

L'arganier et ses champignons

Cet arbre du Sud-Ouest marocain est parfaitement adapté à son environnement grâce à son association avec des champignons. Ce « partenariat » élucidé, il devient possible de restaurer un écosystème unique.

Rachida NOUAÏM
travaille au Laboratoire
Microbiologie et géochimie
des sols, à l'INRA de Dijon.

Rémi CHAUSSOD
travaille au Laboratoire
Microbiologie et géochimie
des sols, à l'INRA de Dijon.

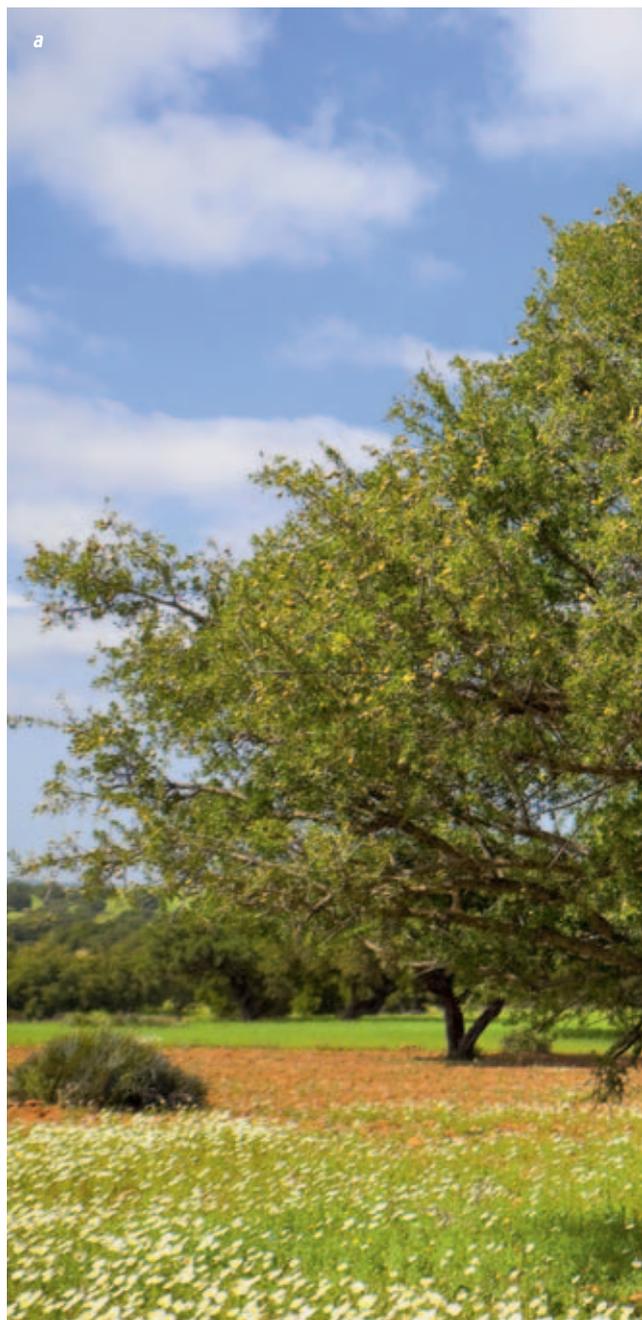
Cet été, en vacances au Maroc, vous avez peut-être rapporté dans vos valises un flacon d'une huile particulièrement savoureuse, l'huile d'argane, réputée tant pour ses usages culinaires que cosmétiques. Cette huile exceptionnelle, fabriquée à grand-peine par les femmes marocaines, est extraite des fruits de l'arganier (*Argania spinosa*), un arbre endémique du Sud-Ouest marocain. Les photographies le montrent souvent « couvert » de chèvres qui ont grimpé dans son branchage pour brouter le feuillage. Au-delà de cette image, cet arbre est la clé de voûte d'écosystèmes remarquables, les arganeraies (voir la figure page ci-contre), qui constituent des systèmes agroforestiers originaux où cohabitent arbres et agriculture. Au centre, l'arganier, un arbre « multi-usages » grâce auquel des populations vivent en milieu aride. Toutefois, cet équilibre biologique où l'homme a toute sa place et qu'il a en partie façonné, est menacé, et le protéger nécessite de mettre au jour les secrets de l'arganier. Ainsi, après avoir retracé l'histoire de cet arbre, nous verrons qu'il doit son adaptation aux relations étroites qu'il entretient avec des champignons souterrains. Aujourd'hui, la sauvegarde des arganiers, que l'on croyait impossible, n'est plus une utopie.

