 marcottes aériennes ont été réalisées sur cinq arbres.

#### ≤ *terrestre*

Dans l'arganeraie, cette forme de propagation végétative se révèle plus fréquente que le drageonnage, notamment en bordure d'oued, en plaine et dans les sites très venteux.

Dans ce dernier cas, les arganiers sont couchées par les vents marins et leurs branches inférieures s'enracinent et forment alors des marcottes terrestres. Des racines adventives souvent peu nombreuses apparaissent alors sur ces branches. Il semble impossible de tirer profit de ces marcottes naturelles pour régénérer l'arganeraie (Bellefontaine R.2005).

## Résultats & Discussion

### 1. Bouturage

Le taux de bourgeonnement (fig.1) obtenu est variable selon le type de boutures : en effet le débournement est très important pour les boutures semi-ligneuses et herbacées (27 et 26 pour cent respectivement) par rapport à celui enregistré pour les boutures ligneuses ne dépassant pas 6 pour cent ; alors qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les boutures semi-ligneuses et herbacées (fig.2).



Fig. 1: Débournement de bouture d'arganier

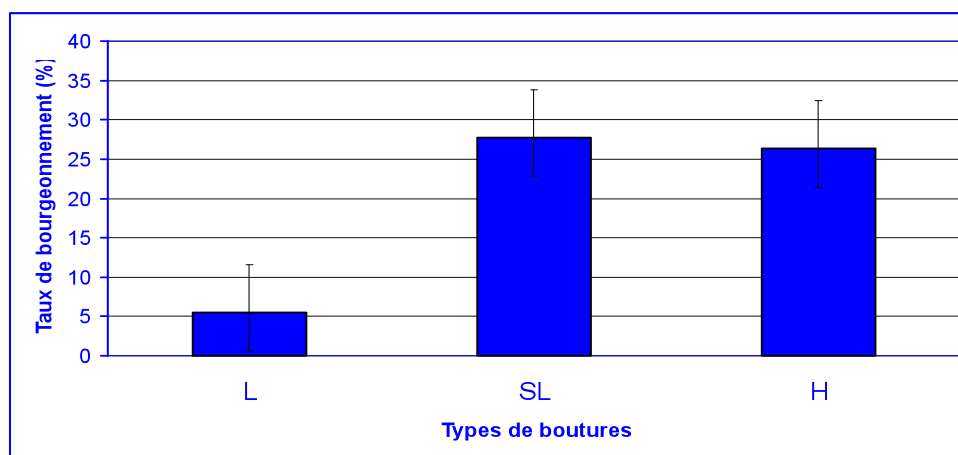
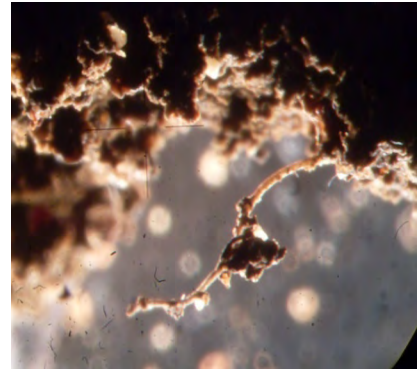


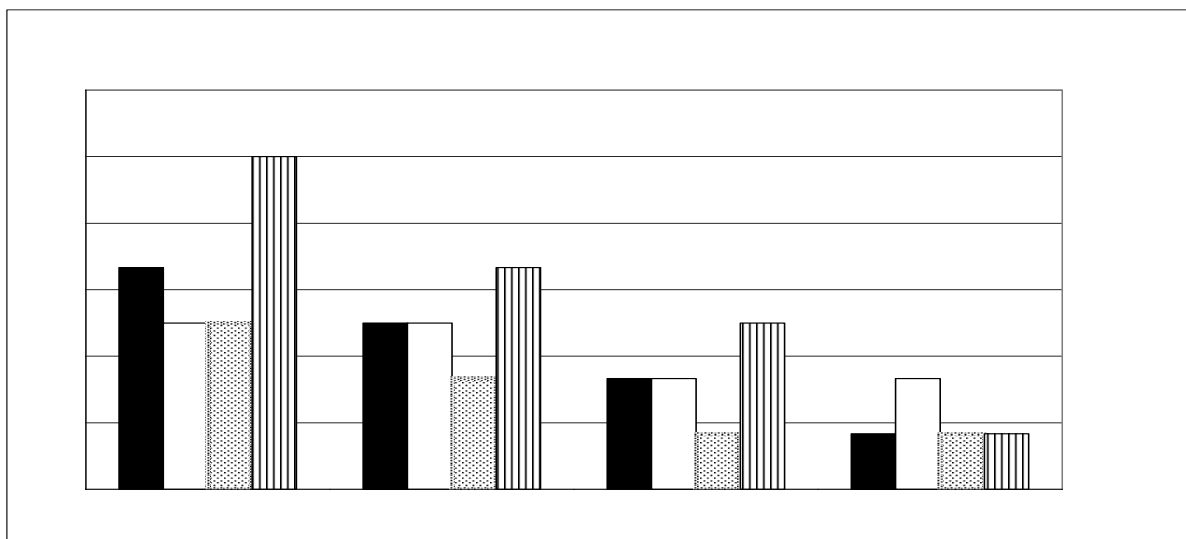
fig.2. Taux de bourgeonnement des trois types de boutures : ligneuses (L), semi ligneuses (SL) et herbacées (H).



Les résultats obtenus, après six semaines de la mise en culture des boutures, ont montré la difficulté d'enracinement pour les boutures d'arganier : en effet, les boutures ligneuses et semi-ligneuses n'ont pas donné de racines ; seules les boutures herbacées ont aboutit à un début d'enracinement (sous forme d'ébauches racinaires Fig.3). le taux enregistré (fig.4) le plus élevé est de 29.16% pour le traitement de 6000ppm d'AIB (pour les quatre arbres confondus). En ce qui concerne le facteur arbre, il s'est avéré que l'arbre A1 a montré une capacité de rhizogenèse la plus importante, avec une moyenne de 33.33% avec toutes concentrations confondues. Notons également que le pourcentage le plus élevé est de 50% enregistré chez l'arbre A1 avec 6000ppm d'AIB et ce, quatre semaines après mise en bouturage.



**Fig.3:**Ebauche racinaire  
après mise en bouturage.



**Fig.4 :** Taux d'enracinement de boutures herbacées d'arganier.



**Fig.5 et Fig.6:** greffage par approche simple.

## 2. Greffage

Les résultats de trois types de greffage (tableau 1) ont montré des taux de réussite de 60%, 30% et 20% respectivement pour le greffage par fente apicale, le greffage en tranche et le greffage par approche simple (Fig.5 & 6) au laboratoire alors que le greffage sous serre est un échec. Ce ci est dû essentiellement au dessèchement.



**Tableau 1** : Résultats de trois types de greffage sous conditions de serre et de laboratoire

		Sous serre	Au laboratoire
Greffage en fente apicale Porte-greffe et greffon âgés d'une année	Nombre et pourcentage de réussite	0/10 (0%)	6/10 (60%)
	Pourriture	0/10	1/10
	Dessèchement	10/10	3/10
Greffage en tranche Porte-greffe et greffon âgés d'une année	Nombre et pourcentage de réussite	0/10 (0%)	3/10 (30%)
	Pourriture	0/10	2/10
	Dessèchement	10/10	5/10
Greffage par approche simple : Porte-greffe et greffon âgés de 4 mois	Nombre et pourcentage de réussite	0/10 (0%)	2/10 (20%)
	Pourriture	2/10	6/10
	Dessèchement	8/10	2/10
Greffage par approche simple : Porte-greffe et greffon âgés de 6 mois	Nombre et pourcentage de réussite	0/10 (0%)	2/10 (20%)
	Pourriture	0/10	3/10
	Dessèchement	10/10	05/10/12

### 3. Marcottage aérien

Les résultats obtenus du marcottage aérien (tableau2) après 3 mois, montrent que 80% des marcottes ont survécu et présentent une cal. Parmi 36 marcottes, trois présentent des racines latérales(Fig.7)

**Tableau 2** : Taux de survie de marcottes présentant une cal après trois mois.

	A1	A2	A3	A4	A5
FNC	3/3	1/3	3/3	3/3	3/3
Per	3/3	1/3	3/3	2/2	1/3
LR	2/3	3/3	3/3	3/3	2/3
total	8/9	5/9	9/9	8/9	06/9

**A:Arbre; FNC : Fibres de noix de coco ;Per : Perlite; LR :  
Laine de roche**

**Fig.7** : Racine latérale sur aérienne

### 4. Marcottage terrestre

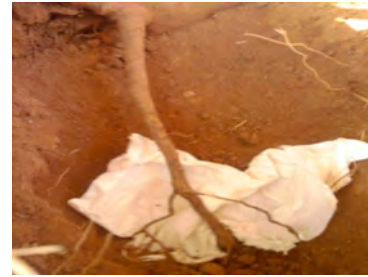
Dans l'arganeraie, cette forme de propagation végétative se révèle plus fréquente que le drageonnage, notamment en bordure d'oued, en plaine et dans les sites très venteux.

Dans ce dernier cas, les arganiers sont couchés par les vents marins et leurs branches inférieures s'enracinent et forment alors des marcottes terrestres. Des racines adventives souvent peu nombreuses apparaissent alors sur ces branches. Il semble impossible de tirer profit de ces marcottes naturelles pour régénérer l'arganeraie (Bellefontaine R.2005). Cependant, des marcottes terrestres présentant des racines en pivot (Fig.8 & 9) sont observées sur les deux stations : Aghroud et la forêt Admine.





**Fig.8** : Marcotte terrestre présentant des racines



**Fig.9** : marcotte terrestre présentant

D'après ce qui précède, on peut conclure que :

- Les boutures herbacées issues de recepage sont les plus adéquates pour réussir le bouturage de l'arganier.
- Les fortes concentrations en acide indol-butyrique (6000ppm d'AIB) sont les plus efficaces.
- La réponse à l'action de l'AIB varie selon les arbres.
- Le type de greffage qui donne les résultats les plus satisfaisants est le greffage en fente apicale.
- Le bouturage et le greffage nécessitent des conditions de cultures contrôlées. Ils nécessitent aussi une grande hygrométrie de l'air ; entre 80 et 90%.
- L'exploitation des marcottes aériennes et terrestres pour la production plants d'arganier nécessite une perfection des techniques de marcottage.
- La sélection d'arbres dotés de pouvoir rhizogénique est déterminante dans la réussite des différents moyens de régénération végétative de l'arganier.

## Références bibliographiques

- Bellefontaine R.**(2010). De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L.Skeels) Sécheresse 2010 ;p.42-53
- Cornu. D. & Boulay M.** (1986). La multiplication végétative techniques horticoles et cultures in vitro. R.F.F.XXXVIII-n° sp. pp. 60-63.
- Kabiri L, Laskarn L, Benzyane M, Ahlac Z.** (1996). Les essences forestières du Maroc. Colloque national sur la forêt. Ifrane du 21 au 23 mars. Rabat : Administration des eaux et forêts et de la conservation des sols (AEFCS), 1996 ; 28 p. ;
- Leterme E.** (2004). Le greffage : les techniques les plus actuelles et la plantation des arbres fruitiers par GRPA/Editions du Rouergue
- Martin B.**(1977). Le bouturage des arbres forestiers progrès récents perspectives de développement 1977. p16-19 et p245
- Mokhtari M.** (2002) Le greffage de l'arganier : un challenge pour la multiplication clonale (Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA. n°95) p.3 et 4 ;
- M'hirit O.,M.Benzyane, F.Benchekroun,S.M.El Yousfi et Bendaanoun** (2002). L'ARGANIER une espèce fruitière -forestière à usages multiples 2002 p52)
- Nouaim R.** (2005). L'Arganier au Maroc : Entre mythes et réalités edit.L'Harmatin 227p p23-p33.





# Effet de quatre substrats combinés à deux systèmes d'irrigation sur la qualité des plants d'Arganier produits en conteneurs

**Mimoun MOKHTARI et Abdellah BERCHIL**

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, Ait Melloul, Maroc.  
[mokhtari@iavcha.ac.ma](mailto:mokhtari@iavcha.ac.ma) / [a.berchil@gmail.com](mailto:a.berchil@gmail.com)

## Résumé

Cette étude a pour but d'étudier l'effet de quatre substrats issus du mélange de cinq matériaux de base (Sable de rivière, tourbe, fibres de noix de coco, terreau d'Arganier et compost) à part différentes, combinés avec deux systèmes d'irrigation (Goutte à goutte et sub-irrigation) sur la qualité des plants d'arganier produits en conteneurs. Le substrat S1 a montré le pouvoir absorbant le plus élevé avec 39,07 ml/plant/jour, et une transpiration de 37,54 ml/plant/jour. Ceci laisse place à des différences observées sur les autres paramètres tels que la croissance en hauteur et en diamètre ainsi que le développement de la surface foliaire. Ces paramètres ont été aussi affectés par la porosité, la richesse en matière organique et en éléments nutritifs ainsi qu'à capacité de rétention en eau des différents substrats. Les substrats irrigués à la sub-irrigation ont montré une valeur élevée de la conductivité électrique surtout au niveau de la partie supérieure des substrats avec une EC de 0,78mS/cm contre 0,60mS/cm pour la partie inférieure. Ces traitements montrent aussi une production importante de la matière fraîche et sèche du système racinaire.

**Mots clés** : Substrat, goutte à goutte, sub-irrigation, *Argania spinosa*, porosité, conductivité électrique, capacité de rétention en eau, croissance végétative.

## Introduction

La production d'un plant d'arganier en conteneur doté d'une qualité agronomique (vigoureux) et commercial (coût de revient faible) implique une bonne maîtrise de certains facteurs clés. Ces facteurs clés ne sont autres que le substrat support des plants et le système d'irrigation utilisé.

La composition ainsi que les caractéristiques physicochimiques du substrat support des plants joue un rôle primordiale dans la réussite de la production des plants de qualité, vu son rôle de support, de source d'éléments nécessaire pour la nutrition des plants (Blanc, 1987).



L'alimentation hydrique joue également un rôle important, et le système utilisé conditionne l'efficacité de l'irrigation en conteneur. De sa part, le système de sub-irrigation, permet une stabilité des paramètres chimique de l'eau d'irrigation, ainsi qu'une économie de l'eau et des fertilisants (Ajnaou, 2007), et le système goutte à goutte permet un bon contrôle et homogénéisation des apports (Vermeiren et Jobling, 1983).

## Matériel et méthodes

Cette essai a été menée au sein d'une pépinière de multiplication au Complexe Horticole d'Agadir dans le but d'étudier l'effet de quatre substrats combinés avec deux systèmes d'irrigation (Goutte à goutte et sub-irrigation) sur la qualité des plants d'arganier produits en conteneurs.

**Tableau 1** : La composition des quatre substrats est illustrée pour l'essai :

	S1	S2	S3	S4
<b>Sable grossier</b>	25%	50%	75%	75%
<b>Tourbe noire</b>	25%	10%	10%	10%
<b>Fibres de noix de coco</b>	25%	10%	10%	00
<b>Terreau végétal d'Arganier</b>	20%	25%	00	10%
<b>Compost</b>	5%	5%	5%	5%

Le choix des parts des différents matériaux de base est fondé sur les caractéristiques physiques et chimiques de chaque mélange, notamment la teneur en matière organique, la porosité, la densité apparente, la conductivité électrique, le pH et la teneur en élément nutritif. La composante économique a conditionné également la confection des différents mélanges.



**Tableau 2** : Les propriétés physique et chimique des différents substrats

	M.O	Da	CRE	Pt	pH	EC	N	P	K
<b>S1</b>	18%	0,76	40,49	71,18	7,7	0,88	11,1	14,8	141,7
<b>S2</b>	7%	0,80	30,08	63,72	7,5	0,83	12,0	16,8	133,3
<b>S3</b>	3%	0,99	14,83	61,78	7,3	0,58	8,5	13,0	108,3
<b>S4</b>	2%	1,05	10,10	69,89	8,2	0,39	6,9	2,0	41,7

**M.O** : matière organique (% du poids frais), **Da** : Densité apparente (g/cm<sup>3</sup>), **CRE** : Capacité de rétention en eau (% du poids frais), **Pt** : Porosité totale (% du volume frais), **EC** : Conductivité électrique (mmhos/cm), **N** : Teneur en nitrate (ppm), **P** : Teneur en phosphate (ppm), **K** : Teneur en potassium (ppm).



Les deux systèmes d'irrigation, sujet de l'étude, sont la sub-irrigation par procédé marré haute-marré basse, et le système goutte à goutte. Les traitements irrigués par ce dernier système reçoivent une dose d'eau journalière de 80 ml/plant, alors que les plants irrigués à la sub-irrigation sont baignés dans l'eau pendant deux heures pour que les substrats puissent absorber une quantité d'eau équivalente de celle absorbée par les substrats irrigués par le système goutte à goutte.



Les données portant sur la croissance végétative (Croissance en longueur et en diamètre des plants, Surface foliaire) ont été collectées périodiquement. Le volume de l'eau de drainage, son pH, sa conductivité électrique et sa composition minérale ont été mesurés. Des mesures de la conductivité électrique des deux parties inférieure et supérieure des substrats et de la composition minérale de ceux-ci ont été mesurées à la fin de l'expérimentation. D'autres mesures du poids frais et sec des plants, de l'absorption de l'eau par les différents substrats et de la transpiration ont été réalisées.

Les données collectées sont analysées par les logiciels statistiques destinés pour ces fins, à savoir le MINITAB et le logiciel SPSS.

## Résultats et discussions

Deux mois après le début de cet essai, on n'a pas enregistré d'interaction entre l'effet des deux facteurs "Substrat" et "système d'irrigation" sur les paramètres de croissance végétative. Mais au sein de chaque facteur, on a enregistré des différences hautement significatives entre les variantes du facteur "Substrat", alors qu'on n'a pas de différence entre l'effet des deux systèmes d'irrigation.

La croissance en hauteur et en diamètre ainsi que le développement de la surface foliaire ont bien répondu à la meilleure porosité, à la richesse en matière organique et en éléments nutritifs ainsi qu'à la meilleure capacité de rétention en eau du substrat S1. Ces résultats se concorde avec ceux rapportés par **Norddine (2007)**.

**Tableau 3** : Paramètre de croissance sous les différents traitements.

Traitements	Taux de croissance en longueur (%)	Taux de croissance diamètre (%)	Surface foliaire (en cm <sup>2</sup> )
<b>Substrat</b>			
<b>S1</b>	50,2 a	48,88 a	47,11 a
<b>S2</b>	48,4 a	34,13 b	43,26 a
<b>S3</b>	48,9 a	31,13 b	46,08 a
<b>S4</b>	43,5 b	23,00 c	39,67 b
<b>Système d'irrigation</b>			
<b>Goutte à Goutte</b>	46,97 a	34,44 a	48,76 a
<b>Sub-irrigation</b>	46,91 a	34,13 a	39,30 b

Pour une même variante, les traitements portant la même lettre a ou b, ne sont pas significativement différents, avec  $\alpha=0,05$ .



L'absence de drainage dans le cas des traitements irrigués à la sub-irrigation est l'avantage le plus aberrant qui caractérise ce système. La mise en évidence des paramètres de drainage des traitements irrigués par le système goutte à goutte a donné les résultats suivants.

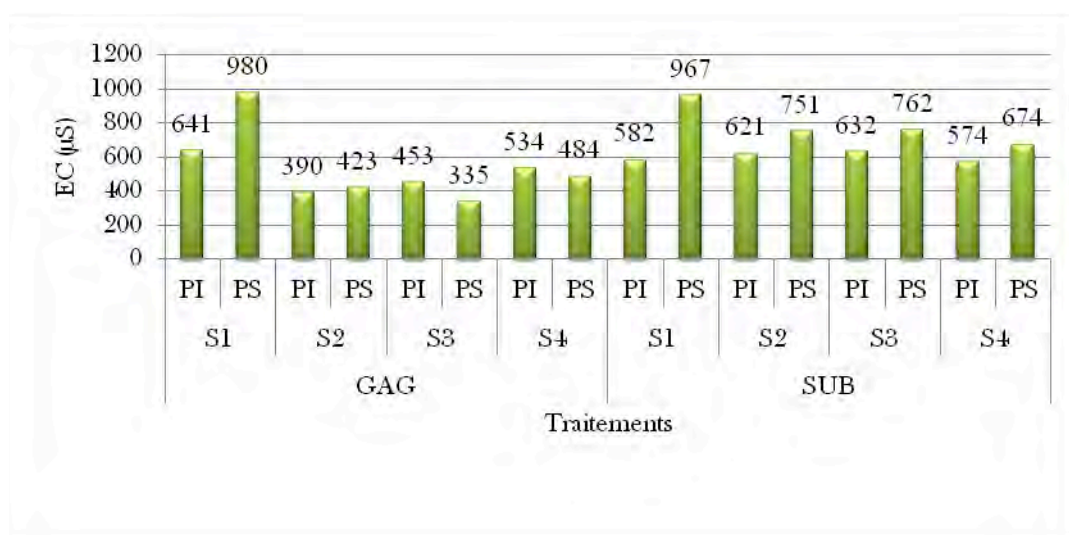
**Tableau 4 :** Moyenne du volume, pH et EC de l'eau de drainage récupéré pendant l'essai.

Substrat	Volume de drainât (ml)	pH de drainât	EC de drainât (mS/cm)
S1	33,79	7,44	2,16
S2	38,38	7,44	1,97
S3	38,42	7,58	2,05
S4	38,50	7,59	1,94

Le substrat S1 draine moins par rapport aux autres substrats grâce à sa capacité de rétention en eau importante qui est de l'ordre de 40,49% du poids frais de ce substrat. LE pH du drainage dans les quatre traitements est alcalin, cela est dû essentiellement au lessivage des ions de calcium libéré par le sable. L'EC élevé du drainât du substrat S1 reflète sa richesse en éléments nutritifs qui a influencé positivement sur la croissance des plants rempoté sur ce substrat.

Le niveau de la salinité exprimé par la conductivité électrique des deux parties supérieure et inférieure du substrat et sous l'effet des quatre substrats combinés combiné avec les deux systèmes d'irrigation est mesuré à la fin de l'essai.

On a constaté que les substrats irrigués à la sub-irrigation accumulent plus de sels solubles dans leurs parties supérieurs, et cela est dû à la migration de ces derniers vers cette partie, avec un avantage du substrat S1 par rapport aux autres substrats. Ces résultats se concordent avec ceux rapportés par **Ajnaou (2007)**.



**Figure 1 :** La conductivité électrique des parties supérieurs (PS) et inférieurs (PI) des substrats combinés avec les systèmes d'irrigations. PI : partie inférieure du substrat, PS : partie supérieure du substrat, GAG : système d'irrigation goutte à goutte, SUB : système sub-irrigation.



Le rapport PAF/PRF le plus faible est observé sur les plants irrigué par le goutte à goutte et rempoté sur le substrat S2, tandis que le rapport PAS/PRS le plus faible est observé sur les plants irrigué par le goutte à goutte et rempoté sur le substrat S1. Selon **Roula (2005)**, la conduite en pépinière cherche la production d'un système racinaire abondant plutôt qu'une partie aérienne abondante.

**Tableau 5** : Rapport PAF/PRF et PAS/PRS sous les différents traitements

Système d'irrigation	Substrat	PAF/PRF	PAS/PRS
Goutte à Goutte	S1	0,95 a	0,82 b
	S2	0,74 b	1,01 a
	S3	0,80 a	1,03 a
	S4	0,90 a	1,11 a
Sub-irrigation	S1	0,93 a	1,03 a
	S2	0,99 a	1,09 a
	S3	0,87 a	1,01 a
	S4	0,83 a	1,10 a

**PAF** : poids frais de la partie aérienne ;  
**PRF** : Poids frais de la partie racinaire ;  
**PAS** : Poids sec de la partie aérienne ;  
**PRS** : Poids sec de la partie racinaire.

La comparaison entre deux plants de 8 mois, l'un (a) rempoté sur un substrat conventionnel (100% terre végétale (photo plant à gauche) et l'autre sur le substrat S1 (photo plant à droite).

La différence des paramètres agronomique des deux plants est en faveur du plant rempoté sur S1.



## Conclusions

Les normes de qualité recherchées dans les plants sont exprimées par les plants rempoté sur S1, et cela nous permet de conclure qu'un tel substrat caractérisé par une bonne teneur en matière organique, une bonne porosité totale, une bonne capacité de rétention en eau, aussi, si ce substrat est riche en élément nutritif, il est considéré convenable pour la production d'un plant d'Arganier de qualité en conteneur. Le choix du système d'irrigation doit être basé sur une étude cout-avantage avant d'en adapté un. Ces étude doit rassemble à la fois, la composante économique ainsi que les performances agronomique des plants irrigué par les deux systèmes.

## Références bibliographique

**Ajnaou, I. (2007)**. Effet de deux systèmes d'irrigation (Subirrigation et goutte à goutte) sur le rendement, la qualité des fruits et la gestion de la solution fertilisante pour une culture de tomate conduite en hors sol. Thèse de Troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie. Option : Horticulture. IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. IAM Bari Italie. 145p.

**Blanc, D. (1982)**. Les cultures hors sol. 2<sup>ème</sup> édition INRA, Paris, 409 p.

**Norredine, B. (2007)**. Effet du substrat sur la croissance de deux porte greffes d'agrumes : *Citrus macrophylla* et citrange 'Carrizo'. Thèse (3. Cycle Agronomie, option Horticulture). Agadir (Maroc). 108 p.

**Vermeiren, L. et G.A. Jobling (1983)**. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 36 : L'irrigation Localisé, Calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement. Rome. 219 p.



# Marcottage de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels)

**Mimoun Mokhtari<sup>1</sup>; Isabelle Kerbernes<sup>2</sup>; Lamia Bouiche<sup>3</sup>; M. Chérif Benismail<sup>1</sup>, Lahcen Kenny<sup>1</sup> & Ronald Bellefontaine<sup>4</sup>**

1 - **Mimoun Mokhtari, Moulay Cherif Benismail et Lahcen Kenny**, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,

Cowmplexe Horticole d'Agadir, B.P :121 Ait Melloul, 80150, Maroc.

2 - **Isabelle Kerbernes**, Istom - 32, Boulevard du Port - 95094 Cergy pontoise France

3 - **Lamia Bouiche**, Université Paris 12 Val de Marne, , Faculté des Sciences et Technologie, 94010 Creteil France

4 - **Ronald Bellefontaine**, Cirad UPR, 34398 Montpellier cedex 5 France.

**Correspondance:** [mokhtari@iavcha.ac.ma](mailto:mokhtari@iavcha.ac.ma)

## Résumé

Le marcottage de l'Arganier a été mené au niveau de la Réserve Biologique de l'IAV Hassan II-CHA d'Agadir en utilisant au départ la technique d'incision totale qui donne 100% de dessèchement. Le maintien en vie des marcottes a été possible seulement quand la technique d'incision partielle a été introduite. Les essais réalisés en 1997 nous ont permis de garder en vie 144 marcottes et après 4 mois et demi, une seule marcotte a formé des racines. Les travaux des années 2007, 2008 et 2009 ont montré que l'incision partielle est meilleure que la cicatrisation. Cependant, cette technique donne de meilleurs résultats avec un substrat de sphaigne. La cicatrisation, réalisée avec de la tourbe sur d'autres arbres de 10 ans et irriguées a donné 10% d'enracinement en 2007 et 0 à 30% en 2008 selon les arbres. Pour la même année, des marcottes avec du sphaigne ont donné de 20% à 60% d'enracinement en fonction de l'âge. Le maintien de l'arbre en état hydraté par des apports d'eau et la protection contre la chaleur et la lumière durant la saison chaude favorisent l'induction des racines. Pour des arbres non irrigués et avec de la tourbe et l'aluminium en couverture, 25% de marcottes ont été enracinées alors que la double couverture avec du plastique et de l'aluminium donne 37% d'enracinement. Le maximum d'enracinement a été obtenu après 4 mois et demi sur des arbres jeunes et à potentiel d'induction d'enracinement élevé. Pour ce cas, la coupe par incision partielle a donné 89% dans un arbre taillé. Les racines produites sont nombreuses, saines, blanches, longues et ramifiées et ne présentent pas de signes de stress. Le marcottage aérien sur des arbres adultes non irrigués donne des résultats très aléatoires. L'effet AIB et de BAP par badigeonnage n'a pas eu d'effet significatif.

**Mots clés :** Multiplication végétative, marcottage, *Argania spinosa*, plantes difficiles à s'enraciner, induction des racines, état hydrique des pieds mères.



## Argan (*Argania spinosa* L. Skeels) air layering

### Abstract

Air layering studies on potential trees of Argan were run at the site of Biological Reserve of the IAV Hassan II Agadir campus. With the complete incision layering technique, 100% of the layered branches desiccated rapidly. Maintaining in live of the branches was possible only when the partial cut was introduced as a treatment in layering. Trials run during the year 1997 permitted to 144 layered branches to survive even on non irrigated trees, and after 4 months and half one of them gave few roots. Experiments run during 2007, 2008 and 2009 showed that the partial incision was the best layering technique when compared to total incision or to the cicatricial cut. The cicatricial cut, and with peat as a media, gave only 10% rooting in 2007 and from 0 to 30% rooted stems in 2008. But when used with sphaign as a media, this value rose up to 20% to 60% depending upon the age of the branches. For all the techniques and treatments, technical care and maintenance of the tree hydrated and protection of the layered stem cool and protected from excessive heat and light using aluminum foil are key factors in inducing the rooting of the layered stems. Covering with aluminum gave 25% rooting and addition of a plastic gave 37% rooting in an experiment during 2007. Maximum rooting was obtained after 4 months and half, on a clone with high potential of rooting and conducted with drip irrigation for which results reached 89% of rooting. Roots on the layered branches were big, white and healthy and branched. Air layering on non irrigated tree gave variable results. AIB and BAP treatment had no significant effect on the rooting induction.

**Keywords:** Vegetative propagation; layering; *Argania spinosa* ; difficult to root plants, root initiation, root induction, water relations of stock plants.

### Introduction

Dans les pépinières forestières, la multiplication par semis (généralive ou sexuée) est la plus utilisée pour la production de plants d'Arganier destinés aux reboisements forestiers : Elle est simple, relativement facile et offre une descendance très diversifiée mais ne permet pas la reproduction des caractères de performance (productivité en huile, résistance). Les arbres issus de semis ont une croissance lente et une production retardée et aléatoire. En alternative, la multiplication végétative (asexuée) bien que difficile (2) est la plus appropriée pour la reproduction copie-conforme des arbres sélectionnés pour préserver leurs caractères de performance (productivité et résistance). Les tentatives de marcottage de l'Arganier ont été menées par un groupe de chercheurs à l'IAV Hassan II au CHA (Complexe Horticole d'Agadir) en utilisant la technique d'incision complète (coupure d'un anneau circulaire de 2 à 3 cm de l'écorce) pour réaliser la marcotte. Par cette technique, toutes les marcottes se sont rapidement desséchées et les pertes ont été évaluées à 100%. Le marcottage des racines, en plus de sa difficulté il a voué à l'échec. Dans les deux cas, le dessèchement des marcottes se fait durant la première semaine. Le maintien du xylème intact seul pour la circulation de la sève brute (eau et sels minéraux), n'était pas suffisant pour maintenir en vie la branche terminale marcottée. L'alternative a été de pratiquer une incision partielle ou une cicatrisation qui permet le passage de la sève élaborée qui véhicule en plus des sucres, un facteur jugé 'hormonal anti stress' ; antagoniste à l'effet desséchant des autres hormones de stress synthétisées lors de la coupe (éthylène, acide abscissique,...). Les essais de marcottage réalisés depuis 2007 et présentés dans ce travail ont visé l'optimisation de la technique en procédant par l'incision partielle ou cicatricielle, la définition du type et du stade du matériel végétal, la mise au point des conditions et de la technique de protection de la marcotte, l'étude de l'effet des traitements et de l'entretien des arbres marcottés pour maintenir en vie la branche marcottée et favoriser l'induction des racines.



## Méthodologie

Un premier essai portant sur 144 marcottes a été réalisé en 1997 en couvrant la marcotte avec du plastique noir (Photos A, n°1), puis deux essais ont été réalisés en 2007 et 2008 pour tester l'effet de la couverture en Aluminium (Photos A, n°3), de l'apport d'eau aux arbres, de la technique d'incision partielle (1<sup>ère</sup> incision de la moitié ou des 2/3 de la circonférence de l'écorce de la branche et une 2<sup>ème</sup> incision perpendiculaire à la première, dans le sens de la branche, et de 2 à 3 cm pour enlever l'écore), et de la technique d'incision cicatricielle qui consiste à réaliser une fente en coupant la branche d'une façon inclinée et en soulevant une partie de l'écore sur 5 cm sans toucher le bois.

Pour cette dernière technique, le substrat a été mis au niveau de la fente et autour de la branche cicatrisée. L'effet de la protection par l'Aluminium, avec ou sans plastique transparent, et l'effet combiné de l'âge et de la taille de l'arbre à marcotter ont été aussi étudiés (Tableau 1). Pour tous les traitements, le substrat est maintenu humide par un apport d'eau au départ puis ensuite des apports de petites quantités d'eau (de 10 à 25 ml selon les essais) tous les 15 jours s'est faite durant la période des essais. Le plastique transparent offre la possibilité de lecture des résultats (Photos A, n°2, n°4, n°5 et n°6) sans les endommager.

En plus des racines, l'observation a porté sur le cal, le cal et les ébauches de racines et les racines simples ou ramifiées (Photos B et C). Le travail a été mené sur des rameaux de l'année ou âgés de 2 à 4 ans selon les essais. Le traitement à l'AIB (Acide Indole Butyrique, une auxine) a été conduit en 2007 et 2008. Le nombre total de marcottes a été de 18 à 172 selon les essais et traitements (Tableau 1).

## Résultats

### ***Optimisation de la technique d'incision***

Sur 144 marcottes réalisées en 1997, une seule a pu avoir quelques racines (2), mais les autres sont restées aussi en vie et ont donné du cal. Les résultats des travaux de 2007, 2008 et 2009 (Tableau 1) montrent que la technique de l'incision partielle est meilleure que les autres types d'incision (incision totale et la coupe dite cicatricielle).

La technique de la coupe cicatricielle bien que meilleure que la technique d'incision totale, elle donne cependant des résultats d'induction racinaire médiocres. Pour les mêmes traitements, la technique de l'incision partielle, réalisée en 2007, a donné 62% (dans le cas des arbres irrigués) et 89% quand pour des jeunes arbres conduits en irrigué (Tableau 1).

La technique de coupe cicatricielle et avec l'utilisation du sphagne comme substrat, n'a donné que 10% pour l'essai mené en 2007 et de 0 à 30% pour les essais de 2008. Pour le même substrat et sur des branches rajeunies, les résultats ont atteint 60% d'enracinement.

### ***Effet de la protection et de l'entretien des marcottes***

La protection par du plastique doublé d'une feuille d'aluminium est la meilleure protection contre les pertes en eau du substrat et contre l'excès de chaleur du au rayonnement direct. L'écart des températures entre le substrat de la marcotte couverte de plastique noir et de celle couverte en aluminium (Photos A, n°1 et n°3) est très important. Pour une marcotte humidifiée, la température de la marcotte couverte de plastique noir est de 2°C à 18°C supérieure à celle couverte d'aluminium selon la saison et la période de la journée. En saison chaude, la température du substrat sous aluminium est toujours inférieure de 4 à 5°C à la température de l'air ambiant.





L'humidité du substrat est conservée par le plastique placé sous l'aluminium (Photos A, n°4). Le maintien du substrat de la marcotte humidifié, surtout en saison chaude est aussi important que sa protection contre la lumière. L'entretien de la marcotte par des irrigations fréquentes apportées à la seringue a donné d'excellents résultats. Pour le marcottage par incision cicatricielle, la couverture en aluminium seul donne 25% d'enracinement et 37% dans le cas de la couverture double en aluminium + plastique (Tableau1, Essai 2, 2007).

### ***Effet du régime d'irrigation des arbres marcottés***

Indépendamment des autres facteurs, l'effet des apports d'eau est capital pour la réussite du marcottage des arganiers. Dans les meilleures conditions et avec la technique de l'incision partielle, seules 25% des marcottes, réalisés en 2007 sur des arbres non irrigués, ont émis des racines après 4 mois. Pour des arbres irrigués et pour les mêmes techniques et traitements et la même année, plus de 60% de marcottes ont émis des racines durant la même période de 4 mois (Tableau 1, essai 2 mené en 2007).



**Photos A :** Marcottes réalisées sur des arganiers conduits en irrigation au goutte à goutte et protégé par du plastique noir seul (1), ou plastique transparent (2, 5, 4, 5 et 6) doublé d'aluminium (3, 4) papier aluminium plastique transpMarcottes avec divers types de protection protection Induction et ramification des racines sur des marcottes avec de la tourbe (en haut) et avec de la sphaigne (en bas)



**Tableau 1** : Développement de la technique de marcottage : Résultats des différents essais réalisés dans la réserve biologique de l'arganier à ITAV Hassan II au CHA. L'enracinement des marcottes est exprimé en % selon les techniques, les substrats et les conditions de protection et d'entretien des marcottes.

Périodes des essais, Substrats, Age, Entretien		Traitements					
		Régime d'irrigation de l'arbre pieds mère		Irrigation au goutte à goutte		Arbres sans irrigation	
Type d'Incision sur le rameau		Incision Cicatricielle		I. Partielle		I. Cicatricielle	
Protection du manchon contenant le substrat		Plastique + Aluminium		Plas+Alum		Plastique + Aluminium	
Traitement de la cicatrice		Eau (T <sub>0</sub> )		Eau (T <sub>0</sub> )		Eau (T <sub>0</sub> )	
<b>Essai 1</b> : Arbres <b>10 ans</b> : 4 Arbres (19 marcottes) <b>Période</b> : <b>2 Avril au 30/07/2007</b> Substrat : <b>Tourbe</b> mouillée mais <b>pas d'eau après</b>		2mois:1 /19 4mois:2 /19 <b>(10%)</b>					
<b>Essai 2</b> : Age <b>10 ans</b> 4 Arbres (8marcottes /traitement) <b>10 Juin au 20/12/2007</b> Substrat : <b>Tourbe</b> mouillée + eau ( <b>25 ml/ 15 jours</b> )		2mois:0 /8 4mois:2/8 <b>(25%)</b>		3mois:1 /8 5mois: 3/8 <b>(37%)</b>		2mois:2 /8 4mois: 5/8 <b>(62%)</b>	
<b>Essai 3</b> : Age <b>11 ans</b> non taillé (10 marcottes par traitement) <b>3 Mars au 12/11/2008</b> Substrat mouillée + + <b>10 ml/ tous les 15 jours</b>		3mois:6 /10 4mois :6/10 <b>(60%)</b>		2mois:1 /8 4mois: 2/8 <b>(25%)</b>		2mois:0 /8 4mois: 1/8 <b>(12%)</b>	
		3mois:1 /10 4mois :2/10 <b>(20%)</b>				2mois:0 /8 4mois: 2/8 <b>(25%)</b>	
		3mois:0 /10 4mois :3/10 <b>(30%)</b>				4mois:0 /10 <b>(0%)</b>	
		4mois:0 /10 <b>(0%)</b>				2mois:0 /8 4mois: 2/8 <b>(25%)</b>	
<b>Essai 4</b> : Age <b>12 ans</b> , Arbre + <b>taillé sévèrement</b> Saison/Période : du <b>23 Mai au 12/11/2009</b> <b>Tourbe</b> mouillée + eau ( <b>25 ml/ 15 jours</b> )		5,5 mois 16/18 <b>(89%)</b>					



### **Effet de l'âge des arbres et de la taille des rameaux**

A côté de l'apport d'eau, l'âge des arbres et des branches est aussi à considérer. Comparé aux marcottes des arbres adultes, ceux des arbres rajeunis par la taille donnent les meilleurs résultats. Dans les conditions des traitements optimales (irrigation, substrat et entretien des marcottes), les résultats varient entre 62% pour des arbres de 10 ans (essai 2, 2007 ; Tableau 1) et 89% pour des arbres de même âge mais ayant reçu une taille sévère (essai 4, 2009 ; Tableau 1).

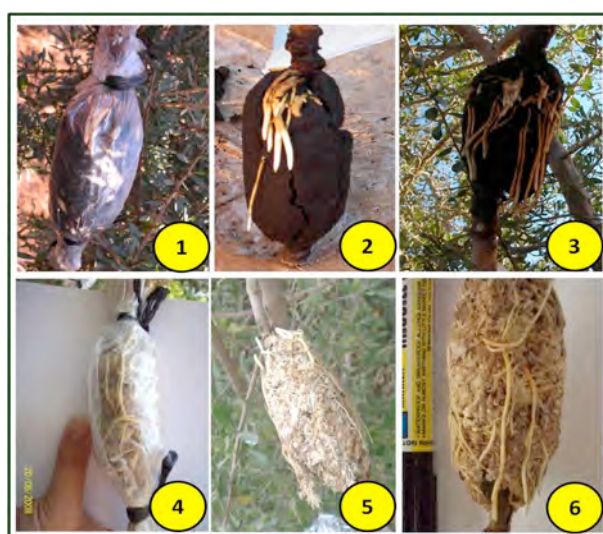
### **Effet combiné du substrat, de la technique de coupe et de l'âge sur l'enracinement**

Pour les marcottes réalisées en 2008 en utilisant la technique de coupe dite de cicatrisation (voir matériel et méthodes), les résultats obtenus après 4 mois et avec du sphaigne et sur des arbres âgés de 11 ans sont plus de 60% d'enracinement sur des branches jeunes de l'année et de 20% sur des branches de plus de deux ans. Avec de la tourbe noire, les résultats ont été de 30% pour les branches de l'année et 0% pour les plus âgées (Tableau 1 et Photos B). Les racines produites sur les marcottes avec de la tourbe ou avec du sphaigne comme substrat sont cependant de même taille et bien ramifiées dans les deux cas sinon d'une meilleure vigueur sur de la tourbe (Photos B, n°1 à n°3 pour la tourbe et n°4 à n°6 pour le substrat sphaigne).

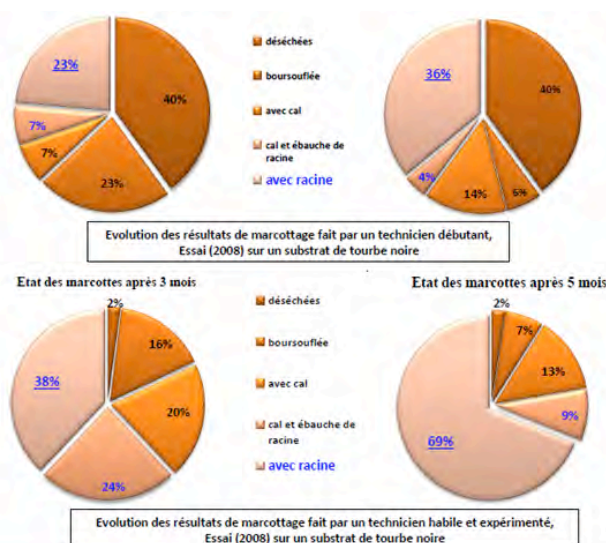
### **Implication de la technicité dans la réussite ou l'échec du marcottage**

Indépendamment du substrat, la faible technicité peut contribuer à plus de 40% des pertes. Les pertes sont exclusivement sous forme de dessèchement de marcottes et sont identiques au dessèchement des marcottes avec incision totale. La lecture des résultats ne diffèrent pas dans le temps. Après quelques semaines, les pertes par dessèchement sont de 40% chez un technicien débutant et elle n'est que 2% chez un technicien habile et expérimenté (Figure 1). Ces essais montrent que le processus d'enracinement dans le cas du marcottage de l'arganier est très fragile et il est évolutif : Les premières racines sont visibles dès le troisième mois. Après 5 mois, les racines sont plus évoluées et augmentent en nombre. Dans le cas d'une bonne technicité et après 5 mois, 69% de marcottes ont donné des racines et 9% des ébauches racinaires (soit donc un total de 78% de branches avec des racines).

Les autres marcottes (celles qui restent,



**Photos B : Induction des racines sur des marcottes avec de la tourbe (en haut) et avec de la sphaigne (en bas)**



**Figure 1 : Impact de la technicité sur l'évolution des racines des marcottes**



20% au total) ont un potentiel de former des racines si on apporte de l'entretien (irrigation et protection) pour plus longtemps sur l'arbre irrigué et rajeuni. Une partie (13%) de ces dernières (20%) a formé du cal et la deuxième partie (7%) a évolué plus et a formé des boursouffures (Figure 1).

### ***Evolution de l'enracinement des marcottes chez l'Arganier***

Le processus de formation des boutures et la vitesse de l'induction des racines sur les marcottes sont étroitement liés aux à l'irrigation des arbres, à l'entretien des marcottes par des apports d'eau et à leur protection contre la chaleur excessive. Le substrat tourbe et sphaigne sont tous les deux bons pour le marcottage malgré les quelques différences trouvés dans l'année 2008 et qui peuvent parvenir aussi de la manipulation et de la technicité. Dans tous les cas, l'enracinement est ralenti durant la période froide et elle favorisé par la température estivale mais pas très élevée (La réserve est situé à Admine ; une zone côtière). La formation d'un gonflement et des boursouffures se réalise durant les deux premiers mois (Photos C, n°1). L'émission des ébauches racinaires (Photos C, n°2) et des racines sont bien visibles durant le troisième et quatrième mois chez les arbres avec un meilleur potentiel génétique d'enracinement (Photos B, n°3). La ramification des racines (Photos B n° 4 et 5) et leur importance varient selon la technique d'incision, la protection (couverture), l'humidification du substrat.



**Photos C : Ébauches et ramification secondaires des racines sur des marcottes**

### ***Transplantation et acclimatation des marcottes***

La transplantation des marcottes enracinées de l'arganier doit se faire avec une grande prudence (lors de coupe et de la manipulation). Le passage sous les conditions d'acclimatation contrôlées (mist système intermittent et à l'ombre, dans des conteneurs ou dans des sachets ; Photos D, n°1 à 7) est obligatoire. La phase d'acclimatation est délicate : L'abscission des feuilles est un phénomène fréquent à ce stade même avec toutes les précautions prises (réduction de la taille et du feuillage, brumisation, etc..). Dans ces conditions, de nouvelles feuilles naissent sur les tiges (Photos D, n°7) et les pousses sont remises en activité à la place de celles qui chutent juste après la coupe des marcottes. L'origine de cette difficulté de transplantation vient d'abord du déséquilibre entre le volume de la partie branche et feuilles qui est souvent très importante dans la marcotte au volume de la partie des racines. En deuxième lieu, la néoformation du xylème interne qui va faire la connexion entre les nouvelles racines et le xylème primaire de la branche (essentiel au transport de l'eau) est activée par la transpiration des feuilles. Mais la rééducation de ces feuilles doit se faire progressivement et il nécessite d'abord une réduction de la surface foliaire (taille d'une partie de la marcotte) avant de procéder au processus d'acclimatation (augmentation du VPD ; déficit hydrique en vapeur d'eau de l'air). Ainsi, tout sevrage impose un régime d'eau et d'humidité relative dégressif sur quelques semaines pour pouvoir maintenir les plantules en vie.



## Conclusion

Le marcottage de l'arganier, malgré qu'il soit difficile, il est cependant faisable et donne de bons résultats quand les arbres sont irrigués et jeunes et les marcottes sont protégées contre les aléas climatiques et entretenus par des apports d'eau pour le substrat des marcottes. Les effets du substrat, de l'âge et de la technicité méritent encore des travaux pour mieux les valoriser dans la technique de marcottage chez l'arganier. Il faut aussi étudier l'effet génétique de l'arbre dits potentiels pour arriver à définir des 'clones' faciles à reproduire végétativement par marcottage. L'effet de la saison et du stade développement des branches (végétatif, floraison, fructification) sur la réussite de marcottage est aussi à élucider. Le grand travail qui reste à faire est celui de l'acclimatation après transplantation des marcottes en conteneur et leur élevage en pépinière car, même si on réussit l'enracinement, on peut avoir des surprises lors de l'acclimatation juste après la coupe des marcottes.



Photos D : Transplantation des marcottes

## Références bibliographiques

1. **Benismail, M.C.** 2002. Production rapide de plants d'Arganiers aptes à la transplantation. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture n°95, Ministère de l'Agriculture, 4 pages.
2. **Mokhtari M. et B. Zakri.** 1998. Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'Arganier (*Argania spinosa L Skeels*). Colloque International sur la diversité végétale 23-25 Avril 1998. Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr Agadir. P : 124.
3. **Harrouni, M.C., H. Elkherrak, M. Mokhtari, A. El Yazidi et K. Abdellah.** 1999. Multiplication de l'Arganier (*Argania spinosa L. Skeels*) Par bouturage. In "Proceedings of The International Conference on Biodiversity and Natural Ressources Preservation. Ifran<sup>2</sup> University, Morocco. May 13-15, 1999". : 274-277.



# Comparaison de la composition chimique des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits de l'arganier et Impact sur la conservation et la valorisation de cette espèce

**Bouzoubaâ Z.<sup>1</sup>, F. Domergue D.<sup>2</sup>, René L.<sup>2</sup>**

1 - INRA/CRRA Agadir. Boîte Postale 124 Inezgane.

2 - Laboratoire de Biogénèse Membranaire, Bordeaux, France

## **Résumé**

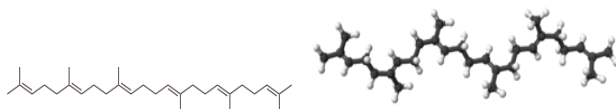
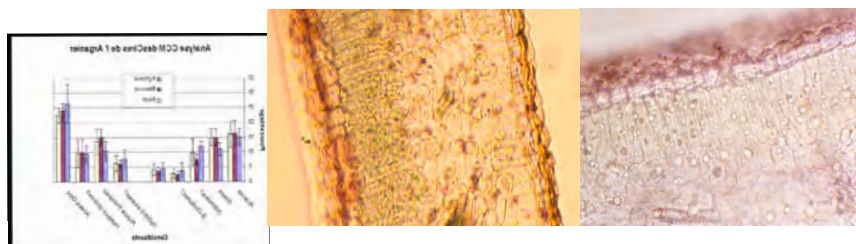
Les cires jouent un rôle important dans le maintien d'un statut hydrique fonctionnel chez la plante. Ils ont un grand intérêt dans la conservation de la surface des organes en général et les fruits en particulier, cet essai est conduit dans le but de caractériser et de comparer la composition chimique des cires épicuticulaires des feuilles et des graines de l'arganier, un travail qui s'est fait pour la première fois chez l'arganier.

L'analyse des constituants des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits (épicarpe du fruit) de 15 génotypes d'arganier collectés dans trois sites du sud ouest marocain, a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse CPG/MS. Les résultats ont montré que les cires épicuticulaires avaient des compositions similaires sauf pour certains constituants. Les alcanes, les acides gras, les aldéhydes, les alcools primaires, le squalène et les triterpènes sont les principaux composés déterminés. Ces analyses ont également montré qu'il y a des constituants qui sont présents dans les deux organes mais à des quantités variables. d'autres qui sont présents chez l'un et non pas chez l'autre. Dans les feuilles, on n'a pas noté la présence d'alcane C21, d'acides gras, d'aldéhyde C22 ni de squalène comme ce qui a été le cas pour les fruits. Chez ces dernières, on n'a pas noté la présence d'alcane C32 ni celle de C33 et ceci pour tous les génotypes étudiés, ce qui est probablement dû au milieu environnant. Les analyses statistiques concernant la composition et la quantité relative des différents constituants, ont montré que les différences sont significatives entre les arbres, qu'elles sont peu significatives entre les sites mais qu'elles sont hautement significatives entre les organes (feuilles et fruits).

La composition chimique des cires varie selon l'arbre est l'organe (feuilles ou fruit) mais elle conserve toujours son rôle principal qui est l'imperméabilité. Cette variation suggère des fonctions secondaires de la cuticule (matrice des cires), impliquant des interactions chimiques avec l'environnement immédiat de la plante comme la défense ou le camouflage contre les pathogènes ou les insectes phytophages. Les cires épicuticulaires pourraient relâcher lentement des substances volatiles en favorisant la saturation de la couche d'air limite qui se trouve à la surface des feuilles. L'intérêt de ce travail sur la composition des cires qui sont des métabolites secondaires, pourrait amener à une sélection clonale pour la tolérance à la sécheresse vu la relation étroite des cires avec la préservation de l'eau dans les tissus. Il peut également servir à l'investigation dans une meilleure valorisation des sous produits de l'arganier (épicarpe du fruit) vu les grandes teneurs de ces tissus en triterpènes et particulièrement en squalène (produits largement utilisés en Industrie pharmaceutique).

**Mots clés :** Cires épicuticulaires ; Feuilles et fruits d'argan ; Composition Chimique ; CPG/MS ; Valorisation.





Structure du squalène un des terpènes présents dans le fruit de l'arganier

### Summary

Waxes play an important role in maintaining a functional water status in the plant. In general, it's has a great interest in the conservation of the surface of organs as leaves and fruits in particular, this experiment was conducted in order to characterize and to compare the chemical composition of epicuticular waxes of leaves and fruits of argan tree; a work that was done for the first time for argan. Analysis of constituents of epicuticular wax on leaves and fruits (epicarp of the fruit) of 15 genotypes of argan tree collected at three sites in south west Morocco; Ademine, Argana and Taroudant. The material was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometry GC/MS for analyses. The results showed that epicuticular waxes had similar compositions except for certain constituents. Alkanes, fatty acids, aldehydes, primary alcohols, squalene and triterpenes were the main determined compounds. The results also showed, that some constituents were present in both organs but in varying amounts. Others were present in one organ but not in the other. In leaves, we did not note the presence of C21 alkane, fatty acid, aldehyde C22 or squalene as had been the case for fruits. In the fruits, we didn't note the presence of alkanes C32 and C33 for all studied genotypes, which is probably due to the environment climate conditions. Statistical analyzes concerning the composition and the relative amount of different constituents, showed that the differences are significant between the trees, they are not significant between sites but they are highly significant between the organs (leaves and fruit).

The chemical composition of waxes varied among trees and organs (leaf or fruit) but it still retains its primary role that was waterproofing. This variation suggests secondary functions of the cuticle (wax matrix), involving chemical interactions with the immediate environment of the plant as defense or camouflage against pathogens or herbivores. Epicuticular waxes could slowly release volatile substances promoting the saturation of the boundary layer of air which is at the leaf surface.

The interest of this work on the chemical composition of waxes which are secondary metabolites, could result in a clonal selection for drought tolerance to the close relationship waxes with the preservation of water in tissues. It can also be used for the investigation in a better and efficient use of the argan tree products. The fruit epicarp showed large concentrations of triterpenes and especially squalene (products widely used in industry).

**Key words:** Epicuticular waxes; Leaves and fruits of argan, Chemical Composition, GC / MS; Valorization



## Introduction

La cuticule des plantes supérieure est écologiquement très importante, elle constitue une interface entre la plante et son environnement. Son rôle est de prévenir la dessiccation des plantes dans les environnements à ressources en eau limitées (Chatterton et al., Schonher, 1976 ; Rieder et Markstadter, 1996 ; Rieder et Schreiber, 2001 ; Feakins & Sessions 2010). La cuticule joue un rôle essentiel dans le contrôle des échanges hydriques entre la plante et son milieu extérieur autre que celui régulé par l'intermédiaire des stomates (Schreiber et al., 1996). Elle agit comme une barrière contre les pertes d'eau à travers la plante (Kerstiens, 1996a). Elle peut aussi protéger les tissus des dommages mécaniques qui peuvent être causés par chocs divers (Baker & Hunt 1986), ou bien des insectes (Eigenbrode, 1996). La cuticule peut aussi protéger les tissus photosynthétiques contre le trop de lumière.

La fonction hydrophobe de la cuticule est essentiellement assurée par les cires qui rentrent dans la composition chimique de la cuticule. Les cires sont de longues chaînes aliphatiques qui jouent un grand rôle dans la préservation de l'eau de la plante. Elles sont impliquées dans plusieurs paramètres adaptatifs de la plante à son environnement et sont considérées par plusieurs auteurs dont (Bouzoubaâ et al., 2006 ; ) comme un critère de sélection des plantes tolérantes à la sécheresse. Leur quantité et leur composition sont très influencées par l'environnement.

Vue l'intérêt des cires dans le maintien d'un statut hydrique fonctionnel chez la plante et vu l'intérêt que revêt les cires dans la conservation de la surface des organes en général et les fruits en particulier, cette expérimentation a été conduite dans le but de visualiser et d'étudier la morphologie des feuilles de l'arganier, de caractériser et de comparer la composition chimique des cires epicuticulaires des feuilles et des fruits, un travail qui n'a jamais été réalisé auparavant sur l'arganier.

### **Nos objectifs sont donc :**

- Déterminer, caractériser, et comparer la composition chimique des cires epicuticulaires des feuilles et des fruits de l'arganier.
- Injecter quelques réflexions pour la valorisation de l'espèce via la détermination de la composition chimique de ces organes

### **Matériel et méthodes :**

- **Morphologie et répartition des cires épicuticulaires des feuilles de l'arganier**

**Matériel végétal :** surface de la face supérieure et inférieure de feuilles d'arganier

**Méthode :** Observation au microscope électronique à balayage

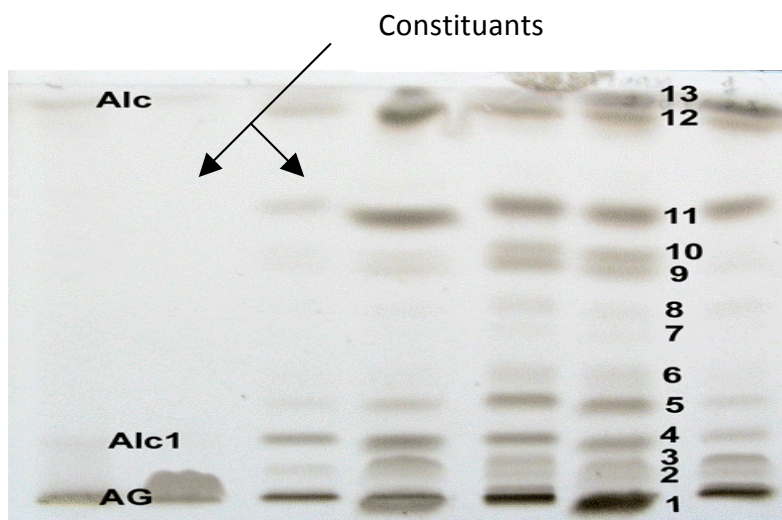
Six feuilles d'un arganier d'Ademine, ont été délicatement essuyées, déshydratées puis leurs surfaces (abaxiale et adaxiale) ont été métallisées avec une couche très fine de poudre d'or pour l'observation des cires epicuticulaires au microscope électronique à balayage.

- **Extraction et Analyses des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits**
- **Matériel végétal :** Feuilles et graines de l'arganier prises séparément sur 5 arbres par site
- **Sites de prélèvement :** Ademine ; Argana ; Taroudant
- **Extraction et détermination de la quantité des cires :** extraction au chloroforme et détermination de la quantité par la méthode gravimétrique





- **Analyses statistiques** : les différents effets testés avec des analyses hiérarchisés. Comparaison des moyennes par le test de Newman et Keuls à 5%
- **Identification des composés** par Chromatographie en Couche Minces (CCM), révélation au réactif de Macala et détermination à 366nm (Figure 1.).
- **Analyses des constituants** : par Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse CPG/MS



**Figure 1.** Séparation et identification des constituants des cires de l'arganier par Chromatographie en couche mince. AG : Acides gras ; Alc1 : Alcool primaires ; Alc : Alcanes . 1, 2, 3, .....,13, : constituants de cires.

#### **Principaux Résultats et discussions :**

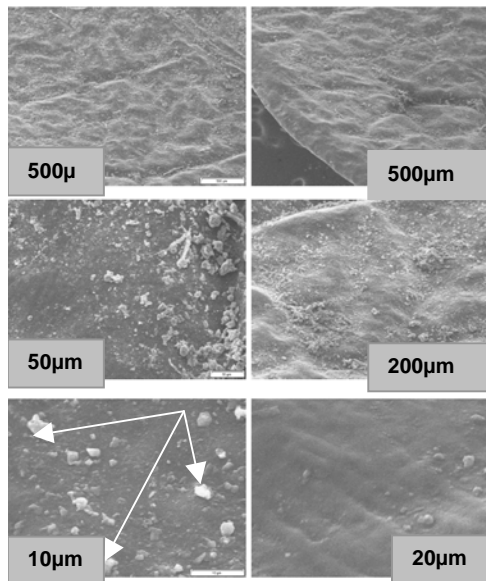
##### **- Morphologie et répartition des cires épicuticulaires des feuilles de l'arganier**

Les observations réalisées au microscope électronique à balayage, ont permis de visualiser la morphologie des cires, ainsi que la constitution de la surface foliaire aussi bien face supérieur que inférieur, elle a également donné une idée sur la forme et la fréquence des stomates ; éléments stratégiques de la relation de la plante avec son environnement (figures.2 et 3).

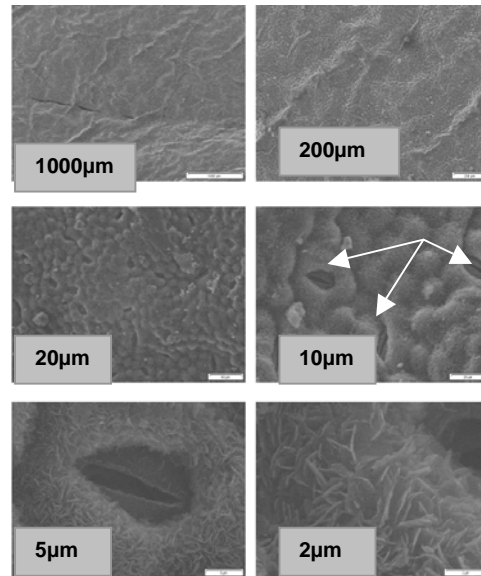
##### **- Extraction et Analyses de la composition chimique des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits de l'arganier**

L'analyse des cires epicuticulaires des feuilles et des graines (épicarpe de la graine) (figure 4), a montré que les cires épicuticulaires des 15 génotypes avaient des compositions similaires sauf pour certains constituants (figure 5 et 6). Les alcanes, les acides gras, les aldéhydes, les alcools primaires, le squalène et les triterpènes sont les principaux composés déterminés. Ils sont à des teneurs et à des pourcentages variables aussi bien dans la feuille que dans le fruit.



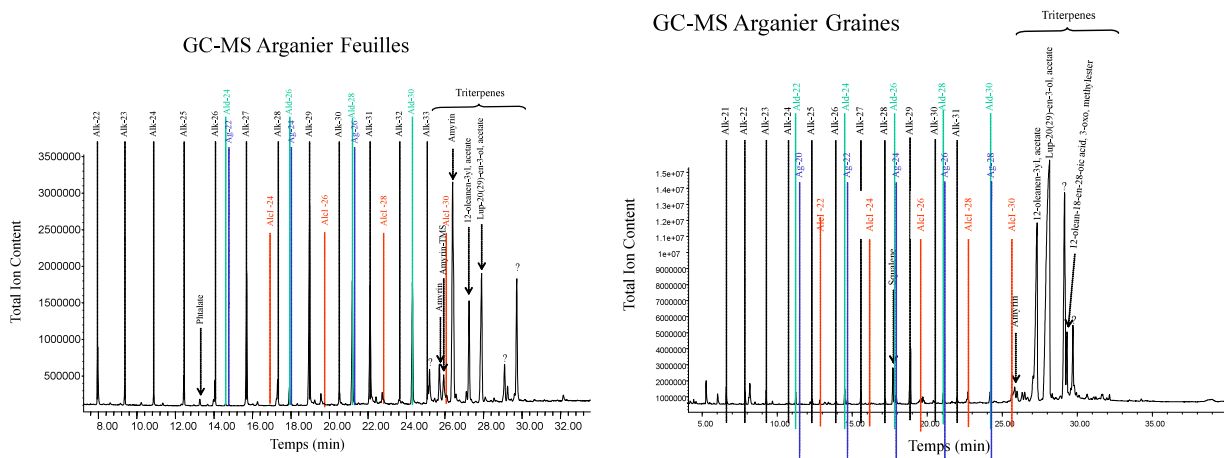


**Figure 2.** Observation au microscope électronique à balayage de la surface adaxiale d'une feuille âgée à différents grossissements. Les flèches indiquent les amas de cires.



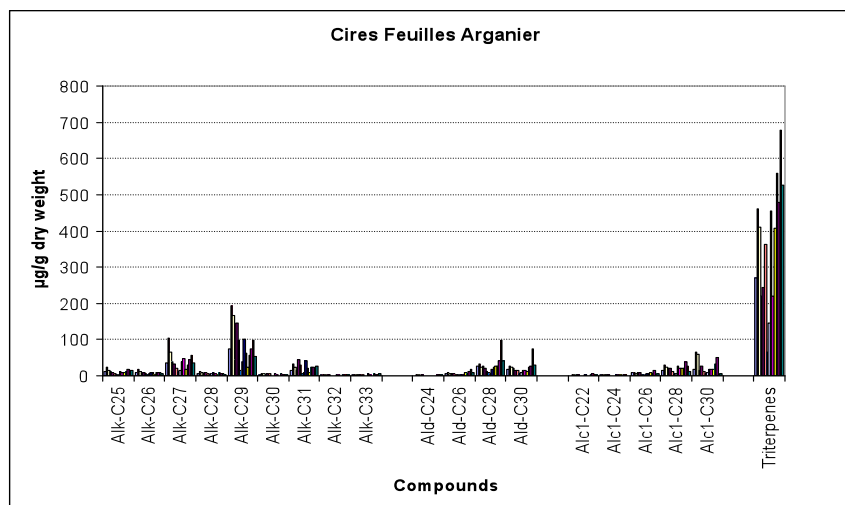
**Figure 3.** Observation au microscope électronique à balayage de la surface abaxiale d'une feuille âgée à différents grossissements. Les flèches indiquent les stomates.

Ces analyses ont également montré qu'il y a des constituants qui sont présents dans les deux organes mais à des quantités variables (Figure 7 A, C et D), d'autres qui sont présents chez l'un et non pas chez l'autre (figure 7 B). Dans les feuilles, on n'a pas noté la présence d'alcane C21, d'acides gras, d'aldéhyde C22 et de squalène (figure 7 C) ; comme ce qui a été le cas pour les graines. Chez ces dernières, on n'a pas noté la présence d'alcane C32 ni C33 et ceci pour tous les génotypes étudiés, ce qui est probablement du au milieu environnant. Les analyses statistiques concernant la composition et la quantité relative des différents constituants, ont montré que les différences sont significatives entre les arbres, qu'elles sont peu significatives entre les sites mais qu'elles sont hautement significatives entre les organes (feuilles et fruits).

