Planter en milieux arides et salins

Anticiper le changement climatique

Benjamin LISAN



Photo de couverture : Allée des baobabs (Madagascar) © Benjamin LISAN. Septembre 2008.

Photo de couverture intérieure : Bosquet d'arbres **Ghaf** (*Prosopis Cineraria*), une vue typique dans les zones forestières **d'Oman**. Chaque groupe d'arbres correspond probablement un système de racines anciennes, capturant du sable et construisant des collines coniques. Source : http://home.kpn.nl/lilian_schreurs/oman/Woodlands.htm



Huacachina est un village du sud-ouest du Pérou, construit autour d'une petite oasis entourée de dunes de sable. Elle a une population permanente d'environ 100 habitants. @Rainmaker1973, https://twitter.com/Limportant_fr/status/1405998534512500739 Cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Huacachina

Remerciements :

Claire Marie Madeleine Péhi-Verny, pour sa contribution sur la gestion des pâturages et du compost.

Romain DUVAL, PhD, HDR
CRCN IRD, UMR 261 IRD MERIT
Mère et Enfant Face aux Infections Tropicales
Université de Paris, Faculté de Pharmacie
4 Avenue de l'Observatoire, 75006 Paris, France
Tel : +33-1-5373-9657
Fax : +33-1-5373-9717
E-mail : romain.duval@ird.fr

Paris, le 25 février 2022,

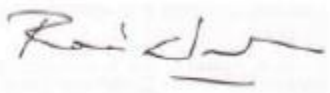
Je soussigné, Romain DUVAL, chercheur en chimie-biologie, écrit pour saluer la sortie du livre de Benjamin LISAN, "*Planter en Milieux Arides et Salins - anticiper le changement climatique*".

Benjamin LISAN est un autodidacte passionné, fervent admirateur de la nature et des merveilleux trésors - souvent végétaux, toujours utiles - qu'elle recèle.

Doué d'une grande culture générale et d'un appétit sans borne pour la recherche d'information, Benjamin LISAN a su produire un livre qui arrive au bon moment. Il pourrait permettre aux hommes, en particulier aux agriculteurs, d'anticiper le réchauffement climatique, la désertification de certaines régions, l'élévation du niveau des océans, en cultivant des plantes adaptées pour relever les défis qui attendent les générations futures.

Ce livre peut être particulièrement utile dans les régions où sévissent déjà des famines chroniques comme en Afrique, dans le Sud de l'Ethiopie, au Sahel, dans le Sud de Madagascar...mais aussi dans les zones plus riches - mais tout autant menacées - de la Californie ou de l'Australie.

Il représente une contribution remarquable dans un format réduit et accessible à tous, travail d'un individu isolé mais dédié, constituant une grande aide pour notre planète malmenée.



Romain DUVAL

UMR – 216 – IRD & Université Paris Descartes
Mère et enfant face aux infections tropicales
4, Avenue de l'Observatoire
75006 - Paris

Présentation de la « Collection terre préservée »

Les livres de cette collection ont pour but de contribuer à la préservation de notre planète, en proposant et favorisant des solutions écologiques, respectant la biodiversité _ via l'utilisation de terres et sols vivants, de super-sols, du lombricompostage, des engrais verts, des culture associées, de la lutte biologique, de l'agriculture biologique, de la permaculture, de la synécoculture, de semences paysannes reproductibles, des énergies renouvelables (agrocarburants « verts », …) … _, solutions alternatives à celles « conventionnelles » _ telles que l'utilisation classique d'engrais et pesticides de synthèse.

Dans cette collection, nous proposons les ouvrages suivants :

- *Haies épineuses défensives : Climat tempéré et climat tropical,* Benjamin LISAN, Amazon éditions, 147 pages.
- *Planter en milieux arides et salines*, Benjamin LISAN, Amazon éditions, environ 400 pages.
- *Petit traité de permaculture*, Benjamin LISAN, Amazon éditions (publication à venir).

Bonne lecture, en espérant que ces ouvrages vous seront très utiles.

Autre utilité de cette collection

Une partie des royalties obtenues par la vente de ces livres financeront :

a) *Des projets agroécologiques à Madagascar (comme l'association L'homme et l'Environnement) et au Burkina Fasso (l'association SOS Sahel. https://sossahel.org/).*
b) *L'abonnement à OVH et l'amélioration du site et de la base de téléchargement de documents agroécologiques et de sensibilisation environnementale, destiné au développement durable des pays en voie de développement, que l'auteur a créé et développé, depuis 2010 (soit 39.000 documents, classés selon 1600 thèmes différents. Taille de cette base 74 Go) : http://doc-developpement-durable.org/ & http://doc-developpement-durable.org/file*

Merci pour votre éventuelle contribution.

Note : Consultez aussi les renseignements contenus dans la dernière page de cet ouvrage.

1 Avant-propos

Le but de ce livre est d'être une bible, un guide ou une somme a) sur l'adaptation et l'anticipation au changement climatique, à la désertification, aux risques de remontées salines, à l'élévation du niveau des mer, aussi exhaustif que possible, b) sur les plantes utiles de milieux arides et salins, c) les techniques de sauvegarde et de rétention de l'eau, destiné aux agriculteurs et agronomes des pays pauvres, chauds, désertiques ou/et en voie de désertification.
Le rôle de cet ouvrage devrait être important, pour les pays et régions concernés par ces problèmes, en l'Afrique, en Asie centrale, en Australie, sur la côte ouest de l'Amérique du Sud, au sud-ouest de l'Amérique du Nord ...
Il veut aussi aider à augmenter les revenus des agriculteurs, dans les pays en voie de développement.
Le souhait final de l'auteur serait qu'un programme _ géré par le PNUD, différentes universités et écoles agronomiques, des ONG[1], œuvrant dans les zones désertiques et salines _, puisse être mis en place, afin distribuer ce livre au plus grand nombre d'agriculteurs, d'agronomes, d'universités, dans les pays pauvres, qu'il soit traduit dans les langues utilisées dans ces pays (par exemple, déjà dans un première temps, en français, anglais, espagnol[2] …).
Dans des villages pilotes, servant de modèle pédagogiques pour les agriculteurs environnants, des techniciens agronomes « au pieds nus » viendraient y enseigner les techniques de cultures (bio …), en milieux arides et salins, tout en la distribuant ce livre et des semences utiles, aux agriculteurs alphabétisés, à la fin de leur formation.

1.1 Partis pris

1) En taxinomie[3] (botanique, zoologie, mycologie, etc.), le **nom binominal**, est une combinaison de deux mots servant à désigner une espèce vivante. Le 1er mot, le nom générique, circonscrit un genre[4] ; le second, l'épithète spécifique, indissociable du nom générique, sert à désigner l'espèce *au sein de ce genre*. Souvent ce nom est suivi : a) du nom du naturaliste qui a nommé et décrit l'espèce, b) l'année de publication de sa description précise ou de sa validation. Exemple : *Homo sapiens* Linné, 1758. Par la suite, comme notre ouvrage s'adresse aux agronomes mais aussi au grand public, pour simplifier les noms binomiaux, nous abandonnerons, dans la citation du *nom binomial*, les indications du naturaliste, qui a identifié l'espèce, et de la date de description et/ou de validation de l'espèce.
Nom trinomial : Pour décrire une variété, une sous-espèce ou une race, au sein d'un espèce, en botanique et en la mycologie, on ajoute, au nom binomial, la précision « var » suivi du « *nom de la sous-espèce* ». Exemple : *Tricholoma saponaceum* var. *fagetorum*. Sous-espèce : indiquée par le terme 'subsp'. Exemple : *Lens culinaris* subsp. *Orientalis*.
Nom des hybrides : Les croisements de deux espèces, créés artificiellement par l'homme, sont indiqués ainsi : *Sorghum bicolor* × *Sorghume sudanense* (ici un sorgho hybride), avec le « x » symbolisant le croisement.

2) Bien que nous ne les recommandions pas, sauf en cas d'absolue nécessité (par exemple pour la production de bois de feu, dans les régions qui en manquent), nous avons mis en annexe, à la fin de ce livre, les espèces pouvant être utiles, mais malheureusement *fortement invasives* (i.e. envahissantes).

3) Dans notre ouvrage, nous avons fait le choix de nous focaliser sur ces priorités, dans cet ordre : 1) résoudre le problème de la malnutrition, 2) fournir des sources de revenus suffisants aux agriculteurs, 3) respecter la nature, la biodiversité. Nous avons fait le choix de ne pas préoccuper de la question de la séquestration du carbone, trop

[1] Par exemple, Fondation GoodPlanet, Action contre la faim [Action Against Hunger], Practical Answers etc.
[2] Nous cherchons des traducteurs anglais et espagnol pour ce livre.
[3] ***Taxonomie*** ou ***taxinomie*** : une branche des sciences naturelles (rebaptisées biologie au xxe siècle), qui a pour objet de décrire la diversité des organismes vivants et de les regrouper en entités appelées taxons afin de les identifier (notamment grâce aux clés de détermination), les décrire, les nommer et les classer.
[4] ***Genre*** : un rang taxinomique (ou taxonomique) qui regroupe un ensemble d'espèces vivantes ayant en commun plusieurs caractères similaires. Le genre est le sixième rang principal de la systématique classique des espèces vivantes. On estime qu'environ 290 000 genres sont utilisés dans le règne animal. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Genre_(biologie)

complexe, trop intellectuelle, trop théorique (pour la plupart des habitants locaux). D'autant que des études montrent que certains programmes de reforestation sont loin d'atteindre les objectifs de séquestration du carbone espérés[5] par les différences Conférences des Nations unies sur les changements climatiques.

4) Quand cela est possible, nous avons privilégié, dans notre ouvrage, les solutions respectant de l'environnement et de la biodiversité (par exemple, en évitant a) l'introduction de plantes invasives ou toxiques pour le sol, b) l'utilisation de produits toxiques, mais tout en restant pragmatique).

5) Nous avons consacré une partie importante du livre aux mangroves, parce qu'elles seront bénéfiques pour protéger les littoraux, avec l'augmentation de la force des tempêtes liée au réchauffement climatique[6], et leur rôle écologique.

6) Gratuité du livre électronique : Afin de pouvoir le distribuer au plus grand nombre, je rends déjà son PDF gratuit, pour qu'il soit accessible au plus grand nombre, dans les pays en voie de développement.

7) Nous avons réutilisés des extraits d'articles de Wikipedia, quand ils nous semblaient de bonne qualité. Quand on cite une page Wikipedia, il est d'usage de préciser la date d'accès, car ces pages changent régulièrement. Nous avons accédé à ces pages entre juillet 2015 et septembre 2021 (la majorité d'entre elles en septembre 2021).

8) Ce livre comportant presque 400 pages et de nombreux chapitres et sous-chapitres, donc, qui le plus peut le moins, vous pouvez déjà ne lire que les parties, concernant vos problématiques actuelles ou étant vos sujets de prédilections.

1.2 Invitation à participer à l'amélioration de cet ouvrage

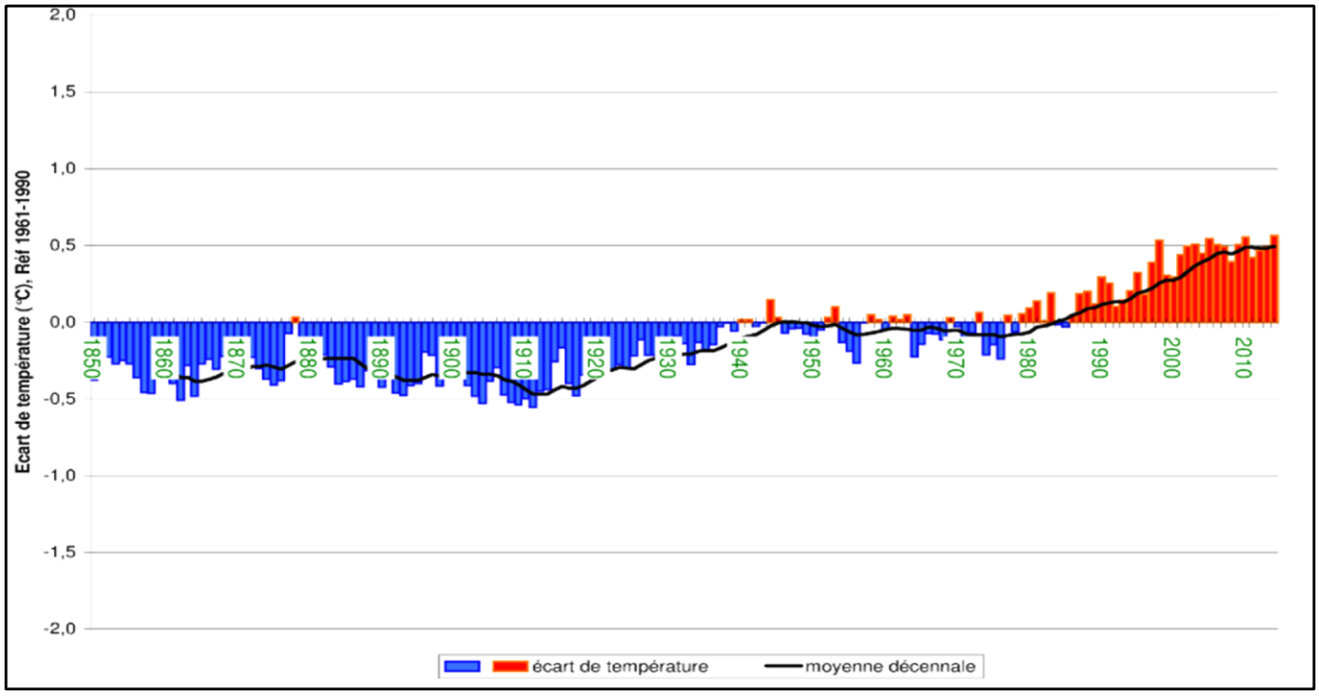
N'hésitez pas à participer à l'amélioration de cet ouvrage, en envoyant à l'auteur, vos suggestions, leurs erreurs que vous y auriez détectées, les plantes utiles, adaptés aux milieux arides et salins, que l'auteur aurait oubliées.
Merci par avance pour votre contribution. Votre nom sera alors cité, dans les remerciements, lors des nouvelles éditions. Courriel de l'auteur : benjamin.lisan@free.fr

2 Introduction

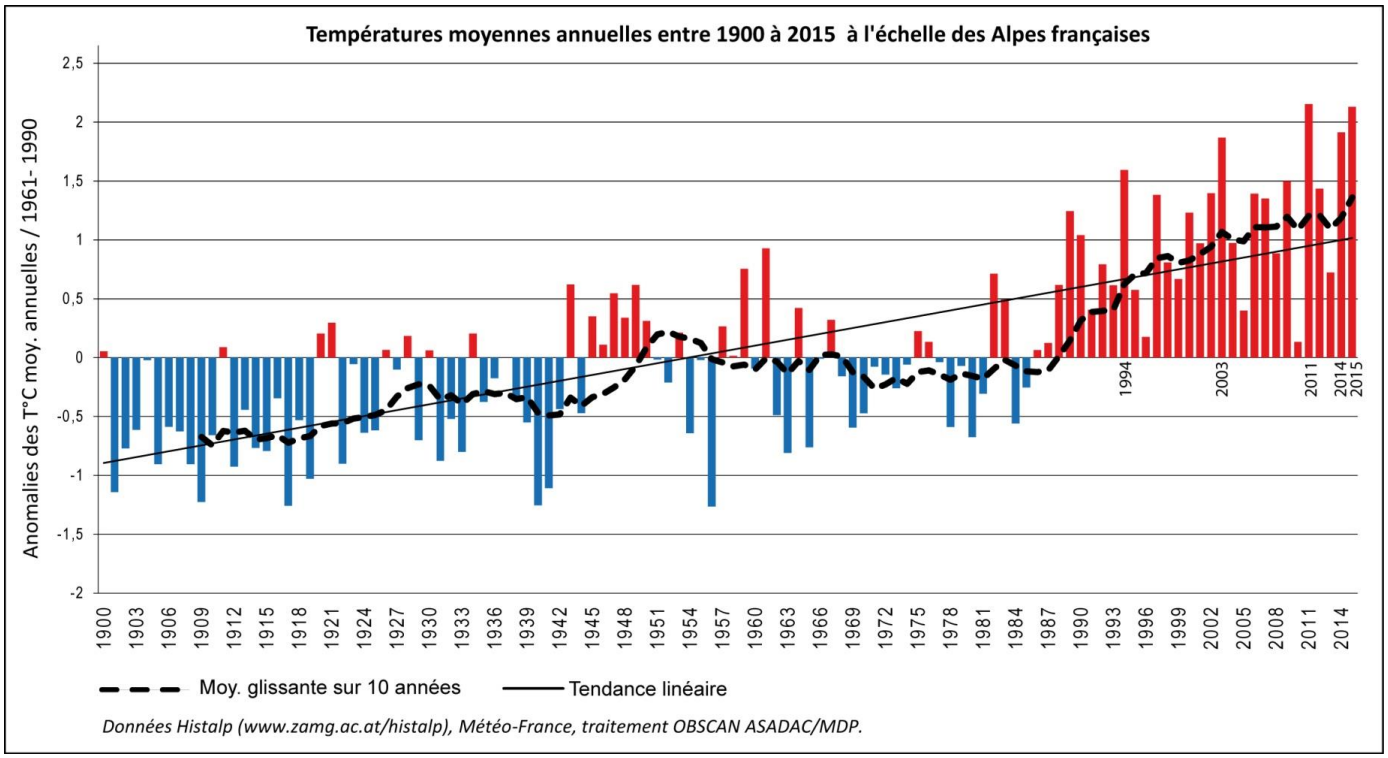
2.1 Le réchauffement climatique permanent de la Terre, depuis 1850

Depuis 1900, le globe subit un réchauffement climatique progressif et permanent[7] (voir page ci-après) :

[5] *Reforestation. La grande désillusion*. Vincent Nouyrigat, Epsiloon, n°2, août 2021, pages 20 à 27.
[6]a) Tout en tenant compte, malgré tout, du fait que certaines mangroves accumulent trois fois plus de carbone par hectare qu'une forêt tropicale. Cf. *Reforestation. La grande désillusion*, ibid.
b) Malheureusement, les mangroves ne protègeront pas les côtes, face aux tsunamis de l'ampleur de celui du 26 décembre 2004, dans l'océan Indien, chaque palétuvier se transformant en projectiles détruisant les habitations, situées derrière la mangrove.
[7] Les volcans ne contribuent qu'à 1% des gaz à effets de serre (GES). L'humanité y contribue 140 fois plus que les volcans. Selon Kevin Hamilton, professeur émérite des sciences de l'atmosphère, ancien directeur du Centre de recherche international du Pacifique (CIPR), de l'Université d'Hawaï à Manoa, le réchauffement climatique causée par l'humanité est une donnée scientifique incontestable et est mesurée depuis 56 ans. Pour la première fois dans l'histoire de la station de mesure bâtie en 1957 sur cette montagne, la concentration de dioxyde de carbone dans l'air qui y est mesurée quotidiennement par l'Observatoire de Mauna Loa (MLO) a dépassé par trois fois les 420 parties par million (ppm), avec notamment un pic à 421,21 ppm le 3 avril 2021.
Sources : a) Episode : Hawaii - L'observatoire du climat. Émission : Entre Terre et Ciel, Réalisateur : Stéphane Corréa, 2014, 26mn.
b) *Record de CO2 dans l'air : vers un retour en arrière de 15 millions d'années*, Yves Sciama, 5 mai 2021, https://reporterre.net/Record-de-CO2-dans-l-air-vers-un-retour-en-arriere-de-15-millions-d-annees



Ecart de la Température moyenne annuelle dans le monde depuis 1850.



Ecart de la Température moyenne annuelle dans les Alpes depuis 1900.

2.2 Un constat inquiétant sur la désertification et la salinisation croissante des terres

2.2.1 Augmentation des périodes de sècheresse et de canicule et aridification des terres

Dans beaucoup de régions du globe, nous observons (voir ci-après) :

- Une aridification de certaines régions (Sahel, Nord de la Chine, Sud de Madagascar …).
- Une augmentation des périodes de sècheresse et de canicule (avec le recul de la saison des pluies, dans toute l'Afrique, à Madagascar, en Australie, en Europe …).
- Une augmentation des épisodes d'incendies catastrophiques et meurtriers (Australie, Californie, Amazonie, Indonésie, Bornéo, Pantanal[8], Sibérie (taïga) …). Des épisodes rarement observés, avant 1990. On observe même des feux de toundra (au Groenland, en Sibérie), un phénomène jamais observé, avant 1990.
- Un recul généralisée de tous les glaciers du monde, depuis 1850[9]. Leur disparition pouvant augmenter les risques de sècheresses dans certaines régions montagneuses (Himalaya, Alpes, montagnes Rocheuses, chaîne des Cascades, Andes méridionales, Kilimandjaro en Afrique …).
- Diminution de la hauteur et du volume des aquifères (sud de l'Espagne, Chili, …), y compris des aquifères fossiles (Libye, Arabie saoudite …).
- Assèchement de lacs _ lac Abijata (Éthiopie), lac Aculeo (Chili), lac de Tibériade (Israël, Jordanie), lac Mono[10], lac Powells, situé entre l'Arizona et l'Utah, lac artificiel Mead, depuis 1983[11] (USA), lac Poyang[12] (Chine), … _, lacs endoréiques[13] _ lac Balkhach[14] (Kazakhstan), Salton sea (USA), Mer morte (Israël, Jordanie) … _ et de mers fermées (Mer d'Aral …) …
- Assèchement de fleuves (Colorado (USA), Rio Grande (USA), Indus (Pakistan), fleuve Jaune (Chine), rivière Teesta (Inde), fleuve Murray (Australie) …)[15].

2.2.2 Augmentation des feux de forêts de grande ampleur dans le monde

Multiplications des incendies et des sècheresses de grande ampleur, au cours du temps, dont des cas jamais vus :

Lieu	**Date**	**Etendue des dégâts / Causes**
Californie	11/2018	La sécheresse sévit depuis 10 années sur ce grand Etat de l'ouest des Etats-Unis.
Groenland	07/2017	Incendie de toundra. Beaucoup de dégagement de CO2. 15 km2
Alaska	2007 2015	. Incendie de toundra, en 2007. Beaucoup de dégagement de CO2. . 2 millions d'hectares, début 2015.
Russie	07-08/2010 & 2018	. Incendie de taïga et de tourbière. 800 000 hectares, en 2010, en raison d'une canicule. . 150 000 hectares, région de l'Amour, en 2018.
Australie	. 02/2009 10-11/2015 10/2013	. Plus de 231 morts, 365.000 hectares brûlés et 1.000 maisons (région de Victoria). . Octobre - novembre 2015 : Feux de broussailles de 2015 à Esperance (Plus de 200 000 ha). 5 réserves naturelles et une grande partie du parc national de Cap Aride impactées. . 17 - 28 octobre 2013 : Feux de brousse de 2013 en Nouvelle-Galles du Sud (plus de 100 000 ha) : au moins 248 édifices détruits etc. etc.
Amazonie	08-09/2016 01/1998	. 12500 incendies, en raison d'une forte sécheresse dans le bassin amazonien en Bolivie, Pérou (10000 ha) et Brésil. Sinon, ces incendies sont souvent volontaires.

[8] La plus grande zone humide de la planète, une plaine d'une superficie estimée entre 140 000 km2 et 195 000 km2.
[9] Cf. *Recul des glaciers depuis 1850*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Recul_des_glaciers_depuis_1850
[10] Cf. *Lac Mono*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Mono#Usages_et_devenir
[11] Cf. *Lac Mead*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Mead
[12] Cf. *Lac Poyang*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Poyang
[13] Cf. *Endoréisme*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Endor%C3%A9isme
[14] Cf. *Lac Balkhach*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Balkhach
[15] *Environnement : ces rivières s'assèchent dangereusement*, mars 2019, https://www.nationalgeographic.fr/photography/2019/03/environnement-ces-rivieres-sassechent-dangereusement?image=drawn-river-dry-river-341549-7607930

Lieu	Date	Etendue des dégâts / Causes
		. 600.000 hectares, en janvier 1998, liée à la culture du brûlis et à un phénomène climatique El Niño provoquant une sécheresse inhabituelle.
Indonésie	10-11/2015 09/2019	. Ces incendies étaient situés principalement sur les îles de Kalimantan et Sumatra, et sur la partie indonésienne de l'île de Bornéo. Ils ont décimés 26 000 km² de forêt[16]. . Grands feux de forêts, à Sumatra et Bornéo[17].
Canada	05/2016-08/2017	Incendie de Fort McMurray : Le 2 août 2017, il a parcouru 5 895 km2, et près de 2 500 maisons et édifices ont été détruits. Il a causé 3,58 milliards de dollars canadiens (2,49 milliards d'euros) de dégâts[18].
Australie	12/19-01/20	Mégafeux : Plus de 5,4 millions d'hectares depuis septembre 2019. Sècheresse exceptionnelle. Au 14 janvier 2020, les rapports font état d'environ 18,6 millions d'hectares (186 000 km2) brûlés, 5 900 bâtiments détruits (dont 2 779 habitations) et au moins 34 morts. De plus, au moins 445 personnes sont tuées par inhalations de fumée. En janvier 2020, plus d'un milliard de grands vertébrés (mammifères, oiseaux et reptiles) ont péri, selon une estimation « très prudente » de Chris Dickman, chercheur en biologie de la conservation et écologie des mammifères australiens[19].
Pantanal[20]	01-09/2020	16 000 départs de feu enregistrés de janvier à septembre 2020. En 9 mois, le Pantanal a perdu 20 % à 25 % de sa superficie boisée, soit 3 à 4 millions d'hectares[21].
Californie	08-12/2020	Creek Fire[22], Bobcat Fire, El Dorado Fire[23] … : À la fin de l'année 2020, 9 917 incendies avaient brûlé 1 779 730 ha. Il a fait 12,079 milliards de dollars de dégâts, a détruit 10 488 bâtiments et a fait 33 morts[24].
Californie	07-08/2021	. Dixie Fire[25] : Un feu de forêt qui « dévaste la Californie septentrionale depuis la mi-juillet 2021. Il a brûlé plus de 145 000 hectares au 5 août[26].

On peut se demander si l'année 2021, n'est pas un point de basculement et d'accélération du réchauffement climatique, avec, déjà en août, 16 millions d'hectares de surfaces brûlées en Sibérie, 141.000 ha en Turquie, 100.000 ha en Grèce, 38.000 ha au Maroc, près de 3500 ha en France.

Sur les deux graphiques, ci-après, l'on observe l'augmentation du nombre et de la taille des feux de forêt en Californie :

[16] *Incendies d'Indonésie de 2015*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendies_d%27Indon%C3%A9sie_de_2015

[17] *Feux de forêt en Indonésie* [Sumatra, Bornéo], 18/09/2019, https://www.lepoint.fr/video/feux-de-foret-en-indonesie-18-09-2019-2336455_738.php

[18] *Incendie de Fort McMurray*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendie_de_Fort_McMurray

[19] *Feux de brousse de 2019-2020 en Australie*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Feux_de_brousse_de_2019-2020_en_Australie

[20] La plus grande zone humide de la planète, une plaine d'une superficie estimée entre 140 000 km2 et 195 000 km2.

[21] a) cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Pantanal#Incendies_de_2020

b) *Le Pantanal, au Brésil, paradis de biodiversité ravagé par les flammes*, 29/09/2020, https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/09/29/le-pantanal-paradis-de-biodiversite-ravage-par-les-flammes_6054087_3244.html

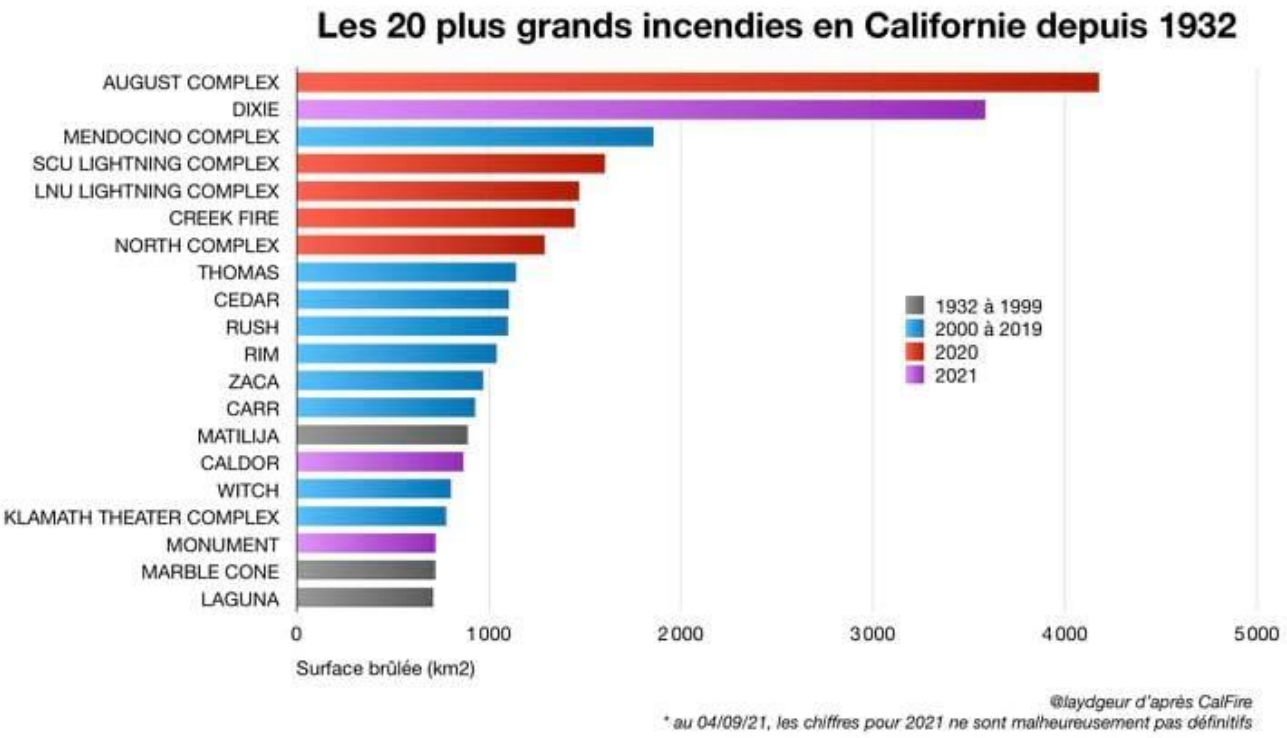
[22] *Creek Fire (2020),* https://fr.wikipedia.org/wiki/Creek_Fire_(2020)

[23] *El Dorado Fire (2020),* https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Dorado_Fire_(2020)

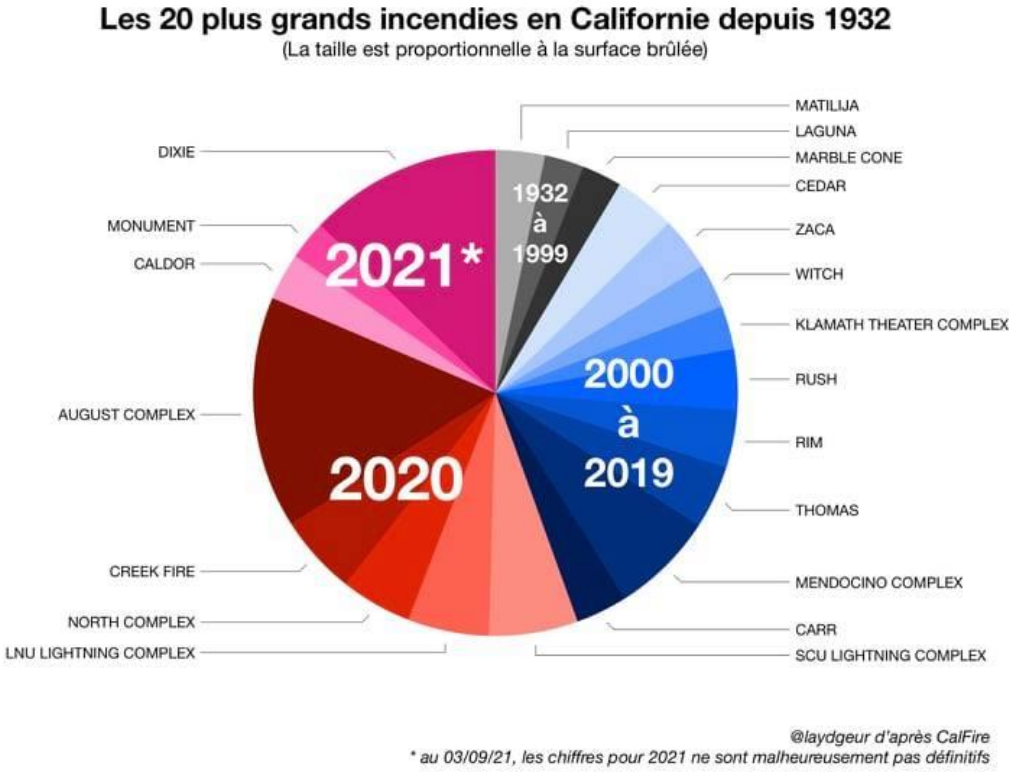
[24] *Incendies américains de 2020*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendies_am%C3%A9ricains_de_2020

[25] *Dixie Fire (2021),* https://en.wikipedia.org/wiki/Dixie_Fire

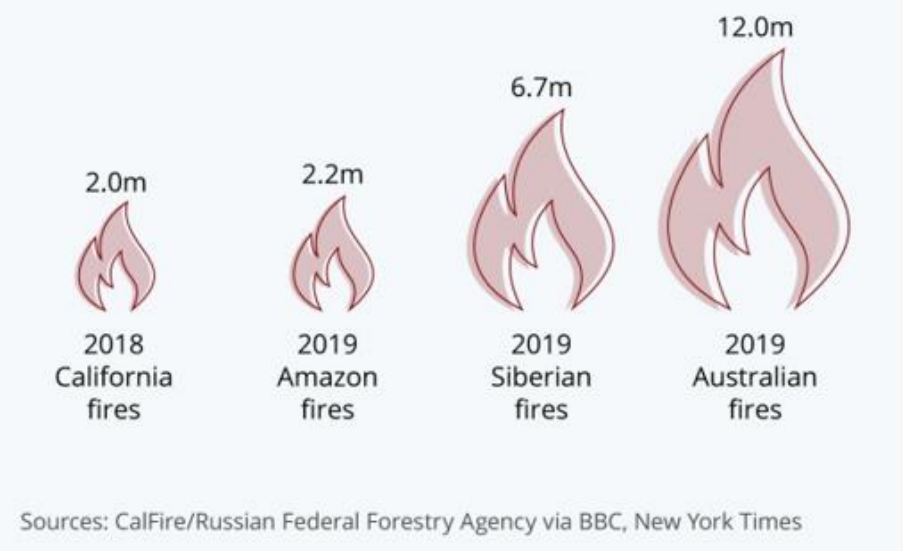
[26] *2021 California wildfires*, https://en.wikipedia.org/wiki/2021_California_wildfires



Les 20 plus grands incendies en Californie depuis 1932.



Les 20 plus grands incendies en Californie depuis 1932.



La taille gigantesque des feux de forêt australien. Le nombre de millions d'acres, brûlés dans les évènements de feux de forêt majeurs (1 acre = 0,4 ha). Surface brûlée en Australie, en 2019 : 4 800 000 ha ou 48 562 km2.

2.2.3 Les reculs des glaciers depuis 1850 et leurs impacts négatifs

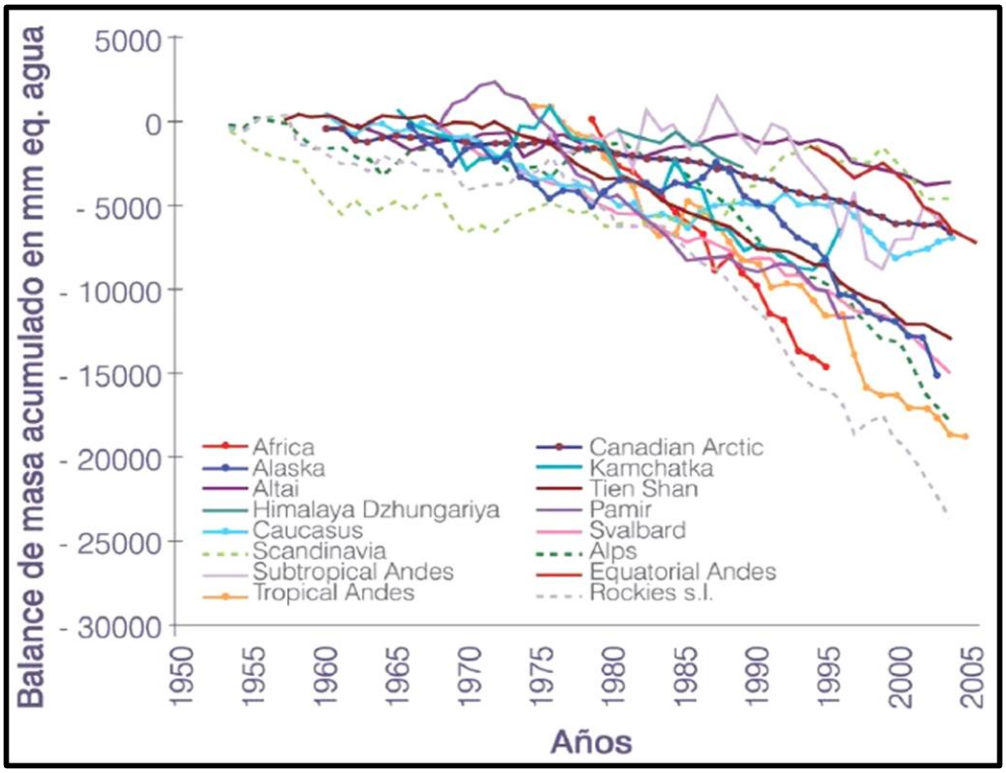
Le recul des glaciers depuis 1850, ou plutôt le « recul du front des glaciers », ***est mondial et rapide***. Les montagnes à mi-latitude telles que l'Himalaya, les Alpes, les montagnes Rocheuses, la chaîne des Cascades et les Andes méridionales, aussi bien que les sommets tropicaux isolés tels que le Kilimandjaro en Afrique, montrent des pertes glaciaires proportionnellement parmi les plus grandes[27] [41]. Et ce recul s'accélère.
Avec les photos, prises ils y a plus d'un siècle, l'on constate, partout dans le monde, le recul de tous les glaciers, sauf à quelques exceptions (Glacier Perito Moreno en Argentine).
Par exemple, En 1989, les glaciers de la cordillère Blanche, la chaîne de montagnes tropicale enneigée la plus étendue au monde et a la plus forte concentration de glace au Pérou, couvraient une superficie de 723,4 km2. En 2016, la couverture glaciaire était tombée à 448,81 km2. En 27 ans, leur superficie a reculé d'environ 38%. Leur superficie totale a diminué de plus de 40%. « *Le Pérou abrite 71 % des glaciers tropicaux de la planète, précise Christián Yarlequé, glaciologue à l'Institut national de recherche sur les glaciers et les écosystèmes de montagne(Inaigem). Leur masse a été réduite de moitié entre 1989 et 2008* » [44].

Il affecte l'accès à l'eau douce pour l'irrigation et pour l'utilisation domestique, les loisirs de montagne, les animaux et les plantes qui dépendent de la fonte des glaciers, et à plus long terme, le niveau des océans.
Les masses glaciaires, au sommet des chaînes montagneuses, servent de « tampons climatiques », c'est-à-dire servent à amortir les possibles variations brutales du climat. Or les climatologues craignent, qu'avec la disparition des glaciers, les régions montagneuses s'assèchent ou que les épisodes des fluctuations du climat, entre saisons humides et sèches, et du régime de précipitations, augmentent, par exemple, avec des effets El Niño plus prononcés.
Les réserves et la disponibilité en eau de grandes capitales, comme La Paz, en Bolivie, pourraient être affectées, avec un décalage entre le pic d'offre et celui de la demande. Ce qui obligerait à construire des retenues artificielles, des solutions coûteuses pour des pays pauvres, provoquant l'augmentation du prix de l'eau, ce que les habitants pauvres ne sont pas toujours prêts à accepter. Sans compter que, les normes antisismiques, pour anticiper les risques de tremblement de terre, dans certaines régions des Andes, de l'Himalaya, vont encore contribuer à l'augmentation du coût de leur construction.

[27] a) Thomas Mölg, « *Worldwide glacier retreat* » [archive], *RealClimate*, http://www.realclimate.org/index.php?p=129
b) Intergovernmental panel on climate change, « *Graph of 20 glaciers in retreat worldwide* » [archive], *Climate Change 2001 (Working Group I: The Scientific Basis),* http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/fig2-18.htm

La fonte des lacs (ou lagunes) proglaciaires expose des milliers de personnes, surtout dans l'Himalaya et dans les Andes, à des risques de vidanges glaciaires catastrophiques et mortels. Depuis 1990, à cause du dérèglement climatique, le volume et le nombre des lacs proglaciaires[28] a augmenté de 50% dans le monde. Depuis 1990, leur vidange a causé plus de 12.000 décès et le ravage de vallées et de villages [42]. Au Pérou, les travaux de préventions de ces vidanges brutales ont commencé dès le début des années 1950, après que l'une d'entre elles, celle du lac Palcacocha, ait causé la mort de 1.800 personnes, dans la ville de Huaraz, située à 20 km en aval, le 13 décembre 1941 [44]. Dans l'Himalaya, depuis 1930, il y a eu plus de 400 vidanges glacières [43].
Des mesures d'atténuation des risques ont été installées en bordure de la cordillère des Andes : assèchement forcé des lacs proglaciaires, barrages, déversoirs [d'urgence] aménagés dans fronts morainiques, retenant ces lacs proglaciaires, système d'alerte des populations en aval … [42].
Le réchauffement climatique et le recul des glaciers vont trop vides. Les espèces de haute montagne n'ont pas le temps de s'adapter _ en particulier, celle vivant au niveau du front glaciaire _, les milieux n'ont pas le temps de se structurer [43]. Il y a un risque de diminution de la biodiversité.

Presque partout dans le monde, les glaciers reculent (voir ci-dessous) :



Bilan de masse des glaciers dans le monde 1950 à 2005.

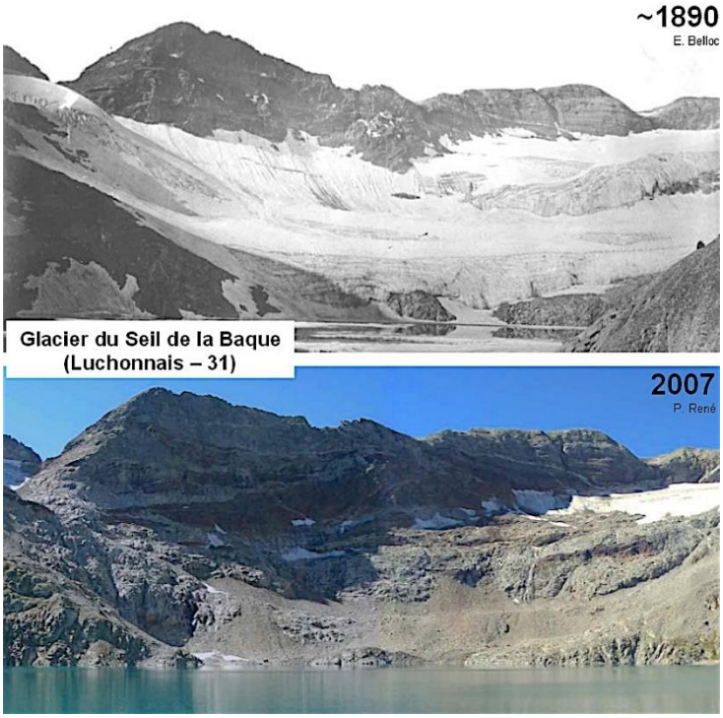
[28] a) Un lac proglaciaire est une étendue d'eau résultant de la fonte d'un glacier. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_proglaciaire (à ne pas confondre avec un lac intraglaciaire). b) Lac intraglaciaire aussi appelé poche d'eau glaciaire : type de lac se formant au sein d'un glacier. À la différence du lac subglaciaire, le lac intraglaciaire n'est pas en contact avec le substratum rocheux mais est totalement isolé dans la glace. Ce type de lac constitue un risque d'inondation brutale si la glace le contenant venait à se rompre. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_intraglaciaire



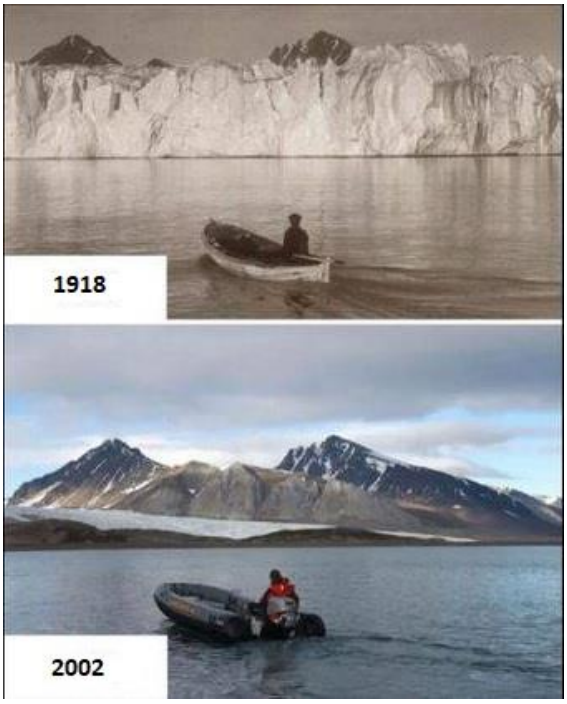
Le recul du glacier le Taillon Pyrénées, France), du côté de Gavarnie, au siècle dernier et à l'été 2020 (©Météo Pyrénées)[29].



Recul du glacier du Rhône (Suisse) entre 1900 et 2005.



Recul du glacier du Seil de la Bacque (Luchonnais -31, Pyrénées, France), entre 1890 et 2007.



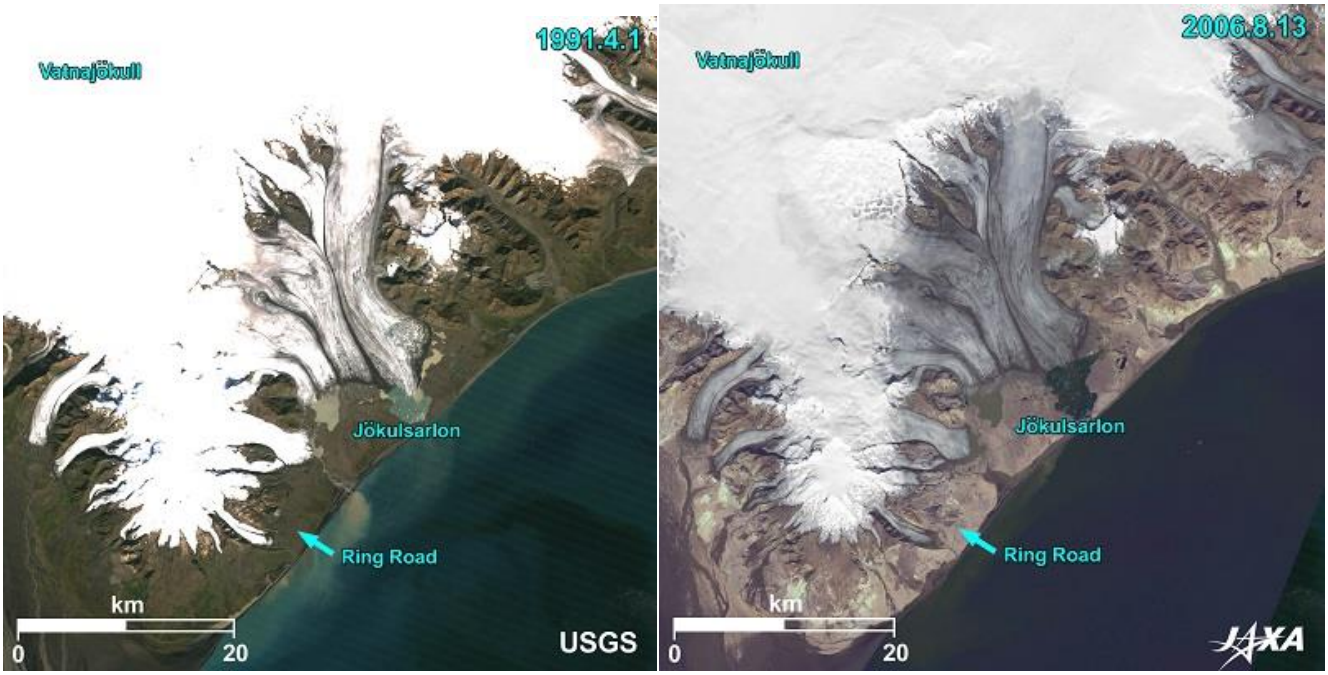
Images prises, en 1918 et 2002, montrant le recul du glacier Blomstrandbreen au Groenland.

[29] Cf. *Comme au Groenland, les glaciers des Pyrénées fondent irrémédiablement sous nos yeux*, David Saint-Sernin, 18 Août 2020, https://actu.fr/occitanie/toulouse_31555/en-images-comme-au-groenland-les-glaciers-des-pyrenees-fondent-irremediablement-sous-nos-yeux_35568700.html



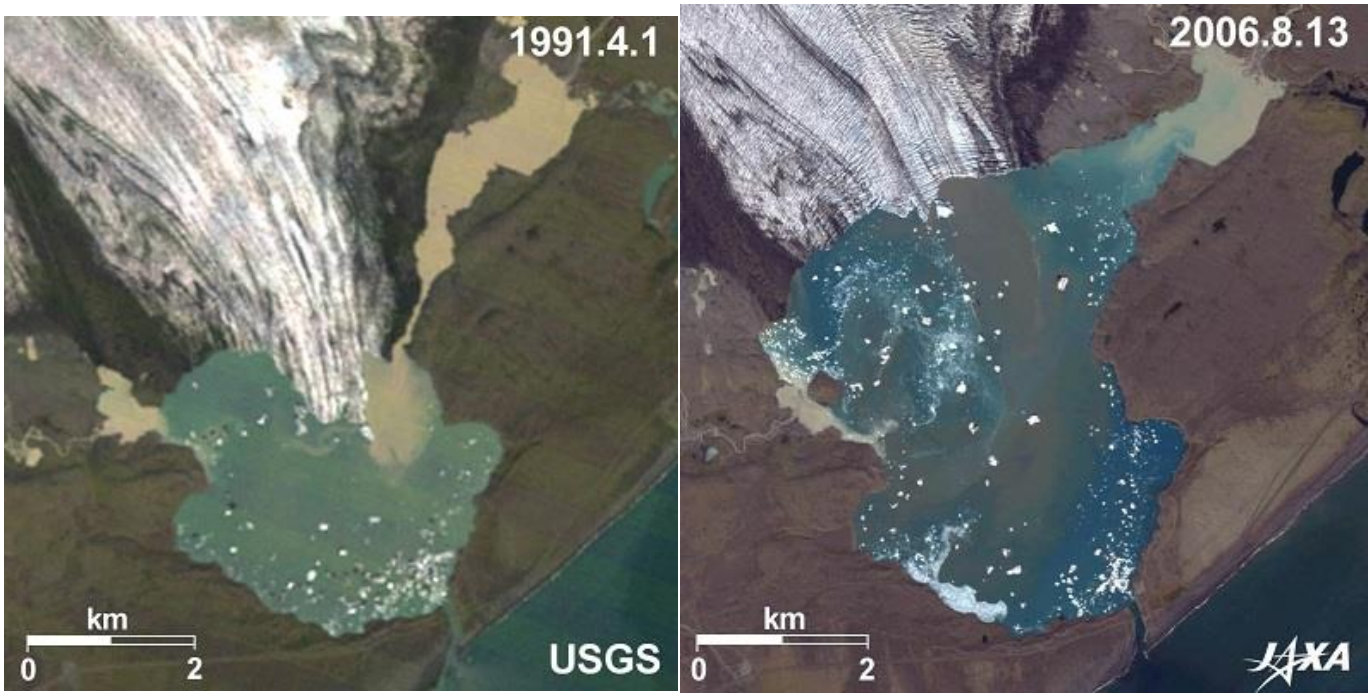
Recul du glacier du Pasterze (Autriche), entre 1994 et 2020.

Les glaciers islandais ne cessent de reculer continuellement (voir ci-après) :



Recul du glacier Vatnajökull entre 1991 et 2006 (image du Sud-Est du Vatnajökull, Google Earth)[30].

[30] *Seen from Space 2011. Iceland: Volcanoes under Glaciers*, https://www.eorc.jaxa.jp/en/earthview/2011/tp110112.html

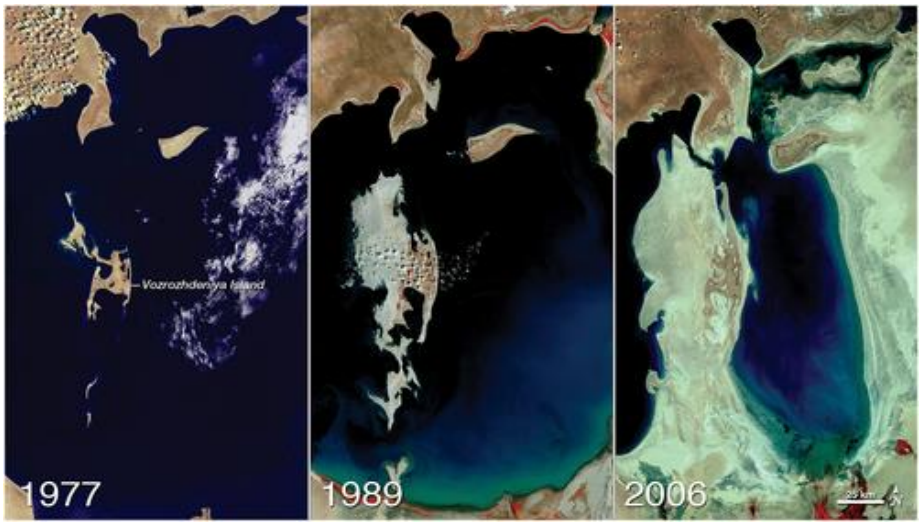


Augmentation de la lagune glacière du Jökulsárlón, entre 1991 et 2006 (situé au bout du glacier du Vatnajökull)[31].

Le 14 août 2021, pour la première fois, d'importantes pluies ont été observées près du sommet de la calotte glaciaire du Groenland, à plus de 3000 mètres d'altitude[32].