Un peu de biogéographie

L'arganier a reçu plusieurs noms – *Sideroxylon spinosum*, puis *Argania sideroxylon* (*sideroxylon* signifie « bois dur comme le fer ») – avant celui qu'on lui connaît aujourd'hui, *Argania spinosa*. Il appartient à l'ordre des Ébénales et à la famille des sapotacées, une famille apparue à l'ère tertiaire, il y a 65 millions d'années, qui regroupe environ 800 espèces d'arbres et arbustes tropicaux. *Argania spinosa*, qui est la seule espèce du genre *Argania*, est aussi la seule sapotacée au Maroc et le représentant le plus

L'ESSENTIEL

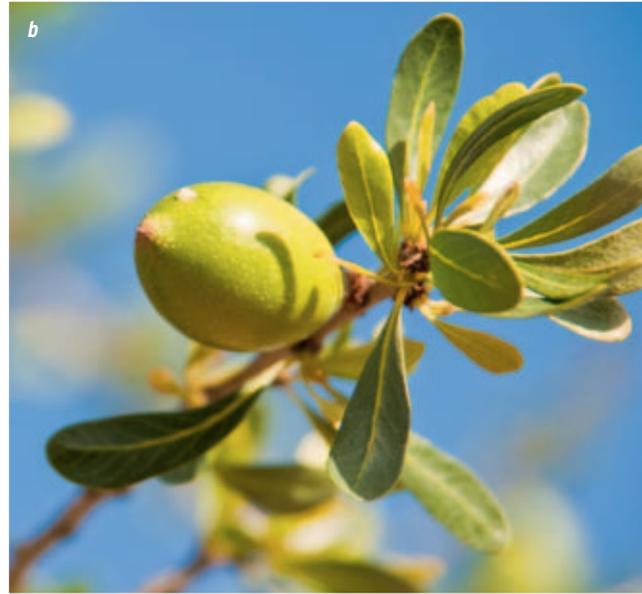
- ➔ L'arganier est un arbre endémique du Sud-Ouest marocain.
- ➔ Il vit en symbiose avec des champignons qui drainent l'eau du sol.
- ➔ La compréhension de cette association permet de développer les vergers d'arganiers.
- ➔ La menace de disparition qui pèse sur cet arbre en est allégée.



septentrional de cette famille. Les biogéographes incluent l'arganier dans la flore dite « macaronésienne », qui rassemble des espèces endémiques du Sud-Ouest marocain et des îles voisines dans l'océan Atlantique (Madère, Cap-Vert, Canaries et Açores) partageant des exigences similaires en matière de températures minimales et d'humidité atmosphérique. Une autre sapotacée, *Sideroxylon marmulano*, vit dans les îles macaronésiennes.

Parmi les sapotacées, quelques arbres sont exploités pour leur bois, tel le moabi (*Baillonella toxisperma*) en Afrique de l'Ouest, ou pour leur latex, comme *Mimusops balata* en Guyane, *Palaquium gutta* et *Isonandra percha* en Malaisie et en Indonésie. En Afrique et en Amérique, de nombreux arbres de la même famille (des sapotiers) ont des fruits comestibles. Pour certains, ce n'est pas la pulpe qui est consommée, mais les composés oléagineux extraits de l'amandon. C'est le cas de l'arganier au Maroc et

LES ARGANERAIES sont des écosystèmes fragiles essentiellement constitués d'un arbre, l'arganier (a), dont les fruits (b) sont riches en une huile recherchée.



Shutterstock.com/samotrebizan





L'EXTRACTION TRADITIONNELLE de l'huile d'argane. Les fruits séchés sont décortiqués (a). Ensuite, les amandons sont grillés (b), broyés dans une meule en pierre (c) et enfin malaxés (d).

du karité (*Vitellaria paradoxa*) en Afrique sahélienne, dont on tire un « beurre » apprécié. C'est aussi le cas du moabi (*Baillonella toxisperma*), dont le principal intérêt pour les populations de l'Est du Cameroun est non pas le bois d'œuvre, mais l'huile tirée des fruits.