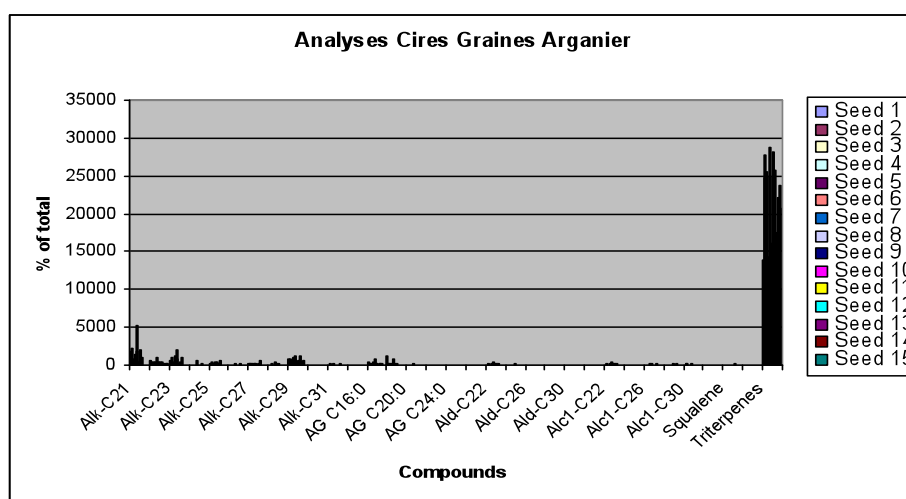


**Figure 4.** Chromatogrammes des principaux constituants des cires épicuticulaires des feuilles et des graines de l'arganier





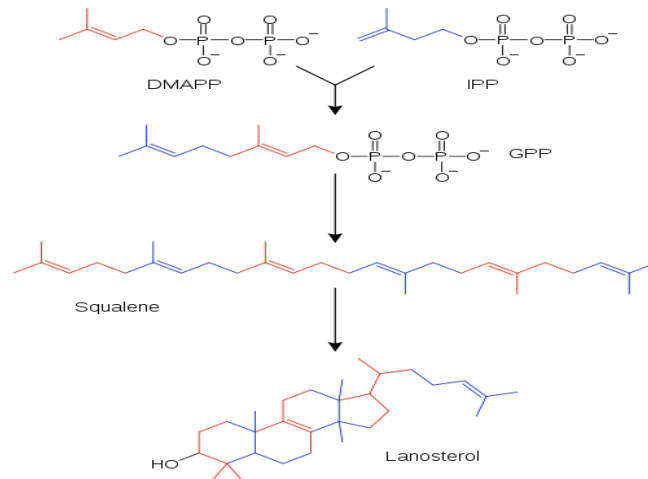
**Figure 5.** Teneur en  $\mu\text{g/g}$  de poids sec des constituants des différents composés des cires épicuticulaires des feuilles de l'arganier



**Figure 6.** Teneur en % des différents constituants des composés des cires épicuticulaires des graines des 15 arbres correspondants aux trois sites de prélèvement

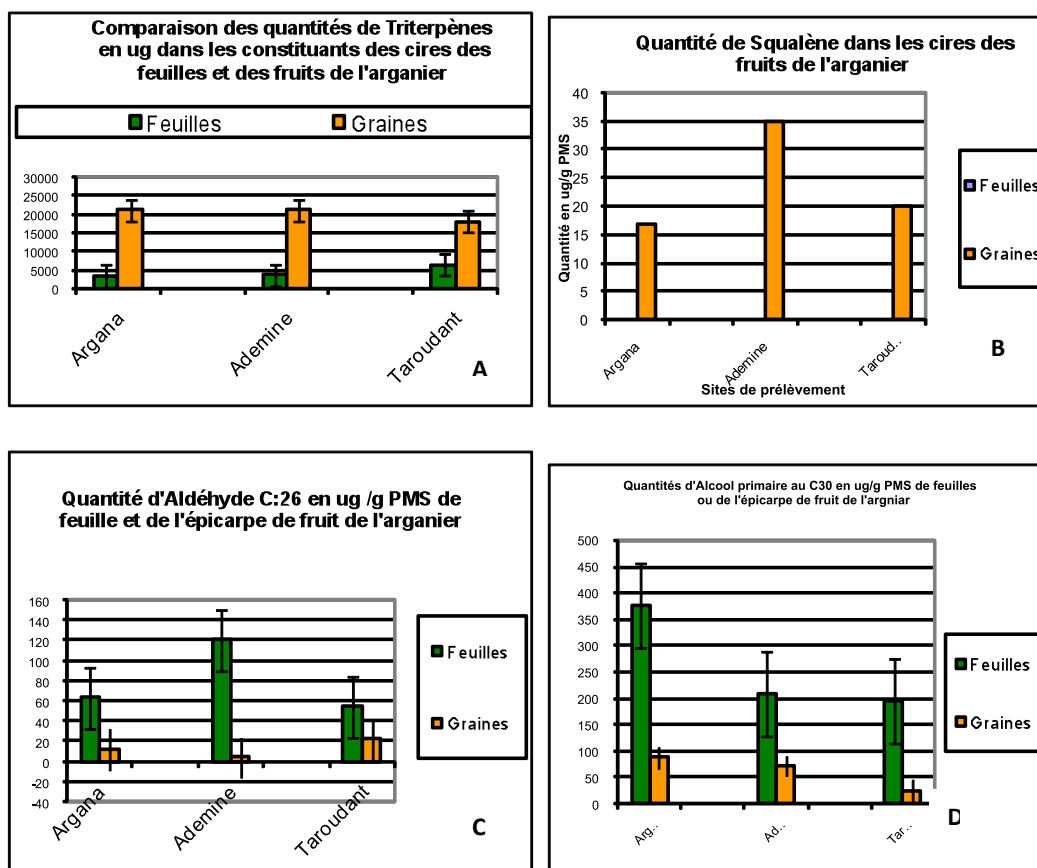
La composition chimique des cires varie selon l'arbre et l'organe (feuilles ou fruit) mais elle conserve toujours son rôle principal qui est l'imperméabilité (Médina et al., 2006). Cette variation suggère des fonctions secondaires de la cuticule (matrice des cires), impliquant des interactions chimiques avec l'environnement immédiat de la plante comme la défense ou le camouflage contre les pathogènes ou les insectes phytophages (Eigenbrode & Esplie., 1995). Les cires épicuticulaires pourraient relâcher lentement des substances volatiles en favorisant la saturation de la couche d'air limite qui se trouve à la surface des feuilles (Stadler, 1986).





**Figure 8.** Structure chimique du squalène de ses précurseurs et dérivé

Le squalène (figure 8), un des constituants des cires épicuticulaires de l'épicerpe du fruit de l'arganier, non présent dans les cires de la feuille, est le précurseur biochimique de toute la famille des stéroïdes. Pyrophosphate isopentényl (PIP), pyrophosphate diméthylallyle (DMAPP), Géranyl pyrophosphate (GPP). Il est largement utilisé en cosmétique et en nanotechnologie, d'où une meilleure valorisation des biomolécules des sous produits de l'arganier.



**Figure 7.** Comparaison des quantités moyennes par sites de certains constituants des différents composés de cires des feuilles et des graines de l'arganier ; **A** : Triterpènes ; **B** : le Squalène ; **C** Aldéhyde C26 ; et **D** : Alcool primaire C30 dans les trois sites d'études.



## Conclusions et Recommandations

L'intérêt de ce travail sur la composition des cires qui sont des métabolites secondaires, pourraient amener à une sélection clonale pour la tolérance à la sécheresse comme ça été montré par Bouzoubaâ et al 2006 sur la quantité des cires sur les feuilles d'arbres de différents sites de l'arganeraie. Il peut également servir à l'investigation dans une meilleure valorisation des sous produits de l'arganier (épicarpe des graines) vu les grandes teneurs en triterpènes et en squalène ; produits largement utilisés en cosmétique et en nanotechnologie.

## Références bibliographiques

- Baker, E. A. & Hunt, M (1986).** Erosion of waxes from leaf surfaces by simulated rain. New phytologist. Vol 102. 161p.
- Bouzoubaâ. Z., El Mousadik. A et Benlahcen Y. (2006).** Variation in amounts of epicuticular waxes on leaves of *argania spinosa* (L). Skeels. Acta Bot. Gallica 153(2), 167-177.
- Chatterton N,J., Hanna, W. W., Powel J. B and D. R. Lee (1975).** Photosynthesis and Transpiration in bloom and bloomless . Can. J. Plant Sc., (55) : 641-643.
- Eigenbrode. S. D. & Esplie.K, E.(1995).** Effect of plant epicuticular lipids on insect herbivores. Annual Review of Entomology, (40), 171-194.
- Feakins S.J. & Sessions A.L (2010).** Controls on the D/H ratios of plant leaf waxes in arid ecosystem. Geochimica et Cosmochimica Acta 74 (2010) 2128-2141.
- Kerstiens, G. (1996a).** Cuticular water permeability and its physiological significance. J. Exper. Bot (47) : 1813-1832
- Médina, E. G. Aguiar, M. Gomez, J. Aranda, J. D. Medina and K. Winter.( 2006).** Taxonomic significance of the epicuticular wax composition in species of the genus *Clusia* from Panama. Biochemical Systematics and ecology. Volume 34, Issue. (4).319-326.
- Rieder, M ; et Markstadter, C. (1996 ).** Cuticular waxes : a critical assessment of current knowledge : In : Plant Cuticles, an Integrated functional approach, Kersteins G (ed), BIOS Scientific Publishers. Ltd., Oxford. 189-200.
- Rieder, M. et Schreiber, L. (2001).** Protecting against water loss : analysis of the barrier properties of plant cuticles : J. Exp. Bot. (52) : 2023-2032.
- Schonher, J. ( 1976 ) .** Water permeability of isolated cuticular membranes : The effect of cuticular waxes on diffusion of water : Planta(131) : 159-164.
- Schreiber, L, Rieder M, Schorn K. (1996).** Mobilities of organic compounds in reconstituted cuticular wax of barley leaves : effects of monodisperse alcohol ethoxylates on diffusion of pentachlorophenol and tetracosanoic acid. Pesticide science (48), 117-124.
- Stadler, E. (1986).** Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes. In Insect and the plant surface. B Juniper and R. Southwood Ed. 105-121. Edward Arnold. London U.K.



# La possibilité de l'utilisation de l'isocitrate lyase (ICL) comme marqueur moléculaire de la bonne germination de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels)

**Chilliken F.<sup>1</sup> ; Bouzoubaâ Z.<sup>2</sup> et Belahsen Y.<sup>3</sup>**

1 - Stagiaire en 2ème année du Master à l'Université Ibn-Zohr – Agadir

2 - Maître de Recherche en Production, Protection et Biotechnologie Végétale à L'INRA Maroc ; CRRA Agadir. E-Mail : [bouzoubaa\\_zakia@yahoo.fr](mailto:bouzoubaa_zakia@yahoo.fr)

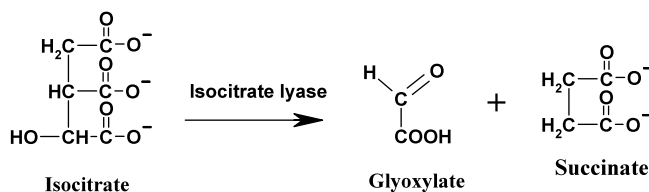
3 - Ex - Enseignant Chercheur à l'Université Ibn-Zohr, actuellement Doyen de l'Université à Ouarzazate.

## Résumé

L'étude de l'activité de l'isocitrate lyase (ICL), une enzyme clef du cycle glyoxylique, a révélé l'existence chez les graines de cinq arbres d'arganier de la région *Argana* germées sur substrat, de différentes activités enzymatiques spécifiques. Ces activités varient d'une valeur de 23 à 57,66 nmol/min/mg de protéines chez les descendances de l'arbre A3 et l'arbre A5 respectivement ; les descendances A1, A2 et A4, ont eu des valeurs intermédiaires.

Le semis sur substrat des graines d'arganier à forte activité spécifique de l'ICL a donné des taux de germination importants. Ceci pourrait inciter à l'utilisation de l'activité enzymatique de l'ICL comme critère moléculaire de choix, facile à réaliser, de souches performantes pour la régénération de l'arganier

**Mots clés :** Isocitrate lyase (ICL), cycle glyoxylique, arganier, activité enzymatique spécifique, germination



## ***The possibility of the use of Isocitrate lyase as a molecular marker of well germinated seeds of *Argania spinosa* L. Skeels***

### **Abstract**

The study of Isocitrate lyase activity (ICL), a key enzyme in glyoxilic cycle has shown the existence of variability in specific enzymes activities among the five studied descents of argan tree from Argana region germinated on substrates in semi controlled conditions. The results shown different values of specific enzymes activities variable between a minimum value 23 to a maximum value 57,66 nmol/min/mg of proteins for the A3 and A5 descents, respectively. The others descents A1, A2 and A4 has shown intermediate values of the specific enzyme activity.

The seeding on substrates of a high specific activity of ICL were the same that had a high germination percentage. Those results must be deepened; they can be used for molecular selection criteria, easy to use for a good and successful germination process of argan seeds.

**Keywords :** Isocitrate lyase, glyoxylic cycle, *argania spinosa*, specific enzymatic activity, germination

### **Introduction**

La régénération nécessite de disposer des connaissances et données concernant la graine et l'espèce et les traitements qui peuvent améliorer la capacité de l'espèce à germer, dans notre cas l'arganier. C'est dans ce but qu'a été réalisée cette étude. C'est pour apporter d'avantage de connaissances sur la biochimie de l'espèce par étude de l'activité d'une enzyme spécifique à la germination des graines des espèces oléagineuses ; l'Iso Citrate Lyase (ICL). Lors de la germination, les triglycérides de réserves sont scindés en des acides gras libres sous l'action des lipases, ces acides gras vont être métabolisés en des acétyl-CoA par  $\alpha$ -oxydation au niveau des glyoxysomes (organites présentes uniquement pendant la germination où aura lieu le cycle glyoxylique). L'acétyl CoA va intervenir dans la formation de l'isocitrate qui, par le cycle glyoxylique (Fig.1), sera scindé en glyoxylate et succinate sous l'action de l'**isocitrate lyase** ( Fig. 2) (Mazliak, 1986 ; Murray, 1984).

L'existence de l'activité de l'isocitrate lyase chez les graines d'arganier en germination à été déterminée pour la première fois par (Zegnoun, 2000), tandis que (Wajih, 2003) à mis en évidence la corrélation existante entre l'activité de l'ICL et la mobilisation des lipides dans les graines d'arganier germée par la culture in vitro.

Dans ce travail, nous avons opté par semis sur substrat pour s'approcher de la réalité du terrain, et pour voir si ce marqueur moléculaire (ICL) permet de choisir de façon rapide, des cultivars performants pour le reboisement et la régénération de l'arganier.

### **Objectif :**

1. Recherche de critères de sélection pour matériel performant à haute aptitude à la germination chez l'arganier
2. Contribuer aux connaissances biochimiques sur l'arganier



## Matériel et Méthodes

- **Le matériel végétal (description du site) :** Le matériel végétal est composé de graines de cinq arbres d'arganier issues du site *Argana*. Elle se trouve au bord du oued *Assen* et est caractérisée par un climat semi-aride, d'une pluviométrie annuelle de 200mm et d'une température moyenne annuelle de 28°C. Les arbres choisies sont d'apparence normales, ne contenant pas défrichement et sont distants les uns des autres d'environ 100 m. Les fruits, ainsi récoltés sont mis à sécher dans une mini-serre, puis débarrassés de leurs pulpes.

- **Essai de germination :** Les graines issues des fruits séchés et débarrassés de leurs pulpes sont rincées avec de l'hypochlorite de calcium dilué et prétraitées avec de l'eau du robinet pendant 48h pour lever leur dormance puis semées dans des plaques alvéolées remplies de tourbe brune à température ambiante de 26°C et humidité relative de 70%.

**Le dispositif expérimental** est en bloc aléatoire complet avec 3 répétitions.

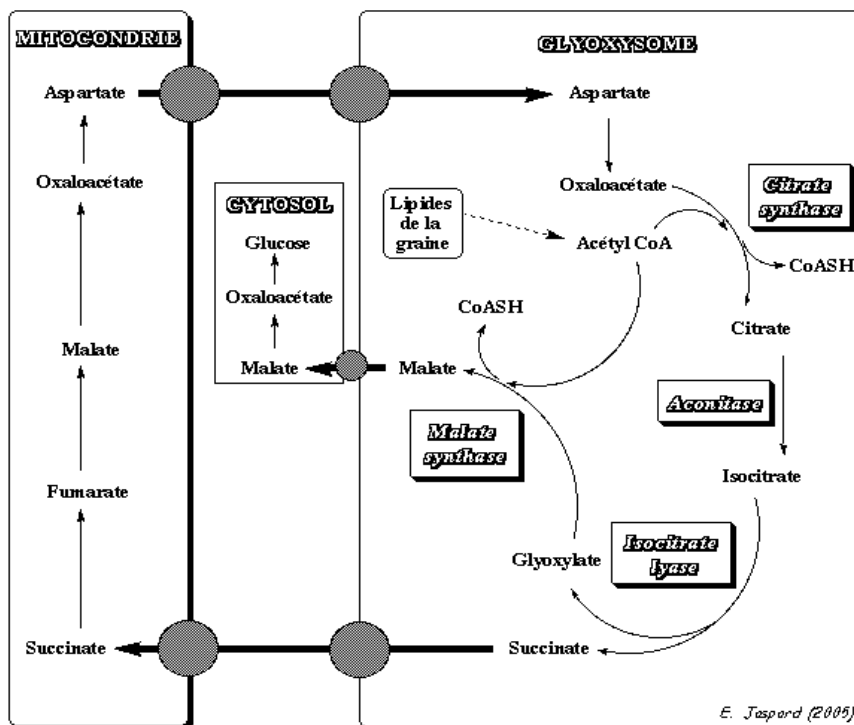
- **Extraction de l'enzyme :** Les amandes germées sont broyées avec du tampon phosphate à pH 7,5, l'homogénat est filtré puis centrifugé à 10.000G pendant 30min à 4°C. Le surnageant à été utilisé pour la mesure de l'activité enzymatique et le dosage des protéines. *Une unité enzymatique de l'isocitrate lyase est définie comme la quantité d'enzyme qui libère 1 micromole de glyoxylate par min à 30°C.*

## Résultats et Discussions

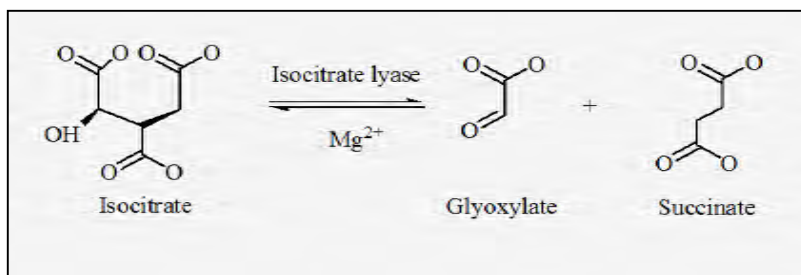
Le suivie de l'évolution de l'activité enzymatique spécifique pendant des différents étapes de la germination chez les cinq arbres d'arganier issus de la région d'*Arganna* (Fig 3 ; A, B, C, D, E) montre une différence au niveau du stade germinatif ayant marqué un maximum d'activité de l'enzyme. Des valeurs maximales de l'activité spécifique ont été noté pour les pourcentages de germination les plus élevés, et ce pour toutes les descendances. Les résultats ont également montré une variabilité et une diversité dans l'activité spécifique de l'ICL entre les réponses des cinq descendances (Fig.3, F) laquelle a été corrélée avec les pourcentages de germination des différentes descendances. La variation du stade marquant le maximum d'activité est peut être dû à la différence phénotypique existant entre les graines des cinq arbres dévoilant ainsi une variabilité génétique intra et inter population connue chez l'arganier (Bouzoubaâ et El Mousadik (2006); Mousadik et Fakir, 1995)) .Ce qui nous laisse supposer qu'on est en présence des isoformes de l'ICL, ceci a été prouvé par (Eprintsev *et al.*, 2010) qui a mis en évidence l'existence de deux isoformes de l'enzyme chez les cotylédons du soja (*Glycine max L.*) à caractères physicochimiques et activités spécifiques différents, cette variation est dû, au pouvoir d'imbibition des graines, qui, lors de leurs concassage, ont montré une dureté tégumentaire variable.







**Fig1 :** Schéma représentant le cycle glyoxylique ainsi que le cycle de transformation des lipides en glucides chez les végétaux à graines oléagineuses. (Adapté de : «Principes de Biochimie» Horton et al. (1994)).

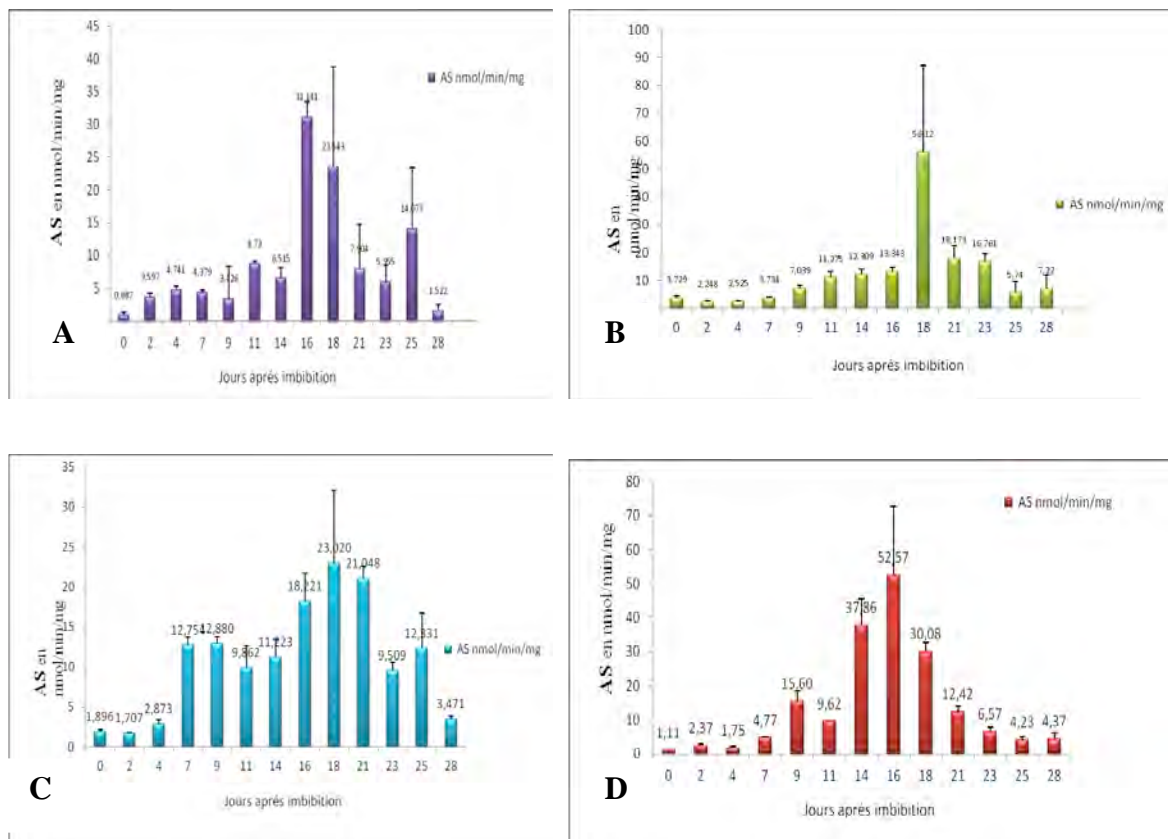


**Fig 2.** Action de l'isocitrate lyase sur l'isocitrate

## Conclusions et Recommandations

Les résultats de nos études apparaissent encourageants, vu que ça permet de créer une méthode de sélection des variétés performantes dont la régénération de l'arganier. L'étude de l'activité de l'ICL a permis d'apporter quelques connaissances sur les paramètres intrinsèques, qui malgré les recherches effectuées sur l'arganier, restent négligeables par rapport aux études des paramètres extrinsèques qui font l'objet de plusieurs études réalisées sur la régénération de cette espèce. L'étude pourra être complétée par la purification de l'enzyme et l'étude de ses propriétés physicochimiques ainsi d'étudier les réserves lipidiques et leur nature chez les graines de l'arganier.





**Fig 3.** Evolution de l'activité spécifique en fonction des stades de germination chez les cinq descendances (A :A1 ; B :A2 ; C :A3 ; D :A4 et E :A5) et et comparaison de l'activité enzymatique spécifique de l'ICL chez les cinq arbres (F).

## Références bibliographiques

- Bouzoubaâ Z. ; El Mosadik. A. & Belahsen Y. (2006).** Variation in amounts of epicuticular waxes on leaves of *argania spinosa* (L.) Skeels. *Acta Bot. Gallica* 153 (2), 167-177.
- Horton P, Ruban AV, Walters RG (1994)** Regulation of light harvesting in green plants. Indication by nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence. *Plant Physiol* **106**: 415-420.
- Eprintsev, A. T., Dyachenko, E. V., Lykova, T. V., Kuen, C. T. H. and Popov, V. N., (2010),** "Preparation and Properties of Isocitrate Lyase Isoforms from the Cotyledons of *Glycine max* L." *Applied Biochemistry and Microbiology* **46**:93-98.
- P. Mazliak;(1986);***Le métabolisme des lipides dans les plantes supérieures*; pp185-200.
- Mousadik, A. E. and Fakir, S.;**(1995);"Analyse de la variabilité génétique des populations endémiques d'arganier *Argania spinosa* L.";La forêt face à ladésertification" Cas des Arganeraies";Faculté des Sciences Agadir;p 264.
- Murray. D. R. (1984);***Seed physiology: "Germination and Reserve Mobilisation"*;207-233.
- Wajih. M.;**(2003);"Recherche de la relation entre l'activité enzymatique de l'isocitrate lyase et les réserves lipidique dans les graines d'arganier en germination"; pp 23.
- Zegnoun, A.;**(2000);"Caractérisation de l'activité enzymatique de l'isocitrate lyase chez l'arganier"; pp 24.



# Etude du comportement de l'arganier argania spinosa L. Skeels en verger : Effet des caractères couleur et persistance des feuilles

**Bouzoubaâ Z.<sup>1</sup> & Hammouch L.<sup>2</sup>**

1 - Maître de Recherche en Production, Protection et Biotechnologie des Plantes à l'INRA/CRRA/Agadir ; bouzoubaa\_zakia@yahoo.fr

2 - Chef du Domaine Expérimentale de Melk Zahr ; INRA/CRRA/Agadir

## **Résumé**

L'arganeraie s'est dégradée avec une vitesse alarmante : en moins d'un siècle, plus de sa moitié a disparu et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres/ha voire même 10 arbres par hectare. La domestication peut aider à la préservation et à la conservation de cette espèce. Ceci nécessite la mise au point d'un itinéraire technique adapté à l'espèce en se basant sur ses exigences écologiques, sur sa diversité et sur la connaissance de ses propriétés, morphologiques, physiologiques et agronomiques. Vue la grande diversité de l'arganier et donc le grand nombre de caractères à prendre en considération, et vu le rôle stratégique de la feuille dans l'élaboration des photosynthétats et la translocation des éléments nutritifs vers les fruits, on s'est limité dans cette étape au phénotype des plants, plus particulièrement des feuilles de l'arganier. On distingue en général trois nuances du vert quand on est dans l'arganeraie, il y a les arbres à feuilles vert sombres qui sont persistantes, que nous avons intitulé le type I ; ceux à feuilles vertes, persistantes et caduques intitulés type II, et le troisième type à feuilles vert clair caduques appelé type III.

Le matériel végétal est composé de 60 plants dont les feuilles sont persistantes, 52 plants de feuilles moitié persistantes moitié caduques et 48 plants à feuilles caduques. Les plants sont âgés de 18 mois.

Les résultats de la transplantation des 160 plants/l'hectare ont montré que la réussite du reboisement est à 88% tout type confondu, et cela en dépit des périodes chaudes et de sécheresse qu'a connu la région en 2010. L'échec des 12% a été du en partie à une défaillance des goutteurs de l'irrigation pour 5% et au 5% du type III et 2% de type II, que le type I est celui qui se comporte le mieux, suivi du type II puis le type III, comme s'est montré dans les figures 1,2,3 et 4 ci-dessous, durant les deux années d'étude. A ce stade de l'essai et pour les caractères étudiés, on peut dire que le type I et le type II sont les plus recommandés, vu que leur taux de mortalité est presque nul et leur vitesse de croissance est plus importante. Cependant, ce résultat, ne peut être concluant à 100%, vu qu'il faut tenir compte de d'autres types de caractères agronomiques surtout, comme le rendement en huile et la résistance aux maladies.

**Mots clés** : Arganier ; plantation ; typologie foliaires ; Verger





Plantation de l'arganier du DEMZ et les 3 types morpho-physiologiques de l'arganier

***The behaviour study of argania spinosa L. Skeels in an orchard:  
Effect of leave's color and persistence parameters  
Bouzoubaâ Z & Hammouch L.***

**Abstract**

The arganery is degraded with alarming speed in less than a century. More than half was gone and its average density decreased from 100 to 30 trees/ha and even 10 trees per hectare. Domestication may help in the preservation, conservation and the development of this species. This requires the development of a technical schedule appropriate to the species based on its ecological requirements, its diversity and knowledge on its morphological, physiological and agronomical properties. Given the great diversity of the trees and therefore the number of characters to consider, and given the strategic role of the leaf in plant development and the photosynthate's translocation of nutrients to the fruits, we were limited to the phenotype of plants, especially color and persistent parameters of argan leaves. In argan forest, we can distinct three green grades of leave's color, there are dark green leaves that are persistent and evergreen, we called them type I; those that are just green and half deciduous, we called them type II, and the third type is light green leaves and deciduous called type III.

The plant material consisted of 60 plants whose leaves are evergreen and persistent, 52 green plants with half persistent-deciduous and 48 light green and deciduous leaves. The plants are 18 months older.

The results of the transplantation of the 160 plants/ha showed that successful plantation is 88% for all plant's Types, in spite of the drought and the hot temperatures periods at the region in 2010. The failure of 12% has been due in part to a failure of the drip irrigation for 5% and the 5% type III and 2% type II. Type I is the one that performed best followed by type II and type III as shown in the following figures 1,2,3 and 4. At this experimentation stage, and for the studied characters, type I and type II are the most recommended. There were no mortality observed for type I and the rate growth of Type I and II is the highest. However, this result cannot be 100% conclusive, given the need to consider other types of agronomical traits mainly, oil yield and disease resistance.

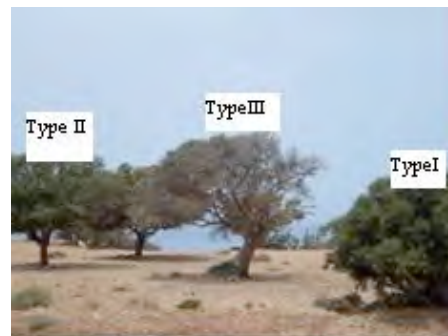
**Keywords:** Argan; Plantation; Leave's typology; Orchard.



## Introduction

L'arganier est le seul représentant de son genre au Maroc. C'est un arbre doté d'une grande variabilité génétique qui lui a confié la capacité de résister aux changements climatiques depuis l'ère tertiaire jusqu'à nos jours. (Nouaim, 2005). L'Arganier joue un rôle important dans l'équilibre écologique de son aire de répartition, en protégeant la faune et la flore originales et diversifiées (Nouaim, 2005).

L'arganeraie s'est dégradée avec une vitesse alarmante : en moins d'un siècle, plus d'un demi de l'arganeraie a disparu et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres/ha (Bouzoubaâ 2009 ; Bouzoubaâ et al 2006). La régénération naturelle par multiplication sexuée est faible et si le bouturage et le greffage sont des voies rapides et très avantageuses pour la production des plants nécessaires aux reboisements de types très intensifs (Martin, 1977). Ces deux techniques sont certes, importantes pour la régénération, mais il y a la pérennité et la durabilité de cet écosystème avec toute sa diversité qui reste en jeu, pour cela, il y a la domestication qui peut aider à la préservation, la conservation et le développement de cette espèce. Ceci nécessite la mise au point d'un itinéraire technique adapté à l'espèce en se basant sur ses exigences écologiques, sur sa diversité et sur la connaissance de ses propriétés physiologiques et agronomiques. Vue la grande diversité de l'arganier et donc le grand nombre de caractères à prendre en considération, et vu l'importance de la feuille et son rôle stratégique dans l'élaboration des photosynthétats et la translocation des éléments nutritifs vers les fruits, on s'est limité dans cette étape au phénotype des plants, plus particulièrement des feuilles de l'arganier. On distingue en général trois nuances du vert quand on est dans l'arganeraie, il y a les arbres à feuilles vert sombres qui sont persistantes, que nous avons intitulé le type I et que d'autres personnes peuvent appeler les « evergreen » ; ceux à feuilles vert, persistantes et caduques intitulé type II, et le troisième type à feuilles vert clair, caduques appelé type III.



## Matériel et méthodes

- **Le matériel végétal** : composé de 60 plants dont les feuilles sont persistantes, 52 plants de feuille moitié persistante moitié caduque et 48 plants à feuilles caduques. Les plants sont âgés de 18 mois.
  - **Analyses statistiques** : Comparaison de moyennes par le test de Student- Newman et Keuls.
  - **Observation et mesures** : % de réussite après plantation, Hauteur et diamètre du plant à 25 cm du collet
- Et analyses de la variance à deux facteurs de variation. Logiciel utilisé : Costat. Software 1986.
- **Irrigation** : 2 fois par mois à raison de 1.5 l/plant
  - **Fertigation** : solution nutritive à base de N-P-K diluée 15 fois à raison d'une fois par quinzaine, puis une fois par mois (en tout 3 litres par mois/plant).



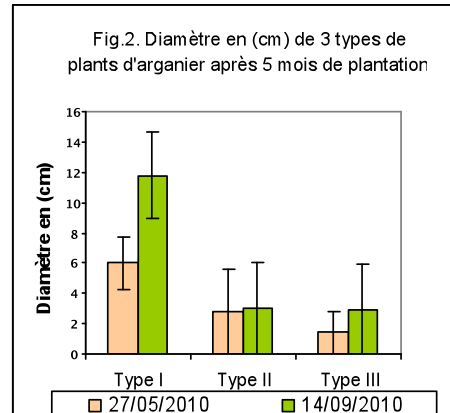
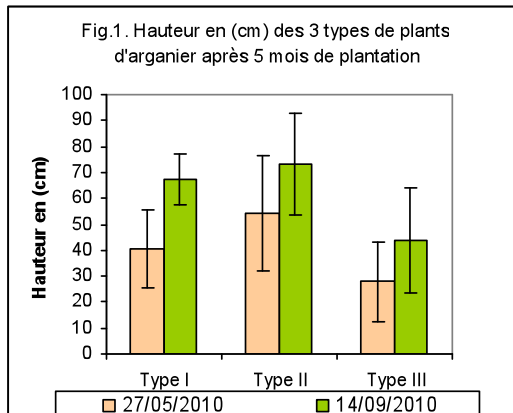
## Principaux résultats et discussions

Les résultats de la transplantation des 160 plants /ha de l'arganier ont montré que la réussite du reboisement est à plus de 95% tout type confondu, et cela en dépit des périodes chaudes qu'a connu la région en été 2010; que le type I est celui qui se comporte le mieux, suivi du type II puis le type III. On remarque aussi que la croissance (en hauteur et en épaisseur) est plus importante chez le type I et II que chez le type III (Fig.1 et Fig.2), la croissance en épaisseur par contre est plus importante chez le type I que chez le type II ou III (Fig.2). Ceci pourrait s'expliquer par une activité photosynthétique plus importante et par un système racinaire plus grand chez le type I et II (caractéristiques physiologiques étudiées auparavant) par rapport au type III.

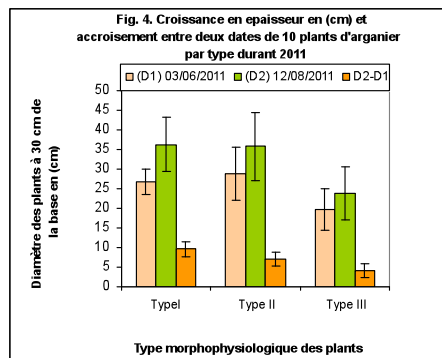
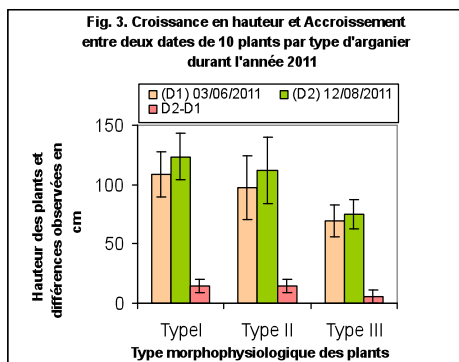
A ce stade de l'essai et pour les caractères étudiés, on peut dire que le type I et le type II sont les plus recommandés. Cependant, ce résultat, ne peut être concluant à 100%, vu qu'il faut tenir compte de d'autres types de caractères agronomiques surtout cas de la précocité, le rendement, la quantité et la qualité de l'huile et la résistance aux maladies.

## Conclusions et Recommandations

A ce stade de l'essai et pour les caractères étudiés, on peut dire que le type I et le type II sont les plus recommandés tout comme l'année dernière, vu que leur taux de mortalité est nul et seul le type III a marqué des manquants de l'ordre de 5%. Cependant, ce résultat, ne peut être concluant à 100%, vu qu'il faut tenir compte de d'autres types de caractères agronomiques surtout comme la précocité, le rendement, la quantité et la qualité de l'huile et la résistance aux maladies.



2010-2011



**Plantation d'arganier au DEMZ : Typologie morpho physiologique de l'arganier et effet sur la viabilité et la croissance des plants après plantation sur terrain**





**Photo 1** : Vue générale de la plantation ; **Photo 2** : Vue restreinte de la plantation avec caractéristique du feuillage ; **Photo 3** : Type 3 (intitulé vert sombre ou ever-green) ; **Photo 4** : Type 2 (Vert) et **Photo 5** : Type 3 : Vert clair.

## Références bibliographiques

**Bouzoubaâ Z . (2009)**. L'arganier entre la mondialisation et les changements climatiques. Agriculture du Maghreb. n° 39.

**Bouzoubaâ Z . ; El Mosadik. A. & Belahsen Y. (2006)**. Variation in amounts of epicuticular waxes on leaves of *argania spinosa* (L.) Skeels. *Acta Bot. Gallica* 153 (2), 167-177.

**Martin, B. (1977)**. Le bouturage des arbres forestiers progrès récents perspectives de développement. p245-247.

**Nouaim, (2005)**. L'Arganier au Maroc : Entre mythes et réalités edit. L'Harmatin 227p p23-p3.



# Mobilisation ex situ de vieux arganiers par marcottage aérien

**Ronald Bellefontaine<sup>1</sup>, Abderrahim Ferradous<sup>2</sup>, Mimoun Mokhtari<sup>3</sup>, Lamia Bouiche<sup>4</sup>, Lynda Saibi<sup>4</sup>, Lahcen Kenny<sup>3</sup>, Mohamed Alifriqui<sup>5</sup>, Quentin Meunier<sup>6</sup>**

1 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, [ronald.bellefontaine@cirad.fr](mailto:ronald.bellefontaine@cirad.fr)

2 - CRRF Marrakech, Maroc

3 - IAV-Agadir, Maroc

4 - Master Bio-Ressources, Université Paris XII

5 - Université de Marrakech, Maroc

6 - Université de Liège, Gembloux Agro-bio Tech., Belgique

## Résumé

Avec l'expérience acquise d'une part dans divers pays d'Afrique et d'autre part à l'Institut Agronomique et Vétérinaire d'Agadir en 2008, une technique performante de marcottage aérien sur 13 des 14 clones sélectionnés d'arganier a été testée en 2009-2011 par le CIRAD et le Centre de Recherche Forestière de Marrakech (Projet J. Goelet de clonage de vieux arganiers 2007-2010). L'itinéraire technique, adopté antérieurement au Burkina Faso, Cameroun et en Ouganda, s'est montré tout-à-fait adapté aux arganiers, âgés approximativement de 150 à 300 (400) ans. Le marcottage a permis de reproduire végétativement et de multiplier des têtes de clone sélectionnées par les populations riveraines. Ces ortets ainsi mobilisés sont regroupés en un seul lieu pour constituer un parc à clones, *ex situ*, à proximité d'une aire de multiplication végétative. Ces copies d'arbres + peuvent alors être multipliées par une technique moderne - bouturage herbacé sous *mist*, culture *in vitro*, etc. - pour la création d'un parc à bois multi clones ou d'un verger à graines clonal, ou encore pour la vente de clones à des privés. Nos résultats semblent montrer que certains clones sont aisément mobilisables par marcottage, alors que d'autres semblent réfractaires. Le marcottage est relativement peu onéreux et ne nécessite qu'une formation très brève. Les avantages et inconvénients de cette technique sont présentés.

**Mots clés** : multiplication végétative ; marcottage ; arbre plus ; parc à clones.

## Summary

With the experience gained on the one hand in various countries of Africa and on the other hand at the Agronomic and Veterinary Institute of Agadir in 2008, a successful technique of air layering on 13 of the 14 selected clones of argan was tested in 2009-2011 by the CIRAD and the Forest Research Center of Marrakech (Project J. Goelet of cloning of old argans 2007-2010). The technical way, adopted before in Burkina Faso, Cameroon and in Uganda, was shown completely adapted to the argan trees, old roughly from 150 to 300 (400) years. The layering made it possible to reproduce vegetatively and to multiply clones selected by the local populations. These ortets thus mobilized is gathered in only one place to constitute a clonal park *ex situ*, near a nursery equipped for vegetative multiplication. These copies of trees can then be multiplied by a modern technology - propagation by herbaceous cutting under mist, *in vitro* culture, etc. - for the creation of a clonal park with various clones or of a clonal orchard for seeds, or for the sale of clones to the private ones. Our results seem to show that some clones are easily mobilized by layering, whereas others seem refractory. The layering is relatively not very expensive and requires only one very short formation. The advantages and disadvantages of this technique are discussed.

**Keywords**: vegetative propagation; air layering; plus tree; clonal park.





## Introduction

La reproduction sexuée a l'avantage de favoriser la diversification du patrimoine génétique et entraîne une grande variabilité génétique, notamment chez l'arganier qui est un arbre principalement allogame (fécondation croisée ou allopollinisation). Un clone est une population de plantes génétiquement semblables, issue d'un seul individu par multiplication végétative<sup>1</sup> ou asexuée. La MV ne fait pas appel aux organes de reproduction. Deux avantages principaux sont à noter : i / l'appareil végétatif se reproduit uniquement par divisions cellulaires par mitoses qui permettent de produire une descendance rigoureusement identique à l'arbre sélectionné ; ii / si les clones obtenus sont plantés dans le même environnement que l'arbre\* sélectionné, ils s'adaptent sans problème puisque ce génotype est parfaitement adapté au site. L'inconvénient majeur est que la MV induit parfois la propagation de maladies. Parmi les techniques de MV testées sur l'arganier, divers progrès récents ont été signalés lors de ce congrès pour le bouturage et le greffage. En ce qui concerne la culture *in vitro*, les essais se poursuivent, mais il faudra encore patienter pour obtenir un taux d'enracinement valable pour toutes les phases et des explants stables. Le marcottage terrestre naturel a été signalé sur de nombreuses espèces par divers auteurs (Hirayama et Sakimoto 2003 ; Bationo *et al.* 2005 ; Bellefontaine 2005 ; Malvicini *et al.* 2009). Dans l'arganeraie, on peut observer des cas de marcottage terrestre le long des côtes sur des sujets assez jeunes, plagiotropes, couchés par les vents marins et dont les branches au contact du sol ont émis des racines. Dans les plaines inondées, des rejets dominés peuvent être recouverts de sédiments et former des rares racines adventives (Bellefontaine 2010 ; Bellefontaine *et al.* 2010).

Mais la voie la plus aisée et peu onéreuse pour cloner des arganiers exceptionnels (arbres\*) est le marcottage aérien<sup>2</sup> (MA). Cette méthode est utilisée sur de très nombreuses espèces dans le monde (Silla *et al.* 2002 ; Daneluz *et al.* 2009 ; Sasso *et al.* 2010). Des essais de MA ont été réalisés avec l'appui du CIRAD dans plusieurs pays et c'est en se basant sur ces essais et sur les travaux sur l'arganier de Mokhtari (2002) que de nouveaux essais ont été entrepris à Agadir et à Marrakech entre 2008 et 2011.

## Mise au point de la méthodologie dans d'autres pays d'Afrique

### ***Ouganda (Bushenyi District, 2005 à 2007)***

Des expériences relatives au MA, drageonnage, bouturage de tiges ou de racines, ont eu lieu à partir de 2004 (Meunier 2005) et se sont poursuivies de 2005 à 2007 (Meunier *et al.* 2006, 2008a et b). Parmi, les 22 espèces observées en 2005, 18 se marcottaient sans problème et 4 restaient réfractaires (Meunier *et al.* 2006). Parmi les 30 testées en 2006 et 2007 (dont 10 communes à la 1<sup>ère</sup> liste), 15 sur 20 (car le MA n'a pas été essayé sur 10 nouvelles espèces) peuvent être multipliées par MA (Meunier *et al.* 2008-a,b). La technique utilisée consistait en une annélation complète sur 5 à 7 cm, suivie de l'installation d'un manchon de sphaigne qui restitue à la plante l'eau emmagasinée, en fonction de ses besoins). Une comparaison de la vitesse de croissance de 60 *Solanecio mannii* issus de 30 semis et de 30 MA (mis en place à la même date) montre un accroissement juvénile en hauteur et en diamètre plus important et une mise à fruits plus précoce (dès le 4<sup>ème</sup> mois ; à 24 mois, ils ont tous déjà produit des fruits 1 à 3 fois) pour les MA. Elles ont un système racinaire moins développé que les semis. Seuls 46% des jeunes plants semés fructifient entre le 18<sup>ème</sup> et le 24<sup>ème</sup> mois (Meunier *et al.* 2012).

1- MV = multiplication végétative

2- MA = marcottage aérien ou marcotte aérienne



Le positionnement de la MA dans l'arbre n'est pas sans conséquence. C'est une des conclusions de ces essais : la MA posée sur un rejet (de souche ou un drageon) érigé ou sur une branche relativement dressée développera un système racinaire orthotrope, plus dense et équilibré que si elle est réalisée sur une branche pendante (géotrope) (photo 1).



**Photo 1. Racines de la marcotte cherchant l'humidité de la sphaigne (branche pendante)  
(Ph Bellefontaine).**

Dans ce cas, les racines font des angles, voire des chignons, et développent dans certains cas des racines assez fines. Ce qui est totalement déconseillé (Le Bouler *et al.* 2012).

### **Burkina Faso : quatre essais entre 2006 et 2008**

\* A Dinderesso, un essai a été réalisé sur *Pterocarpus erinaceus* le 2 mai 2006. Près d'un mois plus tard, sur 20 MA témoins et sur 20 autres avec hormone (Chryzotop Vert - 0,25% d'acide b-indole butyrique ou Fertligène), on a observé 28 jours après leur installation respectivement 70 et 75% de marcottes vivantes avec racines et seulement 4 et 3 MA mortes sur 20, les autres n'ayant pas encore formé de racines. Ouedraogo (2007) observe qu'en général le volume des racines est plus important pour les témoins que pour les MA avec hormone, mais ces dernières s'enracinent une semaine avant les témoins.

\* Un autre essai de MA sur *Diospyros mespiliformis* et *Balanites aegyptiaca* a été effectué début février 2008 dans la forêt de Gaongo avec 30 répétitions pour chaque traitement (sur des rejets à divers niveaux de la tige, à savoir la partie basale et la partie médiane). Un autre test, en pépinière à Saria, a été effectué sur des semis en planche de *Sclerocarya birrea*, âgés de 4 ans, avec 20 répétitions pour chaque traitement. Un anneau de 3 à 4 cm de long de l'écorce a été prélevé. Le plastique est rempli d'un substrat composé de 3/5 de sciure et de 2/5 de terre, légèrement ré-humidifié au cours de l'essai à l'aide d'une seringue. Mi-mai (à la fin de la saison sèche), 100 jours après leur mise en place, on observe le MA des parties basales (72%) et médianes (65%) des rejets de *B. aegyptiaca* et des parties médianes (40%) de *S. birrea* (aucune réaction sur la partie basale), alors que la saison ne s'y prêtait apparemment pas bien. *D. mespiliformis* semble réfractaire : aucune néo-formation de racines et peu de cicatrisation de l'annélation (16% : partie médiane ; 36% : partie basale) (Zida 2009).

\* Un 3<sup>ème</sup> essai de MA a été entrepris de février à fin juin 2008 en forêt de Dinderesso sur *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* (4 répétitions de 20-25 MA par traitement). L'objectif était de tester la date optimale pour l'annélation et ainsi l'aptitude au MA de ces espèces à deux époques (au milieu de la saison sèche longue de 6 à 7 mois : mi-mars ; à l'approche de la saison des pluies (mi-mai). Les expériences ont été menées sur des rejets orthotropes et branches érigées de 1 à 3 cm de diamètre. Dans la 1<sup>ère</sup> série de MA, on n'a observé aucune rhizogenèse, ni régénération de l'écorce, ni initialisation de cals. Lors de la 2<sup>ème</sup> série, les MA ont été entr'ouvertes (puis immédiatement refermées) un mois après leur pose : les *D. microcarpum* présentaient le plus grand nombre de racines (près du double par rapport à *P. africana*).



Fin juin, avec l'arrivée des pluies, l'ouverture des sachets (malheureusement prématurée, car le stage se terminait) a montré que 25% des MA du traitement T6 (sphaigne et annélation) sur *D. microcarpum* formaient des racines. De plus, la présence de cals pour T6 ainsi que pour T5 (mélange terre + sciure et annélation) nous laisse penser à une probable différenciation cellulaire permettant une rhizogenèse durant les mois de juillet et août (càd en pleine saison des pluies). On observe aussi une plus grande proportion de cals pour le traitement T5 par rapport au T6 chez *P. africana*. Pour cette dernière, même si les taux d'enracinement sont moins importants que pour *D. microcarpum*, l'apparition de racines est encourageante. L'auteur conclut que l'absence de résultat avec une blessure superficielle démontre qu'une annélation circulaire complète est indispensable. L'utilisation d'un substrat permettant un bon développement des racines est primordiale : trop compact, le substrat terre et sable est à éviter. Le traitement T6 est le plus performant (Ricez 2008).

\* Dans cette même forêt, un autre étudiant a testé diverses techniques de MV sur *Pterocarpus erinaceus* et *Burkea africana*, mais avec la même technique, même nombre de répétitions, et même substrat que l'essai ci-dessus. Sur chacun des 14 arbres de chaque espèce, 6 MA ont été placées<sup>3</sup> (21 par répétition) pour chacun des traitements (avec ou sans hormone, avec ou sans papier aluminium, mélange de terre/sciure et sphaigne du Chili, blessure superficielle ou annélation complète. Pour la 1<sup>ère</sup> série d'essais (mi-mars), aucune espèce n'a réagi : ni racine, ni cal. La saison peu propice et l'impact des fourmis, qui en déchirant le plastique asséchaient ainsi le substrat, semblent responsables de cet échec. Lors de la 2<sup>ème</sup> série, l'efficacité de la sphaigne est confirmée principalement pour *P. erinaceus*. La réussite (100%) est due à une annélation complète ; la blessure superficielle semble inefficace. La période optimale doit au préalable être bien déterminée. Le stage (4 mois) est trop court (Zougari 2008). En conclusion, au Burkina Faso, il semblerait que le MA réussisse au début de la saison des pluies (fin mai) certaines années, mais pas pour toutes les espèces. Deux périodes, le milieu (juillet-août) et la fin de la saison des pluies (septembre-octobre) devraient encore être testées.

### **Nord-Cameroun (2009)**

Dans la région de Kering, les MA posées sur 45 *Balanites aegyptiaca* (4 branches pour chaque arbre) en octobre (fin de saison de pluie et début de la saison sèche) donnent de très bons résultats (95%). La technique utilisée consistait à choisir des branches, parfois des rejets de souche, de 1 à 3 cm de diamètre, puis à enlever l'écorce sur 80% de la circonférence et sur 2 cm de long. La pose d'un sac étanche entourant un manchon de sphaigne du Chili, humide mais sans excès, intervient immédiatement après l'annélation et l'application d'hormone. Le tout est ensuite recouvert par du papier aluminium pour protéger la marcotte du soleil. Pour *Sclerocarya birrea* malheureusement après cinq mois, aucune racine néoformée n'est apparue (Ndzié 2009). Pour *Daniellia mespiliformis*, seules 5% des MA (3 sur 60) présentent un cal, mais la durée du stage limitée à 5 mois, n'a pas permis de suivre leur évolution plus longtemps. Ces deux espèces semblent à première vue réfractaires au MA. Notons qu'une technique plus rigoureuse (chapitre 4) devrait être testée (en fin de la saison sèche juste avant l'arrivée des pluies ; un mois après le début de celle-ci). A Kering, *B. aegyptiaca* peut être multipliée par MA à la fin de la saison des pluies (octobre) (Noubissié-Tchiagam *et al.* 2010).

3 - Pour un manchon de 15 centimètres de longueur et 6-8 cm de diamètre, il fallait 10 g de sphaigne sèche.



## Au Maroc

### **Essais au Complexe Horticole d'Agadir (CHA / IAV)**

Des essais sur quatre arganiers (*Argania spinosa*) menés à Agadir en fin 1996, poursuivis en juin 1997, ont comparé trois types de blessure d'1 à 2 cm de long avec 3 répétitions sur chaque arganier : i/ annélation complète ; ii / deux incisions l'une sur la face supérieure du rameau et l'autre sur la face inférieure ; iii / trois incisions en laissant chaque fois un lambeau d'écorce intact entre les incisions (Mokhtari 1998). Pour l'essai de novembre, seuls deux rameaux à double incision ont produit chacun une racine unique. Pour l'essai de juin 1997, les dessèchements des rameaux ont été encore plus rapides. Mokhtari (1998) conclut que le MA pendant la saison sèche et chaude n'est pas indiqué.

Des expériences plus récentes ont été entreprises en 2007 et 2008. Les essais ont été menés au CHA/IAV sur des arganiers non irrigués (situés dans la « Réserve Biologique ») ainsi qu'en irrigué (au goutte à goutte ou à la rampe). Une seule MA avec racines a été, transplantée au laboratoire (Saïbi 2007). Les tests ont été poursuivis en 2008 de mars (début de la saison sèche) à fin juillet (températures très élevées). Le plan initial prévu avec 14 arbres-mères, 6 traitements et 25 répétitions n'a pu être mis en place « faute de moyens financiers » (Bouiche 2008). Ces essais ont dès lors été effectués sans répétition (mais avec chaque fois 10 MA par traitement) sur huit génotypes différents et sur des rameaux ou sur des gourmands à la base du tronc comparant treize traitements : en irrigué ou non, avec ou sans hormone (hormone en poudre ; AIB 500 ppm ; AIB 1000 ppm), comparaison de trois substrats (tourbe, mélange de tourbe et de fibre de coco, sphaigne du Chili) avec incision de 3-4 cm de long, simple ou double sur deux faces opposées. Au total, 170 MA ont été mises en place, certaines en bour, d'autres en irrigué durant les mois de mars et de mai 2008. La première évaluation des MA a été réalisée le 27 juin 2008 : sans pouvoir tirer des conclusions définitives du fait de l'absence d'un dispositif statistique strict, on peut signaler que 3 à 4 mois après la pose des MA, des racines adventives apparaissent (8 MA sur 170) dans le substrat à base de sphaigne du Chili (sous papier aluminium) et sur rameau jeune. L'arganier n° 3 (20 marcottes, dont 10 rameaux « rajeunis ») n'a produit qu'une MA sur 10 avec racines pour les branches adultes non rajeunies, mais par contre, parmi les dix rameaux « rajeunis » de ce même arbre n° 3, six MA ont de nombreuses racines. Ces MA ont été transplantées. Il semble également se dégager de ces essais que certains génotypes (arbre n° 3) se marcotent assez aisément, alors que d'autres paraissaient récalcitrants (Bouiche 2008). Les MA réalisées sur des arbres non irrigués n'ont pas produit de racines. L'irrigation du clone n° 3 durant les mois secs a favorisé, semble-t-il, l'induction de racines adventives, mais pas pour les autres arganiers irrigués. L'hormone semble ne pas promouvoir la néo-formation de racines, mais au contraire les inhiber : des MA sans hormone ont émis des racines. Le 28/7/2008, juste avant le départ de la stagiaire, les 6 MA sevrées fin juin avaient développés en 1 mois un réseau de racines ramifiées (Photo 2) et de nouvelles feuilles. Fin juillet, 2 autres MA ont pu être transplantées ; les autres MA étaient soit desséchées, soit sur les 8 arbres sans avoir formé de racines (Bouiche 2008).



**Photo 2. Un mois après le sevrage, la marcotte émet des nouvelles radicelles (Ph° Bouiche).**



Ces essais ne permettent aucune conclusion définitive (Bellefontaine 2010). Ils donnent apparemment quelques indications quant à la saison et/ou l'importance de l'irrigation, le type de substrat, la durée d'obtention des racines adventives, la qualité de l'enracinement sous le manchon, la facilité de la transplantation et de la reprise sous certaines conditions.

### **Essais réalisés sur le terrain et MA transférées au CRRF à Marrakech (2009-2011)**

Dans le cadre du Projet financé par John GOELET «Production de plants clonés d'arganiers», environ 220 MA ont été posées entre octobre 2009 et mars 2011 sur les arbres<sup>+</sup> sélectionnés. L'objectif principal de ce projet était la mise au point d'un itinéraire technique pour mobiliser *ex situ* un échantillon d'arganiers âgés (14 arbres<sup>+</sup> sélectionnés par la population) au sein de 3 terroirs distants de plusieurs dizaines de km (Bellefontaine *et al.* 2012-b). Leur âge est inconnu, mais par extrapolation (Boudy 1950), on peut l'estimer à 200 – 300 ans (400 ans ou plus pour les 2 géotypes les plus âgés). En novembre 2008, un 1<sup>er</sup> essai prospectif de MA a été mis en place. En fonction des résultats acquis ailleurs (décrits très sommairement au chapitre 2), un seul substrat a été employé : la sphaigne. Cet essai préliminaire étant positif, 41 MA ont été posées les 4-5/10/2009, sans irrigation sur les arganiers à Aoudjou et Imi-n-Tlit. Le 28/4/2010, sept mois après leur installation, un contrôle rapide sur 3 MA nous a permis d'apercevoir de jeunes racines adventives dans la sphaigne, l'une d'entre elles avait produit au moins cinq racines de 0,5 à 3 cm de longueur, très fragiles (photo 3), la 2<sup>ème</sup> des « boutons » racinaires, la 3<sup>ème</sup> n'avait émis apparemment ni racine, ni cal. Ces racines semblent très récentes et leur néo-formation dans la sphaigne daterait de mars, voire avril 2010 (renflement de sève élaborée en amont de l'entaille). Il faut signaler que la pluviométrie a été relativement faible durant cet hiver dans les deux sites (Bellefontaine *et al.* 2012-b).



**Photo 3. La marcotte commence à émettre des racines en avril 2010 (Photo Bellefontaine).**

La température étant trop élevée fin avril 2010, elles n'ont été sevrées et transportées au CRRF que le 11/2/2011, et celles d'Imi-n-Tlit qu'en mars 2011. A l'exception de celles dont l'annélation n'avait pas été complète et celles détruites par des animaux, la plupart avaient des racines puissantes. Toutes les MA obtenues ont été repotés dans des conteneurs solides (hors sol), chacune avec le numéro de l'arbre<sup>+</sup> d'origine. Ces plants sont gérés en parc à clones de façon intensive (tailles régulières à certaines périodes de l'année) comme des pieds-mères hors sol, en favorisant la production de nouvelles pousses qui seront bouturées (rajeunissement physiologique pour faciliter l'enracinement). Avec la sphaigne comme substrat unique, le taux de réussite est important (photo 4) pour mobiliser à peu de frais les arganiers, y compris les plus vieux (400 ans) à condition de respecter des règles strictes (voir chapitre 4). C'est pourquoi, 144 nouvelles MA ont été réalisées avec de la sphaigne en mars 2011. Il est prévu de les sevrer 7 mois plus tard avec le retour des pluies.

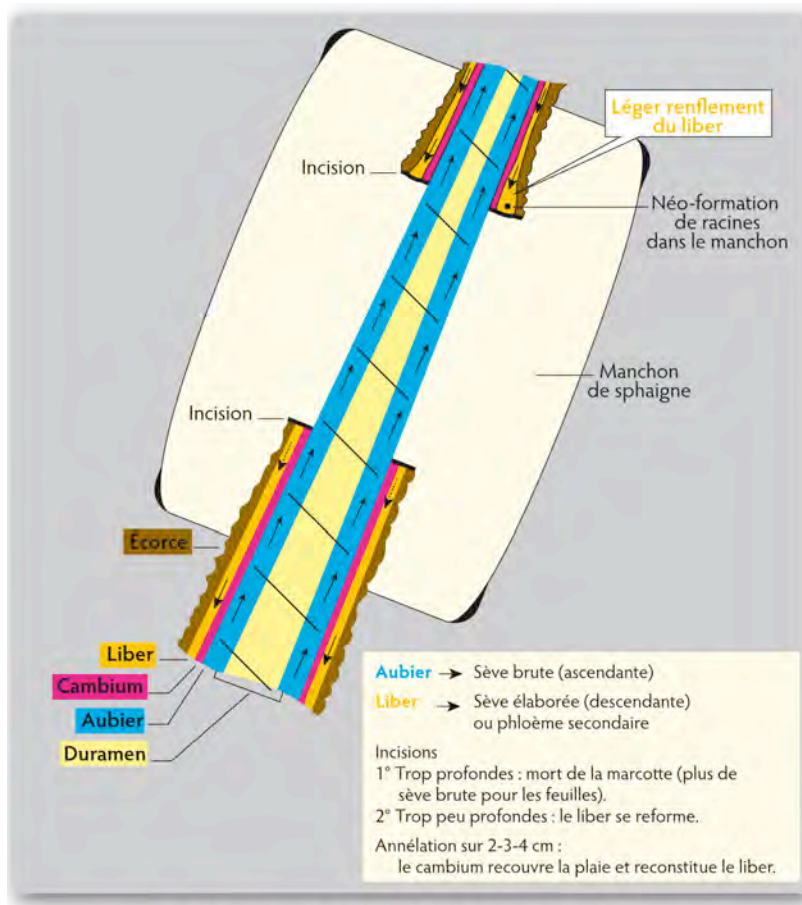


Photo 4. : Nombreuses racines dans le manchon de sphaigne (Ph Bellefontaine)



## Méthodologie conseillée

- \* Sélectionner des arganiers remarquables et monocaules, car les multicaules proviennent de 2 à 3 (4) graines logées dans le même fruit et n'ont pas le même patrimoine génétique.
- \* Choisir des rejets de souche ou des branches érigées de 1 à 2 (max. 3) cm de diamètre.
- \* Les dénuder de leurs feuilles sur 10 cm, puis inciser l'écorce sur 6-8 cm longitudinalement, puis aux 2 extrémités sur toute la circonférence pour enlever un anneau (annélation).
- \* Sur tout le pourtour, enlever le liber (pour stopper le flux de sève élaborée descendante).
- \* Bien gratter le cambium, sinon l'anneau sera recouvert d'un tissu de cicatrisation (fig.1).



- \* Ne pas endommager l'aubier pour laisser libre le flux de sève brute (sève montante) afin d'approvisionner les feuilles qui sont situées à l'extrémité distale.
- \* Recouvrir immédiatement l'aubier mis à nu d'un manchon de sphaigne humide, mais sans excès, d'un diamètre de 6-8 cm, puis d'un sachet en plastique étanche et d'un papier aluminium (pas de lumière ; réduction de la température quand la marcotte est exposée au soleil).
- \* De l'eau peut être apportée à l'aide d'une seringue tous les 45 jours. Il faut alors prendre soin de reboucher le trou occasionné par l'aiguille par un morceau de scotch.



\* Après quelques semaines, sectionner les MA (sevrage) et les transplanter à l'ombre, immédiatement et individuellement, en les marquant (étiquette) dans un seau de 15 litres de terreau horticoles. Couper, puis disposer la MA avec son manchon de sphaigne (sans l'ouvrir), entouré de son sachet plastique (qui aura été incisé sur toute sa longueur et dont le fond aura été découpé) dans le terreau et retirer le plastique par le haut très délicatement. Comprimer très légèrement ce terreau pour ne pas casser les racelles très fragiles. Arroser copieusement et transporter les marcottes sevrées à l'abri sous une bâche (vent, soleil).

\* Les disposer dans le parc à clones ombragé pendant les premières semaines qui suivent le sevrage et les arroser régulièrement, mais peu.

\* A titre de conseils complémentaires, on peut ajouter :

\* Le type d'entaille correspondra à une annélation complète sur 6 à 8 cm de long. Certains auteurs préconisent à tort une annélation complète sur 1 à 3 cm de long et très peu profonde (Mokhtari et Zakri 1998) ou une incision légère sur 3 cm tout en laissant l'écorce en place (Mokhtari 2002 ; Ndzié 2009), d'autres encore une double incision sur le haut et le bas du rameau (Mokhtari et Zakri 1998 ; Mokhtari 2002).

\* Il est généralement préférable de badigeonner le cambium mis à nu avec une hormone (AIB 0,4%) qui favorise la néo-formation de racines, mais ce n'est pas indispensable.

\* La sphaigne doit être humidifiée 24 h à l'avance par simple trempage dans de l'eau. On placera dans chaque manchon 100 grammes de sphaigne vigoureusement pressée juste avant emploi (soit l'équivalent de 5 à 10 g de sphaigne sèche).

\* Le sac doit être étanche et résistant aux vents, UV, fourmis et autres insectes piqueurs qui sont attirés par l'eau retenue par la sphaigne.

\* Bien ligaturer le sachet le papier aluminium aux deux extrémités avec des cordelettes minces et interdisant tout échange avec l'extérieur.

\* Badigeonner sur 15 cm l'écorce, sous et au-dessus de la MA, avec de la graisse de voiture de façon à empêcher que des insectes aptères ne percent le film plastique.

\* Le nombre et la qualité des racines néoformées dans le manchon sont déterminantes pour la survie future de l'arbre. L'impact d'une hormone est encore à déterminer pour l'arganier

**La sphaigne** est une mousse végétale 100% naturelle. C'est le support de culture *vivant* le plus adapté à cette technique. Les caractéristiques physico-chimiques de la sphaigne sont nombreuses : **i** / une rétention exceptionnelle en eau (1 kg = environ 20 litres d'eau) et un effet tampon très utile (l'eau emmagasinée par la sphaigne est restituée à la plante en fonction de ses besoins) ; **ii** / une ré-humidification instantanée en cas de dessèchement ; **iii** / une porosité et une texture grossière et fibreuse permettant une aération optimale des racines ; **iv** / un pH acide ayant des effets antibactériens ; **v** / quasi imputrescible, elle est réutilisable.

## Avantages et inconvénients des MA

Les avantages du MA sont connus : copie fidèle du génotype à faible coût ; évite de devoir chaque fois retourner à l'arbre\* grâce à la création d'un parc à clones *ex situ* ; rajeunissement physiologique d'arbres âgés ; production précoce de fruits (1-3 ans au lieu de 5-10) ; sauvegarde des individus précieux ou isolés (les ressources génétiques sont la source essentielle de richesses à protéger) ; méthode à faible coût et technicité que les populations rurales peuvent maîtriser rapidement.



Les inconvénients ne doivent pas être sous-estimés : le risque de chablis : après quelques années, si l'enracinement adventif est peu dense, l'arbre marcotté est parfois renversé par des vents violents (Meunier *et al.* 2012) ; faible production initiale de copies végétatives par arbre<sup>+</sup> ; gestion des pieds-mères assez lourde ; transmission possible de maladies par la multiplication végétative (Bellefontaine *et al.* 2012-b).

## Conclusions

Les populations vivant dans l'arganeraie connaissent les génotypes les plus intéressants pour divers caractères. Le CRRF et le CIRAD ont montré que le MA est une technique très efficace pour mobiliser des génotypes âgés et pour les rajeunir ; les réitérats ainsi obtenus peuvent constituer une source de ramets réactifs pour des opérations de multiplication par bouturage ou greffage. Rassemblées dans un parc à clones de pieds-mères, *ex situ* à proximité d'une aire de multiplication végétative, ces MA ne serviront que de pieds-mères pour le bouturage sous *mist* ou pour le greffage. Les plants issus de MA sont plus robustes (hauteur, diamètre), atteignent leur maturité plus rapidement que les semis du même âge (Asaah *et al.* 2010), mais leur système racinaire présente des faiblesses pour Meunier *et al.* (2012), mais pas pour Asaah *et al.* (2010), ni pour Paquin *et al.* (1998).

Sans recul suffisant aujourd'hui et sur un petit échantillon de 13 clones âgés, il n'y aurait apparemment pas de clones réfractaires au MA, mais certains semblent aisément mobilisables. Le MA (en sec) permet de multiplier des arganiers remarquables (arbres<sup>+</sup>) à peu de frais. Il ne nécessite qu'une formation du personnel très courte. Sans irrigation, les deux meilleures saisons semblent se situer au début du printemps et à la fin de l'été-début de l'automne. L'irrigation du pied-mère n'est pas indispensable, mais permet sans doute de prolonger la période pendant laquelle les racines se forment dans la MA. Il serait utile de déraciner délicatement (et pendant quelques minutes seulement) des marcottes produites à l'IAV en 2008 pour analyser le système racinaire qui s'est formé après la plantation.

Entre 2012 et 2020, l'ANDZOA s'est fixé comme objectif la réhabilitation de 200 000 ha d'arganeraies, soit 25 000 ha/an. L'arganier pourrait avoir un second avenir surtout si des plantes à flore mycorhizienne compatible sont cultivées en mélange (plantes médicinales, aromatiques ou plantes à latex - *Parthenium argentatum* - ou guayule) en sous-étage (Bellefontaine *et al.* 2012-b). En effet après ce 1<sup>er</sup> congrès, les progrès accomplis dans le domaine de la multiplication végétative (MA, mais aussi bouturage herbacé) permettent de prévoir l'avenir de l'arganeraie avec un certain optimisme et de progresser sérieusement dans la voie de la domestication de l'arganier (Bellefontaine *et al.* 2012-a), tout en précisant que la forêt naturelle ne va pas être transformée en parcelles clonales. Un parc à clones doit cependant être créé afin de regrouper (en deux sites différents : pâturage, feux ?) les 200 à 300 « meilleurs » clones (clones inermes et précoces, faciles à décortiquer, à production élevée avec deux cycles de fructification par année, *etc.*), pour les introduire dans des vergers destinés à produire des graines améliorées.