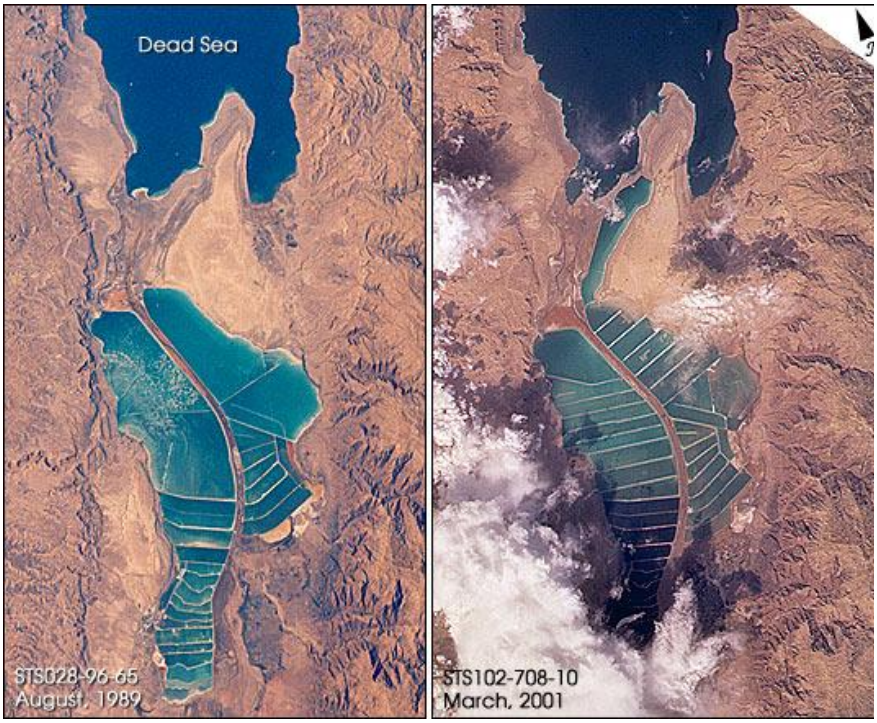
2.2.4 Sècheresses accrues dans des régions. Assèchement des rivières, de lacs et de mers intérieures

A cause des excès de l'irrigation, de phénomènes de désertification, de diminution des précipitations, dans certaines régions dans le monde (Californie, Asie centrale, Afrique …), certains lacs et mers intérieures s'assèchent et se salinisent.



Images satellite Landsat montrant la dessiccation progressive de la mer d'Aral entre 1977 et 2006.
(© NASA Earth Observatory).

[31] *Seen from Space 2011. Iceland: Volcanoes under Glaciers*, https://www.eorc.jaxa.jp/en/earthview/2011/tp110112.html
[32] *Climat : pour la première fois, il a plu au sommet du Groenland*, Léo Lefrançois, 24 août 2021, https://www.franceinter.fr/environnement/climat-pour-la-premiere-fois-il-a-plu-au-sommet-du-groenland



Evolution de la Mer morte, entre août 1989 (gauche) et mars 2001 (droite).

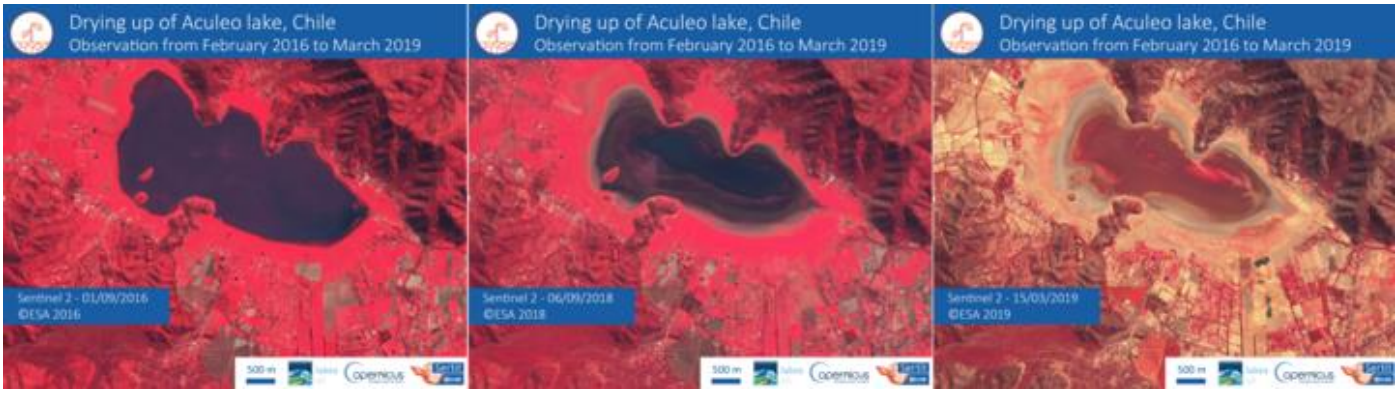


Le lac d'Oroville en Californie est rempli à seulement 35 % de sa capacité. La première photo date d'il y a 3 ans. La 2e photo a été prise le 27 avril 2021. La 3e a été prise en août 2021[33].

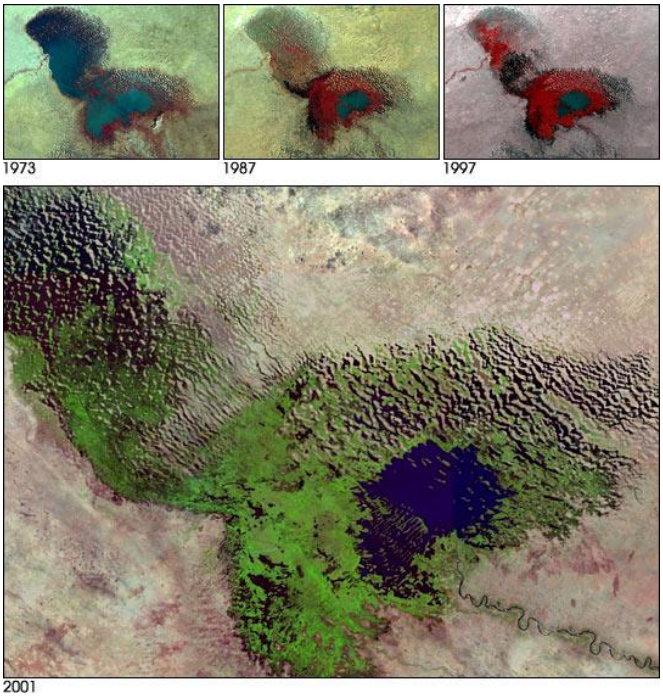
Le long de la Méditerranée, la célèbre « mer de plastique » _ 30.000 hectares de cultures sous serre, ravitaillant l'Europe en tomates, en fraises et autres produits maraichers _ et des cultures intensives irrigués d'amandiers ou d'oliviers épuisent, par excès de pompages (souvent sauvages), les aquifères, touchés par des intrusions d'eau saline, causant la dégradation des sols et la désertification de la province d'Alméria, au sud de l'Espagne[34].

[33] La Californie est à sec, Jean-François Bélanger, 24/06/2021, https://ici.radio-canada.ca/recit-numerique/2624/californie-secheresse-amande-culture
Le sud-ouest des États-Unis traverse actuellement une sécheresse et une vague de chaleur sans précédent. La situation en Californie est si préoccupante qu'elle a poussé le gouverneur à déclarer l'état d'urgence dans 41 des 58 comtés où vivent 37 millions de Californiens. Ailleurs dans le monde, des événements semblables se multiplient. Et selon un projet de rapport des experts climat de l'ONU, les impacts dévastateurs du réchauffement climatique sur la nature et l'humanité qui en dépend vont s'accélérer.

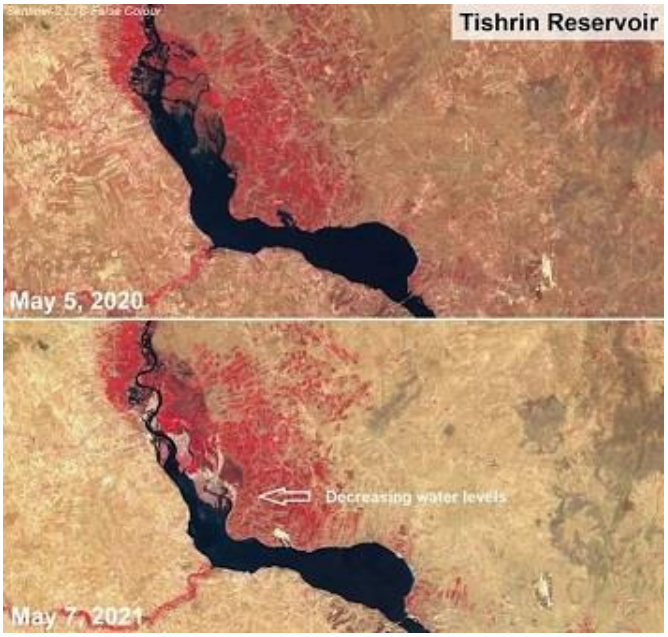
[34] a) *« On va avoir un paysage lunaire ! » L'Espagne affronte la désertification*, Rémy Bourdillon, 08/02/2020, https://reporterre.net/On-va-avoir-un-paysage-lunaire-L-Espagne-affronte-la-desertification
b) *La désertification du sud de l'Espagne est comparable à celle de l'Ethiopie* [article réservé aux abonnés], DPA, 31/12/1988, https://plus.lesoir.be//art/la-desertification-du-sud-de-l-espagne_t-19881231-Z0182G.html



Assèchement du lac Aculeo (au Chili), entre 2016 et 2019.



Assèchement du lac Tchad entre 1973 et 2001.



Images satellites de l'Euphrate, en fausses couleurs capturées le 5 mai 2020 et le 7 mai 2021 (Agence spatiale européenne).

Jadis très fertile, la plaine du Khouzestan, en Iran, est régulièrement frappée par la sécheresse et par des tempêtes de sable venues d'Irak ou de la péninsule Arabique, phénomènes qui prennent de l'ampleur depuis plus d'une quinzaine d'années, sècheresse causant des *émeutes de la soif* [35]. L'Euphrate est de plus en plus sujet à des épisodes de sécheresses et de graves étiages [34]. A cause des excès de pompage et du réchauffement climatique, le fleuve Colorado, régulièrement, ne rejoint plus la mer[35] [36].

[35] Une étude parue dans la revue *Science* mi-février a ainsi révélé que son débit s'est réduit de 20% en un siècle, en raison du réchauffement climatique et des périodes de sécheresse plus nombreuses pour une grande partie [36].

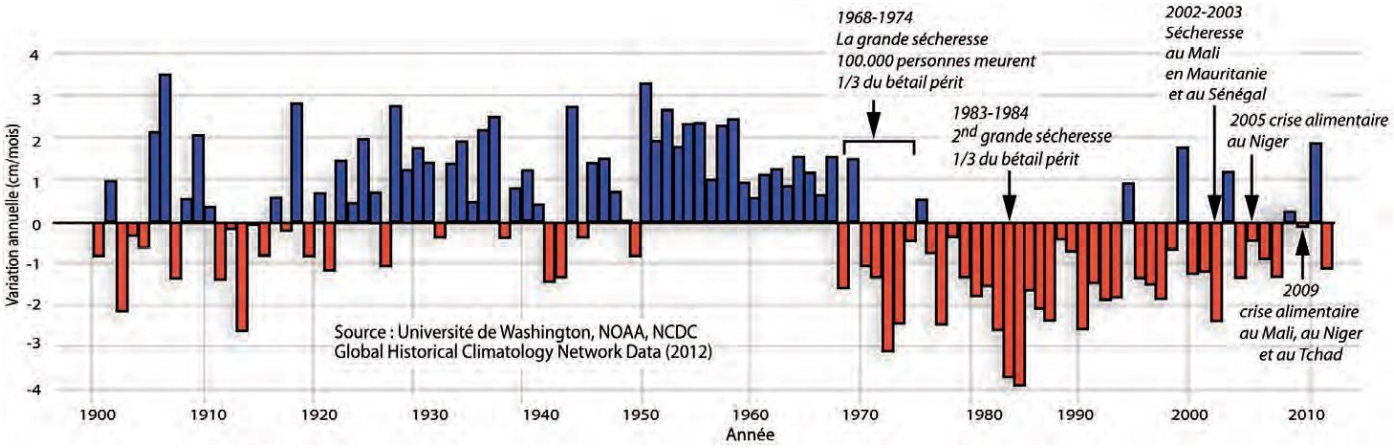


Embouchure et delta du Colorado au Mexique [36].



Embouchure de l'Euphrate (mai 2021) [35].

Le sahel devient de plus en plus aride (il se désertifie). Au cours des quatre dernières décennies, le Sahel a connu plusieurs déficits de pluviosité à l'origine des crises majeures de sécheresse (1968-1974,1983-1984, 2002-2003, 2005, 2009) qui ont lourdement affecté les populations humaines et animales.



Indice de variation annuelle des précipitations au Sahel entre 1900 et 2010 (Touré & al 2012).
Source : Université de Washington, NOAA, NCDC, Global Historical Climatology Network Data (2012).

2.2.5 L'augmentation des tempêtes de sable

L'érosion éolienne des sols, dans les zones arides, contribuent aux tempêtes de sable, dont les plus violentes sont nommées *aboob*[36]. On les observe dans le désert du Sahara, au Sahel, au Soudan, dans la péninsule Arabique, au Koweït, dans les régions les plus arides de l'Irak, dans le golfe Persique, aux USA (États de l'Arizona, du Texas et du Nouveau Mexique), en Australie (Côte Ouest …) etc. Les zones dunaires (erg) occupent 20% des déserts.
En Irak, il y a 300 jours de tempêtes de sable par an.
Elles peuvent être aussi déclenchées par les guerres, en particulier par les passages de chars, dans les zones arides.
Elles sont dangereuses pour les personnes souffrant de problèmes respiratoires et provoquent des accidents automobiles (quand elles réduisent la visibilité à quelques mètres).

Le Dust Bowl (« bassin de poussière ») est une région des Grandes Plaines, aux États-Unis, à cheval sur l'Oklahoma, le Kansas et le Texas, touchée dans les années 1930 par la sécheresse et une série de redoutables tempêtes de poussière, les blizzards noirs (black blizzards), provoquant une catastrophe écologique et agricole, détruisant récoltes et

[36] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Haboob

pâturages et ensevelissant habitations et matériel agricole. Blizzards noirs provoquées par la sécheresse et l'érosion, elle-même causée par le labour intensif profond de terres, qui ne les supportaient pas[37].

2.2.6 Le rôle croissant des terres arides dans le monde

Les terres arides joueront un rôle croissant dans nourrir le monde (UNICEF)[38] :

- Les terres arides (souvent des zones « désertifiables ») couvrent 40 % de la surface terrestre mondiale et plus de 2 milliards de personnes y vivent (UNSO/UNDP, 1997).
- En Afrique, 43% des terres sont considérés comme arides.
- Les cultures pérennes sont plus adaptées aux terres arides.

Les déserts augmentent de 10 millions d'ha/an. Au Sahel, la désertification touche 135 millions d'ha.

Or « *Pauvreté et malnutrition restent omniprésentes dans les campagnes africaines... Les paysanneries africaines, dont la survie est menacée sous l'effet notamment de la raréfaction des ressources naturelles et de la stagnation des rendements agricoles, disposent de peu de possibilités de reconversion effective vers d'autres activités rurales ou urbaines. Les agricultures familiales ne sont pas assez productives et compétitives pour faire face à l'augmentation rapide de la population,* ***d'où une dépendance croissante vis-à-vis des importations et de l'aide alimentaires****. L'ajustement de l'offre et de la demande en produits agricoles devient de plus en plus délicat.* »[39].
Toutefois, le rapport publié par l'UNCCD « *Sécheresse, désertification et reverdissement au Sahel* »[40] reste optimiste sur l'avenir du Sahel. En effet, depuis les années 1990, les populations de la ceinture Sahélienne reverdissent le Sahel, en cultivant des arbres, servant de climatiseurs naturels pour les zones rurales et urbaines, fournissant de la nourriture à la population grandissante, participant à la fertilisation des terres du Sahel et à l'amélioration de la résilience des agrosystèmes (les rendements agricoles augmentant avec cette ceinture verte sahélienne).
En Chine, l'avancée du désert concerne 260.000 ha/an. En Chine, il y a 350 millions de réfugiés climatiques. A cause de la désertification, 10 millions d'hectares de terres fertiles seront perdus chaque année, soit un cinquième de la France[41].

2.3 Dégradation et augmentation de l'aridité des sols

L'ONU et la FAO alertent depuis plusieurs décennies sur la dégradation de nombreux sols tropicaux, avec notamment de graves phénomènes de désertification et de salinisation (voir les chapitres « *Chiffres* » et « *Processus de salinisation des sols* », à la fin de cet ouvrage).

2.3.1 Dégradation des sols, par l'érosion et la désertification

« *Jusqu'à 30 millions d'hectares de surfaces cultivables sont perdus chaque année du fait de la dégradation de l'environnement, de l'industrialisation et de l'urbanisation, soit l'équivalent de la superficie de l'Italie. L'érosion*

[37] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Dust_Bowl
[38] Cf. https://www.unicef.org/madagascar/media/2721/file/La%20valorisation%20du%20cactus%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement.pdf
[39] *Peuplement, urbanisation et développement rural en Afrique sub-saharienne : un cadre d'analyse démo-économique et spatial*, Jean-Marie Cour, in Afrique contemporaine 2007/3-4 (n° 223-224), pages 363 à 401, https://www.cairn.info/revue-afrique-contemporaine-2007-3-page-363.htm
[40] *Le Sahel pourrait être le lieu le plus résilient au réchauffement climatique*, 12/05/2021, https://www.ird.fr/le-sahel-pourrait-etre-le-lieu-le-plus-resilient-au-rechauffement-climatique
[41] Emission : *La science des forces de la nature*. Episode : *L'avancée du désert*, 2018.

emporte de 25 à 40 milliards de tonnes de terre superficielle chaque année de, ce qui affecte gravement la capacité des sols à emmagasiner le carbone l'eau et des nutriments et réduit considérablement les rendements agricoles »[42].

2.3.2 Les causes des augmentations des épisodes de sécheresses

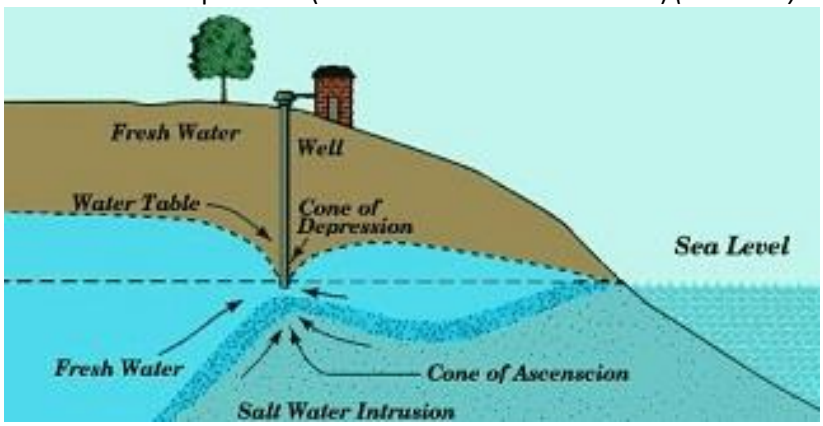
Les causes sont essentiellement humaines :

- Le réchauffement climatique, lui-même causé par la consommation par l'homme des ressources énergétiques fossiles, rejetant du gaz carbonique, dans l'atmosphère, un gaz à effet de serre. Ce réchauffement s'accélérant par le dégazage du méthane stocké dans le pergélisol, des hydrates de méthane, au fond des mers …).
- Les pompages excessif dans les fleuves, les lacs, et les nappes phréatiques, pour l'irrigation, l'exploitation minière, la consommation humaine excessive (remplissage de piscines, usage excessif de bains, arrosage des golfs et jardins des maisons, surtout dans les zones désertiques …)).
- La déforestation, en particulière des grands forêts primaires, sur toute la planète[43].

2.3.3 Augmentation de la salinisation des sols

Environ 20% des terres cultivées, dont environ 50% de terres irriguées, sont affectées par la salinité dans le monde (i.e. la salinisation), au Pakistan, en Australie, en Irak etc. … _ voir le chapitre « *Processus de salinisation des sols* », à la fin de cet ouvrage.
10 millions (ha) de terres cultivées abandonnés/an, par accumulation de sels (irrigation).
En Europe, entre 1999 et 2007, 6 à 10 % de la SAU est frappée par la salinité *(FAO-2007).* Les pays les plus touchés (gros producteurs de maïs irrigué) : l'Espagne, l'Italie et la Hongrie.

3,8 millions d'hectares de terres sont trop salines (Problème de la monoculture) *(CE -2007).*



Intrusion d'eau salée à la suite de l'extraction d'eau douce dans les régions côtières, 2018.
Cf. https://laulima.hawaii.edu

2.4 Submersions et transgressions marines

Une submersion marine est une inondation temporaire et éventuellement épisodique de zone côtière, générée par la mer voisine, avec de l'eau salée ou saumâtre, lors d'évènements météorologiques (tempête, cyclone tropical, forte

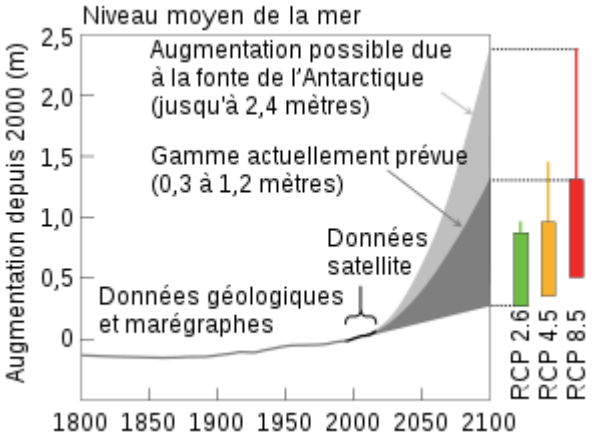
[42] *Disparition de surfaces agricoles dans le monde*, 2012 (?), https://www.planetoscope.com/sols/1175-disparition-de-surfaces-agricoles-dans-le-monde.html
[43] Cf. *Les forêts tropicales détruites en 2018 font la superficie du Nicaragua*, https://www.lexpress.fr/actualite/societe/environnement/les-forets-tropicales-detruites-en-2018-font-la-superficie-du-nicaragua_2074766.html

dépression et vent de mer) ou océanographiques (houle, marée, tsunami) d'ampleur très inhabituelle. La submersion marine se distingue de la transgression marine surtout par son aspect éphémère (quelques heures / jours). À l'échelle des temps géologiques, une succession de submersions marines de plus en plus envahissantes indique une transgression marine. Ce risque est aggravé par la montée de la mer due au changement climatique.
En géologie, une transgression marine est l'envahissement durable de zones littorales par la mer, dû à un affaissement des terres émergées ou à une élévation générale du niveau des mers[44].

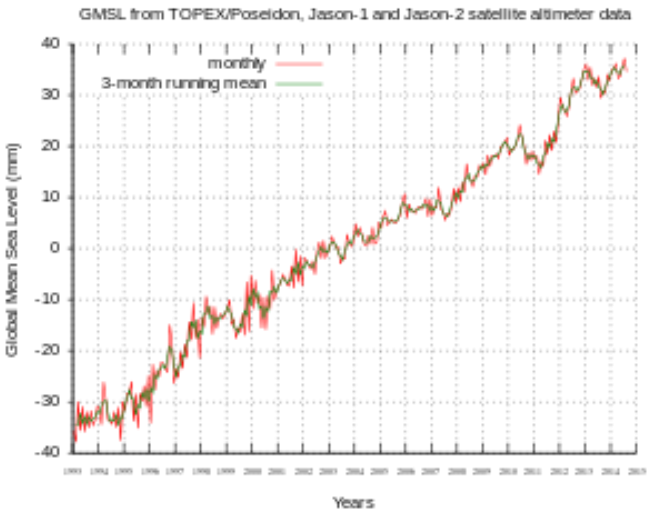
Selon la synthèse des connaissances scientifiques publiée en 2019 par le GIEC, le niveau de la mer a augmenté de 0,16 m (intervalle de confiance probable 0,12 à 0,21 m) entre 1902 et 2015. Le rythme de hausse de niveau de la mer s'est accru depuis les années 1990. Très stable depuis environ 2 500 ans, le niveau de la mer a commencé à s'élever à la fin du XX° siècle. Entre 2006 et 2015, il a monté de 3,6 mm/an.
Cette élévation résulte principalement de deux phénomènes, l'un et l'autre découlant du réchauffement climatique. Le premier est la fonte d'une partie des glaces continentales (inlandsis polaires et glaciers de montagnes). L'autre est le phénomène de dilatation thermique des masses d'eau océaniques sous l'effet de l'élévation de la température. À côté de ces deux causes principales, il existe d'autres contributions qui n'ont pas forcément de lien direct avec le réchauffement climatique. Au premier rang de celles-ci figure l'exploitation d'un grand nombre d'aquifères terrestres au-delà de leur capacité de renouvellement.

Les conséquences prévisibles les plus importantes de l'élévation du niveau de la mer sont *le recul du trait de côte, la disparition de territoires insulaires de basse altitude, l'intrusion d'eau salée dans les aquifères d'eau douce proches des côtes, la destruction d'écosystèmes côtiers* ...[45].

Le Bangladesh perd environ 10.000 hectares de terre par an, du fait de l'érosion (Gouvernement du Bangladesh et Plan (NWMP), 2008).

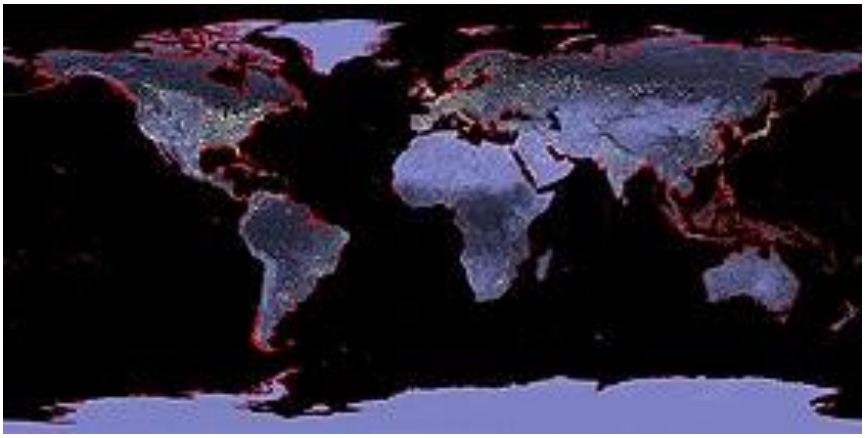


Reconstitution historique et prévision du niveau de la mer de 1800 à 2100, publié en 2017 par l'U.S. Global Change Research Program for the Fourth National Climate Assessment[1]. RCP2.6 est le scénario dans lequel les émissions atteignent leur maximum avant 2020, RCP4.5 est celui dans lequel le maximum est atteint en 2040, et RCP8.5 est celui dans lequel elles continuent d'augmenter comme actuellement.



Ce graphe présente l'évolution du niveau global (moyen) de l'océan de 1992 à 2014

[44] *Transgressions marines*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Transgression_marine
[45] *Élévation du niveau de la mer*, https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89l%C3%A9vation_du_niveau_de_la_mer



Carte des territoires qui seraient submergés en cas d'élévation de la mer de 6 m.



Erosion d'une plage en Australie.

2.5 Le non-contrôle strict de la démographie mondiale

La *population mondiale*, le nombre d'êtres humains vivant sur Terre à un instant donné, est estimée à 7,8 milliards en mars 2020. Parmi les différents scénarios de l'ONU de l'évolution future de la population mondiale, elle distingue : une variante basse, une variante moyenne qui est la plus probable et une variante haute[46]. *Toutes prévoit une augmentation de celles-ci.* Le tableau ci-dessous résume ces trois scénarios (voir ci-après) :

Projections de la population mondiale totale (milliers)			
Année	**Variante basse**	**Variante moyenne**	**Variante haute**
2020	7 794 799	7 794 799	7 794 799
2050	8 906 797	9 735 034	10 587 774
2100	7 322 116	10 875 394	15 600 369
Source : Base de données démographiques de l'ONU, révision 2019[47].			

Selon la « variante moyenne », la population mondiale risque d'augmenter de 2 milliard d'individus, en 30 ans. Ce qui sous-entend qu'il faudra plus d'eau, 1) pour étancher la soif de cette population, 2) pour irriguer plus de cultures, pour produire plus d'aliments pour la nourrir. Or la disponibilité en eau douce, sur Terre, n'est pas extensible à l'infini (on le constate par exemple, en Californie). Par ailleurs, la désalinisation de l'eau de mer ne semble pas être une bonne solution, car elle est énergétivore et coûteuse.

On a l'exemple de pays emblématiques : en 2020, plus de la moitié des Algériens ont moins de 30 ans. A Madagascar, environ deux tiers de la population a moins de 25 ans (64%) et près de la moitié a moins de 15 ans (47%).

Comme il y a un résistance psychologique, culturelle, surtout religieuse, surtout dans les pays pauvres [i.e. « en voie de développement »] à l'implantation, en leur sein, du planning familial (du contrôle de naissance), il n'est pas certains que la courbe de croissance de la population mondiale puisse parvenir à une croissance zéro.

[46] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Population_mondiale

[47] World Population Prospects 2019 *File POP/1-1: Total population (both sexes combined) by region, subregion and country, annually for 1950-2100 (thousands)[xls]* [archive], ONU, 2019, https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20(Standard)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F01_1_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.xlsx

Mais dans le monde entier, la fécondité baisse, surtout en Asie de l'Est. Dans les pays à très forte fécondité (sept à huit enfants par femme il y a quelques décennies) c'est plutôt un soulagement. Soulagement relatif car la mortalité ayant beaucoup baissé, le fait d'être « tombé » à quatre ou six enfants par femme maintient une augmentation très rapide de la population. C'est le cas de l'Afrique subsaharienne (y compris dans les pays les plus pauvres et ayant les taux de croissance démographique les plus élevés (Mali, Niger, Burkina Fasso …) et de quelques autres peuples : les Palestiniens, les Afghans, les Haïtiens…
Or dans les pays pauvres, nous avons la réalité de l'existence de gouvernements populistes, corrompus, souvent prédateurs et ignorants, indifférents aux conditions du développement, ne se souciant pas du contrôle des naissances (et du planning familial). Beaucoup d'Africains y voient une source de fierté, de revanche et non de problèmes à venir. Là, cette baisse s'initie au sein du peuple, par le bas (par lui-même) et non par le haut (par l'état)[48].
Le sujet de la forte démographie africaine est un sujet politiquement sensible, considéré, par beaucoup d'Africains, comme une ingérence dans les affaires intérieures de leurs pays, quand il est abordé par un « blanc »[49].

2.6 Crises économiques, cours des denrées de base trop hauts, émeutes de la faim

La **crise alimentaire mondiale de 2007-2008** avait pour origine une forte hausse du prix des denrées alimentaires de base, plongeant dans un état de crise quelques-unes des régions les plus pauvres du monde et causant une instabilité politique et des émeutes dans plusieurs pays. Selon le FAO, 37 pays avaient été menacés de famine, en 2007-2008[50]. Selon Josette Sheeran, directrice du Programme alimentaire mondial, concernant les causes de cette crise : « *Je pense que tout a commencé il y a trois ou quatre ans, lorsque la consommation de certains produits agricoles de base a dépassé la production à l'échelle mondiale. La sécheresse dans des pays comme l'Australie n'a rien arrangé (la production de céréale a été divisée par deux). Les stocks alimentaires ont commencé à baisser, et pas simplement dans les pays riches. Ça a été la même chose en Éthiopie par exemple. Est venue s'ajouter la hausse des cours du pétrole. À 80 dollars le baril de brut, il devenait intéressant, d'un point de vue économique, de fabriquer des carburants à partir de denrées agricoles* ». D'autres facteurs avaient été identifiés :

- La consommation croissante de viande et de laitages, en Chine notamment, ayant provoqué un détournement des zones cultivées au profit de l'élevage, plus lucratif, et au détriment des cultures des aliments de base traditionnels.
- La destruction, la dégradation et le recul des sols arables : dans les années 2005-2008, la Chine a perdu un million d'ha de terres arables par an, utilisés pour construire les logements qui accueillent les paysans de l'exode rural.
- Des phénomènes climatiques, en 2007, causant de mauvaises récoltes, dans de nombreuses régions dans le monde, ainsi des sécheresses (Roumanie, Lesotho, Somalie, Ghana), des inondations (Équateur, Bolivie, Sri Lanka) ou un hiver particulièrement rude (sud de la Chine, Argentine).
- Le quasi-quadruplement du prix du pétrole entre 2003 et 2008, de 30 $ à 146 $ le baril, augmentant considérablement le coût des fertilisants et des pesticides (la production des intrants de l'agriculture industriels, reposant encore trop sur l'utilisation du pétrole).
- L'augmentation de la demande, en raison d'un régime alimentaire plus riche, dû à l'explosion des classes moyennes, en Inde et en Chine entre autres ; qui est venu s'ajouter à la hausse de la population mondiale d'environ 1,2 % par an.

Or en 2021, nous observons les mêmes phénomènes, avec les mêmes causes et probablement même effets, à venir :

---

[48] *Comment la démographie bouleverse le monde*, Yves Montenay, 09/01/2021, https://www.yvesmontenay.fr/2021/01/09/comment-la-demographie-bouleverse-le-monde/

[49] « *Quand Macron évoque la démographie africaine, cela concerne directement l'Europe* », Serge Michailof, 12/12/2017, https://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/12/12/quand-m-macron-evoque-la-demographie-africaine-cela-concerne-directement-l-europe_5228517_3212.html
Pour le chercheur Serge Michailof, la croissance de la population en Afrique de l'Ouest conduira inévitablement à des migrations de grande ampleur.

[50] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Crise_alimentaire_mondiale_de_2007-2008

- Phénomènes climatiques : « *Le gel et la neige au Brésil ont dévasté les récoltes de canne à sucre. Les dômes de chaleur en Amérique du Nord ont grillé les champs de blé dur, que l'on utilise dans les pâtes, et ils ont ruiné les perspectives de récolte de colza, dont l'huile est très consommée en Amérique et en Asie. En Europe de l'Ouest, ce sont à l'inverse les pluies incessantes qui ont dégradé les quantités et la qualité des blés moissonnés. L'humidité était telle que des épis ont même germé sur pied ! En Russie, grenier à grain du monde, les conditions climatiques n'ont guère été plus favorables : selon les prévisions, la fédération ne devrait produire que 72,5 millions de tonnes de blé contre 85 millions l'an dernier* ».
- Achat massif de la Chine : « *Les marchés se sont nettement tendus l'an dernier avec les achats massifs de la Chine […] [On doit] prendre en compte la hausse démographique, on se rapproche de la situation de 2007-2008, notamment pour le blé meunier ou pour le colza* », rappelle Sébastien Poncelet, directeur du développement chez Agritel[51].

2.1 Réflexes égoïstes et guerres de l'eau

Il y a aussi le risque de réflexes égoïstes de certains pays, avec le non-partage concernant leurs ressources en eau, qui pourraient conduire à des conflits, voire à des « guerres de l'eau » entre états _ entre a) Turquie, Syrie, Irak, pour l'eau de l'Euphrate, b) entre Égypte, Soudan, Ethiopie, pour l'eau du Nil, c) entre Israël, Jordanie, pour l'eau du Jourdain, d) entre Israël et ses voisins, pour l'eau du Golan et les nappes aquifères profondes, e) entre le Chine et ses voisins, pour les eaux du Mékong … _[52] ou entre régions ou villes, dans le même pays[53].

« *Ce n'est pas pour rien que la Chine entend garder la main sur la région du Tibet, le « château d'eau de l'Asie ». L'Indus, le Gange, le Brahmapoutre et le Mékong y ont leur source. Puiser ou dériver l'eau de ces fleuves ne peut qu'aviver les tensions entre la Chine, l'Inde, le Bangladesh, voire le Pakistan* » [37].

2.2 Terrorisme, guerres

Il existe aussi des guerres ou conflits pour les ressources (eau, nourriture, pâturages, terres cultivées) et l'occupation des sols, par exemple en Afrique, entre éleveurs (en général musulmans) et agriculteurs (en général, chrétiens), contribuant à exacerber les conflits religieux, à générer du terrorisme et à augmenter la pauvreté.

On peut lutter militairement contre les groupes terroristes, obtenir momentanément un victoire, dans une bataille, contre un groupe (par exemple, en tuant son chef), mais l'on ne gagnera pas cette guerre, tant que les causes originelles du terrorisme n'auront pas été solutionnées, dont l'extrême pauvreté, l'absence de perspective, d'avenir, l'abandon total, par le gouvernement central, de certaines régions très pauvres, oubliées par le développement …

Parfois derrière une revendication de plus de rigorisme religieux (de charia …) se cache un mal-être. Et dans ce cas, mieux vaut de tenter de discuter avec les groupes terroristes, pour leur faire découvrir pas eux-mêmes les causes originelles de leur mal-être (révolte, colère, ressentiment …) et tenter alors de les solutionner avec leur contribution.

---

[51]a) *Les prix alimentaires atteignent des niveaux record*, Étienne Goetz, 02/09/2021, https://www.lesechos.fr/finance-marches/marches-financiers/les-prix-alimentaires-atteignent-des-niveaux-record-1342900 Une série d'accidents climatiques ont entraîné une flambée des cours des denrées de base. La disponibilité en nourriture dans les principaux pays exportateurs se dégrade et se rapproche de la situation de 2007-2008, époque marquée par les émeutes de la faim.
b) Une situation aggravée par le fait qu'une grande partie de la production agricole ne nourrit ni humains, ni animaux, mais des machines. C'est le cas de 60 % de la canne à sucre au Brésil ou de 30 % du maïs américain transformé en éthanol. Le colza et l'huile de palme servent de leur côté en grande majorité à produire du biodiesel.

[52] Cf. "*Les tensions entre les États*" in "*L'eau dans le monde*", https://fr.wikipedia.org/wiki/L%27eau_dans_le_monde#Les_tensions_entre_les_%C3%A9tats

[53] Exemple : Guerres de l'eau en Californie, https://fr.wikipedia.org/wiki/Guerres_de_l%27eau_en_Californie

3 Biosécurité

Avant d'introduire une nouvelle espèce, surtout d'une « façon sauvage », sur un territoire ou dans un pays donné, surtout sur un territoire à l'endémisme élevé (comme Madagascar, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, où les espèces sont plus fragiles, moins résistantes, face à de nouvelles espèces exotiques), il est important de bien y réfléchir, pour éviter : a) son envahissement par des espèces invasives, capables d'infliger des dégâts à l'environnement et d'évincer les espèces autochtones[54], b) l'introduction de maladies, de parasites, de ravageurs, cachés dans les espèces importées ou dans la terre du conteneur de transport de la plante. Vous devez le faire en accord, avec les autorisations et avec le contrôle de la livraison (du produit importé), par des *services de biosécurité*[55] ou des *douanes* de votre pays.

4 Bien réfléchir avant d'introduire une plante dans une région donnée (le problème des plantes invasives)

On peut, par exemple, s'enthousiasmer pour une plante, parce qu'elle possède de qualités remarquables et peut être très utiles aux hommes ou/et au bétail, et pourtant commettre un énorme erreur en l'introduisant dans une région et un écosystème donnés.
Par exemple, si l'on trouve le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) génial pour son bois de qualité, doit-on pour autant l'introduire à Madagascar ? Car le robinier peut être invasif (voir la définition de ce mot plus loin).

4.1 L'introduction de l'eucalyptus (réflexions sur)

Les eucalyptus sont des arbres à croissance rapide et facile, et sont donc souvent plébiscités dans les programmes de foresterie industrielle dans les pays tropicaux, où ils s'acclimatent en général très facilement, y compris sur des terrains dégradés. Il existe plus de 800 espèces d'Eucalyptus, possédant tous une gamme de mécanismes d'adaptation et ayant une croissance rapide, ce qui leur permet d'être présents dans de nombreux environnements.

Mais ils hébergent relativement peu de biodiversité, d'autant qu'un certain nombre de leurs propriétés les rendent hostiles aux espèces indigènes (locales). En effet, les feuilles et les racines de l'Eucalyptus produisent une substance allélopathique : le 1,8-cinéole. C'est un agent puissant de destruction de certaines espèces d'herbacées et de bactéries du sol. Or ces bactéries du sol étant indispensables à la décomposition de la matière organique et au renouvellement des sols, il a généralement été constaté sur les grandes plantations monospécifiques une baisse de la biodégradabilité, et un appauvrissement notable du sol en azote et en minéraux (calcium en particulier). On observe le plus souvent au pied des eucalyptus, une litière de feuilles mortes, ne se décomposant pas, et un sol mort, ayant perdu toute sa microfaune (c'est-à-dire ses bactéries, vers de terre, collemboles, acariens du sol …).

[54] Comme l'invasion de rats, sur certaines îles, ayant causé d'énormes dégâts à la faune ou flore endémiques.
[55] ***Biosécurité*** : a) Ensemble de mesures visant à sécuriser l'exploitation des ressources biologiques, notamment en prévenant les risques de contamination, de pollution de l'environnement ou d'appauvrissement de la biodiversité (Larousse).
b) Processus, méthodes et mesures préventives et réglementaires visant à réduire le risque biologique, et notamment les risques de diffusion et transmission (accidentelles ou malveillantes) de pathogènes (prions inclus) dans les populations humaines, les élevages, chez les animaux de compagnie2, dans les cultures ou la nature sauvage. La biosécurité inclut donc les mesures de surveillance, de précaution et de contrôle (par exemple, des mesures de quarantaine et de confinement y compris de ravageurs, d'espèces exotiques envahissantes ou potentiellement invasives, ou encore d'organismes vivants génétiquement modifiés). https://fr.wikipedia.org/wiki/Bios%C3%A9curit%C3%A9

Exemple de nuisances engendrées par les plantations monospécifiques d'eucalyptus[56] :

1) Biodiversité ravagée : Ces plantations destinées à la papeterie envahissent la savane brésilienne, le Cerrado, provoquant d'énormes dégâts sur la nature des sols et les espèces variées d'herbes, d'insectes, d'oiseaux...
2) La forêt primaire sacrifiée : Le système de subventions au reboisement mis en place par le Chili - pourtant considéré comme un modèle en Amérique latine, a conduit les paysans à raser une partie de la forêt naturelle pour y planter des eucalyptus.

Pour résumer :

- Ils sont pyrogènes, c'est à dire très inflammables et propagent les feux de forêts. Ils génèrent des risques de feux de forêts de grande ampleur.
- Le tapis de feuilles au sol (la litière) est très inflammable et toxique.
- Ils appauvrissent de la biodiversité et la fertilité. Ils empêchent toute espèce végétale de se développer à proximité.
- Ils sont gourmands en eau (!) et peuvent faire baisser dramatiquement la nappe phréatique.

C'est pourquoi nous ne recommandons pas l'utilisation des eucalyptus.

4.1 L'introduction des plantes invasives

4.1.1 Définition ou caractéristiques des plantes invasives

Les plantes envahissantes ou invasives sont celles qui, introduites dans un milieu ou écosystème donné, le perturbe et, comme elles sont plus concurrentielles et agressives que les espèces locales, provoquent leur disparition.

4.1.2 Manque de méfiance de tout un chacun face aux plantes invasives

Souvent, les plantes invasives sont attractives pour les hommes et les animaux : elles sont souvent jolies et ornementales. Leurs fruits peuvent être délicieux. Et de ce fait, ne s'en méfiant pas, les hommes ont eu souvent envie, à partir de leur milieu d'origine, de les importer pour les planter chez eux. Et vous vous retrouvez, au bout de plusieurs années, avec des plantes invasives établissant de vastes colonies monospécifiques, un phénomène inhabituel dans leur milieu d'origine. Dans le doute, mieux vaut utiliser les espèces locales que d'importer des espèces exotiques.

4.1.3 Coûts économiques et écologiques causées par les espèces invasives

Exemples de coûts économiques engendrés par des espèces exotiques envahissantes dans différents pays :

• Les coûts annuels des dommages causés par plusieurs espèces exotiques de plantes et d'animaux aux Etats-Unis sont estimés à 137 milliards US $.
• Les coûts annuels sur les agro-systèmes australiens de 6 mauvaises herbes sont estimés à 105 millions US $.
• Les coûts annuels de la jacinthe d'eau dans 7 pays africains sont estimés entre 20 et 50 millions US $.

Source : *Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations*, Yohann Soubeyran, Planète Nature - Groupe outre-mer, UICN Comité Français, juillet 2008.

Menaces	Espèces éteintes (EX, EW)	Espèces menacées (CR, VU, EN)

[56] *Reforestation. La grande désillusion*. Vincent Nouyrigat, Epsiloon, n°2, août 2021, pages 20 à 27.

Perte d'habitat naturel	163	7830
Prélèvements directs (chasse, pêche, récolte)	70	1631
Espèces exotiques envahissantes	105	1366

Nombre d'espèces éteintes et d'espèces menacées au niveau mondial en fonction des trois principales catégories de menaces (voir ci-avant). Source : *Base de données de la Liste rouge de l'UICN*, 2007, http://www.iucnredlist.org

Outre les coûts économiques engendrés par les pertes de production, les coûts de contrôle, d'éradication, de suivi, de restauration ou encore la perte de tourisme estimés à 38 millions d'euros par an en France pour les espèces exotiques végétales et animales, *la prolifération d'espèces invasives est considérée comme la deuxième cause d'extinction des espèces par l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature)*.
Sion, certaines comme l'ambroisie à feuilles d'armoise ou la berce du Caucase posent aussi des problèmes de santé publique (causant des allergies plus ou moins sérieuses), tandis que d'autres comme le pin d'Alep, présent sur le pourtour méditerranéen, peuvent favoriser les incendies.

On constate souvent l'impossibilité d'éradiquer une espèce envahissante une fois installée et les coûts élevés des techniques de gestion (de contrôle de leur propagation), *d'autant que l'utilisation des produits phytosanitaires doit être évitée*. A titre d'exemples, le coût d'arrachage de la renouée du Japon sur les bords du lac du Bourget représente 11.000 euros par an environ, sans compter la main d'œuvre, celui de l'égérie dense sur une surface d'environ 33.000 m2 sur le canal latéral de la Loire représente 176.500 euros tandis que le traitement sur quatre ans de la jussie dans les barthes de l'Adour, dans les Landes, se chiffre à 276.000 euros.

Source : *Lutte contre la prolifération des plantes invasives : comment mieux traiter le problème à la racine*, Anne Lenormand / Localtis, 22/07/2021, https://www.banquedesterritoires.fr/lutte-contre-la-proliferation-des-plantes-invasives-comment-mieux-traiter-le-probleme-la-racine

Pour prévenir ou tenter de guérir une invasion par des plantes invasives, consultez les chapitres annexes « *Stratégies préventives de lutte contre les plantes invasives* » et « *Stratégies palliatives de lutte contre les plantes invasives* ».
Et pour comprendre les stratégies employées par les plantes invasives pour s'imposer, voir le chapitre annexe « *Mécanismes intrinsèques des plantes invasives, expliquant leur invasivité*[57] » et pour leur mode de propagation, voir le chapitre annexe « *Modes de propagation des espèces invasives* », à la fin de ce livre.

5 La résistance au stress biotique et abiotique d'une plante

5.1 Définition stress biotique et abiotique

Le stress biotique est un stress qui survient à la suite de dommages causés à un organisme par d'autres organismes vivants, tels que des bactéries, des virus, des champignons, des parasites, des insectes bénéfiques et nuisibles, des mauvaises herbes et des plantes cultivées ou indigènes.
Il est différent du **stress abiotique**, qui est l'impact négatif de facteurs non vivants sur les organismes tels que la température, la lumière du soleil, le vent, la salinité, les inondations et la sécheresse.
Les types de stress biotiques, imposés à un organisme, dépendent aussi du climat dans lequel il vit ainsi que de la capacité de l'espèce à résister à des stress particuliers. Le stress biotique reste un terme largement défini et ceux qui l'étudient font face à de nombreux défis, comme la plus grande difficulté à contrôler les stress biotiques dans un contexte expérimental par rapport au stress abiotique.

[57] Leur caractère invasif.

Note : Les dommages causés par ces divers agents vivants et non vivants peuvent sembler très similaires. Même avec une observation attentive, un diagnostic précis peut être difficile. Par exemple, le brunissement des feuilles d'un chêne causé par le stress hydrique peut ressembler au brunissement des feuilles causé par le flétrissement du chêne, une maladie vasculaire grave causée par un champignon, ou le brunissement causé par l'anthracnose, une maladie foliaire assez mineure. Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Biotic_stress

5.2 Différences de résistances de plantes à certains stress

Dans leur état naturel, les graines de quinoa ont un enrobage qui contient des saponines au goût amer, ce qui les rend désagréables au goût. La plupart des graines vendues commercialement ont été traitées pour enlever ce revêtement. Cette amertume a des effets bénéfiques pendant la culture, car elle dissuade les oiseaux et, par conséquent, la plante nécessite une protection minimale.
La sélection génétique des variétés de quinoas tend à abaisser cette teneur en saponine dans les grains, pour en diminuer l'amertume. Mais ces variétés peuvent être alors moins résistantes aux ravageurs et plus consommées par les oiseaux. Il a souvent un compromis à trouver entre comestibilité, résistance au stress, productivité (de la plante).

6 Signalétique

Les scores indiqués, pour chaque plante, pour leur taux « d'invasivité », sont ceux fournis par la « base de données PIER des plantes invasives du Pacifique » (Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER) _ *Plant threats to Pacific ecosystems* _) : http://www.hear.org/. Dans certains cas, le score d'une plante n'est pas indiqué parce que la base PIER ne lui a donné aucun score. Par ce sigle, nous indiquerons les plantes ayant telle ou telle caractéristique (voir ci-après) :

Sujet	**Symbole**
a) Invasives, à éviter →	
b) Toxiques, soit pour l'homme, soit pour les animaux →	 
c) à la pousse rapide ou très rapide →	↗ ↗↗
d) Très utiles à l'homme par ce sigle →	U
e) Sources de forts revenus ou plus-value →	$
f) Résistantes aux conditions arides, par ce sigle →	
g) Résistantes aux conditions salines, par ce sigle →	
h) En danger critique d'extinction →	
i) Vulnérables (ou *préoccupante*) →	

Sujet	Symbole
j) Plantes de marécages ou de mangroves →	
k) Culture sol gorgé d'eau ou milieu aquatique / plante aquatique →	
l) Plante fourragère →	F
m) Plante épineuse	

7 Rêver de reverdir le désert

- *Qui* n'a pas rêvé de reverdir le désert ou d'arrêter l'avance « inexorable » du désert, par exemple dans les zones sahéliennes en Afrique ? Et d'y réduire la pauvreté ?
- Or en généralement, les régions arides et/ou salines sont les plus pauvres.
- Le but de notre projet est donc de montrer que ***l'on peut assurer la sécurité alimentaire et des compléments de revenus aux populations locales***, *grâce à la création d'un écosystème équilibré, stable et prospère, en choisissant les plantes adéquates et adaptées, poussant en milieu aride et salin*.
- Un règle pour cela : si possible, *éviter d'y introduire des plantes invasives et agressives*.

Mais reverdir le désert, est-ce toujours possible ? C'est que nous allons examiner dans cet ouvrage.

Voici, ci-après, quelques images et photos, illustrant ce rêve.



La « muraille verte » en Afrique



Wangari Maathai, militante keyniane, à l'origine du mouvement écologiste africain, initiatrice du Green Belt Movement.



Pépinières du Green Belt Movement (Kenya).



Pépinières du Green Belt Movement (Keynia).





Oasis

Yacouba Swadogo, l'homme qui arrêta le désert
(au Burkina Fasso). Source :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Yacouba_Sawadogo

Parmi les plus beaux projets de reforestation du désert, sources d'inspirations, sont ceux du désert du Néguev, en Israël (*à condition de ne pas épuiser les ressources en eau*) (voir page ci-dessous) :



Le réservoir de Yatir. © Photo Albetros, KKL-JNF[58].



Récolte de l'eau dans le Néguev[59].



Reverdissement du désert du Néguev[60].



Niveau d'eau maximum derrière les digues après la crue (système des limans israéliens). Vidéo Water Harvesting in the Negev.



La forêt de Yatir, la plus grande forêt en Israël, à la limite du désert du Néguev[61].



L'eau de la crue s'infiltre progressivement dans le sol (système des limans israéliens) Vidéo Water Harvesting in the Negev.

[58] Cf. http://www.kkl.org.il/eng/forestry-and-ecology/afforestation-in-israel/turning-the-desert-green/
[59] Cf. https://www.youtube.com/watch?v=tjBugtV8GHc
[60] Cf. http://www.fotothing.com/hs/photo/1cfd323a8ed9d8a67ce21cd14aa00085/
[61] Cf. http://www.kkl.org.il/eng/forestry-and-ecology/afforestation-in-israel/turning-the-desert-green



Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube.



Système des limans israéliens. Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube



Systèmes de demi-lunes pour retenir l'eau des crues dans le désert. Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube.



Système des limans israéliens. Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube.



Systèmes de demi-lunes pour retenir l'eau des crues dans le désert. Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube.



Vidéo « *Growing Forests in the Desert* » sur Youtube.



↑ Forêts plantées (en **vert foncé**) et corridors écologiques **(en vert clair)** créés en Israël (projet NOP 22).
(voir page précédente).



Collines de Ruhama



Forêt plantée et terres agricoles.



Oryx au kibbutz Yotvata, désert du Néguev[62].



La forêt de Lahav (sud d'Israël) au printemps.
Photo: Tania Susskind[63].



Un liman israélien.
Les oasis et les oueds sont un gîte pour des bosquets d'arbres qui fournissent une ombre bienvenue aux personnes et aux animaux[64].



Plantations à feuilles larges, terrasses à Yatir.

[62] Cf. http://www.fotosearch.fr/ICN003/f0026834/
[63] Cf. http://www.kkl.org.il/eng/about-kkl-jnf/green-israel-news/march-2013/german-states-forest-lehavim/
[64] Cf. http://www.kkl.org.il/eng/files/forests/tma/TAMA22_eng.pdf



Boisement dans la zone semi-aride de la Forêt de Hiran entre 1998 et 2008[65].



Idem.

[65] Cf. http://www.kkl.org.il/eng/files/forests/afforestation-israel/UNFF-Afforestation-Israel.pdf

Autres projets (en Chine …) (voir ci-après):



Reverdir le désert à Nuweiba, Sud du Sinaï, Égypte [66].



Projet de Permaculture dans la vallée du Jourdain (alias "Greening the Desert" (les séquelles))[67].



Désert de Kubuqi dans le nord de la Chine[68].



Reforestation sur le plateau de Lœss (Chine)[69].