Venu des tropiques

Ces informations biogéographiques et d'autres observations paléobotaniques révèlent que l'arganier est, au départ, un arbre des zones tropicales. Il aurait d'abord colonisé ces espaces, puis évolué en dehors de son aire d'origine à la faveur de périodes favorables depuis le Mio-Pliocène, il y a cinq millions d'années. Il aurait été isolé dans son territoire actuel par l'assèchement du Sahara, non pas lors de la dernière phase (il y a environ 3 500 ans), mais lors d'une période aride plus ancienne, probablement vers la fin du Pléistocène, il y a quelques dizaines de milliers d'années. Grâce à ses caractéristiques physiologiques et écologiques sur lesquelles nous reviendrons, il se serait adapté à un environnement marqué par une aridité croissante. Le karité résiste aussi à l'aridité puisqu'il supporte une saison sèche de six à huit mois en Afrique subsaharienne.

Depuis le Néolithique, les populations vivant dans les arganeraies ont su tirer parti de toutes les ressources de l'arbre, au point de constituer une « civilisation née d'un arbre ». Or si l'arganeraie a été et est encore une forêt de subsistance, c'est grâce à l'adaptation de l'arganier aux conditions difficiles du milieu.

Malgré une notable diversité morphologique, on ne distingue pas de variétés chez l'arganier. En revanche, cette espèce est caractérisée par une diversité exceptionnelle. En effet, bien qu'il n'y ait qu'une seule espèce (pour un botaniste), les arbres, en tant qu'individus, sont très différents. D'abord, pour l'apparence, on observe divers ports (dressé, pleureur, etc.), plusieurs formes de feuilles et surtout de fruits (ronds, ovales, fusiformes, etc.). Les arbres sont plus ou moins épineux ; leur fructification peut être précoce, normale ou tardive. De plus, toutes les combinaisons entre ces caractères semblent exister ! Chaque arganier est unique en son genre. Cet extraordinaire polymorphisme s'explique par une diversité qui est notamment entretenue par le brassage génétique. Ce dernier est favorisé par une reproduction principalement croisée (l'arbre ne s'autoféconde que rarement) qui a sans doute facilité l'adaptation de l'arganier à l'aridification du climat. Cette diversité génétique explique probablement aussi la résistance de l'arbre aux aléas climatiques, à travers la mise en œuvre de divers processus physiologiques.

Le plus visible est la subpersistance du feuillage de l'arbre : l'arganier ne perd pas ses feuilles de façon saisonnière, mais seulement lorsque le bilan hydrique est défavorable. Lorsque l'arganier a soif, au lieu de voir ses feuilles flétrir et mourir (l'arbre se dessècherait), une réaction physiologique se met

Toutes les photographies de cette page sont de Rachida NOUAIM et Rémi CHAUSSOD.



Bachida NOUJAIM et Rémi CHAUSSOD

en place et conduit à la chute des feuilles. Dès lors, l'arbre ne consomme plus d'eau et reste vivant, car les tissus de son tronc et de ses branches conservent suffisamment d'eau pour autoriser une survie de plusieurs mois, voire quelques années, jusqu'au retour de conditions favorables. Cette stratégie d'évitement est d'autant plus efficace que l'arganier n'est pas particulièrement économe en eau. En effet, il ne se développe bien que dans les régions à forte influence océanique, où le taux d'humidité de l'air est compris entre 70 et 80 pour cent. Qu'il puisse vivre dans des régions semi-arides et arides s'explique par un système racinaire performant, efficace pour récupérer l'eau.

Les secrets de l'arbre

De fait, le système racinaire de l'arganier est son principal atout. Grâce à un large système racinaire pivotant qui plonge jusqu'à plus de 30 mètres de profondeur, l'arganier puise de l'eau dans les couches profondes du sol. Ces racines verticales sont complétées par des racines superficielles et horizontales qui récupèrent l'eau de condensation s'égouttant du feuillage à la fin de la nuit. Ces « précipitations occultes », non comptabilisées par les pluviomètres, représentent des quantités d'eau non négligeables.