## Références bibliographiques

- \* **Asaah E.K., Tchoundjeu Z., Wanduku T.N., Van Damme P.** Understanding structural roots system of 5-year-old African plum of seed and vegetative origins. *Trees*, 2010, 24, 789-796.
- \* **Bationo B.A., Saley K., Bellefontaine R., Sadou M., Guinko S., Ichaou A., Bouhari A.** Le marcottage terrestre: technique économique pour la régénération de certains ligneux tropicaux. *Sécheresse* 2005, 16, 4, 309-311 et *Sécheresse électronique* 3<sup>e</sup>. [http://www.secheresse.info/article.php3?id\\_article=2342](http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2342)
- \* **Bellefontaine R.** Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie. *Sécheresse* 2005, 16, 4, 315-317 et *Sécheresse électr.* 3<sup>e</sup> (60 p) [http://www.secheresse.info/article.php3?id\\_article=2344](http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344)
- \* **Bellefontaine R.** De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse* 2010, 21, 1, 42-53.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuis O.** Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc: le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304, 2, 47-59.
- \* Bellefontaine R., Pioch D., Palu S. Compte-rendu du 1<sup>er</sup> Congrès international sur l'arganier, Agadir, 15-17 décembre 2011. Un nouveau départ pour la recherche relative à l'arganier. *Sécheresse*, 2012-a, 23, 1, 3-6.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El Mercht S.** Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Synthèse des trois années du Projet J. Goelet de clonage d'arganiers. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012-b.
- \* **Boudy P.** *Economie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographies et traitements des essences forestières*, fascicule 1. Paris, Larose, 1950.
- \* **Bouiche L.** *Etude des modes de régénération à faible coût de l'arganier (Argania spinosa) au Maroc*. Univ Paris XII, Master II Bioress. en Rég. Trop. et Méditer., Paris, 2008, 60 p.
- \* **Daneluz S., Pio R., Alves chagas E., Barbosa W., Ohland T., Kotz E.T.** Propagação da figueira "Roxo de Valinhos" por Alporquia. *Rev. Bras. Frutic, Jaboticaba*, 2009, 31, 1, 285-90.
- \* **Hirayama K., Sakimoto M.** Regeneration of *Cryptomeria japonica* on a sloping topography in a cool-temperate mixed forest in the snowy region of Japan. *Can. J. For. Res.* 2003, 33, 543-551.
- \* **Le Bouler H., Brahic P., Bouzoubaa Z., Achour A., Defaa A., Bellefontaine R.** L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012.
- \* **Malvicini G.L., Roversi A., Marino A.** On the quality of hazelnut plants obtained by mounding layer. ISHS Acta Horticulturae 845: VII International Congress on Hazelnut. *Acta Horticulturae*, 2009, 301-304.
- \* **Meunier Q.** *Soutien technique aux tradipraticiens pour la multiplication végétative d'espèces médicinales prioritaires dans le Sud-Ouest de l'Ouganda*. Univ. Paris XII, 2005, DESS Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales, 59 p. + annexes.
- \* **Meunier Q., Bellefontaine R., Boffa JM, Bitahwa N.** *Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities*. Kampala (Ouganda) et Montpellier (France), Ed. Angel Agencies et CIRAD (Montpellier), 2006, 67 p.



- \* **Meunier Q., Arbonnier M., Morin A. (et Bellefontaine R.)** *Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda: utilisation and propagation potential*. GraphiConsult Ltd, Kampala, Cirad Montpellier, 2008-a, 106 p.
- \* **Meunier Q., Bellefontaine R., Monteuis O.** La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois for. tropiques*, 2008-b, 295, 2, 71-82.
- \* **Meunier Q., Morin A., Bellefontaine R.** Growth and rooting comparison between plants born from seed and from air layering. Case study on *Solanecio mannii* on a 24 months trial. *Agroforestry Systems* (soumis en février 2012).
- \* **Mokhtari M.** Le greffage de l'arganier. Un challenge pour la multiplication clonale. *Bull. Mens. d'Info. et Liaison du PNTTA (Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, Rabat)*, 2002, 95, 3-4.
- \* **Mokhtari M, Zakri B.** Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). In : Fac. Sc. Agadir, *Actes Coll. Int. sur Ress. Vég., Agadir, 23-25 avril 1998*, 124-31.
- \* **Ndzie J.P.** *Contribution à l'étude de deux formes de régénération végétative chez trois fruitiers sauvages : Balanites aegyptiaca (L.) Del., Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. Rich. et Sclerocarya birrea (A. Rich.) Hochst. à Kering (Nord-Cameroun)*. Mémoire, Master Sc. Biol., Fac Sc., Univ Ngaoundéré, Cameroun, 2009, np (40 p.)
- \* **Noubissie-Tchiagam J.B., Ndzie J.P., Bellefontaine R., Mapongmetsem P.M.** Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au nord du Cameroun. *Fruits*, 2011, 66, 1-16.
- \* **Ouedraogo H.** *Structure démographique et modes de régénération de Pterocarpus erinaceus Poir. et autres espèces prioritaires utilisées dans l'artisanat à l'Ouest du Burkina faso*. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (IDR), Mém. Ing., 2007, 77 p + ann.
- \* **Paquin R., Margolis H.A., Doucet R.** Nutrient status and growth of black spruce layers and planted seedlings in response to nutrient addition in the boreal forest of Quebec. *Can. J. For. Res.*, 1998, 28, 729-736.
- \* **Ricez T.** *Etudes des modes de régénération à faible coût de Prosopis africana et Detarium microcarpum en forêt classée de Dinderesso*. Univ Paris XII, Master II Bioress. en Rég. Trop. et Méditer., Paris, 2008, 60 p.
- \* **Saibi L.** *Multiplication végétative de l'arganier (Argania spinosa (L. Skeels))*. Univ Paris XII, Master II Bioress. en Rég. Trop. et Méditer., Paris, 2008, 2007, 58 p.
- \* **Sasso S.A.Z., Citadin I., Danner M.A.** Propagation of jabuticaba tree for grafting and air layering techniques. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2010, 32, 2, 571-576.
- \* **Silla F., Fraver S., Lara A., Allnutt T.R., Newton A.** Regeneration and stand dynamics of *Fitzroya cupressoides* (Cupressaceae) forests of southern Chile's Central Depression. *Forest Ecology and Management*, 2002, 165, 213-224.
- \* **Zida A.W.** *Etude de la régénération de Balanites aegyptiaca (L.) Del., Sclerocarya birrea (A. Rich.) Hochst., et de Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. Rich.* Université Polytechn. Bobo-Dioulasso (IDR), Burkina Faso, Mémoire Ingénieur, 2009, 77 p. + ann.
- \* **Zouggari A.** *Etat de la régénération et domestication des espèces ligneuses utilisées dans l'artisanat d'art dans l'Ouest et le Sud-Ouest du Burkina Faso*. Univ Paris XII, Master II Bioress. en Rég. Trop. et Méditer., Paris, 2008, 60 p.



# Multiplication végétative d'arganiers par greffes, drageons et boutures de segments racinaires

**Bellefontaine R.<sup>1</sup>, Ferradous A.<sup>2</sup>, Alifriqui M.<sup>3</sup>, Bouzoubâa Z.<sup>4</sup>, Ky-Dembélé C.<sup>5</sup>, Nsibi R.<sup>6</sup>, Le Boulter H.<sup>7</sup>, Meunier Q.<sup>8</sup>**

1 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, [ronald.bellefontaine@cirad.fr](mailto:ronald.bellefontaine@cirad.fr)

2 - Centre Régional de Recherche Forestière de Marrakech, Maroc

3 - Université de Marrakech

4 - INRA, Agadir, Maroc

5 - INERA, BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

6 - INRF, Tunisie

7 - Pépinière forestière expérimentale d'Etat, Guemené Penfao, France

8 - Université de Liège, Gembloux Agro-bio Tech., Belgique

## Résumé

Les questions que posaient le semis et le bouturage herbacé de l'arganier sont presque résolues. Il restait à mettre au point un itinéraire technique pour multiplier végétativement et rajeunir de vieux arganiers. Cette mobilisation *ex situ* de génotypes remarquables passe par la culture *in vitro*, le marcottage aérien (qui lui aussi est en passe d'être réglé), par l'induction du drageonnage, par le bouturage de segments racinaires et par l'amélioration du greffage. Pour cette dernière technique, on se basera notamment sur l'essai réalisé sur près de 1 000 greffes dans le cadre du « Projet de clonage d'arganiers âgés » au Centre de Recherche Forestière de Marrakech de 2007 à 2010. L'arganier reste une espèce difficile à greffer quand on prélève des greffons sur des arganiers âgés, surtout sous le climat de Marrakech. Il est excessivement rare de trouver des drageons apparaissant à plus de trois mètres de l'arganier-mère. Par contre, au pied de très nombreux arganiers, dans un rayon d'1 à 2 mètres autour du tronc, on remarque souvent des « rejets » qu'il faudrait étudier au niveau génétique et reproduire végétativement. Les espèces qui drageonnent ont la réputation de pouvoir être multipliées par des boutures de segments racinaires (BSR), technique autrefois utilisée en Europe ; des résultats récents sur diverses espèces prouvent que des génotypes remarquables pourraient être mobilisés par BSR.

**Mots-clés** : Greffe, rejet, drageon, bouture de racine, *Argania spinosa*.

## Summary

The questions of sowing and propagation by herbaceous cutting of the argan tree are almost solved. It remained to develop a technical way to multiply vegetatively and rejuvenate old argan trees. This mobilization *ex situ* of remarkable genotypes passes by *in vitro* culture, by air layering (which also is about to be regulated), by induction of suckering, by root cutting propagation and by the improvement of the grafting. For this last technique, one will base oneself in particular on the test carried out on nearly 1,000 grafting within the framework of the "Project of cloning of old argans trees" at the Forest Research Center of Marrakech (2007-2010). The argan tree remains a species difficult to graft when one takes grafts on old argan trees, especially under the climate of Marrakech. It is excessively rare to find suckers appearing with more than three meters of the argan-mother. On the other hand, at the bottom of many argan trees, in a radius of 1 to 2 meters around the trunk, one often notices "sprouts" that it would be necessary to study at the genetic level to reproduce vegetatively. The species which sucker have the reputation to be able to be multiplied by cuttings of root segments (CRS), technique formerly used in Europe; recent results on various species prove that remarkable genotypes could be mobilized by CRS.

**Keywords**: grafting; sprout; root sucker; root cutting; *Argania spinosa*.



## Introduction

La pression anthropique sur l'arganeraie est telle que les régénérations naturelles par semis restent confinées à des oueds, à des murs en pierres sèches où des graines sont cachées par les écureuils, à des pratiques traditionnelles (Simenel 2007), sous le couvert protecteur de plantes nurses épineuses sous lesquelles les graines peuvent germer, ou à certains microclimats. Actuellement, la régénération de l'arganeraie est basée sur les rejets de souche, car les plantations d'arganiers sur de grandes surfaces échouent encore souvent, sauf exception (Defaa *et al.* 2012 ; Achour *et al.* 2012). Les populations sont réticentes face aux chantiers d'exploitation qui les privent de fourrage estival pour leurs troupeaux et de revenus vitaux provenant de la vente des fruits ou de l'huile d'argan. « La coupe à blanc est suivie d'une mise en défens de 10 ans minimum (voire 15 ans - Nouaim 2005). Celle-ci est en général très mal acceptée par les populations qui y laissent paître leurs troupeaux... On aboutit ainsi à une futaie surbaissée, favorisant par là-même l'accès à l'abrouissement en saison sèche, complément indispensable de la vaine pâture. Aucune recherche n'a été menée à ce jour pour déterminer si un nouveau système racinaire se développe à la base de la souche autour de chaque rejet, comme c'est le cas pour le châtaignier en France. Et ainsi, nul ne peut affirmer que le rejetonnage<sup>1</sup> constitue une voie de régénération indéfinie et sans risque. En effet, si les rejets ne produisent pas de nouvelles racines autonomes, on peut craindre qu'après plusieurs rotations, la souche meurt » (Bellefontaine 2010). Le rejetonnage est un pis aller.

Faute de plantations réussies, il fallait que la recherche s'investisse pour sauvegarder les arbres\* âgés remarquables. S'il est aisé de reproduire un végétal jeune, il est souvent bien plus difficile d'obtenir des copies végétatives lorsque les arbres sont très âgés. C'est pourquoi diverses techniques de multiplication végétative (MV) doivent être testées. Un des objectifs de la MV est la sauvegarde du patrimoine génétique (les vieux arganiers exceptionnels qui vont disparaître, naturellement ou à la suite d'extension des infrastructures). Un autre objectif pour la MV est bien entendu la création de vergers à graines. Le but du « Projet de clonage de vieux arganiers » financé par M. John Goelet (Bellefontaine *et al.* 2012-a) visait à mettre au point un itinéraire technique pour « copier » des génotypes âgés remarquables par des techniques simples et relativement peu coûteuses afin de les mobiliser *ex situ*, pour créer un parc à clones. La constitution d'un parc à clones à base génétique très large est une première étape incontournable pour installer sous bonne garde un verger clonal destiné à produire des graines améliorées au profit des programmes de reboisement du HCEFLCD<sup>2</sup> et de l'ANDZOA<sup>3</sup>. Cette agence a officiellement déclaré le 15 décembre 2011 qu'un de ses buts était de régénérer d'ici 2020 un quart de l'arganeraie, soit 200 000 ha, ou encore 25 000 ha chaque année (Bellefontaine *et al.* 2012-b). Pour réhabiliter ces 25 000 ha/an, en se basant sur 50 jeunes arganiers à planter parmi l'arganeraie existante actuellement, il faudrait produire dès cette année 1 250 000 plants ! Il est dès lors urgent de créer un verger à graines.

Au vu de la très grande diversité génétique de l'arganier signalée par de nombreux chercheurs (Msanda 1993 ; El Moussadik 1997 ; Kaaya 1998 ; Bouzoubâa 2006) et de sa répartition géographique (du niveau de la mer à 1400-1500 mètres d'altitude), il est évident que le parc à clones devra regrouper au moins 200 à 300 arganiers\*. Il sera indispensable de mobiliser les arganiers des niches écologiques les plus remarquables et suffisamment de clones compatibles, en évitant de trop grands décalages phénologiques, car la fenêtre optimale pour la pollinisation est étroite. Le stade 2 « bouton floral avec style apparent » évolue en fleur épanouie en 1 à 3 jours, voire 3 à 5 jours selon le génotype (Benlahbil 2003). La durée de vie d'une fleur une fois épanouie est d'au moins 2 jours (Ait Aabd 2007).

1- Rejetonnage = néologisme correspondant au terme anglais « resprouting » (Bellefontaine 2005).

2- HCEFLCD = Haut Commissariat des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification.

3- ANDZOA = Agence Nationale de Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganeraie.



Pour répondre à ces questions, le « Projet de clonage d'arganiers âgés » avait choisi 14 génotypes âgés dans trois localités différentes (Bellefontaine *et al.* 2010, 2012-a). Ce projet est parvenu à mobiliser ces clones à Marrakech, où malheureusement les nuits d'hiver sont froides (gelées) et où les chaleurs estivales font souffrir les végétaux. Le partenariat avec le CRRF partait avec un handicap sérieux dans le cadre du clonage. Par greffage, bouturage et marcottage aérien, les 14 clones ont été mobilisés non sans mal. Rappelons que le marcottage aérien est aisé à réaliser et que les modes opératoires ont été explicités (Bellefontaine *et al.* 2012-c). Ce projet voulait également tester l'induction du drageonnage et le bouturage de segments racinaires (BgeSR)<sup>4</sup>, mais faute de temps, ces options n'ont pu être testées. Nous présenterons ci-dessous des résultats acquis dans d'autres pays afin que des chercheurs marocains puissent éventuellement appliquer ces méthodes à l'arganier.

## Le drageonnage naturel et l'induction du drageonnage

Le drageonnage produit, à partir de bourgeons adventifs, des pousses néoformées sur des racines superficielles de l'arbre-mère, en général entre 5 et 15 cm de profondeur. « Ces drageons peuvent se situer soit à quelques centimètres de l'arbre-mère, soit à plus de 40 mètres chez *Populus alba*, soit encore jusqu'à plus de 80 mètres (*Prunus avium*, *Sorbus torminalis*). Il semble évident que le drageonnage se produit principalement, mais pas exclusivement, lorsqu'un stress intervient. Il peut être dû à l'âge, aux feux, à la sécheresse, au froid, aux vents et cyclones, à une inondation plus ou moins longue, à l'altitude, à la latitude lorsqu'une espèce est à sa limite maximale de son aire de distribution naturelle ou si elle a été introduite dans un climat différent, *etc.* Diverses conditions écopédologiques (pentes fortes, zones inondables, zones très sèches) favorisent la multiplication végétative au détriment de la reproduction sexuée lors d'années sèches successives où toutes les conditions propices à la germination et à la croissance des plantules ne sont pas réunies » (Bellefontaine 2005).

Depuis près de 15 ans, le bouturage et diverses techniques de greffage d'arganiers ont été testés par de nombreux chercheurs marocains avec certains succès partiels (Bellefontaine 2010), mais aucun essai n'a été réalisé sur les drageons et BSR<sup>4</sup> des arganiers. On constate souvent des « rejets » au pied d'arganiers, même s'ils semblent n'avoir jamais été coupés ? Ces « suppléants » constituent une source de ramets proches du collet et donc apparemment très réactifs à la multiplication végétative. Pour une raison inconnue, le CRRF n'est jamais parvenu à obtenir des populations locales la protection contre le bétail de ces suppléants. La plupart du temps, quand un arganier émet des « rejets basaux », la profusion de pousses très épineuses rend pénible les observations et aucune étude n'a été menée pour déterminer leur origine. Il serait intéressant de déterminer par analyse génétique, si ces suppléants sont des drageons (avec le même patrimoine génétique que l'arbre-mère) ou des graines du même fruit, ou encore de plusieurs fruits qui auraient germé au pied même de l'arbre. Il pourrait s'agir de drageons, ainsi que le suggèrent quatre auteurs, sans cependant apporter de preuves :

- « la régénération par rejets de souches après la coupe, et encore moins celle qui s'opère par le drageonnage ou le marcottage, ne peuvent en aucun cas assurer la pérennité à long terme de l'écosystème à arganier » (M'Hirit *et al.* 1998) ;
- « à la base du tronc, on observe très souvent une régénération abondante de drageons » (Kenny 2007) ;
- « Ses racines s'étendent très loin sous terre et les rejets apparaissant ça et là, dispensent de la replantation ou de l'ensemencement » (El Alaoui 1999) ;
- Maillet (1987) signale simplement que l'arganier drageonne, sans autre précision.

4- BSR = bouture de segments racinaires ; BgeSR = bouturage de segments racinaires.





**Photo 1. Rejets basaux, drageons ou semis à la base d'un arganier (Photo Bellefontaine).**

Beaucoup de drageons ne semblent pas former des racines adventives et n'acquièrent jamais leur autonomie (Vieira et Scariot 2006). Dans certains cas, l'affranchissement se produit naturellement par auto-dégénérescence de la racine-mère et ils « forment alors leur propre système racinaire et sont complètement indépendants trophiquement (pour l'eau, les sucres et éléments minéraux) ; ils deviennent des individus séparés et autonomes. ... Les premières recherches sur le terrain en Afrique ont montré que les jeunes drageons n'étaient en général pas indépendants de l'arbre-mère. Ils peuvent être considérés comme la manifestation morphologique d'un processus d'extension de l'appareil photosynthétique de l'arbre-mère. Chez *Ailanthus glandulosa*, *Detarium microcarpum*, *Miconia calvescens*, *Quercus geminata*, *Q. ilex*, l'affranchissement se produit naturellement par dégrénerescence de l'axe-mère » (Bellefontaine 2005).

L'induction du drageonnage par blessures permet d'augmenter la densité du couvert ligneux.

- Au Burkina Faso, la cueillette des fleurs de *Bombax costatum* (à des fins alimentaires ou médicinales), souvent réalisée par écimage complet, prive les arbres d'une grande quantité de semences nécessaires à leur régénération. Un essai de stimulation du drageonnage, au début de la saison des pluies, a été mis en place. Le drageonnage peut être stimulé par des blessures effectuées sur les racines. Six arbres sur dix ont émis des drageons 2 mois après l'induction. Après un peu plus de 3 mois, tous les arbres avaient drageonné (170 drageons). Le nombre de drageons par arbre varie de 1 à 74. 67% des drageons sont localisés à l'emplacement des blessures (dans les trous) et 33% sont apparus sur les racines entre les trous. Trois mois après la stimulation, la hauteur des drageons est comprise entre 10 et 60 cm. Parmi les avantages de cette méthode, il est important de constater qu'elle ne requiert aucune technologie sophistiquée. Elle peut être rapidement vulgarisée auprès des paysans, car elle est aisée à réaliser sur le terrain, mais en outre, son coût est insignifiant par rapport au prix des plantations classiques (Belem *et al.* 2008).

- Au nord du Cameroun, les possibilités d'induction de drageons par blessure ou sectionnement de racines ont été testées. *Sclerocarya birrea* et *Diospyros mespiliformis* présentent respectivement une aptitude très élevée et moyenne pour le drageonnage : l'induction en début de la saison des pluies par sectionnement complet de racines superficielles est plus efficace (57,7%) que la méthode par blessure légère des racines (37,7%). L'exposition des racines blessées et laissées à l'air amplifie le drageonnage : ces racines exposées montrent un taux de drageonnage de 61,9% pour 33,7% lorsqu'elles sont recouvertes de terre. Les drageons induits apparaissent généralement du côté proximal de la racine stressée de l'arbre-mère (80,6% pour le sectionnement complet et 68,1% pour la blessure légère), mais aussi du côté distal (respectivement 19,4 et 31,9%). Ceci ouvre de nouvelles voies à la domestication de ces espèces fruitières sauvages surexploitées par les populations (Noubissié-Tchiagam *et al.* 2011).





**Photo 2. Sectionnement d'une racine mise à nu de *Sclerocarya birrea* (Photo Bellefontaine).**

- En Ouganda, les espèces ligneuses indigènes à usages multiples disparaissent sous l'effet des pressions anthropiques, alors qu'elles sont indispensables aux communautés rurales, notamment pour la médecine traditionnelle utilisée par 80% de la population. Des expériences relatives notamment à l'induction du drageonnage et au bouturage de racines ont eu lieu à partir de 2004 (Meunier 2005) et se sont poursuivies de 2005 à 2007 (Meunier *et al.* 2006, 2008-a et b). Parmi les 30 espèces testées en 2006 et 2007, six peuvent être multipliées par BSR (Meunier *et al.* 2008-a,b). La simplicité des techniques et leur faible coût ont favorisé leur diffusion au sein des communautés rurales.

## Le bouturage de segments racinaires

La BSR se différencie fondamentalement du drageon par le fait que la séparation du fragment végétatif intervient, contrairement au drageon, avant la néoformation de bourgeons qui vont se développer en tige. Le bouturage de segments racinaires (BgeSR) est une ancienne technique de multiplication végétative. Mise à l'écart par le développement de techniques modernes, aujourd'hui elle peut encore rendre dans les pays tempérés des services non négligeables pour mobiliser des génotypes remarquables et / ou difficiles à multiplier par une autre technique (Ruchala 2002 ; Beyl 2008 ; Read 2008). Pour conserver une copie d'un arbre exceptionnel, la BSR est une technique à très faible coût. Elle ne nécessite que très peu d'outils et quasiment aucune formation des populations rurales (Ruchala 2002 ; Bellefontaine 2005 ; Meunier *et al.* 2006, 2008-a et b ; Ky Dembélé *et al.* 2008 et 2010). La réinstallation en terre d'une BSR a lieu là où l'agriculteur le souhaite. Pour les espèces dioïques, on choisira les BSR sur un pied femelle car ainsi l'entrée en production fruitière sera plus précoce (Beyl 2008). Ceci n'est pas valable pour l'arganier, espèce monoïque. Nsibi *et al.* (2003) et Ky Dembélé *et al.* (2010) démontrent l'existence d'une polarité. Pour Beyl (2008), les pousses aériennes se forment à l'extrémité proximale et les racines adventives à l'extrémité distale.

- En Tunisie, des BSR ont été prélevés sur des racines superficielles des chênes-lièges d'âges différents (1, 10, 20, 50 et 100 ans), sélectionnés dans la suberaie de Tabarka. Ces essais ont eu lieu à deux périodes de l'année (décembre et juin). En hiver, les BSR sont placées sous une serre non chauffée et arrosées deux fois par semaine et en été, sous une ombrière et arrosées trois fois par semaine. Les racines sont fragmentées en segments de 30 cm de longueur et de 0,5 à 2 cm de diamètre. Les BSR ont été préalablement désinfectées, puis traitées avec une solution hormonale et positionnées horizontalement sous 5 cm de substrat. Divers substrats ont été comparés.



L'analyse de la variance a mis en évidence des effets très hautement significatifs pour l'ensemble des facteurs étudiés (Nsibi *et al.* 2003). Ces BSR ont émis des pousses aériennes (que les auteurs appellent « drageons ») et des racines adventives.

En ce qui concerne la saison, les BSR prélevées en juin et développant un ou plusieurs « drageons » durant l'été supplantent, en nombre de « drageons » par BSR et en taux de réussite, les BSR récoltées en décembre et se développant en hiver. Concernant le substrat, les taux de réussite sont toujours meilleurs avec la perlite par rapport à la tourbe, été comme hiver. De plus, la tourbe produit un nombre de « drageons » toujours plus faible (2) par rapport à la perlite (6). Les BSR provenant de jeunes plants ont toujours plus de « drageons » et un taux plus élevé que les BSR prélevées sur des arbres-mères de 100 ans. Le BgeSR a stimulé l'expression de bourgeons adventifs donnant des pousses feuillées. La réactivité des BSR issues des pieds-mères plus jeunes est plus rapide. Le taux le plus élevé (87%) est obtenu chez les BSR prélevées sur des individus âgés d'un an. Chez les jeunes individus de 1 à 5 ans, ces pousses apparaissent après deux mois de culture, tandis que chez les individus âgés de 50 à 100 ans, elles n'apparaissent qu'après quatre mois de mise en culture. Le traitement hormonal favorise le développement de nombreux « drageons » par BSR. Il améliore aussi le taux de réussite, ainsi que le nombre de pousses feuillées par BSR (jusqu'à 10 « drageons » par BSR). De même, chez les individus les plus âgés, le taux de réussite est nettement amélioré par rapport aux BSR sans hormone.



**Photo 3. BSR de chêne-liège, avec racines néoformées et axe aérien (Photo Nsibi).**

Nsibi *et al.* (2003) concluent que le BgeSR du chêne-liège est fortement influencé par l'âge, le substrat de culture, l'activité physiologique saisonnière des pieds-mères et le traitement hormonal. Le BgeSR constitue l'outil actuel le mieux adapté pour propager les sujets âgés présentant des qualités phénotypiques et génotypiques avantageuses. Il a permis de produire par multiplication végétative des copies, en parfait état, de pieds-mères vieillissants, sélectionnés d'après leur phénotype performant. Une BSR peut fournir jusqu'à 10 plants enracinés que l'on peut aisément isoler. Cette technique permet d'induire un rajeunissement important et une vigueur accrue des plants, capable de produire des « explants » apparemment rejeunilés, qui pourraient ensuite être multipliés à grande échelle.

- Au Burkina Faso, *Detarium microcarpum*, comme toutes les espèces drageonnantes, peut être reproduite par BSR. Ky Dembélé *et al.* (2010) ont récolté des BSR fin mars 2009 (après 6 mois de saison sèche), en mai et en octobre, sur des arbres adultes. Les extrémités distales sont coupées en oblique et les bouts proximaux perpendiculairement à l'axe pour respecter la polarité en serre, puis plongées dans un fongicide pendant 10 minutes et ensuite mises en place dans un substrat stérilisé. Cinq expériences ont été conduites analysant successivement, sur un très grand nombre de BSR et suivant un dispositif statistique adéquat, l'effet de la longueur et des diamètres, l'effet de la polarité et de la profondeur lors de leur installation dans le substrat, l'effet du positionnement initial sur la racine-mère, l'effet de la position horizontale ou verticale et l'évolution du système racinaire après plantation des BSR. Les conclusions à ce stade sont les suivantes :





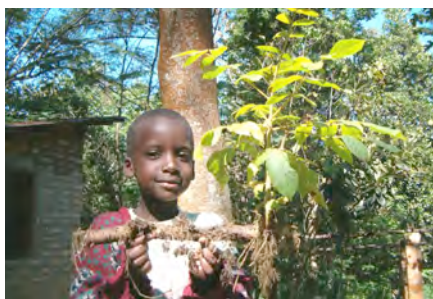
- les BSR de 20 cm et 15-60 mm de diamètre, prélevées sur des racines latérales d'arbres adultes constituent une voie aisée et peu coûteuse de multiplication végétative ;

- en fonction de ces essais encore partiels, la meilleure saison de récolte des BSR au Burkina se situe en mars (26%), puis octobre (12%) et mai (7%) et l'enracinement de cette espèce demande au moins deux mois, mais ceci aussi est à confirmer en fonction des saisons ;

- les BSR récoltées près de la base du tronc montrent la meilleure efficacité, ce qui peut être dû à la fois à la proximité des réserves en glucides localisées dans la souche et au diamètre plus important des zones proximales des racines ;

- en serre, durant la période de néoformation de racines, la position verticale de la BSR serait à préconiser, car la majorité des jeunes pousses se forment dans sa zone proximale.

- en Ouganda en 2005, 2 espèces sur 6 se bouturaient bien par BSR et 4 restaient réfractaires (Meunier *et al.* 2006). Parmi les 30 testées en 2006 et 2007, 9 sur 20 (car le BgeSR n'a pas été essayé sur 10 espèces) peuvent être multipliées par MA (Meunier *et al.* 2008-a et b).



**Photo 4. La petite fille tient en main une BSR de *Spatodea campanulata* (Photo Meunier).**

## Greffage

Nous ne reprendrons ici qu'un résumé des résultats obtenus par greffage qui a été déjà traité dans une autre communication (Bellefontaine *et al.* 2012-b). Le but de ces essais était d'observer les réponses des divers types de greffes effectuées à différentes saisons au Centre de Recherche Forestière de Marrakech. La condition primordiale de réussite du greffage est d'effectuer les récoltes de greffons quand l'arbre (l'ortet) est physiologiquement en repos végétatif, alors que le porte-greffe lui doit être «en sève» c'est-à-dire en plus forte activité physiologique que le greffon. Nos résultats concernent principalement le greffage en fente terminale en tête (mais il y a eu aussi des greffes en écusson en octobre 2009, car l'écorce se décollait sans difficulté). Comme porte-greffes, on a utilisé des plants âgés de 2 à 4 ans, conservés au CRRF en sac de polyéthylène avec fond (racines en chignon), ce qui n'est sans doute pas le meilleur choix. Au cours des 2 premiers essais, la moitié des plants greffés a été placée sous *mist* sous ambiance ouverte (*open*), l'autre sous *mist* et confinement. Les missions d'appuis du CIRAD n'ont pas toujours pu se caler sur les périodes optimales pour le greffage, si bien que des greffons ont également été prélevés durant diverses saisons, notamment lorsque les ortets n'étaient plus tout-à-fait en repos végétatif. Les greffons étaient parfois très hétérogènes sur le plan de l'activité physiologique. Au total, de mai 2008 à octobre 2009, ce sont 919 greffons des 14 têtes de clone qui ont été greffés dans la pépinière du CRRF. Le greffage sous *mist* à l'air libre (ambiance *open*) a été un échec.



Le taux de réussite sous confinement et *mist* apparaît globalement très faible, au vu des nombreuses greffes effectuées (de 20 à 25 greffes pour chaque essai et pour chaque génotype) à différentes périodes de l'année. Les conditions climatiques de Marrakech sont plus rigoureuses que celles de la zone naturelle de l'arganier, induisant un net décalage physiologique entre les greffons et les porte-greffes, ce qui pourrait expliquer les échecs, dus aussi à l'hétérogénéité des porte-greffes disponibles. Les essais de fin juillet 2008 (repos végétatif) semblent avoir mieux réussi que ceux de fin mai 2008 qui ont souffert du décalage physiologique et des fortes températures.



**Photo 5. Greffe réussie (en fente terminale) de la tête de clone n° 4 (Photo Bellefontaine).**

Une dizaine de greffes d'octobre 2008 (greffons en sève !) ont réussi après 4 mois sous *mist*. Entre décembre et avril, il est très difficile d'obtenir de fort taux de réussite à Marrakech, car les porte-greffes ne sont pas suffisamment réactifs par rapport aux greffons et de mars à juillet, les arganiers sont en fleurs et/ou en fruits. On peut provisoirement retenir de tous ces essais que sous *mist* à Marrakech, les mois de juillet, mai (peut-être ?), septembre-octobre (notamment pour les greffes en écusson) semblent un peu plus favorables. Le taux de réussite du greffage en région côtière (Agadir) est certainement beaucoup plus élevé. Il convient encore de tester les divers modes de greffage sur un grand nombre de clones et avec de nombreuses répétitions, à différentes saisons pour déterminer la meilleure période.

## Conclusions

On ne peut pas utiliser le BgeSR comme technique de multiplication végétative à grande échelle, en routine commerciale forestière. La BSR est intéressante dès qu'on a affaire à un problème de mobilisation délicate (absence de graines, échec des autres techniques, matériel âgé ou en mauvais état physiologique). C'est un moyen de rejeunissement de têtes de clone, de conservation d'espèces et de mobilisation d'arbres adultes âgés. Pour les espèces dioïques, il est conseillé de prélever des BSR sur des arbres femelles. Cette technique a cependant des inconvénients : un enracinement adventif souvent peu développé, et donc un risque de chablis ultérieur, sans oublier un risque de chancre par voie racinaire (notamment pour les peupliers).

Le BgeSR et l'induction du drageonnage testé dans de nombreux pays ont montré leur utilité pour assurer la conservation et la reproduction d'essences prisées par les populations locales. La multiplication végétative de très vieux arganiers par induction de drageons et BSR mériterait d'être étudiée, car elle pourrait permettre de multiplier à faible coût des génotypes remarquables d'arganiers pour les introduire dans un parc à clones de 200-300 arganiers. Pour les essais de BSR, la question de la polarité devra être étudiée. Enfin si les drageons d'arganiers sont généralement situés près de la souche et donc réputés très réactifs en matière de bouturage, rappelons qu'une analyse génétique devrait être réalisée pour préciser s'il s'agit de semis ou de drageons ayant le même patrimoine génétique que l'arbre-mère qui les domine. Dans ce dernier cas, il conviendrait de les protéger efficacement contre l'abrutissement des chèvres et moutons.



## Références bibliographiques

- \* **Achour A., Defaa C., Yigouti A., Bouiche L., Hossayni A., Bellefontaine R.** Eléments techniques pour réussir une plantation d'arganiers. Cas de Tifaddine. *Rev. for. franç.* 2012 (soumis et accepté).
- \* **Ait Aabd N.** Développement du gamétophyte mâle et femelle chez *Argania spinosa* (L.) Skeels. Agadir, Univ. Ibn Zohr, DESA, 2007, 31 p.
- \* **Belem B., Boussim J.I., Bellefontaine R., Guinko S.** Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* Pelegr. et Vuillet par blessures de racines au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 2008, 295, 1, 71-79.
- \* **Bellefontaine R.** Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie. *Sécheresse* 2005, 16, 4, 315-317 et *Sécheresse électr.* 3<sup>e</sup> (60 p) [http://www.secheresse.info/article.php3?id\\_article=2344](http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344)
- \* **Bellefontaine R.** De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse* 2010, 21, 1, 42-53.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuis O.** Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc: le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, 304, 2, 47-59.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El Mercht S.** Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Synthèse des trois années du Projet J. Goelet de clonage d'arganiers. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012-a.
- \* **Bellefontaine R., Pioch D., Palu S.** Compte-rendu du 1<sup>er</sup> Congrès international sur l'arganier, Agadir, 15-17 décembre 2011. Un nouveau départ pour la recherche relative à l'arganier. *Sécheresse*, 2012-b, 23, 1, 3-6.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Mokhtari M., Bouiche L., Saibi L., Kenny L., Alifriqui M., Meunier Q.** Mobilisation *ex situ* de vieux arganiers par marcottage aérien. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès Intl sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012-c.
- \* **Benlahbil S.** Pollinisation naturelle et artificielle de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Univ Ibn Zohr, Agadir, Thèse Fac. Sc., 2003, 157 p.
- \* **Beyl C.A.** Adventitious shoot and root formation on leaf and root cuttings, pp. 233-244. In : *Beyl and Trigiano (ed), Plant propagation – Concepts and laboratory exercises*. CRC Press, 2008, 462 p.
- \* **Bouzoubâa Z.** Etude la variabilité et du comportement de la tolérance aux stress abiotiques chez *Argania spinosa* L. Skeels. Thèse, Univ. Ibn Zohr, Fac. Sc., Agadir, 2006, 129 p. + ann.
- \* **Defaa C., Achour A., Hossayni A., Bellefontaine R., El Mousadik A., Msanda F.** Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre exceptionnellement réussi de régénération d'arganier. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012.
- \* **El Alaoui N.** Paysages, usages et voyages d'*Argania spinosa* (L.) Skeels (XI-XX siècles). *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, 1999, 41, 2, 45-79.
- \* **El Mousadik A.** Organisation de la diversité génétique de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Apport des marqueurs nucléaires et cytoplasmiques. Thèse Doctorat d'Etat Es Sciences. Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1997, 112 p.
- \* **Kaaya M.** Contribution à la domestication de l'arganier : sélection et multiplication. Thèse Fac. Sc., Univ. Ibn Zohr, Agadir, 1998, 175 p.
- \* **Kenny L.** Atlas de l'arganier et de l'arganeraie. Agadir : Institut Agronomique et Vétérinaire, 2007, 194 p.
- \* **Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J., Ouedraogo S.J., Odén P.C.** Comparison between clonal and sexual plantlets of *Detarium microcarpum* Guill.& Perr., a savanna-tree species in Burkina Faso. *Afr. J. Ecol.*, 2008, 46, 602-611.



- \* **Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J., Savadogo P., Boussim I.J., Oden P.C.** Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. *Silva Fennica*, 2010, 44, 5, 775-87.
- \* **Meunier Q.** *Soutien technique aux tradipraticiens pour la multiplication végétative d'espèces médicinales prioritaires dans le Sud-Ouest de l'Ouganda.* Univ. Paris XII, 2005, DESS Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales, 59 p. + annexes.
- \* **Meunier Q., Bellefontaine R., Boffa JM, Bitahwa N.** *Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities.* Kampala (Ouganda) et Montpellier (France), Ed. Angel Agencies et CIRAD (Montpellier), 2006, 67 p.
- \* **Meunier Q., Arbonnier M., Morin A. (et Bellefontaine R.)** *Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda: utilisation and propagation potential.* GraphiConsult Ltd, Kampala, Cirad Montpellier, 2008-a, 106 p.
- \* **Meunier Q., Bellefontaine R., Monteuis O.** La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois et forêts des tropiques*, 2008-b, 295, 2, 71-82.
- \* **M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M., Bendaanoun M.** *L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples.* Sprimont (Belgique) : Mardaga, 1998, 280 p.
- \* **Msanda F.** *Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas occidental, Maroc) et contribution à la diversité génétique de l'arganier.* Doctorat Université Joseph Fourier, Grenoble, 1993, 116 p.
- \* **Nouaim R.** *L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités.* Paris, L'Harmattan, 2005, 239 p.
- \* **Noubissie-Tchiagam J.B., Ndzie J.P., Bellefontaine R., Mapongmetsem P.M.** Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au nord du Cameroun. *Fruits*, 2011, 66, 1-16.
- \* **Nsibi R., Souayah N., Khouja M.L., Khaldi A., Rejeb M.N., Bouzid S.** Le drageonnement expérimental du chêne liège (*Quercus suber* L., *Fagaceae*). Effets de l'âge et des conditions de culture. *Geo-Eco-Trop*, 2003, 27, 1-2 : 29-32.
- \* **Read P.E.** Propagation of Sumac by root cuttings, pp. 253-257. In : Beyl and Trigiano (éd.) *Plant propagation – Concepts and laboratory exercises.* CRC Press, 2008, 462 p.
- \* **Ruchala S.L.** Propagation of several native ornamental plants. Thesis, The University of Maine, 2002, 115 p.
- \* **Simenel R.** L'origine est aux frontières : espace, histoire et société dans une terre d'exil du Sud Marocain. Doctorat d'ethnologie, Thèse Université Paris X Nanterre, 2007, 400 p.
- \* **Vieira D.L.M., Scariot A.** Principles of natural regeneration of tropical dry-forest for restoration. *Restoration Ecology*, 2006, 14, 1, 11-20.

## Remerciements

Le projet "Clonage d'arganiers âgés" n'a pu être réalisé qu'avec le financement désintéressé de **M. John GOELET** que nous remercions chaleureusement.



# Le fruit de l'arganier est-il une drupe ou une baie ?

**Bellefontaine R.<sup>1</sup>, Bouzoubâa Z.<sup>2</sup>, Mathez J.<sup>3</sup>**

1 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, [ronald.bellefontaine@cirad.fr](mailto:ronald.bellefontaine@cirad.fr)

2 - INRA-Agadir, Maroc.

3 - Professeur retraité, Université de Montpellier 2, France.

## Résumé

Les drupes et les baies sont des fruits charnus. Le péricarpe se compose successivement de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'endocarpe. Une baie est un fruit charnu contenant une ou plusieurs graines, mais dont le péricarpe, à la différence de celui de la drupe, ne comporte pas d'endocarpe sclérifié en noyau. En général, leurs graines sont appelées pépins pour une baie et amandes pour une drupe. Il semble donc facile de distinguer de prime abord une drupe (à noyau) d'une baie (à pépins et sans noyau). Le fruit de l'arganier est très particulier : ce ne serait pas une drupe. L'hypothèse émise est qu'à l'intérieur de la pulpe charnue, on trouve un « noyau » très dur avec en général 2 à 3, parfois 4 (voire 5) cavités contenant des « amandes ». Les graines, qui se soudent entre elles, possèdent un tégument qui s'indure très fortement et de façon totalement inhabituelle, simulant un « noyau ». Le bricolage évolutif de la nature est capable d'exploiter des matériaux différents pour parvenir au même résultat fonctionnel. C'est de la convergence. C'est pour en apporter la preuve indiscutable que les auteurs ont fait réaliser des prélèvements de boutons floraux, de fleurs épanouies et ensuite de jeunes fruits fécondés de diamètres croissants, ainsi que des fruits mûrs, sur le même arganier pendant 7 semaines consécutives. Ce mémoire permettrait d'essayer de mettre en évidence l'homologie réelle de ce « noyau » par l'étude de son ontogénèse lors de sa croissance, à l'aide de coupes anatomiques avec un microtome moderne. Ces boutons floraux et jeunes fruits attendent à l'INRA-Agadir un étudiant qui serait encadré par un professeur spécialiste de l'arganier.

**Mots-clés :** *Argania spinosa* ; drupe ; baie ; homologie ; ontogénèse.

## Summary

The drupes and the berries are fleshy fruits. The pericarp is composed successively of the epicarp, the mesocarp and the endocarp. A berry a fleshy fruit containing one or more seeds, but whose pericarp, unlike that of the drupe, does not comprise a scarified endocarp in core. In general, their seeds are called pips for a berry and almonds for a drupe. It thus seems easy first of all to distinguish a drupe (with core) from a berry (with pips and without core). The fruit of the argan is very particular: it would not be a drupe. Our hypothesis is that inside fleshy pulp, one finds a "core" very hard with in general 2 to 3, sometimes 4 (even 5) cavities containing "almonds". The seeds, which are welded between them, have a tegument which becomes very strongly indurate and in a completely unusual way, simulating a "core". Evolutionary do-it-yourself of nature is able to exploit different materials to arrive at the same functional result. It is convergence. It is to bring of it the indisputable proof that the authors made realize the harvest of floral buttons, opened flowers and then of young fertilized fruits of increasing diameters, as well as ripe fruits, on the same argan tree during 7 weeks consecutive. This master would make it possible to highlight the real homology of this "core" by the study of its ontogenesis at the time of its growth, using anatomical cuts with a modern microtome. These floral buttons and young fruits expect INRA-Agadir a student who would be framed by a professor specialist in the argan tree.

**Keywords:** *Argania spinosa*; drupe; berry; homology; ontogenesis.



## Introduction

Pour de nombreux auteurs, le fruit de l'arganier est une drupe (Perrot 1907 ; M'Hirit *et al.* 1998 ; Bani-Aameur et Alouani 1999 ; Bani-Aameur 2001 ; Ait Aabd 2007 ; *etc.*). Perrot signale dans l'introduction que les fruits des *Sapotaceae* sont généralement des baies, mais dans le chapitre consacré à l'arganier, il stipule qu'il s'agit d'une drupe : « *C'est une drupe d'ordinaire monosperme, ovale, glabre, obtuse, quelque fois un peu aiguë ; elle renferme une ou plusieurs graines ovales dont la coque épaisse, dure et très lisse, d'un brun pâle, contient une amande oblongue de couleur blanche* ».

A première vue, il s'agit donc d'une drupe, à l'instar de fruits tels que l'olive, la cerise, l'abricot, la pêche, la mangue, la noix de coco, *etc.* Mais certains auteurs semblent en douter. Pour Nerd *et al.* (1998), c'est tantôt un fruit « ressemblant à une drupe » (p. 161 et p. 166), tantôt une drupe (p. 165). Pour Rammal *et al.* (2009), le fruit est une « fausse drupe ».

Pour d'autres chercheurs, le fruit de l'arganier est une baie (Rieuf 1962 ; Nouaim *et al.* 1991 ; Nouaim et Chaussot 1992 ; Loufti 1994 ; Benabid 2000 ; Sahki 2004 ; Alifriqui 2004 ; Benkheira 2009 ; *etc.*). Nouaim *et al.* (1991) considèrent que « *le fruit est une baie à 2 ou 3 graines soudées (photo 1) en un « faux noyau » (fausse drupe) à tégument lignifié très épais contenant l'albumen et la plantule* ». Pour Kenny (2007), c'est une baie (chapitre II - La biologie, page 49 : « *il s'agit d'une baie composée d'un ou plusieurs amendons séparés par un cartilage ligneux, un mésocarpe et un épicarpe* »), mais à la page 50 de ce même chapitre, Kenny dit « *L'infestation des fruits est visible par une petite tache qui entoure le point de piqûre et qui s'agrandit jusqu'à la détérioration totale de la drupe entraînant sa chute ...* ».



Photo 1. De gauche à droite : pièce de 2 € ; fruit sec ; « noyau+amande » ; « noyaux » à 2, 3 ou 4 loges (Ph<sup>o</sup> Bellefontaine).

Les organes qui constituent ces deux types de fruits charnus portent des noms bien précis, variables selon qu'il s'agisse d'une baie ou d'une drupe. Dans ce contexte, une certaine prudence est de mise lorsque l'on emploie les termes suivants :

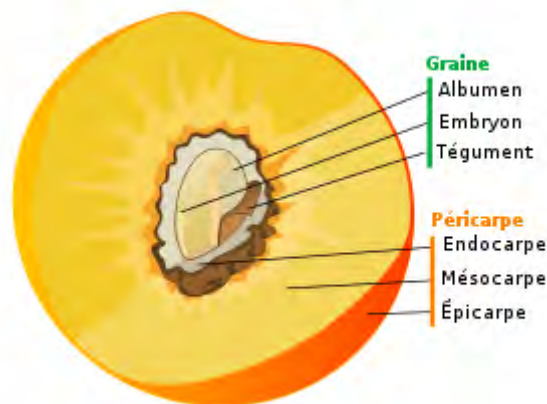
- Pulpe : tissu riche en sucs, souvent sucrés, qui constitue la plus grande partie du péricarpe des fruits charnus.
- Péricarpe : paroi du fruit mûr (issu de la paroi de l'ovaire) divisée généralement en trois couches : l'épicarpe (externe), le mésocarpe (intermédiaire) et l'endocarpe (interne).
- Epicarpe : partie la plus externe du péricarpe du fruit, très souvent extrêmement mince, appelée communément « peau » du fruit.
- Exocarpe : synonyme de l'épicarpe.



- Mésocarpe : couche moyenne (entre l'épicarpe et l'endocarpe) du péricarpe des fruits. Il est très développé chez les fruits charnus (Ex. : baies, drupes).
- Sarcocarpe : synonyme de mésocarpe.
- Endocarpe : partie interne de l'enveloppe du fruit, la plus proche de la graine. C'est cette partie qui constitue le noyau des drupes. Dans le cas d'une hespéride, il représente la partie charnue du fruit.
- Hespéride : baie à endocarpe divisé en loges. Ex : Agrumes (l'endocarpe est succulent ; c'est donc un type de baie caractérisée par le développement considérable des poils de l'endocarpe qui deviennent pulpeux. Le mésocarpe et l'épicarpe forment une écorce coriace).
- Noyau : enveloppe (endocarpe) ligneuse de l'amande d'une drupe. Ex : noyau des cerises, des prunes. Dans le cas particulier de la datte qui est une baie, il s'agit d'une graine dure très riche en hémicellulose et non d'un noyau.
- Amande : 1°/ graine contenue dans un noyau, parfois comestible, qui contient une importante réserve alimentaire permettant à l'embryon de se développer. Ex : graine des drupes du pêcher. 2°/ fruit de l'amandier (*Prunus amygdalus*).
- Baie : Fruit indéhiscent avec épicarpe et endocarpe **membraneux**, mésocarpe charnu, sans noyau ; la pulpe entièrement molle, renferme un (a) ou généralement un nombre variable de **pépins** ou graines (b). Souvent comestible. Exemples : groseille, tomate, raisin, etc.

(a) : il s'agit d'une baie monosperme ou (b) d'une baie polysperme.

- Drupe : fruit indéhiscent dont l'épicarpe est membraneux, le mésocarpe charnu et pulpeux tandis que l'endocarpe sclérifié constitue le noyau. Le contenu de ce dernier porte le nom d'**amande** (graine). Exemples : abricot, cerise, pêche, olive. Les drupes composées sont des polydrupes (exemple de fruit multiple : la framboise).



Origine : <http://fr.wikipedia.org/wiki/drupe>

- Une drupe est un fruit charnu **à noyau**. Il est issu d'un pistil à carpelle unique, du type « infère » non adhérent (dans le cas de fleurs à plusieurs carpelles libres, on obtient un fruit composé ou polydrupe, tel la mûre). Il est en général indéhiscent (bien que la déhiscence ne soit pas nécessaire dans le cas d'un fruit charnu dont la chair se décompose rapidement, libérant le noyau).



**La drupe est caractérisée par un péricarpe** composé d'une partie charnue (le sarcocarpe) et d'une partie scléifiée, donc dure (le scléocarpe). La première constitue la chair, partie comestible de ces fruits, mais pas toujours. La seconde, dérivant de l'endocarpe (l'épiderme interne du carpelle) qui devient scléreux ou cartilagineux, forme la paroi du noyau contenant la graine. Dans certains cas, la partie comestible est la graine (noix, **amande**).

- Pour d'autres, une baie est un type de fruit charnu, en général indéhiscent et contenant une ou plusieurs graines, **les pépins**. Le péricarpe de la baie est composé, de l'extérieur vers l'intérieur, par un épicarpe très fin, un mésocarpe charnu et d'un **endocarpe *charnu***, ce qui la différencie de la drupe chez laquelle l'endocarpe est **scléifié**. Comme exemples de baies à une seule graine (monocarpique), on peut citer : la datte, l'avocat (la datte et l'avocat sont bien des baies, car leur péricarpe est entièrement charnu ; le «noyau» est en fait un pépin, très dur dans ces cas), le poivre, la noix de coco,... et comme baies à plusieurs graines : le raisin, la tomate, l'orange, la myrtille, *etc.* . La datte est une baie malgré sa ressemblance avec l'olive.

## La floraison

Le mode de reproduction de l'arganier est largement *allogame* (Msanda 1993 ; Kaaya 1998 ; Nouaim *et al.* 2002 ; Benlahbil 2003). L'arganier est une espèce *monoïque* (Msanda 1993 ; Bani-Aameur 2001 ; Kenny 2007 ; Ait Aabd 2007). Les fleurs sont *hermaphrodites* (Perrot 1907 ; Msanda 1993 ; Bani-Aameur 2002-a ; Kenny 2007 ; Ait Aabd 2007), groupées en glomérules ou seules. Chaque glomérule peut contenir jusqu'à 15 fleurs (Bani-Aameur 2001 ; Ait Aabd 2007). Pour Nerd *et al.* (1998), les fleurs sont *protogynes*. Pour d'autres, l'émission des grains de pollen a lieu bien avant l'épanouissement des structures femelles (*protandrie*), ce qui rend l'auto-pollinisation presque impossible (Benlahbil 2003 ; Kenny 2007). Les fleurs sont minuscules (2 à 4 mm) et apparaissent en général à la base des feuilles ou sur les nœuds des branches matures (Perrot 1907 ; Bani Aameur 2002-b ; Ait Aabd 2007) en position axillaire sur les rameaux (de l'année ou des années précédentes). Une température optimale de 20°C influence l'initiation de la floraison et son abondance. L'alternance de périodes courtes chaudes et fraîches se répercute sur la floraison et la nouaison et sur la production (M'hirit *et al.* 1998).

Ces fleurs (photo 2) évoluent en six phases phénologiques (Benlahbil 2003). Le pollen est libéré dès le stade 1 « bouton floral » (protandrie) et la réceptivité stigmatique est optimale au stade 3 « fleur épanouie » (Benlahbil 2003). Le stade 2 « bouton floral avec style apparent » évolue en fleur épanouie en un à trois jours et la durée de vie d'une fleur une fois épanouie est d'au moins deux jours (Ait Aabd 2007) ; elle peut osciller entre trois et cinq jours selon le génotype et la maturité complète des fleurs est atteinte en 17 jours (Benlahbil 2003). Notons que Bani-Aameur (2001) ne propose plus que trois stades en 2001 : bouton floral (BF de 1 à 2 mm), BF avec style apparent (BFS de 2 à 15 mm), fleur épanouie (FE 3 à 15 mm).







**Photo 2. Boutons floraux, fleurs ouvertes, fleurs fécondées (Ph° Bellefontaine).**

« Le développement des grains de pollen commence à partir de la phase 'bouton floral' jusqu'à la phase phénologique 'fleur épanouie'. La maturation s'achève par la production de grains de pollens matures renfermant trois cellules, dont une végétative et deux spermatiques » ... « L'appareil reproducteur femelle est constitué par un gynécée super avec un style conique, terminé par un stigmate. Le gynécée est formé de 2 à 5 carpelles soudés et uniovulés. Le gynécée à 5 carpelles est très rare. Les ovules sont minuscules et localisés sur la colonne centrale du gynécée. La placentation est de type axile. ... L'ovule a une position anatrope et est bitégumenté » (Ait Aabd 2007).

## La pollinisation

Elle est anémophile à 80% et entomophile à 20% (Thierry 1987, *in* M'Hirit *et al.* 1998). La pollinisation anémophile peut aussi avoir lieu, mais sur des distances très courtes (Nerd *et al.* 1998), mais pour d'autres, la pollinisation est surtout entomophile, les insectes intervenant pour plus de 60% (Benlahbil et Bani-Aameur 1999 ; Bani-Aameur 2001 ; Ait Aabd 2007). Elles sont pollinisées par des mouches de la famille des *Calliphoridae* (Nerd *et al.* 1998).

La pollinisation croisée et libre (7-9%) donne des résultats supérieurs par rapport à l'auto-fécondation (0,5%) (Nerd *et al.* 1998). « L'autopollinisation et l'allopollinisation contrôlées ont été réalisées pendant trois années consécutives chez plusieurs génotypes. Dans tous les croisements, le nombre moyen de fruits obtenus par autopollinisation est cinq fois moins important que celui d'allopollinisation. Le taux de réussite de pollinisation ne dépasse pas 10% en moyenne dans les meilleurs des cas chez les fleurs auto-pollinisées alors qu'il atteint 78% en moyenne chez les fleurs allo-pollinisées. L'auto-incompatibilité semble partielle chez certains génotypes et complète chez d'autres » (Benlahbil 2003).

Pour réaliser des croisements contrôlés, l'émasculature devient obligatoire dès le stade « bouton floral », pour éviter la contamination par l'autopollinisation. La pollinisation contrôlée de la fleur d'arganier n'est possible que treize jours après son émasculature au stade « bouton floral » (Benlahbil 2003). La fertilité du pollen est variable (40 à 99%) selon les arbres et les années (Belmouden et Bani-Aaameur 1995 ; Benlahbil et Bani-Aameur 1999 ; Bani-Aaameur 2001) et le style de la fleur est plus réceptif au stade de la fleur épanouie (Benlahbil et Bani-Aameur 1999 ; Bani-Aameur 2001). Le printemps est la principale saison d'émission du pollen avec des températures de 25°C et une humidité relative de l'air supérieure à 40% en moyenne (Kenny 2007).



## La fructification

L'arganier peut commencer à fructifier dès l'âge de cinq ans (Boudy 1950 ; M'Hirit *et al.* 1998). Ils ont à ce moment 2,1 à 3,5 m de hauteur (Boudy 1950). Les fruits sont mûrs en général entre juin et août en fonction des lieux et des conditions environnementales. Mais de très nombreux auteurs ont remarqué que la fructification peut s'échelonner sur toute l'année ou être « remontante » (Kenny 2007).

La floraison est maximale de mars à fin mai, mais des fleurs peuvent apparaître à n'importe quelle saison avec une pointe en hiver (près de la côte) et au printemps. Cette dernière saison est la période la plus favorable (Boudy 1950 ; M'Hirit *et al.* 1998 ; Kenny 2007). Les jeunes fruits issus de cette floraison restent incomplètement développés jusqu'aux premières pluies de l'automne suivant. En octobre, de petits fruits préexistants commencent à grossir (M'Hirit *et al.* 1998). Selon la date de floraison, en général le grossissement est intense entre janvier et mars pendant de 30 à 90 jours (en fonction du sol, du climat, du génotype). Mais il peut se produire de l'automne jusqu'en été. « *En juin, il y a arrêt de la croissance des rameaux, les fleurs ont disparu et les gros fruits commencent à jaunir. En juillet, la maturation des fruits est presque totale. Ils proviennent des fleurs de l'année précédente et de quelques unes de celles apparues au moment de la feuillaison. La défeuillaison commence en général en août. Par rapport à cette norme, il est possible de distinguer des individus à maturation plus ou moins précoce ou tardive* » (M'Hirit *et al.* 1998). Les fleurs d'été et *a fortiori* celles d'automne arrivent rarement à nouer, notamment en altitude. Mais dans certaines situations, la nouaison se produit et des fruits précoces peuvent apparaître avant les fruits de l'année. Les arganiers précoces commencent à fleurir d'octobre à novembre, les tardifs entre février et mars et les intermédiaires pendant la saison des pluies de novembre à février (Ait Aabd 2007).

Avec des arbres précoces et sous conditions favorables, le cycle floraison-fructification peut être accompli en l'espace de cent soixante-dix jours, soit 5½ mois comme l'a observé Benlahbil (2003) pendant la campagne 1994-1995 sur des arbres de la région d'Ait Baha. Ce cycle peut cependant s'étendre à 434 jours (soit environ 14,5 mois) dans d'autres régions (Kenny 2007). Pour Benismail et Benzaki (1998), il s'écoule 14 mois entre la floraison (fin avril) et la dispersion (fin juin).

Des observations durant trois années successives (1994-1997) dans trois localités (Argana au nord-est d'Agadir, Ait Melloul à l'est, Ait Baha au sud-est, distantes d'environ 80 km à vol d'oiseau) ont permis de conclure que « *quelque soit l'année, il y a toujours des arbres en fleurs dans chacune des trois localités* » (Benlahbil 2003). En fonction de leur environnement et de leur génotype, on peut trouver des arganiers précoces, qui peuvent dans certains cas fleurir en octobre-décembre, et des tardifs, qui fleurissent en avril-juin (Benlahbil 2003).

Les rameaux de plus de deux ans sont les seuls à porter des fruits à maturité (Bani-Aameur 2001). « *Au cours d'une année donnée, tous les arbres ne fructifient pas. Certains produisent des fruits tous les ans, d'autres une année sur deux et d'autres sur une période de plus de trois ans. Le cycle de floraison-fructification s'étale sur une période de 9 à 16 mois selon les arbres. Certains arbres portent des fruits noués une fois par campagne en mars pour les arbres précoces ou en juin pour les tardifs, alors que d'autres sont capables de fleurir deux fois et donc de produire des fruits précoces et des fruits tardifs sur le même pied. Chez les arbres précoces, la maturation des fruits issus de fleurs fécondées en automne de l'année précédente a lieu au mois de mai. Chez les arbres tardifs, la maturation des fruits issus des fleurs fécondées au printemps de l'année précédente a lieu au mois d'août. Tandis que chez les arbres intermédiaires, les fruits sont de tailles très variables, leur maturation étant étalée entre le printemps et l'été* » (Bani-Aameur 2001).



Une quantité très importante de jeunes fruits imparfaitement formés tombent avant leur maturité: 11% des fleurs vont donner finalement des fruits (Bénismail et Benzaki 1998). Trois phases de chutes de fruits non complètement formés ont été remarquées :

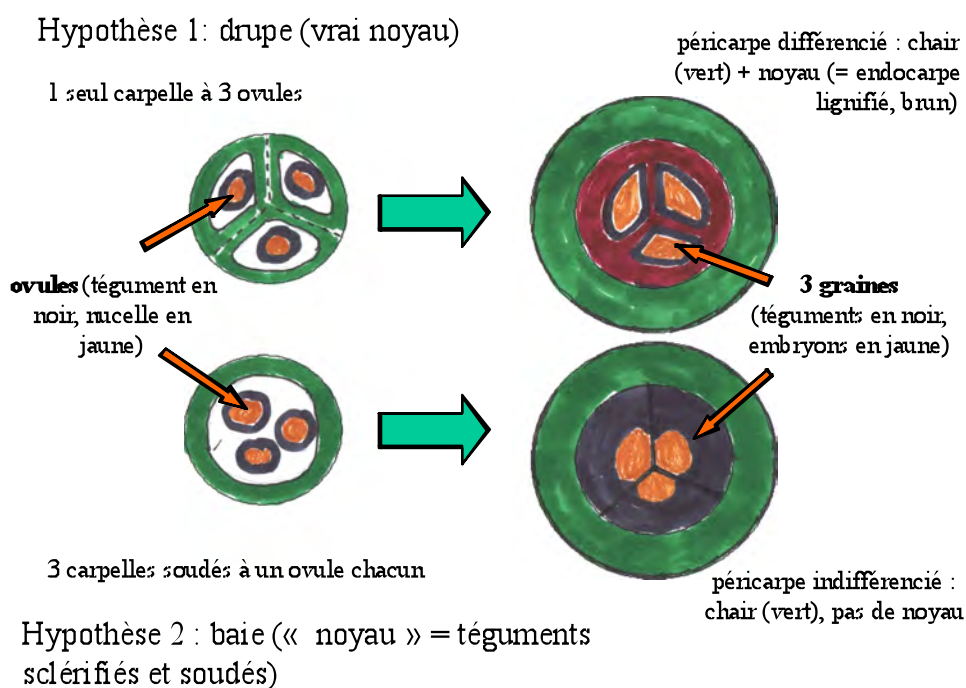
- 57% juste après la nouaison (diamètre du fruit < 3,5 mm) ;
- une phase de cinq mois où le taux de chute passe de 10 à 1% ( $5,2 < d < 16$  mm) ;
- 2 à 4% par mois quand le fruit ne grossit plus ( $d = 17$  mm en moyenne).

Divers facteurs peuvent en être responsables après la nouaison et avant maturité complète : vents desséchants comme le chergui, action mécanique des pluies, parasites, reprise vigoureuse de la croissance des rameaux, *etc.* (Bénismail et Benzaki 1998).

## Conclusions

L'arganier est une espèce qui a été déjà abondamment étudiée, mais il reste des points non élucidés, surtout si l'on tient compte de son aire naturelle d'extension qui va du niveau de la mer à 1500 mètres d'altitude sur certains versants. Il est normal que les informations reprises dans les chapitres précédents ne concordent pas toujours. Le fruit de l'arganier est très particulier. Le terme « amandon » (et pire encore « amendon ») devrait être supprimé de toutes publications. Pour la graine d'une drupe, on utilise le mot « amande ». Mais si le fruit de l'arganier est une baie, faudrait-il alors parler de « faux pépins » ou tout simplement de pépins ?

L'hypothèse n°2 émise ici (figure n°2) est que le fruit de l'arganier serait une baie et non une drupe. On trouve sous la pulpe charnue un « noyau » dur avec 2 à 3 (voire 4 ou 5) cavités contenant des « fausses amandes ». Mais en fait les graines, qui par ailleurs se soudent entre elles, possèdent un tégument qui s'indure très fortement et de façon totalement inhabituelle, simulant un noyau.



Le bricolage évolutif de la nature est capable d'exploiter des matériaux différents pour parvenir au même résultat fonctionnel. C'est de la convergence.



Pour en apporter la preuve indiscutable, pendant 7 semaines consécutives sur le même arganier ont eu lieu des prélèvements de boutons floraux, de fleurs épanouies (Photo 3), de jeunes fruits fécondés de diamètres croissants et des fruits mûrs (Annexe 1). Ces boutons floraux, fleurs et jeunes fruits ont été remis au Dr. Zakia Bouzoubâa à l'INRA-Agadir. Il ne reste plus qu'à trouver un laboratoire équipé d'un microtome, un étudiant qui serait encadré par un professeur, spécialiste de l'arganier.



**Photo 3. Boutons floraux, fleurs, jeunes fruits de diamètres croissants (Bellefontaine)**

Le fruit de l'arganier est-il une baie ou une drupe ? S'agit-il d'un fruit simple (se développant à partir d'un seul ovaire pluri carpelle avec carpelles soudés formant plusieurs loges) ou d'un fruit multiple ? Ce sujet de mémoire permettrait de mettre en évidence l'homologie réelle de ce « noyau » par l'étude de son ontogénèse lors de sa croissance, à l'aide de dissections fines ou de coupes anatomiques. Il serait intéressant également de préciser si ces 2 à 4 (5) graines par fruit sont génétiquement différentes.

## Références Bibliographiques

- \* Ait Aabd N. *Développement du gamétophyte mâle et femelle chez Argania spinosa (L.) Skeels*. Agadir, Univ. Ibn Zohr, Diplôme des Études Supérieures Approfondies (DESA), 2007, 31 p.
- \* Alifriqui M. *L'écosystème de l'arganier*. Paris : PNUD - Programme des Nations Unies pour le Développement, 2004.
- \* Bani-Aameur F. Floraison et production de fruits de l'arganier, pp. 171-179. In : Hamon S. (éd.). *Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes. VIIèmes journées scientifiques du réseau AUF « Biotechnologies végétales : amélioration des plantes et sécurité alimentaire », Montpellier, 3-5 juillet 2000*. Paris, IRD Editions, 2001.
- \* Bani-Aameur F. Variation of pollen grain size, fertility and pore number in *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae). *Forest genetics*, 2002-a, 9, 2, 115-118.
- \* Bani-Aameur F. *Argania spinosa* (L.) Skeels flowering phenology. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2002-b, 49, 11-19.



- \* Bani-Aameur F., Alouani M. Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed viability and dormancy. *Ecologia Mediterranea*, 1999, 25, 1, 75-86.
- \* Belmouden S., Bani-Aaameur F. Contribution à l'étude de l'anthèse et à la viabilité du grain de pollen. In : *Actes du Colloque International « la forêt face à la désertification : cas des arganeraies »*. Agadir, Univ. Ibn Zohr, Fac. Sc., 1995, 57-62.
- \* Benabid A. *Flore et écosystèmes du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité*. Ed. Ibis Presse, Paris, 2000, 359 p.
- \* Benismail MC., Benzaki ME. Conditions de production rapide de plants par semis chez l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). In : *Acte du Colloque International sur les Ressources Végétales, Faculté des Sciences d'Agadir*, 1998, 195-201.
- \* Benkheira A. L'arganeraie algérienne. *Bulletin d'information du Projet ALG/00/G35, Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles, Num. spéc.*, 2009, 1-15.
- \* Benlahbil S. *Pollinisation naturelle et artificielle de l'arganier (Argania spinosa (L.) Skeels)*. Univ Ibn Zohr, Agadir, Thèse Fac. Sc., 2003, 157 p.
- \* Benlahbil S., Bani-Aameur F., La pollinisation de l'arganier est surtout entomophile (pp. 119-120). In : Bani-Aameur F. (éd.) *Actes du Colloque International sur les ressources végétales : l'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides, 23-25 avril 1998*. Université Ibn Zohr, Fac. Sc. Agadir, 1999, 1-253.
- \* Boudy P. *Economie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographies et traitements des essences forestières*, fascicule 1. Paris, Larose, 1950.
- \* Kaaya M. *Contribution à la domestication de l'arganier : sélection et multiplication*. Agadir : Thèse Fac Sc, Univ Ibn Zohr, 1998, 175 p.
- \* Kenny L. *Atlas de l'arganier et de l'arganeraie*. Agadir : Institut Agronomique et Vétérinaire, 2007, 194 p.
- \* Loutfi F. *Germination, levée et survie des plantules d'arganier*. Mémoire CEA, Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, 1994, 38 p.
- \* M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M., Bendaanoun M. *L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples*. Sprimont (Belgique) : Mardaga, 1998, 280 p.
- \* Msanda F. *Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas occidental, Maroc) et contribution à la diversité génétique de l'arganier*. Doctorat Université Joseph Fourier, Grenoble, 1993, 116 p.
- \* Nerd A., Irijimovich V., Mizrahi Y. Phenology, breeding system and fruit development of argan (*Argania spinosa*, *Sapotaceae*) cultivated in Israel. *Econ Botany* 1998, 52, 2, 161-167.
- \* Nouaim R. *L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités*. Paris, L'Harmattan, 2005, 239 p.
- \* Nouaim R., Chaussod R. L'arbre du mois *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Le Flamboyant*, 1992, 21, 1-8.
- \* Nouaïm R., Chaussod R., El Aboudi A., Schnabel C., Peltier J.P. L'arganier : essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. Groupe d'étude de l'arbre, Paris, 1991, 373-378.
- \* Nouaim R, Mangin G, Breuil MC, Chaussod R. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, cuttings and in-vitro techniques. *Agroforestry Systems*, 2002, 54, 1, 71-81.



\* Perrot E. Le Karité, l'Argan et quelques sapotacées à graines grasses de l'Afrique, pp. 127-158. In : Perrier E., Roume E., Chevalier A. (éd.). *Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale Française, fascicule 2 : Le karité, l'argan et quelques autres sapotacées à graines grasses de l'Afrique*. Challamel, Paris, 1907, 194 p.

\* Rammal H., Bouayed J., Younos C., Soulimani R. Notes ethnobotanique et phytopharmacologique d'*Argania spinosa* L. *Phytothérapie*, 2009, 7, 157-160.

\* Rieuf R. Les champignons de l'arganier. *Cahiers de la Recherche Agronomique Maroc*, 1962, 15, 1-25.

\* Sahki A., Rabéa-Sahki B. *Le Hoggar. Promenade Botanique*. Alger, 2004, 279 p.