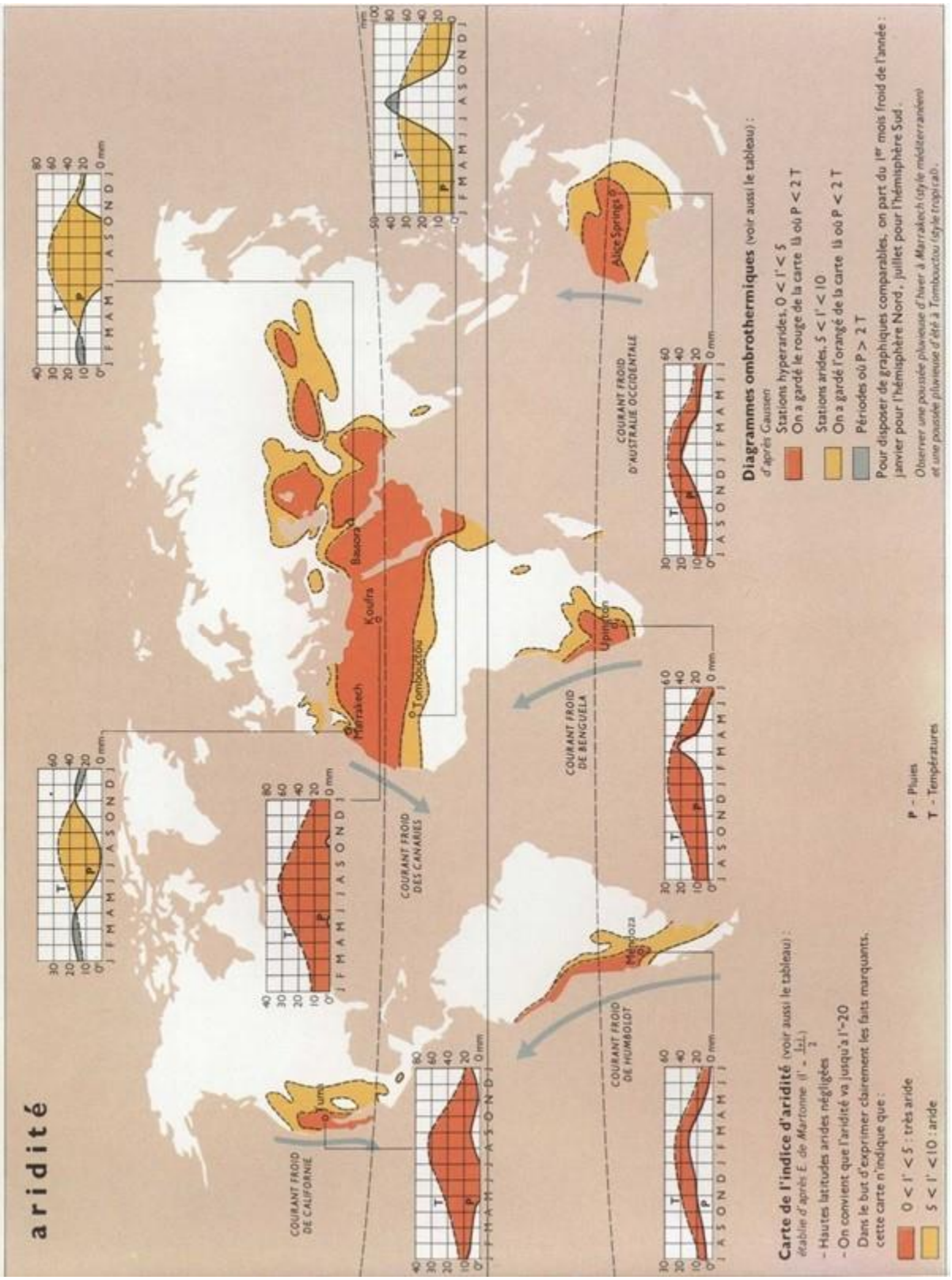
[66] Cf. https://habibaorganicfarm.wordpress.com/

[67] Cf. http://permaculturenews.org/2011/05/04/dispatch-from-the-jordan-valley-permaculture-project-aka-greening-the-desert-the-sequel-april-2011/

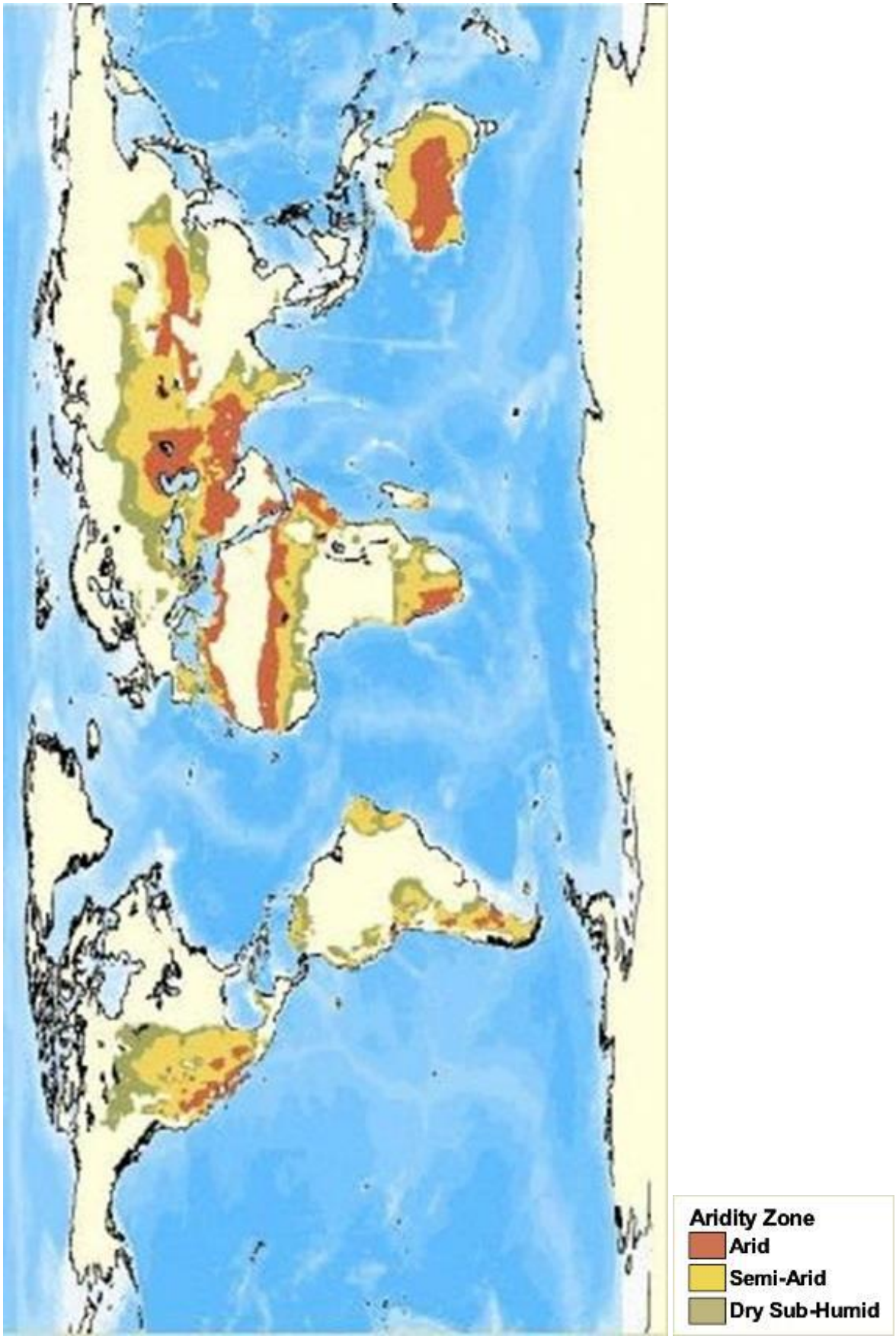
[68] Cf. http://www.panoramio.com/user/4733352?photo_page=11&comment_page=1

[69] Cf. http://www.virgin.com/unite/news/battling-encroaching-desert-part-2

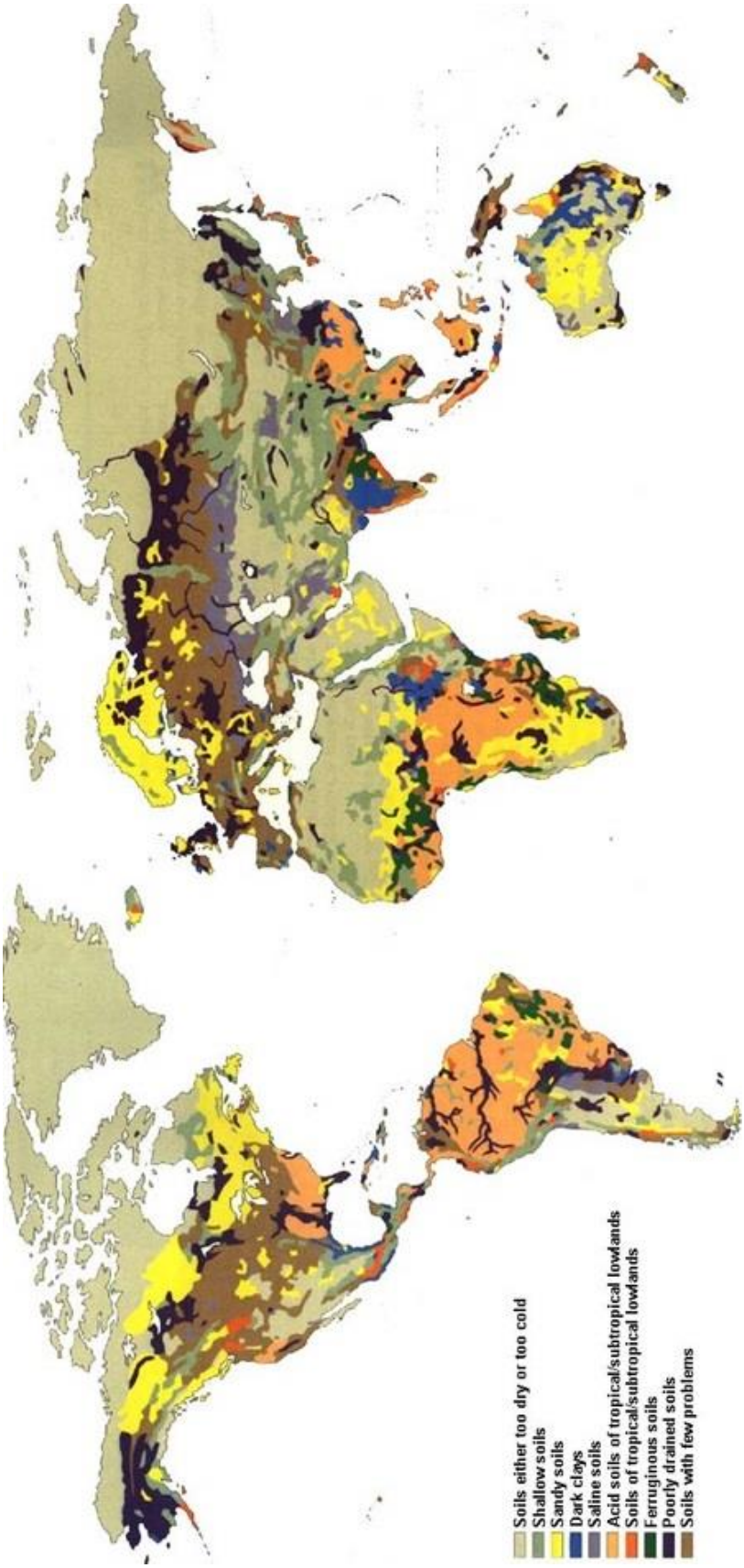
8 Cartes des zones arides, des sols et de la pénurie d'eau dans le monde



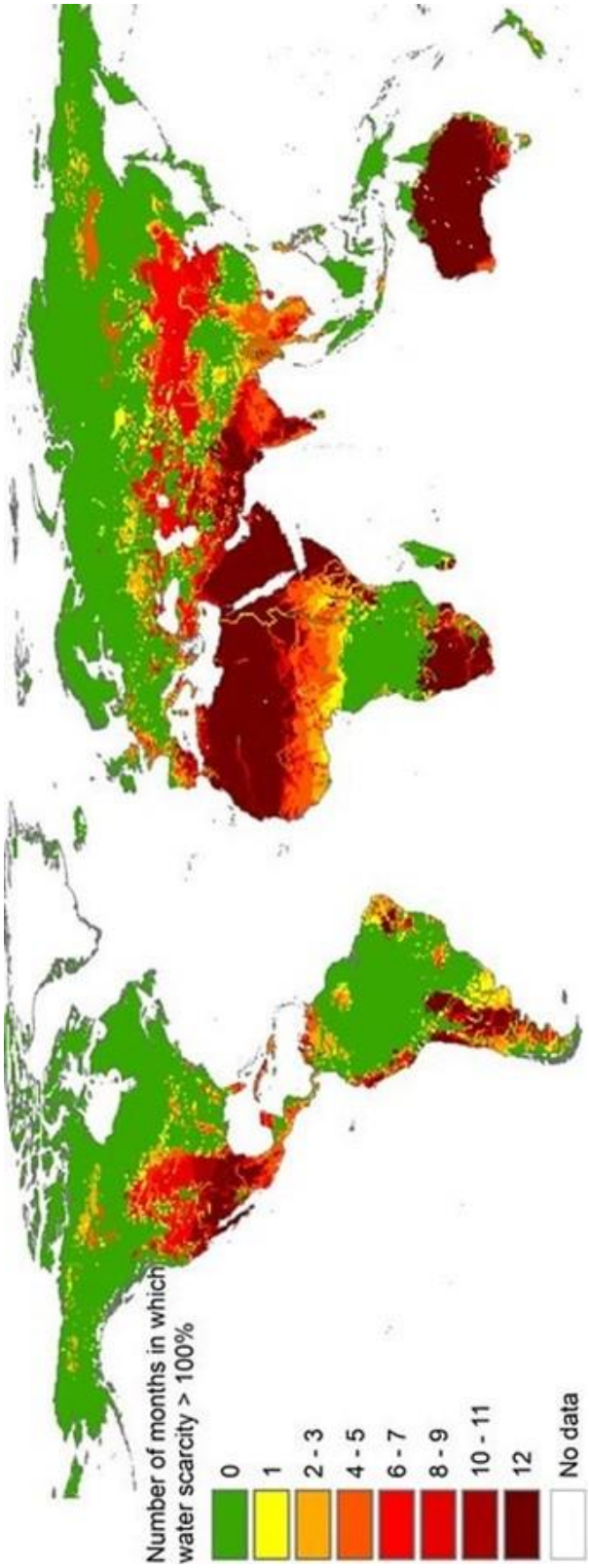
Carte de l'aridité dans le monde.



Carte mondiale des terres arides. Source: UNEP/GRID 1991 dans WRI.



Types de sols dans le monde. En ***gris***, les sols salins. Source : *The soils*, FAO, http://www.fao.org/docrep/u8480e/u8480e0b.htm
http://www.fao.org/docrep/u8480e/U8480E3f.jpg



La *carte de la pénurie d'eau*. Photo: Mekonnen et al. Source : http://www.theguardian.com/environment/2016/feb/12/four-billion-people-face-severe-water-scarcity-new-research-finds

9 Définitions

Aride (adjectif) :
Sens 1 : Stérile, sec. Anglais : arid.
Synonymes : désertique, déshérité, desséché, incultivable, ingrat, pauvre, pelé, rébarbatif, rebutant, sec, stérile, vide.

Aridité :
L'aridité se traduit par l'absence d'écoulement superficiel *(aréisme)*, ou par son indigence. Dans ce dernier cas, il y a impossibilité pour les cours d'eau d'atteindre les mers et océans libres *(endoréisme)*. L'aridité impose un paysage minéral dû à l'inexistence ou à la rareté de la végétation, et des formes de relief spécifiques (pédiments et glacis d'érosion, dépressions fermées, dont les sebkhas couvertes de sel en phase d'intense évaporation, surfaces caillouteuses, grandes formations dunaires)[70].

L'aridité est une caractéristique permanente du climat, définissable par un déficit pluviométrique structurel par rapport aux besoins en eau de la végétation naturelle et cultivée. Elle est caractéristique des zones pour lesquelles les besoins en eau sont au moins une fois et demie plus élevés que les précipitations. En termes scientifiques, le rapport entre précipitations et évapotranspiration potentielle (P/ETP) est compris entre 0,005 et 0,65[71].

Désertification :
Le surpâturage, la coupe des forêts, le changement climatique (lui-même lié aux activités humaines, qui produisent du CO2 …) et le prélèvement excessif de l'eau de la nappe phréatique et des cours d'eau peuvent provoquer la *désertification* d'une région. Pour l'éviter, il faut économiser l'eau, préserver les forêts, gérer d'une façon intelligente toutes les ressources, en général (eau, biodiversité etc. …).





10 Introduction sur la salinité des sols

Les causes de cette salinisation sont diverses : mauvaises techniques d'irrigation, montée du niveau des mer, due au réchauffement climatique (en Floride, Maldive, Tuvalu …).

Variation [Sels] dans la rhizosphère : Insuffisance (Problème nutritionnel) ou Excès.

[70] Source : http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/1050
[71] Source : http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/dossiers/la-desertification/ce-qu-il-faut-savoir

Le stress salin s'applique plutôt à un Excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^-.

Source : *Stress Salin, Adaptation des plantes à l'environnement*, Mehdi JABNOUNE, www.supagro.fr/theses/extranet/08-0043_JABNOUNE.pdf

Aujourd'hui dans le monde, près de 20 % des cultures sont irriguées avec l'eau saumâtre.
Si certaines cultures comme la betterave ou l'asperge s'accommodent fort bien d'un sol salé, il n'en est pas de même pour d'autres cultures comme les agrumes ou certaines légumineuses.

Les ressources en eau douce menacent donc de diminuer dans les prochaines décennies.
Plus de la moitiés des terres d'Irak sont salines. La salinisation des terres survient en Égypte, Pakistan, Tunisie, Turquie etc.

10.1 Exemples de plantes de sols salins

10.1.1 Acanthus ilicifolius




Acanthus ilicifolius : Distribution : Inde, Sri Lanka, Asie, Malaisie, Australie et les îles du Pacifique. Petit arbuste qui pousse le long des lacs et des marais et des rivages. Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Acanthus_ilicifolius

10.1.2 Saligne à balai (Haloxylon scoparium ou Hammada scoparia)



Distribution : Afrique subtropicale (Sahara, très commune au Sahara Septentrional jusqu'au Tademaït, Égypte), Asie tempérée et subtropicale (Israel, Arabie, Jordanie, Irak). Déserts, steppes. Ce buisson pérenne, de 20 à 40 cm, composé de branches ramifiées, *épineuses*, dont les feuilles opposées sont réduites à des écailles, aux fleurs dépourvues de pétales et disposées en épi terminal dense, est utilisé comme **plante médicinale** en Afrique du Nord et au Moyen-Orient et dans la pharmacopée marocaine traditionnelle pour **l'hypertension**. Plante aux rameaux grêles et charnus, articulés, dressés, très nombreux. Les rameaux foncent et noircissent en séchant. Les rameaux âgés sont gris-brun et les rameaux nouveaux sont d'un vert légèrement blanchâtre. Feuilles opposées très petites en triangle. Les fleurs sont généralement solitaires à l'aisselle des feuilles, elles donnent un fruit entouré de 4 à 6 ailes de taille identique généralement vivement coloré (jaune, rose ou rouge). Les cendres de cette plantes mélangées à de l'huile d'olive permet de fabriquer un **savon**.
Sources : a) http://www.plantarium.ru/page/view/item/48340.html,
b) https://pl.wikipedia.org/wiki/Haloxylon_scoparium,
c) http://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/?plant_id=6553











Saligne à balai (*Haloxylon scoparium* ou *Hammada scoparia*).

10.1.3 Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum cristallinum*) & Orge maritime (*Hordeum marinum*)



La ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum cristallinum*). Croissance en milieu sec, **salin** et froid (**feuilles comestibles**). Désert de Namibie.



↑ Orge maritime (*Hordeum marinum*), résistante au sel (climat tempéré et méditerranéen). Elle peut servir de fourrage.
Source : http://crdp.ac-besancon.fr/flore/Poaceae/especes/hordeum_marinum.htm

10.1.4 Aster maritime ou oreille de cochon (*Aster tripolium*)

Synonymes : *Tripolium pannonicum* ou *Tripolium vulgare*. Famille des *Astéracées* ou Composées. C'est une plante à fleur bisannuelle *halophile* typique des marais salés de 20 à 60 cm de haut. La plante pousse au bord de la mer, dans

les *marais salants*. Elle est *comestible* crue ou cuite surtout en période juvénile (taille de la feuille de 5 à 20 mm). Elle se cuisine très facilement et se marie avec toutes viandes et poissons.







10.1.5 Genres *Salicornia*, *Suaeda*, palétuviers, autres plantes halophytes



Genre *Salicornia* : la salicorne (comestible) (climats tempérés et tropicaux)



Les palétuviers (climat tropical) Au moins 14 espèces.



Le genre *Suaeda* : la soude. Exemple : *Suaeda maritima* (L.) Dumort. - Soude maritime (climat tempéré)





↑ *Spartina maritima*. Elle contribue à fixer la vase.

Cakile maritima : cakilier maritime ou Roquette de mer. Climat tempéré et méditerranéen. Comestible. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Roquette_de_mer

Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Spartina_maritima
Genre *Spartina* : les spartines (climat tempéré).



Plante de la résurrection *Craterostigma plantagineum,* plante reviviscente. Source : http://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/species.php?species_id=151360



Xerophyta viscosa. Certaines espèces de ce genre sont des plantes *poikilochlorophylles* et tolèrent la dessiccation.



Xerophyta_retinervis. Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Xerophyta_retinervis



Anastatique (*Anastatica hierochuntica*) ou Rose de Jéricho. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Anastatica_hierochuntica



Plante de la résurrection ou *fleur de rocher*, sélaginelle (*Selaginella lepidophylla*). Plante douée de la capacité de reviviscence. Elle lui permet dans son milieu naturel de reprendre sa croissance en se réhydratant après une longue période de sécheresse ↑ Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Selaginella_lepidophylla

11 Arbres et arbustes fruitiers résistants au sel et/ou à l'aridité



Caroubier (*Ceratonia siliqua*). Sud-ouest du Maroc.
Source : http://www.teline.fr/fre/Photographies/Toutes-les-familles/Fabaceae/Ceratonia-siliqua



Graines d'arbre de Josué (*Yucca brevifolia*)



Vigne (raisin)
(*Vitis vinifera*)



(Figuier commun)
(*Ficus carica*)

Voici, dans les pages suivantes, une liste de plantes pouvant apporter la prospérité, dans des zones salines et/ou arides.

11.1 Jujubier commun (*Ziziphus jujuba* ou *Ziziphus mauritania*)

(Famille des *Fabaceae*)



Risque élevé, score 9,5

Originaire de Chine et répandu dans les régions méditerranéennes, c'est un arbuste épineux, aux feuilles luisantes et caduques, de 6 à 10 m de haut. Ce petit arbre, atteignant 15 m de haut, avec un tronc de 40 cm de diamètre ou plus, en ombrelle (cime étalée), produit des fruits comestibles, les jujubes.
Cet arbre rustique se développe dans des conditions plutôt sèches et une pluviométrie annuelle de 300 à 500 mm (150 à 2225 mm). L'arbre a une grande tolérance à la fois à l'engorgement et à la sécheresse.

En Inde, sa température minimum de survie est 7-13 ° et la t. maximale est de 50 °C. **Il possède une bonne résistance au feu.** Cet arbre se développe, *à la faveur des feux de brousses.* « Il *rejette des pousses après les incendies* » (Weber, 2003, p 460). Des études indiquent que cette espèce prospère dans les sols alcalins avec un pH plus élevé que 9,2. Les sols limoneux avec un pH neutre ou légèrement alcalin sont considérés comme optimale pour la croissance. [6]
Habitat : bords de rivières, oueds, sources, plaines alluviales, sites côtiers …

Le fruit est de forme et de taille variable. Il peut être ovale, obovale, oblongue ou ronde, et peut être 1 à 2,5 cm (2.5 à 6.25 cm) de long, selon la variété. La chair est blanche et croquante. Ce fruit est un peu juteux et a une odeur agréable.

Son fruit comestible, riche en vitamines A et C, ayant la consistance et le goût d'une pomme, entrant dans diverses préparations médicinales, est appelé jujube. La couleur des fruits vont de vert à rouge brun.
Le miel de jujubier, réputé au Yémen, est censé avoir des vertus médicinales.
Les jujubiers fournissent un bon bois pour le charbon de bois.
Multiplication : semences dispersés par animaux, oiseaux, humains. Une espèce très variables avec de nombreuses variétés et cultivars.

Le jujubier a été domestiqué en Asie du Sud, depuis 9000 AJC. Plus de 400 cultivars ont été sélectionnés.
Selon certains auteurs (voir bibliographie), *Ziziphus jujuba* et *Ziziphus mauritania* seraient des synonymes.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Jujubier_commun, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Jujube,
c) http://edis.ifas.ufl.edu/st680, d) http://selectree.calpoly.edu/treedetail.lasso?rid=1483
e) http://www.hear.org/pier/species/ziziphus_jujuba.htm f) http://en.wikipedia.org/wiki/Ziziphus_mauritiana,
g) Plantes de Madagascar (Atlas), Lucile Allorge, Ulmer, 2008.
h) http://www.hear.org/pier/species/ziziphus_mauritiana.htm


Fruits


Fruits




Fruits et feuilles

11.2 Jujubier épine du Christ (*Ziziphus spina-christi*)

(Famille des *Fabaceae*)



U ↗



Risque invasif élevé, score inconnu

Le Jujubier épine du Christ, est un arbre à feuilles persistantes, atteignant 20 m de haut, originaire de l'Afrique du Nord, tropicale et australe et l'Asie occidentale.

Il est largement cultivé pour ses fruits agréables au goût et son ombre [3]. Ses fleurs sont une source importante de miel en Erythrée et le Yémen [4] .
Maladie : Il est parasité par le gui hémiparasite *Plicosepalus acaciae*.
Habitat : oueds du désert …

Il est très robuste, très résistant à la chaleur et peut être trouvé dans les zones désertiques, même avec 100 mm précipitations par an. Il préfère les bords des étangs, rivière et les rives ses oueds (wadi), où l'eau souterraine est disponible. L'arbre est sensible au gel. Il peut résister à un engorgement d'eau pour un maximum de 2 mois et à 8-10 mois de saison sèche.

C'est un colonisateur agressif, formant fourrés épineux impénétrables.

Limites biophysiques :
Altitude: 0-2 000 m.
Température moyenne annuelle: 19-28 °C
Pluviométrie annuelle moyenne: 100-500 mm
Type de sol: *Z. spina-christi* préfère les plaines alluviales avec des sols profonds, mais il peut aussi se développer sur des terres argileuses [clay]; où l'eau est disponible, et sur les sols salins.
Nom vernaculaire arabe : « Zizouf ».

Sources : a) http://www.cabi.org/isc/abstract/20073185345
a) Zohary M. Flora Palaestina. II. Jerusalem: The Israel Academy of Science and Humanities; 1972. pp. 307–308 cited in Amots Dafni, Shay Levy, and Efraim Lev, The ethnobotany of Christ's Thorn Jujube (*Ziziphus spina-christi*) in Israel, doi:10.1186/1746-4269-1-8 & http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1277088/?tool=pubmed
b) Eden Foundation. "Nutritional study on *Ziziphus spina-christi*". eden-foundation.org.
c) http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Zizyphus_spina-christi.pdf
d) http://www.beesfordevelopment.org/info/info/flora/christs-thorn-ziziphus-sp.shtml
e) http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Zizyphus_spina-christi.pdf












Photos de *Ziziphus spina-christi*

11.3 Tamarinier (*Tamaridus indica*)

Originaire des régions tropicales sèches de l'Afrique de l'Est, cet arbre (famille des Fabacées, sous-famille des *Caesalpinioidées*), atteignant 20 m de haut, à croissance lente et à longue durée de vie, a été diffusé dans toutes les régions tropicales et subtropicales, en raison des nombreuses utilisations du tamarinier _ gousses comestibles, usages médicinaux et culinaires, ombre, bois …

Le tamarinier est sensible au gel mais peut supporter de brèves températures proches de 0°C. Lors de sécheresses, il perd une partie de son feuillage. Le tamarinier Il ne pénètre pas dans la forêt tropicale. Son système racinaire étendu contribue à sa résistance à la sécheresse et au vent, est bien adapté à des conditions semi-arides tropicales, de faible altitude (Climat chaud et sec). Il préfère les zones semi-arides et les savanes boisées, et peut également être trouvée de plus en plus le long du ruisseau et des rives. Il tolère également de l'air et du brouillard salin dans les régions côtières.

Ces arbres donnent habituellement des fruits au bout de trois à quatre ans, si les conditions de croissance sont optimales.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Tamarinier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Tamarind,
c) http://fr.wikipedia.org/wiki/Tamarin_(fruit), d) http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Fiche-presentation-tamarinier.pdf
















Vieux tamarinier (village près de Morombe, côte ouest de Madagascar) © B. LISAN.

11.4 Caroubier (*Ceratonia siliqua*)

(Famille des ***Fabaceae***)




U ↗ $

Originaire des régions méditerranéennes, Afrique du Nord, Proche-Orient, Europe méridionale, cet arbre thermophile (famille des fabacées) a été largement répandu, car cultivé pour son fruit, la caroube, et se plaît sur des pentes arides.
Il est adaptable à une large gamme de sols, sols sablonneux et pauvres, coteaux rocheux, les sols profonds. Préfère les terreaux [en Anglais « loams »] sableux bien drainés. Les sols calcaires à haute teneur en chaux conviennent également. Il semble bien tolérer la salinité (Source : *World Agroforestry Centre*). Il ne tolère pas les sols gorgés d'eau.
Le caroubier ne résiste que très peu au froid (environ - 5 °). Un arbre peut fournir entre 300 et 800 kg de caroubes par an.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Caroubier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Ceratonia_siliqua, c) http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Fiche-presentation-caroubier.pdf




Forme basse de ramification naturelle de l'arbre dans l'habitat naturel à l'Oasis WWF de Monte Arcosu , Sardaigne , Italie. © Wikipedia En.




Gousses verte et mûres (à gauche), feuille (à droite)






Fleurs mâles ↑ et femelles ↗

11.5 Pistachier commun ou pistachier vrai (*Pistacia vera*)

(Famille des *Anacardiaceae*)




U $

Le pistachier cultivé (famille des *Anacardiaceae*) est un arbuste de 3 à 10 mètres, qui pousse dans les garrigues et surtout dans les maquis au climat méditerranéen.
Le pistachier est une plante du désert et est très tolérant au sol salin. Il a été rapporté bien grandir lorsqu'il est irrigué avec de l'eau ayant 3000-4000 ppm de sels solubles [7]. Les pistachiers sont assez robustes dans de bonnes conditions, et peuvent survivre à des températures comprises entre -10 ° C (14 ° F) en hiver et 48 ° C (118 ° F) en été. Ils ont besoin d'une situation ensoleillée et d'un sol bien drainé.
Les pistachiers deviennent maladifs dans des conditions de forte humidité, et sont sensibles à la pourriture des racines, en hiver, s'ils ont trop d'eau et si le sol n'est pas suffisamment drainé. Des étés longs et chauds sont nécessaires pour le bon mûrissement du fruit.
Les pistachiers sont vulnérables à une grande variété de maladies (voir ci-dessous). Parmi ceux-ci est l'infection par le champignon *Botryosphaeria*, ce qui provoque la panicule et la brûlure des pousses (c'est-à-dire qu'il tue les fleurs et les jeunes pousses), et peut endommager des vergers entiers de pistachiers.
Pistacia vera est souvent confondue avec d'autres espèces du genre *Pistacia* qui sont également connue sous le nom de pistachier. Ces espèces peuvent être distinguées de *P. vera* par leurs distributions géographiques (dans la nature), et leurs graines qui sont beaucoup plus petites et ont une coque plus fine. Il se reproduit par semis.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Pistacia_vera, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Pistachio,
c) *New pistachio varieties*,
http://californiaagriculture.ucanr.edu/landingpage.cfm?article=ca.v063n01p18&fulltext=yes
d) *Liste des maladies des pistachiers* : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_pistachio_diseases



As with most wind-pollinated plants, pistachio flowers are small and not showy, as with, *left*, the female 'Golden Hills' and, *center*, male 'Randy'. In California, male trees are commonly planted as every fifth tree in every fifth row to provide adequate pollination. *Right*, a 'Golden Hills' nut cluster demonstrates greater development of red color in the hull than 'Kerman'.

Comme pour la plupart des plantes pollinisées par le vent, les fleurs de pistache sont petites et peu voyantes, comme avec, à gauche, la femelle 'Golden Hills' et, au centre, le mâle 'Randy'. En Californie, les arbres mâles sont généralement plantés tous les cinq arbres sur cinq rangées, pour assurer une pollinisation adéquate. À droite, une grappe de noix « Golden Hill » démontre un plus grand développement de la couleur rouge, dans la coque, que pour le « Kernam ».





Fleurs



Graines













L'industrie de la pistache Californienne a toujours été dominée par une seule variété femelle, 'Kerman'. Source : http://californiaagriculture.ucanr.edu/landingpage.cfm?article=ca.v063n01p18&fulltext=yes

↗ Les pistachiers du verger expérimental de Wolfskill (USA) permettent botanistes à poursuivre les recherches sur la variété Kerman et autres nouvelles variétés prometteuses de pistaches. Source : http://www.saudiaramcoworld.com/issue/201306/in.search.of.the.mother.tree.htm#sthash.AnnPITwf.dpuf

11.6 Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*)

(Famille des *Anacardiaceae*)





U $

L'arbre au mastic est un arbuste (famille des *Anacardiaceae*), ne dépassant pas 6 mètres, à feuillage persistant, poussant dans les garrigues et les maquis des climats méditerranéens. Il donne des fruits, d'abord rouges, puis noirs. Il est courant d'observer des galles formées aux dépens du limbe foliaire du pistachier lentisque. Les parasites qui induisent la production de ces galles, et s'en nourrissent ensuite, sont l'acarien *Eriophyes stefanii* (galle par enroulement marginal serré par en haut) et surtout le puceron *Anopleura lentisci* (galle réniforme).
Habitat : fruticées [formation végétale formée d'arbustes ou d'arbrisseaux] et forêts sclérophylles.

Il résiste bien aux feux. Il est considéré comme un arbre écologiquement important. Il se reproduit par semis.
La graine est identique aux pistaches et peut être préparée en la faisant bouillir avec des petites fèves, du blé et des pois chiches, à la cuisson, arrosée légèrement avec de l'huile d'olive. Cette préparation est très appréciée dans l'Est Algérien.
En médecine traditionnelle, on utilise la résine aromatique de pistachier lentisque afin de combattre les ulcères d'estomac.
Les indications principales de son huile essentielle sont les problèmes des systèmes veineux et lymphatique.
L'huile de lentisque est utilisée contre la bronchite, l'asthme, la sinusite, l'eczéma (psoriasis et lichen plan) et les brûlures.
Une tisane, préparées avec ses feuilles, agirait contre les problèmes de l'appareil digestif (ulcère, colopathie, parasites).

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Pistacia_lentiscus, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Pistacia_lentiscus



Fruits



Fleurs



Un vieux pistachier lentisque dans le parc de Fenerbahçe à İstanbul



Maquis à pistachiers lentisques (Sabaudia, Italie). Le sol présent sous les buissons de cette espèce est considéré comme un bon substrat pour le jardinage[72].



Fruits



Galle (maladie)



Mastic



Fleurs

[72] Cf. Source : http://www.flickriver.com/photos/luigistrano/3848000774/





Pistachier lentisque (Sant Tomás à Minorque)

11.7 Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*)

(Famille des *Anacardiaceae*)





U $

Le « Térébinthe » est un arbuste (famille des Anacardiacées), atteignant 10 mètres de haut, à feuillage caduc, poussant dans la garrigue et le maquis, commun dans tout le bassin méditerranéen (sauf la Corse).
L'essence de térébenthine était à l'origine fabriquée avec la sève de cet arbre.

Habitat : Le pistachier térébinthe est rustique et tolérant à la sécheresse. Plante des garrigues, il nécessite un sol parfaitement drainé, souvent calcaire, et se plaira là où pousse le chêne vert, une exposition abritée (du vent) et ensoleillée. Jusqu'à une altitude de 500 m[73].
Il est plus exigeant en humidité et plus résistant au froid (au gel) que le pistachier lentisque.
La résine, qu'on peut mâcher, peut être utilisée comme antiseptique et à la fabrication de vernis et de friandises.
Les graines, comestibles mais aigrelettes, peuvent être utilisées pour produire une huile comestible.

La galle du pistachier térébinthe amène la feuille à subir une mutation pour contenir les œufs de son parasite. Les galles les plus courantes sur cette espèces sont causées par les pucerons *Forda marginata*, *Forda formicaria* et *Baizongia pistaciae* (feuille transformée en énorme « corne » atteignant20 cm de long). Très sensible aux pucerons parasites, utilisant ses feuilles pour y abriter leurs larves, ils présentent très souvent des galles rougeâtre ourlant leurs feuilles ou proliférant en forme de cornes brun rougeâtre atteignant 20 cm de long (*Baizongia pistaciae*) ne mettant pas en péril le végétal.
Il est utilisé comme porte-greffe pour le pistachier vrai. Il se reproduit par semis.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Pistachier_t%C3%A9r%C3%A9binthe,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Pistacia_terebinthus

[73] Cf. http://gardenbreizh.org/modules/gbdb/plante-1071-pistacia-terebinthus.html



Fleurs



Fruits



Galles par *Baizongia pistaciae*



Dans les gorges du Gardon (France)

11.8 Grenadier commun (*Punica granatum*)

(Famille des *Anacardiaceae*)



U $$

Cet arbre fruitier (famille des Lythracées) auto fertile, pouvant vivre 200 ans, est cultivé pour ses fruits comestibles (les grenades) et pour les qualités ornementales de ses grandes fleurs.
L'espèce tolère bien les sols calcaires et salins, une légère sècheresse (qui pourra modifier la qualité des fruits) et peut supporter de courtes périodes de gel (jusqu'à -15 °C). Il préfère les climats secs. Il se reproduit par boutures et mal par semis. Les oiseaux sont friands des fruits murs.
En zone humide, le grenadier a du mal à fructifier _ car il a besoin de fortes chaleurs pendant toute la période de fructification _ sinon il est attaqué par des maladies fongiques dont il ne se remet pas.
Le grenadier est un arbre robuste qui ne nécessite que peu de soins, mais il peut tout de même être attaqué par un puceron s'attaquant aux jeunes pousses et provoquant la fumagine, le papillon *Virachola isocrates*, la punaise *Leptoglossus zonatus*, le coléoptère xylophage Xylébore (*Xyleborus dispar* …), le zeuzère (*Zeuzera pyrina* ...), la mouche du fruit (*Ceratitis capitata*), un parasite moins courant, ne sévissant que par temps très chaud en zone méditerranéenne, une maladie fongique (*Aspergillus castaros*), en zone humide, pourrissant les fruits de l'intérieur (à traiter par bouillie bordelaise en préventif).
L'écorce du fruit est utilisée contre la dysenterie. Les fleurs fraîches du grenadier sont utilisées en infusion contre l'asthme.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Grenadier_commun,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Pomegranate



Fleurs



Fleurs et fruits (Tunisie)







Sépales de grenadier et étamines sèches après la fécondation et la chute des pétales.



Fleur de grenadier avant la chute des pétales

11.9 Grenadier de Socotra (*Punica protopunica*)

Pour mention. Arbuste de 2 m à 4,5 m de haut aux feuilles persistantes, endémique de l'île de Socotra, près de la corne africaine de Somalie (genre *Punica*).

Le feuillage n'est pas brouté par les animaux, le bois ne présente aucun intérêt économique, ni comme source énergétique, ni comme matériaux technologique. *Le fruits est très acide et âpre et n'est consommé ni par les humains ni par le bétail*.

Aire de répartition : Son aire total de répartition occupe une zone d'une centaines de kilomètres carrés sur des terrains humides calcaires ou granitiques à une altitude de 300-1 200 m parmi les bosquets de crotons. Les implantations sont très fragmentées est présentent différentes sous-populations par exemple sur les plateaux les plus hauts. Il a un port

prostré, alors qu'il est érigé aux altitudes plus basses. Dans certaines zones, il est très commun et la population se régénère normalement, alors qu'ailleurs, l'arbre peut pour des raisons inconnus avoir disparu ou ne présenter que quelques individus reliquaire.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Punica_protopunica



(b)[74]




(a)[75]


(a)

11.10 Vigne cultivée et sauvage (*Vitis vinifera*)

Ce sont des arbrisseaux sarmenteux, proche des lianes, à feuillage caduc, de la famille des *Vitaceae*, grimpants, s'accrochant à des supports par des vrilles, dont les tiges peuvent atteindre six mètres de long.
Principale espèce de vigne cultivée en Europe et dans le monde, elle est à l'origine de très nombreux cépages de cuve (cabernet, merlot, pinot, sauvignon, etc.) ou de table. Il existe actuellement entre 5000 et 10000 variétés de raisins *Vitis vinifera,* bien que seules quelques-unes aient une importance commerciale pour la production de vin et de raisin de table.
Autres espèces de vignes pour la viticulture : Outre *Vitis vinifera*, les espèces du genre *Vitis* adaptées à la viticulture sont : *Vitis labrusca*, *Vitis riparia*, *Vitis rupestris*, *Vitis berlandieri*, *Vitis amurensis*, *Vitis coignetiae*, *Vitis vulpina*, *Vitis acerifolia*, *Vitis aestivalis*, *Vitis rotundifolia* ... Certaines de ces espèces peuvent servir de porte-greffe pour des cultivars afin de les protéger de maladies parasitaires comme le phylloxéra. Des hybridations entre les espèces peuvent s'avérer par ailleurs efficaces pour lutter contre des maladies cryptogamiques comme le mildiou ou l'oïdium.
Sous-espèces : Le raisin sauvage est souvent classé comme *V. vinifera* subsp. *sylvestris* (dans certaines classifications considéré comme *Vitis sylvestris*), avec *V. vinifera* subsp. *vinifera* limité aux formes cultivées. Les vignes domestiquées ont des fleurs hermaphrodites, mais subsp. *sylvestris* est dioïque (fleurs mâles et femelles sur des plantes séparées) et la pollinisation est nécessaire au développement des fruits. Pour résumer, on accepte deux sous-espèces :

- *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* - La vigne sauvage, vigne des bois ou lambrusque, dioïque (strictement protégée en France. Sa cueillette y est interdite. Ses fruits sont plus acides et amers que ceux du raisin de cuve).

[74] Source : http://www.israelimages.com/see_image_details.php?idi=1087
[75] Sources : https://www.flickr.com/photos/dweickhoff/8101484247/
https://www.flickr.com/photos/ayra_j2/galleries/72157623117840237/

- *Vitis vinifera* subsp. *vinifera* (syn. *Vitis vinifera* var. *sativa*) - La vigne commune à proprement parler, fleurs hermaphrodites.

Racines : Un plant de vigne cultivé développe des racines qui s'enfoncent généralement à une profondeur de 2 à 5 mètres et parfois jusqu'à 12-15 mètres voire plus. Feuilles : Leurs feuilles à nervures palmées, comportant pour la plupart cinq lobes principaux plus ou moins découpés, ont généralement une base cordiforme (forme de cœur).
Fleurs : Leurs fleurs, petites et verdâtres à blanches, sont regroupées en inflorescences. Fruits : leurs fruits, de formes différentes selon les sous-espèces, sont des baies regroupées en grappes. Les graines de ces baies sont des pépins.
Distribution de la vigne cultivée : originaire de la région méditerranéenne, la vigne est désormais cultivée dans tous les continents (sauf Antarctique). Elle prospère dans une gamme de climats allant de chaud et sec, à même frais humide et subtropical, avec différents types de sols (si possible drainés, graves …). Elle peut résister à la sécheresse..
Distribution de la vigne sauvage : Afrique du Nord (Algérie, Maroc et Tunisie), Asie tempérée et moyen Orientale, Eurasie caucasienne, Europe centrale, Europe du Sud Est, Europe du Sud-Ouest (France, Espagne).
Reproduction : La multiplication de la vigne peut se faire par (voir ci-dessous) :

- Semis ;
- Bouturage ;
- Provignage (marcottage).

On peut aussi trouver *Vitis vinifera* à l'état subspontané, notamment dans le sud de la France.
Usages : L'espèce est cultivée pour ses fruits en grappes, le raisin, soit consommé frais comme raisin de table, soit transformé pour produire du jus, du vin (jus fermenté), de l'alcool, du vinaigre ou séché pour produire des raisins secs. Dans le bassin méditerranéen, les feuilles et les jeunes tiges sont traditionnellement utilisées pour nourrir les moutons et les chèvres après la taille de la vigne. Les feuilles de vigne sont remplies de viande hachée (comme l'agneau, le porc ou le bœuf), de riz et d'oignons dans la fabrication du dolma traditionnel des Balkans.
Note : Il ne semble pas que la vigne résiste au stress salin.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitis_vinifera, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Vitis_vinifera, c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Vigne_sauvage, d) https://fr.wikipedia.org/wiki/Vigne


Grappes et feuilles.


Débourrement.


Jeune rameau.


Inflorescence.


Inflorescence.


Floraison.


Cep de vigne sur son support.


Vignes cultivées (Vignoble du cognac, en Charente).



Feuille de lambrusque mâle, bord de la Charente.



Fleur mâle de lambrusque, bord de la Charente.



Pied femelle avec raisin, Conservatoire du Vignoble Charentais.



Vigne grimpante sarmenteuse, sur façade.

Tableau : Cépages résistants à la sécheresse (au stress hydrique), pour des terres non irrigables, certains pouvant supporter des températures de 45°C (auteur B. Lisan) :

Cépages	**Origine**	**Couleur**	**Mildiou**	**Oïdium**	**Botrytis**	**Gel**	**Chaleur**	**Sèchere.**
Assyrtiko	Grèce, Santorin	Blanc					👍	👍👍
Agiorgitiko	Grèce							
Torrontes riojano	Argentine	Blanc					👍	👍👍
Assyrtiko R2	Grèce	Blanc						
Torrontes riojano R2	Argentine	Blanc					👍	👍👍
Calabrèse	Italie	Rouge						👍👍
Montepulciano	Italie							
Néro d'Avola	Italie, Sicile							
Grenache rouge	Espagne	Rouge						👍
Grenache blanc	Espagne	Blanc						👍
Airen	Espagne	Blanc						👍👍
Malvoisia Sardegna	Italie	Blanc					👍	👍👍
Malvasia volcanica *malvoisie volcanique*	Lanzarote (Canaries)	Blanc					👍	👍👍
Anglianico	Italie	Blanc						
Bobal	Espagne	Rouge						
Trépat	Espagne	Rouge						👍👍
Zinfandel / Primitivo	Croatie/Italie	Rouge						
Negro amaro								
Saperavi								
Fiano							👍	👍👍
Manseng noir	France (ancien)	Rouge					👍	
Tardif	France (ancien)	Rouge					👍	
Ramsey	Australie	Porte-greffe					👍	👍👍
Morrastel	Espagne							
Vidoc	France (INRA)	Rouge	👍	👍				👍👍
Artaban (IJ131)	France (INRA)	Rouge	👍	👍				👍👍
Floréal B	France (INRA)	Blanc	👍	👍				👍👍
Voltis	France (INRA)	Blanc	👍	👍				👍👍

Cépages	Origine	Couleur	Mildiou	Oïdium	Botrytis	Gel	Chaleur	Sèchere.
Bronner B	France (INRA)	Blanc	👍	👍	↘		👍	👍👍
Mourvèdre	France, Langued							
Cabernet-Sauvignon								
Vitis berlandieri	Amérique	Porte-greffe					👍	👍👍
Cinsaut	France (ancien)	Rosé	👍	👍			👍	👍👍
Rolle	France (ancien)	Rosé	👍	👍			👍	👍👍
Vitis rotundifolia (Muscadine)	Amérique	Porte-greffe	👍 Variable	👍 Variable			👍	👍👍
Monarch Noir		Rouge	👍	👍	👍			
Muscaris Blanc		Blanc	👍	👍	👍			
Prior Noir		Rouge	👍	👍	👍			
Souvignier Gris		Blanc	👍	👍	👍			
Feteasc̆ă neagră ou noir des pucelles	Roumanie	Rouge	👍			Hiver Print.	👍	👍👍
110R	Australie						👍	👍👍
140Ru	Australie						👍	👍👍
Saperavi	Géorgie	Rouge	👍	👍		Hiver	👍	👍👍
Bourboulenc (B)	France, Langued	Blanc					👍	👍👍
Tourbat (B), torbato, caninu ou malvoise du Roussillon	Italie, Sardaigne	Blanc	↘	↘			👍	👍👍
Morastel, graciano	France (ancien)	Rouge	(↘)	👍			👍	👍👍
Agiorgitiko	Grèce	Rouge	↘	↘	↘ ?		👍	(↘)

Note : tableau à compléter.

11.11 Arganier (*Argania spinosa*)

(Famille des *Anacardiaceae*)




U $?



Arbre endémique du Maroc (dans la région du Sud-Ouest et en particulier la plaine du Souss) et de la région de Tindouf en Algérie (famille des *Sapotaceae*), aux rameaux *épineux*, de 8 à 10 m de haut, vivant jusqu'à 150-200 ans, il fournit l'huile d'argan, extraite de ses amandes. Encore appelé *affiache*.
Son fruit jaune-brun à maturité contient une noix très dure abritant deux ou trois amandons.
Un arbre produit, chaque année, de 10 kg à 30 kg de fruits environ. Il a besoin de soleil.
Il faut environ 38 kg de fruits ou bien 2,6 kg d'amandons pour produire 1 litre d'huile.
Ses feuilles, vert sombre et coriaces, sont consommées par les dromadaires et les chèvres.
Son système racinaire particulièrement profond est dépourvu de poils absorbants. Il profite d'une symbiose avec différents types de champignons pour pallier cette déficience, seuls ces derniers pouvant apporter les différents nutriments à l'arbre. La reproduction artificielle et la mise en culture de celui-ci nécessite ainsi l'inoculation de plusieurs espèces de champignons au niveau de ses racines. L'aire géographique de l'arganier bénéficie d'une forte humidité, tant par les précipitations saisonnières que par une fraîcheur relative, que l'arganier piège et restitue au sol. Peu exigeant en eau (climat aride à semi-aride). S'il est peu exigeant en matière de sol, il semble apprécier l'air humide (influence océanique).

Pluviométrie annuelle : 150 à 250 mm en plaine; 200 à 450 mm en montagne. Source : http://ma.chm-cbd.net
L'arganier supporte les températures élevées (50°C à Taroudant), mais pas les basses températures. On l'a vu résister à 7°C à Agadir.
Distribution : S. Aziki estime que des forêts d'arganiers plus vastes et denses existaient autrefois mais qu'elles ont été dégradées par l'homme et ses troupeaux domestiques. Les semences peuvent être conservées au sec, plus de 8 ans.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Arganier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Argania,
c) http://www.vulgarisation.net/bul95.htm,
d) http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Fiche-presentation-arbre-arganier.pdf,
e) *Multiplication végétative de l'arganier au Maroc (projet John Goelet),*
http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT64_304_5BellefonMonte304.pdf







11.12 Palmier-dattier (*Phoenix dactylifera*)

(Famille des *Arécacées*)


?

U $

C'est une plante (famille des *Arécacées* / Palmiers, sous-famille des *Coryphoideae*), de 15 à 30 m de haut, largement cultivé pour ses fruits : les dattes.
Dans l'agriculture d'oasis saharienne, c'est la plante (et non pas un arbre, au sens botanique, car ne produisant pas de vrai bois), dominant la strate arborée des arbres fruitiers, poussant à son ombre et couvrant cultures maraîchères, fourragères, voire céréalières.
Le palmier dattier résiste à un grand écart de température (-5 à 50 °C), a un optimum de croissance entre 32 et 38 °C et ne pousse plus en dessous de 7 °C. L'activité végétative se réduit dès 40 °C et cesse autour de 45 °C. Le givre fait des dégâts. Le palmier dattier peut tolérer environ 5 g/l de sel.
La pollinisation se fait normalement par le vent. Le plus souvent à la main.
La propagation des palmiers dattiers se fait par clonage, soit par prélèvement de drageons ou rejets, soit par culture in vitro.
En Tunisie, on compte plus de 300 variétés2,3, au Maroc, environ 150. En Algérie, plus de 1160 cultivars sont recensés.
Toutes les parties de l'arbre sont utilisés, pour faire des cordes, des paniers, des ruches, comme poutres pour les maisons …
Il est sujet à de nombreuses maladies dont le bayoud (fusariose, champignon *Fusarium oxysporum*) etc.

Ses graines ou semences [et leur pouvoir germinatif] se conservent très longtemps.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Phoenix_dactylifera, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Date_palm,
c) Date Palm Cultivation, FAO, http://www.fao.org/docrep/006/Y4360E/Y4360E00.HTM,
d) http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_date_palm_diseases



Palmeraie d'Elche



Avant la cueillette à Tolga (Aurès, Algérie)



Régime de dattes



11.13 Arbre de Josué ou Joshua tree (*Yucca brevifolia*)

(Famille des *Asparagacées*)



?



U

Originaire du sud-ouest d'Amérique du Nord, de Californie, Arizona, Utah et Nevada, cet arbre (famille des *Asparagacées*) est à croissance rapide pour le désert; les nouveaux plants peuvent croître à un taux moyen de 7,6 cm (3,0 po) par année, dans leurs dix premières années, puis que croître d'environ 3,8 cm (1,5 po) par an par la suite. Il tolère les sols pauvres, alcalins et salins. Il résiste à des températures entre 4 & 46°C.
Les fleurs sont produites au printemps, en panicules de 30-55 cm de hauteur et 30-38 cm de large.
Les amérindiens ont utilisé les feuilles de Y. *brevifolia* pour tisser des sandales et des paniers et ont récolté les graines et boutons floraux pour se nourrir. Les racines de ce yucca contiennent des glycosides de saponine (toxiques).
Comme la plupart des plantes du désert, leur épanouissement floral est tributaire de la pluviométrie au bon moment. Ils ont également besoin d'un gel de l'hiver avant de pouvoir fleurir.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Yucca_brevifolia, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Yucca_brevifolia,
c) Yucca brevifolia, http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/yucbre/all.html#94








11.14 "Palmier porcelaine" (*Yucca filifera*)

(Famille des *Asparagacées*)


?

U

Originaire des zones arides du Nord-est du Mexique, ce Yucca, très ramifié, aux feuilles droites ensiformes, se développant en rosettes en forme de grappes à la fin de chaque branche, peut atteindre 15 m de hauteur.
On le distingue des autres yuccas par son inflorescence de fleurs blanches, en grappe retombante.
Ses fleurs et ses feuilles sont utilisées au Mexique pour l'alimentation humaine. Dans l'agro-industrie, ses fibres servent à la fabrication du papier ou pour certains combustibles. La saponine extraite du tronc ou est utilisée dans l'industrie pharmaceutique et comme nutraceutique dans l'élevage. La saponine extraite des racines est toxique.
Cette plante est pollinisée par un papillon de nuit (*Tegiticula yuccasella*) qui ne se trouve que dans son habitat naturel, ailleurs l'intervention de l'homme est nécessaire pour obtenir une fructification. Il prospère dans des régions sèches et semi-arides _ les précipitations annuelles moyennes sont de 250 mm, et les températures varient de 40 °C à –30 °C _ au climat subtropical tempéré par la continentalité et l'altitude (l'essentiel de cette région se trouve entre 1 000 et 1 500 m d'altitude) et dont les sols drainant sont sableux ou pierreux. Les gelées sont occasionnelles dans son aire de répartition naturelle, notamment dans la partie mexicaine du désert de Chihuahua et il peut supporter des températures minimales de –15 °C 15.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Yucca_filifera, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Yucca_filifera,
c) http://es.wikipedia.org/wiki/Yucca_filifera








11.15 *Washingtonia sp.*

(Famille des *Arécacées*)


?