Enfin, le système racinaire de l'arganier est le siège d'une association à bénéfices réciproques (une symbiose) avec des champignons du sol pour former des endomycorhizes : les filaments (les hyphes) des champignons pénètrent dans les cellules des racines, à l'inverse des ectomycorhizes où ils restent autour des cellules. Ce type d'association, qui existe chez de nombreuses plantes, est apparu il y a environ 450 millions d'années (voir *Les végétaux existent-ils encore?*, par M.-A. Sélosse, page 8). C'est d'ailleurs grâce à cette symbiose que les végétaux aquatiques ont pu coloniser le milieu terrestre. En effet, dans l'eau, les éléments nutritifs parviennent par simple diffusion jusqu'au végétal qui peut les absorber. En revanche, dans le sol, certains éléments minéraux, tel le phosphore, ne sont absorbés par la racine que lorsqu'elle passe à leur proximité immédiate.

L'ARGANIER EST menacé par l'érosion des sols (a) et par l'appétit du bétail, chèvres (b) ou dromadaires.

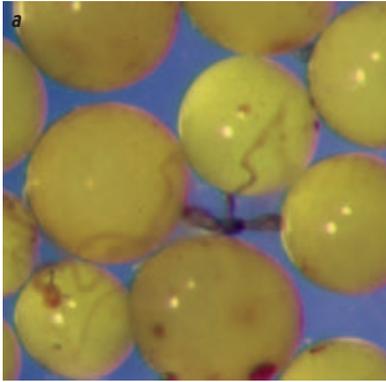


Shutterstock.com/steveball

La symbiose mycorhizienne améliore l'efficacité de la nutrition minérale : la plante fournit au champignon de l'énergie sous forme de sucres issus de la photosynthèse et, en échange, le champignon offre à la plante son réseau étendu d'hyphes qui explore tout le sol et récupère les minéraux présents en faible quantité.

Ce bénéfice partagé a autorisé une longue coévolution entre les plantes et certains champignons. Les ectomycorhizes des arbres des zones tempérées et humides auraient évolué à plusieurs reprises à partir d'une symbiose ancestrale, alors que les endomycorhizes seraient restées plus proches du type originel. Des études de biologie moléculaire ont reconnu l'ancienneté et l'originalité des champignons endomycorhiziens, qui ont été rassemblés en un nouveau groupe, les glomérromycètes.

La dépendance de l'arganier est accrue par la nature de ses racines de type primitif, dit « magnolioïde », ce terme évoquant la famille des magnoliacées, tels le tulipier de Chine *Liriodendron chinense*. Les racines de ces arbres, comme chez l'arganier, sont dépourvues de poils absorbants, rendant indispensables les hyphes de leurs partenaires mycorhiziens qui augmentent la surface de contact avec le sol pour en récupérer l'eau et les éléments minéraux. De fait, nous avons montré expérimentalement que l'arganier ne peut pas se développer sans cette symbiose. Seule cette dernière pourvoit l'arbre en phosphates et en oligoéléments en quantité suffisante pour lui assurer une croissance normale, malgré la pauvreté du milieu. Bien alimenté, l'arbre peut se doter de racines profondes grâce auxquelles il atteint les couches humides du sol et résiste à la sécheresse.



LES CHAMPIGNONS associés aux racines des arganiers au sein d'endomycorhizes sont étonnamment variés. Par exemple, on trouve des espèces du genre *Glomus* (a) et *Gigaspora* (b).

Sans partenaire fongique, l'arganier serait condamné à végéter... et à mourir de soif. Ainsi, le rôle de la symbiose mycorhizienne dans la résistance des plantes au stress hydrique s'explique principalement par un effet indirect, à travers une amélioration de la nutrition minérale.

Cependant, des effets plus directs ont aussi été proposés, fondés sur la modification des équilibres hormonaux ou l'augmentation du prélèvement et du transport de l'eau par les hyphes extraracinaires. La mycorhization modifierait la physiologie de la racine qui pourrait survivre avec moins d'eau. En fin de compte, les mycorhizes améliorent l'apport hydrique de la plante probablement par divers mécanismes résultant d'interactions complexes du végétal, de son partenaire fongique et de l'eau dans le sol.