**Annexe 1 : «organes» récoltés et conservés dans de l'alcool à Biougra, en juin et juillet 2010 pendant 7 semaines, selon le calendrier suivant (photo 4) :**



Photo 4. Récolte d'organes reproductifs sur cet arganier à Biougra (Ph<sup>e</sup> Bellefontaine).

- \* Dès le 3 juin, récoltez quatre échantillons, à mettre dans 4 flacons différents :
  - 1er flacon : 10 à 20 boutons floraux encore fermés, c'est à dire, avant que la fleur ne s'ouvre.
  - 2ème flacon : 10 à 20 fleurs ouvertes avec sépales, pétales et étamines bien visibles
  - 3ème flacon : 10 à 20 fleurs qui ont perdu leurs étamines ; les fleurs se sont refermées.
  - 4ème flacon : 10 à 20 fleurs fécondées et qui commencent tout juste à grossir.
- \* Le 9 juin (5ème flacon) : 10 à 20 très jeunes fruits de 2 à 5 millimètres.
  - \* Le 16 juin (6ème flacon) : 10 à 20 très jeunes fruits de 3 à 7 millimètres.
  - \* Le 22 juin (7ème flacon) : 10 à 20 jeunes fruits de 5 à 8 millimètres.
  - \* Le 30 juin (8ème flacon) : 10 à 20 jeunes fruits de 0,7 cm à 1 cm de long.
  - \* Le 7 juillet (9ème flacon) : 10 à 15 fruits de 1 cm à 1,5 cm de long.
  - \* Le 14 juillet (10ème flacon) : 10 fruits de 1,5 cm à 2 cm de long. Si les 10 fruits n'entrent pas dans le flacon, n'en récoltez que 5 ou 6.

Sur chaque flacon, une étiquette sera collée pour y noter le numéro (flacon n° 1 à 10) et la date de récolte (jour, mois, année). Gardez ensuite tous les flacons dans un hangar (ou dans la maison) à l'abri du soleil.



# Etude de l'enracinement d'arganiers

Bellefontaine R.<sup>1</sup>, Achour A.<sup>2</sup>, Defaa C.<sup>2</sup>, Ferradous A.<sup>3</sup>, Fellmann M.<sup>4</sup>, Falconnet G.<sup>4</sup>

1 - CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France, [ronald.bellefontaine@cirad.fr](mailto:ronald.bellefontaine@cirad.fr)

2 - Commissariat aux Eaux Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, DREFLCD-SO

3 - CRRF Marrakech, Maroc.

4 - ENGREF- AgroParisTech, Equipe Sylviculture-Reboisement, Nancy, France.

## Résumé

Les malformations racinaires des arbres proviennent principalement de techniques obsolètes en pépinière ou de mauvais traitements lors de leur plantation. Au fil du temps, parfois en quelques mois, ou après plusieurs années, les plants dépérissent ou montrent une faible croissance. Avec l'expérience acquise en France et dans divers pays d'Afrique du Nord, les auteurs se penchent sur le cas de jeunes plants d'arganiers au Maroc. Depuis 2003, plus de 500 ha ont été plantés dans le périmètre de Tifadine. Ces plants ont été produits en pépinière dans des sachets en polyéthylène avec fond, de 25-30 cm de hauteur et 8 cm de diamètre. En février 2011, des observations ont été réalisées sur le collet, le pivot et les racines superficielles à Tifadine et à Biougra. Dans le premier site, elles portaient sur seize arbres âgés de 7<sup>1/4</sup> et 6<sup>1/4</sup> ans qui ont été momentanément et partiellement déracinés. A Biougra, l'enracinement de deux plants âgés de 11 mois an (un semis et une bouture produits tous deux « hors sol ») a été partiellement mis à jour pour le temps de l'observation. Cette communication fait le point sur les déformations observées sur 18 jeunes arbres et conclut sur les améliorations techniques à apporter en pépinières et lors de la plantation.

**Mots-clés** : système racinaire ; enracinement ; déformations racinaires ; *Argania spinosa*.

## Summary

Root deformities of trees come mainly from obsolete techniques in nursery or from bad treatments during planting. In the course of time, sometimes in a few months, or after several years, the young trees decay or show a low growth. With the experience gained in France and in various countries of North Africa, the authors consider the case of young seedlings of argan tree in Morocco. Since 2003, more than 500 ha were planted in the perimeter of Tifadine. These seedlings were produced in nursery in polyethylene bags with bottom, of 25-30 cm height and 8 cm in diameter. In February 2011, observations were carried out on the root collar, the taproot and the lateral roots at Tifadine and Biougra. In the first site, they related to sixteen trees of 7<sup>1/4</sup> and 6<sup>1/4</sup> years old which were temporarily and partially uprooted. In Biougra, the rooting system of two 11 months old plants (1 seedling and 1 cutting both "above ground" produced) was partially uprooted at the time of the observation. This communication synthesizes the deformations observed on 18 young trees and concludes on the technical improvements to bring in nurseries and at the time of the plantation.

**Keywords**: root system; rooting; root deformities; *Argania spinosa*.



## 1. Introduction

L'enracinement de l'arganier est d'abord pivotant, puis surtout traçant afin de profiter au maximum des pluies éparses. Dans la plaine du Souss, ces racines superficielles qui peuvent s'étendre latéralement assez loin du tronc (Boudy 1950), gênent les cultivateurs et conduisent à l'éradication programmée par hersages répétés de l'arbre ou à son abattage, même si c'est interdit. L'arganier n'a aucune exigence en ce qui concerne le sol ; on le trouve partout sauf les sables mobiles profonds (Perrot 1907). Les chantiers de plantation devraient donc en principe réussir un peu partout dans son aire naturelle, ce qui n'est actuellement que rarement le cas. En pépinière traditionnelle avec sachets en plastique de 20-30 cm de profondeur et 7-8 cm de diamètre, la croissance de l'arganier est caractéristique des espèces des zones sèches : peu après l'apparition des cotylédons, la racine pivotante atteint 5 à 8 cm sans guère de chevelu ou racines latérales. En forêt ou dans des sites protégés, l'accroissement annuel moyen (aam) en hauteur durant les 20 premières années est de 0,2-0,3 m par an en terrain ordinaire dans des parcelles encloses et bien surveillées où les arganiers avaient été coupés rez-terre (Boudy 1950). 20 arbres issus de graines « tout venant » plantés dans un sol agricole alluvial à un espacement de 3 x 4 m et arrosés tous les 15 jours pendant les 6 premiers mois atteignent à 6 ans une hauteur totale moyenne de 1,75 m, soit un aam de 0,29 m/an (Bénismail et Mokhtari 2007). Sur le plateau des Haha, l'aam en hauteur durant les 20 premières années est de 0,38 m (M'hirit *et al.* 1988). Le suivi de la croissance du système racinaire en minirhizotron a révélé la croissance très rapide de celui-ci par rapport à la partie aérienne, de plus d'1 cm par jour. Après 38 jours, les parties aériennes des deux plantes avaient 8 et 12 cm de hauteur, leurs racines primaires atteignant 48 et 53 cm de longueur. A la même date, la totalité du système racinaire mesurait 157 et 229 cm, soit près de 20 fois la longueur de la partie aérienne (Nouaim 1994).

Il est bien connu depuis un quart de siècle que les malformations racinaires acquises en pépinière entraînent une faible croissance ultérieure après la plantation au champ, un mauvais fonctionnement physiologique et un stockage déficient des réserves glucidiques par suite d'une exploration du sol peu profonde (Guehl *et al.* 1989 ; Falconnet *et al.* 1990 ; Argillier *et al.* 1991). Dans les pays semi-arides, la qualité des systèmes racinaires et aériens des jeunes plants est identifiée comme le facteur-clé des problèmes de survie et de croissance juvénile. « En pépinière, lorsque qu'il y a blocage physique de l'allongement du pivot, il dévie sa trajectoire jusqu'à retrouver la possibilité de reprendre une croissance orthotrope. Lorsque c'est impossible, comme dans le cas d'un sachet ou d'un conteneur à parois et fond infranchissables, la croissance plagiotrope se poursuit indéfiniment et conduit à la formation d'un enroulement de racines (chignon) dégradant définitivement la qualité du plant. L'enroulement racinaire est irréversible ; même si l'on procède à des tailles racinaires au moment de la plantation, le chignon a tendance à se réactiver spontanément ensuite. Lorsque la pointe du pivot est détruite, il se produit alors au dessus du lieu de blessure, un développement de racines secondaires quasi-orthotropes qui sont soumises aux mêmes risques de chignonage en fond de conteneur » (Le Bouler *et al.* 2012).

Le HCEFLCD, conscient de la méthode obsolète utilisée jusqu'en 2009 qui prônait l'élevage de jeunes plants pendant 5 à 8 mois en pépinière dans des sachets en polyéthylène de 25-30 cm de profondeur et avec fond, a introduit des conteneurs alvéolés (avec en général 28 ou 35 alvéoles et plants par conteneur) de fabrication locale avec rainures internes verticales (photo 1) et un fond avec croisillons (Achour *et al.* 2012 ; Defaa *et al.* 2012). Le dépotage des plantules de ces conteneurs multiples est difficile sur le terrain : les ouvriers introduisent un bout de bois par le fond, cassent les croisillons et repoussent vers le haut la motte, ce qui abîme partiellement ou totalement les racines. L'utilisation de conteneurs individuels faciliterait le dépotage. De plus, la qualité actuelle du substrat est encore très variable et sans doute insuffisante, la fertilisation en pépinière réduite et l'arrosage est souvent synonyme de lessivage des éléments minéraux. Tous ces éléments sont la cause des échecs de beaucoup de plantations antérieures.







**Photo 1. Conteneur à 28 alvéoles. On distingue à l'intérieur de chaque alvéole les rainures « anti-chignon » qui guident les racines (Photo Bellefontaine).**

## 2. Observation des systèmes racinaires <sup>1</sup>

### 2.1. Observation de l'enracinement de 16 arganiers à Tifadine

#### 2.1.1. Contexte local

A la suite d'une demande des populations riveraines, dans le périmètre de Tifadine, plus de 500 ha ont été plantés sans clôture depuis 2003. Le pourcentage de survie (74-90%) après plusieurs années est très élevé (Bouiche 2008) et on peut considérer cette plantation comme une réussite, si ce n'est sa croissance peu rapide. Il est à craindre que les racines des plants mis en place souffrent de malformations qui au fil du temps, même après plusieurs années, peuvent être observées : le plant dépérit ou montre une faible croissance (Argillier *et al.* 1991 ; Falconnet *et al.* 2007). L'observation du comportement racinaire de certains plants du site de Tifadine s'imposait. Pour ne pas nuire à ce reboisement, une autorisation nous a été accordée pour un faible échantillon d'arbres, qui de plus n'ont été que partiellement déracinés, puis immédiatement recouverts. Il serait cependant utile d'augmenter cet échantillon et de poursuivre le déracinement plus profondément, ce qui risque fort de causer une certaine mortalité.

Il existe actuellement au Maroc quelques plantations d'arganiers réussies, mais sur des surfaces réduites, dans des parcelles grillagées et suivies régulièrement par des agents forestiers. Celle de Tifadine demeure encore aujourd'hui unique par sa superficie, son taux de réussite très élevé, l'absence de dégâts dus au bétail et la participation active des riverains (Defaa *et al.* 2012). Même s'il s'agit de plants « tout venant » (non sélectionnés et d'origine souvent inconnue), ces plantations sont prometteuses, car l'implication de la population y a été réellement exemplaire. Ce n'est que depuis 2000 que les forestiers se sont rapprochés des populations. Ceci a débouché sur un programme de plantations du HCEFLCD et de la DREF-SO. En échange, les populations ont promis le respect rigoureux des parcelles plantées et une surveillance accrue des troupeaux.

<sup>1</sup> - Les chapitres 2 et 3 sont extraits d'un rapport de mission (Bellefontaine R. - Analyse rapide du système racinaire d'arganiers âgés de 6 à 8 ans dans la parcelle de Tifadine (Province de Tiznit). Cirad-Bios, Montpellier, 2011, 14 p.)



### 2.1.2. Matériel et méthodes

Les plants provenaient de la pépinière de Youssef Ben Tachefine où ils avaient été semés dans des sachets en polyéthylène (avec fond), de 20-30 cm de hauteur et 6-8 cm de diamètre, remplis d'un substrat constitué de 70% de terre végétale argileuse, 20% de sable et 10% de fumier bien décomposé. Ils étaient posés sur le sol. Les plants ont séjourné minimum 5 à 6 mois en pépinière et avaient lors du chargement vers Tifadine une hauteur variant de 15 à 30 cm, parfois plus. Pendant ce long séjour et avant leur transport, la racine pivotante a été sectionnée. Le pourcentage de sélection à la sortie de la pépinière a été très faible. Les trous avaient comme dimensions minimales 0,7x0,7x0,6 m (L x l x profondeur). Le remplissage est effectué à 80% de leur profondeur afin de permettre une bonne accumulation de l'eau des rares pluies qui précèdent la plantation. Les 20% restant permettent d'ériger un impluvium en demi-cercle d'un rayon de 1m à l'aval et autour du trou avec un bourrelet de 0,3 m de hauteur. Sur les terrains plats, l'impluvium a une forme circulaire avec des bourrelets de 20 à 30 cm. Ces plantations ont été réalisées chaque année durant l'hiver, entre décembre et février. Le sachet, découpé à l'aide d'une lame, est ensuite placé sous une pierre en guise de contrôle. Le sol autour du plant a été tassé. Le niveau du collet est situé légèrement sous la surface inférieure de l'impluvium. Un seul regarnis a eu lieu durant la 1<sup>ère</sup> semaine après la plantation (Achour *et al.* 2012). Un désherbage a été réalisé la 1<sup>ère</sup> année. Au moins 10 litres d'eau par plant ont été apportés le jour de la plantation, suivi de 2 à 3 arrosages durant le printemps et l'été suivant la plantation<sup>2</sup>.

En février 2011, pour obtenir quelques indications relatives à la qualité de l'enracinement, seize arbres âgés d'environ 8<sup>1/4</sup> ans, 7<sup>1/4</sup> ans et 6<sup>1/4</sup> ans (plantés en hiver 2002-2003, 2003-2004 et 2004-2005) ont été partiellement déracinés (en grattant les premiers centimètres délicatement avec une pioche, puis à la main). Le choix de ces 16 arbres s'est porté dans 16 zones où la densité était de 90 à 100%. Après quelques minutes, le trou creusé a été comblé, le temps de prendre des mesures et des photos. Un deuxième critère, qui a influencé notre choix, était la taille des plants : nous avons choisi 5 arbres très petits (hauteur totale < à 40 cm), 8 de taille comprise entre 41 et 90 cm, et seulement 3 arbres vigoureux (> 90 cm de hauteur) (tableau n° 1).

## 2.2. Observation de l'enracinement de 2 arganiers à Biougra

### 2.2.1. Contexte local

A Biougra (à 30 km d'Agadir), une parcelle comparant la croissance de semis et de boutures du « Projet J. Goelet de clonage d'arganiers » (Bellefontaine *et al.* 2012-a ; Ferradous *et al.* 2012) a été mise en place dans une parcelle privée et clôturée le 18 et 19 janvier 2010 : 116 boutures et 100 semis, âgés de 5 mois, ont été plantés sur sol plat sableux, à 4 x 4 mètres et dans des trous de 0,5 m de profondeur. Un arrosage individuel a été réalisé immédiatement après la plantation. Ensuite, les arrosages ont eu lieu dès mars en fonction de l'espacement des pluies. Lorsque l'on met au point une méthode de bouturage herbacé sous *mist*, il est important de tester le comportement « au champ » (survie, rapidité de croissance juvénile, architecture aérienne et racinaire, précocité de fructification, *etc.*) des plants produits par bouturage en les comparant à des semis, car les systèmes racinaires sont morphologiquement différents selon leur origine : de type adventif avec plusieurs pivots très ramifiés pour les boutures, mais un pivot unique généralement peu ramifié pour les semis.

2 - Il est à noter que depuis la dernière campagne de plantation, le nouveau CPS a fixé en 2010 un calendrier de plantation plus compact, ainsi qu'un élevage « hors sol » en conteneur rigide rainuré. Nous verrons dans les conclusions que d'autres améliorations devraient être apportées.



### 2.2.2. Matériel et méthodes

En février 2011, le pourcentage de survie (11 mois après la plantation) des semis et des boutures était de 98% et la hauteur des plants variait de 25 à 90 cm (le 2ème inventaire venait d'être réalisé par le CRRF, mais non encore analysé - Ferradous *et al.* 2012). Pour ne pas gêner le propriétaire, deux plants seulement (une bouture et un semis), âgés de 11 mois ont été partiellement déterrés à la main de façon à ne pas casser de racines.

## 3. Résultats pour les 18 systèmes racinaires observés et discussion

Bien que le nombre de plants observés (16 plants âgés de 7<sup>1/4</sup> et 6<sup>1/4</sup> ans) soit beaucoup trop faible et non représentatif de l'ensemble des plantations de Tifadine, des déformations racinaires ont été constatées qui nuisent à la croissance des arganiers, ont un effet négatif sur l'alimentation en eau et entraînent un dysfonctionnement du stockage des réserves glucidiques (tableau n° 1).

On peut souligner qu'aucun arganier n'avait été brouté, ce qui démontre que l'implication des populations riveraines doit être à tout prix recherchée. Les taux de réussite de Tifadine (6 à 8 ans après la plantation) sont les plus élevés jamais obtenus pour une plantation d'arganiers à grande échelle dans sa zone naturelle. Après la première année, le taux de réussite, aux dires des agents techniques, était rarement inférieur à 90-95%. Lors d'un inventaire réalisé en 2008, la moyenne constatée sur plus de 2000 plants dans trois parcelles choisies au hasard était de 77% (respectivement 74, 77, et 81%) (Bouiche 2008). En février 2011, les taux de survie de deux parcelles (plantées durant les hivers 2003-04 et 2004-05), voisines mais non identiques à celles inventoriées en 2008, étaient de 80 et 96% (Achour *et al.* 2012). Ces taux démontrent l'importance de la préparation du terrain avec impluvium (Roose *et al.* 2011 ; Defaa *et al.* 2012) et que les populations riveraines sont concernées par la plantation d'arganiers, y compris dans des sites éloignés et isolés. Ces taux de survie à Tifadine, où les précipitations sont généralement comprises entre 150 et 250 mm/an, prouvent aussi que l'arganier est un arbre d'une très grande rusticité, malgré les faiblesses de l'itinéraire technique en pépinière de cette époque.

D'une manière générale, on remarque une variabilité spectaculaire à 6-7 ans de la hauteur totale des arganiers. A cet âge, le nombre de très petits plants malingres est beaucoup trop important et l'accroissement annuel moyen en hauteur est très faible : 14,7 cm pour un échantillon aléatoire de 251 plants mesurés de 7<sup>1/4</sup> ans et 16,8 cm pour 126 plants de 6<sup>1/4</sup> ans (Achour *et al.* 2012). Il est à noter que ces très petits plants sont apparemment multicaules, mais lorsque l'on creuse, on s'aperçoit qu'il s'agit en fait de semis qui n'ont pas été démariés en pépinière (dans chaque graine, on trouve couramment 2 à 3 graines – Bellefontaine *et al.* 2012-b). Ces plants survivent en se concurrençant très fortement (photo 2). Les causes de cette hétérogénéité impressionnante sont certainement génétiques (Msanda 1993 ; El Moussadik et Petit 1996), mais elle est accentuée par l'emploi de graines « tout venant » achetées sur les marchés locaux, mais aussi vraisemblablement par des micro-conditions pédologiques (à l'échelle de l'impluvium du plant) ou par une symbiose mycorhizienne locale (pour les plus grands plants).



**Tableau n° 1.** Déformations racinaires observées sur 16 plants à Tifadine (plantés durant les hivers 2003 et 2004). En bleu, les très petits plants ; en bistre : les moyens ; en rose : les grands (Bellefontaine 2011).

H	P	Remarques diverses	Courbure	Coup de pied	Rotation
50	35	2 plants dans le même potet	faible	non	non
25	30	Pivot coupé à la plantation ?	faible	oui	non
18	40	2 plants ; diamètre de 1 cm à 30 cm de profondeur	faible	non	non
67	45	2 plants imbriqués	oui	oui	faible
			oui	oui	non
68	35	Multicaule dès le collet	non	non	faible
63	35	Pivot bien développé	non	léger	non
56	35	Pivot double, sans doute coupé (pl°) ?	oui	oui	non
33	25	2 petits plants - plant de droite : - plant de gauche :	légère	non	oui
			nette	oui	non
51	30	Pivot double	faible	oui	non
66	25	1 petit plant ; pivot coupé (pl°) ?	très nette	oui	faible
40	25-30	3 plants et 3 pivots en concurrence	oui	?	faible
144	30	Pivot coupé à la pl° ? 3 pivots 2 <sup>aires</sup>	oui	?	faible
75	30	Pivot coupé ? 3 pivots 2 <sup>aires</sup>	non	non	non
202	15	Gros pivot unique	non	non	non
154	25-30	2 plants dont un très petit	oui	?	oui
16	50-60	2 plants dans le même potet	oui	très net	non

**Légende :** H = Hauteur totale du plant (en cm) ; P = Profondeur atteinte par l'excavation (en cm) ; pl° = plantation ; Rotation = rotation des racines ; 2<sup>aire</sup> = secondaire.



**Photo 2.** Ces deux plants malingres étaient enroulés l'un autour de l'autre (Photo Bellefontaine).

Parmi les 16 plants déracinés, on dénombre pour tous très peu de racines superficielles (dans les 30 premiers centimètres) et des malformations qui sont dues plutôt à la façon de planter, notamment des crosses et baïonnettes (du à un tassement trop vigoureux de la terre) : i / courbure du pivot (13 plants sur 16) ; ii / déformation due au coup de pied à la plantation (9/16) ; iii / rotation des racines (7/16, dont 4 avec enchevêtrement).



Aucun n'avait développé de chignon, ce qui peut paraître normal car ils avaient été coupés en pépinière ; dans certains cas, ils peuvent également se détacher du plant par nécrose. On note plusieurs cas de dédoublement du pivot (photo 3), comme si après avoir été coupé en pépinière, deux ou trois axes orthotropes s'étaient formés alors qu'il semble établi que le chignonage est un caractère acquis (le Bouler *et al.* 2012).



**Photo 3. Pivot coupé en pépinière + coup de pied lors de la plantation (Photo Bellefontaine).**

A Biougra, l'enracinement du semis et de la bouture, élevés tous deux à 30 cm du sol sur un grillage (« hors sol ») dans des conteneurs modernes rainurés montrent un excellent enracinement. La pivotante unique des semis traditionnels a été remplacée par des pivotantes adventives mieux réparties et de nombreuses racines secondaires (photo 4).



**Photo 4. Enracinement puissant à 11 mois d'une bouture élevée en «hors sol» (Ph Bellefontaine)**

## 4. Conclusions

L'ANDZOA a estimé que 25 000 ha/an devaient être enrichis d'ici 2020 (Bellefontaine *et al.* 2012-c). En conséquence, il est suggéré d'améliorer encore le cahier des charges d'une part en exigeant des pépiniéristes de spécifier la source des graines obtenues et le nombre de semenciers constituant chaque lot et d'autre part (et surtout), en modifiant les techniques en pépinière et de plantation qui devront évoluer et adopter :

\* un substrat adéquat, standard et disponible au Maroc alliant une porosité suffisante au moins égale à 60% et une cohérence indispensable pour éviter une plantation à racines nues ;

\* une production en « hors sol » réel à 30 cm du sol (ou à 1,3 m - photo 6 - pour faciliter les soins à apporter aux plants pendant 4 à 6 mois) et non à 3 ou 4 cm au-dessus du sol (photo 5) ;





**Photo 5. Exemple d'un faux « hors sol » : avec des conteneurs placés 3 à 5 cm au-dessus du sol, les racines peuvent s'enraciner dans le sol, sans s'auto-nécroser à l'air (Ph° Bellefontaine).**



**Photo 6. Installation « hors sol » réel à la pépinière des Milles (Aix en Provence). Les racines qui passent à travers le portoir bleu sont à l'air et se nécrosent, mais dans le substrat des pots WM apparaissent de nombreuses racines qui vont coloniser le sol dès la plantation (Ph Bellefontaine).**

\* des conteneurs rainurés individuels, facilitant le dépotage sans dégât lors de la plantation, avec une formation des ouvriers pour éviter toutes déformations (coup de pied, baïonnettes, crosses) aux racines lors de la plantation ;

\* le démariage des semis multiples (un conteneur, un plant !) ou en semant des graines nues (amandes ou pépins – voir Bellefontaine *et al.* 2012-b) et non des fruits ;

\* un taux de sélection à la sortie de la pépinière (taux à déterminer par des tests précoces pour mettre en évidence des clones à croissance juvénile rapide).

Toutes ces modifications peuvent être très rapidement intégrées au cahier des charges (CPS). Parallèlement, il faudrait recruter des techniciens supérieurs, véritables chefs de culture (en remplacement des pépiniéristes 'formés sur le tas') qui bénéficieraient d'une formation au Maroc et en France (Le Bouler *et al.* 2012), notamment pour les techniques d'irrigation et de fertilisation en fonction du substrat et de la saison et pour « la mycorhization contrôlée par inoculation en pépinière d'une ou plusieurs souches mycorhiziennes ubiquistes et à large spectre vis-à-vis de leur arbre-hôte pour un caractère donné, sélectionnées lors d'essais préalables » (Bellefontaine *et al.* 2012-d). L'importante variabilité génétique des arganiers est source de gains futurs non négligeables et il faudra la capter afin de pouvoir domestiquer l'arganier. Le HCEFLCD devrait avoir comme but la plantation d'arganiers à croissance homogène et vigoureuse, entrant en production après 2 à 4 ans, et surtout ne nécessitant plus qu'une courte mise en défens (4-5 ans). Ces éléments seraient bénéfiques pour les populations riveraines et favoriseraient la pérennité des arganeraies. Les boutures herbacées sous *mist* sont envisageables (Bellefontaine *et al.* 2012-a).



Il est donc indispensable que le HCEFLCD dispose de vergers à graines. Il est urgent pour les plantations futures (du HCEFLCD, de l'ANDZOA et des privés) de constituer un parc à clones de très nombreux arganiers remarquables, puis de les bouturer afin de planter deux vergers clonaux (Bellefontaine *et al.* 2010) produisant des graines améliorées (dans deux sites différents en cas d'incendie ou de pression animale trop intense). De plus, un élément capital pour la réussite des plantations d'arganiers est l'implication forte du HCEFLCD qui doit veiller à former des « chefs de culture » capables de décider seuls d'apporter les éléments indispensables variables au cours de la saison (eau en fonction du pF, fertilisations complémentaires, *etc.*).

## Références bibliographiques

- \* **Achour A., Defaa C., Yigouti A., Bouiche L., Hossayni A., Bellefontaine R.** Eléments techniques pour réussir une plantation d'arganiers. Cas de Tifaddine. *Rev. for. franç.* 2012 (soumis et accepté).
- \* **Argillier C., Falconnet G., Gruez J.** *Guide du forestier méditerranéen français*. Chapitre 6 : Production de plants forestiers méditerranéens hors-sol, Aix en Prov., CEMAGREF, 1991, 23 p.
- \* **Bellefontaine R.** De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse*, 2010, 21, 1, 42-53.
- \* **Bellefontaine R.** *Analyse rapide du système racinaire d'arganiers âgés de 6 à 8 ans dans la parcelle de Tifadine (Province de Tiznit)*. Rapport de mission Cirad, Montpellier, 2011, 14 p.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Monteuuis O.** Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc: le projet John Goelet. *Bois for. trop.* 2010, 304, 2, 47-59.
- \* **Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El Mercht S.** Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Synthèse des trois années du Projet J. Goelet de clonage d'arganiers. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012-a.
- \* **Bellefontaine R., Bouzoubâa Z., Mathez J.** Le fruit de l'arganier est-il une drupe ou une baie ? In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012-b.
- \* **Bellefontaine R., Pioch D., Palu S.** Un nouveau départ pour la recherche relative à l'arganier. 1er Congrès international sur l'arganier Agadir (Maroc), 15-17 décembre 2011. *Sécheresse*, 2012-c, 23, 1-5 (doi : 10.1684/sec.2012.0337)
- \* **Bellefontaine R., Malagnoux M., Ichaou A.** Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement. In : Duponnois R. (éd). *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte - Capitalisation de 50 ans d'expériences, de connaissances et de savoirs locaux sur la gestion et le développement des zones arides*, t. II, IRD, Montpellier (sous presse), 2012-d.
- \* **Bénismail MC, Mokhtari M.** La domestication de l'arganier : vers une exploitation rationnelle et durable de l'espèce *Argania spinosa* L. Skeels. *Ann. Rech. For. Maroc*, 2007, 38, 197-206.
- \* **Boudy P.** *Economie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographies et traitements des essences forestières*, fascicule 1. Paris, Larose, 1950.
- \* **Bouiche L.** *Etude des modes de régénération à faible coût de l'arganier (Argania spinosa) au Maroc*. Univ Paris XII, Master II Bioress. en Rég. Trop. et Méditer., Paris, 2008, 60 p.



- \* **Defaa C., Achour A., Hossayni A., Bellefontaine R., El Mousadik A., Msanda F.** Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre exceptionnellement réussi de régénération d'arganier. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012.
- \* **El Mousadik A. et Petit R.J.** Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco. *Molecular Ecology*, 1996, 5, 547-555.
- \* **Falconnet G., Helderle C., Badinier C., Fernandez Osuna J.** *Etude de l'incidence de la qualité des plants forestiers sur la pérennité des boisements et reboisements en Alsace*. Min. de l'Agric. et de la Pêche et ENGREF (France), 2007, 42 p. + ann.
- \* **Falconnet G., Gruez J., Argillier C.V.** *Etude d'un support de culture de plants forestiers Méditerranéens en conteneurs-Rapport de synthèse*. 1990, CEMAGREF, Aix en Provence.
- \* **Ferradous A., Alifriqui M., Bellefontaine R.** Comparaison du comportement des boutures et semis d'arganiers après transplantation sur le terrain (poster). *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012.
- \* **Guehl J.M., Falconnet G., Gruez G.J.** Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de *Cedrus atlantica* élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture. *Annales Sciences Forestières*, 1989, 46, 1-14.
- \* **Le Bouler H., Brahic P., Bouzoubaa Z., Achour A., Defaa A., Bellefontaine R.** L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. In : INRA-Maroc (éd.) : *Actes du 1<sup>er</sup> Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011*. Rabat, INRA, 2012.
- \* **M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi SM, Bendaanoun M.** *L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples*. Mardaga, Sprimont (Belgique), 1998, 151 p.
- \* **Msanda F.** *Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas occidental, Maroc) et contribution à la diversité génétique de l'arganier*. Thèse, Univ. J. Fourier, Grenoble, 1993, 116 p.
- \* **Nouaim R.** *Ecologie microbienne des sols d'arganeraies : activités microbiologiques des sols et rôle des endomycorhizes dans la croissance et la nutrition de l'arganier (Arganiaspinosa (L.) Skeels)*. Thèse de doctorat d'Etat, 1994, 193 p + ann.
- \* **Nouaim R., Lineres M., Esvan J.M., Chaussod R.** Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*). 2. Mineral nutrition. *Agroforestry Systems*, 1994, 27, 1, 67-77.
- \* **Perrot E.** Le Karité, l'Argan et quelques sapotacées à graines grasses de l'Afrique, pp. 127-158. In : Perrier E., Roume E., Chevalier A. (éd.) *Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale Française, fascicule 2*. Challamel, Paris, 1907, 194 p.
- \* **Roose E., Bellefontaine R., Visser M.** Six rules for the rapid restoration of degraded lands: synthesis of 16 case studies in tropical and mediterranean climates. *Sécheresse* 2011, 22,2, 86-96.







### Axe 3 : Valorisation des autres produits de l'arganier



# L'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae)

**Nezha AIT TAADAOUIT<sup>1</sup>, Abdelaziz NILAHYANE<sup>2</sup>, Mohammed HSAINE<sup>1</sup>,  
Abderrahim ROCHDI<sup>1</sup>, Abderrahim HORMATALLAH<sup>2</sup>, Rachid BOUHARROUD<sup>3</sup>**

1 - Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des Sciences Ben M'Sik,  
Bd Driss El Harti. BP 7975 Casablanca, Maroc. Email : aittaadaouit.nezha@gmail.com

2 - Institut Agronomique & Veterinaire HASSAN II, Complexe Horticole d'Agadir, Maroc.

3 - Institut National de la recherche Agronomique, Centre Régional d'Agadir, Maroc.

## Résumé

*La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels «bioinsecticide», afin de lutter contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) qui est considérée comme une menace sérieuse pour la production de la tomate au Maroc.*

Pour répondre à cet objectif, nous avons évalué la toxicité des extraits méthanoliques et éthanoliques de sept plantes, dont l'arganier *Argania spinosa* ; collectées dans la région du Souss-Massa, sur des larves de *T. absoluta*. Ces extraits ont été testés en adoptant la méthodologie de «Leaf-dip Bioassay». Les tests biologiques sur les larves de *T. absoluta* ont montré qu'il y a une différence entre la toxicité des extraits méthanoliques et éthanoliques au sein de la même plante. Alors que *T. vulgaris* a occasionné un taux de mortalité remarquable qui a dépassé 90% de mortalité pour les deux solvants. *A. spinosa* n'a présenté qu'une faible toxicité ne dépassant pas 30% pour les extraits éthanoliques et 44% pour les extraits méthanoliques. La détermination de la dose létale 90 (DL90) de ces extraits a été faite à l'aide du logiciel POLO-PC. Ainsi les DL90 ont été faibles pour les extraits éthanoliques et méthanoliques de *T. vulgaris* (89 384 et 156 023 mg/l, respectivement). Cependant, ces DL90 ont été relativement très élevées pour ces 2 extraits d'*A. spinosa* (5 819 778 et 364 969 mg/l).

**Mots clés :** *Tuta absoluta*, *Thymus vulgaris*, *Argania spinosa*, Bioinsecticide, DL90.



## ***Effect of plant extracts on tomato leafminer Tuta absoluta (Lepidoptera, Gelechiidae).***

### **Abstract**

*The purpose of the current study is to suggest alternative solutions based on the use of natural products "Bioinsecticides", to control tomato leafminer, Tuta absoluta (Meyrick), which is considered as a serious threat of tomato production in Morocco.*

To meet this objective, we evaluated the toxicity of methanol and ethanol extracts of seven plants, including the argan tree *Argania spinosa*, collected in the region of Souss-Massa, on larvae of *T. absoluta*. These extracts were tested by adopting "Leaf-Dip Bioassay." The biological tests on the larvae of *T. absoluta* have shown that there is a difference between the toxicity of methanol and ethanol extracts within the same plant. While *T. vulgaris* resulted in a remarkable mortality rate that exceeded 90% for both solvents, *A. spinosa* presented a low toxicity not exceeding 30% for the ethanolic extracts against 44% for the methanolic extracts. The determination of the lethal dose 90 (LD90) of these extracts was made using POLO-PC software. Thus the LD90 were lower for ethanol and methanol extracts of *T. vulgaris* (89,384 and 156,023 mg / l, respectively). However, the LD90 was very high for both methanolic and ethanolic extracts of *A. spinosa* (5,819,778 and 364,969 mg/l).

**Key words:** *Tuta absoluta*, *Thymus vulgaris*, *Argania spinosa*, Bioinsecticide, LD90.

## Introduction

Depuis quelques années, les plantes médicinales sont de plus en plus présentes dans la politique de développement. Leur utilisation et leur préservation sont un thème transsectoriel englobant, outre les soins de santé, la protection de la nature, la biodiversité, la lutte biologique, ainsi que la promotion économique, le commerce et divers aspects juridiques. Les plantes étudiées sont collectées de la région du Souss. Ces plantes sont reconnues par leur effet insecticide contre plusieurs groupes zoologiques, on cite le *T. vulgaris* et le *A. spinosa* sont connue par leurs activité insecticide (Tchoumboungang *et al.*, 2009 et Boriky, 2005),

*A. spinosa*, appartient à la famille des *Sapotaceae* c'est un arbre épineux d'où le nom d'espèce « *spinosa* », de taille pouvant atteindre 8 à 10 mètres de haut. Sa cyme est large, étalée, dense et ronde. Son tronc est court, noueux, même souvent multiple et formé alors de plusieurs tiges entrelacées. Les feuilles de l'Arganier sont petites alternes, pratiquement persistantes, coriaces, vert sombre à la face inférieure. Le fruit de l'Arganier est une baie sessile formée d'un péricarpe charnu ou pulpe et d'un «pseudo endocarpe» ou noyau, où sont incluses les graines. Les graines sont généralement soudées et leur nombre varie de une à plusieurs par noyau (Radi, 2003). Cette plante est caractérisée essentiellement par son huile, de protéines, de fibres, de glucides, des minéraux et de certains métabolites secondaires, surtout les Polyphénols et les saponosides (Charrouf et Pioch, 2009).

*T. vulgaris* est une plante aromatique à tiges ramifiées de la famille des *labiatae*, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Il possède de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur vert foncé, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes). Les trichomes contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de monoterpènes (Yakhlef, 2010). Les parties aériennes de *T. vulgaris* sont très riches en plusieurs constituants dont la teneur varie selon la variabilité des conditions géographiques, climatiques tels que le phénolique total, flavonoïdes, catéchine, et anthocyanine.



L'importance de la culture de la tomate connues une importance dans l'économie marocaine Mokrini *et al.*, 2010). Depuis 2008, cette culture est attaquée par *Tuta absoluta* (un micro lépidoptère de 6 à 7 mm) dont la larve provoque d'importants dégâts sur les feuilles, les tiges et les fruits particulièrement sur la tomate. Elle se développe également sur d'autres espèces cultivées telle que l'aubergine, la pomme de terre, le poivron ainsi que d'autres solanacées. La première déclaration de la présence de *T. absoluta* a été faite en Argentine vers 1964 par la suite sa présence a été déclaré dans d'autres pays de l'Amérique latine. Ce ravageur s'est propagé rapidement depuis 2006 vers le sud de l'Europe et l'Afrique du Nord et l'ensemble des pays méditerranéens. (Desneux *et al.*, 2010). La principale méthode de lutte contre *T. absoluta* est une couverture de pulvérisation des insecticides, nocifs pour l'homme et l'environnement (Picanc *et al.*, 1998).

Pour assurer une meilleure intervention, tout en préservant au maximum le milieu naturel, de nouvelles méthodes préventives ainsi que de nouveaux produits sont constamment recherchés. Ainsi, pour contribuer à une gestion durable de l'environnement, la mise en place de nouvelles alternatives de lutte contre les ravageurs de la tomate est davantage encouragée. Les substances naturelles qui présentent un large spectre d'action en pharmacologie, comme bactéricides, fongicides, acaricides, nématicides, etc., peuvent aussi être utilisées comme insecticides de remplacement. La lutte biologique prend diverses formes, mais celles qui attirent l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales comme insecticides (Boutaleb Joutei, 2010).

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes (Crosby, 1966). Dans des travaux encore plus récents, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées sur les larves d'insectes.

Au Maroc, les études menées sur l'activité insecticide des extraits végétaux vis-à-vis des larves de lépidoptères sont très limitées. Aucune étude n'a été publiée sur des larves de *T. absoluta*. Ainsi, dans le cadre de recherches on a choisi *T. vulgaris* et *A. spinosa* dont on a utilisé que les feuilles de chaque plantes.

L'objectif de ce travail est l'étude de l'activité larvicide des extraits au méthanol et à l'éthanol de ces plantes et à déterminer les effets de chacun sur les larves de *T. absoluta* afin de sécuriser au mieux la production en réduisant les dégâts causés par ce ravageur, et de réduire l'utilisation des pesticides conventionnels et par conséquent, limiter les effets néfastes de ces derniers sur l'environnement et la santé humaine. Ainsi d'encourager et valoriser la production des cultures biologiques au Maroc.

## Matériel et méthodes

### **Matériel végétal**

Les espèces végétales ont été étudiées : *A. spinosa* et *T. vulgaris* ont été collectées au début du mois Mars 2011 dans la région du Souss, puis séchées dans une étuve portée à 40°C pendant 48 h à 96 h à l'abri de la lumière. Elle est ensuite broyée à l'aide d'un broyeur jusqu'à sa réduction en poudre.

### **Extraction et Estimation des quantités du résidu sec**

Les extraits méthanoliques et éthanoliques ont été préparés à raison de 20 g de poudre pour 600 ml du solvant. La poudre est macérée 72 h dans le méthanol et l'éthanol absolu à l'ombre. Après, une filtration à l'aide du papier Whatman N° 1 a été entreprise. Le solvant est évaporé à sec et sous vide par un évaporateur rotatif (Rotavapor marque BÜCHI R-205) à 40°C. Ces extraits ont été concentrés par évaporation dans une hotte pendant 24 heures jusqu'à obtention d'un résidu sec dont la quantité est exprimée en mg. Cela permet d'exprimer les concentrations létales des résidus secs solubles dans le solvant en mg/l.



## Matériel animal

Les larves soumises aux tests de toxicité proviennent d'un élevage pré-établi dans une serre automatisée du domaine Expérimental Melk Zhar à Belfaà (Agadir). Afin d'assurer la multiplication rapide des larves, l'élevage des larves a été conduit dans des conditions optimales de température et d'hygrométrie.

### **Essais biologiques**

Pour chaque plante, les doses sont préparées en dissolvant les extraits secs dans le solvant et à partir de cet extrait initial (100%), des concentrations diluées de 20 %, 10 %, 2 %, et 1 % ont été préparées. Le témoin est constitué uniquement d'eau distillée.

La méthode adoptée est celle de «Leaf-dip Bioassay»; décrite par (Cahill *et al.*, 1996) modifiée. On trempe quatre folioles de tomate dans chaque concentration préparée pendant 10 secondes, puis on les laisse sécher à l'air libre durant 10 min. On introduit, ensuite, chaque foliole dans une boîte de Pétri entomologique (90 mm) contenant de l'agar préparé la veille du bio-essai à raison de 15 g/l. Cinq larves de *T. absoluta* sont déposées délicatement en utilisant un pinceau fin. Ces bio-essais ont été conduits dans des conditions de température de  $26 \pm 2$  °C, une humidité relative variant de 60 à 70 % et une photopériode de 16:8.

### **Traitement des données**

Pourcentage de mortalité : Les taux de mortalité sont calculés et corrigés par rapport aux taux de mortalité du témoin correspondant à l'aide de la formule d'Abbott (Abbott, 1925) :

Mortalité corrigée (%) =  $(\text{Mortalité dans le groupe traité} - \text{mortalité dans le groupe témoin} / 100 - \text{mortalité dans le groupe témoin}) * 100$

Le logiciel MINITAB version 13,3 est adopté pour analyser les taux de mortalité. Alors ces derniers sont éventuellement suivis par des comparaisons de moyennes en utilisant le test de Tukey (T). Ainsi que Le logiciel POLO-PC (LeOra Software, 1987) a été adopté pour calculer les valeurs des DL90 ainsi que leurs limites de confiances à 95 %.

## Résultats et discussion

Le rendement (Tableau 1), exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ, est déterminé par la relation suivante :

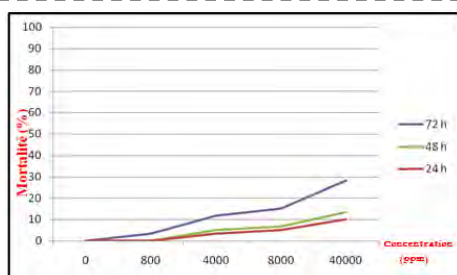
$R (\%) = \text{poids sec extrait (g)} \times 100 / \text{poids sec de départ (g)}$

Après avoir exposé des larves de l'espèce *T. absoluta* aux différentes concentrations des deux extraits durant 24, 48 et 72h, les taux de mortalité ont varié selon les concentrations chez *T. vulgaris* et *A. spinosa*, qui ont montré une différence d'efficacité insecticide (Figure 1) et une variabilité du rendement des deux solvants (Tableau 1). Les extraits d'*A. spinosa* n'ont présenté qu'une faible toxicité ne dépassant pas 30% pour les extraits éthanoliques et 44% pour les extraits méthanoliques. Alors que les extraits du *T. vulgaris* ont provoqué une mortalité dépassant 90% pour les deux extraits (Figure 1).

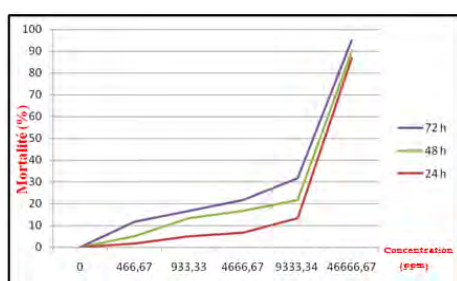


**Tableau 1: Rendement des extraits éthaloniques et méthaloniques de *T. vulgaris* et *A. spinosa***

Espèce	Solvant	Rendement (%)
<i>A.spinosa</i>	Méthanol	28,5
	Ethanol	18
<i>T. vulgaris</i>	Méthanol	20,5
	Ethanol	10,5

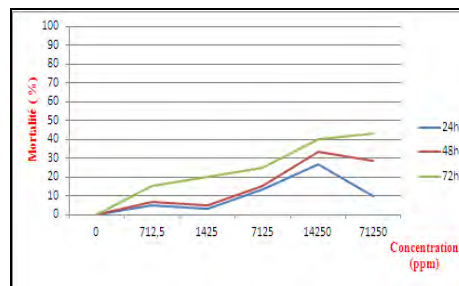


Evolution des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* dues à *A. spinosa*

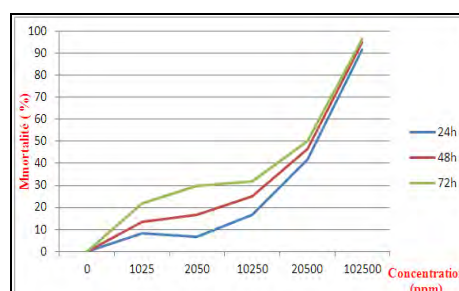


Evolution des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* dues à *A. spinosa*

**A**



Evolution des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* dues à *A. spinosa*



Evolution des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* dues à *A. spinosa*

**B**

**Figure 1: Effet des extraits éthaloniques (A) et méthaloniques (B) d'*A. spinosa* et de *T. vulgaris* sur le taux de mortalité des larves de *T. absoluta***

### Détermination des DL<sub>90</sub> des extraits végétaux étudiés

La comparaison de la toxicité, par DL<sub>90</sub>, des extraits des 2 plantes étudiées est présentée dans le Tableau 2. L'analyse de variance des DL<sub>90</sub> (dose létale pour 90% de la population) a montré une différence hautement significative entre les deux extraits.

Les DL<sub>90</sub> de l'extrait méthalonique (156 023 ppm) et extrait éthalonique (89 384 ppm) de *T. vulgaris* obtenues ont été relativement faibles et ont causé par conséquent des taux de mortalité importants de plus de 90%, 72 h après le traitement. Les deux extraits d'*A. spinosa* méthalonique (5 819 778 ppm) et éthalonique (364 969 ppm) étaient élevées pour atteindre des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* variant entre 30 et 44%.



**Tableau 2: DL90 et analyse statistique des bioessais d'efficacité des extraits végétaux contre *T. absoluta***

Espèce	Solvant	DL 90 (ppm)	Limites de confiance	Pente	Erreur standard	Hétérogénéité	Valeur g	Log (L)
<i>T. vulgaris</i>	Méthanol	156 023	36319-3166075	1,13	0,22	1,12	0,20	-49,26
	Ethanol	89 384	30059-1483839	1.30	0.25	1.42	0.22	-43.02
<i>A. spinosa</i>	Méthanol	5 819 778	363077 - infini	0,66	0,21	0,85	0,42	-48,94
	Ethanol	364 969	107377-302294007	1.62	0.49	0.72	0.34	-21.70

## Conclusion

Ces résultats bien que préliminaires, témoignent d'une bonne activité larvicide des extraits testés, des feuilles de *T. vulgaris* pour les deux solvants constituant un larvicide prometteur pour la lutte contre les larves de *T. absoluta*. Des études récentes prouvent que le *T. vulgaris* est connue par son activité insecticide contre d'autres groupes zoologiques comme les moustiques culicidés (Tchoumboungang *et al.*, 2009), ce qui explique la toxicité de cette plante en raison de sa richesse en molécules de terpènes (Tchoumboungang *et al.*, 2007).

Il faudrait également envisager de conduire au préalable des essais dans les conditions naturelles aux serres de production de la tomate en vue d'évaluer l'efficacité réelle de ces extraits sur la préservation de la production et l'identification des composés responsables de l'activité larvicide (molécule active et synergique) sont en cours. En effet, les produits biologiques les plus intéressants, utilisés en protection des plantes, sont ceux qui ont un impact minimal sur l'ensemble des composantes de l'agro-écosystème sauf pour les ravageurs ciblés (NAP, 1996). Par ailleurs, sachant que les extraits de plantes perdent leur activité biologique sous les radiations solaires (Scott *et al.*, 2003), les modes d'action, les modalités d'application et l'impact des facteurs physiques sur la dégradation des composés botaniques testés doivent aussi être étudiés.

**Remerciement :** Cette recherche a été réalisée au Laboratoire de la protection des végétaux de l'INRA-Agadir. Nous remercions le personnel technique et administratif du centre INRA. Et nous remercions également tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

## Références bibliographiques

**Abbott, W. A.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. (1925) Journal of Economic Entomology 18: 265-267.

**Boriky D.** Etude analytique et valorisation par voie des propriétés insecticides de trois artémisia médicinales du Maroc (*Artimisia herba-alba* Asso, *Artimisia gracuncululus* L. et *Artimisiaabsintium* L.) (2005). Thèse doctorat en chimie. Université Hassan II-Mohamadia, Faculté de ben M'sik. Casablanca, Maroc. P : 229

**Boutaleb Joutei A.** synthèse des résultats de recherche sur l'utilisation de quelques biopesticides d'origine végétale sur les cultures d'importance économique au Maroc (2010). Proceeding du septième Congrès de l'association Marocaine de protection des plantes.. Rabat, Maroc Proceedings du septième congrès de l'association marocaine de protection des plantes. Rabat, Maroc. Vol 2. 377-389.





- Cahill M., K.Gorman, S.Day, I.Denholm, A.Elbert, & R.** Nauen Baseline determination of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) (1996). Bulletin of Entomological Research 86: 343-349. .
- Charrouf Z., D.** Pioch, Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'arganeraie dans le sud-ouest du Maroc (2009). Projet UE / MEDA / ADS. P : 139
- Crosby DG.** Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). Natural Pest Control Agents (1966). *Adv. Chem. Ser.* 53, p. 1-16
- Desneux N.; E. Wajnberg , K.A. G. Wyckhuys, G. Burgio ,S. Arpaia ,C.A.** Narva´ez-Vasquez, J. Gonz´alez-Cabrera, D. Catala´n Ruescas , E. Tabone , J. Frandon, J. Pizzol, C. Poncet, T. ---Cabello & A. Urbaneja Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control (2010). Journal of Pest Science 83:197–21
- Leora Software .POLO-PC. A** user's guide to prodit or logit analysis. (1987) Berkeley, CA.
- Mokrini F., F. Abbad andaloussi, A & El Aissami.** effet de quelques extraits des olantes contre le nematode a galle *Meloidogyne incognita* associées à la culture de la tomate dans la region du Ghareb (2010). Proceeding du septieme Congrès de l'association Marocaine de protection des plantes.. Rabat, Maroc. Vol 2. P :427-436
- NAP.** Ecologically based pest management – New solution for new century. Board on agriculture (1996).. National Research Council. ISBN 0-309-05330-7. NAP Washington D.C. 160 p.
- Picanc,o, M., Leite, G.L.D., Guedes, R.N.C., Silva, E.A.,** 1998. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. *Crop Prot.* 17, 447– 452
- Radi N.,** (2003) : L'arganier : arbre du sud-ouest Marocain, en péril à protéger. Thèse Doctorat en pharmacie. Université de Nantes, Faculté de pharmacie. P : 59
- Scott IM, Jensen H, Scott JG, Isman MB, Arnason JT & Philogène1 BJR.** (2003) Botanical insecticides for controlling agricultural pests: Piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Arch. Insect Bioch. Physio.* 54, p. 212–225.
- Tchoumboungang F., P Mi. Jazet Dongmo, M L. Sameza, E.Gaby Nkouaya Mbanjo, G.Tiako Fotso , P. Amvam Zollo , C. Menut** (2009) : Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(1), 77-84
- Yakhlef G** (2010) : Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. ET *Laurus nobilis* L. Mémoire en Biochimie Appliquée. Université El Hadj Lakhdar –Batna, Faculté de science. P : 110.



# Productivity and usage of argane for regional development in Morocco

**Majid Benabdellah<sup>1</sup>, Kenichi Kashiwagi<sup>2</sup> and Mohamed Dehhaoui<sup>3</sup>**

1- Department of Social Sciences, Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary Medicine, B.P. 6202 Rabat Instituts, Morocco. Email: (m\_benabdellah2@yahoo.fr), corresponding author.

2- The Alliance for Research on North Africa, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, Japan. Email : (kenk@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

3- Department of Statistics, Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary Medicine, B.P. 6202 Rabat-Instituts, Morocco. Email: (dehhaoui@yahoo.fr)

## **Abstract**

*The paper is part of a collaborative research between the Alliance for Research on North Africa (ARENA), University of Tsukuba-Japan and the Hassan II-Institute of Agronomy and Veterinary Medicine (IAV), Morocco. The objective of this paper is to present the methodology of the research to be developed based on previous research on endemic plants in North Africa and other regions conducted by the ARENA and IAV. This article is of a methodological nature since it deals with the methodology to be used, the power and limitation of the tools to be used in the research. The objectives of this research is to: (i) investigate the structure of production and productivity for the processing of Argane oil, and identify factors to improve technical and financial efficiency of the Argane oil production; (ii) undertake a cost-benefit analysis of the small and medium Argane processing units dealing with the transformation of Argane production; and (iii) investigate traditional usage of Argane oil and Argane related products. The study will be done by using different techniques and methodologies including a cost-benefit and technical efficiency analysis at the crop, farms and processing units in Agadir area and benchmarked with other small production areas. For this, a farm modelling will be undertaken to represent the diversity of ecological and socio-economic situations. A questionnaire will be addressed to Argane seeds and oil producers and women's cooperatives in the Agadir area, and focus groups will be organized to collect relevant data on the topic. The questionnaire is addressed to Argane farms and Argane oil manufactures, and covers topics such as the identification of women's cooperatives, head/owner's characteristics, prices benefits and costs for a period from 2007 to 2010, Source of working capital, Work Force's characteristics. The samples are expected to cover 120 samples as case studies. The SPSS, Frontier, farmod and @risk software will be used for data analysis.*

**Keywords:** Cost-Benefit analysis, productivity, technical efficiency, evaluation, Argane oil, traditional usage of Argane, regional development



## Introduction

The agricultural sector is central to the Moroccan economy as illustrated by the share of the sector in GDP (between 12.2% and 15.5%, depending on the year and climatic conditions). Furthermore, the sector is the largest employer in the country (around 40% of active work force) and employing around 75% of active population in rural areas; and 5% of GDP got from agribusiness, which contributes to 2% of Moroccan exports. However, a series of constraints undermine the central role of agricultural central. This includes economic, social, and sustainable development issues.

**Economic issues.** The Moroccan economy is heavily dependent on agriculture so that the GDP is volatile, especially with drought and climatic conditions being even more severe with climate changes. The overall negative food trade balance implies weaknesses on at least 3 levels: (i) insufficient participation in the World agricultural trade, mainly with products with high added value and high productivity; (ii) poor distribution systems to meet changes in consumers' preferences; and (iii) low capacity to adapt to international requirements in productivity and competitiveness. Compared with Mediterranean neighboring countries, Morocco experiences very high share of active population (40% vs. 19% in Tunisia and 6% in Spain) with the lowest agricultural productivity. Additionally, increase in agricultural production is due to overuse of lands rather than improvement of productivity, with predominance of sectors with low added value, low use of credits due to high transaction costs, weakness of subsidies (only 5% of farmers vs. over 30% in the EU and 20% in the U.S.); and low public and private investment.

**Social and sustainable development issues.** 18 million of rural people depends upon agriculture with more than 82% of their revenues are related to agriculture but poverty is the main factor since low average incomes represents the bulk of rural incomes (more than 80%), and over 80% of the land located in arid/semi-arid areas with rainfall variability and decline. In the medium term, about 63% of hydraulic basins in Morocco will be under stress or experiencing water deficit due to overexploitation of groundwater. Besides, water is inefficiently used as 80% to 90% of water is used by agriculture so that Morocco will be experiencing unsustainable water use in the long term, with the increased competition between different uses. Additionally, the agricultural sector has a complex land tenure system with the predominance of small land holdings (70% of farms with less than 2.1 ha) and land fragmentation.

All these issues denote a low productivity and competitiveness of agricultural sector and the difficult integration of the Moroccan economy into the International economy. The Green Morocco Plan (GMP) started in 2008 as an agricultural national policy is intended to deal with some of these constraints and challenges to the agricultural sector, especially: (i) low capacity of private investment and low participation in the banking system; (ii) the insufficient system of management, training, & innovation; (iii) the bottlenecks in transverse domains (land, land tenure, water scarcity, support structures); (iv) the extent of poverty and vulnerability in rural areas; and (v) the degradation and Overexploitation of natural resources (land, water, forests,..). The GMP is based on principles related to agriculture as the main engine of growth (in terms of value added, export and employment) and poverty alleviation strategy in 2020. Among these aggregation is considered as an innovative and equitable organization tool that considers partnership as a win-win business model along the value chain (upstream & downstream). Based on the "project" approach, the GMP considers two pillars: pillar I focusing on modern and capitalistic agriculture with high added value, et pillar II targeting less favored agriculture, especially in mountain, oases, and rain fed areas. The GMP aims at promoting private investment with public support to attract 10 billion DH per year of investment coupled with a series of policies to overhaul the agricultural sector (water and land policies, tax & trade policy, coaching) and protection of natural resources for sustainable agriculture (adaptation to climate change, desertification, bio-fuels, and renewable energy), (The GMP, 2008).



The GMP is aiming some expected impacts in terms of improvement of agricultural GDP, exports and private investment the agricultural sector. Among these impact, the GMP will focus on: (i) a more effective poverty alleviation- both in the countryside, but also in the disadvantaged peri-urban areas; (ii) improvement in purchasing power and price/quality ratio for Moroccan consumers in the domestic market and rebalancing- in the long term- the food deficit and securing trade; and (iii) improving the ability of new players in the sector to cope with market and natural hazards and implementing institutional innovations to meet water challenges.

The Argane tree (*Arganea spinosa*) is an endemic plant in Morocco and the production of Argane oil has historically been one of the most important sectors in the Moroccan economy. Argane forest area, covers 867,000 ha, is second in coverage after cork oak tree. The usage of Argane is various, which includes firewood and charcoal for heating and cooking, wood for carpentry and construction, fodder for animals, oil for culinary, cosmetic and medicinal purposes. The production of Argane oil has a labor intensive aspect, which provide 800 thousand working days per year for collecting its fire-woods, and provide 20 million working days per year for extracting the oil. Argane oil is produced mostly by women's cooperatives and 90% of rural economy of Argane forest region depends on Argane related products (Lybbert, Barrett and Narjisse, 2005).

In view of increasing demand for highly-quality Argan oil for edible oil and cosmetics, the production of Argane oil and its related products is considered as a part of Pillar II of the GMP. Also, the Ministry of Foreign Trade formulated an export promotion strategy: Maroc Export Plus in 2009, which involves upgrading export competitiveness by adding value, quality control, and promoting Moroccan products world wide under the label of Made in Morocco. The value added-Argane oil would have a potetial as an export product, reflecting the increasing demand by consumers in Europe, Israel, Japan, Canada and the USA.

In 1995, the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development and the GTZ<sup>1</sup> started to work together with Moroccan authorities on a conservation and development plan for the Arganeraie region (Esssaouira, Taroudant, Agadir Ida-Outanane, Inezgane Ait Melloul, Chtouka Aït Baha and Tiznit). As part of a GTZ-supported project, a framework plan of "Projet Conservation et Développement de l'Arganeraie" (PCDA) was worked out in 1997-1998. In 1999, "Union of Women's Cooperatives of the Arganeraie" (UCFA: Union des Coopératives des Femmes de l'Arganeraie) was founded with the help of the GTZ as a first amalgamation of 5 women's cooperatives from four Arganeraie provinces. The main of the UCFA aim is to market high-grade argan oil from the Arganeraie biosphere reserve to obtain adequate income for the cooperative members (Nill and Böhnert, 2006). Since the mid-2005, further amalgamations of traditionally working women's cooperatives, called "Groupement d'Interêt Economique (GIE)", have been formed with support from the "Projet Arganier" initiative. The purpose of forming the GIE is to promote the marketing of argan oil in the Arganeraie region (Nill and Böhnert, 2006).

Reflecting the increasing the importance of production of high-grade Argan oil and its marketing, one of the main challenges for the Argane sector in Morocco is the enhancement of productivity and level of technology. Hence, the investigation on level of the efficiency of technical and cost-benefit aspects of Argane oil producers may provide valuable insights into potential improvement of productivity. For the policy implementation, it would contribute to elicit implications by identifying the factors for improvement of the technical and cost efficiency. The objectives of this paper is to investigate the structure of production and productivity of Argane oil, and identify factors to improve the efficiency of technical and cost-benefit aspects of the Argane oil, (ii) to undertake a cost-benefit analysis of the small and medium Argane processing units dealing with the transformation of Argane oil production, and (iii) to investigate traditional usage of Argane oil and Argane related products.



## Analytical framework

The development of Argane project is considered part of Pillar II, to upgrade poor & low value agriculture. This pillar is targeting 600 000 to 800 000 farmers, with initial investments of 15 to 20 billion DH and 300 to 400 projects. Even these figures will change after the declaration of the newly appointed government of Morocco, the Argane value chain is considered as part of the niche projects because of its high value among the value chain, social investment and agricultural poverty alleviation, especially among women in the Argane regions. Argane projects can be considered as part of pillar II Projects because they are agricultural projects that are area specific, integrating the whole value chain (upstream and downstream), economically viable, based primarily on direct intervention of the State in marginal areas with focus on the adherence and professional organization of the beneficiary population, especially women, and taking into consideration natural resource management and environmental dimension. This section presents the analytical framework employed in this study: (i) technical efficiency of Argane oil production, (ii) Cost Benefit Analysis of Argane projects and (iii) sampling method and design of survey instruments.

### Technical efficiency of Argane oil production

The measurement of technical efficiency have become common framework with the development of the Stochastic Production Frontier (SPF) models by Aigner, Lovell and Schmidt (1977) and Meeusen and Van don Broeck (1977). Technical efficiency of  $i$ th firm is estimated by the difference between maximum possible output and observed output. A change in technical efficiency shows the movement of the firm's actual output to its maximum possible output, given the technology. In this methodology, production frontier represents maximum possible output with the given technology and the quantity of inputs, and actual level of production is assumed to be less than the frontier due to technical inefficiency and a random shock on production. In this sense, the production of Argane oil is assumed to be stochastic phenomenon, depending on characteristics of the oil extraction process such as hand-pressing and mechanical technology.

The approach adopted in this study is the general form of the panel data version of Aigner, Lovell and Schmidt (1977), which extended the Battese and Coelli (1995) model of the stochastic frontier production function. The SPF model is based on a parametric specification of technology with inefficiency effects. The disturbance term in stochastic production frontier is assumed to be composed of two elements: a symmetrical error term ( $v$ ) that accounts for random effects and a one-sided non-negative random disturbance ( $u$ ) that is not explained by the production function and associated with technical inefficiency of production.

Given the above, the Battese and Coelli (1995) model of stochastic frontier production function is adopted in the context of a cross-section data.

$$Y_i = f(X_i; \beta) + v_i - u_i, \quad (1)$$

where  $Y_i$  denotes gross production value for the  $i$ th firm;  $b$  is a vector of unknown parameters to be estimated;  $X_i$  is a vector of inputs of production and other explanatory variables associated with the  $i$ th firm;  $v_i$  refers to statistical random disturbance terms, assumed to be an independently and identically distributed  $N(0, \sigma_v^2)$ .  $u_i$  represents non-negative random variables, assumed to be independently and identically distributed  $N(0, \sigma_u^2)$  with truncations at zero.

Given the above assumptions, the following translog functional form was used for the estimation of the stochastic frontier production function:



$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=K}^M \beta_j \ln X_j + \frac{1}{2} \sum_{j=K}^M \sum_{k=K}^M \beta_k \ln X_j \ln X_k + v_i - u_i, \quad (2)$$

where the subscript  $i$  refer to the  $i$ th firm;  $j$  and  $k$  represents inputs applied to production ( $j, k = K, L, M$ );  $Y_i$  denotes gross production value of Argane oil for the  $i$ th firm measured in Moroccan Dirham;  $X_{Ki}$  denotes the capital stock measured in Moroccan Dirham;  $X_{Li}$  is total working hours of labour devoted to production;  $X_{Mi}$  is volume of intermediate inputs utilized in production in Moroccan Dirham in the  $i$ th firm;  $v_i$  is iid random disturbance term, and  $u_i$  refers to iid non-negative truncations of the normal distribution.

In this specification,  $(-u_i)$  measures distance between the realized output and the frontier output. The  $\exp(-u_i)$ , varies between 0 and 1, is a measure of the technical efficiency of the  $i$ th firm. Following Battese and Coelli (1995), the technical inefficiency effect,  $u_i$ , in the stochastic frontier model (1) could be specified in equation (3),

$$u_i = \delta z_i + w_i, \quad (3)$$

where  $\delta$  is a vector of unknown parameters to be estimated;  $z_i$  is a vector of explanatory variables associated with technical inefficiency in production;  $w_i$  is a random variable with zero mean and variance  $\sigma^2$  defined by the truncation of the normal distribution such that the point of truncation is  $-z_i\delta$ , i.e.  $w_i \geq -z_i\delta$ . The technical efficiency of production of the  $i$ th firm is defined by the ratio of the observed output to the corresponding frontier output:

$$E_i = \exp(-u_i) = \exp(-z_i\delta - w_i). \quad (4)$$

The prediction of technical efficiencies of the  $i$ th firm relies on the conditional expectation of  $u_i$ , given the model assumption. Given the assumptions of the statistical distribution of  $u_i$  and  $v_i$  and the maximum likelihood (ML) estimates of production frontier, the best predictor of  $u_i$ , given  $v_i - u_i$  (Battese and Coelli, 1993 ; Coelli et al., 2005). From the equation (4), the technical inefficiency effects to be estimated is defined as follows:

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 TEC_i + \delta_2 SKL_i + \delta_3 AGE_i + \delta_4 YOP_i + \delta_5 D_{AGi} + \delta_6 D_{AZi} + \delta_7 MOD_i + \delta_8 MEX_i + \delta_9 D_{QCi} + w_i, \quad (5)$$

where  $TEC$  is discrete variables that represent level of processing technology on a scale of 1 to 3 (1: traditional hand-pressed, 2: semi-mechanized, 3: mechanized);  $SKL$  denotes the share of skilled labor in total employee;  $AGE$  is average years of the member of firms (years);  $YOP$  is average years under operation of the firm (years);  $D_{AG}$  denotes the dummy variable that equals 1 if the firm exploits fruits under *agdar* rights, zero otherwise;  $D_{AZ}$  denotes the dummy variable that equals 1 if the firm exploits fruits under *azroug* rights, zero otherwise;  $MOD$  denotes share of market of products for domestic market (%);  $MEX$  denotes share of market of products for export (%);  $D_{QC}$  denotes the dummy variable that equals 1 if the firm applied quality control standard, zero otherwise;  $w_i$  refers to random term.

The parameters of the stochastic frontier production function in (2) and the model for technical inefficiency effects in (5) may simultaneously be estimated by the maximum likelihood model (Reinfschneider and Stevenson, 1991; Huang and Liu, 1994).



## Cost Benefit Analysis of Argane projects

Cost-benefit analysis (CBA) is an approach used to evaluate the Argane project. This approach will ensure that the Argane project gives sufficient incentives to producers, and minimum costs are used to achieve the project objectives, and the project is the best sustainable and economically feasible alternative. The analysis will seek whether the distribution of costs and benefits is consistent with project objectives. CBA will be used at different decision making: production models, farm models, and project levels.

The farms in the research area exhibit diversity in agricultural practices. Farmers in the sample have varying degrees of market development, land tenure, and technology use. The farm is considered as the basic unit of production where factors of production, such as family and hired labor, land, and capital, are allocated to satisfy household production and consumption objectives. This is the level at which operational decisions are made. The farm-level data will be obtained from private and communal farms (cooperatives, associations, extended households) with different land tenure arrangements.

Key information at the farm level deals with the diversity of farms to build up different farm models that represent a variety of situations of farmers using Argane tree, and the financial and economic situation of farmers in the study area. Data deals also with cropping intensity and cropping pattern that specifies how land is used without and with new technologies relates to Argane. Cropping patterns will be specified in terms of the number of hectare of different crops grown in the farm for the existing and future technologies. A build up over an economic life time (ELT) for Argane and other crops used in the farm, with a specification of the “with” and “without” project situations. Simulations on different ELT, aggregated costs and benefits, lags in benefits and costs will be done to measure the impact of these variables. Other information at the farm level concerns production technologies related to different agricultural practices, family households activities and resources over time.

Farm models will be studied in terms of production and inputs, labor budget, intermediate good budget, credit analysis, financial budget, and technology summary. Production and inputs will deal with variables such as the cropping intensity and patterns, production, input and labor use. Labor budget relates to the required labor over the cropping season, family labor available, hired labor, and family labor use over time, off-farm employment and unused family labor. Intermediate good budget involves on-farm production of intermediate goods and substitutes, and net purchases or sales of intermediate goods. Credit analysis has to do with long and short term credit requirements, debt service and working cash management.