U

Washingtonia est un genre de la famille des *Arécacées* (Palmiers).Originaire du Sud-Ouest des États-Unis (Californie, du sud-ouest de l'Arizona) et du nord-ouest du Mexique, il se développe en colonies, dans les gorges et les canyons humides des régions arides. Les deux espèces (*Washingtonia filifera, Washingtonia robusta*) sont très cultivées en dehors de leur habitat naturel, notamment dans les pays tempérés, pour leur bonne résistance au froid qui avoisine les - 10°/-12°C. Elles ont de plus une croissance très rapide.
Les Amérindiens utilisaient leurs feuilles comme chaume et faisaient de la farine avec les fruits du *Washingtonia filifera,* qui sont comestibles et présentent de bonnes qualités nutritives. Les fruits sont des drupes. Parvenus à maturité, ils prennent une couleur marron-noir. Ils mesurent de 6 à 10 mm de diamètre. Le palmier jupon mesure jusqu'à 23 m de hauteur. Le palmier à jupon ou palmier de Californie (*Washingtonia filifera*) est considéré comme envahissant à Hawaii et en Australie dans la région de Perth.

Sources : a) https ://fr.wikipedia.org/wiki/Washingtonia, b) https ://fr.wikipedia.org/wiki/Washingtonia_filifera



Washingtonia filifera dans son habitat naturel (Palm Cayon, USA).



Palmiers *Washingtonia filifera* dans le Parc d'État d'Anza-Borrego Desert.





11.16 Olivier (Olea europaea)

(Famille des *Oléacées*)





U $

Variété, domestiquée depuis plusieurs millénaires et cultivée dans les régions de climat méditerranéen, de l'une des sous-espèces d'arbre fruitier toujours verts de *Olea europaea* (famille des Oléacées), produisant les olives, un fruit consommé sous diverses formes et dont on extrait une huile alimentaire, l'huile d'olive.
Résistance à la sècheresse : En cas de sécheresse, les feuilles sont capables de perdre jusqu'à 60 % de leur eau, de réduire fortement la photosynthèse et de fermer les stomates permettant les échanges gazeux pour réduire les pertes en eau par évapotranspiration, permettant ainsi la survie de l'arbre au détriment de la production fructi-florale. C'est grâce à sa feuille que l'olivier peut survivre en milieu aride. Quand il pleut, les cellules foliaires s'allongent pour emmagasiner l'eau. Et, en cas de sécheresse, les feuilles se rétractent et bloquent l'activité de photosynthèse au détriment des fruits.

Racines : Lors de la germination du noyau, le jeune plant développe une racine pivotante. Puis en croissant, l'olivier développe un système racinaire essentiellement peu profond 60 à 100 cm à développement latéral, dont les racines principales débordent peu l'aplomb du feuillage, alors que les racines secondaires et les radicelles peuvent explorer une surface de sol considérable. Le chevelu racinaire se limite en général au premier mètre de sol et est particulièrement développé dans les zones plus humides. Au-delà du premier mètre poussent des racines permettant

l'alimentation de l'arbre en cas de sécheresse. Seules les radicelles émises au cours de l'année permettent l'absorption de l'eau. Les racines de l'olivier sont capables d'extraire de l'eau en exerçant une importante force de succion de l'ordre de - 25 bars sur le sol, contre - 15 bars en général pour les autres espèces fruitières, lui permettant de prospérer là où d'autres se flétriraient. Pour limiter la concurrence hydrique entre les oliviers, l'espacement entre les arbres doit tenir compte des ressources en eau : la plantation sera plus rapprochée dans les oliveraies irriguées et plus espacée dans les vergers en culture pluviale soumis à la sécheresse.

L'Olivier cultivé (*Olea europaea europaea europaea*) descend de l'oléastre, l'olivier sauvage (*Olea europaea europaea silvestri*s).

Multiplication : L'olivier peut être multiplié par différentes méthodes : noyaux d'olives (méthode hasardeuse), morceaux de souche et rejets (souquets), greffes et bouturage herbacé.
Maladie : une seule maladie est réellement mortelle pour l'arbre, le pourridié (*Armillaria mellea*). Autres maladies : Chancre ou « rogne » ou Tuberculose de l'olivier (*Pseudomonas savastanoi*), fumagine (*Capnodium oleaginum* ou *Fumago salicina*) etc.

Insectes : cochenille noire de l'olivier (*Saissetia oleae*), mouche de l'olive (*Bactrocera oleae*), teigne de l'olivier (*Prays oleae*), hylésine de l'olivier (*Hylesinus oleiperda*), zeuzère du poirier (*Zeuzera pyrina*), otiorhynque de l'olivier (Otiorhyncus cribricolis) etc.
L'olivier cultivar 'Picual', originaire d'Espagne, est autofertile, vigoureux, précoce, et s'adapte bien aux sols secs et est résistant au sel (jusqu'à 10dSm-1).

Il existe cinq autres sous-espèces d'*Olea europaea* :

- *Olea europaea subsp. cerasiformis* (Madère ; sous-espèce tetraploïde),
- *Olea europaea subsp. cuspidata* (la sous-espèce la plus largement répandue dans le monde : Afrique du Sud jusqu'au Sud de Égypte, et du Sud de l'Arabie jusqu'en Chine, régions sèches d'Asie …),
- *Olea europaea subsp. guanchica* (îles Canaries),
- *Olea europaea subsp. laperrinei* (Massifs montagneux du Sahara : Hoggar (Algérie), Aïr (Niger), et Jebel Marra (Soudan)),
- *Olea europaea subsp. maroccana* (Haut Atlas (Maroc) ; sous-espèce hexaploïde).

Production : L'olivier ne produit naturellement qu'une année sur deux en l'absence de taille, et la production s'installe lentement, progressivement, mais durablement : entre 1 et 7 ans, c'est la période d'installation improductive, dont la durée peut doubler en cas de sécheresse ; jusqu'à 35 ans, l'arbre se développe et connaît une augmentation progressive de la production ; entre 35 ans et150 ans, l'olivier atteint sa pleine maturité et sa production optimale. Au-delà de 150 ans, il vieillit et ses rendements deviennent aléatoires.

Sa longévité est exceptionnelle, peut-être plus de 3000 ans. Il peut atteindre jusqu'à15 m de hauteur.
Par ailleurs, des populations envahissantes ont été signalées en Australie et dans certaines îles du Pacifique. Les analyses génétiques ont démontré que ces populations ont deux origines distinctes, l'une à partir de formes cultivées méditerranéennes (Sud Australie) et l'autre à partir de formes sauvages de la sous-espèce *cuspidata* du Sud de l'Afrique (e.g. Est Australie, Hawaï). Une possibilité d'hybridation entre ces deux formes a également été rapportée4.
Climat et pluviométrie : L'olivier exige un climat doux, lumineux, et supporte tout à fait bien la sécheresse. Il craint plutôt le trop d'eau et donc les excès d'arrosage (apport de trente à quarante litres d'eau, une à deux fois en juillet et août, et seulement la première année après la plantation). Avec six-cents millimètres de pluie bien répartis sur l'année, l'olivier se développe et produit normalement. Entre 450 et 600 mm/an, la production est possible, à condition que le sol ait des capacités de rétention en eau suffisantes, ou que la densité de la plantation soit plus faible. Dans le sud de la Tunisie, où la pluviométrie peut être inférieure à 100 mm par an, la plupart des plantations comportent moins de vingt arbres par hectare.

L'olivier ne résiste pas en général à une température inférieure à -15 °C sauf pour certaines rares variétés (Mouflal −25 °C). De 35 à 38 °C, la croissance végétative s'arrête et à 40 °C et plus, des brûlures endommagent l'appareil foliacé, pouvant provoquer la chute des fruits, surtout si l'irrigation est insuffisante.

Sources : a) http://gardenbreizh.org/modules/gbdb/plante-275-olea-europaea.html
b) *Long term responses of olive trees to salinity*, Agricultural Water Management, Volume 96, Issue 7, July 2009, Pages 1105–1113.
c) http://fr.wikipedia.org/wiki/Olivier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Olive,
d) http://fr.wikipedia.org/wiki/Olea_europaea, e) Oela (genre), http://fr.wikipedia.org/wiki/Olea



↖ Fruits verts – Fruits mûrs ↗



↖ Fleurs jeunes – Fleurs ↗





Olea europaea ssp. sylvestris(oléastre) à Majorque.





Tronc ↗



Oliviers envahissants, Adelaide Hills ,Australie.



Planche d'illustration d'*Olea europaea* par Franz Eugen Köhler dans *Plantes médicinales de Köhler*.

11.17 Amandier (*Prunus dulcis*)

(Famille des *Rosaceae*)




U $

Arbre dont les fleurs d'un blanc rosé, apparaissent avant les feuilles. C'est le premier arbre fruitier à fleurir à la fin de l'hiver.
Il peut atteindre 6 à 12 mètres de haut. Il vit en moyenne plus de 100 ans et se multiplie par semis ou par greffes. Son bois, de bonne qualité, s'utilise en ébénisterie.
Il valorise les terres pauvres car il peut pousser sur des sols dolomitiques, caillouteux, secs, pauvre en matière organique. Il a très peu d'exigences sauf un sol profond et perméable. Il s'accommode même des sols légèrement salés et se plaît sur les sols calcaires. L'amandier qui préfère un sol calcaire et sec (ph 7,5), très perméable pour évacuer les excès d'eau. Il craint la pluie quand cela dure trop longtemps, surtout si le sol est lourd et non drainé.
Les fleurs de l'amandier sont très sensibles au froid et cet arbre a besoin de lumière, de soleil et d'air sec. La pollinisation dépend essentiellement des abeilles. La récolte d'amandes fraîches (en vert) se fait manuellement en mai et juin.

La récolte d'amandes sèches a lieu en septembre, octobre, lorsque l'écale (la partie verte qui entoure la coque) est bien ouverte et sèche. Il aime le soleil, il résiste bien à la sécheresse (50 à 60 mm d'eau par mois pour se développer / 800 à 850 mm/an).

Son fruit est l'amande et est consommable par l'Homme. L'amande est très riche en huile, protéines, glucides et vitamines. Elle contient 50 % de lipides avec en majorité des acides gras, soit en moyenne : 75 % d'acide oléique, 18 % d'acide linoléique et 7 % d'acide palmitique. Elle se mange telle quelle ou séchée. L'huile d'amande amère extraite du noyau est, depuis l'Antiquité, très utilisée pour ses propriétés cosmétiques, adoucissantes et hydratantes en cas d'inflammation cutanée (cicatrisante et anti-inflammatoire en cosmétologie). Elle adoucit, tonifie la peau et est utilisée en dermatologie. Elle est aussi laxative, utilisée par les éleveurs et vétérinaires comme purgatif pour le bétail. Les espèces d'amandiers sauvages (*Prunus dulcis amara*) sont toxiques, alors que les amandes domestiques ne le sont pas. L'amande amère (fruit de l'amandier sauvage), est toxique pour l'homme et peut être mortelle à certaines doses car elle contient un glycoside cyanogénique (amygdaline), qui donne par hydrolyse de l'acide cyanhydrique lors de la consommation[76].

Maladies : Les maladies cryptogamiques comme la moniliose, l'anthracnose, le coryneum et plus récemment le verticillium ainsi que les ravageurs tels que les pucerons, les scolytes, les acariens et le capnode sont les principaux agents biotiques qui compromettent la production et la longévité des amandiers. Il existe des différences de sensibilité variétale.
La moniliose (due à *Monilia taxa*) provoque le dessèchement des bouquets floraux. Puis des chancres se développent sur les rameaux, causant la mort des parties situées au-dessus. La criblure (due à *Coryneum bejerinckii*) se manifeste par la formation de taches circulaires brunâtres sur les feuilles, taches qui se perforent facilement. En outre, sur les rameaux naissent de petites lésions circulaires qui laissent exsuder de la gomme. Pour lutter dans les deux cas, commencer par couper les rameaux malades. Pulvériser des fongicides à base de cuivre (bouillie bordelaise), ou à base de captafol et de thirame pour la criblure. En cas d'attaques de pucerons
Des observations sur le terrain et l'intervention des services de la protection des végétaux permettent d'établir un calendrier de traitements en fonction des conditions climatiques locales et des cycles des parasites.
On cultive généralement l'amande douce *Prunus dulcis var. dulcis* à coque épaisse et dure, dont on se sert en pâtisserie surtout pour fabriquer la pâte d'amande. L'amande à coque tendre (*Prunus dulcis var. fragilis*) est aussi comestible et très appréciée pour la table à l'état frais, moins par l'industrie, car la coque très mince se brise facilement.
Cet arbre fruitier, à feuilles caduques, peut se multiplier par semis ou par greffes.
Même autofertile, l'amandier sera bien productif s'il est en présence d'une autre variété pollinisatrice.
L'amandier n'est généralement pas autofertile ce qui implique la proximité d'un second arbre fleuri en même temps.
Noms Scientifiques : *Prunus amygdalus var. dulcis*. Synonymes : *Amygdalus communis var. dulcis, Prunus amygdalus var. sativa, Prunus communis var. sativa, Prunus dulcis*.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Amandier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Almond,
c) http://frutales.files.wordpress.com/2011/05/manual_cultivo_almendro.pdf
d) http://www.legume-fruit-maroc.com/amandier.php, e) Maladies amandiers, http://www.agrimaroc.net/87.pdf,
f) http://www.jardiner-malin.fr/fiche/amandier-taille-plantation.html







[76] Mais elle est utilisée dans la composition de certains médicaments.









11.18 Figuier commun (*Ficus carica*)

(Famille des *Moraceae*)



U $

Le Figuier comestible ou Figuier commun, est un arbre fruitier caduque, dioïque (famille des Moracées) donnant des fruits comestibles appelés figues.
C'est le seul représentant européen du genre Figuier qui représente près de 600 espèces, la plupart tropicales.
Le figuier mâle qui ne donne pas de fruits comestibles, est aussi appelé « Caprifiguier » (c'est-à-dire « Figuier de bouc »).
Il semble originaire d'une zone de climat tempéré chaud, englobant le pourtour du bassin méditerranéen jusqu'à l'Asie centrale.
Certaines variétés peuvent cependant atteindre 8 mètres de hauteur pour dix mètres de périmètre en conditions favorables (zone peu gélive, sol frais et fertile) - au tronc souvent tortueux, au port souvent buissonnant. Toutes les parties de la plante (rameaux, feuilles, fruits) contiennent un latex blanc et irritant.
Les figuiers sauvages ont pour particularité d'avoir une reproduction dépendant d'une symbiose avec un insecte : le blastophage (sauf pour les variétés parthénocarpiques dites autofertiles). Cet insecte assure la pollinisation des fleurs femelles. En retour, le figuier abrite et nourrit l'insecte, dont le cycle se déroule quasi entièrement dans la plante. L'hiver, les ovaires, transformés en galles, des fleurs femelles des figues-mammes (des plants mâles) contiennent leurs larves .
Peu exigeant, le figuier est robuste, nécessitant peu voire pas de traitements, et peut produire très longtemps.
Le chancre du figuier (*Diaporthe cinerescens*), est la seule maladie ayant une incidence économique.
Le figuier peut être cultivé sur une large gamme de sols, sable aride et pauvre, riche limon, argile lourde ou calcaire, pourvu qu'il y ait suffisamment de profondeur, de drainage et de nourriture. Le sol sablonneux demi-sec contenant une bonne dose de chaux est idéal lorsque la récolte est destinée au séchage. Les sols très acides ne sont pas adaptés. Le pH doit être compris entre 6,0 et 6,5. L'arbre est assez tolérant à une salinité modérée7. Il se développe sauvage dans les zones sèches et ensoleillées, avec des sols profonds et frais, également dans les zones rocheuses, du niveau de la mer à 1.700 mètres.

Les racines du figuier étant souvent peu profondes, il faut éviter de travailler le sol au pied de l'arbre et procéder à un paillage en été pour conserver l'humidité du sol. Le paillage permet également de réduire la sensibilité aux nématodes.
Le figuier commun se bouture très facilement en prélevant durant l'hiver des rameaux d'une vingtaine de cm de long de 2 ou 3 ans d'âge soit environ 1 cm de diamètre (ou à défaut un rameau avec bourgeon terminal intact mais le taux de réussite sera alors plus faible) qu'on plante tel quel dans un substrat maintenu humide et au chaud12. On peut aussi le multiplier par semis.
Note : Le genre Figuier (Ficus) représente près de 600 espèces, la plupart tropicales.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus_carica, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Common_fig






11.19 Figuier sycomore (*Ficus sycomorus*)

(Famille des *Moraceae*)



U ?

Cet arbre (famille des moracées), mesurant jusqu'à 20 m de haut et 6 m de large, pousse du Sénégal au Nord Est de l'Afrique du Sud, dans la péninsule Arabique et certaines régions de Madagascar, à l'exclusion des régions tropicales humides.
Ses figues comestibles, de 2 à 3 cm de diamètre, passant du vert au jaune rosé, poussent en grappe tout au long de l'année. Mais elles sont souvent remplies d'insectes.
Une guêpe *Ceratosolen arabicus*, vivant en symbiose dans son fruit, l'aide à se reproduire sexuellement. Dans les zones tropicales, où la guêpe est commune, des mini-écosystèmes complexes, impliquant la guêpe, les nématodes, les autres guêpes parasites, et divers grands prédateurs, tournent autour du cycle de vie de la figue.
Les fruits comme les feuilles peuvent servir d'alimentation pour le bétail en améliorant la production de lait.
Il a un port étalé donnant une ombre appréciée dans les pays chauds.
Le figuier sycomore se propage bien par bouture classique ou même par large tronçon.
Dans son habitat d'origine, l'arbre pousse généralement sur des sols riches, le long des rivières et dans les forêts mixtes.
Note : Pas d'indication dans la littérature sur sa résistance au sel (?).
Suggestion : On pourrait faire pousser les figuiers dans les limans.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Figuier_sycomore, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Ficus_sycomorus
c) http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Ficus_sycomorus.pdf










11.20 Dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*)

(Famille des *Zygophyllaceae*)



U



Cet Arbre à feuilles caduques, fixateur d'azote, *très épineux*, atteignant 8 m de haut, aux branches nombreuses, très ramifiées, est utilisé en agroforesterie.

Il présente des adaptations morphologiques à la sécheresse : pubescence, sclérification, feuilles coriaces, rameaux chlorophylliens réduit à l'état d'épines de 2 à 7 cm, système racinaire double (un appareil racinaire superficiel étendu capte de manière très performante l'eau immédiatement après les précipitations dans un rayon de 20 mètres et un appareil racinaire profond puise dans les réserves du sol jusqu'à 7 mètres). Il peut survivre à de grandes sécheresses, telles celles de 1972-1973 et 1984-1985, jusqu'à deux ans en l'absence de précipitations. Il pousse lentement. Il sert aux haies vives.

L'homme le cultive au Sahel, en Égypte, au Soudan, en Arabie et en Inde. Il est commun au Sénégal et en Mauritanie. Il pousse bien en sol sablonneux et désertiques sur tout type de géomorphologie : dépressions, fond des vallées, plaines, et même montagnes. Il tolère une grande variété de types de sols, du sable à fortement argileux et des niveaux d'humidité allant d'aride à subhumide. Il est relativement tolérant aux inondations, à l'activité de l'élevage, et aux feux.

Ses feuilles sèches tombées (talufakt en tamasheq) et les fleurs (azakalkal en tamasheq) sont consommées par différents ruminants : dromadaires, chèvres et moutons, les éléphants … Il s'agit d'un excellent pâturage, très appétent.

Le pouvoir germinatif des graines est augmenté après leur ingestion par une chèvre.

La partie jaune du fruit, au goût sucré avec une pointe d'amertume, est souvent consommé frais par succion, une fois débarrassé de son épicarpe. De l'huile alimentaire est également extraite des amandes. Au Mali, on fait également macérer le fruit pour produire une boisson, l'asaborad et l'amande contenue dans le noyau,

appelée tandilba, est consommée après une longue cuisson. Les feuilles sont quant à elles séchées et réduites en une poudre utilisable dans différentes sauces.
Le liquide obtenu en pressant le fruit est utilisé traditionnellement pour stimuler la production de lait des mères allaitantes, et les graines sont utilisés pour traiter des troubles digestifs. L'huile est également utilisée pour soigner des problèmes cutanées.
Les graines et l'écorce de Balanites aegyptiaca ont des effets molluscicides sur l'escargot *Biomphalaria pfeifferi*.
Le bois jaune pâle à brunâtre est utilisé pour fabriquer des meubles et des outils. Il fournit un bon bois de feu et un bon charbon de bois.
Note : Pas d'indication dans la littérature sur sa résistance au sel (?).
Sources : a) http ://fr.wikipedia.org/wiki/Balanites_aegyptiaca, b) http ://en.wikipedia.org/wiki/Balanites_aegyptiaca
c) http ://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Balanites_aegyptiaca.pdf







11.21 Madd (*Saba senegalensis*)

(Famille des *Apocynaceae*)



U

(latex)

Le Madd (ou made) est le fruit d'une plante rampante ou liane ligneuse sauvage, à vrilles, à latex blanc (toxique), nommée *Saba senegalensis*, poussant dans les savanes africaines, généralement en bordure de cours d'eau, plutôt dans la moitié Sud du Sénégal, mais aussi cultivé comme arbuste. C'est une espèce à écorce gris foncé, à feuilles entières opposées aux limbes elliptiques ou ovales. La floraison est étalée sur toutes les saisons. Les fleurs sont très odorantes et de couleur blanche, jaunâtre ou blanc verdâtre. Son fruit arrive à maturité avec les premières pluies, après avoir passé plus d'un an sur la liane...
Son fruit est une coque globuleuse qui contient des graines enrobées de pulpe jaune juteuse, acidulée et sucrée.
On peut déguster le fruit tel quel ou l'assaisonner avec du sucre, du sel et du piment.
C'est possible de faire du jus avec le Madd. Mélangées avec de l'eau et du sucre, les pulpes donnent un délicieux jus.
C'est un fruit riche en vitamine C, thiamine, riboflavine, niacine, en vitamine B6, acide malique, calcium, phosphore et en magnésium. Son fruit est appelé zaban (en bambara ou dioula), malombo (dans le bassin du Congo), maad (en wolof), made (en français d'Afrique) et wèda (en mooré), ou côcôta (en Côte d'ivoire).
On le retrouve aussi en Afrique de l'Est, lui ou un fruit voisin (et une plante très voisine), *Saba comorensis*, en Tanzanie par exemple.

Le *Saba senegalensis* est apprécié pour son ombrage et son rôle ornemental. Il est de plus en plus utilisé dans les aménagements paysager, se développant sur un ou sans support.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Saba_senegalensis,
b) https://uses.plantnet-project.org/fr/Saba_senegalensis


Plante (*Saba senegalensis*)


Fruit (*Saba senegalensis*)


Fleurs (*Saba senegalensis*)




Fruit ouvert et pulpe (*Saba senegalensis*).


Fleur de *Saba comorensis*

11.22 Bungo, mbungo ou vigne en caoutchouc (*Saba comorensis*)

C'est une plante grimpante ou liane répandue dans la plupart des pays d'Afrique tropicale, ainsi qu'à Madagascar et aux Comores. Cette liane peut mesurer plus de 20 m de long. Elle produit un latex collant quand on la coupe. Cette plante présente des feuilles vertes, simples, opposées, elliptiques et sessiles avec un bord entier, à base arrondie, à extrémité obtuse ou arrondie, mesurant de 7 à 16 cm de long sur 4 à 8 cm, des fleurs très parfumées à cinq pétales de couleur blanche. Les fleurs s'organisent en ombelles à terminaisons courtes, leurs corolles sont tubulaires, avec une gorge jaune et des pétales blancs.

Le fruit mesure 4-8 cm de long et 3.5-6 cm de large. D'abord vert, il vire au jaune orangé avec une peau d'orange dure. Une fois ouvert, il contient une douzaine de pépins marron foncé, qui ont la même texture qu'une graine de mangue avec les fibres et le jus enfermés dans ces fibres. Le fruit donne également un jus délicieux au goût de mangue, orange et ananas. L'espèce ne fructifie pas chaque année. La période de floraison de cette *plante envahissante* est assez variable. Elle débute en octobre au Burkina faso et en février en Tanzanie.
Sources : a) https://en.wikipedia.org/wiki/Saba_senegalensis

11.1 Hanza ou aizen (*Boscia senegalensis*)

C'est une espèce d'arbustes, à feuilles persistantes, de la famille des *Capparaceae* (celle des câpres), originaire d'Afrique de l'Ouest (Sahel).
Aliment traditionnel en Afrique, son fruit peu connu en Occident a le potentiel d'améliorer la nutrition, renforcer la sécurité alimentaire, favoriser le développement rural et l'entretien durable des terres.
Cet arbuste peut pousser n'importe où de 2 à 5 m (6 pi 7 po à 13 pi 1 po) de hauteur dans des conditions favorables. Il supporte bien le vent. Les feuilles à pétiole court sont petites et coriaces. Elles atteignent 12 cm × 4 cm (4,7 po × 1,6 po). Il produit des fruits, regroupés en petits bouquets, sous la forme de baies jaunes sphériques, jusqu'à 1,5 cm (0,59 pouces) de diamètre. Ces fruits contiennent 1-4 graines, qui sont d'une teinte verdâtre à maturité.
Utilisations : Ses graines sont transformées en diverses produits alimentaires. Elles servent à la fabrication d'entre autre de couscous, farines, gâteaux, biscuits, popcorns, hommos, et boissons. L'espèce à des utilisations médicinales. Il est reconnu comme une solution potentielle à la faim et un tampon contre la famine dans la région du Sahel.
Amertume : Les graines de hanza sont à l'état brut fortement amères, un goût dû à des doses élevées de glucocapparine (MeGSL). Pour qu'elles soient rendues comestibles, elles doivent d'abord être désamérisées. Ceci se fait habituellement par des techniques d'immersion prolongée dans l'eau, pouvant durer une semaine. La glucocapparine se dégage dans l'eau, où elle se retrouve dans une forme transformée, en methylisothiocyanate (MeITC). Cette eau amère a des effets de pesticide et d'herbicide.
L'amertume du hanza joue un rôle de pesticide naturel, qui protège les fruits lorsqu'ils sont sur l'arbre. Il est rare de voir des prédateurs s'attaquer aux fruits avant que ceux-ci ne soient pleinement mûrs. C'est alors seulement que les oiseaux s'intéressent à leurs mésocarpes sucrés. De même, des graines amères récoltées et séchées n'ont pas de parasite connu lors du stockage. Ainsi, les graines de hanza peuvent être conservées durant des années sans grand effort, tant qu'ils sont à l'abri de la pluie et de l'humidité. Ils peuvent ensuite être désamérisés et consommés au fur et à mesure, selon le besoin. Ceci peut être d'une grande utilité dans la recherche de la sécurité alimentaire.
Source : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Boscia_senegalensis, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Boscia_senegalensis


Boscia senegalensis, apparus dans un champ


Feuilles et fruits



Fruits non mûrs



Pain hanza, biscuits et hanza cuit, Zinder, République du Niger.

11.2 Ditax, ditakh, detar et « arbre à suif » (*Detarium senegalense*)

C'est une espèce d'arbres africains, pouvant atteindre 40 m de haut, natif du Sénégal et d'autres pays d'Afrique de l'Ouest. Contrairement à la plupart des espèces de Fabacées (légumineuse), il produit des fruits sphériques ou de forme ovale, de couleur verte, avec pulpe farineuse, et ne fixe pas des quantités significatives d'azote. Il fournit aussi des ingrédients pour la médecine traditionnelle et un bois de qualité.

Description : il a des branches épaisses irrégulièrement disposées. Le tronc des arbres adultes atteint typiquement 60 à 100 cm de diamètre. Son fruit est une drupe sphérique vert foncé contenant une pulpe fibreuse entourant une graine unique. Cette disposition est proche de celle des fruits du tamarinier. La saveur aigre-douce du fruit est appréciée et celui-ci se conserve bien sur les étals, grâce à sa peau épaisse et à sa pulpe sèche.

Toxicité et amélioration génétique : *Certains individus produisent par exemple des fruits toxiques* et il n'existe pas de moyen certain de les distinguer de ceux dont les fruits sont comestibles. Les arbres qui produisent des fruits toxiques sont souvent identifiables par la présence de fruits intouchés à leur pied, alors que les animaux s'en emparent normalement très rapidement. Les arbres du genre *Detarium* n'ont pas encore été systématiquement cultivés ou améliorés génétiquement, alors qu'il est nécessaire de l'améliorer génétiquement, pour pouvoir les exploiter plus largement en agriculture et résoudre ce problème de toxicité.

Habitat, écologie : Ces arbres poussent généralement dans les forêts-galeries, les savanes ou le long des berges des rivières. Ces arbres supportent bien la sécheresse et peuvent pousser dans des zones infertiles, dans la mesure où ils sont relativement insensibles à la nature du sol, à l'altitude, à la chaleur et à l'humidité.

Reproduction, feuillaison, floraison, fructification : Cet arbre se propage grâce à ses graines, souvent transportées par les éléphants ou les chimpanzés qui consomment ses fruits. Ces graines germent entre 6 et 10 semaines après avoir été dispersées, mais leur taux de germination est naturellement bas. Il possède deux phases de fructification. Il perd généralement ses feuilles au début du mois de mars et elles repoussent quelques semaines plus tard. La floraison se produit après le développement des jeunes feuilles. À mesure que le fruit mûrit, son goût devient plus sucré et il se charge en vitamine C. Il atteint son plein mûrissement entre août et novembre, selon la région.

Le temps de multiplication peut être réduit par la greffe. Pour *Detarium senegalense*, la greffe apicale est la plus efficace, si elle est faite à la fin de la saison sèche.

Maladies : Leur bois présente une bonne résistance aux attaques des termites, des *Platypodinae* et des térébrants marins ; il est cependant sensible à celles des *Bostrichidés* du genre *Lyctus*.

Utilisations : La farine d'« ofo » produite à partir des graines est souvent utilisée pour épaissir les soupes. La pulpe du fruit est mangée directement, en sorbet, en jus, en confiture ou séchée comme des dattes. Le bois, surnommé « *acajou africain* », est caractérisé par sa teinte brun-rouge sombre. Il est lourd mais facile à travailler et résiste à l'humidité, aux intempéries et à des ravageurs comme les termites et autres térébrants. Il est apprécié pour la construction de bâtiments, de clôtures et de bateaux, mais aussi comme bois de chauffe, car il brûle facilement et proprement. *Ces arbres sont souvent employés dans les programmes de reboisement dans les zones au sol dégradé, puisqu'ils poussent bien même sur des sols pauvres*.

Stockage : Leur stockage à environ 4 °C leur conserve leur qualité en limitant la perte de vitamine C. Lorsque le fruit s'abime, sa peau devient brun-jaune. Un tamis est utile pour séparer les débris et la graine de la pulpe, et un mortier permet de réduire celle-ci en purée.
Economie, sécurité alimentaire : Les « detars » jouent aujourd'hui un rôle important dans la cuisine et l'économie du Sénégal. Il pourrait contribuer à la sécurité alimentaire, à une agriculture durable et au développement rural. Des fruits comme le ditakh peuvent contribuer à l'amélioration des conditions de vie locale (aliment et source de revenus), dans la mesure où ils sont riches en nutriments, faciles à préparer et ont un goût communément apprécié. Le jus de ditakh, riche en vitamine C, est délicieux et très apprécié au Sénégal.
Tabous et conflits : Il est important d'essayer d'améliorer l'estime des populations pour les fruits sauvages, car leur consommation est traditionnellement mal considérée.
Des conflits pour la possession des arbres peuvent aussi survenir si ceux-ci ne sont pas cultivés. Une solution potentielle est l'adoption de la « sylviculture de sauvegarde », où les populations locales bénéficient d'une part garantie des profits, ce qui les motive à préserver la ressource sauvage.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Detarium_senegalense,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Detarium_senegalense
c) https://www.senegal-export.com/le-ditakh,91
d) https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_(PROTA)


fruits






Infusion de fruits de ditakh


Jus





Port de l’arbre © P. Poilecot. CIRAD



© Sénégal Export.

11.3 *Combretum glutinosum*

C'est un arbre caduque, de la famille des *Combretaceae*, à croissance rapide, pouvant atteindre 12 m de hauteur et 60 cm de diamètre, présent en Afrique tropicale, depuis le Sénégal, la Mauritanie, jusqu'au Soudan et en Ouganda. Plus ou moins pérenne, il perd ses feuilles pendant quelques mois durant la saison sèche des régions les plus sèches, mais les conserve dans la savane.
Description : Il possède une couronne ouverte avec des branches basses qui retombent et est à feuilles caduques. Le tronc est généralement tordu et bas ramifié, avec une écorce rugueuse gris-noir. Les feuilles vertes coriaces épaisses ont une sensation gommeuse et sont gluantes quand elles sont jeunes. La plante fleurit pendant la saison sèche après les feux de brousse qui facilitent le rinçage des feuilles qui favorise la floraison. Au Burkina Faso et au Mali, les fleurs ont tendance à apparaître entre décembre et mars, mais cela varie d'une région à l'autre et les fleurs peuvent apparaître jusqu'en juillet. Le fruit est une samare elliptique à quatre ailes et a une sensation collante, rougeâtre et devient jaunâtre vers la fin de la saison. Le fruit mesure généralement 2,5 à 4 centimètres (0,98 à 1,57 in) de long et 1,5 à 3 centimètres (0,59 à 1,18 in) de diamètre. Il porte des fruits généralement en janvier et la fructification dure jusqu'en novembre.
Habitat : On la rencontre dans la savane arborée, habituellement sur des sols peu profonds, dégradés, plutôt sableux, drainés, dans des zones où les précipitations sont comprises entre 200 et 700 mm (900 mm) par an.
Maladies : Les parasites végétaux, infectant *Combretum glutinosum*, sont ceux de la famille des *Loranthacées*.
Récolte : Les graines sont récoltées en secouant les branches de l'arbre.
Utilisations : Récoltée à l'état sauvage, l'espèce connaît de très nombreuses utilisations. Quoique amères, les jeunes feuilles sont parfois consommées comme légumes. Les graines sont oléagineuses et un kilogramme contient environ 20 000 graines, et il a un rendement potentiel en huile d'environ 24%. Plusieurs parties de la plante sont employées pour fabriquer divers colorants. Le bois est dur, dense et résistant. On l'utilise pour la construction, la menuiserie, la fabrication d'outils, ou pour faire du charbon de bois. Il est très prisé en médecine traditionnelle et des travaux scientifiques ont mis en évidence la présence de plusieurs composants actifs[77].
Stockage des graines : Les graines conservées pendant 18 mois à une température maintenue à 4 °C (39 °F) ont un taux de germination de 84 % à la plantation. 95% de germination a également été rapporté par "*après séchage à des teneurs en humidité en équilibre avec 15% d'humidité relative et congélation pendant 1 mois à (-) 20 degrés C*." La température optimale pour la germination se situerait entre 25 °C (77 °F) et 30 °C (86 °F).
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Combretum_glutinosum
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Combretum_glutinosum
c) https://uses.plantnet-project.org/fr/Combretum_glutinosum_(PROTA)

[77] L'analyse chimique des feuilles de la plante a permis d'identifier de l'acide gallique, de l'acide ellagique, des glycosides flavonoïdes et 4 tanins; les tanins rapportés sont le 2,3-(S)-hexahydroxydiphenoyl-D-glucose, la punicaline, la punicalagine et la combreglutinine.



Feuilles de Combretum glutinosum, Réserve de Pama, Burkina Faso



Une espèce de *Combretum* au Burkina Faso.



Port de l'arbre en fruits (Prota).



Branches en fruits (Prota).

12 Arbres utiles pour le fourrage, le bois et d'autres usages



Albizia lebbeck © Bruce Cook

12.1 Khejri ou Ghaf (*Prosopis cineraria*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*)



U

Il est l' Arbre de Vie à Bahreïn. Ce petit arbre, de 3 à 5 m de haut, a une durée de vie d'environ 400 ans ou plus. Il pousse dans les déserts dépourvus de toute source visible de l'eau.

Le bois de P. cinéraire est une bonne source d'énergie, et offre un excellent charbon de bois [4] [7]. Les feuilles, appelées "Loong" en Inde et les gousses sont consommées par le bétail et sont un fourrage bénéfique. Au Rajasthan, en Inde, P. cinéraire est cultivé dans un cadre de l'agroforesterie en collaboration avec le mil [7]. L'arbre est bien adapté à une agroforesterie souple, car il a un seule épaisseur de feuillage, il est un fixateur d'azote (contribuant ainsi à enrichir le sol), et sa profonde racine évite la concurrence pour l'eau avec les cultures.
Comme d'autres *Prosopis spp.*, *Prosopis cineraria* a démontré une tolérance pour les environnements fortement alcalins et salins.
L'arbre se rencontre dans des conditions extrêmement arides, avec des précipitations aussi faibles que 150 mm par an; dans ces conditions, sa présence est indicative d'une nappe d'eau profonde.
Cet arbre ne convient pas pour la plantation dans les zones riveraines (sur les berges de rivières) ou des environnements subhumides où il peut devenir un colonisateur agressif et se propager rapidement.
Mais il est à préférer au Mesquite (Prosopis juliflora).
Source : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Prosopis_cineraria
b) www.winrock.org/fnrm/factnet/factpub/FACTSH/P_cineraria.htm







Prosopis cinéraire ou Khejri ou Ghaf
(*Prosopis cineraria*).

12.2 *Callitris tuberculata* ou *Callitris preissii*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*)



U

Callitris tuberculata est un arbuste persistant, atteignant jusqu'à 8 m, la famille de la famille des cyprès (Cupressaceae), originaire du sud de l'Australie occidentale. Selon l'INRA, il est l'arbre le plus résistant du monde à la sécheresse.
Note : La cavitation correspond à la formation d'une bulle d'air dans les vaisseaux des arbres (xylème), qui rompt la colonne d'eau et rend ainsi impossible le transport de la sève dans l'appareil vasculaire. La cavitation se produit lors d'épisodes de sécheresse sévère et conduit à la mort de l'arbre lorsqu'elle atteint des taux importants. Or le *Callitris tuberculat*a possède une grande résistance à ce phénomène.
Synonyme : *Callitris preissii* Miq.[78], *C. robusta*
(°) partie orientale du sud des Wheatbelts de la région de Goldfields dans le Grand désert de Victoria. *Callitris tuberculat*a pousse principalement sur les collines et les plaines de sable du désert rouge et sur les dunes côtières.
Sources : a) *Extreme aridity pushes trees to their physical limits*, Larter M., Brodribb J., Pfautsch S., Burlett R., Cochard H., Delzon S., 2015, Plant Physiology. doi:10.1104/pp.15.00223, b) http://de.wikipedia.org/wiki/Callitris_tuberculata, c) http://www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/Toutes-les-actualites/Communique-presse-Callitris-tuberculata-l-arbre-le-plus-resistant-du-monde-a-la-secheresse,
d) https://fr.wikipedia.org/wiki/Callitris_preissii, e) http://www.theplantlist.org/tpl/record/kew-2692900,
f) http://bie.ala.org.au/species/urn:lsid:biodiversity.org.au:apni.taxon:409007 (?)
Contact scientifique : Sylvain Delzon (05 40 00 38 91) Unité Biodiversité, gènes et communautés (Inra, Université de Bordeaux),





Source : https://www.anbg.gov.au/photo/apii/id/dig/3343

12.3 *Pterocarpus angolensis*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*)



U

Originaire d'Afrique australe, on le trouve en Angola, au Mozambique, en Namibie, en Afrique du Sud, au Swaziland, en Tanzanie, au Zaïre, au Zimbabwe et en Zambie.
Il est également connu sous le nom d'arbre à bois de sang, car lorsqu'il est haché ou endommagé, une sève rouge foncé qui ressemble étrangement au sang, suinte de l'arbre. En fait, le but de la sève est de coaguler et de sceller la plaie pour favoriser la guérison, tout comme le sang.

[78] Cf. Selon http://www.theplantlist.org/tpl/record/kew-2692923

Pterocarpus angolensis est un arbre à feuilles caduques de taille moyenne avec une couronne ouverte, arrondie ou étalée ; il pousse généralement de 5 à 20 mètres de haut mais des spécimens allant jusqu'à 35 mètres. Parfois, la plante n'est qu'un arbuste pouvant atteindre 5 mètres de haut.
Les arbres qui poussent sur de bons sites en pleine lumière vivent jusqu'à 100 ans, âge auquel ils atteignent une hauteur d'environ 20 mètres ou plus, avec un diamètre de couronne de 10 à 12 mètres et un diamètre de fût de 50 à 60 cm. Son épaisse écorce liégeuse le protège des feux de brousse.

Usages
Son bois brun est résistant aux termites et foreurs, est durable et a un parfum agréable épicé. Ce bois se polit bien et est connu en Afrique tropicale sous le nom de "Mukwa" quand il est utilisé pour fabriquer des meubles. Comme il ne gonfle pas ni ne se réduit au contact de l'eau, il est idéal pour la construction de pirogues.
Une espèce de bois clé dans toute son aire de répartition, donnant un bois de haute qualité (bois précieux).
La plante est également souvent cultivée comme arbre d'ornement pour les rues et l'ombre, étant particulièrement appréciée pour ses masses de fleurs jaune-orange parfumées.

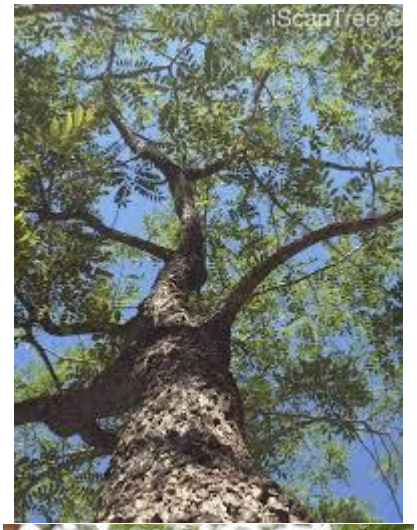
Reproduction
La régénération est suffisante mais peut être épisodique, en fonction des incendies ou des fortes précipitations.

Menaces
Dans la plupart des régions de son aire de répartition, l'espèce est devenue moins fréquente, en particulier là où elle est fortement utilisée par les populations locales.
Dans certaines parties de son aire de répartition, *les arbres les plus grands et les plus matures sont menacés par la surexploitation du bois, ce qui entraîne le déclin de certaines sous-populations en dehors des zones protégées et parfois à l'intérieur des sites protégés en raison de l'exploitation forestière légale et illégale*. Dans les zones d'extraction, la structure de taille des sous-populations est devenue tronquée, les arbres plus petits étant beaucoup plus courants que ceux de plus grande taille, ce qui réduit la quantité de graines produites par la population. On s'inquiète de l'impact que cela pourrait avoir sur la régénération de certains sites.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour établir dans quelle mesure cela menace la viabilité future de l'espèce. Malgré ces menaces pour l'espèce, il est probable qu'une grande population de *Pterocarpus angolensis* subsistera dans toute son aire de répartition, car tous les arbres ne sont pas exploitables en raison de défauts ou de leur petite taille. L'espèce est également très répandue. La persistance de l'espèce à un stade de suffruque et sa capacité à coloniser des paysages exposés sont également à son avantage. On sait que de grands peuplements sont encore présents par endroits, en particulier dans les zones protégées d'Afrique du Sud, du Botswana et de Namibie .
La plante est classée comme "préoccupation mineure" dans la liste rouge des espèces menacées de l'UICN.
Sources : a) *Pterocarpus angolensis*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Pterocarpus_angolensis
b) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Pterocarpus+angolensis+DC.
c) http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Pterocarpus+angolensis









Fleur



Graines



Graines



Fleur



Sève rouge



Sève rouge









Bois.




Source : https://fr.made-in-china.com/co_safiimportexport/product_Umbila-Pterocarpus-Angolensis_engoeyuyg.html

12.4 Lebbeck ou bois noir (*Albizia lebbeck*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*)




U ↗

Arbre pouvant atteindre 18 à 30 m de haut, originaire des régions tropicales du sud de l'Asie, il est largement cultivé et naturalisé dans d'autres régions tropicales et subtropicales. Les bovins le préfèrent en tant que fourrage.
Habitat / écologie: « forêts fermées tropicales, zones perturbées. Les habitats indigènes de cet arbre fixateur d'azote comprennent les bancs de sable des rivières, les savanes, les forêts et les endroits broussailleux. Il est bien adapté aux sols pauvres, tolère le brouillard salin côtier ». (Weber, 2003, p 36.). Souvent planté comme arbre d'ombrage à croissance rapide.
« *L'arbre produit de grandes quantités de graines et des plantules à croissance rapide et il peut atteindre des densités élevées. Les surgeons de ses racines, une fois établies forment des peuplements denses* » (Weber, 2003, p 36.).
A Porto Rico, il apparaît dans une liste gouvernementale sur les espèces envahissantes (Federal Highway Administration, 2001). En Afrique du Sud, A. lebbeck envahit les brousses côtières et les berges. Il est considéré comme invasive au Venezuela, dans les Caraïbes, les îles du Pacifique, à la Réunion …
Taux « d'invasivité » : A évaluer (Australie), Score : 4. Risque élevé (Pacifique), le score: 7
Usages : Il est souvent utilisé pour son fourrage, en agroforesterie, ses applications médicinales, son bois, comme arbre d'ombrage. Certains herbivores l'utilisent comme ressource alimentaire.
Source : a) https://uses.plantnet-project.org/fr/Albizia_lebbeck,
b) http://www.hear.org/pier/species/albizia_lebbeck.htm,
c) http://fr.wikipedia.org/wiki/Albizia_lebbeck,
d) http://www.mi-aime-a-ou.com/Albizia_lebbeck.php
e) http://www.doc-developpement-durable.org/fiches-arbres/Fiche-presentation-albizia-lebbeck.pdf



Fleurs et graines



Fleurs et feuilles





Graines



12.5 Cassier (*Acacia farnesiana*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*)





C'est un acacia atteignant une hauteur de 8 à 10 m environ, à inflorescence globuleuse et fortement parfumé largement répandu dans les régions tropicales.
Les branches retombantes, de cet arbuste au port érigé, sont armées de longues *épines* stipulaires, droites et blanches, de 1,5 à 5 cm.
Il possède une floraison en glomérules (12 mm de diamètre) [en boules] de fleurs jaunes, très parfumées.
Les graines, brunes _ dans des gousses rondes, brunes à noirâtres d'environ 7 cm de long _, mesurent jusqu'à 7 mm de long.
Usages : On extrait des fleurs une huile utilisée en parfumerie. Le feuillage est une source importante de fourrage, contenant environ 18% de protéine. En Australie, le feuillage de cet arbuste est parfois utilisé pour nourrir le bétail. L'écorce est utilisée pour son tanin. Les feuilles sont utilisées comme un tamarin pour aromatiser les chutneys et les gousses sont torréfiés pour être utilisées dans les plats aigre-doux. Mais son usage le plus commun est ornemental ; il peut être planté seul ou en bosquet, mais il est aussi utilisé pour constituer des haies. L'écorce et les fleurs sont, utilisées, en médecine traditionnelle, contre le paludisme, pour traiter les diarrhées et les maladies de la peau, en la frottant avec les feuilles.
Peu exigeant en ce qui concerne la nature du sol, cet arbuste préfère les situations ensoleillées et résiste à la sécheresse. Aux Antilles, on le trouve dans les fourrés *épineux* xérophiles.
Cette espèce est originaire d'Amérique tropicale, et répandue par l'homme dans d'autres zones chaudes du monde, comme dans de nombreux pays d'Afrique, et en Australie. Elle est commune dans les Antilles françaises.
Appelé parfois Cassie ancienne, Cassie du Levant, Mimosa de Farnèse (pour certains auteurs, *Vachellia farnesiana*).

Propagation : par les graines. Durée de vie : 25 à 50 ans. Il prospère dans les endroits secs, salins, ou les sols sodiques. Il est considéré comme envahissant en Australie (Nouvelle-Galles du Sud), aux Fidji. Invasivité : Risque élevé, score: 14 (Australie).
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Cassier, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Vachellia_farnesiana,
c) http://www.hear.org/pier/species/acacia_farnesiana.htm







12.6 *Acacia seyal*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*, sous-famille des *Mimosaceae*, selon la classification phylogénétique).






Arbre *épineux* à l'écorce verdâtre ou rougeâtre pâle de 6-10 m (20-30 pi) de hauteur. Avec l'A*cacia senegal*, il s'agit d'une des deux espèces produisant de la gomme arabique. La gomme obtenue à partir de cette espèce est de consistance plus friable (ou *Vachellia seyal* selon certains auteurs).
Ses fleurs sont réparties dans des grappes rondes jaunes claires d'environ 1,5 cm dans (0,5 po) de diamètre. Ses *épines* peuvent atteindre 7-20 cm de long. Dans *Vachellia seyal* var. *Fistula*, plus fréquente sur les sols argileux lourds, la base renflée de des *épines* offrent un abris à certaines fourmis symbiotiques.
Son aire de distribution va de Égypte au Kenya et à l'ouest du Sénégal. Au Sahara, il pousse souvent dans les vallées humides.
Cette espèce comprend plusieurs variétés distinctes : Selon Catalogue of Life (19 juin 2013) :
Variété *Acacia seyal* var. *fistula* et variété *Acacia seyal* var. *seyal*
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Acacia_seyal, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Vachellia_seyal







12.7 *Faidherbia albida* (Synonyme *Acacia albida*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).




Arbre *épineux* mesurant jusqu'à 30 m de hauteur et 2 m de diamètre, originaire d'Afrique et du Moyen-Orient.
Sa racine pivotante pénétrant profondément le sol (jusqu'à 15 m de profondeur2) le rend très résistant à la sécheresse.
Il pousse dans des zones recevant 250-600 mm de précipitations annuelles. Le *Faidherbia albida* a une stratégie de vie inversée par rapport à la plupart des arbres de zones arides. Il est le seul arbre de la zone semi-aride sahélienne à perdre ses feuilles à la saison des pluies et à reverdir en fin de saison des pluies, en prolongeant sa période de feuillaison en saison sèche (« *phénologie inversée* »). Perdant ses feuilles en début de la nouvelle saison des pluies, elles se décomposent mieux.
C'est une espèce intéressante pour l'agroforesterie car elle offre un ombrage et un fourrage apprécié du bétail. L'arbre s'alimente dans les nappes phréatiques profondes et ne concurrence pas les cultures, de plus sa litière améliore les sols. En pleine saison sèche les stomates se ferment et les feuilles réduisent de moitié leur « pertes » d'eau, avec alors une moindre capacité photosynthétique, probablement liée à un manque d'azote disponible et mobilisable par l'arbre. Ils sont capables, en saison des pluies, de changer de stratégie et de prélever alors leur eau près de la surface. Ils évapo-transpirent beaucoup d'eau, surtout en début de la saison sèche (+/- 400 litres/jour pour un arbre dont le tronc mesure 65 cm de diamètre, cependant, comme il y a peu de ces arbres par hectare, leur rôle de transfert d'eau de la nappe vers l'atmosphère reste limité, bien qu'atteignant environ 5 % des pluies.
Ses fleurs fournissent du pollen aux abeilles à la fin de la saison des pluies, quand la plupart des autres plantes locales n'en ont pas. Les gousses sont très importantes pour l'alimentation du bétail (bovins, dromadaires, etc.). Ses fruits et ses feuilles sont utilisés dans la pharmacopée traditionnelle. L'arbre fournit également du bois et le tannin de son écorce.
L'acacia Faidherbia Albida est considéré par les populations soudano-sahéliennes comme l'« arbre miracle » du fait de ses nombreuses fonctions et de sa capacité à pousser dans des sols sablonneux semi-arides.
Il tolère l'inondation et la salinité saisonnière mais ne peut pas supporter les sols argileux lourds (selon l'ICRAF).
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Faidherbia_albida, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Faidherbia_albida,
c) http://database.prota.org/PROTAhtml/Faidherbia%20albida_En.htm,

d) http://www.fao.org/docrep/006/s4009f/S4009F22.htm
e) *Les moissons du futur*, Marie-Monique Robin, ARTE, http://www.arte.tv/fr/faidherbia-l-arbre-miracle/6984730,CmC=6984954.html
f) http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Fiche-presentation-Faidherbia-albida.pdf,
g) *Faidherbia albida*, World Agroforestry Centre (ICRAF), http://www.worldagroforestry.org/sea/products/afdbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=1



Système de racines d'*Acacia albida*



Palmiers rônier et Faidherbia poussants en agroforesterie dans un champ de maïs.





Fleur (à gauche), gousse (à droite)



Gousses











12.8 *Acacia dudgeoni*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).



U

Petit arbre ou arbuste avec une houppe étalée [au port étalé], à fleurs blanches, en grappes de 2,5 à 6,0 cm de long. Gousse oblongue, aplatie, glabre, 3,0-8,0 x 1,5-2,5 cm, brun pâle, comme du papier, ressemblant à ceux d'Acacia Sénégal. Il préfère les sols à texture moyenne à fine.
Distribution : Écozones soudaniennes et guinéennes, dans des conditions de sol relativement humide dans le sud du Sahel (vallées étages, autour des étangs, etc.).
Produits et utilisations : broutage / pâturage, bois de service, bois de feu, charbon de bois, de fibre (racines), médecine (anti diarrhéique) et la réhabilitation des terres et des sols.
Il s'hybride avec Acacia laeta et Acacia Sénégal dans leur zones de chevauchement.
Sources : a) http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/gbase/DATA/Pf000353.htm
b) L'acacia au Sénégal, IRD, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010016064.pdf







Fleurs





Gousse (à gauche), écorce (à droite).

12.9 *Acacia senegal* ou *Senegalia senegal*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).



U $$

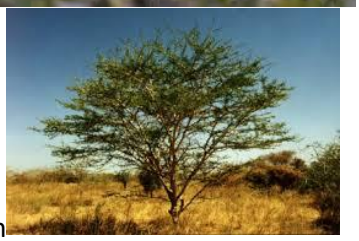


Cet arbre *épine*ux, encore appelé gommier blanc, peut atteindre une hauteur de 5-12 m et un tronc de 30 cm de diamètre. Il peut être multiplié par semis ou boutures.
S. senegal est la source de la gomme arabique de la plus haute qualité dans le monde. On tire de l'exsudat de l'*Acacia senegal* la gomme arabique, utilisée à large échelle dans les industries pharmaceutique, alimentaire, cosmétique et textile (elle est utilisée comme additif alimentaire, dans l'artisanat, et comme cosmétique). On le récolte en pratiquant des entailles dans le tronc et les branches de l'arbre. Le bois très dense sert à fabriquer des manches d'outils et à produire un charbon de haute qualité. L'écorce est riche en tannins et est utilisée dans la pharmacopée populaire pour ses propriétés astringentes et expectorantes. Le jeune feuillage est très utile comme fourrage (les éléphants, les girafes … l'apprécient). Les graines séchées sont utilisées comme nourriture par l'homme. L'écorce de l'arbre et ses racines sont utilisées pour fabriquer de la corde.
Comme les autres espèces de légumineuses, *S. senegal* fixe l'azote dans les rhizobiums ou bactéries fixatrices d'azote qui vivent dans les nodules des racines. Cette fixation de l'azote enrichit les sols pauvres où il est cultivé, permettant la rotation d'autres cultures dans les régions naturellement pauvres en éléments nutritifs. Sa croissance est lente.
Il est adapté aux régions chaudes et sèches, même à des pluviométries pouvant atteindre 300 à 500 mm par an.