Un arbre d'avenir

Dans les sols des arganeraies, nous avons mis en évidence plusieurs dizaines d'espèces différentes de champignons endomycorhiziens appartenant aux genres *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* (voir la figure ci-dessus)... Chez le genre *Glomus*, le plus courant, de nombreuses espèces sont représentées. La symbiose entre les champignons endomycorhiziens et les plantes est peu spécifique, c'est-à-dire qu'un même arganier peut s'associer à diverses souches de champignons endomycorhiziens, chacune probablement dotée de caractéristiques écologiques distinctes et complémentaires. Cette stratégie d'associations multiples serait une « assurance » face à la variabilité des conditions écologiques. En effet, selon la plupart des écologues, la diversité des champignons mycorhiziens jouerait un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes, leur productivité et leur stabilité face aux aléas climatiques. À cet égard, l'arganier et les systèmes agroforestiers de l'arganeraie sont exemplaires.

La régénération de l'arganier a longtemps été réputée impossible et certains pensaient même qu'il était condamné à disparaître à brève échéance. Nous avons montré le contraire: l'arganier peut être multiplié aussi bien par semis de graines (pour conserver son exceptionnelle variabilité génétique) que par bouturage ou culture *in vitro* (pour multiplier des individus sélectionnés). Les échecs précédents sont

sans doute imputables au peu d'importance accordée aux spécificités de son système racinaire et notamment de sa dépendance mycorhizienne.

La mycorhization des plantules d'arganier, en pépinière, a fait aussi l'objet d'analyses approfondies comparant l'efficacité de différentes souches. Le complexe mycorhizien que nous avons sélectionné autorise aujourd'hui l'installation de plantations performantes, même en sols pauvres.

S'il n'y a pas ou peu de spécificité d'hôte pour la symbiose mycorhizienne, on sait que les champignons endomycorhiziens trouvés dans des sols différents sont parfois génétiquement et physiologiquement distincts. Une espèce peut être active dans certaines conditions et ne pas l'être dans d'autres, selon sa résistance à la sécheresse, à la salinité, au calcaire... Plutôt que de sélectionner une seule espèce, nous associons aux racines de plants produits en pépinière un mélange de souches dotées de caractéristiques écologiques complémentaires.

Ces travaux sur la multiplication, le système racinaire et les mycorhizes de l'arganier ont débuté il y a une vingtaine d'années dans le cadre d'une coopération franco-marocaine et ont abouti récemment, avec le soutien de l'Union européenne, à l'installation de vergers d'arganiers pilotes dans différentes régions du Maroc. Nous appliquons des techniques modernes à la culture de cet arbre millénaire. Les plants d'arganier produits sont mycorhizés, la gestion du système racinaire optimisée, la transplantation est effectuée avec soin et les jeunes plants bénéficient de protections individuelles. Le résultat est un taux de reprise voisin de 100 pour cent, une croissance initiale très rapide et une mise à fruit précoce. La démonstration est faite que la régénération des arganeraies et l'installation de vergers ne sont plus des utopies. Nos sites pilotes ont retenu l'attention du ministère de l'Agriculture au Maroc, qui vient de lancer un vaste programme de plantations d'arganiers.

L'arganeraie est un bon exemple d'interactions biologiques fortes d'organismes différents et de coévolutions à diverses échelles de temps, sous l'effet des modifications de l'environnement. Aujourd'hui, bien que les forêts naturelles d'arganier restent par endroits menacées, de nouvelles perspectives s'ouvrent.

Une meilleure connaissance de la biologie de l'arbre, associée à l'optimisation des techniques de production en pépinière et de transplantation éclaircissent l'avenir. À côté de l'arganier forestier apparaît l'arganier cultivé. On sait maintenant créer des vergers d'arganiers et sauvegarder la diversité génétique, tout en améliorant la production d'huile et en consommant beaucoup moins d'eau que les cultures intensives. En d'autres termes, on détient les clés d'une agroforesterie véritablement « durable » fondée sur l'arganier. ■

article

• L. OUAHMANE *et al.*, *Soil functional diversity and P solubilisation from rock phosphate after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi*, in *Forest Ecology and Management*, vol. 241, pp. 200-208, 2007.

livre

• R. NOUAÏM, *L'arganier, entre mythes et réalités*, L'Harmattan, Paris, 2005.