Production models will be built via the collection of outputs and input technical coefficient for each crop and activities to build productivity and inputs at the crop level (yields, inputs, and labor). Financial and economic partial budgets will be developed in terms of revenue, costs of inputs, income before labor costs or gross margin, labor costs, and income after labor costs. At the production models, the CBA will ensure that outputs and the technical coefficients of inputs for each production models (crop including Argane tree, livestock activity (goats, camels, sheep) and income generating activities related to the Argane value chain) are viable and worthy. Using farmod software, the research aims at analyzing productivity and inputs (output, inputs), financial budget (income, production costs, returns before costs (gross margin), labor costs by assuming that all paid labor is employed, and returns after the costs.

The analysis is made at the crop level because it is the elementary unit of land appropriation and use. A parcel may contain many plots. Plots are defined as adjacent segments of land allocated for a certain crop or combination of crops and managed by the same household head. The plot level analysis is necessary because farms are fragmented into different plots that do not necessarily have the same household strategies. Besides, rent contracts for private lands are realized at the plot level and the enlargement of the farm is accomplished through the purchase of additional plots. In addition, data related to the plot is more accurate because operations are managed at the plot level and farmers are able to recall inputs and investments realized at that level.



Variance across individual plots within the farm may be explained by in situ soil endowments, topography, and land rights arrangements. Even though the parcels are within homogeneous agro-climatic zones, these differences may induce different agricultural practices across the farm level. Such site-specific characteristics would be obscured if the study were conducted only at the farm level.

Information is related to units of crop area (in hectares) and deals with quantities and prices of outputs (main production and by products) and input (operating costs, investment costs). Data on labor use by gender and time for both family and hired labor. Financial budget relates to: (i) the revenues from the main production, by-products and off-farm employment; (ii) investment and operating costs, (iii) net impact of financing; (iv) farm family benefits, (v) farm family benefits per family day of labor; (vi) incremental farm family benefit per incremental family day of labor, additional agricultural family benefit per additional family working day.

An incremental and marginal analysis will be done by comparing the present, the future existing and the future technologies, and the percentage changes for production, by-products, inputs and labor for each production technology used in a family household model and area.

CBA will be done at the crop, farm, and project level in both deterministic and stochastic environment. This approach will test the validity and robustness of worthiness indicators used in a deterministic and probabilistic environment at different decision making centers: i) production models including Argane tree, livestock activities (related to Argane trees), and Argane oil processing; ii) farm models, iii) and sub-project/project levels.

A model of risk will be used for the probabilistic environment to take into account the interval of possible values of the main production parameters mentioned. This analysis is made using the «Monte-Carlo» Simulation. This method allows a combination of many entry variables (yield of different crops, sale price, production costs, and investments in Argane oil processing units). A probability distribution is affected to each of these entry variables to test the robustness/validity of main worthiness indicators of the project (financial and economic rate of return, net present value, Benefit cost ratio, discounted payback). The risk analysis tool used in this research is @risk because of its properties of simulation.

## Sampling method and Design of survey instruments

The Agadir project area will be stratified taking into account the density of the Argane tree population, with three strata (low, medium and high density). Sampling will be undertaken among these three strata. Thus, the 120 farm questionnaires to be filled out will be made for 30 farms (randomly chosen) by density class. In order to achieve the study objectives, reliable data will be collected from all stakeholders in the Argane sector including producers, collectors, vendors, wood users and other by-products, professional organizations and NGOs, and traders (seeds, oils and other derivatives of the Argane tree). Tools and instruments for data collection are divided into focus groups and questionnaires. Questionnaire surveys will be reserved for producers while focus group will be used to gather information from various other industry players.

**Questionnaire Design.** After an initial exploratory phase (literature review, meetings, and field visits), to better define the problem setting, a questionnaire for data collection was developed. The structure of the questionnaire is intended not only to gather quantitative information needed to calculate indicators and relevant parameters, but also bring together a set of qualitative information, hard to quantify, to better understand the Argane value chain. To design the questionnaire, the following steps will be adopted: i) establishment of the list of information to be collected. The objectives of the study, the information already available on the subject and discussions with resource persons should be considered at this phase; ii) determining the content of each question so that respondents can be able to share information; and iii) determining the type of questions to use. Dichotomous, polytomous, and single or multiple responses were preferred. The proposed methods are based on questions from previous studies and discussions with resource persons. However, open questions were also proposed. The questionnaire will be final after a pilot phase, tested on a certain number of Argane stakeholders.





**Control, processing and data use.** The verification, validation and coding will begin with the editing, coding and validation of the questionnaire. Data entry will be done using SPSS statistical software and filters for aberrations detection. It will be followed by a cleaning if necessary. After completion of the entry, examination, a thorough and automated qualitative and quantitative data will allow to verify if the entered data belong to reasonable intervals. Once data entry errors corrected, the next step will involve the examination and use of data itself. It will be conducted using the SPSS. The variables included in the questionnaire will undergo a flat sorting. This analysis in the form of statistical parameters and graphs allow an adequate description and a preliminary analysis of data. Later, we will try the links and dependencies between variables by a targeted and reasonable crossing to have a combination of variables resulting in the establishment of contingency tables or correlation parameters.

Statistical techniques will be used to understand the Argane industry and meet the objectives of our study. This includes the following methods including: i) multivariate descriptive methods such as Principal Component Analysis and Correspondence Analysis. These two approaches, adapted to quantitative and qualitative variables, will help us to better understand the multidimensional aspect data. There are also plans to use methods of typology to establish homogeneous classes of Argane producers by looking for similarities and dissimilarities between the few classes that will be created; ii) simple regression and possibly a nonlinear modeling; and iii) simultaneous regression equations.

## The empirical econometric model

This model will be used to formally test the relationship between productivity and usage of Argane. This framework will be specified to compute simultaneous estimates of the demand coefficients and to test the relationships between a bundle of dependent variables including investment, inputs use, and agricultural productivity, and independent variables including agricultural practices, tenure security, and household and plot characteristics. The structural equations characterize the model's underlying economic assumptions about each endogenous variable by expressing it in terms of both endogenous and exogenous variables. The model will provide an appropriate treatment of the dual causality that is inherent to the system. The structural estimation approach is preferred in such econometric setting because of the large number of explanatory variables that would be required in the reduced form equations for this analysis. This structural model will contain different behavioral equations. The behavioral equations indicate the theoretical interrelationships between the variables. The behavior of the variables is jointly determined in the simultaneous system.

Model variables involve a set of dependent and independent variables that will be used in the models. The dependent variables may include long- and medium-term investments, the use of inputs, and agricultural productivity. The independent variables include household characteristics, plot characteristics, and tenure variables. Land investments are interconnected and relate to long-term investments. Medium-term investments are indicated by the use of manuring. These investments are assumed to have positive effects on the use of inputs and on farm productivity. Input use is a short-term investment that can be measured as the use of seeds, fertilizers, pesticides, mechanical traction, and other inputs. For the model estimation, input use will be measured in terms of the aggregate costs of different inputs used including hired labor. Input use is assumed to have a positive effect on agricultural productivity. The value of agricultural productivity will be measured in terms of the total value product of the output of different crops grown on the plot level multiplied by a weighted average price for each crop.

As for the independent variables, multiple observations related to plot and household characteristics capture both observed and unobserved cross parcel and household variations. Household characteristics include experience and managerial skills, and the characteristics of the farm. Experience and managerial skills are hypothesized to increase the probability of investment due to greater use of enhanced technology and improved farm management practices. This variable may be included in the model by the age of the household head, the number of years of farming, and the number of years of schooling. Another important household characteristic is the household size, measured in terms of the number of family members living in the same house.



Livestock units are measured in terms of the number of livestock on the farm, with different weights assigned to different types and ages of animals (0.7: adult cattle; 0.5: young cattle; 0.15: adult sheep and goats; 0.1: young sheep and goats). The aggregate value of farm buildings and farm equipment is the discounted and depreciated value of buildings, such as houses, stables, and storage facilities, and equipment, such as tractors, wells, irrigation tubs, greenhouses, pump and wells, cars, sprayers and other equipment on the farm.

The characteristics of the plot include land quality and the crops grown. Land quality is measured by soil type, the size of the parcel, and the share of irrigated area in total area. Larger, flat parcels with good soil quality increase the likelihood of all investments being realized. The type of crop grown is another plot characteristic. The decision to invest might be significantly influenced by regional characteristics. These include the temperature and climate, rainfall, and access to markets and roads. Because the number of potential environmental conditions is often large, it is usually preferable to control for them by using geographical region as a control variable. The location is also incorporated to capture the effects missed by other parcel and household characteristics. It is a binary variable that identifies the location of the farm as being either in different locations of the study area.

Data collection for the build up of the CBA framework will be undertaken in the Agadir region in the framework of Argane projects of the pillar 2 of the GMP, in March 2012. Contacts were made with the managers and staff of the ANZOA and DREF in December 2011 for data collection. The software to be used in this research are diversified, and include Frontier for Technical Efficiency, SPSS for data analysis and econometrics, and farmod for farm modeling and CBA, @risk for the analysis of CBA under risk and uncertainty.

## Acknowledgement

*The authors acknowledged that this research was partially supported by Japan Society of Promotion of Science (JSPS) under the Asia Africa Science Platform Program entitled: "Establishment of Integrative Research Base by Humanities and Sciences on Valorization of Useful Plants for Regional Development in North Africa".*

## Références bibliographiques

- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. & Schmidt, P.** Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 1977, Vol.6, No.1, p. 21-37.
- Almansa, C., & Martínez-Paz, J. M.** What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic approach. *Science of the Total Environment*, 2011, p.1305–1314.
- Battese, G.E.** Frontier Production Functions and Technical Efficiency: A Survey of Empirical Application in Agricultural Economics. *Agricultural Economics*, 1992, Vol.7, p. 185-208.
- Battese, G.E. & T.J. Coelli, T.J.** Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects. Working Paper in Econometrics and Applied Statistics No.69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia, 1993.
- Battese, G.E. & Coelli, T.J.** A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*, 1995, Vol.20, Issue2, p. 325-332.
- Coelli, T.J.** A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. CEPA Working Papers, No. 7/96, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia, 1996.
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J. & Battese, G.E.** *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Second edition, Springer Science+Business Media, Inc.: New York., 2005.



- Nil, D. & Böhnert, E.** *Value Chains for the Conservation of Biological Diversity for Food and Agriculture: Potatoes in the Andes, Ethiopian Coffee, Argan Oil from Morocco and Grasscutters in West Africa.* Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) and Global Facilitation Unit for Underutilized Species (GFU), 2006.
- Gittinger, J. P.** *Analyse Economique des Projets agricoles* (éd. 2ème édition). Paris: Economica, 1985.
- Hansjürgens, B.** Economic valuation through cost-benefit analysis –possibilities and limitations. *Toxicology* (205), 241–252, 2004.
- Huang, C.J. & Liu, J.T.** Estimation of a Non-Neutral Stochastic Frontier Production Function. *Journal of Productivity Analysis*. 1994, Vol.2, p. 171-180.
- Kumbhakar, S.C., S. Ghosh, S. & McGuckin, J.T.** A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1991, Vol.9, p. 279-286.
- Lovell, C.A.K.** Production Frontiers and Productive Efficiency. in Fried, H.O., Lovell, C.A.K. & Schmidt, S.S. eds., *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. New York: Oxford University Press, 1993, p. 3-67.
- Lybbert, T.J., Barrett, C.B. & Narjisse, H.** Market-based conservation and local benefits: the case of Argane oil in Morocco. *Ecological Economics*, 2005, Vol.41, p. 125-144.
- Meeusen, W., & J. Van den Broeck** Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. *International Economic Review*, 1977, Vol.18, p. 435-444.
- Nugent, J. & Pesaran, H.** *Explaining Growth in the Middle East*, Elsevier: Amsterdam and Oxford, chapter 5, 2007, p. 137-157.
- Reifschneider, D. & Stevenson, R.** Systematic Departures from the Frontier: A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency. *International Economic Review*, 1991, Vol.32, p. 715-723.
- Pearce, D., & al.** *Analyse coûts-bénéfice et environnement, développements recents*. Paris: OCDE, 2006.
- Rich, K. M., & al.** *A review of economic tools for the assessment of animal disease outbreaks*. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2005, 24 (3), 833-845.
- RuralInvest.** *Une méthode participative pour la formulation et le suivi des petits projets d'investissement en milieu rural*. Rome: Division du Centre d'investissement de la FAO, Rome, 2006.
- Zerbe, R. O., & Divery, D. D.** *Benefit-Cost analysis, in theory and practice*. Université de Washington: Happers collins, 1994.

**(Endnotes)**

- 1- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.



# Criblage Virtuel POM des Acides Boswelliques comme agents antitumoraux et Analogues des Arganines A-K de l'*Argania spinosa*

**Ben Hadda T.<sup>1\*</sup>, Gharby S.<sup>2</sup>, Charrouf Z.<sup>2</sup>, Al Afeefy A.<sup>3</sup>, Kabouche Z.<sup>5</sup> & Masand V.<sup>4</sup>**

1 - Prof. au Laboratoire Chimie des Matériaux, Faculté des Sciences d'Oujda, Université Mohammed Premier, Oujda-60000, Morocco. E-mail: tbenhadda@yahoo.fr

2 - Prof. Charrouf et Doct. Gharby au Laboratoire de Chimie des Plantes et de Synthèse Organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, B.P. 1014 RP, Rabat, Morocco. E-mails: zcharrouf@yahoo.fr; S.gharby@yahoo.fr

3 - Prof. au Department of Pharmaceutical Chemistry, College of Pharmacy, Alkharj University, Alkharj, 11451, P.O. Box 2457, Saudi Arabia. E-mail: aalafeefy@yahoo.com

4 - Prof. au Department of Chemistry, Vidya Bharati College, Amravati, Maharashtra, India. E-mail: vijaymasand@gmail.com

5 - Prof. A la Faculté des Sciences, Laboratoire d'Obtention de Substances Thérapeutiques (LOST), Université Mentouri-Constantine, Constantine 25000, Algeria. E-mail: zkabouche@yahoo.com

## Résumé

Plusieurs analogues des saponines naturelles (Arganines A-K) ont été préparées par semi-synthèse,[1] en modifiant les substituants à différentes positions du squelette carboné; ces auteurs ont élucidé le rôle structural des groupements fonctionnalisés; cétoniques, et hydroxyls et ester sur l'activité biologique de ces saponines.

Pour notre part, en utilisant le criblage virtuel (POM), nous avons confronté nos résultats bioinformatiques aux résultats expérimentaux ci dessus, en étudiant les propriétés physico-chimiques, pharmaceutiques et les effets toxiques possibles de ces saponines. Les résultats révèlent que la modification de la molécule originale, à ces groupes fonctionnalisés change de façon significative l'activité biologique de la molécule mère.

**Mots clés :** Bioinformatique, criblage virtuel (POM), sites pharmacophores, saponines, *Argania spinosa*, Acides boswelliques naturels.



## Virtual POM Screening of Boswellic Acids as Analogues of Arganines A-K extracted from *Argania spinosa*

### Abstract

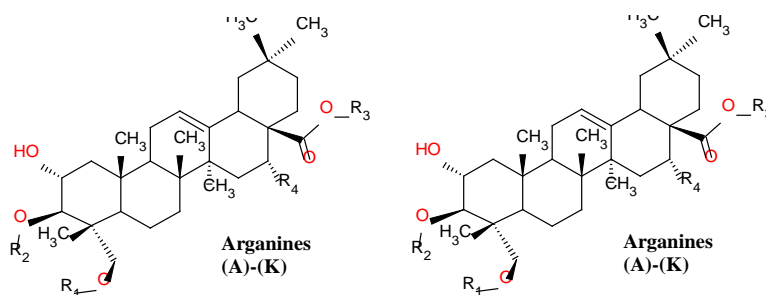
Several analogues of natural saponins (Arganines A-K) have been semi-synthesized [1] by modifying the substituents at different positions of the carbon skeleton; in order to elucidate the structural role of this drug's ketonic/ester/alcohol functionalized groups. By using a virtual screening, we studied the physico-chemical and pharmaceutical properties and the toxic effects of these molecules. In present work, we have amalgamated three programs Petra/Osiris/Molinspiration (POM) for theoretical prediction studies of the anti-Cancer activity. The results reveal that the modification of the original molecule (Arganine) at those functionalized groups change significantly the biological activity of the molecule.

**Keywords:** Bioinformatics, virtual screening, pharmacophore sites, saponins, *Argania spinosa*, Natural Boswellic acids.

### Introduction

Pharmacologically, saponins family is the most important class of organic compounds that has been extracted from *Argania spinosa* L. tree of Agadir at Morocco. Unfortunately, it received less interest than it deserves. In this communication, we will compare with similar patented saponins derivatives (Natural Boswellic acids).

The present investigation relates to pharmaceutical evaluation of compounds of general formula 1 with anticancerous activity.



**Figure 1.** General structure of some semi-synthetic Boswellic acids (a)-(f) [1] and some saponins extracted from *Argania spinosa*; the natural Arganines (A)-(K) [4-8].

## Results and discussion

### Antitumoral screening of Boswellic acids

All boswellic acids (A)-(F) are derived semi-synthetically from natural triterpenoic acids known as boswellic acids by the induction of apoptosis there of cytotoxicity and anti-cancer activity displayed by semi-synthetic analogues of natural triterpenes, known as Boswellic acids [1]. These compounds may be used for the treatment of cancer of colon, prostate, liver, breast, central nervous system (CNS), leukemia (Tables 1 & 2) and malignancy of other tissues, including ascites and solid tumors [1].



**Table 1.** Preliminary bioactivity of boswellic acids as cytotoxic agent related anti-cancer agents [1].

Compd.	Substituents					Bioactivity [1]
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	IC50 (μM)
(A)	H	H	H	CH <sub>3</sub>	H	13
(B)	H	H	H	H	CH <sub>3</sub>	14
(C)	H	H	(O=)	CH <sub>3</sub>	H	10
(D)	H	CH <sub>3</sub> CO	H	CH <sub>3</sub>	H	16
(E)	H	CH <sub>3</sub> CO	H	H	CH <sub>3</sub>	12
(F)	H	CH <sub>3</sub> CO	(O=)	CH <sub>3</sub>	H	15

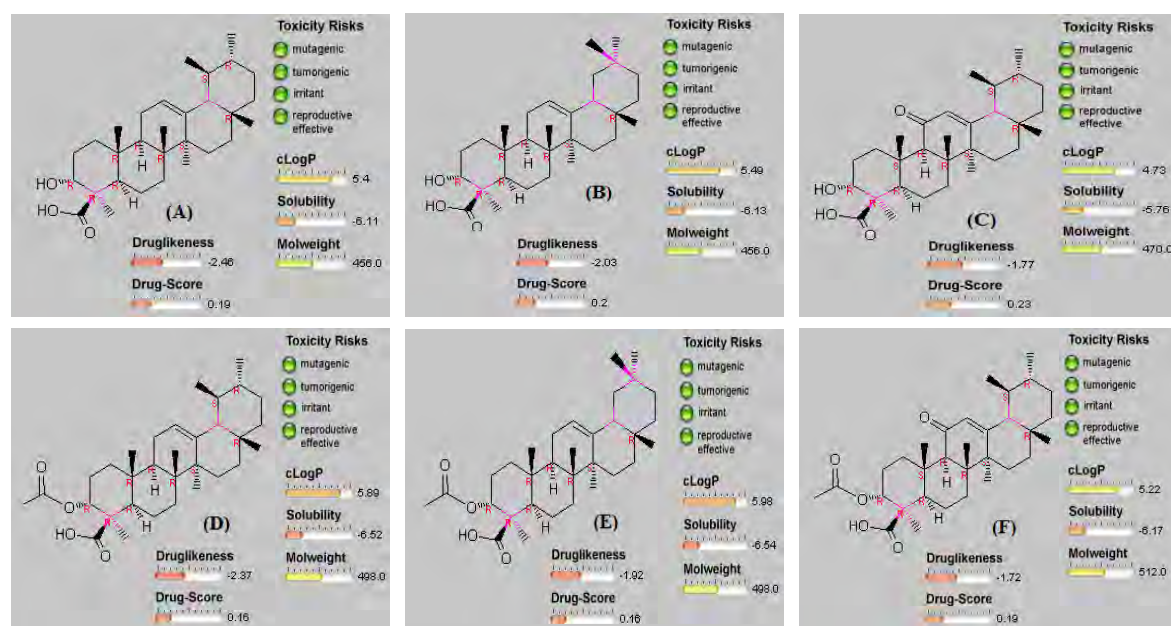
**Table 2.** *In-vitro* cytotoxicity of natural boswellic acids on human cancer cell lines [1].

Compd.	Conc.	Cell Lines					
		HT-29	Colon SW-620	Colo-205	Hep-2	(Lung) DU-145	PC-3
(A)	5x10 <sup>-5</sup>	68	61	86	45	95	100
(D)	5x10 <sup>-5</sup>	96	97	95	88	0	45
(E)	5x10 <sup>-5</sup>	91	91	89	62	88	79

## Virtual screening and molecular properties calculations

### Osiris Calculations:

Structure based design is now fairly routine but many potential drugs fail to reach the clinic because of ADME-Tox liabilities. One very important class of enzymes, responsible for many ADMET problems, is the cytochromes P450. Inhibition of these or production of unwanted metabolites can result in many adverse drug reactions. Of the most important program, Osiris is already available online. With our recent publication of the drug design combination of various pharmacophore sites [9-15], by using heterocyclic structure, it is now possible to predict activity and /or inhibition with increasing success in two targets (bacteria and HIV virus). This is done using a combined electronic/structure docking procedure and an example will be given here. The remarkably well behaved mutagenicity of divers synthetic molecules classified in data base of CELERON Company of Switserzland can be used to quantify the role played by various organic groups in promoting or interfering with the way a drug can associate with DNA. Toxicity risks (mutagenicity, tumorigenicity, irritation, reproduction) and physicochemical properties (ClogP, solubility, drug-likeness and drug-score) of compounds **(A)-(F)** are calculated by the methodology developed by Osiris as a sum of fragment-based contributions and correction factors (Table 3 & Figure 3).

**Figure 3.** Bioavailability evaluation and toxicity risks determination by using POM suite [2].

### Molinspiration calculations

CLogP (octanol/water partition coefficient) is calculated by the methodology developed by Molinspiration as a sum of fragment-based contributions and correction factors. The method is very robust and is able to process practically all organic and most organometallic molecules [9-15]. Molecular Polar Surface Area TPSA is calculated based on the methodology published by Ertl et al. as a sum of fragment contributions. O- and N- centered polar fragments are considered. PSA has been shown to be a very good descriptor characterizing drug absorption, including intestinal absorption, bioavailability, Caco-2 permeability and blood-brain barrier penetration. Prediction results of compounds and molecular properties (CLogP, TPSA, GPCR ligand and ICM) are valued (Tables 3 & 4).

**Table 3.** Osiris calculations of compounds **(A)-(F)**.

Compd.	Toxicity Risks				Osiris calculations				
	MUT	TUMO	IRRI	REP	MW	cLogP	S	DL	D-S
(A)					456	5.4	-6.11	-2.46	0.19
(B)					456	5.5	-6.13	-2.03	0.2
(C)					470	4.73	-5.76	-1.77	0.23
(D)					498	5.89	-6.52	-2.37	0.16
(E)					498	5.98	-6.54	-1.92	0.16
(F)					512	5.22	-6.17	-1.72	0.19

Lipophilicity (clog P value) and polar surface area (TPSA) values are two important predictors of per oral bioavailability of drug molecules. Therefore we calculated log P and PSA values for compounds **(A)-(F)** using molinspiration software programs and compared them to the values obtained for standard market available drugs. In contrast to all compounds, for compound **(C)**, the calculated log P value is lower than 5, which is the upper limit for drugs to be able to penetrate through biomembranes according to Lipinski's rules. The polar surface area (PSA) is calculated from the surface areas that are occupied by oxygen and nitrogen atoms and by hydrogen atoms attached to them. Thus, the PSA is closely related to the hydrogen bonding potential of a compound. Molecules with PSAs of 140 Å or more are expected to exhibit poor intestinal absorption.

The toxicity risk predictor locates fragments within a molecule which indicate a potential toxicity risk. Toxicity risk alerts are an indication that the drawn structure may be harmful concerning the risk category specified. From the data evaluated in Table 4 indicate that, all structures are supposed to be mutagenic when run through the mutagenicity assessment system but as far as irritating and reproductive effects are concerned, all the compounds are at low risk comparable with standard drugs used. The log P value of a compound, which is the logarithm of its partition coefficient between n-octanol and water, is a well established measure of the compound's Hydrophilicity. Low Hydrophilicity and therefore high log P values may cause poor absorption or permeation. It has been shown for compounds to have a reasonable probability of being well absorb their log P value must not be greater than 5.0. On this basis, all the series is having log P values under the acceptable criteria. Along with this, compound **(C)** which has shown good antitumoral screening results is having low log p values as compared to other compounds in the series. The aqueous solubility of a compound significantly affects its absorption and distribution characteristics. Typically, a low solubility goes along with a bad absorption and therefore the general aim is to avoid poorly soluble compounds.



Our estimated log S value is a unit stripped logarithm (base 10) of a compound's solubility measured in mol/liter. There are more than 80% of the drugs on the market have an (estimated) log S value greater than -4. In case of compound **(A)-(F)**, values of log S are low as compared to others published series. Further, the Table 4 shows drug likeness of compounds **(A)-(F)** which is not in the comparable zone with that of standard drugs. The drug score combines drug likeness, clogP, logs, molecular weight and toxicity risks in one handy value than may be used to judge the compound's overall potential to qualify for a drug. The reported compounds **(A)-(F)** showed moderate to good drug score.

**Table 4.** Molinspiration calculations of molecular properties and drug-likeness of natural Boswellic acids **(A)-(F)**.

Compd.	MW	Molinspiration calculations <sup>[a]</sup>					Drug-likeness <sup>[b]</sup>			
		cLogP	TPSA	OHNI	NV	Vol	GPCRL	ICM	KI	NRL
<b>(A)</b>	457	6.79	58	2	1	471	-0.81	0.02	-0.44	0.79
<b>(B)</b>	457	6.79	58	2	1	471	0.24	0.01	-0.35	0.67
<b>(C)</b>	471	5.69	75	2	1	474	0.23	0.05	-0.63	0.84
<b>(D)</b>	499	7.493	64	1	1	508	0.06	0.02	-0.49	0.69
<b>(E)</b>	499	7.43	64	1	1	508	0.15	0.04	-0.41	0.58
<b>(F)</b>	513	6.39	81	1	2	510	0.15	0.10	-0.66	0.31

<sup>[a]</sup> TPSA: Total Polar Surface Area; ONI: OH--NH Interaction; NV: Number of Violation, Vol: volume.

<sup>[b]</sup> GPCRL: GPCR ligand; ICM: Ion Channel Modulator; KI: Kinase Inhibitor; NRL: Nuclear Receptor Ligand.

As recapitulation, we can say that the understanding of this situation of various bioactivities of saponins of *Argania spinosa* is easy to interpret for the structural pharmacophore site in right face to which should added a supplementary pharmacophore site in left face.

## Conclusion

The results of present investigation support the suggested antitumoral pharmacophore sites of boswellic acids. It has been suggested that the combination of two functional groups such as two carboxylates or a carboxylate with hydroxyl groups present in these compounds are "pharmacophoric" in nature. On the other hand, the rest of substituents (methyl substituents) increase the hydrophobic character and liposolubility of the molecules. This in turn, enhances activity of the compounds and biological absorbance, so as, all the semi-synthesized boswellic acids could be oxidized on double bond and lead to new series containing more than one pharmacophore site have better pharmaceutical properties.

## Acknowledgements

Prof. T. Ben Hadda is indebted to Organisations of "Premier Congrès International sur l'Arganier, 15-17 décembre, 2011, Agadir, Morocco", for financial support and transport facilities. He attests her that it was a real success.





## Références bibliographiques

- [1] **Ghulam Nabi Qazi et al.** Use of Demi-Synthetic Analogues of Boswellic Acids for Anticancer Activity. *United States Patent Application Publication* N°.: US 200910298938 A1 (Dec. 3, 2009).
- [2] **Chohan, Z.H., Youssoufi, M.H., Jarrahpour, A., Ben Hadda, T.** Identification of antibacterial and antifungal pharmacophore sites for potent bacteria and fungi inhibition: Indolenyl sulfonamide derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry* 45 (2010) 1189–1199.
- [3] **Bennani, B., Kerbal, A., Daoudi, M., Filali Baba, B., Al Houari, G., Jalbout, A.F., Mimouni, M., Benazza, M., Demailly, G., Akkurt, M., Yıldırym, S., Hadda, T.B.** Combined drug design of potential Mycobacterium tuberculosis and HIV-1 inhibitors: 3',4'-di-substituted-4'H-spiro[isothiochromene-3,5'-isoxazol]-4(1H)-one. *Arkivoc* 2007 (xvi) 19-40.
- [4] **Drissi, A., Bennani, H., Giton, F., Charrouf, Z., Fiet, J., Adlouni, A.** Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert an antiproliferative effect on human prostate cancer. *Cancer Invest.* (2006) 24(6):588-92.
- [5] **Alaoui, A.; Charrouf, Z.; Soufiaoui, M.; Carbone, V.; Malorni, A.; et al.** Triterpenoid saponins from the shells of *Argania spinosa* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50 (16), 4600–4603.
- [6] **Samane, S., Noel, J., Charrouf, Z., Amarouch, H., Haddad, P.S.** Insulin-sensitizing and Anti-proliferative Effects of *Argania spinosa* Seed Extracts, *eCAM* (2006) 1-11. doi:10.1093/ecam/nel015.
- [7] **Charrouf, Z., Guillaume, D.** Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *J Ethnopharmacol* (1999) 67:7–14.
- [8] **Charrouf, Z., Guillaume, D.** Ethnoeconomical, Ethnomedical, and Phytochemical Study of *Argania spinosa* (L.) Skeels: A Review. *Journal of Ethnopharmacology* (1998) 1-8.
- [9] **Sheikh, J., Parvez, A., Ingle, V., Juneja, H., Dongre, R., Chohan, Z.H., Youssoufi, M.H., Ben Hadda, T.** Synthesis, Biopharmaceutical Characterization, Antimicrobial and Antioxidant Activities of 1-(4'-O- $\beta$ -D-Glucopyranosyloxy-2'-hydroxyphenyl)-3-aryl-propane-1,3-diones. *Europ. J. Med. Chem.*, 46 (2011) 1390–1399.
- [10] **Parvez, A., Jyotsna, M., Sheikh, J., Tiwari, V., Dongre, R., Ben Hadda, T.** Predictions and Correlations of Structure Activity Relationship of Some Aminoantipyrine Derivatives on the basis of Theoretical and Experimental Ground. *Med. Chem. Research*, (2010) DOI: 10.1007/s00044-010-9505-0.
- [11] **Parvez, A., Meshram, J., Youssoufi, M.H., Ben Hadda, T.** Theoretical Calculations and experimental Verification of the Antibacterial Potential of Some Monocyclic beta-lactams Containing Two Synergetic Buried Antibacterial Pharmacophore Sites. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon And the related Elements*, 7 (2010) 1500–1510.
- [12] **Parvez, A., Meshram, J., Tiwari, V., Sheikh, J., Dongre, R., Youssoufi, M.H., Ben Hadda, T.** Pharmacophores Modeling in Terms of Prediction of Theoretical Physicochemical Properties and Verification by Experimental Correlations of Novel Coumarin Derivatives Produced Via Betti's Protocol. *Eur. J. Med. Chem.* 45 (2010) 4370–4378.
- [13] **Chohan, Z.H., Sumrra, S.H., Youssoufi, M.H., Ben Hadd, T.** Metal Based Biologically Active Compounds: Design, Synthesis and Antibacterial/ Antifungal /Cytotoxic Properties of Triazole Derived Schiff bases and their Oxovanadium(IV) Complexes, *Eur. J. Med. Chem.*, 45 (2010) 2739–2747.



- [14] **Jarrahpour, A., Motamedifar, M., Zarei, M., Youssoufi, M.H., Mimouni, M., Chohan, Z.H., Ben Hadda, T.** Petra, Osiris and Molinspiration Together as a Guide in Drug Design: Predictions and Correlation Structure/Antibacterial Activity Relationships of New N-Sulfonyl Monocyclic  $\beta$ -Lactams (Part II). *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements (PSSI)*, 185 (2010) 491–497.
- [15] **Parvez, A., Jyotsna, M., Youssoufi, M.H., Ben Hadda, T.** Bioinformatic Prediction and Experimental Verification of Antibacterial potential of Some Monocyclic  $\beta$ -Lactams Containng Two Synergetic Buried Antibacterial Pharmacophore Sites (Part II). *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements (PSSI)* 185 (2010) 1500–1510.



# Comparative study of argan and olive fruits and oils

**Dalila Demnati<sup>1</sup>, Sebastián Sánchez<sup>2</sup>, Rafael Pacheco<sup>2</sup>, Mohamed Zahar<sup>1</sup> & Leopoldo Martínez<sup>2</sup>**

1- Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan. BP 6202, 10101, Rabat, Morocco.  
Email: dalilademnati@yahoo.fr

2- Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas 23071 Jaén, Spain.  
Email: ssanchez@ujaen.es

## **Abstract**

*This study was conducted to compare argan and olive fruits and virgin oils. Dry argan fruits, traditional and semiautomatic extracted argan oils, from roasted and unroasted seeds, from Essaouira's area, were studied. Morphological characteristics of argan fruit were determined and compared with the 'Picual' olive's ones. The results showed certain similarities between the two fruits. The quality parameters analyzed were acidity and peroxide value, K270, K232 and  $\Delta K$ , total phenols and oil stability, comparing them with those of 'Picual' virgin olive oil. Quality parameters corresponded to the Moroccan Standard for edible virgin argan oil. Traditional argan oil showed the lowest stability whereas semiautomatic edible oil presented the highest one. However, virgin olive oil showed higher phenol content and better oxidative stability than the virgin argan oils.*

**Keywords:** Argan, Olive, Fruit, Quality Parameters, Phenols, Oil Stability.

## **Etude comparative des caractéristiques des fruits et des huiles d'argan et d'olive**

### **Résumé**

*Cette étude a pour but de comparer le fruit et l'huile d'argan et d'olive vierges. Les fruits secs d'arganier, les huiles d'argan obtenues par un procédé traditionnel ou semi-automatique, à partir d'amandons torréfiés ou non, de la région d'Essaouira, ont été étudiés. Les caractéristiques morphologiques du fruit de l'arganier ont été déterminées et comparées à ceux de l'olive, variété 'Picual'. Les résultats ont montré certaines similitudes entre le fruit de l'arganier et celui de l'olive. Les paramètres de qualité analysés sont l'acidité, l'indice de peroxydes, K270, K232 et  $\Delta K$ , ainsi que la teneur en polyphénols totaux et la stabilité oxydative de l'huile. Les indices de qualité correspondent à ceux donnés par la Norme Marocaine relative à l'huile d'argan vierge comestible. L'huile obtenue par le procédé traditionnel présente la plus faible stabilité alors que l'huile alimentaire extraite par le procédé semi-automatique présente une grande stabilité. Cependant, l'huile d'olive vierge renferme une teneur plus élevée en polyphénols totaux et présente une meilleure stabilité à l'oxydation que les huiles d'argan vierges.*

**Mots-clés :** Argan, Olive, Fruit, Paramètres de qualité, Phénols, Stabilité de l'huile.



## Introduction

The argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) belongs to the Sapotaceae family. It is perfectly adapted to his environment and plays essential local ecological and economical roles in south-western Morocco. His fruit is a drupe with an average weight from 5 to 20 g [1]. The mesocarp or pulp surrounds the epicarp or nut which contains between 1 and 3 seeds. This component is the most important for its oil wealth but it does not represent more than 10% of the dry fruit weight. Although the oil represents approximately half of the seed, it does not exceed 5% of the fruit weight [2].

The argan tree lives since centuries close to the olive tree, one of the main fruit-bearing species of the kingdom. In the same way, the argan oil was often compared with the olive one, for its physicochemical composition as well as for its nutritional and therapeutic properties.

The fatty acid composition of the argan oil is constituted mainly by: palmitic (16:0), stearic (18:0), oleic (18:1), and linoleic (18:2) acids. The difference with the olive oil, with respect to fatty acids, is essentially the oleic and linoleic contents. Due to his monounsaturated and polyunsaturated fatty acid wealth, the argan oil is considered as an oleic-linoleic type, which confers it a high dietetic value [3].

Oil extraction from argan seeds is made through a traditional process or a semiautomatic one. In the case of edible oils, seeds are roasted before extraction, but when the oil is used for cosmetics, no seed roasting is required. Several cooperatives and private enterprises are established in south-west Morocco producing and commercializing edible and cosmetic argan oil. In the laboratory the solvent extraction is made using the Soxhlet system.

In the present work, dry fruits, edible and cosmetic argan oils produced by semiautomatic and traditional extraction, from Essaouira's area, were analyzed. At the same time, olives and virgin olive oils of the variety 'Picual', from the province of Jaén (Spain), were also characterized.

## Materials and methods

All of the reagents and solvents used were of analytical grade. Folin-Ciocalteu phenol reagent was supplied by Panreac, Ref. 251567.1609 (Barcelone, Spain). Caffeic acid standard were purchased from Sigma, Ref. C0625-256 (USA).

### **2.1 Argan fruit and oil samples**

The argan dry fruits were supplied by a private enterprise nearby the city of Essaouira (Morocco), as well as the edible and cosmetic oils obtained from the same fruits batch. All the oil samples were kept at -24°C until analysis.

The semiautomatic extraction process includes cleaning the nut from pulp which is made by a machine, cracking and seed separation from de stone made by hand, roasting seeds in a toaster machine, pressing them mechanically, and finally filtered the oil obtained through a cellulosic plate filter. For the cosmetic oils, the extraction is carried out without roasting the seeds.

### **2.2 Morphological characteristics of the fruit**

From 1 kg of dry fruits, each part of the fruit was weighed, the dry pulp and the nut after removing manually the pulp, the stone and the seed after cracking the nut. The percentage (% in weight) of each part of the fruit was calculated.

Some ratios have been determined, such as pulp/nut, stone/seed, and pulp/seed, comparing the results with those of the olive fruit.



### 2.3 Total fat content

Estimation of the argan seed total fat content was made by extraction solid-liquid, through Soxhlet method, using technical hexane as solvent. Grinding dry seeds were placed in a thimble and extracted continuously by solvent, during 24 h. After solvent's recuperation, technical hexane remained was evaporated in a drying oven at  $105\pm 1^\circ\text{C}$ . Fat yield was calculated according to the fresh and dry matter.

### 2.4 Free acidity, peroxide value and spectrophotometric characteristics

Acidity (%) and peroxide value (meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ ) were carried out following the analytical methods AOCS Cd 3d-63 and AOCS Cd 8b-90, respectively. Absorbance at 270 nm ( $K_{270}$ ) and 232 nm ( $K_{232}$ ) and  $\Delta K$  was determined by spectrophotometry (spectrophotometer UV-VIS, Thermo, Mod. Helios Gamma), according to AOCS CH 5-91 method.

### 2.5 Determination of total phenols

The total phenolic content was colorimetrically tested by the Folin-Ciocalteu method [4]. The calibration curve was calculated using caffeic acid concentrations ranging from 50 to 250 mg/l, with a linear regression coefficient of 0.991. Extraction of phenols from argan oil samples was achieved by dissolving the oil in n-hexane, followed by liquid-liquid extraction using a methanol/water (60:40 vol/vol) mixture. An aliquot of the aqueous extract of the oil was reacted with the Folin-Ciocalteu reagent in sodium hydroxide solution and kept in the dark at room temperature for 45 min. Absorbance was measured at 725 nm against ultrapure water as blank. The total phenolic content was expressed as mg caffeic acid/kg oil sample.

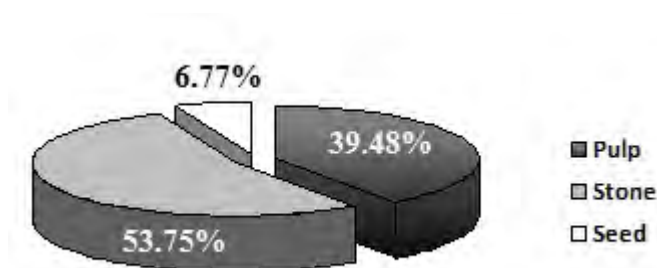
### 2.6 Determination of oil stability

The oil stability or the oxidation induction time was determined according to the AOCS Official Method Cd 12b-92. An air flow (10 l/h) was bubbled through the oil heated at  $98^\circ\text{C}$ , using the Rancimat apparatus (Metrohm Ltd., Mod. 743 Rancimat, Herisau, Switzerland).

## Results

### 3.1 Morphological characteristics of the fruit

The seed is the most important component for its oil wealth and represents less than 10% of the dry weight of the fruit (6.77%), Figure 1. On the contrary, the stone represents a quite high percentage of the dry fruit weight (53.75%)



**Figure 1.** Percentages of dry argan fruit pulp, stone and seed.

Comparing with the olive fruit, it is observed that the pulp is very different; in the argan, it is practically exempt of fat matter, whereas in the olive the maximum percentage of fat matter is concentrated in the pulp.

The stone is similar in the two fruits, and the seeds also have certain similarity in their characteristics.



Table 1 shows some relations between the components of the argan fruit and its comparison with the olive ones.

The ratio stone/seed is similar in both fruits, whereas the relationships pulp/nut and pulp/seed are lower for the argan fruit, in the case of dry pulp as well as for the fresh one.

**Table 1.** Comparison between argan and olive fruits

Ratio	Argan fruit	Olive fruit ('Picual') <sup>[5]</sup>
Pulp/nut	0.65 (0.88)*	2.1-4.0
Stone/seed	7.94	7.0-9.5
Pulp/seed	5.83 (7.88)*	28.5-37.5

\*Fresh pulp: moisture content=35% [6]

### 3.2 Total fat content

Fat content is similar for the two fruits, when the yield is expressed according to the fresh matter ( $Y_f$ %), but goes lower for argan seed, according to the dry matter ( $Y_d$ %), Table 2.

**Table 2.** Fat yields according to the fresh ( $Y_f$ %) and dry matter ( $Y_d$ %)

S/L	ARGÁN		OLIVE('Picual') <sup>[7]</sup>	
	$Y_d$	$Y_f$	$Y_d$	$Y_f$
	(%)	(%)	(%)	(%)
0.091	21.28	20.25	35.8-41.6	17.3-24.0
0.18	41.82	39.23	-	-
0.26	48.41	46.22	-	-

Table 2 also shows the importance of ratio between sample weight and solvent volume (S/L) in the fat yield resulted, which increases with the ratio S/L.

### 3.3 Total acidity

Acidity, for traditional and semiautomatic edible oils, allowed the classification of the edible virgin argan oils according to the Moroccan Standard NM 08.5.090 [8]. Concerning the cosmetic argan oil and that obtained by solvent extraction, they were compared to the olive pomace oil, according to the Codex standard [9] and showed lower values than the required one, Table 3.

**Table 3.** Quality parameters of argan oil samples (data expressed  $\pm$  SD)

Sample:	Acidity (%)	Peroxide value (meq $O_2$ /kg)	$K_{270}$	$K_{232}$	$\Delta K$
Traditional	1.19 $\pm$ 0.01	2.59 $\pm$ 0.00	0.042 $\pm$ 0.001	0.190 $\pm$ 0.000	0.003 $\pm$ 0.000
Semiautomatic (edible)	0.47 $\pm$ 0.00	1.49 $\pm$ 0.01	0.017 $\pm$ 0.000	0.129 $\pm$ 0.000	0.000 $\pm$ 0.000
Extra virgin argan oil	$\leq$ 0.8	$\leq$ 15	$\leq$ 0.35	-	$\leq$ 0.01
Extra virgin olive oil <sup>[9]</sup>	$\leq$ 0.8	$\leq$ 20	$\leq$ 0.22	$\leq$ 2.50	$\leq$ 0.01
Semiautomatic (cosmetic)	0.81 $\pm$ 0.01	1.87 $\pm$ 0.00	0.024 $\pm$ 0.000	0.132 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ 0.000
Soxhlet method extraction	0.26 $\pm$ 0.01	1.95 $\pm$ 0.00	0.027 $\pm$ 0.000	0.146 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ 0.000
Olive pomace oil <sup>[9]</sup>	$\leq$ 1.0	$\leq$ 15	$\leq$ 1.70	-	$\leq$ 0.18



### 3.4 Peroxide value

All the samples showed a lower peroxide value than the required one by the standard NM 08.5.090 [8] for the edible “extra virgin argan oil” category, including the cosmetic oil and the one obtained by solvent extraction [9], Table 3.

### 3.5 Spectrophotometric characteristics

$K_{270}$  and  $\Delta K$  values corresponded to “extra virgin argan oil category” according to the Moroccan Standard [8] and the Codex [9].  $K_{232}$ , which indicates the level of conjugated dienes, and therefore the oxidation status, is not mentioned in this standard, Table 3.

### 3.6 Total phenol

The total phenolic content, in all analyzed samples, was lower than 100 mg/kg whereas in the virgin olive oil, it exceeded 250 mg/kg, Table 4.

**Table 4.** Total polyphenol content of the oils

Argan oils	Phenol content (mg/kg)
Edible oil	87.0
Cosmetic oil	72.4
Virgin olive oil <sup>[10]</sup>	2885.0 - 855.0

### 3.7 Oil stability

The relative resistance of argan oil to oxidation in the Rancimat apparatus is reported in the literature, ranging from 12.2 [11] to 17.0 h [12], (values obtained at 110°C).

**Table 5.** Oxidative stability of the oils

Argan oils	Stability (h)
Soxhlet method extraction	26.85
Semiautomatic (edible)	25.51
Semiautomatic (cosmetic)	18.02
Traditional	16.40
Virgin olive oil <sup>[10]</sup>	87.5 – 198.4

**Table 5** shows highly differences in the oxidative stability between the different categories of argan oils. The traditional oil presents the lowest stability. The oil extracted by solvent and the edible one obtained by semiautomatic process present a quite high stability, whereas the cosmetic oil has a low one.



## Discussion

Ratio stone/seed is similar in the two fruits, whereas the relationships pulp/nut and pulp/seed are lower for the argan fruit, in the case of dry pulp as well as for the fresh one.

The fat content is similar for the argan and olive fruits, according to the fresh matter, but lower for argan seed, according to the dry matter.

Quality parameters values (acidity, peroxide value,  $K_{270}$  and  $\Delta K$ ) of edible oils are in the range of those mentioned for the edible virgin argan oils [8]. Nevertheless, the acidity value classifies the traditional argan oil in the category “lampante” and the one obtained by semiautomatic extraction process like “extra virgin oil”.

With respect to the traditional argan oil, a high acidity can be produced by combined action of the temperature and water added during the process and above all by a separation liquid/liquid made exclusively by decantation.

All the samples show a lower peroxide value which indicated a good oxidative resistance. However, edible oil obtained by semiautomatic extraction process presents a better oxidative stability than the cosmetic one obtained by the same method or the traditional one.

Finally, it is important to notice that the organoleptic characteristics (positive attributes and defects) do not enter in the commercial classification table of virgin argan oils as it goes for the virgin olive oil.

The traditional oil has the lowest stability, due probably to the difficulty to separate totally the water added during the extraction process. Moreover, adding water during the extraction impoverishes the oil in tocopherols and polyphenols (hydrosoluble components), enhancing the process of oxidation [2].

Oxidation stability of argan oil, due to his high unsaturated fatty acids content, could be justified by the presence of natural antioxidants such as polyphenols and tocopherols [2]. However, virgin olive oil (variety ‘Picual’) has a greater oxidative stability due to his higher polyphenol content.

## Acknowledgement

The authors are grateful to the “Spanish International Development Cooperation Agency” (AECID) for its financial support of this work carried out by the Research Group ‘Bioprocesses TEP-138’ in the project P.C.I.”C/031763710”, 2011.

## References

- [1] **CHADEFAUD M., EMBERGER L.** *Traité de botanique systématique. Masson et Cie Editions. Paris, France, 1960, Vol. 2, Part 2.*
- [2] **CHARROUF Z.** *L'arganier. Actes des journées d'étude sur l'arganier. 'Valorisation des produits d'Essaouira, Morocco', 1995.*
- [3] **CHARROUF Z., GUILLAUME D.** *Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of Argania spinosa L. Skeels. Journal of Ethnopharmacology, 1999, 67, 7.*
- [4] **VÁZQUEZ A., JANER DEL VALLE C., JANER DEL VALLE M<sup>a</sup>.** *Determinación de los polifenoles totales del aceite de oliva. Grasas y Aceites, 1973, 24, 350.*
- [5] **MOLINA T.** *Estudio comparativo de microtalcos naturales aplicados como coadyuvantes tecnológicos en la elaboración de los aceites de oliva vírgenes. Master Thesis of Initiation to Research. University of Jaén, Spain, 2008.*





- [6] **FELLAT-ZARROUK K., SMOUGHEN S., MAURIN R.** Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. *Actes Institut Agronomique Vétérinaire*, Rabat, Morocco, 1987, 7, 17.
- [7] **CRUZ E.** "El orujo de aceituna. 1. Composición química". *Alimentacion, Equipos y Tecnología*, 1984, 247.
- [8] **Norme Marocaine NM 08.5.090.** "Huiles d'Argane. Spécifications". *Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA). Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Télécommunications*. Rabat, Morocco, 2003.
- [9] **Norme Codex** pour les huiles d'olive vierges et raffinées et pour l'huile de grignons d'olive raffinée. *Codex Stan 33-1981, Rév. 1-1989*.
- [10] **AGUILERA Ma P.** Influencia de las condiciones de batido de la pasta en los compuestos volátiles de oxidación del aceite de oliva virgen. *Ph D Thesis*. University of Jaén, Jaén, Spain, 2006.
- [11] **YAGHMUR A., ASERIN A., MIZRAHI Y., A. NERD A, GARTI N.** Evaluation of argan oil for deep-fat frying. *Lebensm Wiss Technol*, 2001, 34, 124.
- [12] **CHARROUF Z, GUILLAUME D, DRIOUICH A.** L'arganier, un atout pour le Maroc. *Biofuture*, 2002, 220, 54.



# Comparaison de l'effet fertilisant et contrôle des nématodes des tourteaux de neem, tourteau de ricin, tourteau d'argan et feuilles d'argan sur une culture de courgette en conduite biologique

**El Gharras Y.<sup>1</sup> ; Bouzoubaâ Z.<sup>2</sup> et Ait Lhaj A.<sup>2</sup>**

1 - Ex Chercheur à l'INRA

2 - INRA ; Institut National de la Recherche Agronomique, CRRA , Agadir ; Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Agadir. BP 124, Av. des FAR Inezgane principale CP 80350.  
Email : bouzoubaa\_zakia@yahoo.fr

## Résumé

*Cet essai a eu pour objectif de comparer l'effet fertilisant des tourteaux d'argan, de neem, de ricin et des feuilles d'argan ainsi que de leur incidence sur les nématodes. L'essai a concerné une culture de courgette fertilisée biologiquement en conditions sous serre dans le Sud ouest marocain. Les tourteaux ont été incorporés dans le sol en début de culture après avoir apporté une fumure de fond. Les résultats obtenus ont montré un net avantage dans la croissance végétative du tourteau d'argan suivi du tourteau de ricin puis le tourteau de neem. Les feuilles d'argan quand à elles ont provoqué une phytotoxicité. Le rendement, quant à lui, était plus élevé chez le tourteau d'argan avec une augmentation de 8% suivie du tourteau de ricin 5% puis du tourteau de neem 3%. Les traitements tourteau de ricin, tourteau d'argan, feuilles d'argan, tourteau de neem ont permis de réduire le nombre de nématodes dans le sol respectivement de 47%, 46%, 44% et 25% et une réduction de l'indice de galle de 57%, 50% 25% et 9% respectivement.*

*En conclusion, le tourteau d'argan a montré des résultats très satisfaisants en tant que fertilisant puisqu'il a permis la meilleure croissance et le meilleur rendement de la culture de courgette ; mais aussi en tant que produit nématicide, vue son effet sur la réduction du nombre de nématode et de l'indice de galles.*

**Mots clés :** courgette, fertilisation, nématodes, tourteau de neem, tourteau de ricin, tourteau d'argan, feuilles d'argan.



Racines de tomate infestées de némathodes



## **Comparison of the fertilizing effect and nematode control of argan leaves and neem, ricin and argan cakes on zucchini crop organic system conducted**

### **Abstract**

This essay aimed to compare the fertilizing effect and nematodes control of argan, neem and castor cakes, and argan leaves on zucchini crop under green house conditions in South west Morocco. The trial concerned a zucchini crop that was fertilized organically. The cakes and argan leaves were incorporated into the soil at the culture beginning after making a basal application. The results showed a clear advantage in vegetative growth with argan cake followed by castor cake then neem cake. Argan leaves have shown a phytotoxicity of the plants. The yield was higher with argan cake with about an increase of 8% followed by castor cake by 5% then the neem cake with about 3%. The treatments castor cake, argan cake, argan leaves and neem cake have reduced nematodes number in the soil by 47%, 46%, 44% and 25% and a reduction of the index gall of 57%, 50% 25% and 9% respectively.

In conclusion, the argan cake showed very satisfactory results as a fertilizer it allowed the best growth and best yield of the crop of zucchini, but also as a nematicidal product, for its effect on reducing the number of nematode and galls index.

**Keywords:** Zucchini; Fertilization; Nematodes; Neem cake; Ricin cake; Argan cake; Argan leaves; Nematodes control.

### **Justification de l'étude**

Les cultures maraichères sont attaquées par un grand nombre d'espèces de nématodes, mais le *Meloidogyne spp.* reste probablement le plus important de point de vue dégâts surtout chez les cucurbitacées (Bertrant, 2001). Les baisses de rendements dues aux infestations des nématodes peuvent aller de 20 à 90% (Bhatti, 1994). Pour remédier à ce fléau, suite à la suppression progressive du bromure de méthyle (principal pesticide utilisé pour la désinfection des sols), la recherche s'oriente de plus en plus vers l'utilisation d'amendements organiques qui offrent des avantages écologiques, économiques et agronomiques (El Badri *et al* 2008). Plusieurs tourteaux ont été testés pour voir leur effet sur la lutte contre les nématodes.

L'un des moyens de gestion de la fertilité du sol est l'incorporation des tourteaux. Les tourteaux ricin et de neem ont montré des résultats encourageants tant sur la fertilité du sol que sur le contrôle des nématodes. Mais si le premier est disponible en petites quantités au Maroc, le second doit être importé. Le tourteau d'argan peut être un excellent substitut à ses deux tourteaux. C'est pour cela qu'on a mis en place un essai comparatif des effets du tourteau de neem, tourteau de ricin, tourteau d'argan et des feuilles d'argan sur la gestion de la fertilité du sol et le contrôle des nématodes d'une culture de courgette.

### **Etat de l'art**

Plusieurs tourteaux ont été testés pour voir leur effet sur la lutte contre les nématodes.

L'application d'un amendement de tourteau de ricin à une dose de 2t/ha durant la préparation du champs a diminué la population des nématodes et a permis une amélioration du rendement des plantes. De plus ce tourteau sert à la culture de champignons et bactéries antagonistes aux nématodes (Somasekhar *et al*, 2003).

Un essai conduit à Agadir sur tomate a montré que la poudre de ricin a permis une réduction de 84% des larves de *Meloidogyne spp.* Alors que chez le témoin ce nombre de larve a augmenté de 129.4% (Fadili, 2003). Laghdaf (2004) a relevé l'effet toxique du tourteau de neem sur la population de *Meloidogyne spp.* Des tourteaux de moutarde *Brassica juncea* (Akhtar and Alam, 1991), d'olives (Hossain and al., 1992) et autres, ont montré un effet conséquent sur les nématodes.



Il apparaît aussi que ces amendements organiques ont un effet bénéfique sur la fertilité du sol car ils enrichissent celle-ci en matière organique, en azote total et en phosphore (Laghdaf, 2004).

Le défi serait de pouvoir tester l'effet du tourteau d'arganier (comme ressource locale) sur la fertilité du sol et le contrôle des nématodes et de le comparer à l'effet des tourteaux importés (neem, ricin) dans les conditions du Souss-Massa sur culture de courgette.

## Objectifs

Les objectifs sont :

- Comparer les différents types de tourteaux du point de vue fertilisation.
- Evaluer l'effet nématocide des différents tourteaux.
- Tester l'interaction entre l'effet fertilisant et l'effet nématocide
- Chercher la complémentarité entre les tourteaux en vue de leur association en une seule application.

## Matériel et méthodes

L'essai s'est déroulé dans une serre multichapelle, il occupait l'espace d'une chapelle de 500 m<sup>2</sup>. A cause du manque de possibilité d'isolement, les traitements phytosanitaires aériens ont été conduits d'une manière conventionnelle alors que la gestion de la fertilité du sol a été purement biologique.

Le dispositif expérimental utilisé est un dispositif en blocs aléatoires complets avec 3 répétitions.

Les traitements sont:

- Témoin négatif (T0)
- Tourteau de Neem (TN) (5 tonnes/Ha)
- Tourteau de Ricin (TR) (5 tonnes/Ha)
- Tourteau d'Argan (TA) (5 tonnes/Ha)
- Feuilles d'Argan (FA) (50 g/plant)

Le sol a été amendé de compost commercial a raison de 25t/Ha incorporé directement dans le sol grâce à un motoculteur. L'application de ses produits est faite deux semaines avant plantation pour qu'elles puissent libérer les substances phytotoxiques contenues. Des irrigations régulières ont été faites pour permettre le lessivage de ses substances phytotoxiques.

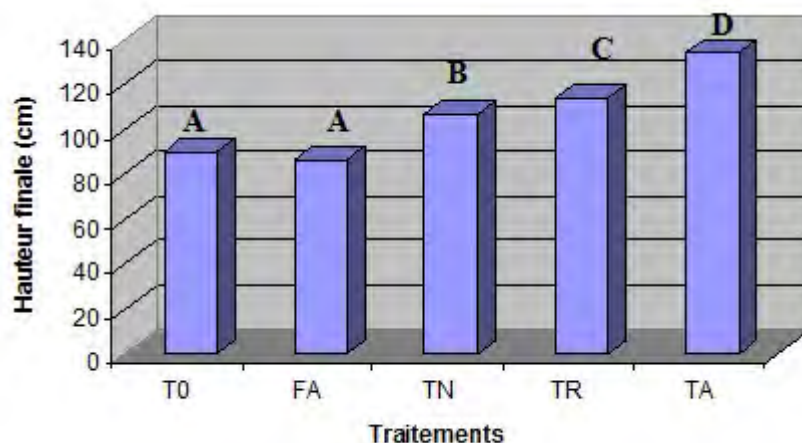
### Les principales observations ont porté sur :

- **Le Sol** : Des échantillons de sol sont prélevés de chaque bloc à l'aide d'une tarière à une profondeur de 30 cm (lieu de concentration des racines).
- **La Plante** : La croissance végétative de la plante est suivie en mesurant la hauteur de la tige (du collet à l'apex), la longueur et largeur des feuilles et le nombre de celles-ci.
- **L'indice de galle** : L'attaque des nématodes est évaluée à travers l'observation de l'indice de galle en utilisant le système qui consiste en une échelle (de 1 à 10) par ordre croissant de gravité
- **Le comptage des nématodes dans le sol** : La méthode d'extraction utilisée est celle de Baermann (1917) modifiée. Cette méthode utilise le principe de migration des nématodes par géotropisme positif vers le milieu le plus humide (Bhatti, 1994).



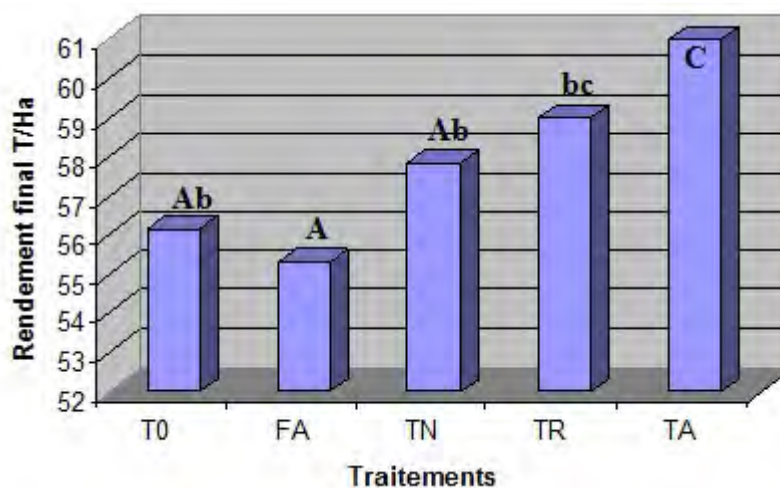
## Principaux résultats

Les tourteaux d'argan de neem et de ricin ont permis d'obtenir une croissance végétative très importante. Le tourteau de ricin a permis une augmentation de hauteur des plantes 118% et le tourteau de neem une croissance de 125%. Quant au tourteau d'argan, lui a montré une croissance spectaculaire de l'ordre de 148%. Les feuilles d'argan même séchées ont montré un effet phytotoxique car elles ont influé négativement sur la croissance végétative (figure 4). Le diamètre des tiges et la taille des feuilles ont suivi la même logique.



**Figure 4.** Croissance en hauteur des tiges à la fin du cycle

Les rendements globaux ont donné l'avantage au tourteau d'argan avec un total de 61T/ha soit une augmentation significative de 110% suivi par le tourteau de ricin 107% et le tourteau de neem 105%. Les feuilles d'argan quand à elles et du fait de leur effet phytotoxique ont montré une réduction de rendement de 95% (figure 5).



**Figure 5.** Rendement Total obtenu

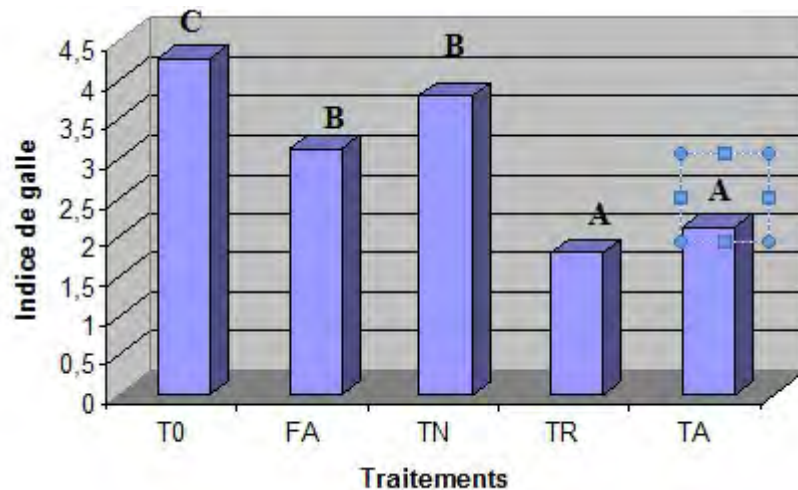


Le suivi des populations de nématodes a montré que le tourteau de ricin est le plus efficace dans le contrôle des nématodes. Ayant montré l'indice de galle le plus faible (1,8) et moins de population de nématodes (186 individus/cc) après le tourteau d'arganier mais sans différence significative. Le tourteau d'argan a aussi été efficace dans le contrôle des nématodes affichant un indice de galle de 2,1 et 184 individu/cc dans le sol. Le troisième traitement qui a permis un bon contrôle des nématodes est le traitement feuilles d'argan avec un indice de 3.13 et un nombre d'individus de 187. Viennent enfin le tourteau de neem et le témoin avec des indices respectifs de 3.8 et 4.8 et un nombre d'individus de 288 et 350 individus/cc.

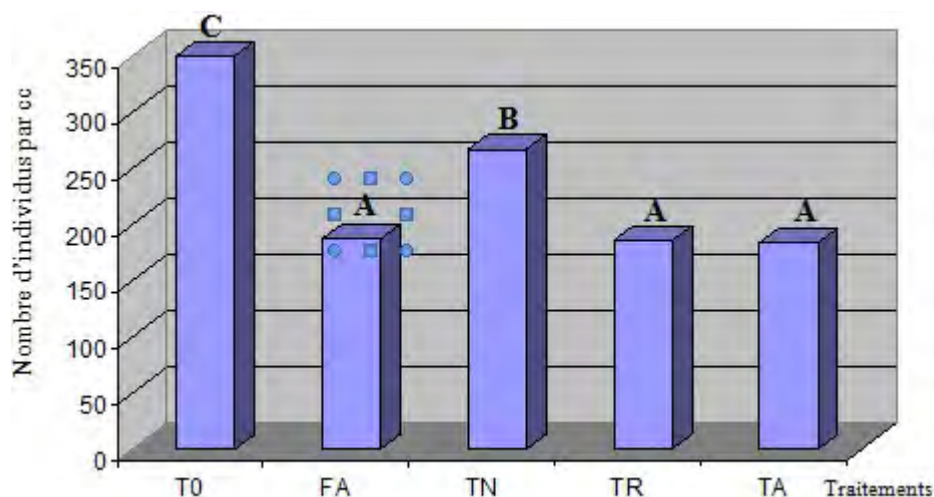
En somme, les traitements tourteau de ricin, tourteau d'argan, feuilles d'argan, tourteau de neem ont permis des réductions de nématodes dans le sol respectives de 47%, 46%, 44% et 25% (figure 6) et une réduction de l'indice de galle de 57%, 50% 25% et 9 % (figure 7).

Le fait que le tourteau de neem montre des attaques importantes de nématodes a fait en sorte que la comparaison de l'effet fertilisant de celui-ci avec les autres tourteaux ne soit pas significative. Car la croissance des plants concernés par ce traitement peut avoir été affectée par l'attaque des nématodes.

En définitif, le tourteau d'argan a montré des résultats très satisfaisant tant en tant que fertilisant puisqu'il a permis la meilleure croissance et le meilleur rendement mais aussi dans le contrôle des nématodes. Plus de recherches devront être conduites pour isoler les principes actifs des substances agissant sur la croissance, et sur la diminution des nématodes.



**Figure 6.** Indice de galle obtenu en fin de cycle



**Figure 7.** Résultat du comptage des nématodes dans le sol en fin de culture



## Références bibliographiques

- Akhtar, M. and Alam, M. M. (1991).** *Integrated control of plant-parasitic nematodes on potato with organic amendments, nematicide and mixed cropping with mustard.* Nematologia Mediterranea. 19 : 169-171.
- Bertrand, C. (2001).** *Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique.* GRAB (édition : Janvier 2001). Pp : 1-4.
- Bhatti, D. S., (1994).** *Management of Phytonematodes- An introduction.* pp. 1-6. In: Nematode pest management in crops. D.S. Bhatti and R.K. Walia (eds.), CBS Publ. and Distributors. Delhi.
- Elbadri G A, Lee D W, Park J C, Bin Yu H, Choo H Y.(2008).** Evaluation of various plant extracts for their nematicidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita*. Journal of Asia-Pacific Entomology 11 (2008) 99-102.
- El Kahlaoui, A., (2002).** *Effets de la fertilisation organique sur la fertilité du sol, la croissance et le développement de la tomate biologique.* Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle I.A.V. HASSAN II. CHA Agadir.
- El Naggar, A., (2002).** *Effect of using water extracts of compost and organic materials on soil fertility and plant nutrition.* **Master theses IAM-Bari**
- Fadili, J. (2003).** *Quelques méthodes de lutte biologique contre les nématodes associés à la culture de la tomate et du bananier.* Mémoire de fin d'étude, Phytatrie, 3<sup>ème</sup> cycle, IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 47-50.
- Hossain, M. S. ; Zahid, M. I. and Mian, I. H. (1992).** *Effect of decomposition period on the efficacy of two oil cakes for control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*).* Japanese Journal of Nematology. 22 : 1-10.
- Laghdaf, T. (2004).** *Effet des amendements organiques et quelques produits chimiques et biosynthétiques sur les nématodes à galles de la tomate dans le Souss-Massa.* Mémoire de fin d'étude, Phytatrie, 3<sup>ème</sup> cycle, IAV Hassan II. Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 69-79.
- Sharma Arun K., (2001).** A Handbook of Organic Farming/.Jodhpur, Agrobios (India),628 p
- Somasekhar, N. and Sankaranarayanan, C. (2003).** *Integrated nematodes managment.* Research and Development Workers meeting.
- Youssefi M. et Willer H., 2004.** The word of organic agriculture: Statistics and Emerging trends 2004. Revised Edition, February 2004, 170 p.