Il aurait des propriétés médicinales et traiterait les saignements, la bronchite, la diarrhée, la gonorrhée, la lèpre, la fièvre typhoïde et les infections des voies respiratoires supérieures (à vérifier). De 2003 à 2007, le prix de la tonne de gommes est passé de 1500 $ à 4500 $.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Acacia_S%C3%A9n%C3%A9gal,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Senegalia_senegal,
c) http://database.prota.org/PROTAhtml/Acacia%20senegal_En.htm







m



Gomme arabique



12.10 Arbre Salam (*Acacia ehrenbergiana*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).



U $$

Arbuste d'environ 4 ½ m de haut, très résistant à la sécheresse, présent dans le Sahara, au nord du Sahel, Afrique de l'Est et de l'Arabie.
Il peut survivre dans les zones avec une gamme de précipitations entre 50 et 400 millimètres (2,0 et 15,7 po) par an. Il croit généralement dans les dépressions et des ravins peu profonds, les lieux où l'on peut s'attendre que l'eau s'infiltre dans le sol, lors des rares occasions où la pluie tombe. Il est souvent dominant dans le type de végétation de la zone dans laquelle il se développe. Il est important qu'il ne soit pas surexploité en raison de son importance pour les peuples autochtones .

Le feuillage d'*Acacia ehrenbergiana* est utilisé pour l'alimentation du bétail et les arbres sont parfois étêtés à cet effet. Il s'agit d'une plante fourragère importante pour les chameaux, les chèvres et les moutons. Les fleurs sont visitées par les abeilles qui font du miel d'acacia à partir du nectar. Le bois est utilisé pour le charbon de bois et le bois de chauffage. La fibre de l'écorce sert à faire des cordes. La sève produit une faible qualité de gomme qui suinte de parties endommagées du tronc. Une pommade est faite à partir de parties broyées la plante.
Difficultés pour sa multiplication : faible taux de germination des graines et une forte mortalité des semis. Il existe une technique de multiplication in vitro (voir biblio ci-dessous).
La plante ressemble un peu à A. seyal avec lequel il a été parfois confondu.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Acacia_ehrenbergiana, b) http://plants.jstor.org/upwta/3_271, c) The useful plants of west tropical Africa, Vol 3, Burkill, HM 1985. d) In vitro regeneration and multiplication for mass propagation of Acacia ehrenbergiana Hayne: a potential reclaiment of denude arid lands, S. B. Javed, M. Anis, P. R. Khan, I. M. Aref, Agroforestry Systems, June 2013, Volume 87, Issue 3, pp 621-629 (article payant), http://link.springer.com/article/10.1007/s10457-012-9583-8






12.11 *Acacia ampliceps*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).



U $$

Arbuste ou petit arbre 2-8 m de haut, aux fleurs blanc ou de crème par 25-50 formant une boule.
A. *ampliceps* fait partie, avec A. *bivenosa*, d'un complexe qui comprend également A. *ligulata, A. salicina et A. sclerosperma*, bien que les trois derniers soient morphologiquement très différents du premier. Tandis que les trois autres A. *sclerosperma, A. ligulata et A. salicina* se développent très bien dans les zones arides méditerranéennes de Tunisie et d'Israël (Le Houérou et Pontanier, 1987). *A. sclerosperma* est donc le seul du groupe à être en forme à la fois au Sahel et dans les terres arides du bassin méditerranéen dans l'état actuel des espèces introduites dans les deux

écozones. En raison de son port buissonnant, complexe, s'étendant latéralement, *A. sclerosperma* est particulièrement adapté à des projets de lutte contre l'érosion (Dommergues et al., 1999).
Note : *A. ampliceps*, *A. bivenosa* et *A. sclerosperma* se développent bien au Sahel et Cap-Vert, mais pas A. *ligulata* et A. salicina (Delwaulle, 1979; Hamel, 1980; Cossalter, 1985, 1986, 1987).
Il est endémique d'une région du Territoire du Nord et des régions de Kimberley et de Pilbara en Australie-Occidentale où il est présent le long des cours d'eau et dans les plaines inondables, sur les dunes de sable côtières et les marais salants poussant sur des sols sablonneux.
Durée de vie: jusqu'à 50 ans. Il nécessite 200-800 mm et 3-7 mois de saison des pluies. Il peut être trouvé sur les sols sableux ou limoneux alluviaux ou alcalins. Il est très tolérant à la salinité (on l'appelle aussi Acacia salé). L'arbre est sensible au gel.
Usage : bois dur rond, bon combustible, bon fourrage, les graines sont consommées par les humains.
Reproduction : Il se propage par ses semences.
Source : a) http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000362.htm,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Acacia_ampliceps









Plantation en Australie.
Source : http ://www.ncbi.nlm.nih.gov/

12.12 *Bauhinia rufescens*

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).





?

Arbuste de la famille des Fabacées, de 1-3 mètres de haut, mais pouvant atteindre 8 mètres, originaire des régions semi-arides de l'Afrique comme le Sahel, où il est fréquent.
Les rameaux sont disposés dans un même plan, les plus petits sont en forme d'*épine*s. L'écorce est grise, lenticellée. Les feuilles sont petites, fortement bilobées, gris-vert mat, persistantes. Les fleurs sont jaune-verdâtre à blanc rose,

de type cinq, groupées en racèmes de 5 cm. Ses gousses sont indéhiscentes, contournées en spirale et brun foncé, presque noires à maturité ; elles contiennent de 4 à 10 graines.
La multiplication par graines après traitement à l'eau bouillante et refroidissement lent donne un taux de germination de 40%.
Sols : peu exigent, sur des sites secs et sablonneux, pierreux, également sur des sols argileux latéritiques, souvent dans des terres en jachère. Elle est rustique et pousse sur tous les types de sol. Espèce recommandée pour la création de haies-vives défensives, fourragères ou ornementales.
Bauhinia fixe l'azote de l'air. C'est un arbuste fourrager important : la valeur fourragère des rameaux feuillés est de 0,12 UF/kg et celle des gousses vertes ou sèches est de 0,94 UF/kg. Les rameaux sont appréciés des ovins, des caprins et des chameaux, les feuilles par les bovins. L'écorce est tanifère. Elle est découpée en bandes pour tresser des cordes. De nombreux usages en pharmacopée : fébrifuge, diurétique, antientéralgique et autres usages. Le bois est brun clair à grain fin. On l'utilise en charpente, sculpture, artisanat et comme bois de feu. Il est également utilisé comme plante ornementale.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Bauhinia_rufescens,
b) (CIRAD) http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/42/92/75/PDF/Bauhinia-rufescens.pdf,
c) *Bauhinia rufescens* (CIRAD), https://agritrop.cirad.fr/518849/1/document_518849.pdf,
d) http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000148.htm
e) http://ne.chm-cbd.net/biodiversity/la-diversite-biologique-vegetale/les-especes-vegetales-et-leurs-utilites/bauhinia-rufescens







Bois.




12.13 Arbre pilon ou Casse du Sénégal (*Cassia sieberiana*)

(Famille des Fabacées / *Fabaceae*).

 **U** ?

Cassia sieberiana est un arbre caduque, de 10-20 mètres de hauteur, ayant des fleurs jaunes très lumineuses.
On le trouve dans la partie sud du Sahel, au Sénégal, Soudan et Ouganda. On le trouve aussi en Afrique de l'Est.
Dans les régions très sèches, c'est un arbuste. En général, il n'est jamais seul et pousse au sein de groupes d'autres plantes.
Il pousse mieux dans les sols bien drainés et humides avec une pluviométrie annuelle d'environ 500 mm (20 pouces).
L'extrait doux des tiges est utilisé comme nourriture. Des bâtonnets à mâcher peuvent également être fabriqués à partir de la racine. Il a de nombreuses utilisations médicinales. Les racines sont utilisées comme diurétique et vermifuge et pour traiter des maladies telles que l'éléphantiasis, la lèpre, la diarrhée, les hémorroïdes, la dysenterie et les maladies vénériennes. Il peut également être utilisé pour soulager les symptômes, liés au cycle menstruel, et les douleurs. D'autres utilisations incluent le traitement des oreilles avec la racine et les graines. Les graines sont aussi utilisées comme sédatifs. L'écorce de racine est également utilisée en outre pour l'hydropisie, l'enflure et la goutte. Enfin, les feuilles aident à traiter les symptômes de l'arthrite et les rhumatismes. Les gousses font également l'objet d'un commerce local, en particulier comme vermifuge.
Il est principalement multiplié par graines.
Sa racine est très utilisée comme tonique et aphrodisiaque en poudre ou en macération (allégations à vérifier).
Cassia sieberiana est utilisé pour fabriquer des outils, des pilons, mortiers, et également utilisé pour la construction car c'est un bois très dur, résistant aux termites. En outre, il est aussi un arbre d'ornement en raison de ses fleurs aux couleurs vives.
Il est présent dans les savanes arborées ou arbustives où la pluviométrie annuelle est inférieure à 800 mm. Il pousse le plus souvent dans les lieux argileux (°).
Note : Mais selon la base de données PROTA, il préfère un sol sableux et acide (!).Donc donnée à vérifier.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Cassia_sieberiana,
b) http://database.prota.org/PROTAhtml/Cassia%20sieberiana_Fr.htm,
(°) c) Selon http://www.seyilaabe-htkm.com/2011/01/la-chronique-du-mardi-au-jardin_11.html











12.14 Mopane ou Mopani (Colophospermum mopane)

(Famille des *Caesalpiniaceae*).



U $

Arbre caduque d'Afrique australe, de 4 et 18 m de haut. Sa feuille en forme de papillon et sa gousse fine et fragile sont caractéristiques. Il dégage une forte odeur de térébenthine. Ses graines sont résineuses.
L'arbre existe exclusivement en Afrique. Il pousse dans les régions chaudes et sèches [sans gel] situées de 200 à 1 150 mètres d'altitude des parties les plus septentrionales de l'Afrique australe[79]. Selon leur taille, ils sont regroupés en fruticées ou en forêts, forêts parfois comparées à des cathédrales de mopanes (jusqu'à 30 m).
Il pousse dans les sols alcalins (à haute teneur en chaux (calcaire ?)), peu profonds et mal drainés. Il croît aussi dans les sols alluviaux (formés par les sédiments déposés par les rivières). Il pousse mal en dehors des zones chaudes et arrosées par des pluies estivales. Pluviométrie annuelle moyenne : 200-800 mm. Sa croissance est lente.
La forte densité du bois lourd de mopane le rend résistant aux termites et pour cette raison et pour sa riche couleur rougeâtre, il est depuis longtemps utilisé dans la construction de maisons, palissades, planchers, traverses de chemin de fer ou bois de soutènement de mine. Il est également de plus en plus utilisé dans la fabrication d'instruments de musique, en particulier des instruments à vent (clarinettes …), *le Dalbergia melanoxylon* (ébène du Mozambique ou grenadille), étant de plus en plus difficile à trouver. Il est assez huileux, sèche très bien avec peu de fentes et donne aux instruments un son chaud et riche.
Il fournit des brindilles à mâcher en guise de brosse à dents. Son écorce est employée pour fabriquer de la ficelle et des produits de tannage. Il a des usages médicinaux (ses feuilles aideraient à la cicatrisation des plaies…). Son écorce est employée pour fabriquer de la ficelle et des produits de tannage. L'arbre est une source importante de nourriture pour le ver mopane (chenille de la pyrale de l'*Imbrasia belina*). Les chenilles sont riches en protéines et couramment consommées. La vente de vers mopane grillés ou séchés contribue significativement à l'économie rurale. L'arbre agit également comme plante hôte du vers à soie sauvage d'un papillon de nuit (*Gonometa rufobrunnea*). Les cocons sont récoltés pour donner de la soie sauvage. Le bois est aussi utilisé pour faire du charbon de bois. Son écorce résiste aux feux. Il ne supporte pas le gel.
(Seule espèce du genre *Colophospermum*, de la famille des *Fabaceae*). Il peut fournir un fourrage aux bovins.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Mopane,
b) http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Colophospermum_mopane.pdf,
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Mopane, c) http://www.plantzafrica.com/plantcd/colomopane.htm

[79] En Afrique du Sud, Zimbabwe, Mozambique, Botswana, Zambie, Namibie, Angola et Malawi.









Graine


Ver de mopane (*Gonimbrasia belina*)

12.15 Karanj ou arbre de pongolote (*Millettia pinnata*)

(Famille des *Fabaceae*).




Arbre à croissance rapide, fixateur d'azote, résidant en zone tropicale ou subtropicale humide (250 à 2500 ml/an) mais résistant à la sécheresse. Il pousse en plein soleil, sur des sols difficiles, même salés.
L'arbre pousse dans la plupart des sols (sablonneux et rocheux, calcaires …), même avec ses racines dans l'eau salée.
Il « s'auto-ensemence » fortement et peut propager ses racines latérales jusqu'à 9m. S'il n'est pas géré avec soin, il peut rapidement devenir une espèce envahissante (c'est le cas en Floride). Ses racines peuvent menacer les fondations de maisons. Cependant, son réseau dense de racines latérales rend cet arbre idéal pour contrôler l'érosion des sols et fixer les dunes de sable. Précipitations annuelles de 500 -2500 mm (20-100 po). Températures : de -3°C à 50°C.
L'Inde encourage actuellement fortement la plantation de cet arbre ainsi que de l'arbuste Jatropha curcas dans les zones impropres aux cultures traditionnelles, ceci dans l'optique de produire de l'huile végétale.
On peut planter 200 arbres par hectare et chaque arbre permet de produire dès la 6 ou 7e année de 25 à 40 kg de fruits dont la teneur en huile est de 30 à 35 %. Une personne peut récolter chaque jour (8 heures de travail) 180 kg de fruit. Les rendements moyens sont de5 tonnes/hectare/an la dixième année. Tandis qu'avec *Jatropha curcas* avec lequel il faut attendre 3 ans pour obtenir le rendement maximal, avec *Millettia pinnata*, cette phase de maturation dure 4 à 5 ans. Les tourteaux obtenus après extraction de l'huile sont d'excellents fertilisants. Il est souvent utilisé à des fins d'aménagement paysager comme brise-vent ou arbre d'ombrage, en raison de sa couronne large et dense et

de ses fleurs odorantes voyantes. Son bois est utilisé pour faire des poteaux et des manches d'outils. Tandis que l'huile et les résidus de la plante sont toxiques et vont induire des nausées et des vomissements en cas d'ingestion, les fruits, avec les graines (toxiques), et les pousses sont utilisés dans de nombreux remèdes traditionnels. Les jus de la plante, ainsi que l'huile, sont antiseptiques. L'huile faite à partir des graines (en contenant 25-40%), connues sous le nom d'huile de pongamia, est utilisé comme huile de lampe, lubrifiant et pour fabriquer du savon.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Millettia_pinnata,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Millettia_pinnata
c) http://davesgarden.com/guides/pf/go/93109/#b









Fleurs



Gousses



Graines

12.16 Paulownia hybride (*Paulownia elongata* x *fortunei* x *elongata*).

Pour mention : Selon cet article, ci-dessous, l'hybride *Paulownia elongata x fortunei x elongata* serait plus résistant au sel (jusqu'à 6 g / litre), que les espèces classiques de *Paulownia* (*Paulownia tomentosa, Paulownia fargesii etc.*) ou les autres hybrides (*P. elongata x elongata*, *P. elongata x kawakarnii*). Cette affirmation est encore à vérifier, parce que normalement **les *Paulownia* ne résistent pas au sel**, de plus ils consomment beaucoup d'eau. Enfin, elle n'est confirmée que par cet article.

Source : *The salinity effect on morphology and pigments content in three paulownia clones grown ex vitro*, K. Miladinova, K. Ivanova, T. Georgieva, M. Geneva and Y. Markovska, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (2) 2013, 52–56, http://www.agrojournal.org/19/02-12s.pdf





13 Arbustes résistants à la sécheresse et/ou aux sols salins

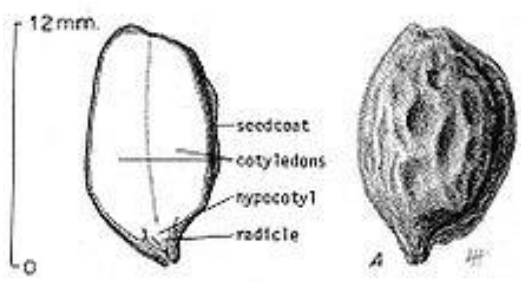
13.1 Jojoba (*Simmondsia chinensis*)

(Famille des *Simmondsiaceae*).



U $$

Cette espèce d'arbuste ou de buisson est originaire de l'extrême sud des Etats-Unis (Arizona et Californie) et du nord du Mexique.
Si le jojoba ne dépasse guère 2,5 m à l'état naturel, ses racines sont très longues, jusqu'à 30 m ou plus, ce qui lui permet d'aller chercher l'humidité très loin et très profondément dans le sol. Son feuillage rappelle celui de l'olivier.
Les graines encore appelées « amandes » ou « fèves » sont de la taille d'une olive et on les récolte à l'automne. La production est soumise à l'alternance biennale. On en extrait l'huile de jojoba, une sorte de cire liquide comparable au sébum et qui ne rancit pas.
L'huile de jojoba est utilisée dans l'industrie des cosmétiques pour diluer les huiles essentielles, en remplacement du blanc de baleine. Elle est aussi appréciée comme huile de massage, car elle pénètre facilement la peau et ne laisse pas de sensation de gras, ou encore pour la lubrification des moteurs et l'alimentation des lampes pour l'éclairage.
Les graines de jojoba ont un rendement en huile d'environ 50 % de leur poids.
La cire de Jojoba bénéficie d'une grande stabilité et peut donc être conservée durant près de 10 ans. Elle se fige à une température inférieure à 10°C mais elle supporte des températures élevées. Dans les deux cas, sa qualité n'est pas altérée. L'huile de jojoba est un fongicide utilisable contre le mildiou7. Elle est comestible, mais acalorique et non-digestible, ce qui signifie que l'huile passe à travers les intestins sans transformation et qu'elle peut avoir un effet désagréable appelé « stéatorrhée ». Le Jojoba a été étudié en tant que carburant biodiesel bon marché et durable.
Aujourd'hui, les principaux producteurs sont l'Argentine, Israël, les Etats-Unis, l'Australie et le Pérou. La culture de jojoba s'est implantée dans les régions semi-désertique d'Argentine, au nord-est du pays. Récemment, Israël s'est lancé dans la production de jojoba et compte parmi les plus grands producteurs mondiaux. On l'appelle encore « Or du désert » ou « Noix de brebis » car elle pousse dans les lieux arides, en plein soleil. Moyenne de prix : 60 à 120 euros / litre. Le jojoba peut supporter de l'eau d'irrigation légèrement salée.
Sources : a) Jojoba, https://fr.wikipedia.org/wiki/Jojoba
b) Huile de jojoba, https://fr.wikipedia.org/wiki/Huile_de_jojoba
c) Huile de Jojoba - Composition, Utilisation, Bienfaits, https://www.passeportsante.net/huiles-vegetales-g152/Fiche.aspx?doc=huile-jojoba
d) *Effect of Seawater Irrigation on Growth and Some Metabolites of Jojoba Plants*, Sameera O. Bafeel, Hanaa K. Galal, Alaa Z. Basha, January 2016, https://www.researchgate.net/publication/315831343_Effect_of_Seawater_Irrigation_on_Growth_and_Some_Metabolites_of_Jojoba_Plants



Graine



Flacon d'huile de jojoba non raffinée.



Feuillage et fruits.



Fleurs.

13.2 Arroche halime, pourpier de mer ou arroche marine (*Atriplex halimus*)

(Famille des *Amaranthaceae*).



U ↗

Originaire d'Afrique et du Sahara au Maroc, c'est un arbuste fourrager, halophyte[80] de 1,5 m à 2 m de haut. Avec son réseau très dense de rameaux dressés à partir du sol, il forme des buissons très touffus, impénétrables. Sa croissance est rapide et il peut s'étendre grâce à ses rejets souterrains.
Car tolérant des conditions sévères de sécheresse (très résistante à la sécheresse et aux embruns) et pouvant grandir dans des sols très alcalins et salins, cette plante est souvent cultivée comme fourrage et utilisée pour valoriser les zones dégradées et marginales. Elle supporte bien la taille. L'arroche marine est souvent plantée pour constituer des haies brise-vent sur le littoral. Les feuilles de l'arroche marine sont consommées crues dans les salades, dans certains pays d'Europe. Dans les zones arides d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, elle constitue un fourrage très apprécié du bétail (notamment pour les dromadaires).
Les extraits des feuilles ont montré des effets hypoglycémiques importantes.
Elle sert à la fixation biologique des dunes mobiles (par exemple, en Tunisie).
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Atriplex_halimus, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Atriplex_halimus

[80] Qui pousse en terrain salé.









13.3 Grande arroche (*Atriplex lentiformis*)

(Famille des *Amaranthaceae*).



U

Atriplex lentiformis est originaire du Sud-Ouest des États-Unis et le nord du Mexique, où elle pousse dans les habitats salins ou les sols alcalins, comme les marais salants et les lacs asséchés, sur le littoral, et dans les broussailles du désert. Il peut également être trouvée dans les sols annulaires non salins sur les berges et les bois.
Cet arroche est un arbuste, fortement ramifié, atteignant un à trois mètres de hauteur et généralement plus en largeur. Ce "Saltbush" peut atteindre 3,5 mètres (11 pi) de hauteur et de largeur dans les endroits les plus avantageuses, avec la forme d'une grande hémisphère aplatie, avec des hémisphères adjacentes fusionnant en un fourré impénétrable. Sa hauteur maximale est atteinte lorsqu'une source d'eau souterraine fournit une humidité abondante et les conditions de sol salin sont optimales. Il est utilisé dans la restauration d'habitats riverains.

Cependant, les espèces envahissantes _ le Tamaris - *Tamarix ramosissima* et le virevoltant ou Tumbleweed (de l'anglais, littéralement « l'herbe qui tourne ») (*Lechenaultia divaricata*) et l'arroche rosée ou oracle Tumbling - *Atriplex rosea* _ sont des concurrents problématiques [sérieux], pour cette plante.
Usages : Les Feuilles, jeunes pousses et les graines cuites sont comestibles. Mais la graine est plutôt petite et difficile à utiliser.
Cette plante des prés salés (saltbush), A. *lentiformis*, et *Atriplex canescens* sont des plantes alimentaires pour le papillon aux « ailes de suie » (« Sootywing ») *Hesperopsis alpheus*. La plante supporte mal le gel.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Atriplex_lentiformis
b) https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Atriplex+lentiformi







13.4 *Atriplex nummularia*

(Famille des *Amaranthaceae*).




U

Cet arbuste vivace, ramifié, à feuilles persistantes d'un vert grisâtre, à croissance lente, atteignant des hauteurs comprises entre 1 et 3 mètres et des diamètres allant jusqu'à trois mètres, est originaire d'Australie, poussant sur tout le continent australien, sauf la Tasmanie, dans les zones méditerranéennes arides et semi-arides (précipitations allant de 250 mm à 600 mm par an). On la trouve ailleurs en Océanie, ainsi que dans l'île de Taiwan. Elle a été introduite dans d'autres régions du globe, pour des usages variés, notamment en Afrique du Sud, depuis le début du XXe siècle, au sud-ouest du désert américain et au nord du Mexique.

Le système racinaire subérifié[81], comporte une racine pivotante très développée, avec des racines latérales horizontales. Les feuilles alternes épaisses, ovales à triangulaires arrondies, sont aromatiques, coriaces, ondulées et, parfois, dentées de terne, mesurant de 2 à 7 centimètres de long et 1 à 4 cm de large. Les fleurs mâles, petites, rondes, de couleur jaune-brun, sont organisées en panicules de 7,5 cm à 10 cm de long. Les fleurs femelles, peu colorées, sont situées à l'aisselle des feuilles ou en inflorescences terminales ramifiées, denses et épaisses.

Ecologie : Cette plante fourragère pousse généralement sur les sols argileux et salins des basses terres, comme les plaines inondables, en dessous de 400 m d'altitude, mais peut aussi se rencontrer dans les sous-bois d'eucalyptus.

En cas d'aridité, elle peut atteindre l'humidité de la nappe souterraine, jusqu'à 10 m de profondeur. Elle a une grande efficacité dans l'utilisation de l'eau. Dans le Karoo, en Afrique du Sud, celle-ci atteint 4 kg de matière sèche par m³ d'eau. Elle résiste très bien aux températures élevées, avec une photosynthèse optimale entre 30 et 35 °C. Elle supporte des températures descendant jusqu'à - 8 à - 12 °C, pendant quelques heures, mais des températures hivernales très basses provoquent la mort de la plante. Elle résiste également bien au feu et supporte la sécheresse ; elle peut survivre avec des précipitations annuelles apportant seulement 50 mm d'eau. Elle a une durée de vie d'environ quinze ans.

Fourrage : Les animaux domestiques, notamment les caprins, mangent l'arroche nummulaire, plante halophyte adaptée aux milieux arides avec des sols salé. Ces arbustes sont utilisés comme fourrage pour les animaux, mais sa consommation peut être limitée par la concentration en sel dans les tissus de la plante. Les animaux ont alors besoin d'une ration quotidienne d'eau plus importante, afin de pouvoir éliminer les ions sodium Na+. La part de l'arroche nummulaire ne doit pas excéder 20 à 30 % du fourrage fourni au bétail. Une plantation d'arroche nummulaire peut alimenter 20 à 25 moutons par hectare durant quatre mois.

Culture/reproduction : La plante peut être monoïque ou dioïque. Les plantes sont multipiées par bouturage ou semis. La température optimale de germination est comprise entre 15 et 20 °C. Le taux de germination est amélioré en frottant les graines sous l'eau courante pendant plusieurs minutes ou en les faisant tremper dans l'eau pendant au moins une heure, afin d'éliminer le sel qu'elles contiennent.

Les graines sont lenticulaires, de 2 mm de diamètre, formées de deux feuillets écailleux parcheminés. Les feuillets contiennent une forte concentration de chlorure de sodium, qui inhibe la germination des graines. Ceux-ci doivent donc être lessivés par suffisamment d'eau, pour que la germination puisse commencer. La pollinisation est effectuée par le vent. La floraison a lieu au printemps, entre avril et juin.

Les boutures sont réalisées à partir de rameaux de 25 cm de long et d'au moins 6 mm de diamètre. On laisse un œil ou une feuille à l'extrémité du rameau. Celui-ci est planté dans une terre sablonneuse et arrosé régulièrement. Le nouveau système racinaire apparaît au bout de six semaines. Le repiquage est possible, après dix semaines, dans un mélange 2/5 terre, 2/5 compost et 1/5 sable.

Les plançons nécessitent un arrosage. Cultivées en pépinières, les plantes sont repiquées en pots, dans lesquels elles demeurent jusqu'à avoir atteint une hauteur suffisante (10 à 15 cm) pour être transplantées sur le terrain, bien drainé et ensoleillé, clos (auxquels les animaux n'ont pas accès), à l'automne ou au début de l'hiver, au début de la saison des pluies. La plante est prête à être utilisée comme fourrage la seconde ou la troisième année après la plantation en sol, lorsque sa hauteur atteint 1,5 m. La coupe s'effectue à au moins 50 cm du sol. La récolte est parfois donnée aux volailles.

Stabilisation des sols : La plante sert dans le cadre des efforts de lutte contre le déboisement et la désertification (au Chili ...) et pour la stabilisation des dunes de sable (au Botswana ...).

Autres emplois : Utilisée comme combustible, l'arroche nummulaire récupère en trois mois après la coupe. La plante est aussi utilisée comme haie coupe-vent, avec son feuillage ornemental résistant à la taille. Avec ses feuilles facilement visibles la nuit, elle est appropriée aux plantations en bordure de route. Les aborigènes d'Australie consomment ses graines.

Plante envahissante : elle classée plante invasive de catégorie 2, en Afrique du Sud.

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Atriplex_nummularia,

b) https://en.wikipedia.org/wiki/Atriplex_nummularia

[81] Imprégnée de subérine, une substance cireuse présente dans les végétaux de type Tracheobionta au niveau de la tige ou des racines. Ce biopolymère lipidique joue un rôle important dans la résistance de la plante aux attaques par des espèces vivantes. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Sub%C3%A9rine





Grand arbuste.



Fruits et fleurs



Graines





Tige et segment foliaire

13.5 Les soudes (genre Salsola sp.)

Le genre Salsola regroupe des plantes halophytes, présentes dans les prés salés, sur le littoral sablonneux, de la famille des *Amaranthaceae* (selon la classification phylogénétique) ou de la famille des *Chenopodiaceae* (selon la classification classique) (voir ci-après) :

	Soude vermiculée (*Salsola vermiculata*) En anglais : Salicorne de Damas ou Méditerranéenne	Il s'agit d'un arbuste à feuilles persistantes, hermaphrodite, jusqu'à 1,5 m de haut, très branchu, très irrégulier en taille, parfois complexe. Le tronc et les branches principales sont très fissurés à écorce grise. Habitat : tous types de terrains ou **semi-arides**, **plus ou moins salés,** ou côtiers intérieurs. **Espèces pastorales utilisée pour le rétablissement des parcours en milieu aride.** Sources : a) http://es.wikipedia.org/wiki/Salsola_vermiculata Invasive aux USA : b) http://www.invasive.org/browse/subinfo.cfm?sub=4550, c) http://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/weedinfo/salsola-vermiculata.htm
 	Soude commune (*Salsola soda*) en anglais : Salicorne à feuilles opposée.	C'est une plante annuelle succulente pouvant mesurer 70 cm de haut originaire du bassin méditerranéen, **qui peut être irriguée avec de l'eau salée** ou non salée. On en trouve sur le littoral Atlantique de la France et du Portugal et sur la côte de lamer Noire. Il s'est naturalisé le long de la côte Pacifique de l'Amérique du Nord, et l'on se préoccupe de son caractère invasif en Californie dans les marais salants. Il est également naturalisé en Amérique du Sud. Son goût est herbacé et légèrement salé avec une texture croquante agréable. La plante est le plus souvent cuite et consommée comme légume-feuille. *Salsola Soda* a été étudié comme une « **plante de compagnonnage désalinisatrice** » pour les cultures des tomates et poivrons quand ils sont cultivés en sols salins. *Salsola* extrait assez de sodium du sol, améliorant la croissance de la plante cultivée. Un meilleur rendement des cultures en résulte malgré la concurrence des deux plantes pour le reste des minéraux du sol. Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Soude_commune, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Salsola_soda
	Soude maritime, Suéda maritime (*Suaeda maritima*)	Petite plante comestible de Méditerranée, Atlantique et Manche. Elle vit uniquement sur des sols salés du littoral. Elle est parfois consommée sous forme de condiment en salade. Historiquement, de ses cendres était autrefois extraite de la soude utilisée artisanalement dans la fabrication du verre ou de la lessive

13.6 Nitres, genre *Nitraria sp.*

Nitraria est un genre comprenant neufs plantes à fleurs (en général des arbustes), de la famille des *Nitrariaceae*, toutes résistantes à la sècheresse et au sel.

	Nitre du bush *Nitraria billardierei*	Plante vivace arbustive **tolérant le sel**. On le trouve souvent dans les zones salines, argileuses, ou des zones qui ont été surexploités. Les fruits sont comestibles, dit le goût des raisins salées, et ont été mangés par les Australiens autochtones. **Les fruits peuvent aussi être transformé en confiture ou séché et stocké**. C'est un arbuste large et bas, jusqu'à 2 mètres (7 pi) de hauteur et 4 m de large. En Australie, sa propagation et sa germination sont facilitées, grâce à la consommation de fruits par les émeus.
	*Nitraria retusa*	Arbuste ou un buisson tolérant le sel. La plante pousse à 2.5m de haut, mais il est généralement inférieur à 1 m de hauteur. Il a de minuscules fleurs parfumées, blanc à vert, et un petit fruit rouge comestible. La plante est originaire des régions désertiques du nord de l'Afrique (Tunisie …), où elle pousse dans la succession primaire sur des dunes de sable arides. Il est lié aux sols gypseux ou salés. Cette espèce indique également une nappe phréatique peu profonde. Son enracinement est puissant et pivotant, mais sa croissance assez lente. Elle est utilisée pour la fixation biologique des dunes littorales et la régénération des pâturages salés.
	*Nitraria tangutorum*	*Nitraria tangutorum* Bobr. appartient à la famille *Zygophyllaceae.* Son aire de distribution se situe principalement dans la région du Xinjiang du Nord, en Chine. Il est aussi appelé "cerise du Désert ". La consommation de ses fruits nourrit l'estomac, la rate et les poumons. En médecine chinoise, il est utilisé pour aider à la digestion, apaiser les nerfs, la lactation, prévenir la neurasthénie, et favoriser la circulation sanguine. Il contient une grande variété de nutriments, y compris de la vitamine C, des polysaccharides, des acides gras insaturés, des protéines, des acides aminés. Cette halophyte typique du désert joue un rôle écologique important en raison de sa meilleure tolérance aux graves sécheresses et à des fortes salinités (Source : Halophytes database, http://www.sussex.ac.uk/affiliates/halophytes/index.php).

13.7 *Nitraria retusa*

(Famille des *Nitrariaceae*).



U



Noms communs : Hassaniya: aguerzim; pulaar: guiyel goti; anglais: salt tree.
Famille : *Nitrariacées*/*Nitrariaceae* (*Zygophyllaceae*).
Caractéristiques : Buisson *épineux* de 1,5 m de hauteur (parfois 2,5 m de haut), vert toute l'année, aux feuilles grasses à peu près triangulaires, alternes et diversement colorées (vertes, jaunes ou rouges). Il produit des petites fleurs blanches/vertes/jaunâtres et des petits fruits comestibles rouges. Il accumule souvent le sable sous forme de *nabkhas* ou *nebkas*[82] parfois importantes. Il est tolérant au sel et résistant à la sécheresse et est lié aux sols gypseux ou salés. Cette espèce indique également une nappe phréatique peu profonde. Son enracinement est puissant et pivotant, mais sa croissance assez lente.

[82] a) Matériaux soufflés par le vent s'entassant à la base des plantes, b) dune de sable se formant autour de la végétation.

Distribution / Ecologie : La plante est originaire des zones désertiques d'Afrique du Nord et de l'Est, de la péninsule arabique et du Moyen-Orient, où elle pousse en succession primaire, sur des dunes de sable stériles, et dans des zones à haute salinité telles que les marais salants, les zones salines semi-arides des déserts.
Selon une autre source, concernant l'Afrique de l'Ouest : D'origine méditerranéenne, *Nitraria retusa* est limitée en Mauritanie au littoral dans la zone de salure des nappes phréatiques. Elle est très prospère du Cap Blanc au bas-delta du Sénégal. Elle est aussi présente dans la *wilaya* du Zemmour.
Il peut s'associer au jonc marin (*Juncus rigidus*), aux *Phragmites sp.*, à l'herbe à sel (*Sporobolus spicatus*), au *Zygophyllum album* et/ou au Tamaris du Nil (*Tamarix nilotica*).
Multiplication : Elle se fait par graines, en pépinière ou en milieu naturel. La capacité de germination est bonne.
Utilisations : Cette espèce est très appréciée par les dromadaires. Ses fruits, aqueux et légèrement sucrés, sont comestibles. Elle est utilisée pour la fixation biologique des dunes littorales, la stabilisation des sols meubles et la régénération des pâturages salés. Le bois est utilisé comme combustible et les fruits sont parfois utilisés pour faire une boisson enivrante. *N. retusa* est l'une des nombreuses plantes tolérantes au sel étudiées en tant que cultures fourragères potentielles pour le bétail.
Sources : a) https://en.wikipedia.org/wiki/Nitraria_retusa
b) Quelques espèces ligneuses et herbacées utilisées pour la fixation des dunes, page 56,
http://www.fao.org/docrep/012/i1488f/i1488f10.pdf













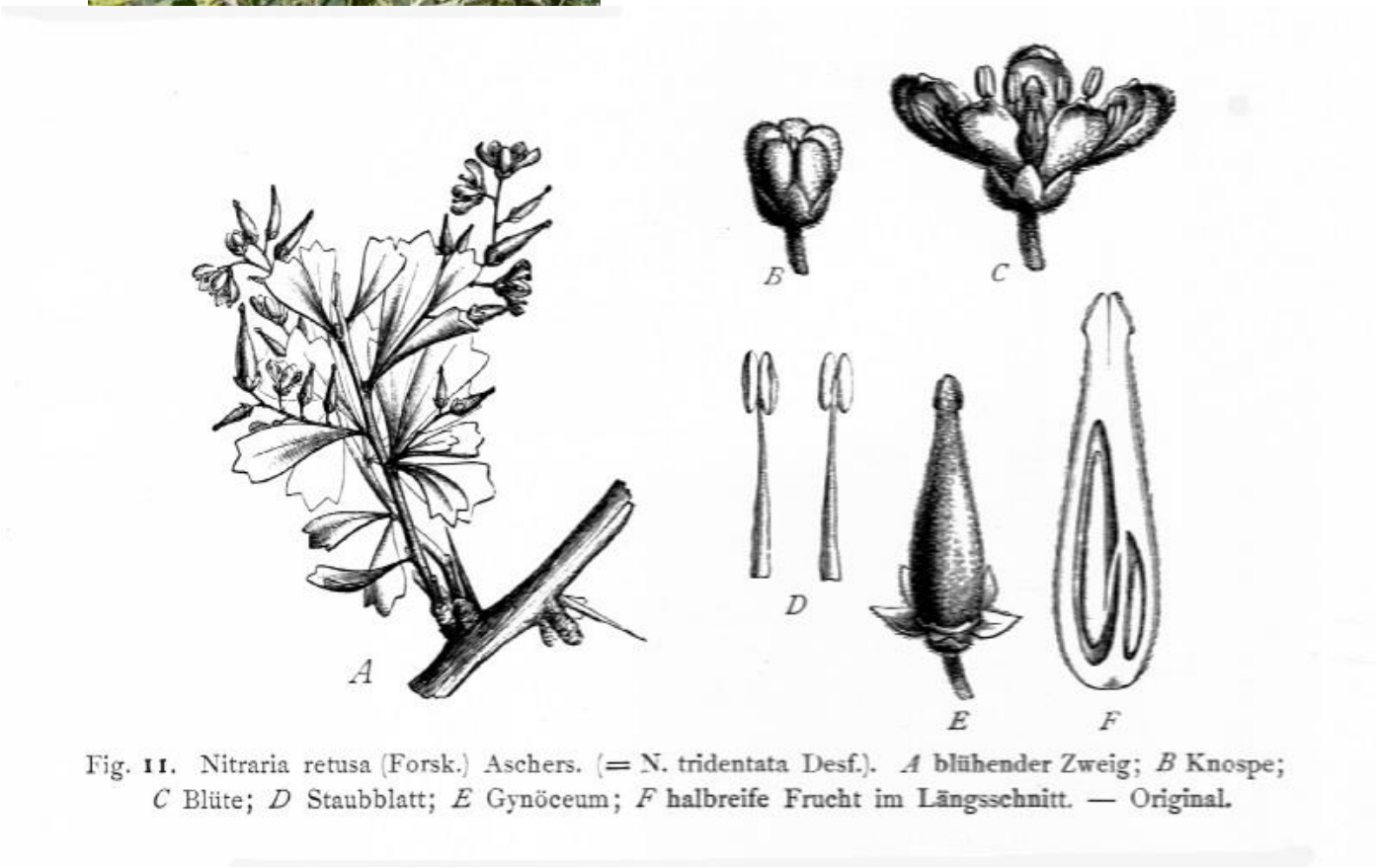


Fig. 11. Nitraria retusa (Forsk.) Aschers. (= N. tridentata Desf.). *A* blühender Zweig; *B* Knospe; *C* Blüte; *D* Staubblatt; *E* Gynöceum; *F* halbreife Frucht im Längsschnitt. — Original.

13.8 Saxaoul ou saxaul (*Haloxylon ammodendron*)

(Famille des Chenopodiaceae, en classification classique. Famille des *Amaranthaceae* en classification phylogénétique).



CR

U ↗



C'est un arbuste dicotylédone, sempervirent d'environ 2 m de haut qui peut atteindre 9 m de haut, aux feuilles squamiformes, réduites à des *épine*s vertes, endémique de l'Asie centrale.
Les fleurs sont bisexuées ou mâles, très petites, aussi longues ou plus courtes que les bractéoles. La période de floraison est de mars à avril (autre source : l'éclosion des fleurs, petites et jaunes se fait entre avril et juin). Les inflorescences sont constituées de courtes pousses latérales portées sur les tiges de l'année précédente. Dans le fruit, les segments du périanthe développent des ailes étalées brun pâle ou blanches. Le diamètre du fruit ailé est d'environ 8 mm. La graine a un diamètre de 1,5 mm. La période de fructification est d'octobre à novembre (Autre source : Les fruits, des utricules vert foncé, apparaissent en septembre et contiennent des graines noires).

Il joue un rôle primordial dans la prévention de la dégradation et de l'érosion des dunes de sable, grâce à ses racines qui s'enfoncent très profondément dans le sol. De plus, les forêts de saxaoul diminuent l'intensité et le danger lié aux tempêtes de sable. Il constitue également la ressource essentielle en bois de chauffage et de construction pour les abris permanents ou temporaires. De plus, il est indispensable à la présence de troupeaux d'animaux dans le désert.
On le trouve dans les déserts arides et salés de l'Asie centrale, particulièrement dans la région du Turkestan et à l'est de la Mer Caspienne, mais également dans le désert de Gobi et dans les déserts iraniens. Il est le plus souvent regroupé en "forêts".
Il possède des racines profondes et succulentes lui permettant de prospérer dans des environnements arides, salins ou sablonneux. Sa densité de son bois très dur est telle qu'il coule. Son écorce épaisse gris clair contient de l'eau.
Deux autres espèces proches du genre *Haloxylon*, *Haloxylon aphyllum* ou Saxaoul noir et *Haloxylon persicum* ou Saxaoul blanc, existent.
Menaces sur l'espèce : La pression humaine, l'utilisant comme bois de feu ou carburant (lors de la crise de l'énergie de l'Asie centrale de 2008), l'a conduit à être inscrit comme en danger d'extinction. Le saxaul est planté sur une grande échelle dans le boisement des zones arides en Chine. L'Ouzbékistan a planté 27 000 hectares de saxaoul.
Il peut être attaqué par T*urcmenigena varentzovi*. Le saxaoul est atteint d'une maladie fongique due à *Erysiphe saxaouli* : les arbres semblent recouverts d'une couche de cendre.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Haloxylon_ammodendron, b) Farangis Najibullah (January 13, 2008). "*Tajikistan: Energy shortages, extreme cold create crisis situation*", http://www.eurasianet.org/departments/insight/articles/pp011308.shtml,
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Haloxylon_ammodendron, d) https://fr.wikipedia.org/wiki/Haloxylon_ammodendron, d) http://en.wikipedia.org/wiki/Haloxylon_persicum











Jeunes plantations de saxaoul (avril 2012) sur l'ancien fond de la mer d'Aral – au sud de la Grande mer d'Aral en Ouzbékistan.



Feu de bois de saxaoul.

13.9 Taupata ou buisson miroir (*Coprosma repens*)

(Famille des *Rubiaceae*).



U ↗

C'est un arbuste ou petit arbre, de 2 à 3 m de haut, natif de Nouvelle-Zélande. Dans les zones abritées, il peut atteindre jusqu'à 8 mètres de haut. Ses feuilles épaisses et très brillantes varient considérablement en taille, en fonction lors de l'exposition aux éléments. Ses feuilles brillantes l'aide à survivre à proximité des zones côtières. Elle pousse dans les régions tempérées et résiste au vent, feu, embrun et sécheresse. Elle retarde le feu. La plante sert souvent à faire des haies.
Cette plante est adaptée aux côtes, marais et sous-bois. Elle est une plante refuge. Dioïque, elle nécessite 5% de plants mâles. Elle se bouture facilement. Les moutons, chevaux et vaches raffolent de son feuillage, qui est aussi un bon engrais. Cet arbre se taille bien au sécateur.
Les plantes femelles produisent drupes ovoïdes rouge-orange, comestibles (sucrées, avec un léger arrière-goût amer), d'environ 8 mm de diamètre et 10 mm de longueur. Ses fruits et graines sont excellents pour les volailles.
Dans le sud de l'Australie et en Tasmanie, elle est considérée comme une mauvaise herbe.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Coprosma_repens, b) *Introduction à la permaculture*, Bill Mollison, Ed. Passerelle Eco, 2012, pages 179 et 211, c) http://www.kahikateafarm.co.nz/fruit-and-nuts/item/341-taupata.html



Feuilles





Feuilles





Fleur femelle



Fleur femelle



Fruits.

13.10 *Eleagnus sp.*

(Famille des *Elaeagnaceae*).



U ↗

Diverses variétés d'Eleagnus à feuillage caduc ou persistant sont utilisées comme haies en bord de mer. Ils résistent aux embruns et aux sols salés. Le plus courant est *l'Eleagnus ebbingei*, petit arbuste (2,5 mètres de haut) à feuillage persistant. L'olivier de Bohème (*Elaeagnus angustifoli*), un peu plus grand (4-6 mètres) fait partie de la même famille. Ses nodules racinaires fixent l'azote de l'air. Ils lui permettent de grandir sur des supports minéraux nus. Ses fleurs parfumées sont mellifères. Le fruit est comestible et sucré, mais avec une texture farineuse. Elle présente une bonne résistance au froid, supportant des températures minimales jusqu'à près de -40 °C, mais craint les gelées printanières tardives. C'est plutôt une plante héliophile, n'aimant guère l'ombrage. Elle pousse à des altitudes généralement inférieures à 2 000 m. On la trouve souvent près de l'eau : côtes maritimes, rives de lacs et rivières, bordures de fossés, marais, plaines inondables, mais aussi dans le lit de rivières asséchées. L'espèce est invasive, car fructifère (un individu peut produire de nombreux fruits) et la durée de vie des individus est longue.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Elaeagnus_angustifolia



Elaeagnus angustifoli



Détail des fleurs



Fruits mûrs (*Elaeagnus angustifoli*)



Coupe montrant l'akène englobé dans l'hypanthe charnu (*Elaeagnus angustifoli*).



Écorce d'un vieux tronc.



© Gerbaud.



Eleagnus ebbingei. Photo prise dans le parc du Fogeo sur la presqu'île du Rhuys (Commune d'Arzon, Morbihan, France). Source : http://fogeo.free.fr/flore/arbustes_halophiles.pdf

13.11 Lyciets (*Lycium sp.*)

(Famille des *Solanaceae*)







Le lyciet commun ou lyciet de Barbarie (*Lycium barbarum*) est un arbuste largement répandu de l'Europe méridionale à l'Asie. Le *Lycium chinense* ou lyciet de Chine, est un arbrisseau de 1 à 2 mètres de haut, touffu, à rameaux flexibles, tombants, légèrement anguleux et peu *épineux* (avec des *épines* de 0,5 à 2 cm), répandu du pourtour de la Méditerranée à l'Asie orientale. Le goji ou baie de goji est le nom commercial de la baie du lyciet commun (*Lycium barbarum*) et du lyciet de Chine (*Lycium chinense*). Les lyciets sont cultivés surtout en altitude, du nord-ouest de la Chine (dans la région autonome Hui du Ningxia) à la Mongolie. Le lyciet commun, le lyciet d'Europe et le lyciet de Chine sont les trois espèces de lyciet poussant naturellement en France. En début d'été, il se pare de petites fleurs

violettes et blanches en étoile, remplacées vers le mois de septembre par les baies rouges. *Lycium barbarum* est peu exigeant. Il pousse dans n'importe quelle terre de jardin enrichie d'un peu de terreau, de préférence pour les sols alcalins (basique ; pH >7), plutôt riches en minéraux. En hiver, pas d'arrosage en extérieur. En été, le Goji appréciera un sol relativement frais, qu'il faut arroser régulièrement. Il résiste à -20°C. Il préfère une exposition soleil / mi-ombre. Ses baies, semblables à de petites cerises allongées, légèrement sucrées et de faible acidité, sont commercialisées principalement sous forme de jus, généralement pasteurisés et souvent mélangés avec d'autres jus de fruits, ou de fruits déshydratés ou encore réduits en poudre. Les feuilles fraiches, riches en vitamines C et E, peuvent être consommées comme légumes. Semis : Semez les graines dans un terreau bien fin, sous une mini-serre à une température comprise entre 20 et 25°C. La germination interviendra sous 4 à 6 semaines.
Controverses : ce fruit ne contiendrait pas plus de vitamines que l'orange ou la pomme, et moins que les baies d'argousier.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Baie_de_goji, b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Lycium_chinense,
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Lycium_barbarum







Baies sèchées.

13.12 Neverdier, moringa ou ben ailé (*Moringa oleifera*)

C'est l'espèce la plus cultivée du genre *Moringa* de la famille monotypique des *Moringaceae*.
Originaire d'Inde et du Sri Lanka, elle est maintenant acclimatée dans presque toutes les régions tropicales : ce petit arbre mellifère à croissance rapide, *résistant à la sécheresse*, peut mesurer jusqu'à 10 mètres. Ses jeunes gousses et les feuilles sont utilisées comme légumes. Les bourgeons axillaires sur la tige verte apparaissent à partir de la mi-mai, moment de reprise de la croissance végétale. Les graines sont aussi utilisées comme amuse-gueules, pour purifier l'eau (floculation), comme détergent, ou comme plante médicinale. Son huile très riche en protéines, nommée huile de *Ben* par les Omanais, est très utilisée en cosmétique et comme huile alimentaire.
Description : Plante succulente xérophyte à caudex, *Moringa oleifera* est un petit arbre à croissance rapide, à feuillage caduc, qui peut atteindre une hauteur de 10−12 mètres pour un diamètre du tronc de 45 centimètres, à tronc résineux et écorce vert pâle, à cime légère. L'écorce de couleur gris blanchâtre est entourée par une épaisse couche de liège. Ses feuilles d'apparence plumeuse sont tripennées. Les fleurs odorantes et bisexuées comptent 5 sépales et 5 pétales de tailles inégales, blanc jaunâtre. La floraison peut se produire dès les six premiers mois suivant la plantation. Selon les conditions saisonnières de températures et de pluviométrie, la floraison peut se produire deux fois par an, voire toute l'année. Le fruit est une longue capsule pendante, trigone, marron, à section anguleuse, formée de 3 valves, contenant jusqu'à une trentaine de graines huileuses garnies de 3 ailes. Les graines globuleuses,

portant trois ailes blanchâtres papyracées, sont disséminées par le vent et l'eau. En culture, il est souvent émondé de 1 à 2 mètres chaque année, ce qui permet de garder les capsules et les feuilles à portée de bras sur les rejets.
Utilisations : De nombreuses parties du moringa sont comestibles, avec des utilisations régionales très diverses :

- Capsules (fruits) immatures
- Feuilles
- Graines mûres
- Huile extraite des graines
- Fleurs
- Racines


Gousses vendues sur un marché.

Le moringa a nombreuses applications en cuisine du fait de sa répartition mondiale. Il peut être consommé cru, sans préparation, mais est souvent employé dans une variété de plats. Ses feuilles sont la partie la plus nutritive de la plante. Des analyses nutritionnelles ont montré qu'elles sont plus riches en vitamines et protéines que la plupart des légumes. Caractère invasif possible : Cette espèce se comporte comme une plante envahissante à Cuba.
Lutte contre la malnutrition : Beaucoup de programmes humanitaires utilisent les feuilles de *Moringa oleifera* contre la malnutrition et ses maladies associées (cécité, etc.) [comme avec la spiruline]. Il est particulièrement utile pour lutter contre la malnutrition chez les nourrissons et les mères allaitantes. Le moringa pouvant pousser en zone aride ou semi-aride, il peut donc y constituer une source d'aliments nutritifs et variés tout au long de l'année.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera


Fleurs et feuilles.


Fleurs.


Les gousses de *Moringa oleifera* à Panchkhal, Népal.


Arbres et gousses


Feuillage.


Branche avec des fleurs et des feuilles au Bengale occidental.


Moringa séché avec gousses et graines au sol à Hawaï.


Capsule.


Le moringa développe un caudex sur sa racine pivot.

13.13 Ananambo (*Moringa drouhardii*)

Moringa drouhardii (ou arbre bouteille) est une espèce d'arbre, de la famille des *Moringaceae*, au large tronc blanc endémique des forêts sèches du sud et sud-ouest de Madagascar où il est appelé localement *ananambo*.
Il pousse extrêmement rapidement, jusqu'à 3 m par an.

Localisation / Ecologie : Il est présent dans l'écorégion des fourrés épineux de Madagascar, en particulier sur les falaises calcaires à l'est du lac Tsimanampetsotsa, sur le plateau de Mahafaly.
L'espèce est souvent plantée dans les villages locaux et autour des tombes traditionnelles.
L'ONG Humada a reboisé 30 hectares en *Moringa drouardii*, près de Tuléar.
Usage : *Moringa drouardii* produit une huile siccative. Il possède des usages médicinaux. Ses feuilles (brèdes) sont utilisées dans la cuisine malgache. Ses fleurs, en beignets, et ses jeunes fruits sont comestibles (source Lucile Allorge, botaniste du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris).
Toxicité : « Dans *Moringa drouhardii* seule l'écorce de la racine est toxique (chose fréquente comme chez les Apocynacées, où des alcaloïdes très toxiques permettent à l'arbre d'empêcher la croissance des autres plantes, via une « guerre chimique ») » (source Lucile Allorge).
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Moringa_drouhardii & https://en.wikipedia.org/wiki/Moringa_drouhardii
c) *"Madagascar spiny thickets". Terrestrial Ecoregions. World Wildlife Fund.*


© Asit K. Ghosh


© Asit K. Ghosh


© Asit K. Ghosh


© Asit K. Ghosh


© Asit K. Ghosh


© Asit K. Ghosh


Graines *de M. drouhardii* avec coques externes fissurées
© Asit K. Ghosh


Graines de *M. drouhardii* : entières (à gauche) et sans coque (à droite)
© Asit K. Ghosh

13.14 Plantain des Indes, Ispaghul ou psyllium blond (*Plantago ovata*, famille des *Plantaginaceae*)

Description : Plante herbacée annuelle, à tige courte, à racine pivotante rigide. La tige est courte et couverte de poils doux.
Les feuilles, en rosette, étroitement linéaires, de 3 à 15 cm de long, de 1 à 6 mm de large, obtuses à aiguës, à 3 nervures, sont densément couvertes de poils laineux.
Hampe florale de 1–9 cm de long, portant un épi cylindrique court, puis ovoïde à maturité, densément fleurie. La corolle blanche est lobée.
Le fruit est une capsule, à déhiscence transversale de 4-5 mm, s'ouvrant par le milieu et contenant deux graines.
La graine ovale, lisse, est brun jaunâtre à beige rosé. Sa face convexe possède une tache brun clair.
Floraison : La floraison a lieu en mai-juin.
Fructification : La fructification a lieu en juin-juillet

Zone géographique / Ecologie : *Plantago ovata* croît dans les régions désertiques de l'hémisphère nord. Il possède deux grandes aires de distribution :

- En Afrique du Nord et Eurasie , il est trouvé dans les régions sèches du sud du bassin méditerranéen (Afrique du Nord : îles Canaries, Maroc, Algérie, Libye, Égypte) et en Asie du Sud-Ouest (de l'Égypte à l'Inde de l'Ouest).
- En Amérique, on le trouve dans les régions sèches du sud-ouest des États-Unis et le maquis côtier de Californie

Zone de culture : La production de graines d'ispaghul médicinales, se fait dans l'Inde, le Pakistan, l'Égypte et l'Afghanistan. L'Inde est le principal pays producteur d'ispaghul. Il y est cultivé dans les états du Gujarat, Punjab, Maharashtra et Rajasthan. Au Pakistan, sa culture se fait dans la province du Sindh.
Plantago ovata peut aussi s'acclimater aux régions tempérées. Il a été introduit en France où il n'est pas indigène. De même en Chine où il s'est naturalisé.

Composants : Le tégument de la graine d'ispaghul est particulièrement riche en fibres et en particulier en mucilages. Parmi les espèces de plantain, *Plantago ovata* est le plus riche en mucilage15 ; il en contient de 25 à 30 % de la graine sèche alors que *Plantago afra* en contient 10-12 %.

Usages : Cette plante est largement cultivée, pour sa graine et le tégument de sa graine, aux propriétés laxatives et émollientes. Le mucilage peut absorber un grand volume d'eau (jusqu'à 40 fois son poids) et former au niveau du côlon, un gel volumineux. C'est d'ailleurs le plus souvent le tégument seul qui est commercialisé.
Les enveloppes de graines de psyllium sont indigestes.

Propriétés laxatives : laxatif de lest, coupe faim, régulateur du transit intestinal.
Comme tous les plantains, c'est un laxatif purement mécanique, ou laxatif de lest. Il n'est donc pas absorbé par les intestins. Ses mucilages peuvent retenir l'eau en excès pour redonner de la consistance à des selles liquides ou hydrater un bol fécal trop sec en cas de constipation. Ils favorisent les contractions musculaires du sphincter et l'élimination par défécation. Il permet de lutter efficacement contre la constipation.
Avantages : Contrairement à d'autres laxatifs végétaux, comme le séné et la bourdaine, l'ispaghul ne provoque pas d'irritation de la muqueuse. On peut donc l'utiliser sur des périodes plus longues, et on ne connaît pas d'inconvénient à une prise permanente tout au long d'une vie.
Usage coupe-faim : il forme dans l'estomac un gel mucilagineux qui donne une sensation de satiété naturelle ; il est donc avantageux comme coupe-faim.
Activité hypoglycémiante : La capacité à atténuer l'élévation de la glycémie consécutive à la prise d'un repas (glycémie postprandiale) a été observée par plusieurs études.
Activité hypocholestérolémiante : Plusieurs études récentes ont montré l'efficacité de l'ispaghul pour réduire le taux de cholestérol ainsi que la glycémie.

13.15 Risques de confusions taxonomiques (sur le nom de l'espèce)

Conformément à l'étymologie donnée dans la première section, la pharmacopée française1 distingue nettement l'« *ispaghul* » (*Plantago ovata* Forssk.) du « *psyllium* » (*Plantago afr*a L.).

Malheureusement, le terme psyllium est utilisé en anglais pour le *P. ovata* et cet usage tend à se répandre en français en raison de la libre circulation des marchandises et de l'usage de l'anglais comme langue du commerce international.

Pour lever toute ambiguïté, il est d'usage de distinguer :

- Le psyllium blond, le *Plantago ovata* (synonyme *P. ispaghul*), ou *ispaghul*, ou plantain des Indes, aux graines brunes, non décrit par Linné ;
- Le psyllium de Provence, *Plantago afra* L. (ancien synonyme P. *psyllium*), plantain noir de Provence, aux graines allant du brun clair au brun-noir, décrit initialement par Linné sous plusieurs noms : *Plantago psyllium* et *Plantago cynops*. Mais *P. psyllium* est maintenant rejeté, à la suite de la proposition Applequist, 2006.

L'« *ispaghul* » de la pharmacopée française désigne la graine ou le tégument de la graine. C'est-à-dire qu'en français, le terme *ispaghul*, a trois acceptions: il peut désigner suivant le contexte, la plante, la graine ou le tégument de la graine.

Le terme « *psyllium* », à l'origine, concerne trois espèces distinctes : *Plantago afra, Plantago indica* (synonyme *Plantago arenaria*) et *Plantago ovat*a.

On trouve de l'ispaghul pur (autrement dit du tégument de graines de *Plantago ovata* Forssk.), souvent sous le nom de psyllium blond, dans les pharmacies et les magasins diététiques.

Source : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Plantago_ovata, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Plantago_ovata



En Californie.



Plantago ovata, feuilles densément couvertes de poils laineux (Lanzarote)




Feuilles en rosette basale du *Plantago ovata* (USA)



Tégument d'ispaghul (hindi: sat isabgol, traduit malencontreusement en anglais par psyllium husk)



Inflorescence



Graines



Téguments des graines vendus pour le transit intestinal.



14 Plantes tropicale poussant dans l'eau salée



Cocotier





Cachiman-cochon, Mamain ou Mammier (ou Kachiman kochon)
(*Annona glabra*)

14.1 Badamier (*Terminalia catappa*)

(Famille des *Combretaceae*)



U ↗

Le badamier (*Terminalia catappa*) est un arbre fruitier. Il peut atteindre une vingtaine de mètres de hauteur. Originaire de Nouvelle-Guinée, il s'est naturalisé dans de nombreuses régions tropicales. Son fruit est appelé « myrobalan » ou « badame ». C'est un arbre1 de 9 à 25 m de haut, aux branches horizontales verticillées, lui donnant une ramification à étages typique. On trouve cette espèce dans les arrière-plages sableuses. L'activité hépatoprotectrice de ses feuilles (protectrice du foie) est confirmée. Le fruit contient un seul noyau, très dur, renfermant une amande comestible, au goût délicat. Les badames se mangent généralement crues. Elles se consomment au pied de l'arbre, après avoir cassé la coque entre deux pierres. Elles se vendent aussi sèches, sur les marchés urbains. Le bois sert à fabriquer des pirogues ou à sculpter des objets artisanaux. C'est un bon combustible et un bon bois de charpente. L'écorce est très souvent utilisée dans le traitement de la toux (extrait de jus) ou des infections urinaires (décoction). Ses feuilles sont utilisées en aquariophilie, pour la prévention de diverses pathologie des poissons (phytothérapie). Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Badamier



Source: www.eattheweeds.com



Source : Wikipedia



Source : Wikipedia



Fruits[83].



Source : Wikipedia

14.2 Mancenillier ou arbre de la Mort (*Hippomane mancinella*)

(Famille des *Euphorbiaceae*)



(U)



Parfois surnommé « pomme de plage » ou « poison goyave », cet arbre très toxique, de 5 à 10 m de haut (jusqu'à 25 m en situation abritée), possède le port d'un poirier, aux feuilles luisantes, ovales à elliptiques, de 3 à 20 cm de long, et une écorce grise assez lisse. Le fruit est une drupe de 3 cm de diamètre ressemblant à une petite pomme verte. Ce fruit très toxique exhale pourtant une odeur agréable de citron et pomme reinette. C'est un arbre monoïque, portant sur un épi (de 4-15 cm) à la fois des fleurs mâles vers l'apex en groupe de 3-5 et des fleurs femelles globuleuses dans les aisselles des bractées inférieures. La floraison a lieu en février-mars puis en août-novembre. Le mancenillier pousse sur le littoral sableux, généralement à proximité des plages et est présent dans toutes régions sèches et chaudes d'Amérique tropicale (sud de l'Amérique du Nord, Amérique centrale, nord de l'Amérique du Sud et des Caraïbes).
Rôle écologique : Bien que très toxiques, ces arbres jouent un rôle précieux dans les écosystèmes locaux : le mancenillier se développe dans des bosquets denses et constitue un excellent coupe-vent naturel, ses racines stabilisent le sable et permettent de prévenir l'érosion côtière. Confusion possible avec le catalpa, aux fruits rugueux et feuilles moins brillantes.
Les charpentiers de ces régions utilisent le bois du mancenillier pour créer des meubles depuis des siècles, après avoir soigneusement coupé et séché le bois au soleil, afin de neutraliser la sève toxique.

[83] Cf. http://www.chantdeleau.com/terminalia-catappa-la-plante-des-eleveurs-de-discus/

Toxicité : Toutes les parties du mancenillier sont extrêmement toxiques (Florida Institute of Food and Agricultural Sciences – IFAS). Son latex blanc déclenche par simple contact avec la peau (ou les muqueuses), une réaction inflammatoire intense. Le fruit provoque des brûlures intenses, un gonflement des lèvres ainsi que la tuméfaction de la langue (qui se couvre alors de cloques). L'intoxication due à ce fruit s'accompagne d'une chute de la tension artérielle et d'un choc général. Les conséquences peuvent être fatales. Même le bois est toxique et les bûcherons qui abattent l'arbre ainsi que les menuisiers qui le travaillent, doivent prendre de grandes précautions. Dans certaines régions, ces arbres sont marqués par une croix (ou un cercle) rouge.
Source : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Hippomane_mancinella, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Manchineel









14.3 Cocotier (*Cocos nucifera*)

(Tribu des *Cocoeae*)




U

Palmier monoïque de la tribu des Cocoeae, présent dans toute la zone intertropicale humide. Surtout cultivé le long des côtes, il n'y reste pas confiné. En Inde, il est planté jusqu'à mille mètres d'altitude. La longévité de la plante dépasse un siècle.
La dissémination du cocotier est due à la flottaison des fruits au gré des courants marins et, beaucoup plus tardivement, aux voyages et migrations humaines. Il produit des inflorescences avec des fleurs femelles et des fleurs mâles. Il peut donc se féconder lui-même ; la plupart des cocotiers nains se reproduisent d'ailleurs de cette façon.
La pulpe séchée, se composant à 60-70 % de lipides, est appelée coprah. Celui-ci sert à la fabrication d'huile utilisée dans la confection de margarine, de savon et de monoï. Les noix de coco immatures contiennent un liquide sucré, l'eau de coco, qui est une boisson rafraîchissante. La pulpe de la noix de coco comestible est râpée puis pressée pour en extraire le lait de coco.
La fibre de coco entourant la coque de la noix de coco, est utilisé pour faire des brosses, paillassons, matelas et des cordes.
Certains cultivars comme Grand Panama, Nain Brun Nouvelle Guinée et son hybride, avec le Grand Rotuma, sont plus résistants à la sècheresse.
Le cocotier est très tolérant au sel et aux embruns.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Cocos_nucifera, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Coconut

c) http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=537539



Plantation en Inde.











Beurre de coco.



Diversité des fruits du cocotier dans la collection internationale de Côte d'Ivoire.



Les deux modes d'autofécondation possibles chez le cocotier.

14.4 Raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera*)

(Genre *Coccoloba*. Famille des *Polygonaceae*)



U

Le Raisinier bord de mer est une plante arbustive. Elle doit son nom de Raisinier bord de mer à ses fructifications ressemblant superficiellement à des grappes de raisins. Arbre petit ou moyen de 3 à 8 m parfois rabougri sous l'action du vent. On le retrouve sur les plages de certaines zones tropicales. Ses fruits sont très appréciés des enfants. Branches tortueuses. Ecorce gris-clair ou blanchâtre se détache par plaques. Ses feuilles simples et alterne. Elles sont arrondies et larges. Fruits en grappe. Verts au début, deviennent rouges violacés en mûrissant. Fruits comestibles du mois d'août à novembre.

Le raisinier est un arbuste ou petit arbre poussant sur les plages en bordure de rivage, à côté des cocotiers au niveau des tropiques en Amérique et dans les Caraïbes. Il peut atteindre une hauteur de 8 mètres. Il est extrêmement résistant au sel et aux embruns, mais ne tolère pas le gel. Dans les Îles du Nord de la Caraïbe, les fruits du raisinier

entrent dans la composition de certains rhums arrangés et nombreux sont les insulaires qui les grignotent lorsqu'ils sont bien mûrs. On peut également en faire une confiture.
Sources : a) http://www.ac-guadeloupe.fr/Cati971/Prem_Degre/preste/activite_classe_fichiers/lesite/vegetation1.html
b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Coccoloba_uvifera


Wikipedia FR.


84


85



Sources : TopTropicals.com

14.5 Cachiman-cochon, Mamain ou Mammier (*Annona glabra*)

(Famille des *Annonaceae*)



U

En Anglais, pond apple, alligator apple (parce que les alligators mangent ses fruits), swamp apple, corkwood, bobwood, ou monkey apple. C'est un petit arbre, de 3 à 5 m (exceptionnellement de 6-7 m), souvent à contreforts à la base. Il se rencontre dans les Petites Antilles (Martinique, Guadeloupe), les Grandes Antilles, dans les zones côtières du Mexique au Sud du Brésil et en Afrique occidentale. C'est un arbuste des lieux marécageux (arrière-mangrove, forêts à Pterocarpus) ou sableux humides. Il est tolérant à l' eau salée, mais ne peut pas se développer dans un sol sec. La pulpe du fruit à maturité est jaune à orangé. Le fruit est comestible pour l' homme et son goût rappelle le melon.
Il peut être transformé en confiture et il est un ingrédient populaire de nouvelles boissons aux fruits aux Maldives. La pulpe orange, aromatique et agréable au goût, est très appréciées des crabes et sert d'appâts pour la pêche.
Une étude réalisée en 2008 dans la revue, Anticancer Research, suggère que les extraits alcooliques de ses graines contiennent des composés anticancéreux qui pourraient être utilisées pharmaceutiquement. Les feuilles du cachiman-cochon sont réputées calmer les diarrhées. Il est une espèce envahissante dans le nord du Queensland en Australie et au Sri Lanka , où il pousse dans les estuaires et étouffent les zones marécageuses des mangroves.
Sources : a) https://en.wikipedia.org/wiki/Annona_glabra, b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Annona_glabra

[84] Cf. http://www.biologie.uni-regensburg.de/Botanik/Schoenfelder/kanaren/flora_canaria_NZ.html
[85] Cf. http://cookislands.bishopmuseum.org/








14.6 Nypa buissonnant ou arbustif (*Nypa fruticans*)

(Famille des *Annonaceae*)



U

Le palmier Nypa pousse dans la vase ou la boue, où le courant de la marée lui apporte les nutriments nécessaires à sa croissance. Le palmier peut se disséminer aussi loin que le courant parvient à déposer les graines. Haut de 8-9 m, il est courant sur les côtes et les rivières de l'océan Indien et de l'océan Pacifique du Bangladesh. Zone tropicale humide. Zone 12.

Usages : Les feuilles longues du palmier Nypa sont utilisées par les populations comme chaume pour recouvrir les maisons, ou comme matériel pour la construction des habitations. Les feuilles sont également utilisées pour la production de biens artisanaux comme les paniers. L'inflorescence sert, avant sa floraison, à récolter une douce sève comestible grâce à laquelle on produit une boisson alcoolisée. Les jeunes plants sont également comestibles et les pétales des fleurs peuvent être infusées pour donner une tisane aromatique. Attap chee est le nom malaisien pour les fruits immatures qui sont des boules douces, translucides et gélatineuses utilisées comme ingrédient dans les desserts. Sur certaines îles, on donne le palmier Nypa à manger aux cochons durant la saison sèche. **Emplacement** : soleil, mi-ombre avec les pieds dans l'eau. Il peut devenir envahissant, colonisant les espaces.
Fruit : grosse noix hérissée à l'écorce externe dure à l'endosperme blanc comestible avec un noyau central.
Sol : marais tourbeux d'eau saumâtre ou d'eau douce. Multiplication : attention uniquement par semis à chaud de graines très fraîches, car le pouvoir germinatif est vraiment de très courte durée entre 2 et 4 semaines surtout si le stockage n'a pas été fait dans les règles pour éviter le dessèchement.
Sources : a) http://nature.jardin.free.fr/1105/nypa_fruticans.html, b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Nypa,
c) https://en.wikipedia.org/wiki/Nypa_fruticans, d) http://www.stuartxchange.org/Nipa.html









14.7 Mangle médaille, sang-dragon, mangle-rivière (*Pterocarpus officinalis*)

(Tribu des *Fabaceae*)




U

Arbre pouvant atteindre 30 m de haut et possédant de larges contreforts s'élevant parfois à 5 m sur le tronc. Adulte, il peut avoir une base de 5 ou 6 m de largeur. Le système racinaire est toujours superficiel et limité dans son extension horizontale aux buttes générées par l'accumulation de litière au pied des grands arbres. Les feuilles sont alternes, composées de 5 à 9 folioles elliptique, luisantes, de 5 à 17 cm de longueur sur 5-6 cm de large. Les fleurs sont petites (10 à 15 mm) jaunâtres marbrées de brun-rouge, regroupées en panicules lâches de 5 à 20 cm de long. Le calice de 5 mm est à 5 dents courtes. Une corolle de 1,25 cm de long, qui entoure 10 étamines, unies en un tube. Le fruit est une gousse suborbiculaire, plate et indéhiscente, semblable à une médaille (d'où son nom de mangle-médaille en Guadeloupe). Elle est uniséminée, brièvement pédonculée, ailée d'un côté, et d'un diamètre de 3 à 5 cm.
Le bois sec, couleur crème, tendre, léger, se scie et se travaille facilement, mais ne résiste pas aux xylophages et champignons. On le trouve dans les forêts marécageuses littorales tropicales. Cette espèce se développe dans les milieux faiblement salé, jusqu'à 12 g/l de sel.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pterocarpus_officinalis


Contreforts de *Pterocarpus officinalis*


Feuille pennée



Pterocarpus officinalis dans la forêt marécageuse du littoral (Guadeloupe).





bois



Fruits (gousses en forme de médaille)



Fleurs

15 Palétuviers

Plantes ne résistant pas normalement à la sècheresse, mais poussant dans l'eau salée et/ou l'eau de mer.



L'épave érodée d'un navire à vapeur, du XIXème siècle, en provenance d'Ecosse a trouvé son lieu de repos au large de l'île Magnétique, dans le nord de l'Australie. La nature reprend ses droits.



Mangrove.



Avicennia marina (Schatz 2001)

Espèces de la mangrove	Matériel de plantation	Usage pour Plantation	Famille botanique
Avicennia marina (Forsk.) Vierh.	Fruits	Dans les zones dégradées	*Avicenniaceae*
Avicennia officinalis L.	Fruits	Dans les zones dégradées	*Avicenniaceae*
Excoecaria agallocha L.	Jeunes plants	Dans les zones dégradées	*Euphorbiaceae*
Aegiceras comiculatum (L.) Blanto	Propagules	Dans les zones dégradées	*Primulaceae*
Bruguiera gymnorrhiza (L.) Savigny	Propagules	Pour la diversité génétique	*Rhizophoraceae*
Rhizophora apiculata Bl.	Propagules	Pour la diversité génétique	*Rhizophoraceae*
Rhizophora mucronata Lamk.	Propagules	Pour la diversité génétique	*Rhizophoraceae*
Ceriops tagal	Propagules		*Rhizophoraceae*
Sonneratia apetala Buch.-Ham.	Graines	Pour la diversité génétique	*Sonneratiaceae*
Sonneratia alba	Graines		*Sonneratiaceae*
Xylocarpus moluccensis (Lamk.) M.Roem.	Graines	Pour la diversité génétique	*Meliaceae*
Xylocarpus granatum	Graines		*Meliaceae*
Lumnitzera racemosa			*Combretaceae*
Heritiera littoralis			*Sterculiaceae*
Pemphis acidula			*Lythraceae*
Barringtonia asiatica			*Lecythidaceae*

Source : Détails sur les espèces de palétuviers et le matériel de plantation. Source : http://www.drcsc.org/VET/library/Nursery/Mangrove_Nursery_manual_HR.pdf

Espèce	Nature du substrat	Durée d'immersion	Taux de salinité requis	Localisation	Station préférentielle pour la régénération	Morphologie des individus adultes
Sonneratia alba (Sonneratiaceae)	Sablo-vaseux sur les fronts	Longue à permanente	Moyenne (13,92 à 35,190g/l)	Zones externes (front de la mer)	Sédiments nouvellement formés	3 à 12 m de haut,15 à 25cm de diamètre, à pneumatophores
Xylocarpusgranatum (Meliaceae)	Sablo-vaseux	Occasionnelle	Faible (10 à 20g/l)	Zones intermédiaires	Sur les bancs externes peu salés	Grands arbres, 10à 12m de haut, de gros diamètre (60cm),
Rhizophora mucronata (Rhizophoraceae)	Vaseux riche en substance colloïdale	Régulière et quotidienne	Forte (7,753 à 42,410g/l)	Zones externes (bord des chenaux) et zones intermédiaires	Vase inondée périodiquement	7 à 12m de haut,10 à 15cm de diamètre, port droit et à racine échasse
Ceriops tagal (Rhizophoraceae)	Sablo-vaseux à sableux	Courte mais régulière (résistante à une Exondation prolongée)	Forte (15 à 45g/l)	Zones internes et Intermédiaires	Bien éclairée	2 à 4m de haut, de petit diamètre (<10cm), port plus moins droit et à contrefort
Bruguiera gymnorhiza (Rhizophoraceae)	Sablo-vaseux à compact	Courte mais régulière	Forte (15 à 45g/l)	Zones externes (bord des chenaux) et zones intermédiaires	Vase peu salée périodiquement inondée	10 à 14m de haut,10 à 15cm de diamètre, à contrefort
Avicennia marina (Avicenniaceae)	Sablo-vaseux	Immersion quotidienne à occasionnelle (Espèce ubiquiste)	Forte (15 à 45g/l)	Zones externes (bord des chenaux)	Plus ou moins sableux Occasionnellement inondée	4 à 10m de haut,15 à 20cm de diamètre, à pneumatophores
Lumnitzera racemosa (Combretaceae)	Sableux	Occasionnelle	Forte (2,625 à 43,021g/l)	Zones internes	Limite interne de l'arrière-mangrove	Arbuste (<1,5m de haut), feuilles succulentes
Heritiera littoralis (Sterculiaceae)	Sableux	Occasionnelle	Faible (10 - 20g/l)	Zones internes à la limite des formations non-mangroves	Limite interne de l'arrière-mangrove	3 à 4m de haut, 7à 10cm de diamètre

Caractéristiques des 8 espèces les plus reconnues à Madagascar.

Source : Tostain, 2010 ; Kathiresan et Bingham, 2001 et Kathiresan et al., 1996 in RAZAKANIRINA, 2016.

15.1 Définitions de la Mangrove

Écosystème qui se développe le long des côtes protégées des zones tropicales et subtropicales. Elle pousse dans un milieu à dépôt salin présentant diverses formes de sols anaérobies. Elle accueille une flore peu diversifiée mais une faune très riche. Cet écosystème est caractérisé par trois types de formations végétales :

- La mangrove de bord de mer, essentiellement composée de Palétuviers rouges (*Rhyzophora mangle*) qui peuvent atteindre 8 mètres de haut.
- La mangrove arbustive, en arrière de la ceinture côtière, où les Palétuviers rouges ne dépassent pas 2 mètres de haut et d'où émergent quelques Palétuviers noir *Avicennia germinans*, Palétuviers blancs *Laguncularia racemosa* et Palétuviers gris *Conocarpus erectus* selon le niveau de salinité des sols. Dans cette partie de la mangrove, ces espèces peuvent former des peuplements plus élevés mais assez ouverts, fréquemment parsemés d'arbres morts ou dépérissants. Il s'agit des étangs bois secs.
- La mangrove haute et les peuplements périphériques, situés après les étendues arbustives et culminants à des hauteurs variant entre 10 et 20 mètres. Dans cette partie de la mangrove, le Palétuvier blanc fait la transition avec les marais herbacés ou la forêt marécageuse. Cette espèce donne un couvert assez clair qui permet le développement de la Fougère dorée *Acrostichum aureum*. Le Palétuviers gris, assez peu abondant, se rencontre dans les endroits les mieux drainés (sols sableux ou rocheux). Il est surtout fréquent aux abords des plages[86].

Autres définitions (voir ci-après) :

- Ensemble des formations végétales, arborescentes ou buissonnantes, colonisant des atterrissements intertidaux marins ou fluviaux, périodiquement submergés par la marée saline (Guilcher 1954).
- Zone baignée périodiquement par les eaux très salées (Kiener 1978).
- Ecosystème intertropical, littoral des basses côtes (Conard (1993).
- Ecosystème incluant un groupement de végétaux principalement ligneux spécifique, ne se développant que dans la zone de balancement des marées appelée « estran » des côtes basses des régions tropicales (souvent à l'embouchure des fleuves).
- Groupe diversifié d'arbres tolérants au sel (halophyte) et en général toujours verts.

Les espèces ligneuses les plus notables sont les *palétuviers*, des arbres ou arbustes tropicaux avec leurs pneumatophores et leurs racines-échasses, appartenant à diverses espèces, capables de prospérer le long des rivages marins dans la zone de balancement des marées.

15.1 Vocabulaire spécifique aux mangroves

Chenier : type de cordon littoral mobile se présentant comme une accumulation de sable à la surface d'un marais.
Mangal : terme désignant, en anglais, la mangrove sans faire de contre-sens, mangrove, en anglais, désignant en même temps les palétuviers et la mangrove.
Pneumatophore : organes aérifères propres à certains palétuviers et à certains arbres des forêts marécageuses continentales. On distingue des pneumatophores droits, souples (*Avicennia*), durs (*Sonneratia*) ou coudés (*Bruguiera, Lumnitzera*). Les pneumatophores se développent le long des racines.
Propagules (appelées également "plantules" ou "hypocotyles") : Beaucoup de palétuviers sont vivipares c'est-à-dire que leurs graines germent sur l'arbre parent avant de tomber. Quand la propagule est mûre, il chute dans l'eau où il peut être transporté sur grandes distances. Il peut survivre à la dessiccation et rester dormant durant des semaines,

[86] a) *Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature*, Patrick Triplet, 2015, pages 444-445, https://nbsapforum.net/sites/default/files/Dictionnaire%20conservation%20P%20Triplet.pdf
b) http://www.onf.fr/interreg-mangroves/sommaire/zhl/ecosystemes/ecosystemes/20101130-110910-92235/@@index.html

des mois, ou même une année jusqu'à ce qu'il arrive dans un environnement approprié. Une fois qu'une propagule est prête à s'enraciner, il changera sa densité de sorte qu'au lieu de faire un système racinaire horizontal favorisant la flottaison et il produit un système racinaire vertical. En cette position, il est prêt s'enraciner dans la boue. Si une propagule ne s'enracine pas, il peut changer sa densité de sorte qu'il flotte plus loin encore à la recherche de conditions plus favorables (Wikipedia 2010).

Racines échasses : parmi les palétuviers les plus communs, seul le genre *Rhizophora* possède des racines échasses (celles qui partent du tronc) et des racines aériennes (celles qui partent des branches parfois appelées cordages) partant des branches.

Régénération **:** au travers l'observation d'une bonne régénération, l'on peut juger du bon état de santé d'un peuplement de palétuviers. Elle s'exprime par une densité de plantules et de jeunes arbres dans le sous-bois.

Tanne herbacée : étendue de sol couverte d'halophytes de petite taille (salicornes, *Sesuvium portulacastrum, Cressa creica, Sporobolus* spp., etc.) se développant aux dépens de la mangrove. La surface des tannes herbeuses est moins salée que celle des tannes vives (zones brunes) ce qui explique la présence d'herbacées ou de tout petits ligneux.

Tanne vive : on appelle tanne vive une étendue de sol nu se développant aux dépens de la mangrove. Il existe deux origines au phénomène de « tannification » : la salinisation et parfois l'acidification. Une diminution de la salinité ou de l'acidité des nappes et des sols peut conduire à une re-colonisation partielle et souvent temporaire des tannes par les palétuviers.

Voile algaire : c'est une pellicule organique fibreuse de quelques millimètres d'épaisseur, d'aspect cartonneux lors des périodes sèches, couvrant des dépressions à la surface des tannes ; il est formé par des *Cyanophycées*. Sa couleur varie considérablement. Si l'absence de précipitations correspond à des marées de morte-eau, le voile peut se dessécher, se détacher de la surface du sol et être emporté par le vent.

Zonation végétale :au sein d'une mangrove, la zonation végétale s'exprime par des peuplements d'espèces différentes de palétuviers s'organisant en bandes grossièrement parallèles. Cette zonation est dépendante de la topographie, aussi subtile soit-elle, qui influe elle-même sur la durée de l'inondation par les marées.

Source : http://mangrove.mangals.over-blog.com/categorie-10994492.html



Tanne à salicornes en Nouvelle-Calédonie



Tanne à *Sesuvium portulacastrum*



Voile algaire.

15.2 Caractéristiques et rôles écologiques de la mangrove

Les mangroves y sont l'un des écosystèmes les plus *bioproductifs* du monde. Ce sont les seules grandes espèces à survivre sur des vases dépourvues d'oxygène.

Les palétuviers, il joue un rôle important de nurserie et de fixation des littoraux vaseux ou vaso-sableux. En première ligne lors des tempêtes, il peut en souffrir durement, mais les mangroves qu'il constitue semblent augmenter la résilience des écosystèmes littoraux et leur résistance face à certains aléas géoclimatiques (cyclones, tsunami).

Ils y constituent un véritable barrage vert qui devient le support et l'abri d'une faune importante, et **qui protège les littoraux instables des assauts de la mer et des tempêtes**.

Ces milieux procurent des **ressources importantes** (forestières et halieutiques) pour les populations vivants sur ces côtes. La mangrove sert de nurserie aux alevins, crabes, crevettes, mollusques, huitres, etc.

Leurs bois sont souvent utilisés pour le chauffage, comme bois de charpente, dans la construction (voir ci-dessous), pour la construction de radeaux, de pilotis et de poteaux devant séjourner dans l'humidité ou dans l'eau. Le bois du palétuvier est souvent très dur, coriace, imputrescible, renfermant beaucoup de tannin. L'écorce riche en tanin, de certains palétuviers, servent à tanner les peaux. La mangrove sert de zone de pêche. Certaines espèces sont médicinales. Le fruit de certains palétuviers, le mangle, est comestible. Les feuilles de certaines espèces de fourrage.



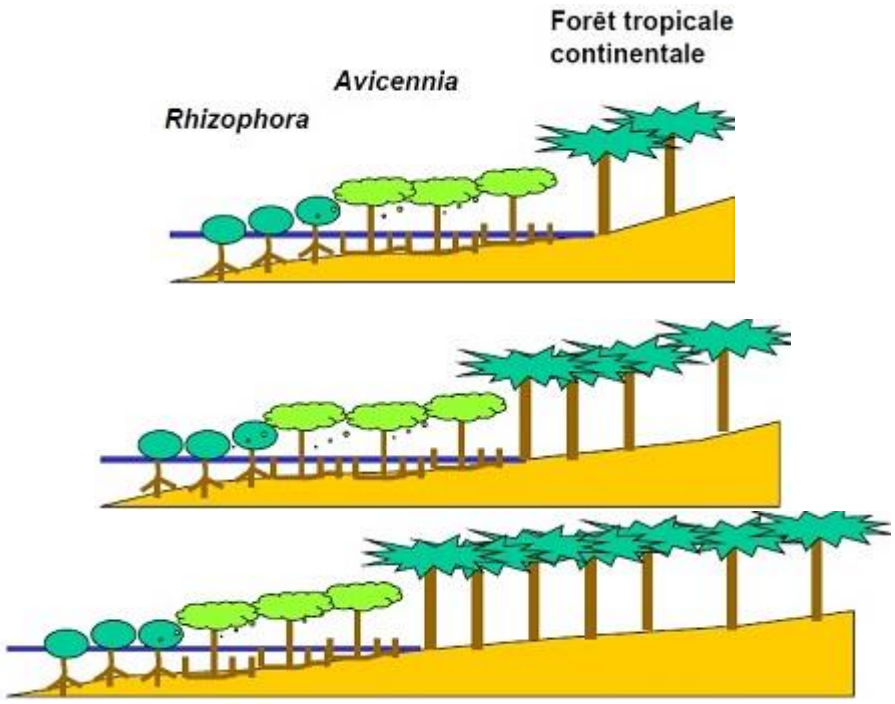
© . Photo: USAID / HAY TAO

Sources : a) http://www.bio-et-naturel.re/fiches-plantes/P/paletuvier.html
b) http://ntbg.org/plants/plant_details.php?plantid=1970
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Rhizophora_mangle
d) http://www.aquaportail.com/fiche-plante-2801-rhizophora-mangle.html

Rôles écologiques de la mangrove (suite) :

- Stabiliser les sédiments
- Accumuler la matière étrangère détritique ou autre
- Servir d'habitat pour des épiphytes
- Servir de nurserie pour les poissons et les invertébrés
- Servir de perchoirs et de sites de nidification pour les oiseaux
- A un rôle limité en tant que source alimentaire directe.
- Contributeur majeur à la chaîne alimentaire détritique.

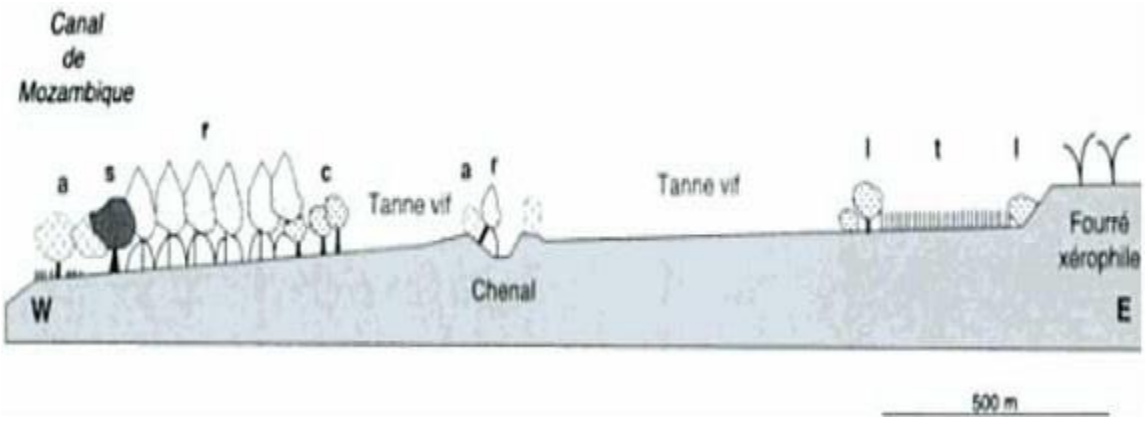
Les mangroves favorisent la **sédimentation** : 0.5-20 mm/an. Le sol s'exhausse, donc le rivage avance et la mangrove se déplace vers le large (voir ci-dessous).



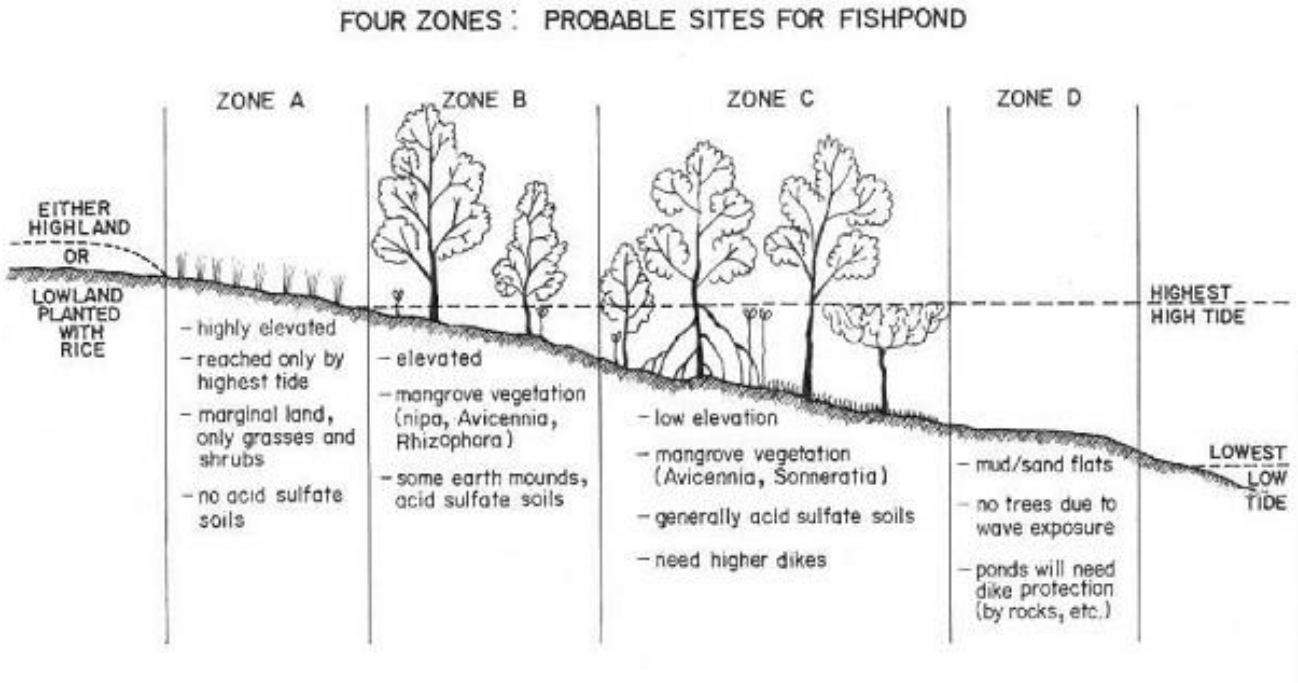


La litière dans une mangrove

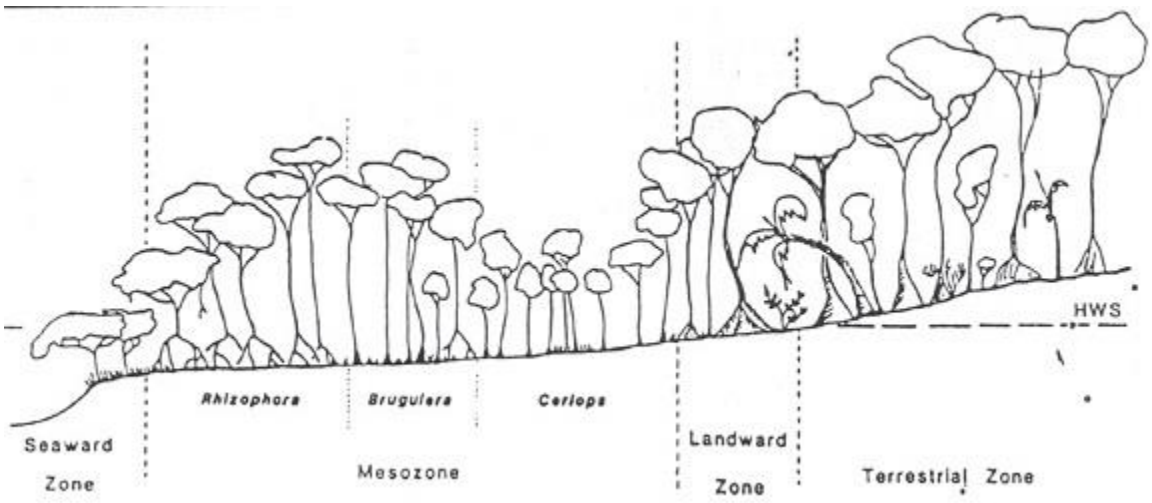
15.3 Zonations



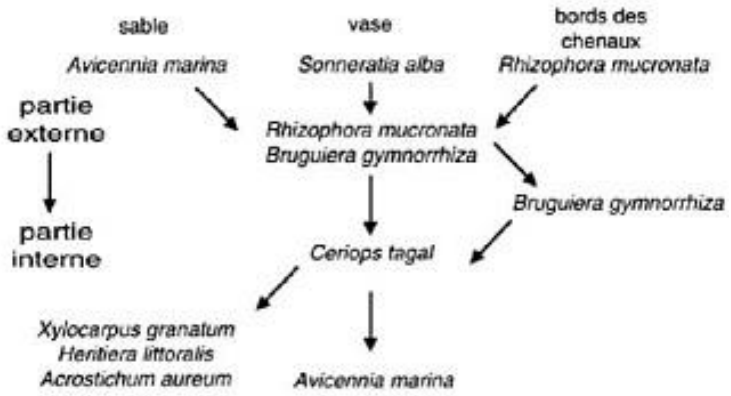
Séquence de Tsinjoriaka (sud de Morombe, Madagascar). a : *Avicennia marina*, c : *Ceriops tagal*, l : *Lumnitzera acemosa*, r : *Rhizophora mucronata*, s : *Sonneratia alba*, t : *Typha augustifolia*, h : *Hibiscus tiliaceus* (voir page, ci-avant)[87].



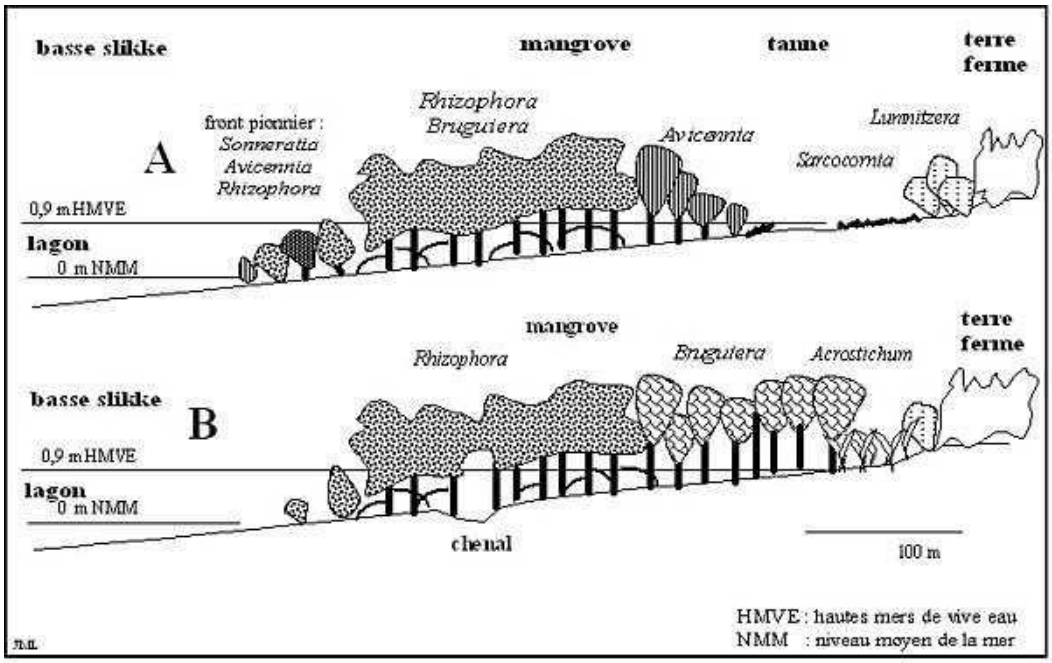
[87] Sources : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf



Coupe d'une section typique de mangroves divisée en zone inférieure, méso et supérieure.



Les zonations végétales dans les mangroves de la partie centrale du littoral oriental de l'Afrique (d'après Chapman V.J. 1976 p. 103).



Exemples de la Nouvelle-Calédonie. A. Séquence montrant un sur-salement progressif et aboutissant à un tanne et à une frange interne à *Lumnitzera* en bordure de terre ferme. B. Séquence montrant un dessalement progressif et

aboutissant à une prairie à *Acrostichum aureum*. Lebigre, J.-M. 2004. Les marais à mangrove de Nouvelle-Calédonie, un exemple de milieu « naturel » lagonaire. Nouméa, Centre de Documentation Pédagogique, Scérén, Sce 44, 48 p.

15.4 Usages de la mangrove pour l'homme et la nature

- Pisciculture de poissons et de crevettes,
- Tampons naturels contre les ouragans (éviter que les rizières soient envahies par l'eau salée),
- Principale source détritique,
- Nurserie pour de nombreux animaux différents (poissons, crabes, crevettes …),
- Nourriture pour : les personnes, les crabes, les champignons, les bactéries, autres animaux,
- Charbon de bois,
- Matière tannante,
- Miels de qualité.

La mangrove permet la reproduction du poisson (pisciculture possible), des coquillages, des huitres (ostréiculture possible), la possibilité de remettre en culture des rizières précédemment envahies par l'eau salée, la production de bois d'œuvre ou bien un excellent miel que les abeilles produisent à partir des fleurs du palétuvier.



Mangrove restaurée, *protégeant un village des assauts de la mer* (au Guyana, Amérique du Sud).



Le programme SmartFish[88] en appui à l'exploitation du crabe de mangrove, Août 2014, Madagascar
© NJARATIANA RAKOTONIAINA[89]



Production de poissons



Production de coquillages.

[88] SmartFish est un programme régional de pêche mis en œuvre conjointement par la Commission de l'océan Indien et l'Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). SmartFish opère dans 20 pays de la région océan Indien-Afrique australe et orientale.

[89] Cf. http://ecoaustral.com/le-programme-smartfish-en-appui-lexploitation-du-crabe-de-mangrove



Produits de la mangrove au Guyana (miel, sculptures en bois, fruits …).

15.5 Caractéristiques des plantes de la mangrove

Caractéristiques des plantes se développant dans la mangrove, adaptées à un milieu hostile :

- Une salinité élevée,
- Des racines immergées,
- Une faible oxygénation du sol due à la vase,
- Un sol instable,
- Des eaux chaudes.

15.6 Productivité de l'océan et des mangroves

- Océan ouvert < 50 g C/m2/an.
- Les récifs coralliens **1000 g** C/m2/an.
- Mangroves **500** g C/m2/an.

⇨ Plate-Forme Continentale:

- Les herbiers **1000** g C/m2/an.
- Les estuaires et les marais salants **800** g C/m2/an.

15.7 Les chaînes alimentaires

- La plus grande partie de la production primaire des palétuviers, non exportée [par les courants marins …], est consommée par des animaux détritivores.
- Les Crabes en Australie accélèrerait (x 10-20) la biodégradation de 70-80% de la litière.



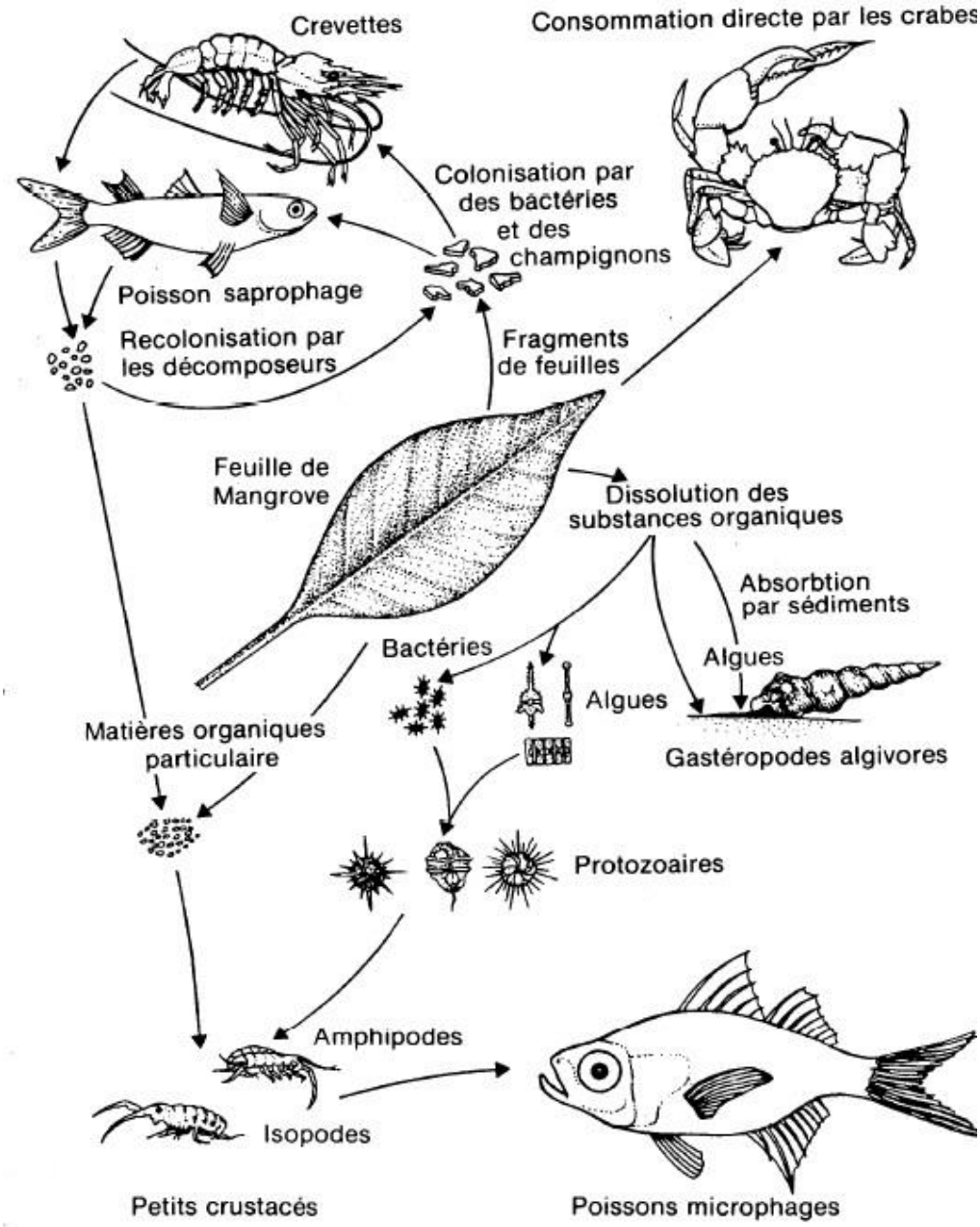
Chenille se nourrissant de plantule d'*Avicennia.*



Sphaeroma serratum ↑
Crustacé, de la famille des cloporte, xylophage foreur des palétuvier.



Escargot herbivore (un bigorneau), vivant sur les branches et racines aériennes du palétuvier rouge (*Rhizophora mangle*).



Chaînes alimentaires médiolittorales issues des feuilles de palétuviers (d'après Lear et Turner in Ramade (1984). D'après Ramade, 1984. *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. McGraw Hill publ., Paris : i-ix + 1-403 + 33 pl. h.t

15.8 Où sont-elles localisées, dans le monde ?

- Estrans des régions tropicales et subtropicales peu profonds et protégés,
- Les mangroves se localisent le long des rivages tropicaux, en eau marine et saumâtre (parfois douce),
- Il y a des mangroves de front de mer, d'îlots, d'estuaire et de lagunes,
- Les mangroves s'installent généralement sur un substrat meuble.
- Restreintes aux habitats marins et intertidaux adjacents,

- Plage de température : 10 ° C à 20 ° C[90].

15.9 Leur résistance au sel

Les mangroves ont une tolérance élevée en sel. Ils peuvent survivre bien dans un sol avec une salinité de 90 ‰. La moyenne de l'océan est de 35 ‰ (35 pour mille). Ils ont besoin de se prémunir de la perte d'eau par soit :

- L'excrétion du par feuilles.
- L'exclusion du sel dans les racines.
- L'excrétion du sel et l'abscission (en supprimant les organes chargés de sel).

15.10 Ecologie de la Mangrove

La mangrove vit dans la zone de transition écologique entre milieu continental et milieu marin. Les plantes, se développant dans la mangrove (palétuviers, badamier …), sont adaptées à un milieu hostile, ayant ces caractéristiques suivantes :

- Une salinité élevée,
- Des racines immergées,
- Une faible oxygénation du sol due à la vase,
- Un sol instable,
- Des eaux chaudes (Wikipedia 2010).

La mangrove héberge des animaux : crabes (crabes violonistes …), poissons (périophtalmes …), ses crustacés, fameuses huîtres et délicieux mollusques. Elle sert de nurserie aux alevins.

15.11 Les facteurs physiques influençant la croissance et le développement des mangroves

- L'action des vagues : vent de la côte au vent (plus de flux de marée) versus vent de la côte sous le vent (plus de conditions de anoxiques, de stagnation, de prolifération d'algues),
- Les nutriments,
- Le flux de la marée (la force de la marée),
- Le flux fluviale (la force du fleuve),
- Le couvert forestier,
- sol: sa faible teneur en oxygène (anaérobie), sa haute teneur en sulfure d'hydrogène, les sols à grains fins (boueux), les bactéries anaérobies de réduction du soufre,
- Les coquilles calcaires de mollusques sont utilisées par les bactéries de soufre --- qui, à leur tour, fournissent les nutriments Ca ++ que la mangrove et d'autres animaux ont besoin, mais qui augmentent également l'alcalinité du sol.

15.12 Les facteurs de stress

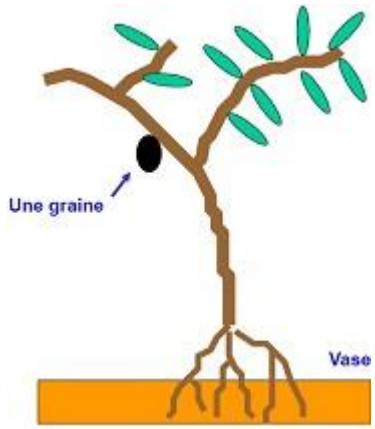
- Canalisation, drainage, et envasement.
- Ouragan.
- Les herbicides et défoliants.
- Pesticides et pollution.

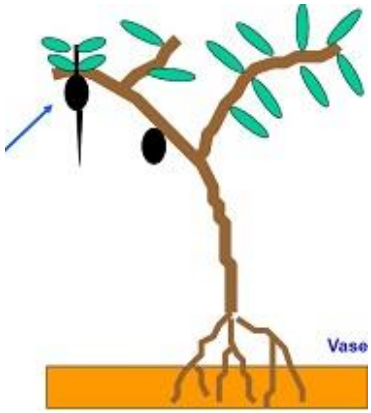
[90] Source : Bouillon et al., 2008. Global Biochemical Cycles, 22 (GB2013) : 1-12.

- Charge thermique (chaleur).

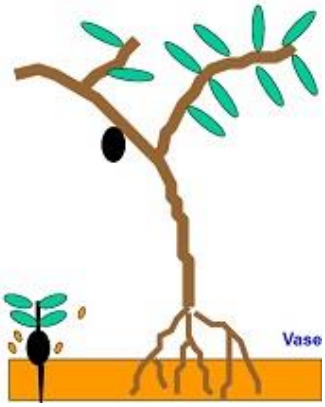
15.13 Physiologie, reproduction

- La plupart des mangroves sont vivipares, leurs propagules tombent des branches et sont emportés par les vagues.
- Pas d'étape de repos des graines : le corps fructificateur (la propagule) est un semis.
- Les palétuviers présentent un certain nombre **d'adaptations** au milieu très particulier dans lequel ils vivent. Leurs **graines** sont souvent vivipares : elles germent sur l'arbre afin de se ficher dans la vase quand elles tombent (*Rhizophora, Avicennia*).