# Les huiles essentielles des feuilles et de la pulpe du fruit de l'arganier : composition chimique et activité microbiologique

**Hicham HARHAR<sup>1</sup>, Said GHARBY<sup>1</sup>, Badr Kartah<sup>1</sup> Hanae El MONFALOUTI<sup>1,2</sup>, Nadia MAATA<sup>1,3</sup> Dominique GUILLAUME<sup>2</sup>, et Zoubida CHARROUF<sup>1</sup>**

1- Laboratoire de Chimie des Plantes et de Synthèse Organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, Université Mohammed V, (Maroc)

2- Laboratoire de Chimie thérapeutique, 51 rue Cognacq Jay, 51100 Reims (France) ;

3-Laboratoire Officiel d'Analyses et de Recherches Chimiques (L.O.A.R.C)

hichamoo79@yahoo.fr tel : 06 68 79 99 42

## Résumé

*L'étude de la composition chimique des dérivés de l'arganier a été entreprise dans le but d'identifier des nouveaux métabolites secondaires permettant d'augmenter la valeur industrielle et commerciale de l'arganier et de permettre la protection de l'arganier et l'extension de l'arganeraie*

*La pulpe du fruit et les feuilles de l'arganier sont utilisées essentiellement comme fourrage pour les caprins. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la valorisation des huiles essentielles (HE) de ces produits à travers l'évaluation de la composition chimique et l'activité microbiologique.*

*Le rendement en huile essentielle de la pulpe et des feuilles d'arganier est 0.08% et 0.05% respectivement.*

*L'HE de la pulpe est constitué majoritairement de camphre (35 %), et de 1,8-cinéole (16%). Les autres constituants sont : l'endo-bornéol (12%) et le 2-(4-méthylcyclohex-3-enyl) propan-2-ol (11%). L'HE des feuilles, elle est constituée principalement du 1,10-di-épi-cubénol (21%), du viridiflorol (6 %) et du selina-3,7 (11)-diène (5%) et un composé non identifié (10%).*

*L'HE des feuilles de l'arganier a un effet inhibiteur vis-à-vis de plusieurs microorganismes et celle de la pulpe possède des propriétés contre le *Tribolium confusum*.*

**Mots Clés :** *Argania spinosa, Huile essentielle, Pulpe, Feuilles, composition chimique, activité microbiologique*

## Abstract

*The chemical composition derived from the argan tree was studied to identify new secondary metabolites to increase industrial and commercial value of the argan tree in order to protect the argan tree.*

*The leaves of the argan tree and the pulp of the fruit are used primarily as feed for goats. In this study, we are interested in valuing the essential oils (EO) of these products through their chemical composition and microbiological activity. The essential oil yield of the pulp and leaves of the argan tree is low: 0.08% and 0.05% respectively.*

*EO of the pulp consists mainly of camphor (35%), and 1,8-cineole (16%). The other components are: endo-borneol (12%) and 2 - (4-méthylcyclohex-3-enyl) propan-2-ol (11%). The EO of leaves consists mainly of 1,10-di-epi-cubénol (21%) of viridiflorol (6%) and selina-3, 7 (11)-diene (5%) and an unidentified compound (10%). The EO of the leaves of the argan tree has an inhibitory effect vis-à-vis a number of microorganisms and the pulp has properties against *Tribolium confusum*.*

**Keywords :** *Argania spinosa, essential oil, pulp, leaves, chemical composition, microbiological activity*





## Introduction

L'huile d'argane est le produit principal de l'arganier, elle est préparée à partir des amandons de son fruit. L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est un arbre qui pousse naturellement au Maroc [1-3].

Un des critères de la production d'huile d'argane d'une grande qualité est l'utilisation des fruits non régurgités par la chèvre. En effet, le dépulpage par les chèvres conduit à une huile de mauvaise qualité [4, 5].

Toutes les parties de l'arganier sont utilisées par les populations locales : le bois et la coque ligneuse du fruit pour le chauffage, l'amandon du fruit pour la production d'huile d'argane, le feuillage, la pulpe du fruit et le tourteau (résidu de la production d'huile d'argane) pour le bétail. Les terrains sous arganiers sont valorisés par le parcours, la culture céréalière extensive ou, en plaine, l'agriculture intensive. L'importance de l'arganier dans l'économie rurale de cette région semi-aride est donc considérable.

L'étude de la composition chimique des dérivés de l'arganier a été entreprise dans le but d'identifier des métabolites nouveaux permettant d'augmenter la valeur industrielle puis commerciale de l'arganier.

Afin de valoriser tous les produits de l'arganier, l'extraction des huiles essentielles à partir de la pulpe et des feuilles a été réalisée afin de déterminer leur composition chimique et évaluer leur activité biologique.

## Résultats et discussion

### **1 - pulpe de l'arganier**

Plusieurs travaux ont été menés pour l'élucidation structurale des métabolites secondaires issus de la pulpe du fruit de l'arganier. Des stérols, triterpènes [6,7] et un latex ont été identifiés [8] dans l'extrait lipidique de la pulpe. Notre équipe s'est également intéressée aux polyphénols [9] et aux saponosides [10]. Certains composés connaissent un usage industriel tel l'érythrodiol de la pulpe [11] d'autres sont en cours d'expérimentation.

L'intérêt actuellement consacré aux huiles essentielles et leurs effets biologiques [12], nous a incité à évaluer la composition chimique des huiles essentielles de la pulpe et des feuilles de l'arganier afin d'évaluer leur valeur commerciale potentielle.

L'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur d'eau, l'utilisation du CO<sub>2</sub> supercritique et l'extraction aux micro-ondes [13] sont des méthodes fréquemment utilisées pour extraire les huiles essentielles. Concernant l'extraction des HE de la pulpe, nous avons comparé trois méthodes : l'hydrodistillation ; l'entraînement à la vapeur d'eau et l'extraction aux micro-ondes. Les rendements obtenus sont de 0,08 % ; 0,04% et 0,02% respectivement. La composition chimique de l'HE extraite de la pulpe par hydrodistillation est regroupée dans le tableau 1 [14].

Les dérivés terpéniques oxygénés (OTD) sont les principaux constituants de l'huile essentielle de la pulpe de fruit d'argane.

Le camphre est le composé principal avec (35,5%). Le 1,8-cinéole est présent en pourcentage appréciable (16,0%). L'endo bornéol et 2-(4-méthylcyclohex-3-ényl)-propane-2-ol ont été trouvés dans des pourcentages similaires avec 11,8 et 11,1%, respectivement.

La présence du camphre et de 1,8-cinéole en quantité appréciable dans la pulpe des fruits d'argane est très intéressante. En effet, en association ces deux composés possèdent un effet insectifuge ou une activité insecticide [15]. Ces activités pourraient être valorisées sur le plan industriel.



## 2 – feuille de l'arganier

Les travaux phytochimiques antérieurs sur les feuilles relatent la présence de stérols et tritépènes [16]; de polyphénols, de saponosides et des huiles essentielles [17]. L'HE des feuilles représente 0.03 à 0.05 % de la matière sèche. Parmi les 33 constituants trouvés, 26 composés ont été identifiés par leur temps de rétention et par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse [18]. Le tableau 2 montre que les sesquiterpènes oxygénés représentent une fraction importante et le 1,10-di-épi-cubénoïl (20.5%) est le composé majoritaire. D'autres alcools sesquiterpéniques ont été également identifiés, le viridiflorol (6.0%),  $\tau$ -cadinol (1.7%),  $\alpha$ -cadinol (1.5%), 1-épi-cubénoïl (1.2%) et le camphre (1.3%). Les hydrocarbures sesquiterpènes constituent une fraction appréciable, le sélina-3,7(11)-diène (5.1%), le  $\delta$ -cadinène (2.3%) et germacrène B (1.1%) sont particulièrement abondants. trois monoterpènes existant, deux d'entre eux ont été identifiés comme le camphre (2.6%) et l'acétate de bornyle (1.8%) [18]

Les activités inhibitrices de l'huile essentielle de feuilles d'Argania spinosa peuvent être résumées comme suit [18] :

**Tableau. 1-** Composition chimique de l'huile essentielle de la pulpe de fruit de l'arganier.

N°	IK	Constituant	%
1	830	furan-2-carbaldéhyde	2,19
2	956	Acide 2-méthylbutanoïque	4,93
3	1033	<b>1,8-Cinéole</b>	<b>16,02</b>
4	1042	Toluène	0,47
5	1098	Linalool	1,63
6	1108	2-phényléthanol	0,79
7	1131	3,5-Diméthyl-4-éthylidène-cyclohex-2-ène-1-one	1,45
8	1143	<b>Camphre</b>	<b>35,53</b>
9	1165	<b>endo-Bornéol</b>	<b>11,81</b>
10	1173	<b>2,6,6-triméthylbicyclo[3.1.1]heptan-3-one, (1<math>\alpha</math>,2<math>\alpha</math>,5<math>\alpha</math>)</b>	0,39
11	1177	4-Terpinéol	3,81
12	1185	<b>2-(4-méthylcyclohex-3-enyl)propan-2-ol</b>	<b>11,15</b>
13	1238	1-phényléthane-1,2-diol	2,06
14	1294	2,4 Décadiénal	1,23
15	1463	5-hexyl-dihydrofuran-2(3H)-one	2,38
16	1535	2-Pentadécyn-1-ol	0,74
17	1681	6-heptyl-tétrahydropyran-2-one	0,91
<b>Total</b>			<b>97,49</b>

1 - les bactéries à Gram positif (staphylocoques, Bacillus et microcoques) ont été inhibées par des dilutions allant jusqu'à 1/1000 d'HE

2 - les bactéries à Gram négatif (Escherichia coli, Klebsiella, Enterobacter et Pseudomonas) ont donné des résultats similaires à celles à Gram positif. A l'exception d'une souche d'Enterobacter (ent2) et une souche de Pseudomonas (PA2) qui a montré une inhibition pour des dilutions de 1 / 500

3 - Les bactéries oxydatives ont été plus sensibles à l'huile essentielle que les espèces d'entérobactéries. Nous avons également observé que les bactéries autres que les bactéries lactiques ont été plus sensibles que les levures et les moisissures. Ces derniers ont montré une inhibition totale jusqu'à et y compris des dilutions de 1 / 500.



L'activité antimicrobienne observée peut conduire à l'utilisation des feuilles de l'arganier en phytothérapie.

**Tableau. 2** - Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de l'arganier.

Composés	Indices de Rétention DB-5	Indices de Rétention Supelcowax 10	Pourcentage <sup>1</sup>
Camphore	1149	1486	2.6
acétate de bornyle	<b>1293</b>	<b>1554</b>	<b>(1.8)</b>
N.I 1	1332	1662	1.9
Cis-muuro-la-4(14),5-diène	1466	1643	0.7
germacrène D	1485	1682	1.0
$\beta$ -séli-nène	1491	1691	1.0
épi-cubébol	1500	1863	(0.5)
$\alpha$ -muurolène	1509	1700	(0.3)
$\delta$ -cadinène	1529	1733	(2.3)
Cis-calaménène	<b>1529</b>	<b>1797</b>	<b>(1.1)</b>
N.I 2	1539	-	1.0
N.I 3	1542	-	1.3
séli-na-3,7(11)-diène	1545	1750	(5.1)
$\alpha$ -calacorène	1545	1915	(0.6)
germacrène B	1559	1791	1.1
N.I 4	1565	2055	1.1
oxide de caryophyllène	1581	1980	(0.7)
Globulol	1581	2044	(0.3)
Viridiflorol	1595	2049	6.0
N.I 5	1602	-	2.4
1,10-di-épi-cubénol	1615	2022	20.5
1-épi-cubénol	1629	2028	1.2
$\tau$ -cadinol	1644	2139	(1.7)
$\tau$ -muurolol	1644	2154	(1.0)
Cubénol	1644	2142	0.6 <sup>2</sup>
$\alpha$ -muurolol	1649	-	0.6
$\beta$ -eudesmol	1653	2188	0.7
$\alpha$ -cadinol	1658	2194	1.5
Cadalène	1680	2188	1.2
cis-14-muurol-5-ène-4-one	1689	2234	1.7
juniper camphore	1700	-	1.3
N.I 6	1715	-	1.1
N.I 7	1850	2466	10.1

## Conclusion

La pulpe du fruit de l'arganier et ses feuilles contiennent des huiles essentielles intéressantes. L'élucidation structurale de leurs constituants a été réalisée par GC/MS et par les indices de Kovats. Les produits majoritaires de la pulpe sont le camphre suivi du 1,8 cinéole et du bornéol, et le 1,10-di-épi-cubénol pour les feuilles.

L'huile essentielle de la pulpe contient des composées à effet insecticide intéressant et qui méritent d'être confirmés. L'activité antimicrobienne observée pour les huiles essentielles des feuilles peut conduire à son utilisation en phytothérapie.



## Références bibliographiques

- [1] **Mohamed Benzyane, Omar Mhirit, faycal Benchekroun, Sidi Mohamed El Youssfi et Mohammed Bendaanoune**, (1998) L'arganier, une espèce fruitière-forestière à usages multiples *Editions Pierre Mardaga*, Sprimont (Belgique),
- [2] **L. Kenny, I. De Zborowski**, (2007) Atlas de l'arganier et de l'arganeraie, *éd. IAV Hassan II*,
- [3] **Charrouf Zoubida, Serge Dubé et Guillaume Dominique** (2011) L'arganier et l'huile d'argane, D'ibn Al Baytar à nos jours,, *Editions Glyphe*.
- [4] **Charrouf Z, El Hamchi H, Mallia S, Licitra G, Guillaume D.** (2006) Influence of roasting and seed collection on argan oil odorant composition. *Natural Product Communications*, 1, 399-404.
- [5] **Matthaüs B, Guillaume D, Gharby S, Haddad A., Harhar H, Charrouf Z.** (2010) effect of processing on the quality of edible argan oil. *Food Chemistry*, 120, 426-432
- [6] **Z.Charrouf, S.Fkih-Tétouani, M. Charrouf et B. Mouchel**,(1991).Tritéropènes et stérols extraits de la pulpe d'*Argania spinosa*(L.),*Sapotaceae*. *Plantes médicinales et Phytothérapie* ,XXV,N° 2-3,112-117
- [7] **Charrouf Z. ; Fkih-Tétouani S. ; Rouessac F.** , (1990), Occurrence of Erythrodiol in *Argania spinosa*, *Al Biruniya*, 6, (2), 135.
- [8] **K.Fellat-Zarrouck, S. Smoughen et R. Maurin**: (1987) Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania Spinosa*) du Maroc. *Matières grasses et latex, Actes Inst. Agron. Vet.* 1987, 7.
- [9] **Charrouf, Z., M. Hilali, O. Jauregui, M. Soufiaoui, and D. Guillaume**,(2007) Separation and characterization of phenolic compounds in argan fruit pulp using liquid chromatography -negative electrospray ionization tandem mass spectroscopy. *Food Chemistry*.100: p. 1398 - 1401.
- [10] **Asmae Alaoui** (2002).Contribution à la valorisation d' *Argania spinosa* (L.) Skeels Sapotaceae : Etude Phytochimique et pharmacologique de la pulpe et de la coque du fruit.. Thèse de Doctorat National, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal
- [11] **FABRE, Bernard, BELLE, René, CHARVERON, Marie BAUDOUIN, Caroline.** Use of unsaponifiable extract of plant pulp in the treatment of skin ageing .Brevet PIERRE FABRE Dermo-cosmetique,WO/2007/083006 PCT/FR2006/002908
- [12] **Bakkaki F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M.** (2008) Biological effects of essential oils-A. Review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- [13] **Gómez N E, Witte L.** (2001) A simple method to extract essential oils from tissue samples by using microwave radiation. *Journal of Chemical Ecology*, 27, 2351-2359.
- [14] **Harhar Hicham**, (2010). Contribution à la valorisation de l'arganier : *Argania spinosa* (L.) Skeels Sapotaceae : Evaluation des déterminants de la qualité de l'huile d'argan et de la Composition chimique de la pulpe du fruit de l'arganier. Thèse de Doctorat National, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal
- [15] **Djibo A K, Samaté A D , Nacro M.** (2004). Composition chimique de l'huile essentielle de *Ocimum americanum* Linn., syn. *O. canum* Sims du Burkina Faso. *Comptes Rendus Chimie*, 7, 1033-1037.
- [16] Chahboun J. (1993). La filière tritéropénique dans les lipides des feuilles d'*Argania spinosa*. Thèse d'Université ; Univ de Perpignon. France
- [17] **Adil El Kabouss** (2002) : Contribution à la valorisation de l'huile d'argan et étude phytochimique et activité antimicrobienne des métabolites secondaires des feuilles de l'arganier : *Argania spinosa* (L.) Skeels Sapotaceae. Thèse de Doctorat National, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal
- [18] **El Kabouss A, Charrouf Z, Faid M, Garneau FX, Collin G.** (2002) Chemical composition and antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Argania spinosa* L. Skeels. *Essent Oil Res* 2002 ; 14 : 147-149.



# Un latex de polyisoprène inhabituel extrait de la pulpe du fruit d'*Argania spinosa* ; structure chimique, propriétés et valeur additionnelle potentielle dans un contexte de valorisation de biopolymères

**Palu S.<sup>1</sup>, Pioch D.<sup>1</sup>, Suchat S.<sup>1</sup>, Collet A.<sup>3</sup>, Bonfils F.<sup>3</sup>, Char C.<sup>3</sup>**

1 - UR 40, Maison de la technologie CIRAD, Montpellier. contact :  
daniel.pioch@cirad.fr

2 - UMR5253 CNRS-UM2-ENSCM-UM1, Institut Charles Gerhardt (ICG), université  
Montpellier 2,

3 - CIRAD, UMR IATE, F-34398 Montpellier, France

## **Résumé**

*L'arganier, espèce endémique du Sud-Ouest du Maroc, est une des 2.000 espèces de plantes à latex. Avec l'objectif de valoriser le fruit de l'arganier, la structure du caoutchouc a été étudiée dans le cadre du projet RARGA PROD 2. La structure du polyisoprène (PI) de pulpe d'Argan, sur des fruits collectés à la station de l'IAV à Agadir dans des conditions contrôlées, a été confirmée par FTIR. La présence de cis et trans 1-4 polyisoprène a été montrée par 13C and 1H RMN. La proportion de l'isomère trans varie en fonction de la forme du fruit et de l'état de maturation, le maximum étant obtenu pour des fruits ronds non murs. La DSC correspond à un mélange d'isomères trans and cis, avec deux transitions de phase, l'une proche de la valeur trouvée pour le Gutta percha, et l'autre pour l'isomère cis de l'hévéa. La masse molaire moyenne en poids (Mw) du caoutchouc d'Argan obtenue par SEC-MALLS est bien inférieure à celle du caoutchouc d'hévéa pour l'échantillon analysé. L'isomère trans est la forme la plus fréquente chez les Sapotacea sp. (Gutta percha, Balatta), et l'isomère cis chez Asteracea sp (guayule ou Parthenium argentatum) et chez Euphorbiaceae (Hevea). L'étude montre que A. spinosa synthétise les deux formes, probablement à cause de sa spécificité génétique.*

**Mots clefs :** pulpe d'Argan , latex naturel, poly-isoprene, isomer trans.



**An unusual polyisoprene latex from the pulp of *Argania spinosa* fruit; first detailed report: molecular features, material properties and potential value in the context of enhanced use of natural polymers.**

**Abstract**

The Argan tree, endemic of South West Morocco, belongs to the Sapotacea family, being part of the 2.000 species of latex producing plants. With the objective of an enhanced valorisation of the Argan fruit, this rubber fraction was investigated under the course of the RARGA PROD 2 project. The poly-isoprenic structure of the rubber from Argan pulp, of fruits collected at IAV Station in Agadir under controlled conditions, was confirmed by FTIR. The presence of both the cis 1-4 and trans 1-4 forms was shown by <sup>13</sup>C and <sup>1</sup>H NMR. DSC measurements are consistent with such a mixture of trans and cis isomers, being close to the value found for the reference trans isomer of Gutta percha and the cis isomer for Hevea. The weight-average molar mass (*M<sub>w</sub>*) of Argan rubber given by SEC-MALLS is lower than the molar mass of the reference Hevea rubber. In fact trans isomer could be expected as it is also found in other Sapotacea sp. (*Gutta percha*, *Balatta*), whereas the cis form is found with Asteracea sp. (*Guayule* or *parthenium argentatum*) and with Euphorbiaceae (*Hevea*), but here surprisingly, *A. spinosa* do synthesize both the forms, probably due to a genetic peculiarity.

**Keywords:** Argan pulp, natural latex, poly-isoprene, trans isomer.

## Introduction

L'arganier ou *Argania spinosa*, appartient à la famille des *Sapotacea*. C'est un arbre, endémique au sud du Maroc, adapté aux régions arides qui pousse du niveau de la mer jusqu'à des altitudes de 1400-1500 mètres. Il fructifie abondamment quand il n'est pas brouté par les chèvres ou attaqué par les Cératites (mouche du fruit). C'est une espèce sauvage, à peine domestiquée. La valorisation économique de l'arganier par le biais de ses produits est un moyen de relancer durablement une foresterie rurale intégrée. L'arganier fournit une alimentation au bétail, du bois pour le feu et la menuiserie, une huile alimentaire diététique, recherchée par l'industrie cosmétologique pour ses substances bienfaisantes. Malgré ces divers usages, l'arganier reste insuffisamment exploité car il renferme des potentialités jusque-là inconnues et dont la mise à jour pourrait donner à cet arbre un nouvel essor dans son contexte socio-économique et culturel<sup>1</sup>. Dans le cadre du projet RARGA PROD 2, conduit par l'Agence de Développement Social (ADS) avec un partenariat euro-méditerranéen (programme européen MEDA), et Agropolis International, une étude sur la valorisation des composées de la pulpe du fruit d'argan, notamment du latex a été entreprise (figure1).



**Figure 1 : gouttes de latex sur fruit d'argan**

L'étude morphologique du fruit de l'arganier a été l'objet de nombreux travaux (Emberger 1960)<sup>2</sup>. C'est une baie formée d'un péricarde charnu ou pulpe et d'un pseudo endocarpe ou noyau où sont inclus les amandons. Selon la forme, plusieurs types de fruits ont été identifiés: fusiforme, ovale, ovale apiculé, goutte, ronde.



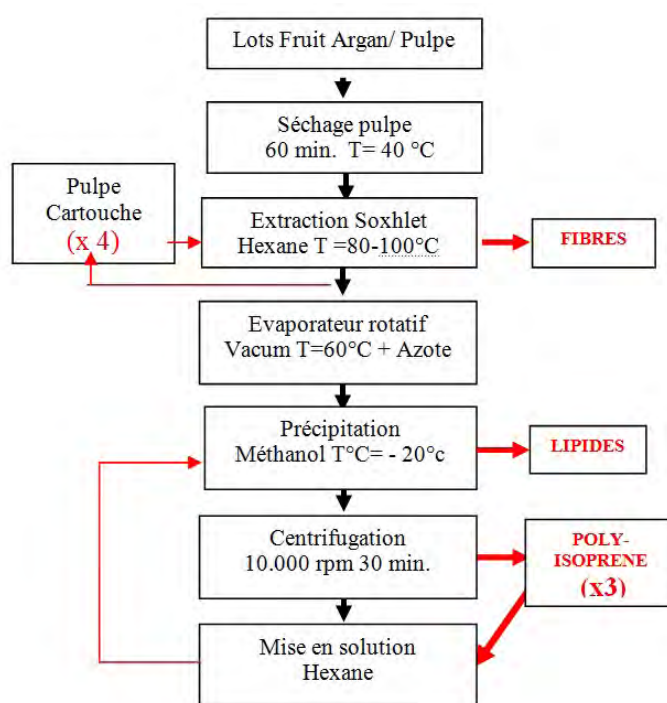
L'arganier appartient aux 2.500 espèces de plantes à latex qui produisent du polyisoprène (PI) sous la forme d'isomère cis 1,4 (*Hevea*, *Parthenium argentatum*, *Taraxacum kok saghyz*, *Ficus elastica*) ou sous la forme d'isomère trans (*Gutta percha*). Battino (1929)<sup>3</sup> a été le premier à isoler le latex de la pulpe d'argan et a conclu que sa structure est proche de celle du gutta-percha, macromolécule de polyisoprène de structure trans 1,4. Sandret (1957)<sup>4</sup> a montré que le latex du fruit de l'arganier contient une concentration de caoutchouc qui varie de 0.11 à 0.48% en poids frais. Charrouf Z. (1991). a montré que l'extrait lipidique de la pulpe est constitué de glycérides et d'un latex identique au caoutchouc de *gutta percha*<sup>5</sup>. Fellat-Zarrouk (1987) a mis en évidence que le caoutchouc du latex est sous la forme cis et trans, que la forme cis est dominante et représente 86% du poids de caoutchouc)<sup>6</sup>

Tanaka et al (2002)<sup>7</sup> ont rapporté qu'une plante à latex comme le Chicle ou *Achras zapota*, appartenant aussi à la famille des *sapotacea* produit du polyisoprène sous la forme cis et trans.

## Matériels et méthodes

Les échantillons de pulpe analysés proviennent de la campagne de ramassage organisée au premier trimestre 2008 sur la station de l'AIV à Agadir<sup>8</sup>. Les fruits ont été étudiés en fonction de leur origine, de leur forme et des conditions de stockage. La pulpe a été séchée à 40°C pendant plus de 6 heures, Avant extraction, les échantillons de pulpe ont été pulvérisés dans un broyeur. Le protocole utilisé a été adaptée de la littérature (Fellat-Zarrouk, Smoughen et al. (1987). La figure 2 montre le schéma de l'extraction par solvant, suivi de la purification du polymère par mise en solution et précipitation successive au méthanol. Les extraits hexaniques ont été joints et dilués dans un bain thermostaté à 40°C avec de l'hexane à une concentration de 100 mg/mL. Puis, du méthanol à la température de -20°C a été ajouté (10 fois le volume de la solution hexanique, concentration finale de 9 mg/mL). La suspension est centrifugée à 10.000 rpm à 20°C (30 minutes). Le précipité de PI est récupéré pour analyses. L'opération de mise en solution et précipitation est répétée plusieurs fois. La phase PI est lavée au méthanol puis séchée en dessiccateur pendant 4 heures avant pesée. Trois fractions ont été obtenues :

- une phase hexanique contenant les lipides, l'insaponifiable et le caoutchouc.
- une phase solide correspondant aux fibres de la pulpe
- un polymère (PI) solide après précipitation et centrifugation, blanc ou vert clair.



**Figure 2** : Protocole d'extraction des lipides et du polyisoprène de la pulpe d'argan



Les échantillons obtenus sont stockés sous azote, avant analyse. La répétabilité des résultats a été considérée satisfaisante quand l'écart entre deux mesures simultanées était inférieur à 0,5% en valeur absolue.

Les mesures infra-rouge (FTIR) ont été faites avec un Perkin Elmer Modèle IR-TF Frontier. Pour la RMN proton ( $^1\text{H}$ ) et RMN carbone ( $^{13}\text{C}$ ), on a utilisé un spectromètre Brüker DRX 400MHz avec le tétraméthylsilane comme standard. Pour la calorimétrie différentielle à balayage, on a utilisé un Mettler DSC 1 pour mesurer les transitions thermiques, en prenant pour la  $T_g$ , la valeur médiane du changement de chaleur spécifique. Les vitesses de chauffage et de refroidissement ont été de 10 °C/minute entre -100 et +100 °C.

L'équipement de chromatographie d'exclusion stérique couplée à un détecteur à diffusion de la lumière multiangulaire (SEC-MALLS) consistait en un dégazeur en ligne (Elite<sup>TM</sup>, Alltech), une pompe LC2A (Shimadzu), un refractometer (DRI) Optilab Rex (Wyatt Technology) et un détecteur à diffusion de la lumière multiangulaire (MALS) Dawn DSP (Wyatt Technology). Les colonnes étaient deux colonnes Varian (porosité 20  $\mu\text{m}$ , 300 mm  $\times$  7.8 mm I.D.) (Varian, Walnut Creek, USA). Les colonnes ont été maintenues à 45°C. La phase mobile était du tétrahydrofurane (THF) stabilisé à un débit de 0.65 ml/minute; le volume injecté était de 100  $\mu\text{L}$ . l'anti-oxydant utilisé pour stabiliser la phase mobile était du 2,6 bis (1,1 dimethyl ethyl-4-methyl phenol) ou BHT. Toutes les diodes (détecteurs), aux 18 angles de mesure, du détecteur MALS ont été normalisées en utilisant une solution d'un étalon de polystyrène ( $M_w = 30.3 \text{ kg/mol}$ ) dans le THF. La même solution a été utilisée pour déterminer le volume inter-détecteur entre les deux détecteurs Mals et DRI. Les masses molaires moyennes en poids ( $M_w$ ) et les rayons de giration ( $R_g$ ) à chaque tranche du chromatogramme ont été calculés en utilisant le modèle de Berry pour l'extrapolation (logiciel ASTRA version 5.3.1, Wyatt Technology). Un polynôme d'ordre 2 a été utilisé pour l'extrapolation avec la méthode de Berry<sup>9</sup>

## Résultats et discussions

### 3.1 Extraction

Les résultats des extractions sur plusieurs types de fruits sont donnés au tableau 1<sup>10</sup>

**Tableau 1** : Quantité de polyisoprène (PI) extrait en fonction du type de fruits

Référence échantillon	AM	RPM	RMI	RV
Forme de fruits	Apiculé Mur	Ronde presque mure	Ronde mure infesté	Ronde verte
Poids PI (g .)	4,0	11,8	6,3	11,0
Rendement PI/extrait %	8,6	30,5	31,8	32,5
Rendement PI. /Pulpe sèche %	0,56	3,1	3,6	3,5

Le pourcentage de caoutchouc dans la pulpe d'argan est faible, compris entre 0.5 à 3.6 g pour 100 g de pulpe sèche. Le produit obtenu est très collant.

### 3. 2. Spectroscopie Infra-rouge (FTIR) :

Les bandes caractéristiques du PI de l'arganier sont les suivantes :

- $\nu \text{ C=O}$  à 1735-1750  $\text{cm}^{-1}$  pour des esters d'acides gras, et les groupements carboxyle de protéines liées à du PI<sup>11</sup>.
- $\nu \text{ C=C}$  à 1620-1690  $\text{cm}^{-1}$  pour du PI et des lipides.
- $\nu \text{ C=C}$  à 840 et 800  $\text{cm}^{-1}$  caractéristiques du PI cis <sup>12</sup>.
- $\nu \text{ C-H}$  à 2850-3000  $\text{cm}^{-1}$  and 1370-1470  $\text{cm}^{-1}$  des composés carbonés (PI et lipides).
- les bandes à 1733  $\text{cm}^{-1}$  pourraient indiquer la présence de lipides ou de résidus protéiques et celle à 3300 $\text{cm}^{-1}$  une oxydation du caoutchouc.





On peut conclure par analyse FTIR, que le caoutchouc du latex de la pulpe d'argan est bien du polyisoprène.

### 3.3 Calorimétrie différentielle à balayage (DSC)

Les résultats des analyses par DSC (figure 4) des échantillons de PI de pulpe d'argan sont résumés au tableau 2

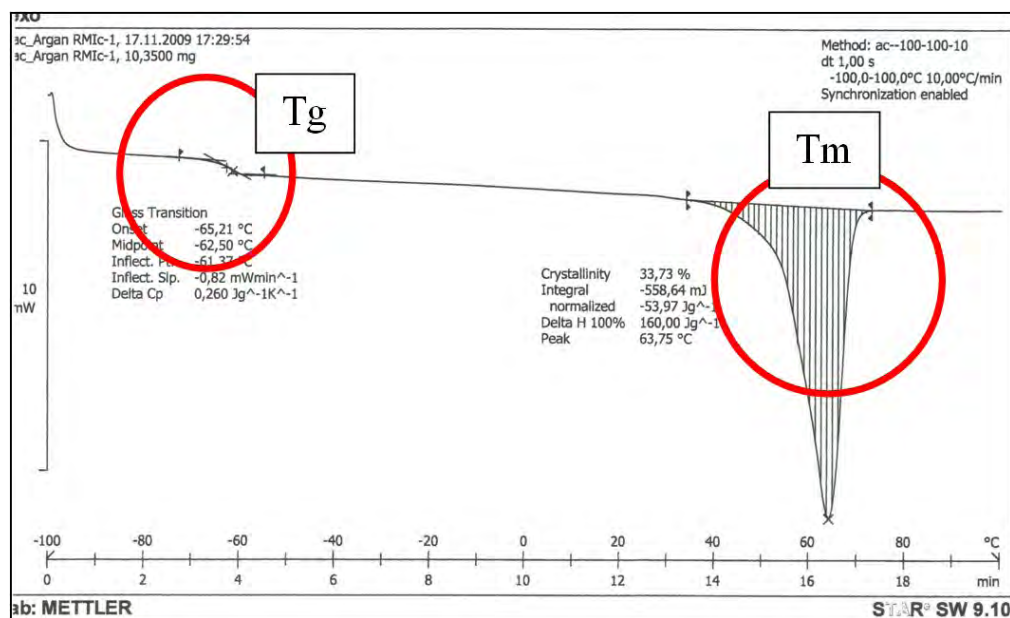


Figure 4 : courbe DSC sur un PI d'argan.

Tableau 2 : analyse du PI de pulpe d'argan par DSC

Type de fruits	Point de fusion T <sub>m</sub> °C (+)	Point de transition vitreuse T <sub>g</sub> °C (-)
AM	53,9	-54,9
RPM	56,2	-65,9
RMI	57,8	-63,0
RV	61,0	-65,0
<i>Gutta Percha</i> <sup>13</sup>	62,4	-66,9

Le point de fusion ou point <sup>TM</sup> entre 54-61°C correspond au trans 1-4 PI ou *Gutta percha*. La température de transition vitreuse (T<sub>g</sub>) est située entre -54°C and -65°C pour le cis 1-4. L'analyse par calorimétrie différentielle à balayage montre donc qu'il y a bien du PI sous forme trans et cis dans le latex de la pulpe d'argan.

### 3.4 RMN H1 et RMN C13 :

Les atomes de carbone ont été numérotés selon la figure 3.

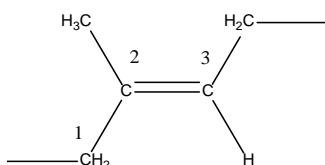


Figure 3 : identification des atomes de carbone de la molécule d'isoprène



L'analyse des spectres  $RMN^{H1}$  et  $RMN^{C13}$  conduit aux déplacements chimiques suivants pour la molécule de PI et les impuretés :

- $\delta$  CH3 (C5) à 1.63 ppm pour le cis 1-4 PI et CH3 à 1.53 ppm pour le trans 1-4.PI
- $\delta$  CH3 (C5) à 0.8-1.0 ppm et CH2 (C1 ou C4) à 1.2-2.0 ppm avec de petits pics au-dessus de 2 ppm caractéristiques de longues chaînes de lipides saturés Le proton éthylénique à 5.0 ppm est caractéristique du PI mais aussi de lipides en forme cis.
- Par totale intégration de tous les groupes aliphatiques, pour le PI, les groupes en-dessous de 2.5 ppm devraient être 7 fois celui du pic à 5.0 ppm des CH (C3). Il varie de 13 à 23 fois ce qui confirme la contamination du PI par des lipides.
- $\delta$  CH2 à 23-30 ppm est caractéristique de chaînes lipidiques ( $1733\text{cm}^{-1}$  par FTIR).
- $\delta$  CH2 à 32.2 ppm et  $\delta$  CH2 (C1) à 39.8 ppm est bien celui d'un PI cis et trans 1-4 .
- $\delta$  (C2) à 135 ppm et  $\delta$  (C3) à 125 ppm est bien du PI .

Les résultats sont consignés dans le tableau 3 en % d'isomères cis et trans calculés à partir des signaux des CH3 ou C5 (1, 88ppm pour cis et 1,75ppm pour trans) en  $RMN^{H1}$ , et en  $RMN^{C13}$  à partir des signaux des C3. Il est à noter la bonne concordance entre  $RMN^{H1}$  et  $^{13}C$

**Tableau 3:** pourcentage de cis et trans isomère de polyisoprène de pulpe d'argan

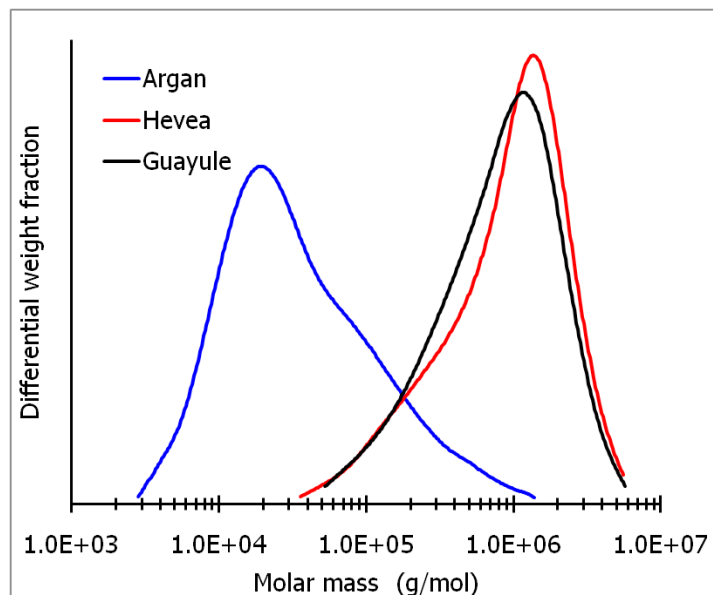
Analyse RMN	$RMN^{H1}$	$RMN^{H1}$	$RMN^{13C}$	$RMN^{13C}$
Type microstructure	Cis 1-4	Trans 1-4	Cis 1-4	Trans1-4
Type de fruits				
AMC	27.5	72.5	25.5	74.5
RPM	46.5	53.5	46.8	53.2
RMI	48.0	52.0	49.2	50.8
RV mure	44.1	55.9	42.9	57.1

Par  $RMN^{H1}$  on observe bien une co-existence des isomères cis and trans. Par  $RMN^{13C}$ , on peut conclure qu'*A. spinosa* synthétise les deux formes d'isomères cis et trans 1-4 de PI,. Les espèces appartenant aux *Sapotacea* ne synthétisent généralement que l'isomère trans (gutta percha), mais *Arganier Spinosa* comme *Achras zapota*, synthétise bien les deux formes de PI.

### 3.5 Chromatographie d'exclusion stérique SEC-MALLS

La SEC-MALS permet de caractériser la structure macromoléculaire d'un polymère, notamment de déterminer la masse molaire moyenne en poids ( $M_w$ ) et la distribution des masses molaires. La connaissance de ces paramètres permet d'apprécier les propriétés rhéologiques et mécaniques d'un polymère. En règle générale, plus la  $M_w$  est élevée, meilleures seront les propriétés mécaniques. Les résultats observés pour les échantillons d'Argan ont été comparés à ceux obtenus pour du PI d'*hévéa* et de *parthénium argentatum* ou guayule (figure 5).





**Figure 5** : distribution de masses molaires de différents types de polyisoprène naturel

Les résultats conduisent aux interprétations suivantes :

-Le polyisoprène (PI) extrait de la pulpe d'argan se caractérise par des masses molaires moyennes en poids ( $M_w$ ) faibles (tableau 4), comprises entre 58 000 et 143 000 g/mole, bien inférieures à celles trouvées pour un polyisoprène d'hévéa ( $1,0 - 2,5 \times 10^6$ ). Les valeurs se rapprochent plus des masses molaires trouvées pour un PI liquide obtenu par dépolymérisation en phase latex.

Le polyisoprène d'hévéa a une distribution uni ou bi modale pour certains types de clones. Pour le polyisoprène de la pulpe d'arganier on trouve une distribution bimodale.

La distribution des masses molaires ne semble pas lier ni à la forme, ni à l'évolution de la maturité du fruit d'argan.

**Tableau 4** : Masses molaires moyennes en poids ( $M_w$ ) et au nombre ( $M_n$ )

obtenues pour les échantillons de PI de pulpe d'Argan.

Echantillons	$M_n$ (g/mol)	$M_w$ (g/mol)
M885	52 (1)	58 (1)
M886	97 (8)	128 (20)
M887	46 (2)	143 (20)

( ) = Ecart type



## Conclusion

Le latex de la pulpe d'argan est du PI de structure cis 1-4 et trans 1-4 comme pour le PI de chicle (*Achras zapota*), tandis que les latex de plantes appartenant à l'espèce *Sapotacea* comme le *Gutta percha* ou le *Balatta* ont généralement une structure d'isomère trans 1-4, et les latex d'*Hevea* et de *Parthenium argentatum* ont une structure d'isomère cis 1-4 avec des propriétés élastiques très recherchées.

L'analyse par calorimétrie différentielle à balayage (DSC) confirme la présence d'isomère trans de polyisoprène.

La caractérisation par RMN <sup>1H</sup> et <sup>13C</sup> montre pas ou peu de présence de lipides insaturés pour les raisons suivantes :

-en RMN <sup>1H</sup> les pourcentages cis et trans sont calculés à partir des pics des CH<sub>3</sub> et non pas des doubles liaisons. Il n'y a pas ou rarement de CH<sub>3</sub> sur les doubles liaisons des lipides insaturés,

-les signaux en RRMN <sup>13C</sup> sont très sensibles à l'environnement du carbone observé or les signaux utilisés ont exactement le même déplacement chimique que le PI de référence (*hevea* et *gutta-percha*)

La caractérisation par RMN <sup>1H</sup> et <sup>13C</sup> montre une contamination des spectres par des chaînes de lipides, ce qui peut contribuer au pourcentage de structure cis 1-4 trouvé.

La masse molaire moyenne du caoutchouc d'argan est bien inférieure à celle de latex d'*hevea* et de guayule. Ces données structurales doivent être confirmées, notamment la masse molaire du PI car ce dernier aurait pu être dégradé au cours des divers traitements, en l'absence d'antioxydant. En l'état, elle oriente vers des applications spécifiques pour ce latex sur des marchés essentiellement de niche tels l'agro-alimentaire (chewing-gum) ou l'orthodontie

## Références bibliographiques

### (Endnotes)

- 1 **LAHCEN Kenny et al**, **Atlas de l'arganier et de l'arganeraie**, 2007 ,IAV Hassan II & Agropolis International,
- 2 **EMBERGER L.**, Les Végétaux vasculaires, Mason Tome II, Paris, 1960, 1540p
- 3 **BATTINO**, Recherches sur l'huile et sur quelques autres produits de l'arganier, 1929, Librairie le Français (Paris), 132p.
- 4 **SANDRET F** , La pulpe d'argane, composition chimique et valeur fourragère: variation en cours de la maturation, Annales de la recherche forestière du Maroc,1927, p 152-177
- 5 **CHARROUF Z et al**. Valorisation d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae : Etude de la composition chimique et de l'activité biologique du tourteau et de l'extrait lipidique de la pulpe, Thèse Sciences, Univ Mohammed V, Rabat ,1991.
- 6 **FELLAT-ZARROUCK K. ,SMOUCHEN S., MAURIN**, Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania Spinosa*) du Maroc Matière grasse et latex, Actes Inst. Agro. Vet. 1987, Vol 7, 17-22, (314),
- 7 **TANAKA Y.,AIK- HWEE E., SAKDAPIPANICH, J.** Technology & Engineering, Spectroscopy of rubber and rubber materials, microstructure of polyisoprene chicle, 2002, Chapter 11, p 403.
- 8 **BULAND F.N**, Contribution à l'étude de la pulpe d'*Argania spinosa*. Collecte et séchage d'échantillons de fruits, stage Cirad-Persyst, Univ. Montpellier 1, UFR sciences pharmaceutiques et biologiques, juillet 2008
- 9 **KIM C, SAINTE BEUVE J, GUILBERT S, BONFILS F.** Study of chain branching in natural rubber using size-exclusion chromatography coupled with a multi-angle light scattering detector (SEC-MALS), European Polymer Journal, 2009, 45, 2249-2259.



- 10 **PINGRET DE SOUSSA D.**, rapport d'activités stage Cirad Montpellier,UMR GPEB, 2008
- 11 **TANAKA Y. et al.**. Structural characteristics of natural rubber Role of esters groups, Journal of Applied Polymer Science, Applied Polymer symposium 53,3-14, 1994.
- 12 **BANISTAN T.F. , VERBISCAR A.G , ADOA T.O**, An infrared spectrophotometric analysis for natural rubber in guayule shrub, Rubber chemistry and technology,1981, Vol 55 407-414,  
**TANAKA Y. et al.**. Structural characteristics of natural rubber Role of esters groups, Journal of Applied Polymer Science, Applied Polymer symposium 53,3-14, 1994.
- 13 **MANIGLIA-FERREIRA C. et Al.** Brazilian Gutta percha points. Part II Thermal properties, Braz Oral Res, 21(1) 29-34,2007



# Profil sensoriel de l'huile d'Argane alimentaire et effet du mode de préparation sur sa qualité organoleptique

ZARROU S.<sup>1</sup>, ZAHAR M.<sup>1</sup>, DACREMONT C.<sup>2</sup>

1- Département des Sciences Alimentaires et Nutritionnelles, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. E-mail : m.zahar@iav.ac.ma

2- AgroSup Dijon - Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, Dijon, France. E-mail : catherine.dacremont@u-bourgogne.fr

## Résumé

*Le présent travail représente une contribution à la caractérisation organoleptique de l'huile d'Argane Alimentaire. La première partie du travail a porté sur l'entraînement d'un panel de 14 sujets et l'élaboration du profil sensoriel de l'huile d'Argane selon la norme ISO 11035. Le profil sensoriel élaboré comprend 10 descripteurs sensoriels correspondant à des attributs à priori positifs (amande grillée, miel, gaufrette, sucré, pain maison, et amande crue) et des attributs à priori négatifs ou défauts (moisi, rance, fumé et cuit/brûlé).*

*La deuxième partie a concerné l'étude de l'effet du procédé de fabrication (Traditionnel vs. Semi-mécanisé) et du degré de torréfaction des amandons (normal vs. poussé) sur les caractéristiques sensorielles de l'huile d'Argane alimentaire en utilisant le profil élaboré dans la première partie et le même panel. Les résultats n'ont pas montré de différences significatives ( $p > 0,05$ ) dans l'intensité des critères sensoriels entre les huiles traditionnelles et celles produites par le procédé semi-mécanisé. En revanche, un effet significatif du facteur « coopérative » a été observé. Les résultats de l'effet du degré de torréfaction ont montré une différence significative au niveau de l'intensité du cuit/brûlé entre les échantillons issus d'une torréfaction normale et ceux d'une torréfaction poussée.*

**Mots clés:** Huile d'Argane, profil sensoriel, torréfaction, procédé de fabrication.

## **Edible Argan oil sensory profile and effect of production technique on its organoleptic quality.**

### Abstract

*The present work represents a contribution to the organoleptic characterization of edible Argan oil. The first part of the work concerned the training of a panel of 14 assessors and the elaboration of Argan oil sensory profile as described in ISO 11035. The elaborated sensory profile includes 10 descriptors represented by positive attributes (roasted almond, honey, wafer, sweet, homemade bread and raw almond) and negative attributes or defects (moldy, rancid, smoked and cooked/burned).*

*The second part of the work concerned the study of the effect of production process (Traditional vs. semi-mechanical) and the kernels roasting degree (normal vs. strong) on the Argan oil sensory characteristics using the sensory profile elaborated in the first part and the same panel. The results did not show any significant difference ( $p > 0.5$ ) in the intensity of sensory attributes between traditional oils and those by semi-mechanical process. However, a significant effect related to "cooperative" was observed. Results of the effect of kernels roasting showed significant differences in the intensity of cooked/burned attribute between oil samples obtained from normal roasting and those corresponding to strong roasting.*

**Key words:** Argan oil, sensory profile, roasting, production process



## Introduction

L'Arganier (*Argania spinosa*) est une espèce forestière endémique du Sud-ouest marocain présentant un rôle économique et écologique majeur (Lybbert, 2007 ; El Aich et al., 2007). Les fruits de l'Arganier sont des baies sessiles formés d'un péricarpe charnu et d'un noyau à la coque très dure renfermant les amandons, partie dont est extraite l'huile. Plusieurs techniques de préparation et d'extraction sont utilisées pour produire une gamme d'huiles de qualités différentes. Dans la méthode traditionnelle d'extraction, tâche exclusivement dévolue aux femmes, le fruit est dépulvé et les noix sont cassées entre deux pierres pour récupérer les amandons. Ceux-ci sont torréfiés, puis broyés dans un moulin à bras traditionnel pour obtenir une pâte qui est malaxée avec de l'eau tiède et pressée manuellement pour en extraire l'huile. Cette technique représente le procédé le plus usuel pratiqué par la population locale (Chriqi et al, 2003). A côté de ce procédé traditionnel, des coopératives de femmes et des industriels ont mis en place des procédés partiellement mécanisés et contrôlés (Charrouf et Guillaume, 2008) : la torréfaction est réalisée dans des torréfacteurs en inox, l'extraction de l'huile est effectuée par pressage mécanique et l'huile est décantée puis filtrée dans des filtres à pression. Ce procédé semi-mécanisé permet de réduire la durée d'extraction, d'augmenter le rendement et d'obtenir une huile de qualité plus régulière (Charrouf et Guillaume, 1999).

Plusieurs travaux scientifiques ont porté sur les propriétés nutritionnelles, médicinales, et physico-chimiques de l'huile d'argane (Farines et al., 1984, Rahmani, 1979 ; Maurin, 1992 ; Chimi et al., 1998, Charrouf et al., 2002, Khallouki et al., 2003 ; Hilali et al., 2005). Par contre, peu de travaux ont été consacrés à la qualité organoleptique de l'huile d'Argane. L'étude d'El Ouahhab (2005) a permis la détermination d'une liste des principaux attributs sensoriels de l'huile d'Argane alimentaire en utilisant un groupe de sujets constitué d'adhérentes de coopératives et de professionnels du secteur. Une enquête auprès des professionnels réalisée par Waali (2009), a porté sur le recueil du vocabulaire employé pour décrire les qualités et les défauts sensoriels de l'huile d'Argane alimentaire. Une étude récente réalisée par Matthaus et al. (2010) a concerné l'effet du procédé de fabrication sur la qualité sensorielle de l'huile d'Argane alimentaire durant son stockage. La composition de la fraction aromatique caractéristique de l'huile d'Argane a fait objet de travaux par chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectroscopie de masse (CPG/SM) et par CPG/SM/Olfactométrie (Charrouf et al, 2006 ; Zahar et al., 2007). Ces travaux ont montré que l'étape de torréfaction des amandons et la technique d'extraction de l'huile jouent un rôle déterminant sur la qualité et la quantité de la fraction d'arômes.

L'objectif du présent travail est d'établir le profil sensoriel de l'huile d'Argane alimentaire et d'étudier l'effet du type de procédé (traditionnel vs. Semi-mécanisé) et du degré de torréfaction (normal vs. poussé) sur ce profil.

## Matériel et méthodes

### ***le panel:***

Le panel était constitué de 14 étudiants (12 filles et 2 garçons) de la filière des IAA de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. Les panélistes ont été sélectionnés sur la base de leurs aptitudes sensorielles dans un travail antérieur dans notre laboratoire (Waali, 2009). Ils ont été entraînés à l'évaluation de l'huile d'Argane alimentaire au cours de plusieurs séances en groupe.

### ***Elaboration du profil sensoriel:***

L'élaboration du profil sensoriel de l'huile d'Argane alimentaire a été réalisée comme décrit dans la norme ISO 11035. Dans une première étape, les panélistes ont généré des descripteurs pouvant décrire l'odeur et la saveur de l'huile d'Argane (Tableau 1). Cette liste a fait l'objet d'une réduction en regroupant les descripteurs synonymes ou antonymes et en éliminant ceux qui sont mal adaptés pour décrire les huiles d'Argane alimentaire du point de vue sensoriel.



Durant la séance 1, les sujets ont évalué 5 huiles d'argane alimentaire issues des deux procédés de fabrication (traditionnel et semi-mécanisé). Les sujets ont été invités à attribuer à chaque descripteur de la liste, une note d'intensité sur une échelle en 5 points dont l'extrémité gauche portant la note de 0 correspond à une absence de détection et l'extrémité droite portant une note de 4 correspond à une intensité forte. Une analyse en composante principale (ACP) a ensuite été appliquée aux notes moyennes par produit et par attribut pour déterminer la corrélation des différents descripteurs comme décrit dans la norme ISO 11035 (1994). Les résultats obtenus ont été discutés avec le groupe durant la séance 2 pour établir la liste finale. La séance 3 a été consacrée aux définitions des termes de la liste ainsi qu'à l'identification de produits de référence (Tableau 2).

Les séances 4 et 5 ont été consacrées à un test de classement de 6 autres échantillons d'huile d'Argane alimentaire selon l'intensité perçue de chaque descripteur. Ces tests avaient pour but la discrimination de plusieurs niveaux d'intensité afin d'entraîner le groupe à l'évaluation quantitative. A la fin de ces tests, une mise en commun des résultats et la comparaison des évaluations individuelles ont amené les sujets à discuter pour obtenir un classement consensuel.

Lors des séances 6 et 7, il a été demandé aux sujets d'attribuer des notes d'intensité à 3 huiles d'Argane alimentaire par séance, sur une échelle structurée. Pour chaque descripteur, la case à l'extrémité gauche de l'échelle portant une note de 0 correspond à une absence de détection, la case à l'extrémité droite portant une note de 10 correspond à une intensité forte. A la fin de ce test de notation, on communiquait aux sujets les résultats moyens ainsi qu'une indication de la dispersion des notes autour de la moyenne, une discussion s'engageait pour résoudre les éventuels désaccords. Les sujets avaient la possibilité d'évaluer à nouveau les échantillons qui leur ont posé problème.

Les séances se déroulaient à raison d'une à deux fois par semaine, et chacune durait environ 1h. Les séances ont eu lieu l'après-midi aux environs de 16h.

### ***Evaluation sensorielle des huiles d'Argane:***

#### **Echantillons d'huiles d'Argane:**

Sept huiles d'Argane alimentaire ont été sélectionnées. Elles diffèrent par leur procédé de fabrication (Traditionnel (Trad.) vs. Semi-mécanisé (S-M)) et par le degré de torréfaction des amandons utilisés pour la préparation de l'huile (Normal (N.) vs. fort (F.)). Trois échantillons d'huiles (Trad.N, S-M.N and S-M. F) ont été gracieusement préparés et offerts par la Coopérative Wirgane (Inzagane, Agadir). Deux huiles traditionnelles préparées à partir d'amandons avec torréfaction normale et poussée ont été préparées sur demande par la coopérative Argane Souss. Les deux autres huiles S-M ont été achetées des grandes surfaces à Rabat. Les échantillons d'huiles ont été évalués 1 semaine à 2 mois après leur production.

Les échantillons d'huile d'Argane alimentaire étaient servis à raison d'environ 20 ml à température ambiante dans des verres bleus normalisés pour dégustation des huiles d'olive (COI/T.20/Doc. N° 5) et couverts par des boîtes de pétri en verre pour permettre l'équilibre des composés volatils dans l'espace gazeux une demi-heure avant évaluation. Les verres étaient codés par des nombres à 3 chiffres. Les verres contenant les huiles ont été présentés de façon monadique selon un carré latin. Il a été demandé aux sujets de flairer et de déguster les échantillons présentés dans les verres normalisés. Les sujets doivent mettre en bouche la totalité de l'échantillon en le répartissant et en le conservant suffisamment (au moins une minute) afin de le mettre en contact avec toutes les parties de la cavité buccale. Des tranches de pommes et de l'eau distillée à température ambiante ont été utilisées par les sujets pour se rincer la bouche en début de la séance et entre chaque échantillon.





### **Evaluation sensorielle:**

Les sept huiles d'Argane alimentaire ont été évaluées en double au cours de 4 séances. Les séances d'évaluation se sont déroulées dans les mêmes conditions que les séances d'élaboration du profil. Lors de chaque séance, la présentation des échantillons était monadique et suivait un carré latin.

L'échelle utilisée lors des évaluations de ces échantillons est une échelle structurée composée de 11 cases. La case à l'extrémité gauche porte une note de 0 et correspond à l'absence de la perception de la sensation étudiée et la case à l'extrémité droite porte une note de 10 correspondant à une intensité forte de la sensation.

Les séances se sont déroulées dans la salle de dégustation du laboratoire d'analyse sensorielle du département des Sciences Alimentaires & Nutritionnelles de l'Institut Agronomique & Vétérinaire Hassan II à Rabat, équipée de cabines individuelles. Les données ont été collectées avec le logiciel FIZZ papier (Biosystems, Couternon-France). Le logiciel a permis d'établir les questionnaires de notation. Les questionnaires complétés par les panelistes sont scannés afin de collecter toutes les données et réaliser le traitement statistique des résultats.

### **Analyse statistique :**

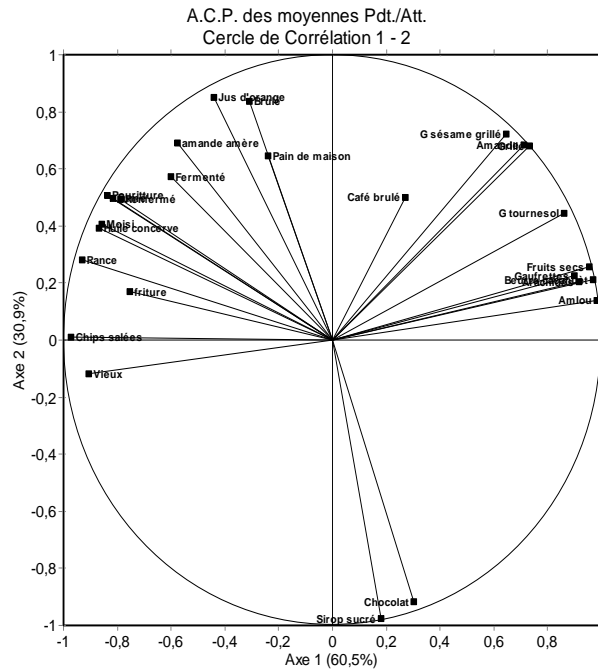
Les caractéristiques sensorielles des 7 échantillons d'huile d'Argane alimentaire ont été analysées à l'aide d'une ANOVA et d'une analyse en composantes principales (ACP) sur le tableau des notes moyennes pour l'ensemble des descripteurs.

## **Résultats et discussion**

### ***élaboration du profil :***

Une ACP a été appliquée aux notes moyennes par produit et par attribut obtenues lors des séances de réduction des descripteurs. Le cercle de corrélation (Figure 1) montre l'existence de groupes de descripteurs qui sont fortement corrélés. Ces groupes sont présentés dans le Tableau 1. Ce regroupement des descripteurs et la liste des descripteurs représentatifs de chaque groupe ont été discutés par le panel durant plusieurs séances et un consensus sur une liste de descripteurs a conduit à la liste finale du profil sensoriel (Tableau 2). Cette liste finale comprend des descripteurs sensoriels à priori recherchés dans une huile d'Argane alimentaire ou attributs positifs (amande grillée, miel, gaufrette, sucré, pain maison et amande). Les composés responsables de ces sensations sont formés principalement au cours de l'étape de torréfaction des amandons à travers les réactions de Maillard entre les acides aminés et les sucres à des températures élevées (Weenen and de Rooij, 1998). De même, la liste comprend des descripteurs sensoriels négatifs ou défauts qui résultent des contaminations, des réactions de dégradation de la qualité et la non maîtrise des conditions de la torréfaction. Le défaut moisi est en particulier lié au développement des moisissures qui représente un problème de contamination lors du stockage et la manipulation des fruits entiers et des amandons crus. Le défaut rance est lié à l'oxydation de l'huile par exposition à l'air et à la lumière. Les défauts fumé et cuit/brulé sont dus à un traitement thermique relativement sévère lors de la torréfaction et/ou un traitement non homogène des amandons. Le lexique définissant chacun des descripteurs employés ainsi que les produits de référence associés à ces descripteurs sont représentés dans le Tableau 2.





**Figure 1** : Cercle de corrélations des descripteurs sensoriels des huiles d'Argane alimentaire.

**Tableau 1** : Liste des descripteurs de l'huile d'Argane alimentaire générée par le panel et leur regroupement par ACP.

Groupe	Descripteurs	Descripteur représentatif
1	Gaufrette, Fruits secs, beurre de cacahuète, arachide, amlou, graines de tournesol	Arachide
2	grillée, amande, graines de sésame	Amande
3	Pain maison, jus d'orange, cuit/brulé	Pain maison
4	Fermenté, amande amère	Fermenté
5	Moisi, fumé, pourriture, huile de conserve de sardine	Moisi
6	Rance, friture, chips salé, vieux	Rance
7	Chocolat, sirop sucré	Chocolat



**Tableau 2** : Profil sensoriel de l'huile d'Argane alimentaire avec définition des descripteurs et leurs produits de référence.

Descripteur	Définition	Produit de référence
Amande grillée	Flaveur des amandes brunies par torréfaction ce qui leur procure un arôme délicieux et un goût intense et prolongé	Amande grillée
Miel	Saveur intense et arôme complexe de mélange de nectars des fleurs	Miel pur
Gaufrette	Perception olfactive et gustative d'une pâtisserie à la vanille mince, légère et fourrée à la crème	Gaufrette à la vanille
Sucré	Goût de base similaire à celui d'une solution aqueuse de saccharose	Solution de saccharose
Pain maison	Flaveur persistante d'un pain obtenu après cuisson d'une pâte formée de farine, du sel, d'eau et aussi de la levure boulangère pour permettre la fermentation de la pâte.	Pain préparé à la maison
Amande crue	Flaveur du fruit cru de l'amandier	Amande crue
Moisi	Flaveur des aliments qui ont été attaqué par des moisissures par suite à un renfermement pendant plusieurs jours	Pain moisi
Rance	Odeur forte et saveur intense d'un corps gras au contact de l'air dont il a absorbé l'oxygène et qui a causé l'oxydation des acides gras.	Vieille huile de table
Fumé	Flaveur assez prononcée d'un aliment exposé à la fumée	Filet de dinde fumé
Cuit/brulé	Perception olfactive et gustative d'un aliment qui a subi un traitement thermique sévère et trop prolongé	Grains de café brûlés.

## **2) Caractérisation sensorielle des huiles d'Argane Alimentaire:**

Les notes moyennes accordées par le panel pour chacun des descripteurs sensoriels du profil élaboré pour les 7 huiles d'Argane étudiées sont données dans le Tableau 3. Ces résultats montrent des différences significatives dans l'intensité des attributs entre les différentes huiles étudiées ce qui indique la pertinence des descripteurs utilisés dans la caractérisation des différences entre les huiles d'Argane. En général, parmi les attributs positifs du profil sensoriel, le grillé, le sucré et l'amande ont été les plus intenses et par conséquent les termes les mieux caractérisant globalement les échantillons d'huile d'Argane. Le grillé a été jugé le plus intense, avec une note moyenne d'environ 5/10. Pour les termes relatifs aux défauts sensoriels, les intensités détectées ont été relativement faibles ce qui témoigne de la bonne qualité organoleptique des échantillons étudiés ; le moisi a été le plus intense parmi ces attributs et sa note moyenne a été d'environ 2/10.



**Tableau 3** : Notes moyennes accordées par le panel sur une échelle de notation de 0 à 10 pour l'intensité de chaque descripteur sensoriel des huiles d'Argane alimentaire (Trad. : Traditionnelle, S-M : semi-mécanisé)\*

Descripteur sensoriel	Trad-N <sub>1</sub>	Trad-N <sub>2</sub>	S-M.N <sub>1</sub>	S-M.N <sub>3</sub>	S-M.N <sub>4</sub>	Moyenne totale
Grillé	6,1b	2,3c	6,9a	5,8b	2,4c	4,7
miel	1,0b	0,4c	1,7a	1,4a	0,4c	1,0
gaufrette	1,8c	0,9d	2,7b	1,6c	4,6a	2,3
sucré	2,3bc	3,4a	2,3bc	2,5b	1,9c	2,5
Pain maison	1,0c	0,8c	0,9c	2,6a	1,5b	1,4
Amande	0,5c	6,6a	0,9c	1,0c	4,1b	2,6
Moisi	2,6b	0,4d	1,1c	4,6a	2,4b	2,2
Rance	1,5b	0,3d	1,0c	1,6b	2,3a	1,3
Fumé	0,9b	4,4a	0,2c	0,6b	0,5b	1,3
Cuit/brulé	3,7a	1,0c	0,9cd	1,8b	0,5d	1,4

\* Pour chaque descripteur (par ligne), 2 huiles suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 5\%$ .

Pour une approche globale des caractéristiques sensorielles des huiles analysées, une cartographie des produits en fonction des descripteurs a été réalisée à l'aide de l'ACP sur les moyennes des notes accordées par le panel par attribut et par huile. Les 3 premières composantes ont été gardées car leurs valeurs propres sont supérieures à 1 et expliquent un pourcentage cumulé de 86,5% de la variance totale. Les descripteurs corrélés à l'axe 1 sont : moisi, grillé, miel, pain maison et fumé. Les descripteurs corrélés à l'axe 2 sont : amande, cuit/brulé, rance et sucré. Pour l'axe 3, les descripteurs qui lui sont corrélés sont : amande grillé, miel, rance et gaufrette.

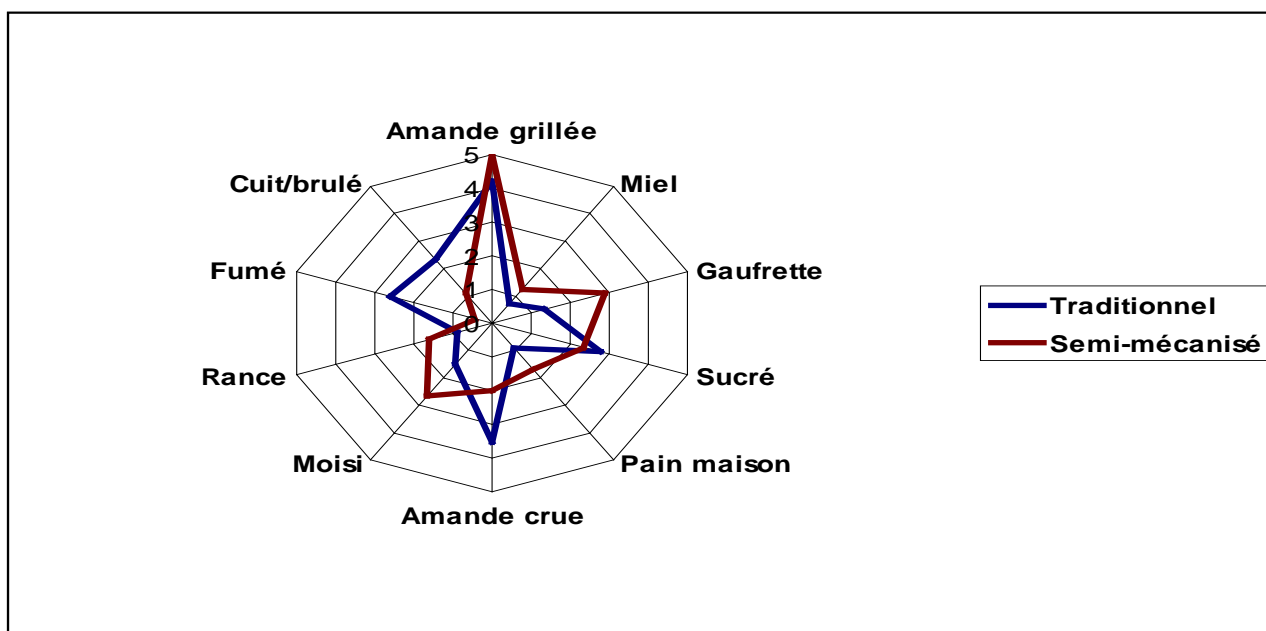
### 3) Effet du procédé de fabrication

La Figure 2 montre les moyennes par descripteur des huiles traditionnelles d'une part et des huiles issues du procédé semi-mécanisé d'autre part. L'analyse de la variance a montré qu'aucune différence n'est significative au seuil 5% entre les deux procédés de fabrication (Tableau 4). Ceci signifie que les différences entre les huiles issues d'un procédé de fabrication sont plus importantes que les différences observées entre les deux modes de fabrication. Autrement dit, le procédé semi-mécanisé n'introduit pas de caractéristiques sensorielles particulières à l'huile d'Argane par rapport au procédé traditionnel. Par contre, Les résultats du Tableau 4 montrent que tous les descripteurs étudiés discriminent de façon significative les huiles évaluées. Il semble exister un « effet coopérative » important sur l'intensité des descripteurs sensoriels. Ceci peut être dû à plusieurs facteurs liés aux conditions de production propres à chaque coopérative.

### Effet du degré de torréfaction

Pour déterminer l'effet du degré de torréfaction sur la qualité organoleptique de l'huile d'Argane alimentaire, quatre huiles d'Argane ont été retenues pour l'analyse. Pour chaque procédé de fabrication on a retenu deux échantillons de la même coopérative et ayant été préparées à partir d'amandons à torréfaction normale et à torréfaction forte.





**Figure 2 :** Effet du procédé de fabrication de l'huile d'argane alimentaire sur l'intensité des descripteurs sensoriels.

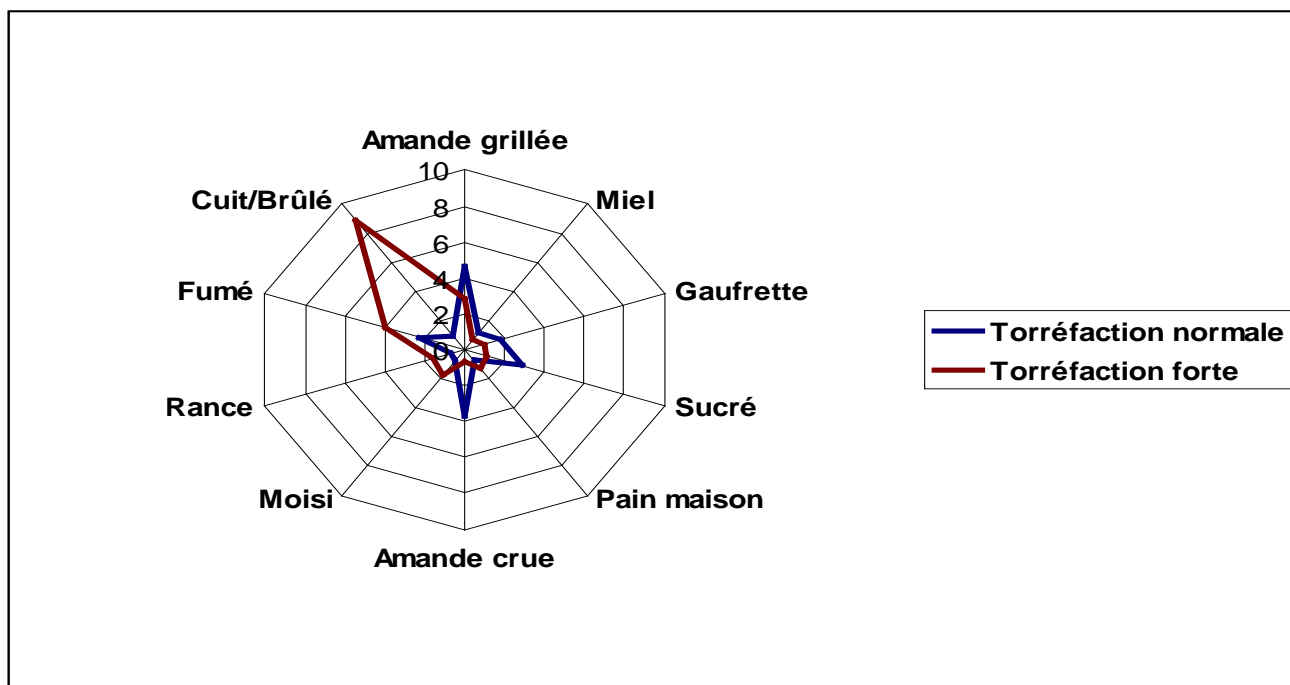
**Tableau 4:** Valeurs des probabilités des facteurs « procédé de fabrication » et « produit » pour l'effet procédé de fabrication sur l'intensité perçue par le panel pour chacun des descripteurs sensoriels des huiles d'Argane.