Une graine germée sur l'arbre (vivipare).



Une graine germée (plantule) fichée dans la vase.

15.14 Racines aériennes et pneumatophores

Les *racines aériennes* aident à soutenir l'arbre. Ce système racinaire peut être très étendu. Les *pneumatophores* ont une fonction respiratoire. Le sol est très anaérobie, de sorte que les pneumatophores se maintiennent au-dessus de la surface et capture l'oxygène O2. Ils fonctionnent aussi en repoussant les nutriments vers la couche supérieure du sol. Les *racines échasses* et les *pneumatophores* peuvent porter les huitres et autres coquillages.



Racines aériennes en échasses.



Pneumatophores


Paillasson de pneumatophores d'*Avicennia marina* © FORMAD Environnement.



Pneumatophores d'*Avicennia germinans* © FORMAD Environnement.



Pneumatophores de *Sonneratia alba* © FORMAD Environnement



Racines échasses (Nouvelle-Calédonie : baie de Prony). © FORMAD Environnement.

15.15 Bilan de l'aménagement forestier des mangroves

« *Les mangroves semblent bien préservées dans les pays à faible densité de population et ressources en bois suffisantes (Gabon, Guyane, Australie) et en régression dramatique où la pression démographique est forte. Par exemple, aux Philippines et en Equateur, elles ont été abusivement converties en bassins d'aquaculture, tandis qu'en Indonésie, le rythme de leur exploitation forestière est excessif. En Afrique de l'Est, la principale cause de leur régression a été la conversion en marais salants.*

Peu d'aménagements durables pour la production de bois (énergie et bois de service) sont appliqués sauf localement dans certains pays asiatiques (Inde, Bangladesh, Thaïlande, Malaisie). C'est l'Australie qui semble le mieux assurer à la fois la protection, la conservation et l'exploitation de ces écosystèmes (vingt-trois parcs nationaux et sites effectivement protégés). Le rôle des mangroves dans la protection contre l'érosion côtière et la conservation de la faune aquatique a été reconnu : des reboisements et des remises en état de mangroves dégradées sont réalisés dans certaines zones d'Asie et d'Amérique centrale.

Les mangroves peuvent être techniquement gérées de façon durable en vue d'un rendement soutenu en produits ligneux et autres produits forestiers. Toutefois les aménagements sont fortement dépendants des pratiques d'utilisation des zones terrestres, surtout en ce qui concerne les variations des régimes hydriques, d'où la nécessité d'intégrer les zones en arrière du littoral dans l'aménagement des mangroves »[91].

15.16 Menace sur les mangroves

La dégradation rapide de certaines mangroves, dans le monde entier, _ surexploitées pour leur bois, le fourrage _ est devenue préoccupante, parce qu'elles constituent des *stabilisateurs efficaces pour certaines zones côtières fragiles* qui sont maintenant menacées, et parce qu'elles contribuent à la *résilience écologique des écosystèmes après les cyclones et tsunamis* et face aux effets du dérèglement climatique, incluant la montée des océans.

« *Sur le plan mondial, les mangroves occupent approximativement une superficie de 152 000 Km² (Spalding et al, 2010). Cette estimation de la couverture mondiale a été révisée à la baisse à 13 776 000ha par Giri et al. (2011). En 2016, la superficie des mangroves mondiales a connu une diminution significative à hauteur de 8 349 500 ha selon Hamilton et Casey. La croissance démographique, le développement de la zone côtière, l'aquaculture, la conversion en agriculture telle que la riziculture, la surexploitation des bois en sont les principales raisons.* » [22].

Les espèces, poussant à la limite terrestre de la zone de la mangrove et ne supportant pas d'être immergées en permanence, peuvent être plus menacées par l'élévation du niveau de la mer que d'autres espèces [22].

[91] *Techniques de gestion des écosystèmes forestiers tropicaux: état de l'art*, Working Paper: FAO/FPIRS/05 prepared for the World Bank Forest Policy Implementation Review and Strategy, B Dupuy, H -F Maître et I Amsallem
CIRAD, Forestry Policy and Planning Division, Rome, July 1999, page 31, http://www.fao.org/3/x4130f/x4130f.pdf



Zone de mangrove fortement dégradée. © Oceanium ↑ ↗



© Oceanium.



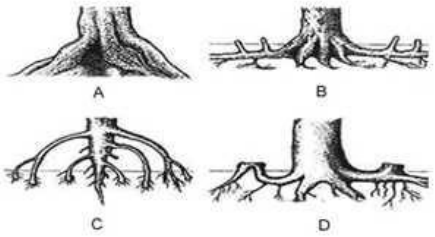
Stocks de rondins de palétuviers coupés pour leur bois (au Guyana).



Arasement / nivellement d'une mangrove, à Tahun anggaran (Indonésie).



Coupe de bois de *Rhizophora*, pas de repousse © FORMAD.



Racines échasses :
A) *Xylocarpus granatum*;
B) *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*;
C) *Rhizophora mucronata*;
D) *Bruguiera gymnorrhiza*
© FORMAD Environnement

Note : image en rapport avec le paragraphe "*Racines aériennes et pneumatophores*".



Feu de forêt dans la mangrove (au Guyana), à cause de l'homme.



Mangrove à *Sonneratia* très « attaqué » par l'homme, pour la récolte du bois de feux (sur la route entre Tuléar et Ifaty. Côte Ouest de Madagascar). © B. Lisan



Les coupes à blanc pour la production de charbon de bois met les villages face aux risques de l'augmentation de l'impact des vagues, du vent et des inondations. Les villages le long du côté ouest (au vent) de cette île, en Indonésie, ont tous connu des inondations. Elles ont augmenté en raison de la coupe à blanc des mangroves côtières; pour la production de charbon de bois et le développement de bassins piscicoles.



Pour éviter la surexploitation du bois des mangroves, certaines ONG apprennent à construire et à utiliser des cuiseurs performants et économes en bois. *Ces initiatives peuvent contribuer encore plus à ce que les communautés locales s'engagent encore plus dans la préservation de leur mangrove*.

15.17 Palétuvier noir / Palétuvier gris (*Avicennia marina*)

Famille : *Verbenaceae*, ou *Acanthaceae* (ex *Aviceniaceae*), selon la classification phylogénétique.
Synonyme : palétuvier noir (en français) ou palétuvier gris (en anglais).
Écologie : Les palétuviers noirs *Avicennia marina* se trouvent près de la mer, au niveau des basses eaux. Ce sont parmi les premiers arbres à former et coloniser la mangrove (avec les arbustes du genre *Sonneratia*). Ces arbres ont de longues racines qui fixent la vase et permettent à de nouveaux sédiments de se déposer derrière. Comme les autres palétuviers, cette espèce contribue à la fixation des sédiments et du trait de côte. Les racines de cette plante, en complément du travail de crabes fouisseurs tels que *Uca vocans*, réoxygènent en permanence le sédiment vaseux et modifient le cycle du soufre et du carbone en contribuant à la biogéochimie des sulfures.
Salinité : Forte (15 à 45g/l). Les *Avicennias* marina supportent un degré élevé de salinité. Ils supportent aussi d'être presque continuellement submergés dans l'eau salée de la mer.
Zonation : immersion quotidienne (zone intertidal), immersion à forte marée, atterrissements vaseux, immersion aux grandes marées d'équinoxe (chenaux des marées) ;
Plantule : Cette espèce ne forme pas de propagules mais plutôt une graine qui dispose donc d'une plus grande zone de dispersion, ce qui lui permet de coloniser des espaces éloignés par rapport à l'arbre-mère.
Plante : 4-10 m de hauteur.
Tronc : écorce jaunâtre, circonférence 35-57 cm
Feuilles : opposées décussées, ovale, allongée, épaisse, une seule nervure centrale apparente en relief sur la face inférieure, face inférieure vert-clair, exudats de sel.
Racines : Il présente une adaptation aux milieux anoxiques sous forme de pneumatophores[92], de 6 à 30 cm (95 à 525 par m2 ou 41 à 492), le long des racines principales.
Inflorescences : débute mi-septembre
Fruits : rond avec une pointe, jaunâtre à vert clair, écorce duveteuse. Deux gros cotylédons.
Période de collecte des fruits : mars (à Madagascar).
Utilisation : les fruits sont mangés par les zébus et les chèvres, cercueil, clôture, médicament (feuille séchée ou verte contre maux de ventre et jaunisse), roue de charrette, chaux. Les feuillages d'*Avicennia marina* permettent la survie

[92] ***Pneumatophore*** : excroissances verticales exposées à l'air (aérienne), à marée basse, pour leur permettre de respirer.

des zébus car les herbes ne suffisent pas pendant la saison sèche. De temps en temps, les éleveurs cueillent les feuilles pour nourrir leurs zébus ou ils envoient leurs bovins pâturés dans la mangrove.
Utilisation en construction : Charbon, clôture, renforcement de la toiture.
Utilisation en bois d'énergie : Fumage traditionnel de poisson, cuisson.
Conservation :des graines : ?
Multiplication : par graine.
Bois : faible qualité du bois.
Sources : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Avicennia_marina


Fruits


Individu pionnier de l'espèce *A. marina* dans le lagon de Batticaloa, au Sri Lanka.


Fleurs

15.18 Palétuvier orange (*Bruguiera gymnorrhiza*)

Famille : *Rhizophoraceae*
Synonyme : palétuvier orange.
Écologie : Il se trouve principalement à l'intérieur des mangroves, et fortement liée à la présence de *Rhizophora mucronata*. En termes de succession écologique, elle a tendance à se développer à la suite de *Rhizophora mucronata*, profitant de la présence de cette dernière pour pousser à l'abri de la force de la marée. Le palétuvier *Bruguiera gymnorhiza* pousse à l'intérieur de la mangrove de l'Asie du Sud-Est près de la terre ferme, derrière les premiers arbustes et arbres colonisateurs du genre *Sonneratia* et les palétuviers noirs du genre *Avicennia* qui poussent près de la mer, au niveau des basses eaux ; et aussi derrière les palétuviers rouges du genre *Rhizophora*.
Salinité : Forte (15 à 45g/l).
Zonation : immersion quotidienne (zone intertidale)
Plantule : propagules courtes, épaisses et sillonnées.
Plante : environ 10 à 14 m de hauteur. Arbre sempervirent généralement haut de 10 à 20 mètres, mais pouvant atteindre environ 35 mètres de haut et 1,5 mètre de diamètre à la base.
Tronc : rouge. Tige rougeâtre avec traces des pétioles.
Pneumatophores :
Feuilles : ovales pointus, en verticille à l'apex alternes. Pétiole rouge sur une courte distance. Il présente des feuilles lancéolées disposées en étoile.
Racines : Ses racines ne sont que rarement voire jamais submergées par la marée haute. Un palétuvier sans échasses, avec des racines coudées ou des pneumatophores (aussi appelées « racines en genou »).

Inflorescences : rougeâtres sépales en pointe. Les fleurs, solitaires, vont du rouge vif au rouge-rose. Elles sont généralement retombantes. Les pétales sont en forme de fines dents acérées.
Fruits : graines germées sur l'arbre (propagules). Les fruits sont des baies campanulées, vertes et oblongues, renfermées dans le tube du calice. Ils contiennent une ou deux graines. Ils s'allongent pour former un hypocotyle de 25 centimètres de long.
Période de collecte des propagules : mars (à Madagascar).
Utilisation : bois de chauffe. *Pour être mangés, les propagules doivent être pelés, lavés, éventuellement macérés (dans la vase), râpés et longuement cuits*. On relève parfois un goût amer que l'on fait disparaître à Guam en les faisant bouillir avec de la cendre. Aux Antilles, les "Nègres marrons" n'en consommaient que la "pulpe" centrale. Dans l'île de Biak qui fait partie de l'actuel Papua indonésien, on fabrique à partir des propagules une pâte riche en protéines. Les propagules ou gousses vertes sont consommées comme légume cuit.
Utilisation en construction : Bois d'œuvre, élément de structure de case.
Utilisation en bois d'énergie : Charbon, cuisson.
Conservation :des graines : ?
Multiplication : propagules très fines.
Source : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Bruguiera_gymnorrhiza




Fleur renfermant un hypocotyle.




Photo : RAHERITAHIANA, 2016


Racines en genoux.



Racines en genoux.

15.19 Palétuvier jaune (*Ceriops tagal*)

Famille : *Rhizophoraceae*
Synonyme : *Ceriops condolleana* ou *Ceriops boviniana*, palétuvier jaune.
Écologie : Son habitat est dans les zones d'eau saumâtre dans les zones de marée. Elle ne supporte pas en revanche les longues périodes d'immersion, ce qui la place au plus haut niveau de l'estran, au-delà du cœur de mangrove. Les individus de cette espèce se rassemblent généralement sur des langues de terres sèches qui s'inondent à chaque marée haute. *C. tagal* a tendance à se produire dans les marécages d'espèces mixtes (avec *Xylocarpus* et *Avicennia*).

On observe systématiquement de nombreuses populations de crabes violonistes au niveau de leurs racines, ainsi que des crabes araignées des mangroves, lorsque la marée est haute.
Salinité : Forte (15 à 45g/l). Espèce résistante à la dessiccation (à la sècheresse) ainsi qu'au stress salin.
Zonation : immersion quotidienne (zone intertidale), immersion à forte marée avec atterrissements vaseux.
Plante : 6 à 8 m de hauteur en moyenne. Arbre de taille moyenne atteignant une hauteur de 25 mètres (80 pieds) avec un diamètre de tronc allant jusqu'à 45 cm (18 pouces). L'habitude de croissance est colonnaire ou multi-tronc.
Tronc : Ecorce gris argenté à brun orangé, lisse avec des lenticelles pustuleuses occasionnelles.
Pneumatophores : coudés.
Feuilles : ovales plus ou moins allongé. Les feuilles sont en paires opposées, vert jaunâtre brillant dessus, obovales avec des marges entières, jusqu'à 6 cm (2,4 po) de long et 3 cm (1,2 po) de large.
Racines : longue radicule, grêle et verruqueuse. Grandes racines en contrefort. Les racines d'ancrage rayonnantes sont parfois exposées et peuvent s'enrouler par endroits.
Inflorescences : Les fleurs sont portées seules à l'aisselle des feuilles ; chacun a une longue tige et un tube calice court et des pièces par cinq ou six. Les étamines appariées sont enfermées dans les pétales qui s'ouvrent de manière explosive lorsqu'elles sont dérangées.
Fruits : graines germées sur l'arbre (propagules). Les fruits ovoïdes mesurent jusqu'à 3 cm (1 po) de long suspendus au tube du calice rétréci. Brunes d'abord, elles changent de couleur en mûrissant et l'hypocotyle émerge. L'hypocotyle est long et mince, atteignant environ 35 cm (14 po) de long, et est côtelé, une caractéristique qui distingue ce palétuvier du palétuvier jaune à fruits lisses (*Ceriops australis*).
Période de collecte des fruits : février-mars
Utilisation : mât de pirogue, maison, chaise, table, lit, charbon, clôture, bois de chauffe. Le bois durable est utilisé dans la construction de maisons. Il est également utilisé dans la fabrication de charbon de bois et est préféré comme bois de chauffage, étant le deuxième derrière *Rhizophora spp*., et un colorant peut être extrait de l'écorce. Parmi les espèces de palétuviers, son écorce et sa sève donnent des colorants rouges et noirs qui sont utilisés dans le batik et le tannage du cuir. Bois de bonne qualité. *Utilisation en construction* : Bois d'œuvre, élément de structure de case et de clôture. *Utilisation en bois d'énergie* : Charbon, cuisson.
Conservation des graines :
Multiplication : propagules à grosses côtes
Source : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Ceriops_tagal
c) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Ceriops+tagal+(Perr.)+C.B.Rob.
d) http://queenslandcoast.blogspot.com/2016/09/australias-spurred-mangroves-ceriops-sp.html



Propagules (jeunes)


Fleurs



Propagules



Feuilles



Les hypocotyles matures sont beaucoup plus gros et peuvent avoir des colliers au sommet (*C. tagal*) [93] (© Queensland coast).



Feuilles



Fleurs



Propagules (fruits)



Tronc[94] (© Queensland coast)



Racines et habitat du *Ceriops tagal* (© Queensland coast).

[93] http://queenslandcoast.blogspot.com/2016/09/australias-spurred-mangroves-ceriops-sp.html

[94] http://queenslandcoast.blogspot.com/2016/09/australias-spurred-mangroves-ceriops-sp.html

15.20 *Lumnitzera racemosa*

Famille : *Combretaceae*
Synonyme : Roneho, Sahiranko (en malgache).
Écologie : Il pousse dans la partie supérieure de la zone intertidale et se trouve à la fois sur les plages et le long des berges des criques. C'est une espèce pionnière à croissance rapide.
Salinité : Forte (2,625 à 43,021g/l).
PH : 6,7-7,7
Zonation : immersion à forte marée avec atterrissements vaseux, immersion à grandes marées d'équinoxe et chenaux des marées, sols salés des chenaux marins, terres fermes peu salées, tannes.
Plantule :
Plante : 1,5 m à 2 m de hauteur. Arbre à feuilles persistantes de taille petite à moyenne, atteignant une hauteur maximale de 37 m (121 pi).
Tronc :
Racines / Pneumatophores : coudés ? L'arbre développe des pneumatophores et a souvent des racines échasses.
Feuilles : ovale, opposées, décussées avec quelques échancrures, nervure centrale peu apparente, épaisse, sans pointe. Les feuilles sont disposées en spirale à l'extrémité des pousses ; elles sont simples et obovales, avec des bords légèrement dentés.
Inflorescences : très petites fleurs blanches. Les inflorescences se développent en épis courts à l'aisselle des feuilles ou à l'extrémité des pousses. Les fleurs sont petites et blanches.
Fruits : Fruits ligneux aplatis contenant une seule graine.
Période de collecte des fruits :
Utilisation : bois de chauffe, maison, bétail. Son bois est solide et durable et a de nombreuses utilisations, y compris la construction de ponts. Le bois est très apprécié pour la fabrication du charbon de bois au Cambodge. L'écorce est récoltée pour les tanins qu'elle contient.
Conservation :des graines :
Multiplication : propagules très fines.
Sources : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Lumnitzera_racemosa





Petites fleurs blanches









Feuilles



Fruits verts caduques.

15.21 Palétuvier rouge (*Rhizophora mucronata*)

Famille : *Rhizophoraceae*
Synonyme : Tanga marotagna (malgache), palétuvier rouge.
Écologie : Il pousse à l'intérieur de la mangrove de l'Asie du Sud-Est, juste derrière les premiers arbustes et arbres colonisateurs du genre *Sonneratia* et les palétuviers noirs du genre *Avicennia* qui poussent près de la mer, au niveau des basses-eaux. L'habitat naturel de *Rhizophora mucronata* est constitué d'estuaires, de criques de marée et de zones côtières plates soumises à des crues quotidiennes. Il semble être plus tolérant aux inondations que les autres espèces de mangrove et forme souvent une frange à feuilles persistantes dans les zones de mangrove. Il se présente parfois en peuplement pur ou peut pousser avec *Rhizophora apiculata*. Les plantules sont souvent endommagées par les crabes. Les feuilles sont également mangées par les crabes et font partie du régime alimentaire du macaque mangeur de crabes (*Macaca irus*). L'arbre est attaqué par le coléoptère *Poecilus fallax*. Dans le sanctuaire d'oiseaux de Mangalavanam près de Cochin, en Inde, il pousse en association avec la mangrove *Avicennia officinalis*, la fougère doré, fougère des marais ou acrostic doré (*Acrostichum aureum*) et l'acanthe à feuilles de houx (*Acanthus ilicifolius*).
Salinité : Forte (7,753 à 42,410 g/l).
PH : 6,6-7,7.
Zonation : immersion quo.
Plantule : propagule germée. L'espèce se régénère facilement à partir de graines. L'espèce se reproduit via la germination de propagules et se disperse par hydrochorie, c'est-à-dire grâce à l'action de marée. Elle est également capable de viviparité en permettant à la propagule de germer en étant toujours accrochée à l'arbre-mère.
Plante : 10-12 m de hauteur. Arbre de 7 à 12 m de haut, 10 à 15 cm de diamètre, port droit et à racine échasse.
Tronc : rugueux.
Racines : en échasses au-dessus du sol. L'espèce est reconnaissable à ses hautes racines échasses. La racine commence à s'allonger et peut atteindre une longueur d'un mètre (yard) ou plus. La propagule se détache alors de la branche lorsqu'elle est suffisamment développée pour s'enraciner dans la vase en dessous.
Pneumatophores : non.
Feuilles : grandes feuilles ovales allongées, opposées, nervure centrale très apparente en relief sur la face inférieure, épaisses, vertes. Les feuilles sont elliptiques et mesurent généralement environ 12 centimètres (4,7 pouces) de long et 6 centimètres (2,4 pouces) de large. Ils ont des pointes allongées mais celles-ci se cassent souvent. Il y a des verrues liégeuses sur le dessous pâle des feuilles.
Inflorescences : petites fleurs jaunes à 4 sépales et 4 pétales. Les fleurs se développent en grappes axillaires sur les rameaux. Chacun a un calice dur de couleur crème avec quatre sépales et quatre pétales blancs et velus.
Fruits : vivipare, les graines germent sur l'arbre formant des propagules. Les graines sontvivipares et commencent à se développer alors qu'ils sont encore attachés à l'arbre.
Période de collecte des propagules :
Utilisation : bois de chauffe, mât de pirogue, maison, chaise, table, clôture, roue de charrette, bois de chauffe.

Les jeunes feuilles de Rhizophora sont susceptibles soit d'être mangées bien cuites, soit de servir à donner un goût original à un plat. Elles sont réputées riches en acides aminés, thiamine, riboflavine, acide folique et choline.
En Floride on utilise les feuilles de *Rhizophora* mangle préalablement séchées pour fabriquer le "Maritime Tea".

Des tablettes protéinées sont élaborées à partir de ces mêmes feuilles (blog Lebigre 2009).
Il est utilisé pour aider à prévenir l'érosion côtière et dans la restauration des habitats de mangrove. Le bois est utilisé pour le bois de chauffage et dans la construction de bâtiments, comme poteaux et pilotis, et dans la fabrication de pièges à poissons. Les fruits peuvent être cuits et consommés, le jus est extrait pour faire du vin, et les jeunes pousses peuvent être consommées comme légume. L'écorce est utilisée en tannage et un colorant peut être extrait à la fois de l'écorce et des feuilles. Diverses parties de la plante sont utilisées en médecine traditionnelle.
Multiplication : grandes propagules sans côte.
Sources : a) Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Rhizophora_mucronata, c) https://en.wikipedia.org/wiki/Rhizophora_mucronata











Raheritahiana, 2016 (à gauche). Fleurs (à droite).



[95]

15.22 *Sonneratia alba*

Famille : *Lythraceae* (ou *Sonneratiaceae*).
Synonyme : Songery (en malgache).
Écologie : Son habitat est abrité, constitué de rivages sablonneux et de criques dans la zone tidale (celle des marées). C'une espèce typique des zones à forte et fréquente immersion.
Salinité : 13,920 g à 35,190 g / l

[95] Cf. http://amap-collaboratif.cirad.fr/Docs_Logiciels/Mangrove_web/especes/s/sonal/sonal_10.html

PH : 6,7-8,2
Zonation : immersion quotidienne (zone intertidale).
Plantule :
Plante : 5 – 6 m à 8-10 m de hauteur. *S. alba* pousse jusqu'à 40 m (130 pi) de hauteur avec un diamètre de tronc jusqu'à 70 cm (30 po).
Tronc : 90 à 118 cm de diamètre. L'écorce fissurée est brunâtre, virant au gris sous la marque de la marée.
Pneumatophores : droits ou coudés, gros en forme de cône, 49 à 247 par m2. Ou grands, durs et pointus.
Racines :
Feuille : épaisse, large, arrondie
Inflorescences : beaucoup d'étamines. Les fleurs sont blanches, avec du rose à leur base.
Fruits : ronds, graines difficiles à faire germer en pépinière), pas de dormance. Les fruits vert foncé mesurent jusqu'à 5 cm (2 po) de long.
Période de collecte des fruits : tardifs, mai (à Madagascar).
Utilisation : bétail (fourrage), charbon, chaux, cercueil, bois de chauffe. *S. alba* est utilisé comme bois de chauffage. Son bois est utilisé dans la construction de maisons et de bateaux. Les fruits aigres sont utilisés pour parfumer le poisson et sont parfois consommés crus. Les feuilles se consomment également crues ou cuites.
Conservation :des graines :
Multiplication : par graines.
Sources : a) *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Sonneratia_alba









Fleur





Fruit sec contenant de très nombreuses petites graines (elles germent difficilement en pépinière).





Pneumatophore pointues (*Sonneratia alba*)



*Sonneratia alb*a (fleur)

15.23 Palétuvier casse-tête (*Xylocarpus granatum*)

Famille : *Meliaceae* (ex *Combretaceae*)
Synonyme : *Carapa obovata*, palétuvier casse-tête ou puzzle, palétuvier boulet de canon, palétuvier cèdre.
Noms vernaculaires :
Écologie : milieu peu salé.
Salinité : Il tolère une salinité de 0,1-3%. Il se rencontre préférentiellement dans les zones peu immergées, ce qui explique sa faible adaptation aux stress hydriques et salins.
Zonation : immersion quotidienne (zone intertidale), immersion à forte marée, atterrissements vaseux, immersion à grande marée d'équinoxe et chenaux des marées, sol salé des chenaux marins. Il pousse dans la zone intertidale supérieure et se trouve dans les estuaires et le long des berges des ruisseaux.
Plantule : ?
Plante : 6-9 m de haut ; 65 à 75 cm.
Tronc : Le tronc a des contreforts et des racines aériennes qui s'étendent sur de longues distances de chaque côté. L'écorce est brune et lisse, et se détache en flocons.
Racines : à contrefort.
Pneumatophores : absents.
Feuilles : composées folioles en nombre pairs, ovale, vert clair. Les feuilles sont pennées et disposées en spirale sur les rameaux; elles ont deux à quatre paires de folioles et sont vert pâle lorsqu'elles sont jeunes et s'assombrissent avec l'âge.
Inflorescences : L' inflorescence se développe en une courte panicule à l'aisselle d'une feuille ou à l'extrémité de la pousse. Les fleurs individuelles mesurent 8 mm (0,3 po) de large, avec des parties par quatre, et sont blanches ou jaune rosâtre.

Fruits : très gros fruits sphériques, légers. Les fleurs sont suivies de grandes capsules ligneuses sphériques, de 9 à 12 cm (4 à 5 pouces) de diamètre, qui se fendent pour révéler jusqu'à une douzaine de graines. Le nom commun "palétuvier casse-tête" dérive de la forme irrégulière des graines : un puzzle peut être créé en mélangeant les graines et en essayant de les réassembler dans leur arrangement sphérique original.
Période de collecte des fruits : mai (à Madagascar)
Utilisation : Le bois est dur et durable et peut être utilisé pour la construction de bateaux _ Kasama (étrave) de pirogue … _, l'encadrement de porte, la construction et la fabrication de meubles, mais les arbres sont tordus et souvent creux, de sorte que les gros morceaux de bois peuvent ne pas être disponibles ; le bois est également utilisé pour les manches d'outils et autres petits objets, et peut être utilisé comme bois de chauffage, mais brûle assez rapidement (donc il est rarement utilisé comme bois de chauffe). L'écorce est riche en tanins et a été utilisée pour renforcer la corde et teindre le tissu. L'écorce, les fruits et les graines ont été utilisés en médecine traditionnelle.
Conservation :des graines :
Dormance : pas de dormance.
Multiplication : par graines.
Sources : a) Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara, Serge Tostain, FORMAD Environnement, Toliara, juin 2010, http://www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Xylocarpus_granatum
c) https://uses.plantnet-project.org/fr/Xylocarpus_granatum_(PROTA)












[96]

15.24 Palétuvier Toto margot (*Heritiera littoralis*)

Famille : *Sterculiaceae* (celle du cacaoyer).
Synonyme : talotus philippin, mangrove-miroir ou dugun.
Écologie : arbre de mangrove et de sub-mangrove. Il pousse sur la marge intérieure des mangroves, là où l'eau douce se mélange à l'eau de mer ou prédomine. On le trouve parfois aussi sur des rivages rocheux, et plus souvent sur les berges de cours d'eau soumis à la marée.
Salinité : Il semble être intolérant à une salinité élevée.
PH : ?
Zonation :
Plantule : Plantule à germination hypogée.
Plante : Grand arbre à noix en forme d'aile, de taille moyenne, de 5 à 15 m de hauteur, toujours vert.
Tronc : écorce grise rosâtre, lisse sur les sujets jeunes et plus écailleuse sur les arbres plus âgés.
Racines : Le fruit se fend sous l'action de la radicule épaisse et dure qui en sort et forme une racine primaire qui pénètre profondément dans le sol. La racine primaire se ramifie ensuite rapidement, et finalement la plumule apparaît.
Pneumatophores : absent.
Feuilles : Feuilles oblongues, ovales à elliptiques, avec une extrémité pointue, de 10 à 20 cm de longueur. Elles sont vert foncé sur la face supérieure et très blanche à argentée sur la face inférieure. Il est facilement reconnaissable par les écailles argentées présentes sur la face inférieure de ses feuilles, qui apparaissent donc vert d'en haut et blanc d'en bas.
Inflorescences : Panicule axillaire jusqu'à 18 cm de long, très ramifiée, à poils écailleux. Fleurs unisexuées, régulières, (4–)5-mères, petites ; pédicelle jusqu'à 5 mm de long ; calice en coupe, d'environ 5 mm de long, à lobes courts, poilu ; pétales absents ; fleurs mâles avec des étamines fusionnées en une colonne ; fleurs femelles avec (4–)5 carpelles réunis de manière lâche, généralement un seul carpelle se développant pour former un fruit.
Fruits : Le fruit est une graine boisée elliptique d'environ 6 cm de long et 4 cm de large, de couleur pourpre à marron, brillante avec une quille raide sur un côté bien caractéristique. Fruit : nucule ellipsoïde à oblongue-ovoïde de 6–8 cm × 3–6 cm, avec une crête dressée distincte sur un des côtés, ligneuse, brun luisant, renfermant 1 graine. Graine oblongue-ellipsoïde, aplatie, d'environ 3 cm de long, brune.
Période de collecte des fruits : ?
Utilisation : Son bois est lourd, dur et résistant. Le bois de cœur est brun rougeâtre ou brun foncé, avec souvent une teinte chocolat ou pourpre. La densité est de 830–1040 kg/m³ à 15% de taux d'humidité. Contrefil, grain fin et régulier. Le bois de cette espèce est apprécié pour sa ténacité, sa durabilité et sa résistance à l'eau salée. En tant que tel, il est couramment utilisé dans la construction navale et dans la fabrication de pieux, de ponts et de quais. Le bois dur est utilisé pour la construction de canoës, de mâts, de poteaux pour les maisons, pour les charpentes de bateaux. Le bois est un excellent combustible, ayant un grand pouvoir énergétique.

[96] Cf. https://www.123rf.com/photo_15265728_xylocarpus-granatum-its-natural-environment-ta-bun-ta-boon-thailand.html

Les brindilles sont utilisées aux philippines comme brosse à dent. Un extrait de la graine est utilisé pour traiter la diarrhée et la dysenterie. L'écorce aurait des vertus anti-inflammatoires. Ses racines, dont l'action toxique est due à à la présence de sesquiterpénoïdes, sont utilisées comme poison de pêche.
Le fruit grillé est comestible. Le fruit des espèces du genre est utilisé dans la cuisine philippine pour neutraliser le goût de poisson du kinilaw, un plat local de poisson cru au vinaigre ou aux jus d'agrumes.
Conservation :des graines :
Dormance :
Multiplication : Graine insubmersible dispersée par les courants marins.
Sources : a) http://www.tahitiheritage.pf/toto-margot-heritiera-littoralis/
b) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Heritiera+littoralis+Aiton
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Toto_margot
Suggestion : Peut-être serait-il possible d'utiliser le gène de résistance au stress salin du Toto margot, afin de rendre le cacaoyer résistant au sel et lui permettre de pousser dans une mangrove ?







Bois.

15.25 Techniques de reboisement de la mangrove [pour *Rhizophora sp*.]

15.25.1 Etape 1 : Organiser les équipes

Pour commencer, il est important de bien s'organiser. Un responsable du village doit déterminer le rôle de chacun pour le jour j du reboisement :

1. Une équipe formée d'anciens et de jeunes enfants s'occupera du tri des propagules,
2. Un groupe d'hommes ou de femmes tracera les limites de reboisement,
3. Les jeunes hommes costauds joueront le rôle de porteur,
4. Le reste du village formera le groupe des planteurs.

Attention :

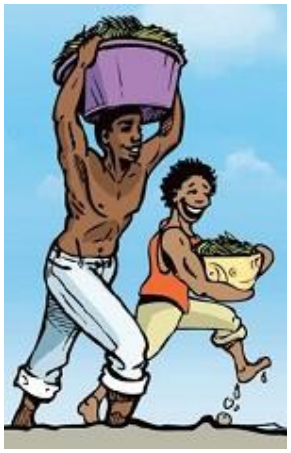
- N'oubliez pas de prévoir des bidons et des bouteilles d'eau pour que tout le monde puisse boire.
- Apportez aussi des seaux, des calebasses ou tout autre récipient pour transporter les propagules.



Traceurs



Trieurs



Porteurs



Planteurs



Ne pas oublier de l'eaux pour boire

© Images / dessins Oceanium Dakar

15.25.2 Etape 2 : Choisir la zone de reboisement

- Pour vous donner toutes les chances de réussir le reboisement, **il faut choisir en priorité des zones où poussent déjà (ou ont déjà poussé) des palétuviers**.
- Attention, les propagules ne pousseront pas dans n'importe quel sol. **La zone doit être impérativement immergée à chaque marée haute**, *y compris lors des petites marées en saison sèche*.
- Enfin, il faut choisir un **sol vaseux** (poto-poto) sinon les palétuviers auront très peu de chance de pousser dans un sol trop dur (sur un tanne sec, dans du sable dense, etc.).



Choix d'une zone où la mangrove a déjà poussée.



Choix d'une zone immergée à marée haute.



Choix d'un sol vaseux.

© Images / dessins Oceanium Dakar

15.25.3 Etape 3 : Délimiter la zone de plantation

- L'étape suivante consiste à délimiter la zone de reboisement.
- Cette opération doit être faite **en fin de saison sèche**, quand le coefficient de marée est au plus bas (c'est a dire quand la lune n'apparait qu'à moitié dans le ciel).
- Sur la zone, attendez que la marée soit au plus haut et plantez des piquets sur cette limite.
- Cela vous permettra d'être sûr que les jeunes plants que vous allez planter seront immergés à chaque marée haute, y compris pendant les périodes les plus dures de la saison sèche.
- *Déterminer aussi la durée de l'inondation des marées et sa fréquence - en supposant qu'il y a deux marées hautes quotidiennes, au cours d'une année entière*.







Former à délimiter le niveau moyen de la mer.



La marée monte.



La marée est au plus haut.



La marée redescend.

© Images / dessins Oceanium Dakar.

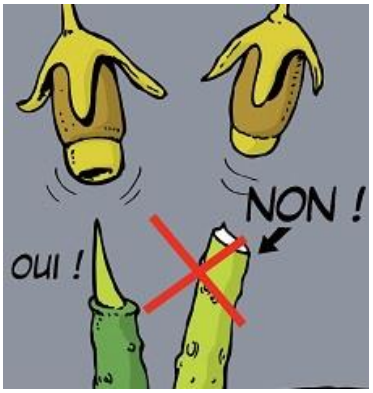
15.25.4 Etape 4 : Récolter les propagules

A partir du mois de décembre [dans l'hémisphère Sud] ou de juillet [dans l'hémisphère Nod], formez une délégation pour aller vérifier si les propagules sont assez mûres pour être cueillies. La récolte ne pourra commencer que si :
- certaines plantules sont déjà tombées au sol,
- les propagules sont de couleur vert foncé (vert clair = pas assez mûres),
- lors du décapsulage un petit bourgeon apparaît (si le bourgeon se casse, la propagule n'est pas bien mûre).

Une fois les bonnes conditions réunies, formez des équipes pour la collecte. Les enfants et les plus souples peuvent se faufiler dans la mangrove pour extraire un maximum de plantules. Les autres ramassent celles tombées au sol ou facilement accessibles. Il faut prendre soin de **choisir les propagules les plus belles, les plus mûres et les moins abîmées et de les ranger soigneusement à horizontal dans des sacs** (sacs de riz) pour ne pas les abîmer. Attention ! Une fois la récolte terminée, si le repiquage ne peut se faire le jour même, **il faut stocker les sacs bien a l'ombre, dans l'eau de mer, sans oublier surtout de bien les refermer**.



Récolte des propagules.



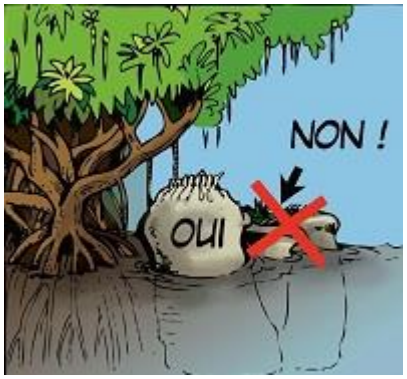
Propagules avec ou sans bourgeons. Il faut qu'elle ait son bourgeon.



Rangement des propagules à l'horizontale dans le sac.



Bien fermer les sacs.



Stockage des sacs dans l'eau de mer.

15.25.5 Etape 5 : Trier les propagules

C'est l'heure du reboisement !

Prenez le chemin de la zone pour rejoindre l'équipe sur place. Equipez-vous de **seaux**, de **calebasses** ou de **bassines** ; ils vous serviront à transporter les propagules. Une fois les sacs vidés, l'équipe des trieurs *sélectionne les meilleures plantules*, puis *les décapsule*, afin de mettre à jour le petit **bourgeon** qui deviendra grand.



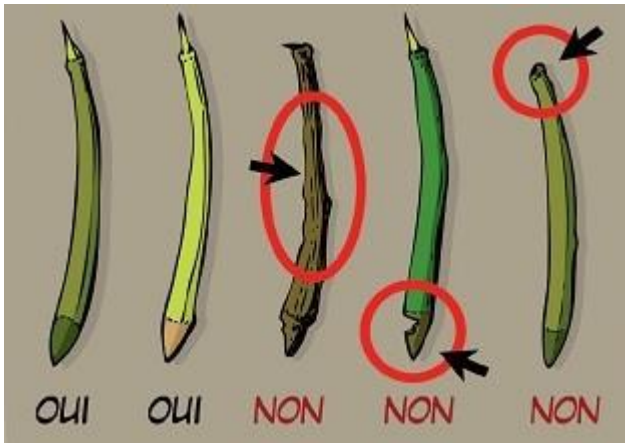
Apporter des récipients avec soi.



L'équipe des trieur.



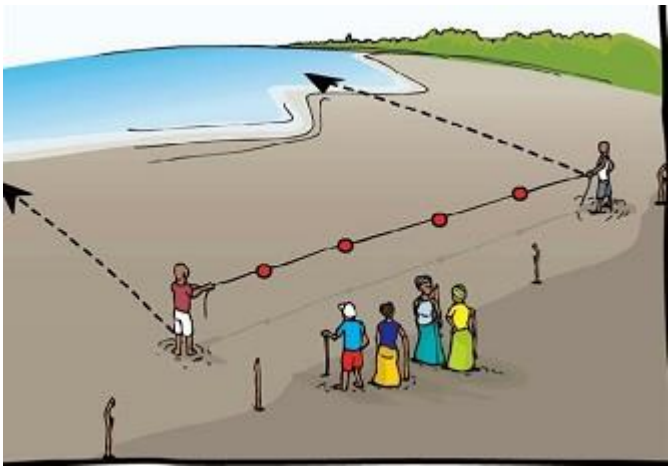
Le trieur décapsule la propagule.



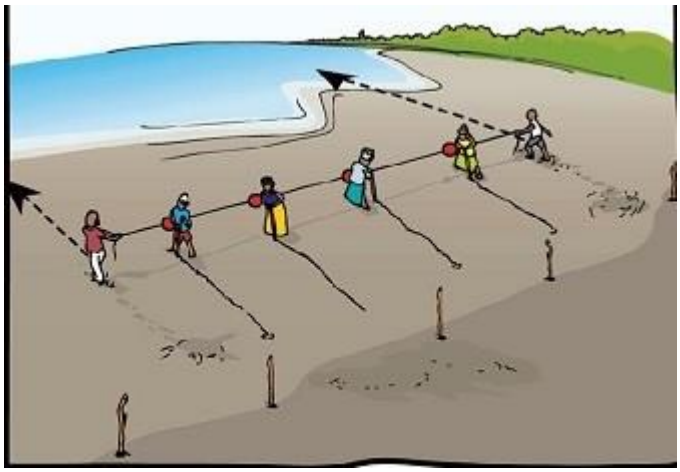
Bons ou mauvais propagules.

15.25.6 Etape 6 : Quadriller / marquer le terrain

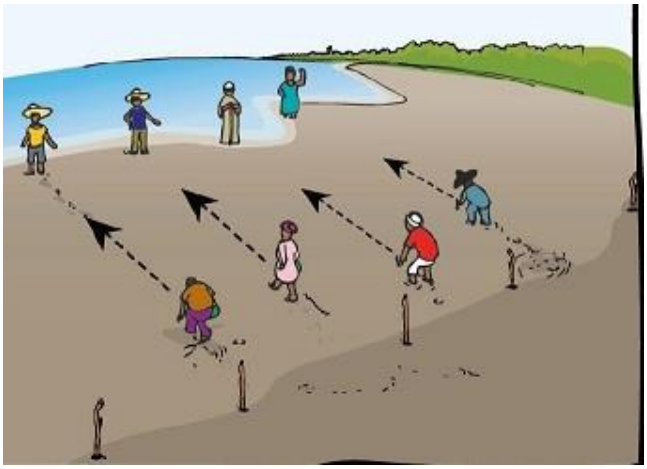
Les jeunes arbres auront besoin de place pour bien pousser. Il faut donc éviter de planter les propagules trop serrées. Il est recommandé de planter 5 000 plants à l'hectare (ce qui revient à planter 1 palétuviers tous les 1 mètre sur 2 mètres).
Chaque zone peut créer sa propre stratégie pour marquer les sols et planter. Mais voici quelques conseils pour le faire.
La **premier** (à gauche) consiste à marquer le sol avant de planter. Munissez-vous d'une corde et nouez des morceaux de tissu tous les 2 mètres. Tendez la corde et avancer vers la zone à reboiser. Des traceurs suivent chacun leur repère de tissu et marquent le sol à l'aide d'un bâton. Cette première méthode est la plus précise. Elle vous permettra d'évaluer précisément le nombre d'arbres plantés.
La **deuxième** (ci-contre) consiste à placer une équipe au bout du terrain qui guide les planteurs à avancer bien droit pour planter. Les guides sont séparés de 2 mètres. **Important !** Travaillez en petits groupes de 10 personnes avec un chef d'équipe. Cela vous permettra d'être beaucoup plus efficace que si vous êtes trop nombreux.



Méthode 1 : tendre la corde



Méthode 1 : avancer en ligne en traçant des sillons.



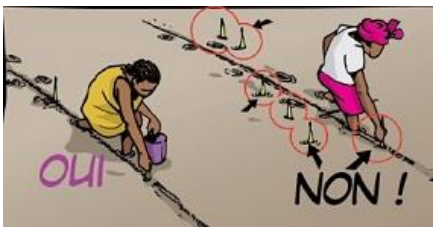
Méthode 2

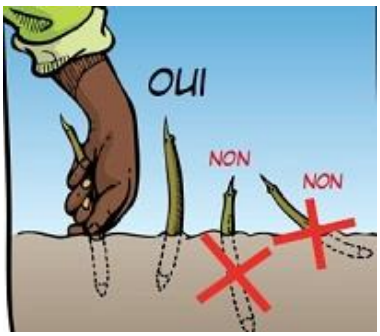


Le traceur.

15.25.7 Etape 7 : Planter

Il faut faire vite car la marée va bientôt remonter et les propagules doivent être mises en terre. Les planteurs avancent dans le poto-poto en suivant le tracé. Ils doivent planter une propagule à chaque deux pas. Attention ! Prenez bien soin de planter la plantule bien droite et de l'enfoncer d'1/3 dans la vase.
! Dans le cas où il vous est impossible de procéder à la méthode du marquage de la zone (page précédente), suivez la méthode suivante. Alignez-vous en écartant les bras de manière à vous toucher le bout des doigts, puis avancez bien en ligne. Chaque 2 pas, plantez une propagule ! Plus les jeunes plants auront de la place pour grandir, plus les arbres prendront de l'ampleur.











Exemple de la plantation d'une mangrove au Guyana.



Exemple de la plantation d'une mangrove au Sénégal.

15.25.8 Etape 8 : Prendre soin des jeunes plants

Quand la zone est reboisée, il est important de revenir régulièrement constater la croissance des jeunes palétuviers.

Tous les 2, 3 mois, en équipe, faites le tour des plants et profitez-en pour nettoyer délicatement les jeunes pousses.



© Images / dessins Oceanium Dakar.

15.26 Des projets de reboisement de mangroves dans le monde, sources d'inspiration

Une coopérative de productrices constituée autour de la réserve de mangroves a été créée afin de promouvoir des moyens alternatifs de subsistance dans les communautés côtières, au Guyana (Amérique du Sud). La protection et la réhabilitation des mangroves génèrent des avantages considérables pour ces communautés locales grâce à la participation à la production de plants de palétuviers ainsi qu'à la vente de produits forestiers non ligneux, de miel provenant de l'apiculture et d'autres produits de la mangrove. Le site internet du Projet de restauration des mangroves du Guyana a été créé, ainsi qu'un site Facebook. Plusieurs publications produites dans le contexte du projet sont disponibles sur ce site, notamment un manuel de culture du palétuvier en pépinière, un code de pratiques pour l'exploitation des mangroves et du matériel éducatif.
Les planteurs plantent jusqu'à 75 plants/jour[97]. Ils touchent US 50 cents par plant.
Des pépiniéristes cultivant les palétuviers sont aidés, dans la création de leur entreprise, par la communauté européenne[98]. L'ONG Oceanium de Dakar aide aussi les ***autoentrepreneurs valorisant la mangrove[99]***.





Pépinière avec toit en palmes de cocotiers.

[97] Seedling = plant ou semis.
[98] a) http://www.gcca.eu/fr/programmes-nationaux/caraibes/amcc-guyana, b) http://www.mangrovesgy.org/,
c) Voir aussi chapitre « *Bibliographie* ».
[99] Cf. http://www.livelihoods.eu/fr/senegal-lorsque-les-planteurs-de-paletuviers-deviennent-des-planteurs-dentreprises/





Utilisation d'une « luge » de fortune, permettant de transporter une dizaine de plants, avec laquelle le planteur glisse et se déplace dans la boue (du littoral vaseux).

15.27 Technique de culture en pépinière

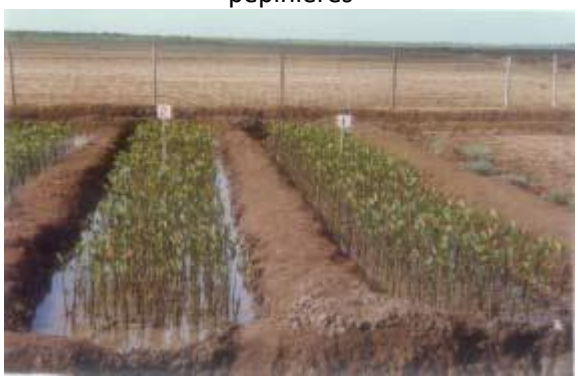
a) Récolte de la boue,
b) Mise de la boue dans un sac (pour plants),
c) Plantation de la bouture ou graine dans la boue du sac,
d) Conservation du plant dans la pépinière, durant environ quatre mois,
e) Arrosage des plants deux fois par jour, en leur donnant beaucoup d'ombre (pas de soleil direct), grâce aux ombrières au-dessus des plants.



Mise des jeunes plants dans des sacs plastique pour pépinières



Pépinières avec canaux d'irrigation d'eau de mer.



Plantation de palétuviers *(Avicennia marina* et *Avicennia officinalis*) (Inde)[100].



Créations des banquettes / lits / planches de la pépinière. Source : idem.

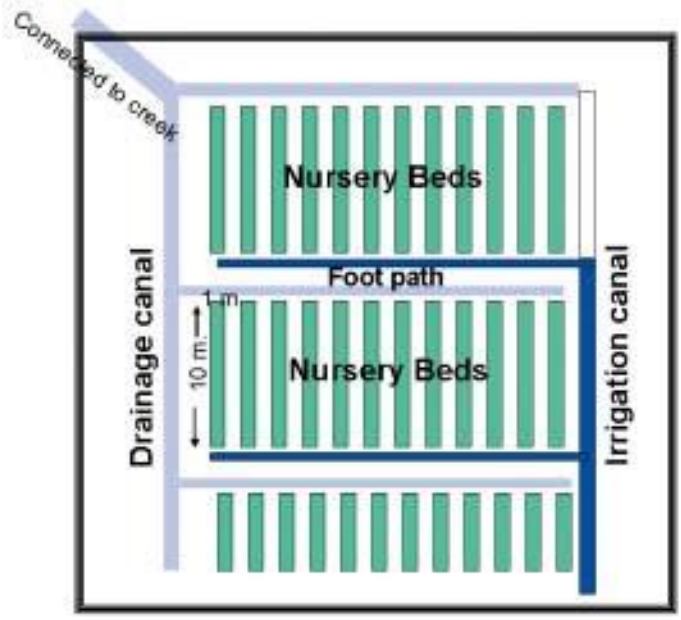
[100] Cf. http://www.drcsc.org/VET/library/Nursery/Mangrove_Nursery_manual_HR.pdf



Préparation des lits de la pépinière (Source : idem).



Préparation des lits de la pépinière (Source : idem).



Plan de la pépinière. a) connexions à la crique (ou au ruisseau), b) lits / planches de la pépinière, c) canal d'irrigation et d) canal d'évacuation ou de drainage.



Pépinières de plants *d'Avicennia germinans* (au Guyana)



Pépinières de plants *d'Avicennia germinans* (au Guyana)



Sacs pour pépinières, remplis de la boue prélevée dans la mangrove.

Espèces de la mangrove	Matériel de plantation	Usage
Avicennia marina (Forsk.) Vierh.	Fruits	Plantation dans les zones dégradées
Avicennia officinalis L.	Fruits	Plantation dans les zones dégradées
Excoecaria agallocha L.	Jeunes plants	Plantation dans les zones dégradées
Aegiceras comiculatum (L.) Blanto	Propagules	Plantation dans les zones dégradées

Espèces de la mangrove	Matériel de plantation	Usage
Bruguiera gymnorrhiza (L.) Savigny	Propagules	Plantation pour la diversité génétique
Rhizophora apiculata Bl.	Propagules	Plantation pour la diversité génétique
Rhizophora mucronata Lamk.	Propagules	Plantation pour la diversité génétique
Sonneratia apetala Buch.-Ham.	Graines	Plantation pour la diversité génétique
Xylocarpus moluccensis (Lamk.) M.Roem.	Graines	Plantation pour la diversité génétique

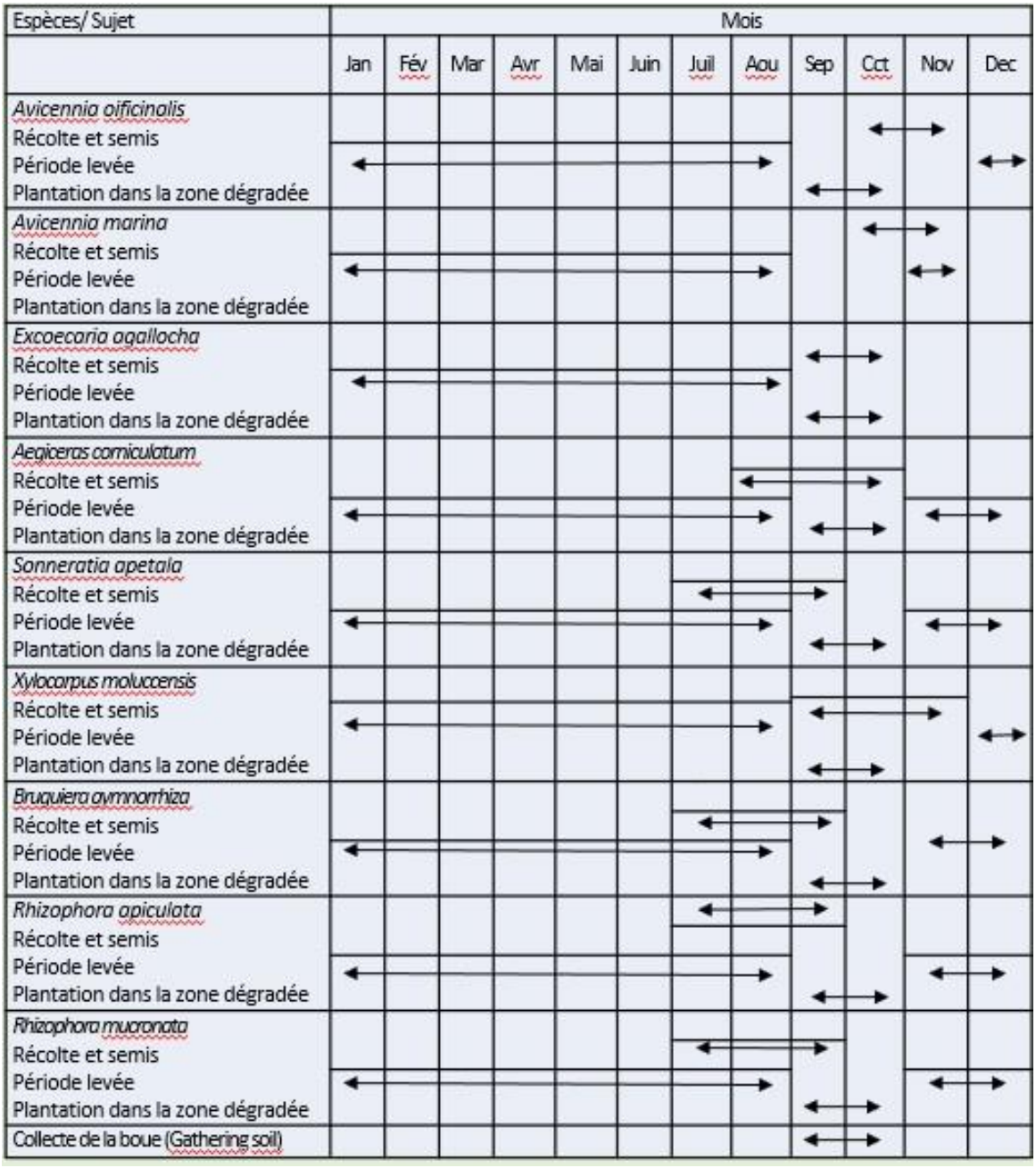
Détails sur les espèces de palétuviers et le matériel de plantation[101].