Descripteur	Procédé de fabrication	Produit (huile)
Grillé	0,753	< 0,001***
miel	0,439	< 0,001***
gaufrette	0,265	< 0,001***
sucré	0,302	< 0,001***
Pain maison	0,298	< 0,001***
Ammande crue	0,607	< 0,001***
Moisi	0,498	< 0,001***
Rance	0,352	< 0,001***
Fumé	0,195	< 0,001***
Cuit/brulé	0,342	< 0,001***

\*\*\* Significatif à  $\alpha = 0,1\%$ .

La figure 3 montre la présence de différences dans l'intensité des descripteurs sensoriels perçue par le panel entre les huiles issues d'ammandons à torréfaction normale et celles obtenues à partir d'ammandons à torréfaction forte. Cependant, l'analyse de la variance montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,01$ ) entre les deux degrés de torréfaction uniquement pour le descripteur « cuit/brulé ».





**Figure 3 :** Effet du degré de torréfaction des amandons sur l'intensité des descripteurs de l'huile d'argane alimentaire

## Conclusion

Dans une première étape de ce travail, l'élaboration du profil sensoriel de l'huile d'Argane alimentaire sur la base de la norme ISO 11035 a été réalisée. L'élaboration de la liste de descripteurs, l'entraînement et le contrôle des performances du groupe ont été faits. Un profil sensoriel composé de dix descripteurs sensoriels a été obtenu. Ces descripteurs comportent des attributs à priori positifs qui sont recherchés dans une huile d'argane alimentaire de qualité et des attributs négatifs correspondant à des défauts sensoriels. Les attributs positifs retenus sont : ammande grillée, miel, gaufrette, sucré, pain maison et ammande. Les défauts sensoriels considérés sont : moisi, rance, fumé et cuit/brûlé.

Dans une deuxième étape, une étude de l'effet du procédé de fabrication (traditionnel et semi-mécanisé) et du degré de torréfaction des amandons (normal et poussé) a été réalisée. A cette fin, le profil sensoriel élaboré auparavant a été appliqué par le groupe de sujets à une gamme d'huiles d'argane alimentaire issues de différentes coopératives obtenues par procédé traditionnel ou semi-mécanisé et à torréfaction des amandons normale ou forte.

Les résultats montrent que les huiles d'argane alimentaire issues du procédé traditionnel ne se différencient pas sensoriellement des huiles issues du procédé semi-mécanisé. Toutefois des différences importantes entre coopératives ont été observées indiquant que d'autres paramètres du procédé de fabrication influent sur les qualités organoleptiques des huiles. Les résultats de l'effet du degré de torréfaction ont montré une différence significative au niveau de l'intensité du descripteur cuit/brûlé entre les échantillons issus d'une torréfaction normale et ceux d'une torréfaction poussée.



## Références bibliographiques

- 1- **Charrouf, Z., Guillaume, D.** Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *J. Ethnopharmacol.* **1999**, 67, 7-14.
- 2- **Charrouf, Z., El Hamchi H., Mallia S., Licitra G. & Guillaume D.** Influence of roasting and seed collection on argan oil odorant composition. *Natural product communications*, 2006, 0 (0), 1-5.
- 3- **Charrouf, Z. & Guillaume, D.** Argan oil, functional food, and the sustainable development of the argan forest. *Natural product communications*, 2008, 3, 283-288.
- 4- **Cherki, M.; Berrougui, H.; Drissi A., Adlouni, A. & Khalil, A.** Argan oil: Which benefits on cardiovascular diseases? *Pharmacological Research*, 2006, 54, 1-5.
- 5- **Chimi, H.; Cillard, J.; Cillard, P.** Autoxydation de l'huile d'Argan. *Argania Spinosa L du Maroc. Sci. Aliment.* 1994, 14, 117-124.
- 6- **Chriqi, A., A. Ballouk, A. Houjjaji, A. Adnan, L. Bacha, R. Addebbous.** L'Huile d'Argan : un produit de terroir. Quelle stratégie pour sa valorisation ? *Terre et Vie*, 2003, N° 70, Juillet.
- 7- **El Aich A. ; El Assouli N., Fathi A., Morand-Fehr P. & Bourbouze A.** Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Ruminant Research*, 2007, 70, 248-256.
- 8- **El Ouahhab.** Contribution à la caractérisation de la qualité organoleptique de l'huile d'Argane. Mémoire de troisième cycle, 2005. Institut Agronomique & Vétérinaire Hasan II. Rabat, Maroc
- 9- **Farines, M.; Charrouf, Z.; Soulier, M.** The sterols of *Argania spinosa* seed oil. *Phytochem.* 1981, 20, 2038-2039.
- 10- **Norme ISO 11035** (1994). Analyse sensorielle – Recherche et sélection des descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel par approche multidimensionnelle.
- 11- **Hilali, M.; Z. Charrouf, A. Soulhi, L. Hachimi, Guillaume, D.** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, 53 (6), 2081-2087.
- 12- **Khallouki, F.; Younos, C.; Soulimani, R.; Oster, T.; Charrouf, Z.; Spiegelhader, B.; Bartsch, H.; Owen, R.W.** Consumption of Argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols, and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur. J. Cancer Prev.* 2003, 12 (1), 67-75.
- 13- **Lybbert T.J.** Patent disclosure requirements and benefit sharing: A counterfactual case of Morocco's argan oil. *Ecological Economics*, 2007, 64, 12-18.
- 14- **Matthaus, B.; D. Guillaume, S. Gharby, A. Haddad, H. Harhar, Z. Charrouf.** Effect of processing on the quality of edible Argan oil. *Food Chem.* 2010, 120, 426-423.
- 15- **Rahmani, M.** 1979. Contribution à la connaissance de l'huile d'Argane. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle en agro-alimentaire. IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- 16- **Waali. S.** Huile d'Argane : technique de production et Qualité organoleptique. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, 2009. IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- 17- **Weenen, H., de Rooij, J.F.M.** Process Flavourings. In Ziegler H, Ziegler E (Eds). *Flavourings production, composition, applications, regulations*. Second edition. Wiley-VCH, New York, NY, **1998**; 233-258.
- 18- **Zahar M., Reineccius G ; & Schirle-Keller J-P.** 2007. Identification of aroma compounds in food grade Argan oil (Communication orale). The 234<sup>th</sup> American Chemical Society meeting, 19- 23 août, Boston, MA, USA









**Axe 4 : Structure  
et fonctionnement  
de l'écosystème**



# Analyse de la filière "huile d'argan" au niveau de la zone forestière d'Amsitten dans la région d'Essaouira

**M'Hamed Hachmi<sup>1</sup>, Mohamed Qarro<sup>1</sup>, Abdessadek Sesbou<sup>1</sup>, Mohamed Sabir<sup>1</sup>  
et Siham Charif<sup>2</sup>**

1 - Professeurs, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Tabriquet BP: 511, 11015, Salé, Maroc

2 - Ingénieur, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Rabat, Maroc

Auteur correspondant : Pr M'Hamed Hachmi, hachmimhamed@yahoo.fr

## Résumé

L'huile d'argan a connu un essor de développement considérable grâce à ses vertus alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques. La très forte demande du marché national et international en cette huile a incité ainsi les gens à la spéculation. Cette étude vise l'analyse de cette filière en termes de circuits et intervenants dans trois communes rurales disposant de forêts d'arganier d'Amsitten. Les résultats des enquêtes réalisées ont révélé l'existence de trois principaux intervenants : les ayants droits, les coopératives et les sociétés privées. D'autres intervenants ont été identifiés comme agents intermédiaires: les grossistes, les revendeurs, les courtiers, et les femmes concasseuses. La majorité des fruits d'argan récoltés sont traités par le circuit traditionnel, alors que seulement 11% de la totalité de ces fruits sont transformés ailleurs. Les noix ingurgitées par les chèvres sont récupérées et réutilisées dans l'extraction de l'huile traditionnelle dans une proportion de 20%. Les coopératives et les sociétés privées font des bénéfices importants, les rendant ainsi plus concurrentielles au circuit traditionnel. Les coopératives ont mis en exergue l'intérêt de rentabilité de cette activité pour les femmes rurales de la région.

**Mots clés:** Arganier, Huile d'argan, Amsitten, Coopérative d'arganier.

## ***Analysis of the Argan oil sector at Amsitten forest level in Essaouira region***

### ***Abstract***

Argan oil has undergone an important development because of its food, cosmetic and therapeutic virtues. The strong Argan-oil demand of the national and international market encouraged people to speculation. This study aims to analyze this sector in terms of circuits and actors in three rural communities that use Amsitten argan forests. The results of the conducted surveys revealed the existence of three main actors: the rights holders, cooperatives and private companies. Other actors were identified as intermediate agents : wholesalers, retailers, supply brokers, and women crushers. Most harvested argan fruits are treated by the traditional sector, while only 11% of all of these fruits are processed elsewhere. The nuts ingested by goats are recovered and reused in the conventional oil extraction in a proportion of 20%. Cooperatives and private companies make large profits, making them more competitive to the traditional sector. Cooperatives have highlighted the profitability interest of this activity for rural women in the region.

**Keywords:** Argan, Argan oil, Amsitten, Argan cooperative



## Introduction

Espèce endémique du Maroc, l'arganier (*Argania spinosa* L.skeels) est majoritairement localisé dans l'ouest central du pays, et s'étend sur une superficie d'environ 868 034 hectares (IFN, 1996 ; Ayad, 1989). Connu pour sa rusticité (Emberger, 1925 ; Boudy, 1952), l'arganier se développe dans des conditions écologiques très variées et souvent difficiles sous forme de peuplements épars le plus souvent, constituant ainsi un véritable rempart contre l'avancée du désert. En plus de son rôle de protection des sols (M'hirit, 1989), de l'environnement et de la biodiversité (Radi, 2003), l'arganier joue un rôle socio-économique important (Benchekroun et Buttoud, 1989 ; Chriqi et al. 2003 ; Nouaïm, 2005). Selon Benzyane (1995), l'arganeraie procure du bois de feu estimée à 400000 stères/an, des unités fourragères (500 UF/ha/an) et une production d'huile d'argan (3500 à 4000 tonnes/an).

Cet aspect sylvo-agro-pastoral a conféré à l'arganeraie une législation forestière particulière assurant aux ayants droits la jouissance d'usages multiples (M'Hirit et al., 1998). Mais malgré les dispositions de cette législation, l'arganeraie connaît actuellement une situation de dégradation qualitative. Il est impératif de trouver un état d'équilibre pouvant assurer la pérennité de cet écosystème. La valorisation de l'huile d'argan et de ses dérivés apparaît être le moyen de relancer un développement durable pour une foresterie rurale intégrée, pouvant améliorer les revenus des ayants droits en les rendant plus responsables de la préservation de l'arganier.

L'huile d'argan est produite par les ayants droits pour la consommation domestique et en cas de besoin pour la vente sur les souks. Depuis les années 60, cette huile devient de plus en plus populaire. Sa production est restée traditionnelle malgré l'émergence des circuits commerciaux d'approvisionnement pour répondre à la demande croissante de la part d'une clientèle régionale et nationale.

Cette huile avait fait l'objet de beaucoup d'études dans le passé (Jaccard, 1926 ; Berrada, 1972 ; Collier et Lemaire 1974 ; Er-Rafia, 1975 ; Charrouf, 1984 ; Farines et al., 1984 ; Zarrouk et al. 1987). Mais ce n'est que durant les années 90 que cette filière a connu un essor important grâce à la découverte des vertus alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques de cette huile (Belcadi, 1994 ; Khallouki et al., 2003 ; Rahmani, 2005 ; Rojas et al. 2005 ; Charrouf et Guillaume, 2008). Il s'est avéré que cette huile a des propriétés protectrices, adoucissantes, cicatrisantes et nettoyantes pour la peau, les cheveux et les ongles, et aussi des propriétés d'antivieillesse prématuré des cellules. De même, elle est aussi utilisée en médecine traditionnelle et qu'elle a des effets anti-inflammatoires et analgésiques (Alaoui et al. 1998). L'acide linoléique qu'elle contient est déterminant dans la prévention de l'infarctus du myocarde (Cherki et al. 2006) et dans la réduction du taux de cholestérol (Berrougui et al. 2003). Aussi, sa teneur en polyphénols contribuerait à la prévention du cancer de la prostate (Bennani et al., 2009).

L'essor important de développement qu'a connu l'huile d'argan s'est traduit par l'incitation à la création de coopératives féminines dont les premières ont vu le jour en 1996. Leur nombre est passé d'un seul chiffre en 1996 à deux chiffres, i.e., 25 coopératives en 2007 (Bouzemmouri, 2007) et actuellement à trois chiffres, i.e., plus de 100 coopératives existantes au Maroc. La création de ces coopératives a été aussi facilitée grâce à la contribution de plusieurs organismes de développement à la mise en œuvre de projets de valorisation dans toute l'aire de l'arganier. L'accroissement de la demande en noix d'argan a entraîné l'émergence d'un marché pour ce fruit et l'huile avec apparition de circuits de commercialisation, impliquant différents intervenants. Les données relatives aux flux et à la valeur ajoutée aux niveaux des différents intervenants de cette filière ainsi que les nouveaux circuits qui ont été créés restent inconnus. La présente étude vise l'analyse de cette filière en vue d'apporter les éléments de réponse à la problématique posée.



## Matériels et méthodes

**Zone d'étude.** La présente étude a été réalisée dans le cadre du Projet Interuniversitaire Ciblé (PIC) monté en collaboration entre l'ENFI et l'Université Catholique de Louvain. Elle consiste à analyser la filière huile d'argan à l'échelle de trois communes rurales Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza. Ces dernières se trouvent sur le versant nord du Jbel Amsitten et couvrent 25500 ha dont 57% (13312 ha) occupés par la forêt (Ben Omar, 2008) constituée d'arganier (61%), de thuya (34%) et des essences secondaires avec 5%. Cette forêt est gérée par le Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières (CCDRF) de Smimou sous la tutelle de la Direction Provinciale des Eaux et Forêt et de la Lutte Contre La Désertification (DPEFLCD) d'Essaouira.

Ces trois communes comptent 22 622 habitants et 4051 ménages (HCP, 2004). Pour une meilleure gestion et exploitation, cette population a divisé l'espace du milieu naturel de la zone à étudier en 10 unités socio-territoriales (UST). Le critère déterminant l'espace correspondant à l'UST est le mouvement du troupeau. Les douars formant une UST sont ceux qui se partagent les mêmes terrains de parcours (Ben Omar, 2008).

**Approche méthodologique.** L'approche de travail adoptée est basée sur deux volets : la consultation des documents et rapports existants et les enquêtes sur le terrain.

Collecte des données bibliographiques. La collecte et la consultation ont porté sur les différents ouvrages et rapports de travaux de recherche sur l'arganier réalisés dans l'aire de l'arganeraie en général et dans la zone d'étude en particulier. Les entités qui ont été sollicitées sont : l'Office de Développement de la Coopération, l'Agence de Développement Social, la Direction de Développement des Filières de Productions du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, la DPEFLCD d'Essaouira, le CCDRF de Smimou, la Direction Provinciale d'Agriculture d'Essaouira, les autorités locales, etc..

Enquêtes sur le terrain. Des enquêtes et discussions semi-structurées auprès des différents acteurs de la filière huile d'argan ont été réalisées à l'amont et à l'aval de cette filière.

La technique d'échantillonnage basée sur la classification ascendante hiérarchique (CAH) des 10 UST a été adoptée pour le cas des enquêtes auprès des ménages. Quatre critères ont été retenus : surface agricole utile (SAU), cheptel exprimé en unité petit bétail, superficie de l'arganier pur et nombre de pieds de l'arganier privé. Ce type de classification a permis de regrouper les 10 UST en 3 classes homogènes. Les classes 1 et 2 regroupent quatre UST chacune alors que la dernière classe 3 ne regroupe que deux UST (Tableau 1).

**Tableau 1** : Les critères utilisés pour la classification ascendante hiérarchique des UST des trois communes rurales de la zone d'étude et la sélection des UST à enquêter.

Commune	UST	SAU (ha)	UPB (têtes)	SAP (ha)	APr (pieds)	Classes homogènes		
						1	2	3
Smimou	Ida ou Talit	2820	376	953	678	X		
	Tidourine	1375	231	686	1512		X	
	Id Kadour	2924	542	1450	5810			X , n=25
	Id Addi	2908	435	169	1120	X , n=14		
Ida Ou Azza	Id Mbarek	5461	822	552	5584		X , n=23	
	Tourhnist	4763	564	1389	4065		X	
	Tadart	5727	402	976	3657		X , n=16	
Imin Tlit	Ait Ahmed	6739	1234	730	12 150			X , n=39
	Ibourach	6317	849	3025	3306	X		
	El Mahsser	5484	340	676	2332	X , n=14		

**UST : unité socio-territoriale ; SAU : surface agricole utile ; UPB : unité petit bétail ; SAP : surface arganier pur ; Apr : arganier privé ; n : nombre de ménages enquêtés au niveau des UST échantillons.**



Pour l'enquête, on a choisi deux UST par classe homogène, et les UST retenues sont indiquées dans le tableau 1. La taille de l'échantillon des ménages à enquêter a été déterminée à partir d'un échantillon préliminaire de 200 ménages, prélevés dans les 10 UST étudiées par Tarmadi (2010). Ces ménages ont été choisis selon l'échantillonnage stratifié avec allocation proportionnelle à un critère de stratification. Jugée comme support des autres facteurs de production, la surface agricole utile (SAU) a été choisie comme critère pour cette stratification. Quatre classes ont été ainsi créées :  $SAU < 1$  ha,  $1 \text{ ha} \leq SAU < 2$  ha,  $2 \text{ ha} \leq SAU < 3$  ha, et  $SAU \geq 3$  ha. A 10% d'erreur, la taille de l'échantillon a été de  $n=125$  ménages à enquêter. Mais après son allocation proportionnelle, il est devenu  $n=131$  ménages, répartis comme c'est indiqué dans le tableau 1.

Quant aux enquêtes, on a opté pour l'approche des discussions semi-structurées avec les directions et les adhérentes de certaines coopératives et des entretiens avec les responsables des sociétés privées. Les informations à collecter sont celles liées à l'identification, l'organisation, l'approvisionnement, la production, le coût d'extraction, les débouchés, les acheteurs, etc.. Enfin, une autre enquête a été menée auprès de tout agent intermédiaire intervenant à l'amont ou à l'aval de la filière.

## Résultats et discussion

L'activité de production de l'huile d'argan est organisée dans la zone en trois circuits : le circuit traditionnel assuré par les ayants droits et le circuit semi-industriel assuré principalement par les coopératives. Il existe, en plus, un troisième circuit assuré par les sociétés privées qui se sont greffées au secteur. La connexion entre ces trois circuits est assurée par des agents intermédiaires satellitaires qualifiés de grossistes, de revendeurs détaillants, de courtiers fournisseurs, et de femmes concasseuses. Toutes ces activités utilisent la même matière première, les fruits d'argan qu'il faut tout d'abord récolter à l'amont.

La législation forestière des arganeraies assure aux ayants droits la jouissance d'usages multiples, y compris la collecte des fruits de l'argan. Cette récolte se fait sur des parcelles privées (Melk), et sur le terrain forestier domanial dans le cadre du droit d'usage soit à titre individuel (Agdal) ou à titre collectif (Mouchaâ). Deux modes de récolte ont été identifiés : par ramassage des fruits mûrs qui tombent naturellement de l'arbre, c'est le cas le plus fréquent puisque qu'il est impossible de procéder à une cueillette manuelle vu que l'arbre est épineux; et par gaulage des branches. Cette opération du gaulage n'a été introduite que récemment. Elle est pratiquée par 30% des collecteurs à cause de l'accroissement des actes de vols de fruits d'argan constatés dans la forêt suite à l'augmentation de la valeur de l'huile d'argan. Si l'arbre de l'arganier se défend par ses épines contre les mains des collecteurs il ne pourra pas résister aux coups subis lors du gaulage. Cette pratique cause beaucoup de dégâts aux arbres de montagne, qui sont déjà chétifs, mettant leur pérennité en danger avec un risque de diminution des rendements en fruits. L'augmentation de la demande en fruits a changé les habitudes de récolte, autrefois confiée aux femmes rurales qui partent en groupe très tôt le matin pour revenir avant midi avec un sac de 25 kg de fruits chacune. Actuellement, on assiste à un partage de cette tâche entre elles (70%), les hommes (21%) et les enfants (9%).

D'après les données collectées auprès des 131 ménages enquêtés dans le cadre de l'étude du premier circuit traditionnel correspondant aux ayants droits (Charif, 2011), la quantité moyenne globale pondérée est de 1673 Kg de fruits récoltés par ménage. Cette moyenne varie en fonction des provenances et des classes de SAU. Elle est de 1561 Kg pour les ménages ayant des  $SAU < 1$  ha et de 2093 Kg pour le cas des  $SAU \geq 3$  ha (Tableau 2). Ceci est du à la différence en nombre de pieds d'arganier se trouvant sur leurs terrains privés.



Les arganeraies des Agdals et du Melk procurent 90% de la production des fruits d'argan ; alors que celle du Mouchaâ ne contribue qu'à hauteur de 10%. Ceci s'explique par une gestion raisonnée des Agdals et du Melk qui contiennent un nombre important de pieds d'arganier par ménage. Malgré leur nombre faible, les arganiers des terrains privés sont bien venants et plus productifs. Ce sont les familles ayant une SAU < 1ha qui récoltent le plus dans les zones Mouchaâ. Elles s'efforcent à partir plus loin en forêt pour augmenter les quantités récoltées en vue de compenser les faibles récoltes faites sur leurs propres terrains (Tableau 2).

**Tableau 2** : Quantités moyennes (en Kg/ménage) de fruits d'argan récoltés selon les classes de surface agricole utile (SAU) et les sites de provenance, transformés et vendus (Charif, 2011).

Classe de SAU (ha)	Quantité moyenne récoltée (Kg/ménage)	Quantité récoltée/ménage selon la provenance						Quantité de fruits (Kg/ménage)			
		Mouchaâ		Agdal		Melk		transformée		Vendue	
		Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
≥ 3	2093	62	3	1343	64	688	33	1566	75	527	25
2≤SAU<3	1621	108	7	1012	62	501	31	1399	86	222	14
1≤SAU<2	1677	159	9	1127	67	391	23	1526	91	151	9
< 1	1561	196	13	1110	71	255	16	1439	92	122	8
Moyenne pondérée	<b>1673</b>	<b>156</b>	<b>10</b>	<b>1133</b>	<b>68</b>	<b>385</b>	<b>22</b>	<b>1484</b>	<b>89</b>	<b>189</b>	<b>11</b>

La vente des noix n'est pas courante dans la région vu la faible valeur ajoutée liée à leur dépulpage. Même la vente des fruits est faible. Elle est de 25% pour les ménages aisés (SAU ≥ 3 ha), et de 8% pour ceux qui ont une SAU < 1 ha (Tableau 2). La majorité de la récolte (89%) est traitée localement pour produire de l'huile alimentaire. Quant aux 11% restant, ils sont expédiés en dehors de la zone (Charif, 2011).

La quantité totale récoltée au niveau des trois communes est estimée à 6778 tonnes/an (Tableau 3). Il a été noté une grande variation des quantités récoltées entre les UST, entre les exploitants d'un même douar, et entre les trois types d'arganeraie. Le maximum de rendement est atteint au niveau de la commune Imin Tlit avec 1,9 tonne/ha/an ; ceci est du au bon état des arbres. Le minimum (0,4 tonnes/ha/an) a été enregistré pour la commune Ida Ou Azza qui a plus de surface d'arganier (4760 ha), mais dans un état plus dégradé (Tableau 3).

**Tableau 3** : Quantités de noix d'argan (en Tonnes/an) récoltés par les communes rurales et rendement de production de fruits à l'hectare d'arganier (Charif, 2011).

Commune	Ménages (Recensement 2004)	Surface totale (ha)	Taux de boisement (%)	Surface arganier (ha)	Production de noix (T/an)	Rendement en noix T /ha/an
Smimou	1380	7100	52	2124	2308	1,087
Imin Tlit	1406	7000	38	1248	2354	1,886
Ida Ou Azza	1265	9400	75	4760	2116	0,445
Total	4051	23500	57	8132	6778	0,833



La quantité des fruits destinée à l'extraction de l'huile traditionnelle va tout d'abord subir un séchage de quelques semaines au soleil et en couche mince de moins de 10 cm d'épaisseur. Les fruits secs obtenus sont mis dans des sacs et stockés dans un endroit à l'abri de l'humidité. Cette matière première va subir les six opérations classiques de la méthode traditionnelle d'extraction d'huile. Les sous produits secondaires résultant de cette extraction sont la pulpe, la coque et le tourteau.

La pulpe, qui représente 40% du poids total des fruits d'argan, est utilisée comme aliment de bétail. La quantité produite annuellement n'est pas négligeable puisqu'elle est de 2711 tonnes à l'échelle des trois communes. Ceci a favorisé, d'ailleurs, la création d'un marché de la pulpe que l'on a identifié lors des enquêtes auprès des ménages. L'importance de ce type de commercialisation constitue la preuve que les habitants de la zone sont prédisposés à acquérir de plus en plus la pulpe comme aliment de bétail au lieu des autres aliments classiques qui sont plus chers et hors de leur portée. Ce circuit montre un excès de production de la pulpe au niveau de beaucoup de ménages de la zone étudiée, vu le pourcentage élevé de vente (47%) contre celui de l'achat qui n'est que de 9% (Tableau 4). En effet, la production moyenne pondérée de pulpe est de 604 Kg/ménage ; alors que la quantité moyenne consommée est faible (354 Kg/ménage).

**Tableau 4 :** Quantités moyennes (en Kg/ménage) de pulpe de noix d'argan selon les classes de surface agricole utile (SAU) et ses destinations (Charif, 2011).

Classe de SAU (ha)	Nombre de ménages enquêtés	Quantité de pulpe (en Kg/ménage)				Quantité de pulpe (en Kg/ménage)				Probabilité de possession de plus de bétail
		produite		Achetée		consommée		vendue		
		(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	
≥ 3	17	650	78	182	22	721	87	109	13	0,80
2≤SAU<3	17	579	83	116	17	506	73	188	27	0,64
1≤SAU<2	40	629	95	30	5	326	49	333	51	0,41
< 1	57	580	96	24	4	219	36	384	64	0,29
Moyenne pondérée	<b>131</b>	<b>604</b>	<b>91</b>	<b>58</b>	<b>9</b>	<b>354</b>	<b>53</b>	<b>308</b>	<b>47</b>	<b>0,43</b>

Du point de vue commerce de la pulpe, il y a lieu de constater que ce sont les ménages les moins aisés (SAU < 2 ha) qui vendent plus et achètent moins alors que c'est tout à fait le contraire chez les ménages relativement plus aisés (SAU ≥ 2 ha). Ceci reflète en quelque sorte l'existence de différences en besoins d'aliments de bétail dus certainement à la différence des effectifs des cheptels. D'ailleurs, on propose ici un indice de probabilité (P) de possession de plus de têtes de bétail calculé sur la base des quantités de pulpe consommée et achetée par rapport aux quantités moyennes de pulpe consommée et achetée à l'échelle de la zone (Tableau 4). La formule de cet indice se présente comme suit :

$$P = [\text{Exp}((Q_c + Q_a)/(1 + Q_{mc} + Q_{ma})) - 1] / [1 + \text{Exp}((Q_c + Q_a)/(1 + Q_m + Q_a))] ; P \in [0, 1]$$

Avec :  $Q_c$  est la quantité de pulpe consommée (Kg/ménage) ;  $Q_a$  est la quantité de pulpe achetée (Kg/ménage) ;  $Q_{mc}$  et  $Q_{ma}$  sont respectivement la quantité moyenne pondérée de pulpe consommée et achetée à l'échelle de la zone étudiée (Kg/ménage).

On remarque que cette probabilité est forte pour la classe SAU ≥ 3 ha (P=0,80) ; alors qu'elle est faible pour l'autre classe SAU < 1 ha (P=0,29). Cette probabilité n'est forte (P=0,72) que pour la catégorie des classes aisées (SAU ≥ 2 ha) qui ne représente, d'ailleurs, que 25% des ménages. Alors qu'elle est faible (P=0,34) pour les 75% des ménages formant les deux autres classes restantes (SAU < 2 ha).





Dans le cadre d'une éventuelle stratégie de développement de l'arganeraie, il faut prendre en compte cette catégorie de ménages qui n'ont pas assez de terrains privés. Les plans de développement peuvent être financés par une taxe sur les valeurs des produits exportés de l'arganeraie. Les actions à entreprendre dans un premier temps doivent viser la création d'emplois pour la population locale à travers la programmation de différents travaux forestiers le long de l'année et l'équipement des zones concernées en infrastructures primaires.

La quantité des noix obtenue après dépulpage représente 60% du poids total des fruits d'argan. Ces noix vont subir, au même titre que ceux provenant de la récupération des noix ingurgitées par les chèvres, l'opération de concassage manuel. Il a été identifié à ce sujet deux catégories de femmes concasseuses : femme travaillant pour son compte personnel, et celle travaillant pour le compte d'intermédiaires qui l'approvisionnent en fruits et la payent en fonction de la quantité d'amandons rendue. Les produits obtenus après concassage sont les amandons (10%) et la coque (90%). La majorité (88%) de la quantité de la coque obtenue est destinée à la combustion, et le reste est vendu. Quant aux amandons obtenus localement ou achetés en faible quantité (4%), ils vont subir la torréfaction avant de passer au broyage et à l'extraction de l'huile alimentaire. Pour la production de l'huile cosmétique, les amandons passent directement au broyage sans subir l'opération de torréfaction. La vente des amandons est rare dans la zone, elle ne dépasse pas 2%. L'extraction passe par la trituration des amandons torréfiés, ensuite malaxage manuel de la pâte obtenue avec ajouts successifs de petites quantités d'eau tiède. La pâte ainsi obtenue est pressée manuellement pour libérer l'huile alimentaire (40%) et obtenir le tourteau (60%). Mais par rapport au poids des fruits d'argan, le rendement en huile alimentaire est dérisoire, il est de 2,4%. La moitié de la quantité du tourteau produit est consommée comme aliment de bétail et l'autre est vendue. En moyenne, la production d'huile par ménage est de 36,9 l/an dont 14% sont consommés et le reste (86%) est vendu. On note encore les quantités d'huile et de produits connexes vendues sont toujours plus importantes chez les ménages avec une SAU < 1 ha.

La production totale de cette huile traditionnelle au niveau des trois communes rurales est estimée à 145.000 litres/an. Cette quantité non négligeable connaît des problèmes de conditionnement par l'utilisation des emballages usagés et de qualité de l'huile elle-même liée à l'utilisation des noix ingurgitées par les chèvres. Vu sa cherté, cette huile peut faire aussi l'objet d'autres fraudes surtout en matière de son allongement par une autre huile moins chère. L'instauration de normes de qualité devient urgente. Les prospections à faire dans le cadre de cette nouvelle vision peuvent porter sur la création d'autres alternatives d'utilisation pour les noix ingurgitées par les chèvres, la mécanisation du procédé d'extraction à travers probablement des appareils ambulants, l'organisation des ménages au niveau des douars ou à l'échelle de la commune, le conditionnement de l'huile, et le circuit de commercialisation accompagné de l'instauration d'un système de contrôle rapide de la qualité de l'huile.

Le deuxième circuit qui intervient dans la filière huile d'argan est le circuit semi-industriel assuré par les coopératives. Trois coopératives ont été enquêtées : Amal située dans la commune de Tamanar, Ajddigue dans la commune de Tidzi, et Tamounte dans la commune d'Imin Tlit. Leur approvisionnement est exclusivement basé sur l'achat de fruits auprès des familles usufruitières (51%), et auprès des grossistes locaux à (49%). Sur le plan exigence de traçabilité, l'approvisionnement à travers ces derniers reste non fiable. Néanmoins, l'achat de noix n'est pas pratiqué pour éviter les noix provenant de la récupération des noix ingurgitées par les chèvres. L'extraction d'un litre d'huile produit par le procédé semi-industriel de la coopérative prend moins de temps (9h 23mn) qu'avec le procédé traditionnel (14h). Si l'opération de concassage reste la plus longue pour les deux sous filières ; le rendement en huile, par contre, est plus élevé au niveau des coopératives (3,4%).



En plus, le procédé semi industriel comporte deux autres opérations supplémentaires par rapport au procédé traditionnel : la décantation et la filtration à travers les plaques en papier ou en toile pour assurer l'aspect claire et brillant de l'huile.

Les huiles alimentaires et cosmétiques sont les principaux produits des coopératives. Certaines coopératives ont diversifié leur gamme avec des savons et des crèmes à base d'huile d'argan. La production totale enregistrée au niveau des trois coopératives est de 9850 litres/an, dont 38% l'huile alimentaire et 62% l'huile cosmétique. Cette dernière est plus demandée par les marchés internationaux. Les débouchés de ces produits restent la vente sur place (aux touristes de passage à la coopérative) avec 28%, le marché national avec 25% et l'exportation notamment vers l'Europe avec 47%.

La coopérative Tamounte est la seule qui existe dans la zone étudiée. Elle regroupe une quarantaine de femmes rurales issues de ménages usufruitiers de quatre douars seulement. Cette faible représentativité s'explique par l'éloignement de la coopérative des autres vingt douars restants. Ceci suggère de prévoir la création d'autres coopératives similaires dans la zone en vue de faire bénéficier le maximum de femmes des autres douars et surtout que la zone présente de bonne potentialité de production en huile d'argan traditionnelle. La majorité (80%) des femmes adhérentes sont responsables de famille et ventilées comme suit : mariées (40%), veuves (30%) et divorcées (10%). Les 20% restants correspondent aux filles célibataires qui, elles aussi, jouent un rôle prépondérant dans la subsistance de leur famille.

Le troisième intervenant dans la mobilisation des fruits d'argan est constitué par les sociétés privées spécialisées dans l'extraction d'huile d'argan. Deux sociétés privées se trouvant dans la zone ont été enquêtées. Il s'agit de la société RACHIMAR, et la société AKA OUARGANE. L'extraction de l'huile suit le même procédé que celui des coopératives. Par contre, leur approvisionnement en fruits d'argan se fait auprès des fournisseurs spécialisés dans ce genre de transactions. Les opérations de dépulpage et de concassage des noix sont faites par des femmes soit dans des locaux soit à domicile. Leur rémunération est basée sur un salaire à la tâche à raison de 50 Dhs le sac de 70 kg de fruits ou bien directement en fonction des quantités d'amandons concassés à raison de 12,5 Dhs/kg. Les deux sociétés achètent annuellement une quantité de 180 tonnes de fruits d'argan récoltés dans la région. L'achat des amandons directement sur les souks est très risqué du point de vue doute lié à la traçabilité et la qualité des produits. La production totale enregistrée au niveau des deux sociétés est de 6650 litres/an, dont 36% l'huile alimentaire et 64% l'huile cosmétique. La totalité de la production (3450 l/an) de la société RACHIMAR est exportée à l'étranger. AKA OUARGANE écoule sa production sur place (43%), sur le marché national (30%) et international (27%).

Vu l'existence des trois différentes sous filières qui concourent toutes à la valorisation des fruits d'argan, l'instauration d'un circuit de commercialisation est devenu nécessaire en vue d'assurer l'approvisionnement des différents intervenants en matière première. Les résultats des enquêtes menées dans ce domaine ont révélé l'existence de trois différents acteurs de commercialisation à savoir : le grossiste, le revendeur détaillant, et le courtier fournisseur.

Le grossiste est un commerçant professionnel sédentaire travaillant dans la majorité des cas sur des produits agricoles, et possédant un magasin de stockage et des moyens de transport. Ses achats se font principalement auprès des ayants droits et des revendeurs de la région. Parfois, il peut faire appel, en cas de besoin, aux services de certains courtiers. La vente moyenne annuelle par grossiste est de 10 T de fruits, 2 T d'amandons et 2000 l d'huile. Leurs principaux acheteurs sont les coopératives, les industriels, et les grossistes nationaux. Une quantité d'huile peut être aussi achetée par des épiciers ou par des gérants de boutique.

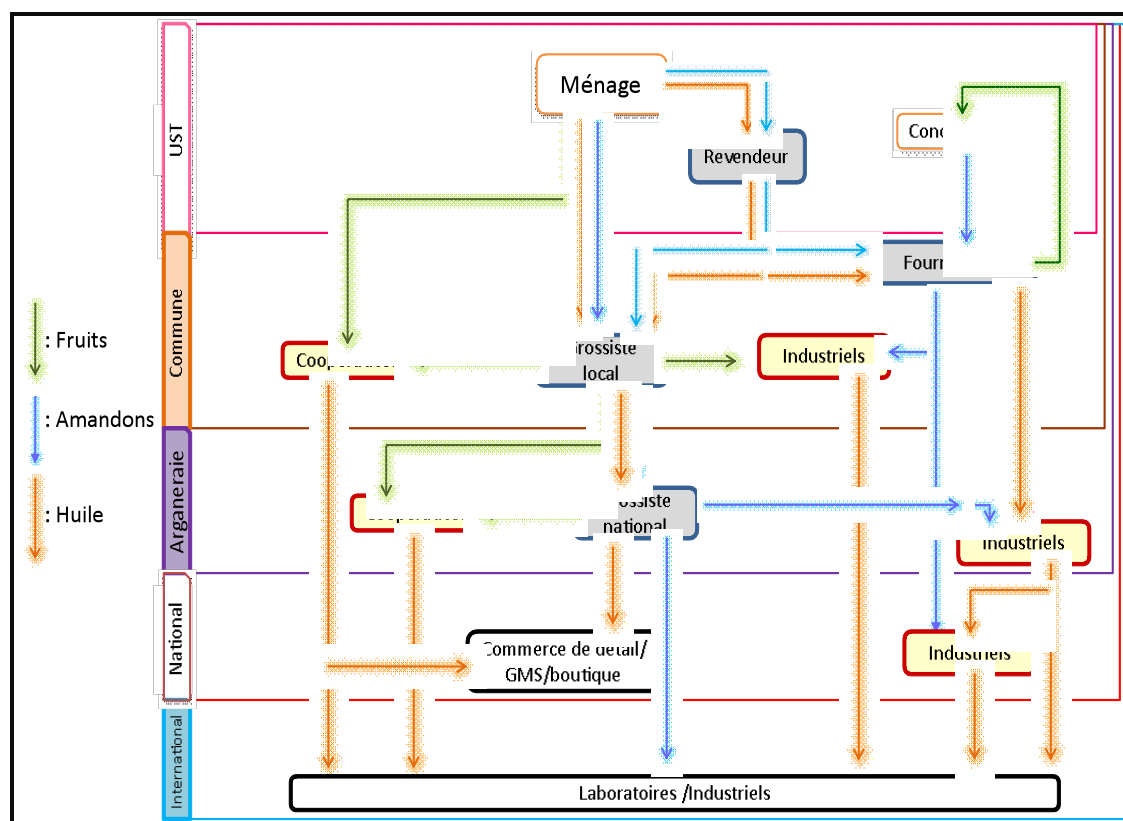


Le revendeur détaillant est un collecteur travaillant à son compte dans un cadre de partenariat ou d'entente avec les grossistes ou les coopératives. Il est basé dans le douar, possédant un local servant d'épicerie et en même temps de lieu d'entreposage d'huile et d'amandons. Ses achats se font auprès des ayants droits. Les principaux acheteurs sont les grossistes et les fournisseurs. En moyenne, un revendeur commercialise 2600 l d'huile par an.

Les courtiers fournisseurs servent d'intermédiaires dans les transactions. Leur nombre a explosé suite au fort développement qu'a connu le marché de l'huile d'argan. Leur activité est principalement focalisée sur les fruits et les amandons d'argan qu'ils achètent auprès des familles ou sur les souks. Certains courtiers ont développé l'idée de la sous-traitance des opérations de dépulpage et de concassage aux femmes concasseuses soit à leur domicile soit en groupe dans des locaux.

La figure 1 résume les flux des produits échangés entre les différents intervenants au sein de la filière huile d'argan dans la zone étudiée (communes rurales Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza) ou dans les autres communes rurales de Tamanar et de Tidzi .

Les résultats des essais d'étude de rentabilité financière réalisés au niveau des trois circuits ont révélé que la sous filière traditionnelle n'est pas rentable du tout. Ceci s'explique d'abord par son faible rendement de 2,4%, grevant ainsi son prix de revient qui est de 148 Dhs/litre.



**Figure 1** : Schéma des flux de commercialisation des fruits, des amandons et de l'huile d'argan (Charif, 2011). UST : unité socio-territoriale.

Alors que ce rendement est de 3,4% pour les coopératives et les sociétés privées, réduisant leur prix de revient respectivement à 140 et 100 Dhs/litre. En plus, le prix de vente de l'huile alimentaire produite par le circuit traditionnel ne dépasse pas 100 Dhs/litre à cause des problèmes de conditionnement et de sa qualité liée aux origines des noix qui ont servi à son extraction.



Par contre, l'huile alimentaire produite par les coopératives ou les sociétés privées se vend respectivement à 250 et 220 Dhs le litre. Il est donc évident que ces deux derniers circuits produisent des marges bénéficiaires plus étendues. Alors que les ayants droits ne peuvent en aucun cas faire de tels bénéfices même en tenant compte des recettes totales (17,5 Dhs) provenant de la vente des sous produits dérivés de l'extraction d'un litre d'huile (pulpe, coque et tourteau). Pour produire un litre d'huile selon le procédé traditionnel il faut 42 Kg de fruits d'argan. La vente directe de cette quantité, à raison de 2,80 Dhs/kg, procurerait une recette de 117,6 Dhs, le même montant que celui qu'on pourrait avoir (117,5 Dhs) dans le cas où on opte pour l'extraction. Ceci démontre d'une part que le circuit traditionnel reste encore non valorisé malgré qu'il produise des quantités d'huile considérables. D'autre part, l'existence de la forte concurrence en matière d'achat de fruits d'argan à l'état brut est en quelque sorte dictée par la volonté des coopératives et des sociétés d'avoir la certitude de l'origine et de la qualité des huiles alimentaires et cosmétiques à produire.

## Conclusion

L'arganier est implanté profondément dans la vie quotidienne des populations rurales usagères et joue un rôle fondamental dans leur subsistance. L'huile d'argan a connu un essor de développement considérable grâce à ses vertus alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques et aussi à la contribution d'organismes de développement à la mise en œuvre de projets de valorisation à travers les régions à arganier. La très forte demande du marché national et international de l'huile a incité les gens à la spéculation. La présente étude visait l'analyse de cette filière en matière de circuits produits et d'intervenants dans la production et la commercialisation.

Les données collectées à travers les enquêtes, réalisées au niveau de trois communes rurales Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza usagères du massif forestier d'Amsitten et des forêts avoisinantes, ont permis de ressortir les principaux résultats suivants : (i) Les intervenants dans la mobilisation des produits de la filière sont les ayants droits qui constituent la sous filière traditionnelle, les coopératives et les sociétés privées. D'autres agents satellitaires ont été identifiés à savoir : grossistes, revendeurs, courtiers fournisseurs et femmes concasseuses. (ii) La majorité (89%) des fruits d'argan récoltés est traitée localement par la sous filière traditionnelle, pour laquelle, la main d'œuvre féminine et la matière première restent encore non valorisées. Alors que seulement 11% de la totalité de ces fruits sont transformés ailleurs. (iii) Les noix ingurgitées par les chèvres sont récupérées et réutilisées dans l'extraction de l'huile traditionnelle dans une proportion de 20%, mais l'huile qui en résulte est de qualité inférieure. (iv) Les coopératives ont mis en exergue l'intérêt de rentabilité de cette activité pour les femmes rurales de la région.

D'après les résultats de l'étude de rentabilité financière réalisés au niveau des trois circuits, il s'avère que les coopératives et les sociétés privées sont rentables et font des bénéfices importants, les rendant ainsi plus concurrentielles au circuit traditionnel. La forte concurrence constatée au niveau du marché des fruits d'argan, dont le prix de vente a atteint 2,8 Dhs/Kg, est en quelque sorte dictée par la volonté des coopératives et des sociétés d'avoir la certitude de l'origine et de la qualité des huiles alimentaires et cosmétiques à produire.

En guise de conclusion, on peut dire que la filière d'huile d'argan présente des potentialités énormes en matière de création d'emplois et d'activités principales et secondaires dans la région. Mais pour un partage équitable de la richesse créée par cette filière, il devient primordial de tracer une nouvelle stratégie garantissant le développement de l'amont de cette filière.

Les plans de ce développement peuvent être financés par une taxe sur les valeurs des produits exportés de l'arganeraie. Les arganeraies de la zone étudiée présentent de grandes potentialités de production d'huile et il y a lieu, par conséquent, d'envisager la création d'au moins quatre autres coopératives en vue d'intégrer le maximum de douars et de femmes usufruitières de la région.



## Remerciements

Cette recherche a été financée dans le cadre du Projet Interuniversitaire Ciblé (PIC) monté en collaboration entre l'ENFI et l'Université Catholique de Louvain. Les auteurs tiennent à remercier les forestiers de la DPEFLCD d'Essaouira et du CCDRF de Smimou pour leur soutien lors de la réalisation de ce travail.

## Références bibliographiques

- ALAOUI K., LAGORCE J., CHERRAH Y., HASSAR M., AMAROUCHE H., ROQUEBERT J.,** 1998. Analgesic and anti-inflammatory activity of saponins of *Argania spinosa*. *Annales pharmaceutiques françaises* 56:220-228
- AYAD A.,** 1989. Présentation générale de l'arganeraie. *In: Formation forestière continue.* Thème l'arganier « Station de Recherche Forestière, Rabat, 13-17 Mars 1989, 9-18.
- BELCADI R.,** 1994. Etude des variations du système antioxydant cellulaire en fonction de l'âge et de l'apport alimentaire d'acides gras polyinsaturés chez le rat, Influence particulière de l'ingestion de l'huile d'argan. Thèse d'état, Université Cadi Ayad .Agadir. 220p
- BENCHEKROUN F. & BUTTOUD G.,** 1989. L'arganeraie dans l'économie rurale du Sud Ouest marocain. *Forêt Méditerranéenne*, pp : 21-23.
- BENNANI H., FIET J., ADLOUNI A.,** 2009. Impact de l'huile d'argan sur le cancer de la prostate : étude de l'effet antiprolifératif des polyphénols. *Revue Francophone des Laboratoires* Volume 2009, Numéro 416S1 pp : 23-26.
- BEN OMAR I.,** 2008. Diagnostic des systèmes d'utilisation des terres et identification des unités socio-territoriales dans les zones forestières et péri-forestières du massif d'Amsitten (cas de trois communes rurales: Smimou, Imin Tlit et Ida ou Azza). Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle de l'ENFI, 193 p + Annexes.
- BENZYANE M.,** 1995. Rôle socio-économique et environnemental de l'arganier.
- BERRADA M.,** 1972. Etude de la composition de l'huile d'argan. *Al Awamia*, pp: 1-14.
- BERROUGUI H., ETTAIB A., HERRERA G., ALVAREZ D., HMAMOUCHE M.,** 2003. Hypolipidemic and hypocholesterolemic effect of argan oil (*Argania spinosa L.*) in Meriones shawi rats. *J Ethnopharmacol.* 89:15-18.
- BOUDY P.,** 1952. Guide forestier en Afrique du Nord, Maison Rustique, Paris pp: 185-194.
- BOUZEMOURI B.,** 2007. Problématique de la conservation et du développement de l'arganier. *In: Charrouf Z.* (synthèse coord. par), l'arganier levier du développement humain du milieu rural marocain. Actes du colloque international, Rabat, 27-28 Avril, p. 15-19.
- CHARIF S.,** 2011. Etude de la filière d'argan dans la zone d'Amsitten, cas des communes rurales : Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle de l'ENFI, 110 p.
- CHARROUF Z.** 1984. Contribution à l'étude chimique de l'huile d'*Argania spinosa (L.)* (sapotaceae). These de doctorat, Perpignan, France.pp: 90 - 220
- CHARROUF Z., GUILLAUME D.,** 2008. Argan oil: Occurrence, composition and impact on human health. *European Journal of Lipid Science and Technology.* Volume 110, Issue 7, pages 632–636, No. 7
- CHERKI M., BERROUGUI H., DRISSI A., ADLOUNI A., KHALIL A.,** 2006. "Argan oil: Which benefits on cardiovascular diseases?" *Pharmacological Research* 54(1), 1-5.



- CHRIQI A., BALLOUK A., HOUJAJJI A., ADNAN A., BACHA L., ADDEBBOUS R.**, 2003. L'huile d'argan : un produit du terroir: quelle stratégie pour sa valorisation ? Terre et vie n°70, Juillet 2003.
- COLLIER A., LEMAIRE B.**, 1974. Etude des caroténoïdes de l'huile d'argan. Cah. Nutr. Diét. 9(4): 300-301.
- EMBERGER L.**, 1925. Le domaine naturel de l'arganier. Bull. soc. Bot. Fr. 72.770-774
- ER-RAFIA M.**, 1975. L'arganeraie et ses problèmes. Thème personnel, ENGREF Nancy, 38 p + Annexes 19 p.
- FARINES M., SOULIER M., CHARROUF Z.**, 1984. Etude de l'huile des graines d'Argania spinosa (L.); Sapotaceae. I. La fraction glycéridique. Rev. Franç. Des Corps Gras. 31 (7/8):283-286.
- HCP**, 2004. Recensement Général de la Population et de l'Habitat de l'année 2004. Haut commissariat au Plan, Rabat, Maroc.
- IFN**, 1996. Synthèse de l'Inventaire Forestier National Marocain. Direction de Développement Forestier, Rabat, Maroc.
- JACCAD P.**, 1926. L'arganier sapotacée oléagineuse du Maroc. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 11, 203-209.
- KHALLOUKI F., YOUNOS C., SOULIMANI R., OSTER T., CHARROUF Z., SPIEGELHALDER B., BARTSCH H.**, 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur J Cancer Prev* 12:67.
- M'HIRIT O.**, 1989. Formation forestière continue : Thème « l'arganier », Division de Recherche et d'Expérimentations Forestières, 13-17 Mars 1989, Rabat pp: 32-56.
- M'HIRIT O., BENZYANE M., BENCHEKROUN F., EL YOUSFI S. M. ET BENDAANOUN M.** 1998. L'arganier : une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Mardaga. Belgique, 145 p.
- NOUAÏM R.**, 2005. L'arganier au Maroc, entre mythes et réalités. Paris : L'Harmattan, 2005.
- RADI N.**, 2003. L'arganier : arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger. Thèse d'état, novembre 2003. Faculté de pharmacie, université de Nantes.
- RAHMANI M.**, 2005. Composition chimique de l'huile d'argane « vierge ». Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones / Agricultures. Volume 14, Numéro 5, 461-5. Menendez.
- ROJAS L., QUIDEAU S., PARDON P., CHARROUF Z.**, 2005. Colorimetric evaluation of phenolic content and GC-MS characterization of phenolic composition of alimentary and cosmetic argan oil and press cake. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53, 9122-9127.
- TARMADI A.**, 2010. Contribution de la composante agroforestière arganeraie dans le revenu des ménages. Cas de trois communes rurales: Smimou, Imin Tlit et Ida ou Azza. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle de l'ENFI, 88 p + Annexes.
- ZARROUK K., SMOUGHEN S., MAURIN R.**, 1987. Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. Actes Ins. Agro. Vet. Rabat 7:17-22.



# La dynamique de changement dans l'environnement de Haha (province d'Essaouira – Maroc) : une nouvelle opportunité de résilience socio-écologique ?

**Mounir F.<sup>1</sup>, El Wahidi F.<sup>2</sup> & Defourny P.<sup>3</sup>**

1 - Enseignant-Chercheur à l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé. Tabriquet, BP 511, CP 11000. Email : [mounirf@hotmail.com](mailto:mounirf@hotmail.com)

2 - Chercheur au Centre de Recherche Forestière, Marrakech. BP: 12360, poste annakhil.

3 - Professeur à l'université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve. Croix du Sud 2, bte L7.05.16, CP 1348, Belgique.

## **Résumé**

Le suivi des dynamiques de dégradation est la première étape pour comprendre la relation homme/environnement, actuellement au centre des réflexions sur le développement durable. C'est dans cette optique que s'inscrit ce travail. Il vise l'estimation du rythme et la caractérisation de la typologie de la dégradation de l'arganeraie dans les plateaux des Haha (province d'Essaouira) et l'explication de ces derniers par une possible relation avec des facteurs précis issus de l'analyse des modes de gestion coutumière et avec les dynamiques démographiques, sociales et économiques dans la zone. L'étude a montré que les surfaces forestières régressent à faible rythmes ne dépassant guère un taux décennal de 0,28%. Le suivi des changements de la densité des souches à arganier a permis de relever une diminution de moins d'une cépée à l'ha sur 22 ans. Ces changements, le plus souvent ponctuels, sont observés essentiellement (96,5%) en domaine commun (*mouchaa*) à usage libre échappant au règlement de la gestion coutumière imposés par la communauté riveraine. L'arganeraie des Haha connaît une dynamique de changement à long terme corollaire d'une dynamique démographique, sociale et économique supposées favorables à sa préservation. Néanmoins, elle souffre d'une dégradation qualitative de ses individus et d'un dysfonctionnement des processus naturels contraignant toute dynamique de résilience écologique et rendant discutable la fiabilité de la forêt paysanne et de sa durabilité.

**Mots clés :** arganier (*Argania spinosa*), dégradation, gestion coutumière, résilience écologique, région de Haha, Maroc.



## ***The change dynamics of Haha region (province of Essaouira - Morocco): is a new opportunity for socio-ecological resilience?***

### **Abstract**

Monitoring degradation is the first step towards understanding the relationship between man / environment, this is currently in the center of sustainable development debates and it is the main objective of this work. It aims to know the type of degradation of argan forest in the highlands of Haha (Essaouira province) and estimate its rates, and focus on the possible relationship between these changes dynamic rates and some specific factors resulting from the analysis of the customary management patterns and demographic, social and economic mutations in this area. The study has showed that the forest area regress with low rates hardly exceeding a decennial rate of 0,28%. The change monitoring in the density of Argan stump shows a decrease of less than one clump per hectare over the 22 years. These limited changes are mostly observed (96,5 %) in the collective area ("mouchaa"). This is mainly because this area is freely accessible beyond customary management rules imposed by the riparian community. The argan forest of Haha is subject to a long-term change dynamics resulting from a deep mutation of demographic, social and economic environment that supports its preservation. Nevertheless, it suffers from a qualitative degradation of its individuals and from a natural processes malfunctioning constraining all ecological resilience and makes the reliability of the domestic forest and its sustainability questionable.

**Key words:** argan tree (*Argania spinosa*), degradation, land status and customary land management, ecological resilience, Haha region, Morocco.

### **1. Introduction**

L'arganier (*Argania spinosa*), espèce endémique du sud ouest marocain, est considéré comme un produit social ou plutôt familial grâce à ses multiples usages agropastoraux et à son importance dans l'économie rurale. Bénéficiant d'une législation spéciale par rapport aux autres forêts marocaines, les droits d'usage accordés aux populations locales y sont plus étendus pour qu'on puisse les considérer comme des droits d'usage habituels. Ces droits élargis reconnus par le législateur se greffent sur un système existant de règles coutumières. Ces modes de gestion coutumière, mis en œuvre par les institutions locales, reposent sur une combinaison de droits d'accès et d'usage au niveau individuel (ménage) ou communautaire (Auclair, 2010). Elle permet d'articuler dans le temps et dans l'espace, les principaux usages des forêts d'arganiers en conciliant l'intérêt des ayants droits au pâturage (fraction, tribu) et celui des ayants droits à la récolte des fruits (familles et lignages). Une telle organisation reflète le degré élevé de domestication (paradigme proposé par Michon et al. (2007)) de cet écosystème. Ainsi, c'est sans doute dans l'arganeraie que la législation forestière nationale et droit coutumier local coexistent à travers un ensemble de pratiques et des modes de gestion définissant les espaces et les ayant droits en régulant l'accès aux ressources (Simenel, 2009). De cette gestion sélective imposée par les règles coutumières devraient découler différents états de conservation selon l'affectation des espaces forestiers.

Il existe deux grandes formations d'arganiers, arganeraie de plaine et celle de montagne, où les conditions écologiques et économiques semblent s'écarter sensiblement. L'arganeraie de plaine possède un grand potentiel agricole et absorbe la majorité de l'émigration des zones de montagnes. L'évolution socio-économique et la modernisation des exploitations agricoles depuis les années 70 ont pour conséquence la perte annuelle d'environ 600 ha d'arganeraie par an (Alifriqui, 2004 ; El Youssfi, 1988). La densité moyenne des peuplements est passée de 100 à moins de 30 souches/ha (Zygmeir, 2004).



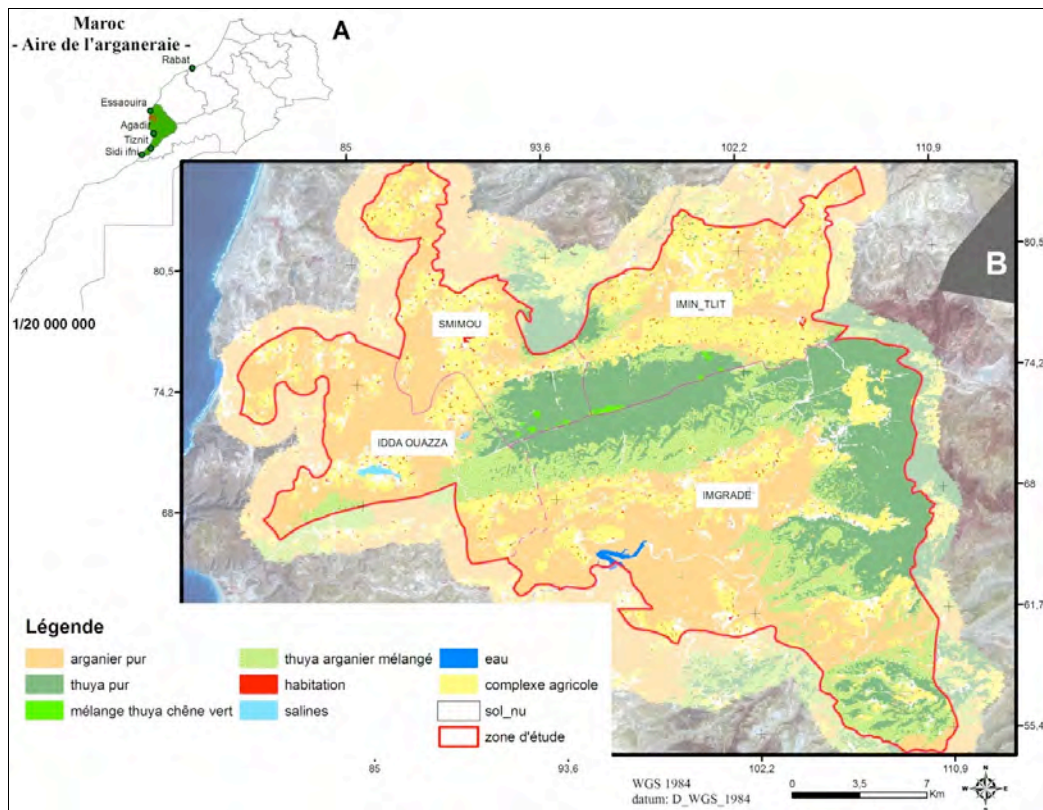


Le recul du couvert forestier dans la région d'Agadir cumulé sur les 17 dernières années est estimé à 2,6 % (DREF/SO, 2005). Dans les arganeraies de montagne, où la population usagère conserve un mode d'utilisation traditionnel du système agroforestier, on distingue plusieurs tendances. En effet, dans les arganeraies des plateaux des Haha (McGregor *et al.*, 2009 ; Willkens, 2009 ; Demoulin, 2008) et à Ait Baha (El Aboudi, 1990 et 2000 ; Msanda, 1993 ) on enregistre une faible dynamique de dégradation, voir une régénération de ces peuplements comme le souligne Simenel (2011 *in* Genin&Simenel 2011) sur les versants nord de l'anti Atlas. Leur faible dynamique de dégradation pourrait être la répercussion de profondes mutations démographiques, sociales et économiques, et de l'existence d'un système d'organisation coutumière de l'exercice de droits d'usages. Dans la commune El Faïd (Awlouz, province de Taroudant), le Polain de Waroux & Lambin (2011) ont cependant enregistré, sur les 30 dernières années, une forte dynamique de perte en densité des arbres d'arganeraies dont les principales causes sont l'accroissement des conditions arides dans la zone et le développement du commerce de bois de feu et dans une moindre mesure le surpâturage. Cette arganeraie d'Awlouz semble particulière sur trois points : (i) elle constitue la limite Est la plus continentale de l'aire de l'arganier où les conditions d'aridité devraient atteindre leurs maximum en comparaison des arganeraies de la bande atlantique profitant des influences océaniques humides, (ii) le développement d'une activité de commerce de bois de feu d'arganier propre à cette région (iii) la faible présence du système d'organisation sociale de la gestion coutumière (le Polain de Waroux, confirmation orale). Globalement, si les arganeraies de montagne connaissent une faible dynamique de changement, elles souffrent, néanmoins, d'une dégradation qualitative (mutilations, vieillissement, dépérissement des peuplements et l'absence de régénération naturelle) de leurs écosystèmes dus à différentes pressions anthropiques.

La dynamique de dégradation de l'arganeraie reste à ce jour scientifiquement peu mise en évidence permettant ainsi le développement de discours généralisés et des représentations simplistes autour des dynamiques de dégradation et de déforestation sur l'ensemble de l'arganeraie. Une autre lacune c'est que les changements, quand ils sont estimés, ne sont pas mis en relation avec leurs causes et particulièrement les modes d'utilisation et de gestion des terres et des ressources forestières. Ceci est particulièrement important dans le territoire de l'arganeraie, forêt paysanne, où il y a coexistence de multiples systèmes de gestion et de propriété des terres.

L'objectif de ce travail est de contribuer, dans une première étape, à la connaissance du rythme et du type de dégradation de l'arganeraie dans les plateaux des Haha. Dans une seconde étape, il s'agit de relier les estimations de ces dynamiques de changement à des facteurs précis issus de l'analyse des modes de gestion coutumière et aux dynamiques démographiques, sociales et économiques dans la zone.





**Figure 1.** Zone d'étude (A) et aire de répartition de l'arganier (B).

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Zone d'étude

La zone d'étude (figure 1) fait partie des plateaux des Haha à l'extrémité occidentale du Haut Atlas. Elle s'étend sur environ 96 000 ha à cheval sur quatre communes rurales (Smimou, Imin T'lit, Idda Ouazza et Imgradé) de la province d'Essaouira. La zone sélectionnée fait partie de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie de l'UNESCO (RBA) (PCDA, 2001) et représentative des arganeraies de basse montagne. Le couvert forestier est composé de deux formations végétales distinctes (arganeraie et tetracinaie) de part leurs attributs et leurs rôles socio-économiques. Le thuya (*Tetraclinis articulata*), à couvert arboré compact, domine les massifs d'Amsiten, Aguirar et Adrar n'Ait M'hand. Dans l'étage inférieur, c'est l'arganier à couvert arboré très ouvert qui domine les plateaux.

La zone connaît aussi une pratique de gestion collective des secteurs forestiers. En effet, en plus de la propriété privée (terrain de céréaliculture ou arboricole), trois modes de gestion coutumière régulant l'accès et l'usage des espaces et des ressources de l'arganeraie peuvent être définis : (i) les *Mises en culture sous arganier (MSA)* sont généralement des parcelles domaniales en cours de privatisation. Elles jouissent d'un statut de protection étroite par l'agriculteur. (ii) l'*Agdal* : est un concept socio territorial désignant à la fois un territoire, des ressources et des institutions locales produisant des droits et régulant l'accès (période de mise en défens) aux ressources. Dans les plateaux des Haha, les Agdals sont des espaces dont l'usage est essentiellement reconnu aux familles et non à la tribu ou à la fraction. Ils sont délimités par des amas de pierres ou par des limites naturelles. Et (iii) les *Mouchaa*, sont les secteurs forestiers les plus éloignés (arganeraie pure et mélange arganier thuya).



Ils gardent, néanmoins un statut collectif intégral et sont librement utilisés toute l'année par tous les usagers pour le parcours, le ramassage de fruit et de bois mort. Ainsi, de cette gestion complexe de l'arganeraie découle de multiples statuts de protection et d'exploitation des peuplements forestiers et offre la possibilité de rencontrer différents dynamiques de changement.

## **2.2. Données**

L'étude a été menée à partir de trois types de données : (i) Les images de télédétection de très haute résolution prises en trois dates différentes (1984, 1993, 2003/2006). (ii) Deux campagnes d'entretiens de vérification sur le terrain ont été menées avec les villageois, les forestiers et des personnes informateurs afin de relier les cas de changements détectés à des causes précises et faire leur correspondance avec les modes de gestion coutumière. Et enfin, la collecte des données socioéconomiques et démographiques : données démographiques du Hauts commissariat au Plan (HCP) entre 1971 et 2004 ; des statistiques des procès verbaux des contraventions commises en domaine forestier entre 1994 et 2010 ; l'évolution du programme de l'électrification rural auprès de l'Office Régional de l'Électricité ; et des interviews auprès des associations et coopératives locales pour retracer leur évolution et celle du marché de l'huile d'argan. Ces données ont été également appuyées par les résultats de l'enquête menée par Tarmadi (2010).

## **2.3. Étude des changements**

L'ortho photo plan de 1993 a été retenu comme référence planimétrique sur lequel sont superposées les autres images et photographies aériennes après correction géométrique. Deux techniques d'étude de changement sont mises en œuvre

### **2.3.1. Changement en surface des peuplements**

La technique consiste à repérer les changements d'occupation du sol apparus durant la période 1993 et 2003/2006. L'ensemble du territoire de chevauchement des deux images (27300 ha), est parcouru par une comparaison visuelle systématique au moyen d'une grille régulière de 100 ha. La démarche consiste à rouler/dérouler l'image supérieure (image 2003/2006) sur l'ortho photo plan de 1993 et délimiter les changements détectés entre les deux images.

### **2.3.2. Changement en densité**

La méthode consiste à analyser pied à pied des arbres individuels pour rechercher les changements dans la densité de l'arganeraie. Les observations sont menées à l'intérieur de 5 transects linéaires de 3 km de long et 60 m de large. Le comptage est effectué en repérant les entités sur l'image la plus récente et avec la meilleure résolution spatiale (image Quickbird 2006/2003). Une entité est comptabilisée lorsqu'une partie de la surface de son houppier se trouve à l'intérieur du transect. Le fichier de cartographie de toutes les entités est superposé par la suite sur les autres aux images des dates antérieures. En cas de dégradation du couvert, les entités disparues se distinguent facilement par transparence sur l'image récente. L'unité d'organisation du paysage et d'exploitation des ressources étant constituée en plus de la propriété privée, de trois autres occupations et usages («*agdal*», «*mouchaa*», «*msa*»), les transects sont choisies de manière à augmenter la probabilité de passer par tous ces modes de gestion et utilisations.



### 2.3.3. Analyse par mode de gestion coutumière

L'usage et l'accès aux ressources étant régulés par un système de droits coutumiers créent des pressions d'intensité et nature différentes selon leur affectation spatiale dans ce système. Il convient de vérifier à travers deux campagnes d'entretiens de vérification sur le terrain : (i) au niveau des cas de changement de surface des peuplements pour confirmer et définir leur statut de propriété et leur mode de gestion. (ii) au niveau des transects délimités sur les images et parcourus sur le terrain pour relever les limites des différents modes de gestion et usages et ainsi déterminer leur surface (%) relativement à la surface totale de chaque transect.

### 2.4. Facteurs démographique, sociales et économiques

L'analyse historique sur plus de 10 ans des facteurs démographiques, bien être de la population, marché de l'huile d'argan, et dynamique sociale et culturelle a été menée pour comprendre les moteurs de ces dynamiques de changements.

## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Changement en surface des peuplements forestiers

L'analyse porte sur les conversions dans l'occupation du sol, les changements brutaux du couvert forestier, intervenus dans la zone d'étude entre 1993 et 2006/2003. Le domaine forestier a connu pendant cette période 628,57 ha des changements (tableau 1). Ils sont essentiellement réalisés à buts sylvicoles par l'administration forestière à hauteur de 89,7 % (564,1 ha) dans le cadre des opérations de régénération par rejet de souches. Les changements dans l'occupation du sol dus à la perte des espaces boisés du domaine forestier impliquent 58,52 ha (9,3 %). Il est à signaler aussi l'importante différence entre cette surface perdue et la surface régénérée en domaine forestier (5,95 ha), soit 0,9% des changements en domaine forestier. Ces surfaces régénérées se produisent essentiellement dans les tetracinaies à la lisière des terrains agricoles abandonnés ou après rejet des souches des défrichements délictueux.

**Tableau 1.** La répartition des changements survenus en domaine forestier.

Changements	Superficie (ha)	%
Coupe de rajeunissement	564,10	89,7
Surface gagnée	5,95	0,9
Surface perdue	58,52	9,3
Total	628,57	100

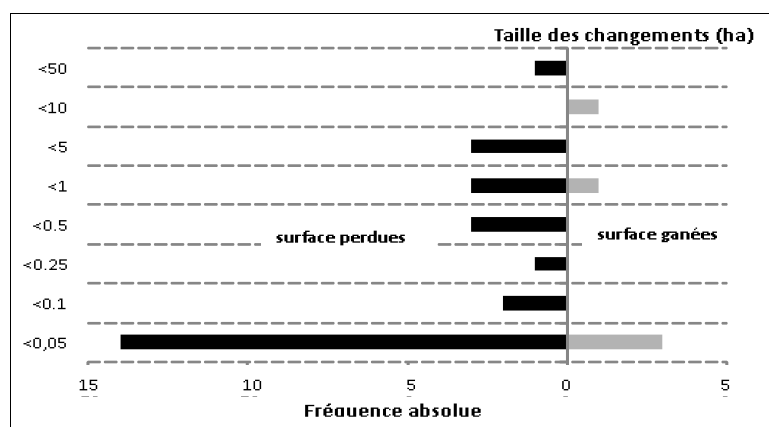
La déforestation de l'arganeraie en domaine forestier s'opère à faible rythme avec un taux décennal de déforestation de l'ordre de 0,28 %. Ainsi, l'arganeraie, dans cette partie des plateaux des Haha, est relativement stable et elle n'a quasiment rien perdu pendant les dernières 13 années. Nous n'avons pas pris en compte dans ces calculs les changements dus aux coupes forestières de rajeunissement et ceux dus à l'ouverture de pare feu par le service forestier. Ces changements ne sont pas induits par le processus de dégradation en soi, mais plutôt par des opérations sylvicoles et d'aménagement du domaine forestier.

Les espaces perdues par les opérations de défrichement ou de nettoyage dans l'espace forestier sont convertis en terrains agricoles destinés à la céréaliculture plutôt qu'à des plantations arboricoles.



Ceci est expliqué d'une part par le faible investissement alloué à ces nouvelles parcelles privatisées et d'autre part à la méfiance due à un titre de propriété encore controversé. Globalement, la plantation dans les parcelles privées se heurte à la rareté des terrains agricoles et au fort morcellement des exploitations agricoles, dont 83,1% ont une superficie inférieure à 2,5 ha avec en moyenne 4 parcelles (Tarmadi, 2010).

Les changements négatifs s'effectuent à une échelle inférieure à 1 ha (85 %) et dont la moitié des cas rencontrés se trouve à une échelle spatiale ponctuelle (0,05 ha) compte tenu de la faible densité des arganeraies (30 à 80 souches/ha) (figure 2). Les défrichements qui s'opèrent sur des superficies supérieures à 5 ha concernent uniquement la tetraclinaie, domaine forestier en libre usage, et n'impliquent guère des superficies supérieures à 50 ha.



**Figure 2.** Taille des surfaces perdues en domaine forestier.

La première source de difficulté d'estimation des changements réside dans la définition du seuil du changement au-delà duquel la déforestation est observée. Ceci est particulièrement rencontré dans les milieux forestiers ouverts caractérisés par une forte hétérogénéité physiologique (forêt, matorral arboré, matorral arbustif et steppe) le plus souvent issus de la même séquence de dégradation de l'état climacique (Lambin 1999, Grainger 1999). La seconde source de difficulté, en relation aussi avec la nature des milieux ouverts, réside dans la difficulté de délimiter avec précision les contours du changement. Une autre contrainte d'estimation de la déforestation provient de l'hypothèse que les changements sont irréversibles, ce qui n'est pas acquis : en effet, les deux espèces arborées dominantes de la zone (arganier, thuya) rejettent vigoureusement après plusieurs coupes de la partie aérienne. Ce caractère réversible du couvert arboré permet un retour à l'état initial quand la pression sur la ressource diminue. Ainsi, la végétation absorbe une partie importante des perturbations anthropiques sous forme de coupes sélectives (bois de feu et bois de service) ou des défrichements et cache ainsi l'ampleur réelle des destructions subies.

#### **4.2. Changement de densité : Analyse centrée sur les arbres individuels**

L'échantillon des cinq transects indique que la densité et le taux de disparition d'arbres varient d'un transect à l'autre (Tableau 2). La dégradation des peuplements suit ainsi différentes dynamiques, en effet, les transects passent à travers des peuplements à physiologie différente et sont gérés selon différents modes coutumiers. Le taux moyen de changement dans les transects sur 22 ans (entre 1984 et 2003/2006) est de  $-2,04\% \pm 0,32$ , correspondant à un rythme de changement de moins d'une cépée à l'ha ( $-0,61$  entité à l'ha).

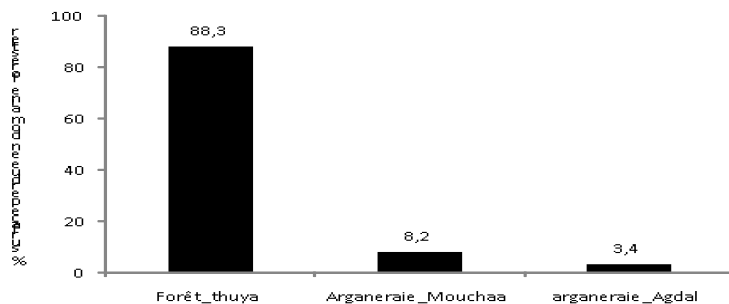


**Tableau 2.** Résultats de l'étude des transects linéaires entre 1984 et 2006.

Transects	1		2		3		4		5		Moyenne ± IC (□=0,05)
Année	1984 2006	1993 2006	1984 2006	1993 2006	1984 2006	1993 2006	1984 2006	1993 2006	1984 2006	1993 2006	Période 1984-2006
Surface (ha)	18		18		18		18		18		
Domaine forestier (ha)	10,37		17,59		14,42		14,87		16,69		
Total Entités/ transect	480 469	474 469	321 315	319 315	474 467	470 467	466 455	461 455	316 309	312 309	407,2
Changement entités	-11		-6		-7		-11		-7		-8,4± 1,89
Changement moyen/ha	-1,06		-0,34		-0,49		-0,74		-0,42		-0,61 ±0,23
Δ (%)	-2,29		-1,87		-1,48		-2,36		-2,21		-2,04 ±0,29
<b>La composition (%) en modes de gestion des transects.</b>											
% Mouchaa	2,24		28,52		27,75		27,61		18,23		
% Agdal	54,35		67,21		49,34		50,98		69,50		
% domaine privé/ privatisé	43,41		4,27		22,91		21,40		12,26		

### 4.3. Le mode de gestion coutumière : régulateur des usages

La surface perdue, entre 1993 et 2006, en domaine forestier est de 58,5 ha. Cette surface implique essentiellement les tetracliniaies à hauteur de 88,3 % (51,6 ha) (Figure 3). Elle absorbe la presque totalité des changements induits par les pressions anthropiques de prélèvement en bois. Les surfaces perdues dans l'arganeraie, constitue 11,6 % dont 70,7 % (4,79 ha) s'effectue dans l'arganeraie *mouchaa*. Ces résultats montrent que la dynamique de changement est essentiellement opérée à l'intérieur des terrains communs *mouchaa*. L'*agdal*, espace de l'arganeraie le plus protégé dans la zone, participe à hauteur de 3,4 % (1,9 ha) des changements négatifs survenus dans le domaine forestier en 13 ans. En tant que mode de gestion coutumier régulant l'accès aux ressources et dont l'usage revient à la famille, il a du permettre la conservation des cépées sur place. Cette conservation est surtout centrée sur le pied d'arganier que sur toute l'arganeraie en tant qu'écosystème naturel avec toutes ses composantes (El Wahidi *et al.*, 2011).



**Figure 3.** Les changements par mode de gestion traditionnel en pourcentage de la surface perdue en domaine forestier.



De point de vue des changements de densité des arbres survenus sur une période de 22 ans, le tableau 2 dresse la décomposition des transects entre les principaux modes de gestion coutumière. Il apparaît que plus la part des terrains privés/privatisés est grande, plus leur dynamique de dépeuplement est active (*ex* : Transect 1). Ceci est probablement dû aux différentes opérations de nettoyage dans les parcelles privées et à la proximité des habitations (*Azroug* : couloir de passage des troupeaux). Par contre, cette dynamique devient plus faible dans les transects passant plus sur les *agdals* (*ex* : Transect 2 et 5). On retient, globalement, que toute l'arganeraie est respectée par la population usagère avec un statut légèrement privilégié des *agdals*.

#### 4.4. La dynamique démographique, culturelle, sociale et économique

##### Mutation démographique

La province d'Essaouira possède la croissance la plus faible de toute la région du Sud-ouest marocain, aire de répartition de l'arganier. La population rurale constitue 78,9% du total de la population de la province, avec un taux d'accroissement annuel négatif (-0,02%) entre 1994 et 2004 (HCP, 2004). Au niveau de la zone étudiée, à l'exception du centre urbain de la commune de Smimou qui enregistre le taux d'accroissement le plus élevé, les autres communes croissent faiblement (commune de Ida Ouazza) voire déclinent (communes de Imi n'Tlit et d'Imgrad). Cette stagnation relative de la population a pour origine le plus faible nombre d'enfants par famille que dans le passé, en lien avec une nuptialité plus tardive, mais aussi et surtout un fort exode rural vers les grandes villes hors de la province d'Essaouira (Tableau 3). Le total des migrants ayant quitté leur milieu il y a plus de 10 ans est très élevé et les 3/4 environ de l'accroissement naturel du milieu rural sont transférés vers les villes (PCDA, 2001) pour la recherche d'opportunités économiques favorables.

**Tableau 3.** Évolution de la population et des ménages dans les quatre communes.

commune	1971		1982		1994		2004		Taux d'accroissement annuel de la population
	Popu- lation	Ménages	Popu- lation	Ménages	Popu- lation	Ménages	Population	Ménages	
Ida Ouazza	4833	858	5883	919	6949	1106	7331	1265	0,54
Imgrad	6023	1119	6921	1225	7427	1212	7089	1281	-0,46
Imi n'Tlit	8881	1770	10019	1840	8357	1406	8201	1406	-0,19
Smimou	5082	961	5690	1161	5644	1018	7090	1380	2,31
Quatre communes	24819	4708	28513	5145	28377	4742	29711	5332	0,46

\*taux =  $((n2/n1)^{0.1} - 1) * 100$  (sur les 10 dernières années entre 1994 et 2004). Source HCP (1994, 2004)

Le tableau 3, retrace l'évolution de la population dans la zone sur les trois dernières décennies (HCP, 1971 ; 1982 ; 1994 et 2004). La commune d'Imi n'Tlit, la plus peuplée avec une densité moyenne élevée (117 hab/km<sup>2</sup>) avait connu une diminution précoce de sa population depuis la fin des années 80. La commune d'Imgrad, souffre du manque des infrastructures et des équipements publics et d'un fort enclavement, n'a connu une diminution de sa population qu'après 1994. Pour la commune d'Ida Ouazza, le développement des salines comme activité économique et source de revenu des riverains pourrait expliquer sa croissance démographique qui a commencé à ralentir depuis 1994. La dynamique démographique de la commune de Smimou a atteint sa plus grande croissance après 1994, et ce, grâce à son développement économique comme centre urbain attirant l'essentiel du flux des migrants des milieux ruraux avoisinants. Il ressort de ces résultats que l'année 1994 constitue un point tournant de la démographie dans la zone. En effet, les communes rurales (Imi n'Tlit, Imgrad et Ida ouazza) constituent une source de migrants et voient diminuer leurs accroissements démographiques, la tendance est inversée pour Smimou, premier centre urbain qui absorbe une partie de ce flux migratoire.



Bien que la population diminue, le nombre de ménages n'a cessé d'augmenter pour les quatre communes (Tableau 3). La taille de ceux-ci est passée, entre 1994 et 2004, de 6 à 5 personnes par famille qui deviennent de plus en plus nucléaires. La diminution de la taille des familles, de la natalité et surtout devant l'exode rural qui attire essentiellement les jeunes font que la population des villages devient dominée par les vieux et les jeunes filles. Ainsi, la population des personnes âgées (plus de 60 ans) a plus que doublée pendant cette période.

### **La structure des troupeaux**

Les ovins constituent actuellement 42 % du cheptel. Ils se prêtent mieux à l'élevage intensif et ils sont reconnus moins agressifs que les caprins. Après l'écrasante dominance des caprins depuis des siècles, une part de plus en plus grande de la population semble préférer l'élevage d'ovins à celui de caprins impliquant un changement dans la structure des troupeaux. Ce changement dans la structure des troupeaux favorise la concentration des pressions de pâturage à proximité des exploitations agricoles. Tarmadi (2010) et Bejbouji (2009) expliquent cette tendance par différents facteurs : la garde des troupeaux qui devient essentiellement assurée par les enfants et les vieux devant la difficulté de recruter un berger, la scolarisation des enfants et/ou leur migration vers les grands villages et les villes pour travailler.

### **Les prélèvements délictueux en domaine forestier**

L'analyse des archives des contraventions et délits commis en domaine forestier des quatre communes depuis 1994 permet de confirmer la diminution sensible et continue du nombre de procès verbaux constatés entre l'année 2001 et 2010. Cette diminution étant moins prononcée entre 1994 et 2000. Il ressort aussi de ces archives que deux activités d'usage, coupes de bois (44 %) et parcours (21 %), constituent l'objet des principales contraventions commises dans les forêts. Ces deux perturbations sont reconnues par plusieurs auteurs comme les principales causes de la dégradation qualitative de l'arganeraie lorsqu'elles dépassent leurs seuils de tolérance (M'hirit *et al.*, 1998 ; Naggar & Mhirit, 2006 ; Le Polain de Waroux & Lambin, 2011).

Les mutations démographiques et les changements dans la pratique de l'élevage devraient se répercuter directement sur le milieu naturel par la diminution de la pression anthropique sur ses ressources. De ce constat, bien que les manifestations de surexploitation soient facilement perceptibles, peut-on prétendre à un équilibre proche entre les prélèvements et la productivité des ces écosystèmes ?

### **Mutation des structures sociales et communautaires**

Les structures sociales communautaires anciennes ont été en grande partie détruites par les années de protectorat et après l'indépendance par l'installation des nouveaux systèmes de valeurs et de normes liées à l'administration des affaires sociales par le *makhzen*<sup>1</sup> (Bejbouji *et al.*, 2011). Dans la région des Haha, la notion de *Jmaâ*<sup>2</sup> a fortement décliné dans les douars en tant qu'organisation en charge de la gestion des espaces collectifs (mosquées, écoles coraniques, terres collectives, répartition des terres de culture) et de la gestion des conflits. En fait l'esprit collectif des communautés, aussi bien chez les hommes que chez les femmes, est bien en déclin et l'individualisme s'accroît comme modèle unique, régissant les actions et les relations entre les membres des communautés rurales autrefois organisées de façon si complexe (Bejbouji *et al.*, 2011). La destruction progressive de ces réseaux sociaux traditionnels rend de plus en plus difficile toute tentative de consensus autour de la gestion des espaces naturels. Actuellement, les différents conflits sont résolus dans la majorité des cas par voie directe de l'autorité locale plutôt que par le recours à la jurisprudence de la *Jmaâ*.

1- Makhzen : autorités locales

2- Jmaâ : rassemblement et concertation collective à haut niveau dans la fraction ou la tribu.





Par contre, depuis les années 1990, de nouvelles formes d'organisation des populations gagnent leur place dans l'espace public sous forme d'associations et coopératives. A l'échelle des quatre communes, 10 associations de villages et 4 coopératives ont vu le jour entre 1995 et 2010 avec l'appui des autorités locales, des ONG locales et internationales. Lybbert (2010) note dans tout le sud ouest marocain, une explosion du nombre des coopératives entre 1999 et 2007, passant de quelques unes à plus de 100 coopératives encadrant plus de 4000 femmes. Cependant, avec la dislocation progressive du droit coutumier imposé par la *Jmaâ*, ces nouvelles institutions communautaires en cours d'installation pourraient-elle être efficaces dans l'instauration et la conservation de l'ordre dans l'usage des ressources naturelles ? En l'absence d'étude d'impact de ces nouvelles organisations sociales sur l'organisation des usagers et la conservation des espaces naturels, il est difficile de confirmer le réalisme de leurs discours autour du développement durable et de la gestion concertée des ressources naturelles. Ou bien, faudrait-il, comme le signale Bejbouji *et al.* (2011), renouer avec le corpus de règles qu'entretenait la population avec cet espace ressources, pour assurer sa conservation.

### **Développement économique et bien être des usagers**

Bénéficiant du programme gouvernemental d'électrification rural (PERG), initié entre 1995 et 2004, la zone est actuellement rattachée au réseau électrique avec des taux de couverture importants : Smimou (97,3 %), Imin T'lit (93,8 %), Ida ouazza (81,5 %) et Imgrad (92,8 %) (Source : Office Régional de l'électricité). Le rattachement au réseau électrique constitue un catalyseur, par l'introduction de changements culturels et de nouvelles habitudes dans la vie paysanne, vers une société que l'on pourrait qualifier de pré-citadine. Il a permis la modernisation et la prise de conscience des populations envers plusieurs aspects socio-culturels : scolarisation des enfants, rôle et position de la femme, à l'environnement, etc. Ce changement d'habitudes paysannes vers des habitudes pré-citadines s'installe petit à petit et se manifeste par un affranchissement progressif des riverains des prélèvements directs sur le milieu naturel. Cet affranchissement se manifeste ainsi par le recours de 93,8% des ménages aux bonbonnes de gaz pour la cuisson, mais aussi par le fait que seulement 41 % des ménages pratiquent le ramassage de bois mort et des débris comme supplément énergétique (Tarmadi, 2010). Les femmes rurales deviennent aussi réfractaires à cette tâche de ramassage de bois de feu qui leur a été auparavant confié pleinement. Ce changement dans les habitudes des populations rurales et leur affranchissement énergétique devraient en partie soulager la forêt de l'arganier de la pression des prélèvements de bois de feu longtemps considérés comme l'une des principales perturbations des écosystèmes forestiers et marqueraient plus de soucis de protection dans leur modes de gestion.

Ce bien être des ménages, et des femmes en particulier, a été soutenu depuis le début des années 2000 par une valorisation sensible de l'huile d'argan. Celle-ci est devenue l'une des huiles végétales les plus chères au monde. Elle est encore plus chère comme produit cosmétique et le sujet de plusieurs brevets aux USA et en Europe. Cette huile, qui a été une source de revenus des habitants du Sud-ouest du Maroc pendant des siècles, a connu un regain d'intérêt au cours de la dernière décennie avec le développement de la filière de production et de commercialisation propulsant le produit huile d'argan vers les marchés à haute valeur ajoutée. Les ONG, les agences de développement nationales et internationales et les coopératives locales de l'huile d'argan ont joué un rôle central dans ce boom avec comme objectif principal l'amélioration des revenus des populations locales et la conservation de la forêt d'argan. Grâce à cette promotion commerciale, on note une augmentation progressive du prix du fruit depuis l'an 2000 pour atteindre son maximum en 2008. Actuellement, ce prix est 5 fois plus élevé qu'il y a une dizaine d'année. Si l'augmentation des prix des huiles d'argan profite plus aux sociétés et commerçants extérieurs à la zone d'argan, l'augmentation des prix du fruit constitue cependant un apport de revenu non négligeable pour les ménages.



## Conclusion

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que l'arganeraie étudiée est peu dynamique, et qu'elle n'a pas beaucoup perdu en terme de dépeuplement et encore moins de déforestation. L'exploration d'un certain nombre d'indicateurs (démographie, bien être des populations, économie, institution communautaires) a permis de confirmer l'existence, depuis plus d'une décennie, de profondes mutations culturelles, sociales et économiques favorables à l'installation d'un équilibre de la relation homme/arganeraie. Néanmoins, il est précoce de parler de durabilité en absence de régénération naturelle ou assistée des peuplements en place, ou d'ignorer les manifestations dues au surpâturage et aux mutilations. Ce dysfonctionnement des systèmes écologiques et les simplifications dont souffre le modèle de l'arganeraie ne peuvent être omis dans le processus de développement durable conciliant écologie et développement socioéconomique.

## Références bibliographiques

- Alifriqui M**, 2004. L'écosystème de l'arganier, publication PNUD/FEM, 126 p.
- Auclair L, 2010. La forêt rurale au Maroc : Haut Atlas central et arganeraie. Identité, enjeux du développement durable, résilience de la forêt rurale. Compte rendu de fin de projet POPULAR. 115p.
- Bejbouji J**, 2009, *Rapport sur l'état des lieux relatif à l'arganeraie*, ULG-SEED, Arlon, Belgique.
- Bejbouji J**, 2011. Appropriation progressive de l'arganeraie : Exploration de l'histoire depuis la genèse des droits jusqu'à leur refonte... 48<sup>ème</sup> colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), 6,7 et 8 juillet 2011 à Schoelcher – Martinique. 16 p.
- Demoulin F**, 2008. Étude de l'influence du système de propriété sur la dégradation de l'arganeraie à l'aide d'indicateurs d'état (Commune d'Imin' Tlit, Maroc) – Master's thesis, Université Catholique de Louvain, 87 p.
- El Aboudi A**, 1990. Typologie des arganeraies inframéditerranéennes et écophysiologie de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans le Souss (Maroc). Thèse Univ. Joseph Fourier, Grenoble 1, 133 p.
- El Aboudi, A, 2000. Télédétection et cartographie de la végétation en zone aride. Application à la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas marocain. Thèse de doctorat d'état es-sciences biologiques-Option : Ecologie. Université Mohammed V – Agdal, n°1884, Faculté des Sciences – Rabat- Maroc. 159 p.
- El Wahidi F., Mounir F., Sabir M., Defourny P., Ponette Q.**, 2011. Modélisation logistique et analyse multivariée pour l'élaboration des indicateurs de suivi de la dynamique de dégradation qualitative : cas de l'arganeraie (Maroc). Actes du Congrès International de l'Arganier. 15 au 17 décembre 2011 à Agadir (Maroc) (sous press).
- El Yousfi M**, 1988. La dégradation de l'arganeraie dans le sud marocain: cas de la forêt d'Admine (Souss) entre 1969 et 1986. Thèse 3ème cycle, option Eaux et Forêts, Inst. agron. vétér. Hassan II, Rabat.
- Genin D, Simenel R**, 2011. Endogenous Berber Forest Management and the Functional Shaping of Rural Forests in Southern Morocco: Implications for Shared Forest Management Options. Human Ecology. Volume 39, Number 3, 257-269.
- Grainger A**, 1999. Constraints on modelling the deforestation and degradation on open tropical woodlands. *Global Ecology and Biogeography* (1999) 8, 179 – 190.
- HCP**, 2004 et 1994. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Direction de la statistique, Haut Commissariat au Plan, Rabat.



- Lambin E F**, 1999. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography* (1999) 8, 191 – 198.
- le Polain de Waroux Y, Lambin E F**, 2011. Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: The case of the argan woodlands (Morocco). *Applied Geography* 32 (2011) 777-786.
- Lybbert T, Magnan N, Aboudrare A**, 2010. Household and local forest impacts of Morocco's argan oil bonanza. *Environment and Development Economics* 15(04):439-464.
- McGregor V H, Dupont L, Jan-Berend W Stuu J-B W, Kuhlmann H**, 2009. Vegetation change, goats, and religion: a 2000-year history of land use in southern Morocco. *Quaternary Science Reviews* (2009), doi:10.1016/j.quascirev.2009.02.012. 15 p.
- Michon, G., De Foresta, H., Levang, P., and Verdeaux, F.** (2007). Domestic Forests: A New Paradigm for Integrating Local Communities' Forestry Into Tropical Forest Science. *Ecology and Society* 12(2). <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art1/>.
- Msanda F**, 1993. Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas occidental, Maroc) et contribution à l'étude de la diversité génétique de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse Univ. Joseph Fourier, Grenoble 1, 116 p.
- Projet Conservation et Développement (PCDA)**, 2001. Synthèse du plan cadre de la réserve de la biosphère de l'arganeraie. 79 p
- Simenel R, Michon G, Auclair L, Romagny B, Thomas Y, and Guyon M**, 2009. L'argan : l'huile qui cache la forêt domestique. De la valorisation du produit à la naturalisation de l'écosystème. *Autrepart* 50: 51-73.
- Tarmadi A**, 2010. Contribution de la composante agroforestière arganeraie dans le revenu des ménages. Cas des 3 communes rurales du massif de L'amsitten: Smimou, Imin Tlit et Ida ou Azza. Mémoire de 3eme cycle, option économie forestière. École Nationale Forestière des Ingénieurs. Salé – Maroc. 109 p.
- Willekens B**, 2009. Analyse rétrospective de la dynamique de dégradation de l'arganeraie du sud ouest marocain, indicateurs et caractérisation du territoire. Communes d'Imgrad et Ida Ou Azza - Province d'Essaouira, Maroc – Master's thesis, Université Catholique de Louvain, 101 p.
- Zugmeyer, L.** 2006 Projet de développement sylvo-pastoral de l'arganeraie marocaine (commune rurale de Tiout, Taroudant, Maroc). Master's thesis, FIF-ENGREF. 82p.



# Planification et gestion durable de la réserve de biosphère de l'arganeraie: cas des écosystèmes agro-forestiers des Ida-Ou Throuma (Essaouira)

**M'hammed BOUHALOUA<sup>1</sup>**

1 - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202, Département DERNE  
Rabats Instituts, Maroc (gsm : 06140297665) E\_mail :mbouhal@gmail.com

## **Résumé**

L'étude d'aménagement des forêts des Ida-ou-Throuma, vise à mettre en valeur ce patrimoine naturel par l'élaboration d'un plan de gestion durable des ressources forestières. En effet, la forêt d'Ida-ou-Throuma (75 844 ha) constitue une couverture forestière importante de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie(RBA) qui présente une grande diversité de paysages et de ressources naturelles. Le climat défini est sec et le bioclimat est du type semi-aride accentué à atténué. Hormis la zone littorale, Ida-Ou-Throuma est constituée par un plateau à arganier extrêmement érodé. Les sommets des dunes sont dénudés de leurs sols suite à l'ouverture de couvert végétal. L'arganier et le thuya constituent l'armature de base des écosystèmes forestiers qui présentent, en raison de la dégradation, des caractéristiques dendrométriques assez faibles. Par ailleurs la production pastorale est faible. L'activité des usagers de cette forêt, basée sur l'agriculture traditionnelle et l'élevage extensif à dominance de caprins, s'effectue au détriment du milieu naturel et ne procure que de faibles revenus. Partant d'une analyse détaillée des atouts et contraintes qui menacent la pérennité de la forêt, ainsi que de la stratégie des pouvoirs publics, l'aménagement sylvo-pastoral conçu a défini un certain nombre d'objectifs et proposé des actions de reconstitution des écosystèmes forestiers et d'amélioration des conditions de vie des usagers. Le zonage effectué, a mis en exergue 13 séries d'aménagement qui seront traitées par la méthode de futaie régulière sur souche quant au programme des actions de développement rural; il insiste sur la démarche participative comme gage de réussite d'un tel projet

**Mots clés:** Gestion Forestière durable, Ecosystèmes Agro-forestiers des Ida-ou Throuma, RBA Essaouira ; Maroc



## Richesses et originalités de la forêt d'Ida-Ou-Throuma:

La forêt d'Ida-ou-Throuma (75 844 ha) constitue une couverture forestière importante de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie(RBA).(zone tampon). (4)



**Figure 1** : Aire de répartition de l'arganier et zone d'action

Elle fait partie du Haut Atlas occidental qui est caractérisé par un climat sec et un bioclimat semi-aride accentué (Arganeraie) et semi-aride atténué (Tétraclinaie). Hormis la zone littorale, Ida-Ou-Throuma est constituée par un plateau à arganier extrêmement érodé. Les sommets des dunes sont pratiquement dénudés de leurs sols suite à l'ouverture du couvert végétal. (3)

La végétation d'Ida-Ou-Throuma possède une diversité floristique importante qui regroupe plusieurs formations végétales: végétation macaronésienne (bande littorale étroite), formations à *Argania spinosa*, à *Tetraclinis articulata*, à peuplements mixtes (*Argania spinosa* et *Tetraclinis articulata*) infiltrés par des essences secondaires (Oléastre, caroubier, etc.) (3).





**Figure 2.** Paysage de la forêt de l'arganier

L'étude pastorale a abouti à définir des faciès pastoraux côtiers; des faciès à Arganier et Oléastre; des faciès à Thuya; des faciès à Thuya, Arganier et Oléastre et des faciès à forte anthropisation. La production pastorale de l'ensemble de ces faciès reste, du fait de la surexploitation, faible. Les besoins en unités fourragères (Uf) des troupeaux dépassent largement les possibilités du milieu naturel.

Sur le plan socio-économique, les usagers relèvent de la confédération des Haha qui occupe l'aire de (5) Communes rurales : Timzguida-Ou-Fettas, Ida-Ou-Guelloul, Ida-Ou-Kazzou, Sidi-Hmad-Ou-M'barek et Aït-Aïssi-Ihahane. La population totale compte 34 367 habitants répartis en 5 334 ménages. L'agriculture et l'élevage d'un côté et la pêche et l'apiculture de l'autre côté constituent l'essentiel de l'activité dans la région Le système de production agricole est basé sur une agriculture traditionnelle et d'un élevage extensif, le plus souvent tributaire des espaces boisés essentiellement de l'arganeraie. La production agricole, dégage de faibles rendements et l'élevage est à dominance de caprins bien adaptés aux parcours de l'arganeraie.(3)



**Figure 3.** Pratique du pâturage aérien des arbres d'arganier par les caprins.

Sur le plan forestier, l'analyse des données cartographiques reflète que l'Arganier pure s'étend sur 38348 ha (50.56%) , la Tétracinaie pure sur 25524 ha (33.65%), les peuplements mixtes sur 8619 (11.36), soit un total de 72491 ha des peuplements sylvatiques dont ceux dégradés occupent une grande étendue. Les peuplements préforestiers de macaronésiens 672 ha soit (0.89%), les reboisements n'occupent que 290 ha (0.38%). Les terrains de cultures et les vides s'étalent sur 2391 ha (3.15%). (3)



L'examen, des résultats de l'inventaire, révèle, des variations importantes des caractéristiques dendrométriques pour chaque type de peuplement (Arganier pur, Thuya pur et peuplement mixte à Arganier et Thuya). Le volume moyen du thuya vif sur pied varie de 4,00 à 17m<sup>3</sup>/ha et l'arganier de 5,00 à 49,00 m<sup>3</sup>/ha. (3) Par ailleurs la production fruitière moyenne de la noix d'argan est de 500 kg/ha ce qui donne un faible rendement en huile eu égard à la méthode d'extraction artisanale dont le rendement ne dépasse guère 1,5% par rapport au poids du fruit frais.



**Figure 4** : Fruit mûr de la noix d'argan

## Stratégie de gestion durable et sa mise en œuvre

### **Objectif**

- ✓ *Conservation des espaces forestiers et leur développement en vue de leur assurer préservation et durabilité*
- ✓ *L'amélioration du cadre de vie des populations locales*

### **Zonage de l'espace forestier et durée de l'aménagement**

Compte tenu de l'état de la forêt et de l'évolution du contexte socio-économique l'espace forestier est divisé en 13 séries d'aménagement dont les parcelles de gestion sont réparties sur sept groupes d'interventions (rajeunissement, amélioration sylvicole, protection, amélioration sylvo-pastorale) la période d'aménagement est fixée à 20 ans qui est très flexible quant à programmer les interventions sylvicoles

## **Aménagement des séries d'arganiers et gestion des peuplements sylvicoles**

Le mode de traitement de l'arganier est la futaie sur souche.(1,2). Ce traitement est déterminé par le produit principal, qui est représenté par le fruit. Ainsi, L'âge d'exploitabilité est fixé à 140 ans ou la production fruitière commencera à décroître sérieusement (op.cit) Le traitement en futaie sur souche est nuancée par une coupe de régénération avec réserves d'arbres qui assurent la production de fruits pour les usagers.. La période de mise en défens est fixée à 10 ans.

Les coupes d'amélioration comprennent les dépressages et les éclaircies qui sont pratiquées vers 15 à 20 ans. Ainsi plusieurs éclaircies sont admises pour atteindre la densité normale voisine de 200 arbres/ha. (1,2).



Pour pallier la régénération naturelle, la régénération artificielle par plantation est préconisée cependant des soins sylvicoles doivent être prodigués aux jeunes plants ( arrosage, binage, protection, etc.) pour assurer leur réussite. (1,2).

#### Actions de développement social et Agro-sylvo-pastoral

La préservation du patrimoine forestier est très difficile dans le contexte social difficile d'Ida-Ou-Throuma, et nécessite impérativement le développement des zones périforestières. Pour soulager la population locale des actions de développement rural sont proposées. Il s'agit entr'autres d'équipement des villages (route , électricité, école, etc.), du renforcement ou la création de coopératives forestières et agricoles, du développement des activités génératrices de revenus (écotourisme, PAM, exploitation d'huile d'argan, miel, etc.)

Les actions d'amélioration pastorales sont multiples et concernent des mise en défens (temporaire et à moyen terme associées à un programme de d'ensemencement et de plantation de plantes fourragères. Ces actions sont renforcées par un programme visant à assurer un élevage avec une meilleure productivité.

## Conclusion

L'aménagement de la forêt d'Ida-ou-Throuma constitue une base fondamentale pour l'élaboration d'un programme précis de développement et de renforcement des vocations de production multiple Agro-sylvo-pastorale de l'arganeraie. Des actions spécifiques de développement social et agro-sylvopastoral sont proposées par l'approche participative en vue de réaliser un développement rural intégré. Les actions ainsi proposées sont diversifiées et complémentaires et permettent par la même occasion de s'insérer dans le cadre de la stratégie de développement de la RBA.

## Références bibliographie

- (1) **BOUDY P.**; 1951- Economie forestière nord-africaine, II: Monographie et traitement des essences forestières, Larose, Paris, Fasc I: 382-414; III:
- (2) **Mhirit O, Benzyane M, Benchekroun F, ElYousfi SM, Bendaanoun M.**- L'arganier, une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Sprimont (Belgique) : éditions Mardaga, 1998.
- (3) **Anon.** -Aménagement sylvo-pastoral de l'arganeraie d'Ida ou Trhouma (province d'Essaouira), Rabat. (i)Etude de la végétation. (ii) Etude des faciès pastoraux.(iii) Etude socio-économique étude de la végétation.(iv) Schéma directeur d'aménagement. Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des sols.1993.
- (4) **Anon.** Synthèse du plan cadre de la Réserve de biosphère de l'arganeraie. Rabat : Ministère chargé des Eaux et Forêts, 2001.
- (5) **Naggar, M. ; Mhirit O.**:L'arganeraie : un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. Sécheresse 2006 ; 17 (1-2) : 314-7





# Etat actuel et possibilité de domestication des plantes aromatiques et médicinales au niveau de quelques communes rurales limitrophes à Jbel Amssittene

**Abdenbi ZINE EL ABIDINE, Yassine EL MAIZI, Mohamed BOUDERRAH et Mustapha EZZAHIRI**

Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP : 511, Tabriquet, Salé  
Tél : 0537861149, Fax : 0537862607  
Email : zineenfi@gmail.com

## **Résumé**

Les ressources forestières des écosystèmes de l'arganeraie dont notamment les plantes aromatiques et médicinales dans la région de Jbel Amssittene, classé un SIBE, subissent une dégradation alarmante due à un surpâturage permanent et une pression sociale importante. La présente étude consiste à explorer les possibilités de développement et de valorisation des plantes aromatiques et médicinales ayant une forte marge bénéficiaire au niveau des communes rurales du massif forestier d'Amssittene, ce qui contribuerait à l'amélioration du revenu de la population usagère et réduire la pression sur ces ressources naturelles. L'exploitation des données disponibles sur les plantes aromatiques et médicinales de la zone, associée à une enquête avec les usagers et des herboristes de la région, a permis de dégager des orientations susceptibles de développer un modèle de valorisation de quelques espèces de PAM prometteuses au niveau des communes rurales de *Smimou*, *Imi N'Tlit*, *Imagrad* et *Idda Ou Azza*.

Le diagnostic effectué a révélé que la zone d'étude abrite une flore très riche en plantes aromatiques et médicinales estimée à une centaine d'espèces dont 28 espèces sont connues et commercialisées par la population. Les espèces qui offrent une marge bénéficiaire importante et qui peuvent être domestiquées pour leur valorisation sont la lavande (*Lavandula maroccana*), la nigelle (*Nigella sativa*), le globulaire turbith (*Globularia alypum*), le thym satureioïdes (*Thymus satureioides*), le Ciste à feuille de sauge (*Cistus salvifolius*), la clématite (*Clematis cirrhosa*), la rue (*Ruta chalepensis*) et le thym de Broussonet (*Thymus broussonetii*). Cependant, les itinéraires techniques relatifs à la culture de ces espèces sont en général méconnus à l'heure actuelle, sauf pour la Nigelle qui est cultivée au moins en mode traditionnel extensif à Âabda et Chaouiya.

La population locale est favorable à l'initiation de la culture des PAM à marge bénéficiaire importante dans le cadre de système mixte avec l'olivier en considérant les contraintes de la région dont notamment l'insuffisance des ressources hydriques locales. Elle a exprimé aussi son besoin pour le renforcement de capacités sur le plan technique.

**Mots clés** : Jbel Amssittene, Plantes aromatiques et médicinales, Domestication.



**Current state and possibility of domestication of the aromatic and medicinal plants at the level of some bordering rural districts to Jbel Amssittene**

**Abstract**

The forest resources of the ecosystems of the arganeraie and in particular the aromatic and medicinal plants (AMP) of Jbel Amssittene region which classified a Site of biological and ecological interest (SIBE), undergo an alarming degradation due to a overgrazing permanent and an important social pressure. The present study consists in investigating the possibilities of development and valuation of the aromatic and medicinal plants that having a strong profit margin at the level of the rural districts of the forest massif of Amssittene, what would contribute to the improvement of the income of the usagère population and to reduce the pressure on these natural resources. The use of the data available on the aromatic and medicinal plants of the zone, associated with a survey with the users and the plant traders of the region, allowed to look for orientations susceptible to develop a model of valuation of some species of promising AMP at the level of the rural districts of Smimou, Imi N' Tlit, Imagrad and Idda Ou Azza.

The made diagnosis revealed that the zone of study shelters a flora very rich in aromatic and medicinal plants estimated around a hundred species among which 28 species are known and marketed by the population. The species which offer a margin important of benefit and which can be domesticated for their valuation are the lavender (*Lavandula maroccana*), the nigelle (*Nigella sativa*), the turbith spherical (*Globularia alypum*), the thyme satureioïdes (*Thymus satureioides*), the Cistus with leaf of sage (*Cistus salviifolius*), the clematis (*Clematis cirrhosa*), the street (*Ruta chalepensis*) and the thyme of Broussonet (*Thymus broussonetii*).

However, the technical practices relative to the culture of these species are generally underknown at the moment, except for Nigelle which is cultivated at least in extensive traditional mode to Âabda and Chaouiya.

The local population is favorable to the initiation of the culture of AMP with important benefit margin within the framework of mixed system with the olive tree by considering the constraints of the region among which in particular the incapacity of the local water resources. She also expressed her need for the strengthening of capacities on the plan technique.

**Keywords:** Jbel Amssittene, SIBE, AMP, Drawplate, Development, Domestication.



## Introduction

Classé en tant que Site d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE), la zone d'Amsittene renfermant des formations végétales importantes de thuya et d'arganier qui hébergent une diversité végétale remarquable (Benabid, 1976) dont 18 espèces sont endémiques, 39 plantes considérées comme aromatiques et médicinales (PAM), 8 espèces très rares et 3 espèces de souche tropicale (Anonyme, 2008 ; Naoui, 2008). Mais le capital sur pied en PAM n'est pas assez bien connu malgré l'existence de quelques travaux de recherche (Benabid, 1976 ; Thiam, 2004 ; Mehdioui, 2008).

Les PAM jouent un rôle socioéconomique très important. Traditionnellement, elles sont destinées aussi pour les besoins d'herboristerie, la pharmacopie et les aromates alimentaires. Elles sont aussi utilisées pour la production d'extraits aromatiques destinés essentiellement à l'industrie de parfumerie et cosmétique ainsi que pour la préparation des produits d'hygiène et la formulation des arômes (Benjilali et Zrira, 2005). Mais cette filière demeure sous évaluée au Maroc (Benjilali et al, 2001 ; Anonyme, 2008) malgré un grand regain d'intérêt pour les produits naturels à l'échelle internationale.

Le potentiel naturel en PAM dans la zone d'Amsittene qui se développe dans une zone à climat aride et semi aride en général fait l'objet, à l'instar de différentes régions du Maroc, d'une utilisation massive pratiquée par des techniques d'exploitation inappropriées qui affaiblissent ses possibilités de régénération et de conservation ce qui l'expose à un processus de dégradation menaçant la pérennité de cette ressource (Mehdioui, 2008). En outre, cette richesse en espèces végétale subit une dégradation alarmante due à un surpâturage permanent. La charge réelle du troupeau dans cette zone, constitué essentiellement de caprins, a été estimée à 1,67 UPB/ha, un niveau nettement supérieur à la charge d'équilibre évaluée à 0,56 UPB/ha (Naoui, 2008).

En outre, l'exploitation par la population locale de ce capital et sa valorisation reste traditionnelle et sans souci de conservation, ce qui présente un risque pouvant compromettre son avenir. La filière locale des PAM souffre aussi de nombreux problèmes, telle que la faiblesse des compétences techniques et commerciales des opérateurs pouvant améliorer la qualité des produits commercialisés et l'augmentation de leurs valeurs ajoutées (Mehdioui, 2008).

Le diagnostic détaillé de l'état actuel de la filière des PAM dans la zone d'Amsittene, associé à une analyse concertée avec les populations locales et les professionnels a permis d'explorer les possibilités de développement et de valorisation des ressources locales ou celles d'autres espèces à introduire au niveau de la zone. Parmi les alternatives, la culture des plantes médicinales ainsi que la réglementation de la récolte des plantes spontanées s'avère une solution optimale pour une gestion rationnelle du potentiel naturel de la zone d'étude (Zine El Abidine et al. 2001a, Zine El Abidine et al. 2001b; Mehdioui, 2008). La valorisation des résultats obtenus permettrait de contribuer au développement de ce secteur, à la modernisation de la filière dont les retombées socioéconomiques seraient bénéfiques pour la population locale et entraîneraient des impacts positifs sur la conservation et la valorisation des ressources naturelles en général.

Le présent travail a pour objectif global de diagnostiquer l'état actuel de la filière des PAM dans la zone du SIBE d'Amsittene et d'explorer les opportunités de son développement dans une zone englobant quatre communes rurales autour du SIBE d'Amsittene, à savoir : *Smimou*, *Imi N'Tlit*, *Imgrad* et *Idda Ou Azza*.



## Matériels et méthodes

La zone d'étude englobe quatre communes rurales : *Smimou*, *Imi N'Tlit*, *Imgrad* et *Idda Ou Azza* qui relèvent de la caïdat de Smimou située dans la province d'Essaouira. Les quatre communes précitées partagent le SIBE d'Amsittene qui fait partie de la masse des plateaux Haha-Ida Ou Bouzia. Le bioclimat y est généralement de type aride supérieur tempéré, semi-aride chaud dans les zones proches de l'océan et très localement sub-humide vert le sommet de Jbel Amsittene (Benabid, 1976).

La proposition d'un modèle de développement des plantes aromatiques et médicinales au niveau de la zone d'étude a nécessité une approche méthodologique articulée sur les étapes suivantes :

- ✓ Identification du potentiel naturel des PAM dans la zone d'étude ;
- ✓ Analyse de l'état actuelle de la filière des PAM ;
- ✓ Connaissance de l'opinion des paysans sur le développement des PAM ;
- ✓ Identification des PAM spontanées ou introduites ayant une bonne marge bénéficière.

L'identification du potentiel naturel en PAM a été effectuée à deux niveaux différents :

- ✓ L'exploitation des données disponibles dans la bibliographie ;
- ✓ La réalisation des enquêtes à la fois auprès de la population locale et auprès des herboristes installés dans les souks des quatre communes de la zone d'étude et dans le grand souk d'Essaouira.

L'analyse de la filière locale des plantes aromatiques et médicinales a été entreprise en séparant les espèces naturelles commercialisées et non commercialisées et les espèces introduites. Les renseignements ont été collectés par l'exploitation des données bibliographiques et à l'aide des enquêtes réalisées auprès de la population locale et des différents acteurs intervenant dans la filière de PAM, notamment les coopératives, les herboristes, les intermédiaires et les collecteurs. La concertation avec la population locale a été entreprise à l'aide d'une enquête menée auprès de 111 exploitants.

Pour choisir les espèces de PAM à développer par la culture, on a effectué un classement du potentiel recensé selon deux critères :

- La marge bénéficière : identification des PAM ayant une bonne marge bénéficière.
- L'abondance : identification des PAM rares ou peu répondues (menacées), selon la bibliographie même si leurs marges bénéficiaires sont moins importantes.

## Résultats et discussion

### **1 - Le potentiel naturel de la zone d'étude en PAM**

La zone d'étude renferme un potentiel naturel important dont le nombre des espèces est variable selon les sources bibliographiques, 85 espèces (Mehdioui, 2008), 98 selon une étude réalisée dans le cadre de partenariat entre le HCEFLCD et le Corps de la Paix des Etats-Unis d'Amérique (Anonyme, 2008). Mais selon les enquêtes auprès de la population locale et des herboristes de la zone d'étude, le nombre est autour de 30 espèces spontanées dont une vingtaine est commercialisée (Tableau 1). Quelques plantes citées et identifiées par leurs noms locaux vernaculaires n'ont pas été identifiées sur le plant scientifique, en raison de l'indisponibilité des échantillons à déterminer, il s'agit de : *Achbardou*, *Tikzinin*, *Okan*, *Angaff* et *Tafayafra*.



**Tableau 1.** Potentiel naturel en plantes aromatiques et médicinales commun dans la zone du SIBE d'Amsittene d'après les enquêtes avec la population locale, les herboristes et les sources bibliographiques.

Noms scientifiques	Noms français	Noms vernaculaires	Abondance (*)
<i>Ajuga iva</i>	Ivette musquée	Chandgoura (limzgard)	Peu répondu
<i>Artemisia herba-alba</i>	Armoise blanche	Achih	Peu répondu
<i>Capparis spinosa</i>	Câprier	Taylulut	Peu répondu
<i>Centaurea chamaerhaponticum</i>	Centeré	Tafgha	Répondu
<i>Ceratonia siliqua</i>	Caroubier	Tikida	Pépondu
<i>Cistus salviifolius</i>	Ciste à feuille de sauge	Irguel	Peu répondu
<i>Citrullus colocynthis</i>	Coloquinte	Afarziz	Répondu
<i>Clematis cirrhosa</i>	Clématite	igoudi	Rare
<i>Globularia alypum</i>	Globulaire turbith	Tasselgha	Peu répondu
<i>Herniaria hirsuta</i>	Herniaire	Harass lahjar	Répondu
<i>Lavandula dentata</i>	Lavande dentée	Ijerch (lhalhal)	Peu répondu
<i>Lavandula maroccana</i>	Lavande	Iguiz	Rare
<i>Marrubium vulgare</i>	Marrube blanc	Ifzi	Répondu
<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	Alili	Répondu
<i>Nigella sativa</i>	Nigelle	Shanouj	Peu répondu
<i>Ononis natrix</i>	Burgane jaune	Afezdade	Rare
<i>Peganum harmala</i>	Harmel	Lharmel	Répondu
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisque	Titekt(drou)	Répondu
<i>Ruta chalepensis</i>	Rue	Tilatn (fijl)	Rare
<i>Tamarix africana</i>	Aamaris d'Afrique	Tamaite	Répondu
<i>Tetraclinis articulata</i>	Thuya de berberie	Aaraar	Répondu
<i>Thymus broussonetii</i>	Thym de Broussonet	Azoukni (Zaâtar)	Rare
<i>Thymus satureioides</i>	Thym satureioides	Tazoukni (Zaetra)	Peu répondu
<i>Arundo donax</i>	Cane de Provence	Aghaleem	Peu répondu
<i>Olea europaea sylvestris</i>	Oléastre	Azemmour	Répondu
<i>Opuntia ficus indica</i>	Figuier de barbarie	Aknari	Répondu
<i>Osyris alba L</i>	Osyris blanc	Tatayt	Peu répondu

(\*) Selon Benabid (1976) et nos informations



La comparaison du potentiel naturel en PAM recensé après enquêtes avec la population locale, les herboristes à celui retrouvé dans la bibliographie a montré que le potentiel naturel en PAM recensé est nettement inférieur à celui retrouvé dans la bibliographie qui mentionne presque une centaine d'espèces (Anonyme, 2008 ; Mehdioui, 2008). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la population et les herboristes ne connaissent pas toutes les PAM ni leurs différentes variétés. Les espèces recensées sont celles utilisées traditionnellement. En outre l'évaluation de la disponibilité de la ressource à partir des relevés phytosociologique de Benabid (1976) et nos observations montre que certaines espèces sont peu répondues ou rares. L'actualisation de l'état de la ressource mérite une étude plus approfondie en vue d'identifier les espèces qui seraient menacées de disparition et proposer des mesures de conservation *in-situ* et *ex-situ*. La création d'un jardin botanique constitué essentiellement à base des espèces de PAM de la région serait une mesure très bénéfique pour la conservation du patrimoine naturel et l'encouragement de la recherche scientifique.

## 2 - Exploitation des PAM et usages traditionnels

La variabilité des conditions climatiques, pédologiques et topographiques de la zone d'étude peut expliquer la diversité remarquable en plantes aromatiques et médicinales, qui se récoltent à différents milieux : la forêt, le terrain de parcours et près de cours d'eau. L'enquête effectuée a fait ressortir que plus que la moitié des plantes aromatiques et médicinales se développe en forêt (69,70%) ; le reste pousse dans les terrains de parcours (21,20%) et à proximité des cours d'eau (9,10%). Ces données montrent le rôle important joué par la forêt du SIBE d'Amsittene en tant que biotope de développement des espèces de PAM et leur conservation. La classification des forêts d'Amsittene en tant que SIBE montre l'intérêt de la création des aires protégées dans la conservation de la biodiversité.

Le prélèvement des PAM s'effectue avant ou au moment de la floraison sauf pour la lavande, le tamaris d'Afrique et le thuya de berberie qui subissent une exploitation durant toute l'année. En outre, l'exploitation s'effectue dans la majorité des cas avant la fin du cycle, ce qui peut sans doute porter préjudice à la diversité et à la pérennité des espèces concernées.

Les populations locales et les herboristes disposent d'un savoir et un savoir faire très riche pour utiliser les espèces de PAM locales pour des vertus bien variées. Les parties utilisées dans la médication varient d'une espèce à l'autre et en fonction du type de maladies. Il s'agit des feuilles, feuilles-fleurs, tige-feuilles, sommités fleuries, racines, graine et fruit (Tableau 2).



**Tableau 2** : Parties des PAM exploitées et leurs utilisations traditionnelles selon l'enquête effectuée avec la population locale et les herboristes dans les quatre communes (Smimou, Imi N'Tlit, Imgrad et Idda Ou Azza ) du SIBE d'Amsittene.

Noms scientifiques	Noms français	Noms vernaculaires marocains	Partie utilisée	Utilisation traditionnelle
<i>Ajuga iva</i>	Ivette musquée	Chandgoura (Imzgrad)	Feuilles	Hypotenseur, hypoglycémiant
<i>Artemisia herba-alba</i>	Armoise blanche	Achih	Tige, feuilles	Antibiotique et soulager les maux gastro-intestinaux
<i>Capparis spinosa</i>	Câprier	Taylulut	Racines	Analgésique et pour les infections oculaires
<i>Centaurea chamaerhaponticum</i>		Tafgha	Racines	Contre les maux gastro-intestinaux
<i>Ceratonia siliqua</i>	Caroubier	Tikida	Fruit (gousse)	Contre le vomissement
<i>Cistus salvifolius</i>	Ciste à feuille de sauge	Irguel	Fleurs, graines	Contre les troubles gastro-intestinales
<i>Citrullus colocynthis</i>	Coloquinte	Afarziz (hadaj)	Fruit	Rhumatismes
<i>Clematis cirrhosa</i>	Clématite	Igoudi	Racines	Renforce le corps
<i>Globularia alypum</i>	Globulaire turbit	Tasselgha	Feuilles	Antidiabétique
<i>Herniaria hirsuta</i>	Herniaire	Harass lahjar	Feuilles, tige	Traitement des affections urinaires
<i>Lavandula dentata</i>	Lavande dentées	Lhalhal (Ijrch)	Sommités fleuries	Soulage les rhumatismes et soigne les infections des voies respiratoires
<i>Lavandula maroccana</i>	Lavande	Iguiz	Sommités fleuries	Maux gastrique et desodorisant
<i>Marrubium vulgare</i>	Marrube blanc	Mrrriout (Ifzi)	Feuilles, tige	Prescrit pour les maladies d'oreille et contre l'insomnie
<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	Alili	Feuilles	Eczéma et la migraine
<i>Nigella sativa</i>	Nigelle	Shanouj	Graines	Renforce l'immunité
<i>Ononis natrix</i>	Bugrane	Afezdad	Feuilles, fleurs	Anti hépatite
<i>Peganum harmala</i>	Armel	Lharmel	Graines	Contre le rhumatisme et la chute des cheveux
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisque	Titekt(drou)	Feuilles	Troubles gastriques
<i>Ruta chalepensis</i>	Rue	Tilatn (fijl)	Graines	Troubles gastro-intestinaux
<i>Tamarix africana</i>	Tamaris d'Afrique	Tamaite	Feuilles	Brûlures
<i>Tetraclinis articulata</i>	Thuya de berberie	Aaraar	Feuilles	Troubles d'intestin
<i>Thymus broussonetii</i>	Thymus de Broussonet	Zaâtar	Feuilles, fleurs	Maux gastro-intestinaux
<i>Thymus satureioides</i>	Thym satu reioides	Zaetra	Feuilles, fleurs	Rhume
<i>Arundo donax</i>	Cane de Provence	Aghaleem	Racines	Sevrage de l'allaitement maternel
<i>Olea europaea sylvestris</i>	Oléastre	Azemmour	Feuilles	Maux gastro-intestinaux
<i>Opuntia ficusindica</i>	figuier de barbarie	Aknari	Fruit	Anti-diarrhé et la chute des cheveux
<i>Osyris alba</i>	Osyris blanc	Tatayt	Fleures	Desodorisant



Pour ce qu'est de la médication, 48,48% des PAM sont conseillés contre les maladies de l'appareil digestif, suivies par celles utilisées contre les maladies de l'appareil circulatoire (27,27%). Pour les autres maladies mentionnées, le pourcentage des PAM utilisées varient entre 3% et 18,18%. Certaines espèces sont utilisées pour plusieurs vertus comme le cas de la Lavande dentée qui est utilisée contre les maladies de l'appareil digestif et de l'appareil respiratoire ; ce qui explique la pression particulière exercée sur cette espèce. Le pourcentage élevé des PAM utilisées pour l'appareil digestif pourrait expliquer par la dominance de ce type de pathologies dans la zone d'étude.

### 3 - Etat actuel de la filière des PAM.

En générale, les plantes aromatiques et médicinales sont récoltées sur le terrain et vendues directement aux herboristes, sous forme de matière sèche et sans transformation au préalable. Cependant la coopérative féminine de TUDERT (située à 7 kilomètres de Smimou vers ImiN'tlit) qui pratique la culture de quelques espèces de PAM (Tableau 3). Elle vend ses produits sous forme de matière sèche emballée et conditionnée ou sous forme de savon dur aromatisé à base d'huiles essentielles. L'enquête menée auprès de cette coopérative (la seule dans la région) a permis de déterminer la marge bénéficiaire nette de l'ensemble de ses produits vendus (Tableau 3).

**Tableau 3.** Marges bénéficiaires des PAM vendues à prix variables par la coopérative féminine Tudert sous forme de matière sèche (Prix de 2011).

Noms Français	Noms Vernaculaires Marocains	Coût moyen estimé de production (Dh/Kg)	Prix moyen de vente (Dh/kg)	Marge nette (Dh/kg)
Géranium	Aâtarcha	7	333,33	326,33
Laurier	Wrak Sidna Moussa	10	1000	990,00
Romarin	Azir	6	166,67	160,67
Sauge officinale	Salmiya	7,5	250	242,50
Thyms	Zaetra	4	333,33	329,33

Par ailleurs, il existe au niveau de la zone d'étude un nombre important d'herboristes qui vendent la plupart des espèces signalées ci-dessus et d'autres espèces non originaires de la région d'Amsittene. Les espèces de PAM vendues par les herboristes ainsi que les prix pratiqués sont regroupées dans le tableau suivant :





**Tableau 4.** Marges bénéficiaires des PAM vendues par les herboristes de la région d'Essaouira sous forme de produits sèches (Prix de 2011).

Noms scientifiques	Noms français	Noms vernaculaires marocains	Prix d'achat (Dh/Kg)	Prix moyen de vente (Dh/Kg)	Marge nette (Dh/Kg)
<b>Espèces spontanées</b>					
<i>Ajuga iva</i>	Ivette musquée	Chandgoura	10,5	20	9,5
<i>Artemisia herba-alba</i>	Armoise blanche	Achih	7	17,5	10,5
<i>Capparis spinosa</i>	Câprier	Taylulut	12,5	17,5	5
<i>Centaurea chamaerha-ponticum</i>	Centaure	Tafgha	35	45	10
<i>Ceratonia siliqua</i>	Caroubier	Tikida	12,5	23,33	10,83
<i>Cistus salviiifolius</i>	Ciste à feuille de sauge	Irguel	32,5	55	22,5
<i>Citrullus colocynthis</i>	Coloquinte	Afarziz (Lahdaj)	2	5	3/PIECE
<i>Clematis cirrhosa</i>	Clématite	Igoudi	17	37,5	20,5
<i>Globularia alypum</i>	Globulaire turbith	Tasselgha	25	40	15
<i>Herniaria hirsuta</i>	Herniaire	Harass lahjar	20	35	15
<i>Lavandula dentata</i>	Lavande dentée	Halhal (Ijerch)	11	23,33	12,33
<i>Lavandula maroccana</i>	Lavande	Iguiz	15	25	10
<i>Marrubium vulgare</i>	Marrube blanc	Mrrriout (Ifzi)	6,5	15	8,5
<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	Alili	10	20	10
<i>Nigella sativa</i>	Nigelle	Shanouj	31,75	46,25	14,5
<i>Ononis natrix</i>	Bugrane jaune	Afezdad	5	10	5
<i>Peganum harmala</i>	Armel	Lharmel	11,75	19	7,25
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisque	Titekt(drou)	3	10	7
<i>Ruta chalepensis</i>	Rue	Tilatn (fijl)	24,75	57,5	32,75
<i>Tamarix africana</i>	Tamaris d'Afrique	Tamaite	8	20	12
<i>Tetraclinis articulata</i>	Thuya de berberie	Aaraar	3	10	7
<i>Thymus broussonetii</i>	Thym de Broussonet	Zaâtar	77,5	108,75	31,25
<i>Thymus satureioides</i>	Thym	Zaêtra	25,67	33,25	7,58
<b>Espèces introduites</b>					
<i>Anthemis nobilis</i>	Camomille romaine	Babounj	50	87,5	37,5
<i>Cleome arabica</i>	Cléome d'arabie	Mkkinza	29	42,5	13,5
<i>Laurus nobilis</i>	Laurier	Wrak sidna moussa	26,66	43,33	16,67
<i>Origanum majorana</i>	Marjolaine	Merddouch	13	20	7
<i>Rosa damascena</i>	Rose de Damas	El ward	32,5	60	32,5
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin	Yazir	13	25	12
<i>Salvia officinalis</i>	Sauge officinale	Salmiya	29,25	53	23,75



L'analyse des données de ce tableau, permet de faire ressortir un certain nombre de remarques d'une grande importance:

- Toutes les PAM vendues par les herboristes engendrent des marges bénéficiaires nettes mais qui sont variables en fonction des espèces. Les meilleurs bénéfiques ( $\geq$  à 20 Dh), en considérant seulement les PAM spontanés, sont enregistrés chez le Ciste à feuille de sauge, la Clématite, la Rue et le Thym de Broussonet. Ils sont respectivement de l'ordre de 22,5 Dh ; 20,5 Dh ; 32,75 Dh ; 31,25 Dh par Kg de matière sèche. Leur domestication paraît intéressante et peut constituer une source de revenus non négligeable pour la population de la zone d'étude.
- Sur les quatre espèces spontanées ayant engendré les meilleurs bénéfiques, 3 sont rares (la Clématite, le Thym de Broussonet et la Rue) et la quatrième est peu ré pondue. Cette faible abondance peut-être à l'origine des meilleurs bénéfiques que ces espèces engendrent.
- En fin quatre autres espèces spontanées peu ré pondues (3/4) et rare (1/4) sont vendues par les collecteurs aux herboristes (prix d'achat de l'herboriste) à des prix intéressants ( $\geq$ 15Dh le Kg de matière sèche) ; elles sont : la Lavande (*Lavandula maroccana*), la Nigelle (*Nigella sativa*), le Globulaire turbitth (*Globularia alypum*) et le Thym satureioïdes (*Thymus satureioides*). La domestication des espèces peu ré pondues et rares ci-dessus permettrait à la fois d'améliorer les revenus des collecteurs et induire la conservation du potentiel naturel. Par ailleurs cette faible dominance se confirme par les faible rendements en biomasse par unité de surface estimés par Thiam (2005) chez *Thymus satureioides*, *lavandula maroccana* et *globularia alypum*.

#### 4 - Opinions des agriculteurs sur la culture des PAM

L'enquête d'opinion menée auprès de 111 exploitants sélectionnés selon les différentes classes de superficies des exploitations dans la zone d'étude ont affirmé qu'ils connaissent les plantes aromatiques et médicinales et 79,3% d'entre eux ont confirmé que ce type de culture ne générerait pas leur système d'exploitation agricole.

Parmi les exploitants enquêtés, 66,67 % ont manifesté leur désir de cultiver les plantes aromatiques et médicinales dont en particulier le *Thymus broussonetii* qui a été désiré par 67,6% des enquêtés. Ils souhaitent aussi que la culture des PAM soit associée à celle de l'olivier. Ce type d'association permet de mieux valoriser les terrains agricoles qui sont peu étendus dans la zone d'étude et d'offrir aussi l'occasion par le développement de l'apiculture de la région dont le miel est reconnu par sa qualité et sa valeur.

Les paysans ont souligné la nécessité de tenir compte dans des projets de développement des PAM de la rareté des ressources hydriques dans la région. Ils ont aussi affirmé avec une majorité de 78,4%, le besoin de renforcer leur capacité quant aux techniques de cultures des PAM.



## Conclusion

Le diagnostic effectué a permis de révéler que la zone d'étude héberge une diversité remarquable d'espèces végétales dont un nombre important d'espèces de plantes aromatiques et non connu et non commercialisées. Les PAM exploitées proviennent dans des milieux bien différents (forêt, terrain de parcours, près de cours d'eau) mais la forêt d'Amsittene qui abrite la plupart des espèces subit une grande pression de cueillette par la population locale. Cette cueillette s'effectue d'une manière non conservatrice et souvent avant la floraison et avant la fin du cycle de végétation ; ce qui peut conduire à la rareté des PAM en entravant leur multiplication par graines ; d'ailleurs un nombre important d'espèces est considéré il y a longtemps comme peu répondues et rares (Benabid, 1976).

La domestication ou la culture des PAM surtout rares et peu répondues peut être une alternative pour conserver le potentiel naturel (Zine El Abidine et *al.* 2001a, Zine El Abidine et *al.* 2001b). Elle peut en plus engendrer des revenus pour la population locale si le prix de vente aux herboristes est intéressant comme est le cas de la Lavande, la Nigelle, le Globulaire turbit et le Thym satureioides. Les revenus seront beaucoup plus élevées lorsqu'il s'agit des quatre PAM ayant la meilleure marge bénéficiaire telque: le Ciste à feuille de sauge, la Clématite, la Rue et le Thym de Broussonet.

Cependant, la culture des PAM nécessite un contexte favorable et des prérequis déterminants dont notamment:

- Connaissance des conditions agroécologiques des espèces choisies,
- Des terrains disponibles pour la mise en culture,
- Désir de la population à s'initier et d'investir dans la pratique de cette culture,
- Maîtrise de l'itinéraire technique de culture et d'exploitation des espèces ciblées,
- Disponibilité d'unités de transformation pouvant améliorer la marge bénéficiaire,
- Renforcement des capacités locales sur le plan technique et commercial,
- Organisation de la filière depuis la production jusqu'à la valorisation.

Les informations nécessaires à la mise en culture des espèces « PAM » identifiées, leur exploitation et leur conditionnement sont fragmentaires ou indisponibles. La réalisation de travaux de recherche permettraient de disposer des connaissances et des techniques de base pouvant aider à installer des essaies pilotes de culture chez des exploitants volontaires. Ces essaies seront l'occasion pour améliorer l'itinéraire technique de culture et le cadre de valorisation et de transfert des résultats de recherche. Ils vont permettre aussi de renforcer la capacité technique des jeunes ruraux pour s'élancer dans ce type de développement agricole. Les recherches doivent portées aussi sur les besoins du marché et des professionnels, de la qualité des produits obtenus et l'importance de la sélection d'un matériel génétique plus performant sur le plan qualité et rendement.

La filière des PAM est appelée aussi à connaître de grandes mutations en raison du retour du label du naturel à l'échelle planétaire. Elle peut être le vecteur de développement local dans différentes zones où le potentiel naturel en PAM est important et où les conditions écologiques sont favorables à son développement (Anonyme, 2008). Cette opportunité qu'il faut saisir a été retenue aussi dans le cadre du Plan Maroc Vert dans le cadre de la stratégie du Pilier II.



## Références bibliographiques

- Anonyme, 2008.** Stratégie nationale de développement du secteur des PAM au Maroc rapport final, juillet 2008, Haut Commissariat aux Eaux et aux Forêt et à la Lutte Contre le Désertification, 70 p.
- Benabid A., 1976.** Etude Ecologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la tetracinaie de l'Amsittene. Thèse de doctorat, 3ème cycle, Université d'Aix Marseille III, Marseille, France, 158 p.
- Benjilali, B. Zrira, S. et Aboukassem H., 2001.** La filière des Plantes Aromatiques et Médicinales au Maroc. *Terre et Vie*, 46p.
- Benjilali B., et Zrira S., 2005.** Plantes Aromatiques & médicinales. Atouts du secteur et exigences pour une valorisation durable. Actes Edition, Rabat N, 346 p.
- Mehdioui R., 2008.** Contribution à l'analyse des facteurs de pression sur les ressources végétales médicinales de la forêt d'Amsitten (Etude Ethnobotanique et Socio-économique auprès de la Population des Communes d'Imin n'Tlit et d'Imgrade Province d'Essaouira). Thèse de doctorat, Fac Sci., Univ. Mohammed v, 166 p.
- Naoui H., 2008.** Contribution a l'élaboration d'un plan de gestion concertée pour le SIBE d'Amsiten. Mémoire de troisième cycle de l'ENFI, 156 p.
- Rejdali M., 1996.** La flore du Maroc. Etat actuel et perspectives de conservation. In : Rejdali M& Birouk A. (eds). Proceeding du Symposium « Diversité biologique et valorisation des plantes médicinales ». Actes Editions. IAV. Hassan II. Rabat.
- Thiam S., 2005.** Potentialités et possibilités de valoriser des plantes aromatiques et médicinales au niveau du massif d'Amsittene/Essaouira. Mémoire de 3ème cycle ENFI, 113 p.
- Zine El Abidine A., Fechtal M., Ismaili R., 2001a.** Multiplication par bouturage et effet de la fertilisation sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles d'origan (*Origanum elongatum*). *Annales de la recherche forestière au Maroc* (Tome 34), DREF, Rabat, pp : 40-47.
- Zine El Abidine A., Aafi A., Karkouzi R., Fechtal M., 2001b.** Effet de la fertilisation sur la production de biomasse, le rendement et la qualité des huiles essentielles de deux provenances d'origan (*Origanum elongatum*). *Annales de la recherche forestière au Maroc* (Tome 36), DREF, Rabat, pp 84-97.



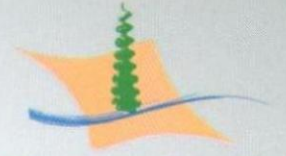


وزارة الفلاحة والصيد البحري

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime



الوكالة الوطنية للتنمية مناطق الواحات و شجر الأركان  
ANDZOA  
Agence Nationale pour le Développement  
des Zones Oasisiennes et de l'Arganier



المتدوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر  
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts  
et à la Lutte contre la Désertification



المعهد الوطني للبحث الزراعي  
Institut National de la Recherche Agronomique

Division de l'Information et de la Communication  
Tél. : 05 37 77 98 06 - Fax : 05 37 77 98 07

ISBN : 978-9954-8602-9-8