15.27.1 Soins et entretiens dans une pépinière

Les espèces végétales	Matériel d'ensemencement (pour les semis)	Durée de germination	Pourcentage de germination	Hauteur moyenne après 8 mois (cm.)
Avicennia officinalis	Fruit	6 jours	95	75
Avicennia marina	Fruit	6 jours	95	75
Excoecaria agallocha	Jeunes plantules	-	60	60
Aegiceras corniculatum	Fruit	35 jours	80	70
Sonneratia apetala	Semences	30 jours	20	80
Xylocarpus molluccensis	Semences	20 jours	90	80
Bruguiera gymnorrhiza	Propagule	35 jours	100	60
Rhizophora apiculata	Propagule	40 jours	100	70
Rhizophora mucronata	Propagule	40 jours	100	80

Détails d'espèces de palétuviers à suivre pour une meilleure survie.

[101] Cf. http://www.drcsc.org/VET/library/Nursery/Mangrove_Nursery_manual_HR.pdf



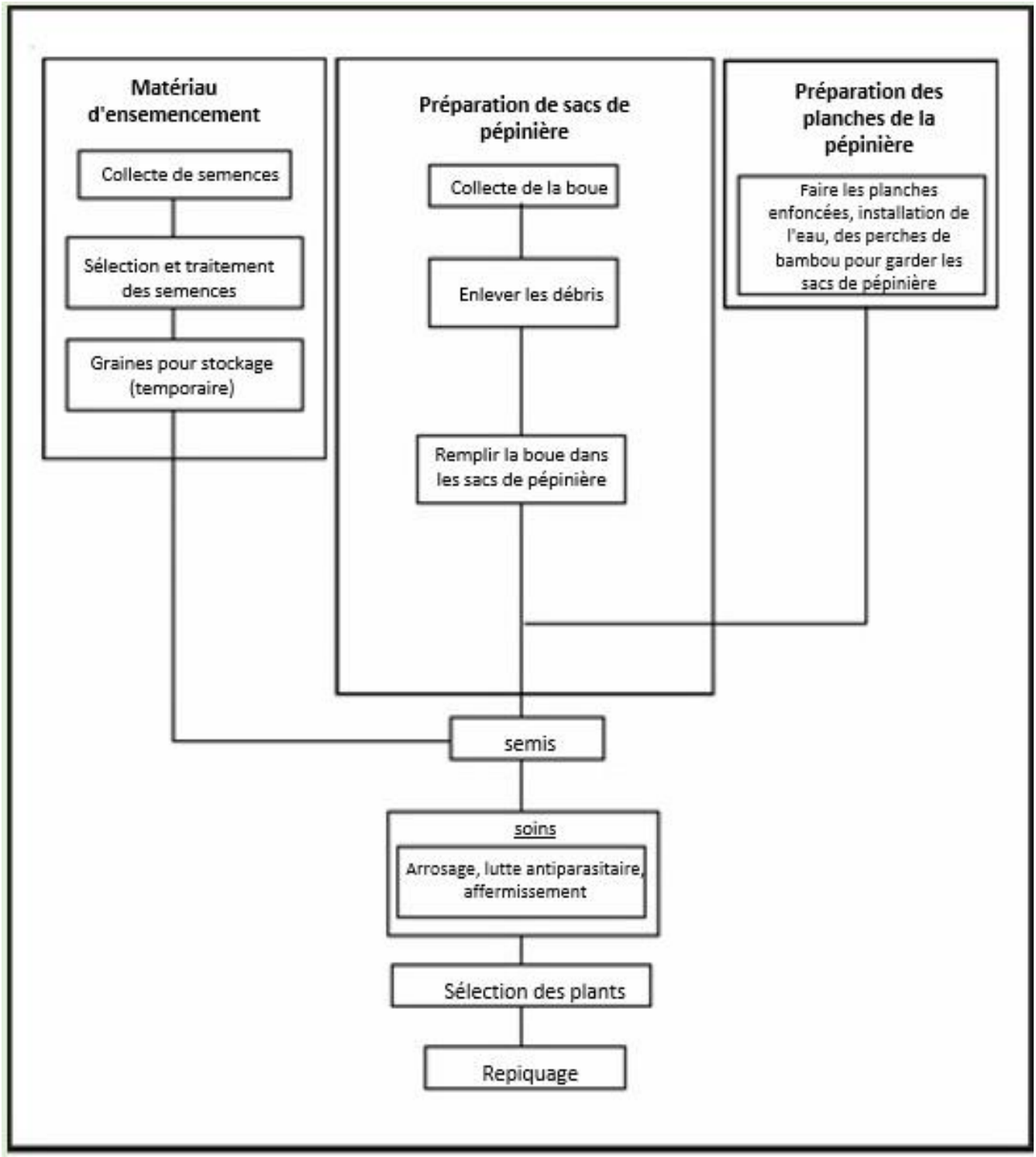
Actions pour la préparation de la pépinière (les périodes indiquées sont adaptée à l'Inde).

Nom du VLI et du Village	Espèces cultivée	Nombre de plants (+)	Revenus pour la communauté
Sri Vigneswara EDC, Matlapalem	*Excoecaria agallocha*	12,000	Rs. 12,000
Dr. B.R. Ambedkar VSS,	*Avicennia officinalis*	1,000	Rs. 3,000
Bhairavalanka	*Avicennia marina*	2,000	
Dheenadayaljee EDC,	*Avicennia officinalis*	60,000	Rs. 2,00,000
Dheenadayalapuram	*Avicennia marina*	1,40,000	
Total		2,15,000	Rs. 2,15,000

Détails sur les jeunes palétuviers cultivés par les **VLIs** (°). (+) Sapling = jeune plant.
(°) **VLI** = Village level institution = Institution au niveau du village.

Tâches / Travaux	Personnes		Nb d'heures de travail	Salaires [En. : Wages]		Montant
	Homme	Femme		Homme	Femme	
Défrichement de la zone et débroussaillage	7		6	60		420
Préparation de la planche (culturale)	70		6	60		4200
Clôture / protection	40		6	60		2400
Remplissage des sacs	28	98	6	60	40	5600
Collecte de semences		42	6		40	1680
Transfert des sacs vers les planches (culturale)		16	6		40	640
Planter les graines dans des sacs		108	6		40	4320
Maintenance / Soins		96	6		40	3840
Total	145	360				23100

Quantité de travail, dans la pépinière, pour cultiver 30.000 jeunes plants de palétuviers.



Procédure pour la préparation de la pépinière

Espèces	Caractéristiques des semences				Semis	Soins	
	Collecte de semences (mois) (°)	Indicateurs de maturité	Collecte de semences (critères)	Stockage des semences (Nbre de jours max.)		Arrosage	Parasites
Avicennia officines	Oct — Nov	Peau du fruit jaunâtre	Poids des graines > 5g	7	Au-dessus du sol	Entièrement une fois par jour	Crabes chenilles
Avbennia marina	Oct—Nov	Peau du fruit jaunâtre	Poids des graines > 1.5g.	10	Au-dessus du sol	Entièrement une fois par jour	Crabes chenilles
Excoecaria agaliocha	Sep — Oct	Fruits brun foncé	< 100 mg.	10	Au-dessus du sol	Entièrement une fois par jour	Crabes chenilles
Aegiceras comiculatum	Aou — Oct	Epicarpe jaune	5 à 6 cm de long	15	Pousse de la partie du calice de 1cm de profondeur / d'épaisseur	Entièrement une fois par jour	Crabes chenilles
Sonneratia apetab	Juil — Sep	Dans l'eau	Fruit >15mm. Diamètre	5	Pousse des radicelles des semences dans le sol	Deux fois par jour	Rats. Crabes. Chenilles
Xybcarpus moluccensis	Sep — Nov	Jaune à brun fruits Flotte sur l'eau	Poids des graines > 30g.	10	Au-dessus du sol	Entièrement une fois par jour	Crabes
Bniguiera gymnorrhiza	Juil— Sep	Hypocotyles bruns rougeâtres ou rouges verdâtres	>10 cm. De long	10	Pousse de d'hypocotyte 5 — 8 cm	À marée de morte-eau	-

Détails des semis et de l'entretien des espèces de palétuviers dans la pépinière. (°) En Inde.

16 Plantes halophytes alimentaires du bord de mer

16.1 Halophyte : définition

Une **halophyte** est une plante qui pousse dans les eaux de haute salinité, entrer en contact avec de l'eau salée à travers ses racines ou par brouillard salin, comme dans les semi-déserts salés, les mangroves, les marais et les marécages, et rivages. Relativement peu d'espèces de plantes halophytes sont - peut-être seulement 2% de toutes les espèces végétales.

La grande majorité des espèces végétales sont **glycophytes**, des plantes qui ne sont pas tolérantes au sel, et sont assez facilement endommagé par une forte salinité. Le haricot et le riz peuvent tolérer environ 1-3 g/l, et sont considérés comme glycophytes (comme la plupart des plantes cultivées). Des plantes telles que l'orge (*Hordeum vulgare*) et le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) peut tolérer environ 5 g/l, et peut être considéré comme halophytes marginales. L'adaptation aux milieux salins par halophytes peut prendre la forme de la tolérance au sel (voir halotolerance) ou d'évitement de sel. Les plantes qui évitent les effets de la forte teneur en sel, même s'ils vivent dans un milieu salin, peuvent être considérées comme *halophytes facultatives* plutôt que comme *halophytes «vrais» ou obligatoires*.

Par exemple, une plante, de courte durée, qui complète son cycle de vie pendant les périodes de reproduction (comme durant la saison des pluies) lorsque la concentration de sel est faible, le fera en évitant le sel plutôt que de le tolérer. Ou bien une espèce de plante peuvent maintenir une concentration «normale» interne de sel, en excrétant le sel en excès par ses feuilles, au moyen [par le biais] d'un hydathode, ou en concentrant les sels dans les feuilles qui meurent et tombent plus tard.

Certains halophytes sont à l'étude pour une utilisation en tant que précurseurs de biocarburants "*3ème génération*". Des halophytes tels que *Salicornia bigelovii* peuvent être cultivées dans des environnements difficiles et, généralement, ne sont pas en concurrence avec les cultures vivrières pour les ressources, ce qui les rend sources prometteuses de biodiesel ou de bio-alcool.
Le **panic érigé** (***Panicum virgatum***) est une espèce de céréale sauvage (famille des *Poaceae*) autrefois très répandue aux États-Unis, présente sur tout le territoire (sauf sur la frange littorale du Pacifique). Le Gouvernement des États-Unis la considère[1] depuis 2006 comme une source potentielle d'agrocarburant, plus respectueuse de l'environnement que d'autres, et qui pourraient réduire la dépendance des États-Unis à l'égard du pétrole.
Sources : a) Halophyte, http://en.wikipedia.org/wiki/Halophyte,
b) http://www.universalis.fr/encyclopedie/halophytes/ (article payant, réservé aux abonnés).

16.2 Salicornes (*Salicornia sp.*)

Le genre ***Salicornia***, les **salicornes**, regroupe une trentaine d'espèces de plantes halophytes appartenant à la famille des *Amaranthaceae*, selon la classification phylogénétique APG III (2009). Dans la classification classique, elle faisait partie de celle des *Chenopodiaceae*. Il est proche du genre *Salsola* (soude).
Ces plantes annuelles, basses, charnues, croissant sur des sols salés, sont constituées de rameaux cylindriques semblant articulés et terminés par un épi fertile. Les feuilles sont réduites à des gaines opposées deux à deux.

« *La **salicorne** peut être élevée au rang de symbole du développement durable. Non parce que demain le monde entier en consommera et que les **zones salines reverdiront**, apportant ainsi une source de revenus aux populations locales. Mais bien parce que **Salicornia** représente une révolution radicale dans les modes d'irrigation* » (Kauffmann, 2004).

La culture de la **salicorne** et son insertion dans un système productif intégré est une solution pour les pays pauvres, pour l'utilisation et la récupération des des terres margino-littorales (tannes, marais et vasières). La salicorne est une plante de la famille des *Chénopodiacées* halophyte qui pousse spontanément sur les vases salées du littoral ou de cuvettes margino-littorales salées telles que sont les tannes, les dépressions inter dunaires maritimes, les cuvettes deltaïques intérieures et les zones inondables en saison des pluies et salée (la mer étant au même niveau).
La culture de la salicorne peut être intégrée dans le cadre d'un projet de réaménagement de mangrove. Sa culture est facile : La salicorne doit être arrosée régulièrement. Son nom anglais est *samphire*.
La salicorne se consomme en accompagnement un peu comme des *haricots verts*. On peut en faire des *conserves*.
Source : a) http://www.environnement.gouv.sn/projest%26programmes/projet-ecofermes
b) http://www.unevieenafrique.com/fbbien-manger-a-dakar
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Salicorne


Salicornia bigelovii


Salicornia brachiata


Salicorne d'Europe (*Salicornia europaea*)

16.3 Salicornes de climats tropicaux

Il y a deux espèces de salicorne (tropicales], qui sont cultivées commercialement dans différentes parties du monde. L'une d'elle est *Salicornia bigelovii*. Cette plante pousse dans les ceintures littorales tropicales, humides, ouvertes. Ses graines contiennent jusqu'à 30 pour cent d'huile et 35 pour cent de protéines.
L'autre, *Salicornia brachiata,* est une plante herbacée annuelle dressée, distribuée principalement dans les marais salants de Tamil Nadu, Bengale et au Sri Lanka.
Elle a un rendement de semences de 100 kg par hectare, et la teneur en huile est de 20 pour cent. Les huiles de ces deux espèces peuvent aussi servir de biocarburant. Leur capacité à pousser sur des terres arides et à être alimentées en eau de mer leur évitant théoriquement d'être en concurrence avec la production alimentaire. L'université Khalifa d'Abou Dabi et Safran a mené une petite production expérimentale de carburant aéronautique et a alimenté un Boeing 787 pour un vol long-courrier expérimental en janvier 2019
Des champs expérimentaux de *salicornes* ont été plantés à Ras al-Zawr (Arabie Saoudite, Erythrée (Afrique) et Sonora (nord-ouest du Mexique), visant à la production de biodiesel. La société responsable des essais Sonora (Global Seawater) revendique entre 225 et 250 gallons de biodiesel BQ-9000, pouvant être produit par hectare (sur environ 2,5 hectares) de salicorne, et fait la promotion d'une ferme à salicornes, à créer sur 12,000- acres (49 km^2), dans Bahia de Kino, un programme de 35 millions de dollars.
Salicornia bigelovii peut être cultivées à l'aide d'eau salée et de ses graines contiennent des taux élevés d'huile insaturé (principalement, à 30%, de l'acide linoléique) et de protéines (35%). Elle peut être utilisée pour produire des aliments pour animaux et/ou en tant que biocarburant, sur les terres côtières où les cultures traditionnelles ne peuvent pas être cultivées. L'ajout d'engrais azoté à l'eau de mer semble augmenter le taux de croissance et la hauteur de la plante et donc, les effluents de l'aquaculture marine (par exemple, l'élevage des crevettes) est une utilisation suggérée, à cet effet.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Salicornia, b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Salicorne
c) Glenn, Edward P.; Brown, J. Jed; O'Leary, James W. (August 1998). *"Irrigating Crops with Seawater"* (PDF). *Scientific American* (USA: Scientific American, Inc.) (August 1998): 76–81. Retrieved 2008-11-17.
d) Clark, Arthur (November–December 1994). *"Samphire: From Sea to Shining Seed"*. *Saudi Aramco World*. Saudi Aramco. Retrieved 2008-11-17.
e) Alsaeedi, Abdullah H. (2003 (1424H)). *"Di Pattern of Salicornia Vegetative Growth in Relation to Fertilization"* (PDF). *Journal of King Faisal University* (Al-Hassa: King Faisal University) **4** (1): 105–118. Retrieved 2008-11-17. "*Adequate fertilization increases significantly the relative growth rate especially during the 'rapid' phase of the vegetative stage*".
f) "USIJI Uniform Reporting Document" (PDF). United States Initiative on Joint Implementation (USIJI). c. 1997. Retrieved 2008-11-17. "*Project Salicornia: Halophyte Cultivation in Sonora*".
g) Ryan C. Christiansen (2008-07-31). *"Sea asparagus can be oilseed feedstock for biodiesel"*. Biomass Magazine. Retrieved 2008-11-17.
h) Dickerson, Marla (2008-07-10). "*Letting the sea cultivate the land*". *Los Angeles Times*. Tribune Company. Retrieved 17 November 2008.
i) *Salicornia, oil-yielding plant for coastal belts*, The Hindu, Friday, Sep 05, 2003, http://www.thehindu.com/seta/2003/09/05/stories/2003090500300300.htm
b) *Taste of waste. How to make plants yield salt* [Le goût des déchets. Comment faire en sorte que les plantes produisent du sel], http://www.downtoearth.org.in/node/13119



Salicorne en Afrique. Source : https://twitter.com/SaltFarmTexel



Des cultures très tolérantes au sel produisent de l'huile comestible de haute qualité et d'autres produits comestibles et non comestibles de valeur. Un gros plan sur un buisson succulent.

16.4 Salicorne naine (*Salicornia bigelovii*)

Originaire des régions côtières de l'est et du sud des États-Unis, ainsi que le sud de la Californie, du Belize et du littoral du Mexique (à la fois les côtes est et ouest), c'est une plante à fleurs des marais salants et mangroves (famille des *Amaranthaceae*).
La plante contient jusqu'à 33% d'huile de salicorne. Elle peut être utilisée comme huile de cuisson et en remplacement d'huiles de plus grande valeur dans l'alimentation des poulets. La plante peut servir de fourrage aux animaux et pourrait être une source de biocarburant.
Elle peut aussi être arrosée / irriguée avec de l'eau de drainage hautement salée.
Des champs de cette salicorne ont été cultivées dans les eaux de rejet de fermes aquacoles en Erythrée et sont récoltées pour l'alimentation animale.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Salicornia_bigelovii,
b) Bashan, Y., et al. (2000). Growth promotion of seawater irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. *Biol Fertil Soils* 32:265-72.,
c) Grattan, S. R., et al. (2008). Feasibility of irrigating pickleweed (*Salicornia bigelovii* Torr) with hyper-saline drainage water. *J. Environ. Qual.* 37 S-149.







Production pilote de biodiesel, avec *Salicornia bigelovii*, au Mexique (Global Seawater Inc).



16.5 Zostère marine, herbe de mer, varech marin ou riz de mer (*Zostera marina*)

C'est une plante à fleur aquatique qui se rencontre sur les fonds marins sableux ou sablo-vaseux de l'hémisphère nord. La Zostère marine pousse dans les fonds sableux et/ou vaseux des littoraux abrités ou des estuaires. Elle vit dans les zones rarement exondées et peut se développer jusqu'à une profondeur de 11 mètres. En Europe, elle vit dans certaines zones de la mer Méditerranée, dans l'océan Atlantique, dans la Manche, en mer du Nord et en mer Baltique6. On la trouve dans les eaux froides ou tempérées de l'hémisphère nord, dans les zones et mers bordant l'Atlantique et le Pacifique.

Rôles écologiques : La biodiversité dans les herbiers à Zostères marines peut être supérieure à 300 espèces. Les herbiers à Zostères marines ont un niveau de production primaire élevé, et donc un rôle dans l'oxygénation de l'eau. Ces herbiers ont aussi un rôle dans la stabilisation des sédiments et un rôle tampon dans l'amortissement de la houle.

Maladies : Dans les années 1920 — 1930, les herbiers de *Zostera marina* furent décimés dans tout l'Atlantique nord par une maladie nommée « wasting disease » (ce qui signifie « maladie du dépérissement »). Les symptômes de cette maladie étaient l'apparition de taches brunes sur les feuilles, qui s'étendaient jusqu'à ce que les feuilles meurent et se détachent de la plante.

La cause de la maladie a été attribuée à un micro-organisme du sous-règne des Stramenopiles, **Labyrinthula zosterae**.

Menaces sur l'espèce : l'augmentation de la turbidité de l'eau, l'eutrophisation des eaux du littoral, l'arrachement dû aux ancres de bateaux de plaisance, les travaux portuaires ou toute autre activité impliquant l'extraction de sédiments, certaines méthodes de pêche ou l'extension des installations de conchylicultures (huîtres, moules...).

Cette plante, qui a failli disparaître de l'océan Atlantique dans les années 1930 et accuse actuellement une régression de population, fut une source de nourriture pour les Amérindiens et continue d'avoir, de nos jours, un rôle écologique important par son aptitude à former des herbiers marins.

Usages : La graine a un aspect dur et compact et une saveur aromatique, végétale et iodée. Ses caractéristiques à usage culinaire lui permettent d'être cuit, comme le riz ou les pâtes, pour le transformer en farine à transformer en pain ou en pâtes sèches.

Certains Amérindiens de l'île de Vancouver et de la côte de la Colombie-Britannique consommaient le rhizome cru (il est légèrement sucré et agréable à mâcher, selon l'ethnobotaniste François Couplan). Les Seri du nord-Ouest du Mexique consommaient aussi les graines de la zostère marine sous forme de pâte ou de bouillie.

Culture et recherches : Angel León, restaurateur (3 étoiles Michelin) près de Cadix en Espagne, utilise les grains dans de nombreuses recettes. Avec le gouvernement régional et des chercheurs de l'Université de Cadix, il a lancé un projet de culture de la zostère maritime, sur un tiers des hectares de marais salants, tant pour la nourriture que surtout son rôle important dans la préservation des écosystèmes littoraux. L'équipe de recherche et développement *d'Aponiente* (le restaurant du chef), dirigée par le biologiste Juan Martín, a réussi, après trois ans de recherche, à cultiver du riz marin dans des conditions contrôlées, sur une superficie de près de 3000 mètres carrés, dans le parc naturel de la Bahía de Cádiz), obtenant ainsi des semences saines pour la consommation humaine.

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Zost%C3%A8re_marine, b) *Le chef Ángel León cultive un potager aquatique de zostères marines, Lukas Joseph*, 2021-07-08, https://www.spotmydive.com/fr/sante/le-chef-angel-leon-cultive-un-potager-aquatique-de-zosteres-marines, c) « *The rice of the sea: how a tiny grain could change the way humanity eats* », Ashifa Kassam, 09/02/2021, https://www.theguardian.com/environment/2021/apr/09/sea-rice-eelgrass-marine-grain-chef-angel-leon-marsh-climate-crisis, d) *Ángel León: le chef qui cultive du riz dans la mer*, Federica Artina, 20/04/2021, https://www.finedininglovers.fr/article/angel-leon-le-chef-qui-cultive-du-riz-dans-la-mer





"Riz de mer".



"Riz de mer".

17 Plantes herbacées alimentaires pouvant supporter une certaine dose de sel

17.1 Asperge (*Asparagus officinalis*)

Plante vivace aux nombreuses racines charnues rayonnant en étoile, au feuillage fin et ramifié, originaire de régions tempérées de l'Eurasie, Europe centrale, méridionale, Afrique du Nord, Asie centrale et occidentale (famille des *Asparagaceae*).
Son nom désigne aussi ses pousses comestibles, qui proviennent de rhizomes d'où partent chaque année les bourgeons souterrains ou turions qui donnent naissance à des tiges s'élevant entre 1 et 1,5 mètre.
Habitats : Lieux sablonneux, incultes. Elle pousse dans les terrains sablonneux à l'état sauvage. Souvent subspontanée.
À l'état sauvage, douze espèces en Europe : *Asparagus officinalis, Asparagus acutifolius* très commune dans le midi, *Asparagus maritimus*, *Asparagus albus* et *Asparagus tenuifolius*. *Toutes sont comestibles* mais l'asperge maritime (*Asparagus maritimus*) est très amère.
Sa durée est de l'ordre de 8 à 10 ans, du point de vue économique, sa culture est rentable.
L'asperge est souvent originaire des habitats maritimes**,** *il prospère dans des sols souvent trop salés* pour les autres plantes.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Asperge, b) http://es.wikipedia.org/wiki/Asparagus_officinalis,
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Asparagus





Fleurs de *Asparagus officinalis*



Fruits de *Asparagus officinalis*



Conditionnement commercial.


Asperge sauvage (*Asparagus acutifolius*)


Asperge sauvage en fleur (*Asparagus acutifolius*)






Plantation d'asperges bio à Fundo Fangelica près de Chincha (Pérou)[102].

[102] Cf. http://www.advanceconsulting.nl/news/1542/2012/09/greening-the-peruvian-desert

17.2 Betterave (*Beta vulgaris*)

Plantes herbacée bisannuelle ou, plus rarement, vivace, aux tiges feuillues pouvant atteindre 1 à 2 mètres de haut, à racine pivotante épaisse, originaire de l'ancien monde, dont de nombreuses variétés sont cultivées[103] (famille des *Amaranthaceae*[104]). On reconnait généralement trois sous-espèces :

- *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* qui regroupe toutes les variétés cultivées (betteraves et blettes),
- *Beta vulgaris* subsp. *maritima*, la bette maritime ou betterave maritime, considérée comme l'ancêtre sauvage des variétés cultivées, qui se rencontre sur les côtes atlantiques et méditerranéennes de l'Europe, ainsi qu'au Proche-Orient et en Inde (spontanée sur les rivages maritimes en Europe) (en danger d'extinction).

Beta vulgaris subsp. *adanensis*, autre sous-espèce sauvage, présente de la Grèce à la Syrie.

La betterave maritime *(Beta vulgaris* ssp. *maritima)* et la betterave à sucre *(Beta vulgaris* ssp. *vulgaris)* ont un taux de survie de 100%, avec une croissance optimale, en condition de faible salinité (< 25% d'eau de mer)[105].

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Beta_vulgaris, b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Betterave, c) http://en.wikipedia.org/wiki/Beta_vulgaris





Beta vulgaris subsp. *maritima*



Betterave rouge précuite.



Betterave maritime *(Beta vulgaris* subsp. *maritima),* l'ancêtre sauvage des formes cultivées.



Betteraves de différentes couleurs



Betteraves rouges

[103] Betteraves potagères (également appelée *betterave rouge*, *carotte rouge* ou *racine rouge*.), fourragères, sucrières (riche en saccharose), poirées, blettes.

[104] *Beta vulgaris* appartient à la famille des *Amaranthaceae*, sous-famille des *Betoideae*. Elle était auparavant classée dans la famille des *Chenopodiaceae*.

[105] Cf. http://link.springer.com/leaf-pricing/chapter/10.1007/978-3-7643-8554-5_12



Plant de la betterave (*Beta vulgaris*)



Betteraves à sucre



Diverses variétés cultivées de Beta vulgaris.

17.3 Taro ou oreille d'éléphant (*Colocasia esculenta*)

C'est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des *Araceae*, sous-famille des *Aroideae*, originaire du sous-continent indien et d'Asie du Sud-Est. La plante est cultivée dans toutes les régions tropicales pour sa racine épaissie (un corme souvent appelé tubercule) à la chair de couleur blanche à rose, de texture sèche et au goût proche de celui de la patate douce. Les feuilles se préparent comme des épinards.
Cette plante est généralement connue sous le nom vernaculaire de « taro », terme générique qui au sens strict désigne *Colocasia esculenta*, mais est parfois utilisé pour désigner diverses espèces d'*Araceae* à tubercules alimentaires, notamment dans les genres *Colocasia*, *Alocasia* et *Xanthosoma*. Le terme désigne aussi le corme (ou tubercule) lui-même.
Le *Colocasia*, ou taro vrai, est une plante herbacée vivace par son rhizome tubéreux qui est de grosseur variable et forme un corme, tubercule d'aspect écailleux, à peau épaisse, résultant de l'épaississement souterrain de ce rhizome.
Feuilles : Les feuilles grandes et belles, vertes plus ou moins foncées, parfois violacées, sont peltées, à limbe cordiforme à la base, parfois un peu sagittées. Le limbe peut atteindre 70 cm de longueur sur 60 cm de largeur et présente un bon effet déperlant - effet lotus.
Fleurs : Les inflorescences se présentent sous forme d'un spadice cylindrique, terminé par un appendice acuminé et rose. Les fleurs femelles jaunes occupent la base du spadice et donneront les fruits, de petites baies uniloculaires. Les fleurs mâles garnissent la partie supérieure. Une spathe longue et étroite, se recourbant légèrement au sommet, est enroulée en cornet autour du spadice. L'ensemble est une structure caractéristique des Aracées, bien connue chez les Arums ornementaux.
Ere de répartition : La plante se trouve dans toute l'Océanie, en Amérique tropicale, et en Afrique.
Culture : Le taro ne tolère pas les changements brusques de température. La température optimale pour son développement serait de 21°C (ONWUEME, 1999). Son exigence pluviométrique est de l'ordre de 2000 mm d'eau par an bien repartie dans le temps. Il supporte une nappe phréatique élevée et peut être cultivé dans des tarodières irriguées comparables aux rizières (CABURET et al., 2007). Cependant, le taro peut se développer sur des sols peu arrosés. En fonction des besoins en eau, IVANCIC et LEBOT (2000) ont classé les cultivars du taro en trois groupes :
- les cultivars adaptés aux sols bien arrosés, irrigués, voire aux marécages;
- les cultivars intermédiaires adaptés aux sols moyennement arrosés;
- et les cultivars adaptés aux sols relativement peu arrosés.

Reproduction : La multiplication se fait par bouture ou division du tubercule, en conservant un œil par fragment. La plantation se fait au début de la saison des pluies. On l'associe avec d'autres plantes telles que l'igname et l'aubergine. Son cycle végétatif s'étend de 8 à 18 mois. La plante exige un sol humide. La récolte des tubercules s'effectue dès que les feuilles les plus âgées dépérissent 6 à 7 mois après plantation. La production est très souvent vivrière, assez rarement commercialisée. À Madagascar, les champs de taro (ou tarodières) sont reconnaissables de loin aux trous circulaires pratiqués autour de chaque pied de taro pour favoriser le développement du tubercule.
Alimentation : Le Taro est essentiellement cultivé pour son tubercule, qui une fois déterré se conserve assez mal. D'une manière générale, il est cuisiné comme les pommes de terre. Les bulbes de la petite variété ronde sont pelés et bouillis, puis vendus congelés, ensachés dans leur propre liquide ou en conserve.

Toxicité : La plante est toxique, crue, en raison de la présence de cristaux d'oxalates et d'un alcaloïde, la conine (comme dans tout le reste de la plante), mais qu'elles peut être rendue comestibles par une simple cuisson.
Résistance au sel : Certains cultivars (exemple : *Coloeasia esculenta* var *antiquorum* …) sont adaptés aux sols à haute salinité (ONWUEME)[106]. Sa capacité à pousser immergé et à supporter la salinité lui permettent d'être cultivé dans des endroits où peu d'autres espèces le pourraient.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Colocasia_esculenta, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Taro
c) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Colocasia+esculenta+(L.)+Schott
d) https://uses.plantnet-project.org/fr/Colocasia_esculenta_(PROTA)
e) ONWUEME 1. (1978). *The tropical tuber crops, yams cassava, sweet potato and cocoyams*. Chichester, John Wiley. United Kingdom, 92p.
f) ONWUEME 1. (1999). *Taro cultivation in Asia and the Pacific*. United Kingdom. 48p
g) *Caractérisation agromorphologique d'une collection de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) originaire des domaines soudanien et soudano-guinéen du Burkina Faso*, BAMBARA Husunohi, Mohamed Judicaël, http://www.beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-2009-BAM-CAR/IDR-2009-BAM-CAR.pdf
h) *Effects of Salinity and Plant Growth Media on in Vitro Growth and Development of Taro (Colocasia Esculenta L.) Varieties*, Varea Vaurasi & Rashmi Kant, Acta Horticulturae et Regiotecturae, Volume 19 (2016) : Numéro 1 (Mai 2016), Page range: 17 - 20, https://www.sciendo.com/article/10.1515/ahr-2016-0005


Feuilles


Feuilles


Fleurs


Cormes


Taro sur le marché de Port-Vila au Vanuatu.


La partie comestible du taro


Cormes (section transversale).


Culture du taro à Keanae, Maui, Hawaii.


Stolons de taro sur un marché à Dhaka (Bangladesh).

[106] *In-Vitro Selection for Salt Tolerance of Taro (Colocasia esculenta var antiquorum),* L. P. Nyman, C. J. Gonzales, J. Arditti, Annals of Botany, Vol. 51, No. 2 (February 1983), pp. 229-236 (8 pages), Oxford University Press, https://www.jstor.org/stable/42757932



Saru bhaja ou chatpata saru (recette indienne)[107].



Cormes de taro pelés



C. esculenta dans l'encyclopédie agricole japonaise Seikei Zusetsu



Cormes de *Colocasia esculenta*.



Culture du taro à Madagascar.

17.4 Orge commune (*Hordeum vulgare*)

C'est une céréale à paille, plante herbacée annuelle (famille des *poacées*). L'orge pousse aussi bien sous les tropiques qu'à 4500 m d'altitude au Tibet.
L'orge, céréale secondaire, est une importante ressource énergétique en alimentation animale (orge de mouture) mais pauvre en protéines et demande à être complétée. En alimentation humaine, son principal débouché est la brasserie. L'orge, après avoir subi l'opération de maltage donne le malt, dont le produit de fermentation est la bière. Le sirop d'orge malté, un concentré édulcorant, est produit à partir des grains d'orge malté.
Orge perlé - orge mondé : sous forme de grains, on retrouve notamment l'orge mondé, dont la première enveloppe extérieure a été retirée, mais qui conserve le son et le germe. Quel que soit le plat auquel on le destine, l'orge se cuit dans une proportion de trois tasses d'eau pour une tasse d'orge. L'orge perlé peut être utilisé en salades composées, avec des légumes, ou ajouté dans les potages. Les Tibétains ont fait de la farine d'orge grillée, appelée tsampa, leur aliment traditionnel de base. On en fait des biscuits, pains, farines, divers aliments diététiques. En Afrique du Nord, on fabrique de la semoule d'orge.
Maladies : La *jaunisse nanisante de l'orge* (JNO) est une maladie due à un virus transmis par les pucerons d'automne (*Rhopalosiphum padi*). Les graines, d'un champ virosé, ne transmettent pas le virus.
Variétés : *Hordeum vulgare* subsp. *hexastichum* L., l'escourgeon (employée en alimentation animale, pour la bière, adaptée aux sols acides), sous-espèce de l'orge commune. *Hordeum vulgare trifurcatum*, ou orge du Tibet (résistante aux gels, comme les escourgeons). L'orge sauvage (*Hordeum vulgare* subsp. *Spontaneum*) est abondante dans les prairies et les forêts à travers le Croissant fertile région de l'Asie occidentale et l'Afrique du nord, et est abondant dans les habitats perturbés, des routes et des vergers. *Elle résiste bien au sel et à des pH élevé* (jusqu'à pH 8,5). Certaines *variétés d'orge* comme *celle de Gabès* se sont montrées tolérantes au sel (BUREAU et al., 1959).
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Orge_commune, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Barley, c) *L'utilisation des eaux salées au Sahara*, P. Simonneau, G. Aubert, Ann. agron., 1963, 14 (5), 859-872, page 866, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/11033.pdf

[107] https://odishafooddelite.wordpress.com/tag/saru-bhaja/







Hordeum
vulgare subsp. *Hexastichum*
Epis d'escourgeon bien formés juste avant la maturation.





17.5 Nipa (*Distichlis palmeri*)

(Famille des *Poaceae*).


?

↗
F $

U

Ou herbe de Palmer, plantes halophyte, qui pousse dans le désert de Sonora, à l'Ouest du Mexique, et qui produit un grain ayant quelques similitudes avec le blé.
Une recherche menée sur les plantes restantes (il était rare) a été couronnée de succès, et a été suivie par un programme de culture faisant passer l'augmentation de son rendement de 5 kg/ha à 2000 kg/ha. Le grain est également cultivé pour un usage commercial en Australie. *Il est résistant à la sécheresse et peut absorber l'eau de mer*. Comme un halophyte, le sel qu'il absorbe est excrété par des cellules spécialisées sur la surface de la feuille. Le rapport des Nations Unies pour l'environnement (2006) dit de la plante: "*Il est un bon candidat pour une principale culture vivrière mondiale et pourrait devenir le plus grand cadeau de ce désert au monde*". Certaines variétés de *D. palmeri* ont fait l'objet de brevets aux États-Unis.
Note : certains variétés d'halophytes proches, comme *Distichlis spicata*, seraient aussi à étudier.
Sources : c) http://en.wikipedia.org/wiki/Distichlis_palmeri, b) *Nipa: un tesoro Sonorense para el mundo*, Richard Stephen Felger, Drylands Institute, Tucson, Arizona [Institut des zones arides, Tucson, Arizona], http://boletin.apnsac.org/?p=36, c) Pearlstein, Felger et al… "Nipa (*Distichlis palmeri*): A *perennial grain crop for saltwater irrigation*" Journal of Arid Environmental 82 (2012) 60-70,







17.6 Riz résistant au sel (*Oryza sativa* x *Oryza coarctata* _ cultivar résistant au sel)

Toutes les recherches actuelles sont basées sur la propriété de la tolérance au sel supérieure de *Oryza coarctata*, une espèce de riz sauvage trouvé au Bangladesh, mais aussi une espèce qui est très difficile à croiser avec des espèces cultivées *Oryza sativa*.

Le nouveau riz, mis au point par l'International Research Rice Institute (IRRI) (Philippines) et par le Dr Kshirod Jena, sera comme le riz normal, mais avec la tolérance au sel des espèces de riz sauvage, qui est presque le double de celle des autres riz. En outre, la nouvelle variété de riz ne contient pas des niveaux élevés de sel. Ce nouveau riz peut expulser le sel qu'il a pris au sol, par ses glandes à sel, qu'il a sur ses feuilles (Super-salt tolerant rice will help reclaim millions hectares rice area says IRRI). Variétés tolérantes mises au point par INRA Montpellier : Pokkali et IR4630.

ISRIZ10 est une variété de riz, adaptée aux sols salés, développée par Dr Oumar Ndao FAYE, chercheur à l'Institut sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), au Sénégal.

Attention ! Pour l'instant, tout cela est au stade de la recherche expérimentale.

Sources : a) Salt tolerance in the halophytic wild rice, *Porteresia coarctata* Tateoka, T. J. FLOWERS , S. A. FLOWERS, M. A. HAJIBAGHERI & A. R. YEO, A'OT Phytot. (1990), 114, 675-684, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00439.x/pdf , b) Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz, Mehdi Jabnoune, Déc 2008, thèse Université Montpellier II/INRA, http://www.supagro.fr/theses/extranet/08-0043_JABNOUNE.pdf , c) *Porteresia coarctata* (Roxb.) Tateoka, a wild rice: a potential model for studying salt-stress biology in rice, Sengupta S , Majumder AL, Plant Cell Environ. 2010 Apr;33(4):526-42, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2009.02054.x/abstract (article payant). d) Mechanism of salt tolerance in wild rice (Oryza coarctata Roxb), A.R. Bal , S.K. Dutt, Plant and Soil, 1986, Volume 92, Issue 3, pp 399-404, http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02372487 (article payant). d) https://isra.sn/2021/09/07/isriz-10-un-chercheur-de-lisra-met-au-point-une-variete-de-riz-adaptee-a-tous-les-

types-de-sols-sales-du-senegal/, e) 26 avr 2015, http://www.oryza.com/content/super-salt-tolerant-rice-will-help-reclaim-millions-hectares-rice-area-says-irri



Dr. Kshirod Jena (le 1er à droite) durant une présentation à l'abri de démonstration (Photo IRRI).



Oryza coarctata[108].

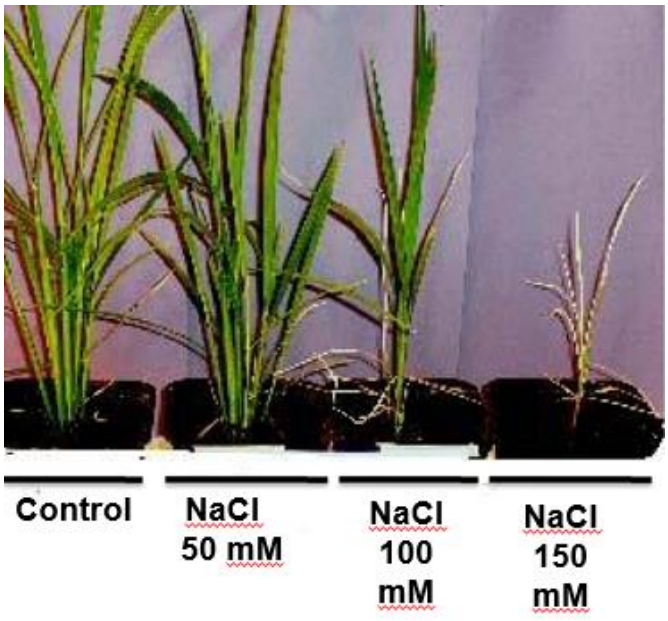


Oryza coarctata[109].

Normalement, pratiquement toutes les variétés de riz ne supportent pas l'eau salée.

Plantes de riz (*Oryza sativa),* cv. BRRI Dhan29, après 2 semaines de traitement à différentes concentrations de NaCl →

Source : *Salt Stress in Rice: Adaptive Mechanisms for Cytosolic Sodium Hom*eostasis . Md. Abdul Kader. Doctoral thesis. http://pub.epsilon.slu.se/1095/1/Thesis_Abdul_Kader.pdf



17.7 Blé dur résistant au sel (*Triticum turgidum L. subsp. Durum* _ cultivar résistant au sel)

Une équipe de scientifiques australiens, de l'Université d'Adélaïde (de Waite Research Institute), a renforcé la tolérance au sel dans une variété de blé dur démontrant une amélioration du rendement des céréales de 25% sur des sols salés.
En utilisant des techniques de reproduction des récoltes «non-OGM», les scientifiques du CSIRO Plant Industry ont introduit un gène tolérant au sel dans un blé dur commercial, avec des résultats spectaculaires présentés dans les tests sur le terrain.
Les auteurs de cette étude ont réalisé que les parents sauvages de blé moderne restent une source importante de gènes pour une gamme de caractéristiques, y compris la tolérance à la salinité. Ils ont découvert le nouveau gène tolérant le sel dans une cousine ancestrale de blé moderne, *Triticum monococcum*. Le gène résistant au sel (connu sous le nom *TmHKT1; 5-A*) fonctionne en excluant sodium à partir des feuilles. « *Il produit une protéine qui élimine le*

[108] Cf. http://archive.gramene.org/species/oryza_species/o_coarctata.html
[109] Cf. *Porteresia coarctata* (Roxb.) Tateoka, http://plantillustrations.org/taxa.php?id_taxon=9682&lay_out=0&hd=0&group=1

sodium dans les cellules qui tapissent le xylème, qui sont les «tuyaux» de plantes utilisent pour déplacer l'eau de leurs racines vers leurs feuilles », explique le Dr Gilliham.
Sources : a) *Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na+ transporter gene*,
Rana Munns, Richard A James, Bo Xu, Asmini Athman, Simon J Conn, Charlotte Jordans, Caitlin S Byrt, Ray A Hare, Stephen D Tyerman, Mark Tester, Darren Plett & Matthew Gilliham, Nature Biotechnology 30, 360–364 (2012), http://www.nature.com/nbt/journal/v30/n4/full/nbt.2120.html
b) *World breakthrough on salt-tolerant wheat, University of Adelaide*, March 11, 2012, http://www.sciencedaily.com/releases/2012/03/120311150717.htm



Le blé *Ben Mabrouck*, dont la sélection n'est pas terminée, s'est montré très tolérant au sel (SIMONNEAU, 1962).
Source : *L'utilisation des eaux salées au Sahara*, P. Simonneau, G. Aubert, Ann. agron., 1963, 14 (5), 859-872, page 866, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/11033.pdf

← Blé dur tolérant au sel, poussant dans le nord de la Nouvelle-Galles du Sud dans le cadre d'un essai sur le terrain. *Crédit: Photo par le CSIRO.*

17.1 Blés développés par l'Institut sénégalais de recherche agricole (ISRA)

Des chercheurs agronomes sénégalais ont développé une culture expérimentale de blé local, adapté aux conditions climatiques du pays, pour tenter de réduire la dépendance à l'égard des importations, car le Sénégal, comme beaucoup de ses voisins, friands de pain, dépend entièrement de l'étranger, important 800.000 tonnes de céréales par an. Pour moitié en provenance de Russie et pour un tiers de France[110].
Les difficultés d'approvisionnement, la hausse des cours des céréales et de l'inflation causées par la guerre en Ukraine ainsi que la crise alimentaire ont stimulé l'effort sénégalais d'autosuffisance, vieille aspiration nationale.
Son climat tropical n'est en principe pas adapté à la culture du blé, mais des essais d'acclimatation sont en cours. De plus, le manque d'eau pour irriguer les cultures reste un défi de taille. Par ailleurs, Amadou Gaye, le président de la Fédération nationale des boulangers du Sénégal, qui représente quelque 2.500 boulangeries dans le pays, restant réservé ou sceptique, a déclaré qu'il préférerait que des ressources soient consacrées à la production de céréales locales telles que le millet, le maïs ou le sorgho. Sur les 2.500 boulangeries au Sénégal, plus de 300 intègrent ces céréales locales dans la fabrication du pain. Les gens font la queue pour avoir le pain à base de mil[111].
L'ISRA a testé trois variétés de blé proviennent d'Égypte, une quatrième a été développée par l'Institut, qui a testé des centaines de variétés de blé. Huit variétés sont arrivées à maturité au bout de trois mois, correspondant à la saison froide, au Sénégal.
Les variétés de blé tendre telles que *Hamat, Alioune Pendao* et *Dire 15* (& *Bani Suef 5*) sont d'origine égyptienne et malienne. Les variétés de blé dur, telles que *Haby, Amina* et *Dioufissa* sont issues de sélections du Centre international de recherche agricole dans les zones arides (ICARDA). Ces variétés ont été testées en milieux paysans, pour leur qualité meunière et boulangère, mais aussi leurs caractéristiques pour la DHS (distinction, homogénéité et stabilité), via un programme pilote du ministère de l'Agriculture, de l'Equipement rural et de la Souveraineté alimentaire (MAERSA).
Cinq parcelles de démonstration sont exploitées simultanément sur deux sites à Dakar et trois dans la Vallée du fleuve Sénégal (les champs d'expérimentation Ndiol, Guilado et Dagana), dont une parcelle expérimentale à Sangalkam (Bud Sénégal, dans les Niayes de Dakar), à 35 km de Dakar, avec ces trois variétés dites "tendres" destinées à la fabrication du pain, et une dite "dure" pour les pâtes, résistantes à de fortes chaleurs. Un bémol, elles doivent être irriguées par un système d'irrigation goutte à goutte, pour obtenir de bons rendements.

[110] Le blé est la seconde céréale la plus consommée, après le riz, au Sénégal.
[111] Le gouvernement sénégalais souhaitant aussi l'augmentation des surfaces des cultures vivrières de riz, mil, maïs, blé et sorgho.

Ces variétés ont été aussi testées dans deux stations expérimentales de la vallée à Fanaye au Sénégal et à Kaedi en Mauritanie. Les expériences auraient montré que le blé peut se développer dans tous les types de sol au Sénégal, sablonneux comme à Sangalkam comme argileux, dans le nord et la vallée du fleuve Sénégal.

Sources : a) Le Sénégal met au point une variété locale de blé, 09/04/2023, https://lecourrier.vn/le-senegal-met-au-point-une-variete-locale-de-ble/1177915.html, b) À la recherche de sa souveraineté alimentaire, le Sénégal veut faire son blé, 08/04/2023, https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/a-la-recherche-de-sa-souverainete-alimentaire-le-senegal-veut-faire-son-ble-b80feb62-d61f-11ed-95ca-1c645870fef0, c) Le Sénégal moissonne et montre que cultiver le blé est possible, AFP, 04.05.2023, https://www.challenges.fr/economie/le-senegal-moissonne-et-montre-que-cultiver-le-ble-est-possible_854314, d) Le Sénégal produit 8 types de blé adaptés à la chaleur, 27/04/23, https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/news/le-senegal-produit-8-types-de-ble-adaptes-a-la-chaleur/, e) Culture de blé au Sénégal : de gros progrès réalisés par les chercheurs sénégalais, 13/04/23, https://www.espacedev.net/jeu-13042023/secteurs-productifs/culture-de-ble-au-senegal-de-gros-progres-realises-par-les, f) Culture du blé au Sénégal, un rêve devenu réalité ! https://youtu.be/rStVPTYUIvM, g) Variétés de blé égyptien (Wheat Varieties), http://wheatatlas.org/country/varieties/EGY/0

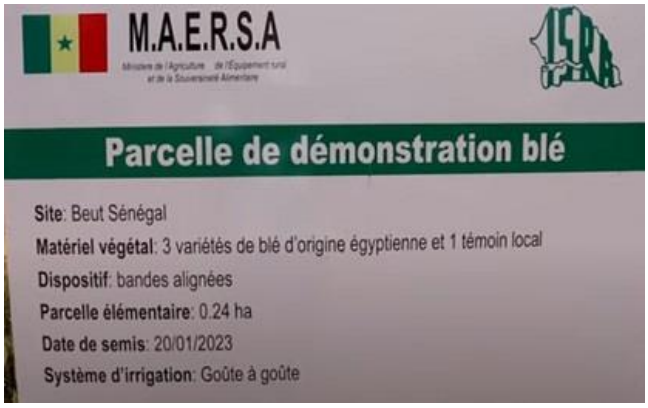














Un employé de l'Institut sénégalais de recherche agronomique moissonne une parcelle de blé à Sangalkam, près de Dakar, le 7 avril 2023 au Sénégal. AFP – SEYLLOU.



Les différentes variétés de blé cultivées.

17.2 Pomme de terre, cultivar pour eau salée

Nous n'en faisons que mention. Les pommes de terre poussant dans l'eau salée sont pour l'instant expérimentées, depuis 2006, à la ferme Salty Potato Farm, par Mark van Rijsselberghe, sur la petite île de Texel, régulièrement inondée par la mer, au nord des Pays-Bas. Le principal problème rencontré est que, pour l'instant, *la culture en milieu salin demeure coûteuse : un kilo de pommes de terre cultivées au sel est cinq fois plus cher qu'un kilo classique. Autre problème, le rendement. 30 000 kilos sont produits sur un hectare en milieu salin contre 60 000 sur des terres habituelles*. Malgré tout, les variétés « *paramount* » et « *Miss Mignonne* », à haut rendement, seraient prometteuses.

En 2017, la combinaison de variétés tolérantes au sel, de pratiques agricoles adaptées et d'une utilisation conjointe de l'eau aurait permis d'obtenir un rendement attendu acceptable de 20 tonnes de pommes de terre par hectare.
Sources : a*) La pomme de terre innove pour stopper la faim dans le monde !* 15/03/2016, http://mccain.begooddogood.fr/la-pommes-de-terre-arme-secrete-pour-eradiquer-la-faim-dans-le-monde/
La salinisation des sols menace l'équilibre alimentaire de la planète. La solution vient des Pays-Bas : cultiver des pommes de terre dans de l'eau salée.
b) *Growing salt-tolerant potatoes in Pakistan*, https://www.potatopro.com/news/2017/growing-salt-tolerant-potatoes-pakistan, c) *Texel Salty Farm web site* , https://www.saltfarmtexel.com/
d) *Dutch Farmer Invents Salt Resistant Potato Miss Mignonne*, 03/12/2014, http://vanhijfte.com/dutch-team-is-pioneering-development-of-crops-fed-by-sea-water/



Mark van Rijsselberghe avec sa variété expérimentale de pomme de terre, *Miss Mignonne,* tolérante au sel.



Pommes de terre de la *Salty Potato Farm*, expérimentées au Pakistan.



Des spécialistes de la pomme de terre de la Salt Farm Texel (Pays-Bas) testent des pommes de terre prometteuses, tolérantes au sel, au Pakistan, depuis 2014.

17.3 Moutarde d'Abyssinie (*Brassica carinata*)

(Famille des *Brassicacées*).



↗

$

U

La moutarde éthiopienne ou moutarde d'Abyssinie pourrait avoir une grande importance agricole, dans les plantes du genre *Brassica*.
Bien que *B. carinata* soit cultivé comme oléagineux en Ethiopie (Alemayehu et Becker, 2004), il contient, en général, des glucosinolates et de l'acide érucique indésirables (Getinet et al., 1997), ce qui en fait un mauvais choix cultural comme culture oléagineuse, en comparaison à la étroitement liée *Brassica napus* (colza).
La plante est aussi cultivé comme légume-feuilles, ayant une saveur douce. Certaines variétés, dont la **Texsel,** sont particulièrement adapté aux climats tempérés. Les fleurs sont très attrayantes pour les abeilles qui collectent du

pollen et de nectar. Cette plante fait également partie d'une recherche visant à développer du biocarburant pour les moteurs à réaction. Le 29 Octobre 2012, le premier vol d'un avion à réaction alimenté à 100 pour cent de biocarburant, fabriqué à partir de *Brassica carinata*, a été réalisé. Il est sensible au sel mais *les graines peuvent germer dans les sols avec un niveau de salinité supérieure à la moyenne*. Il peut être trouvé dans les régions montagneuses jusqu'à 2600 m avec un climat frais, mais aussi dans les plaines avec des conditions relativement chaudes et sèches. Il ne tolère pas l'engorgement (l'asphyxie racinaire).
La lignée de B. carinata à graines brunes est plus tolérante au sel que la lignée à graines jaunes. *L'étude récente ci-dessous montre l'utilité de cette plante pour la culture en sol salin* et le bio-raffinage.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Brassica_carinata,
b) http://database.prota.org/PROTAhtml/Brassica%20carinata_En.htm,
c) http://database.prota.org/PROTAhtml/Brassica%20carinata_Fr.htm, d) Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown-seeded and yellow-seeded *Brassica carinata* lines, Canam, T., Li, X., Holowachuk, J., Yu, M., Xia, J., Mandal, R., Krishnamurthy, R., Bouatra, S., Sinelnikov, I., Yu, B., Grenkow, L.F., Wishart, D.S., Steppuhn, H., Falk, K.C., Dumonceaux, T.J., et Gruber, M.Y., *lant Science, 198*(January 2013), p. 17-26.







17.4 Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum crystallinum* ou *Cryophytum cristallinum*)

C'est une plante de la famille des *Aizoacées*, originaire du sud-est africain (zone de climat méditerranéen). Elle est cultivée pour l'ornement, ses feuilles semblant couvertes de cristaux de glace, et parfois pour la consommation. C'est une espèce succulente au port rampant, dont la hauteur ne dépasse généralement pas 7 ou 8 cm, mais dont les tiges peuvent atteindre de 20 à 60 cm de long. Ces tiges, ramifiées et tombantes, sont couvertes de minuscules "perles" scintillantes, vitrifiées, contenant de grandes quantités d'eau. Les feuilles, de 2 à 10 cm de long, ont une surface fortement ondulée et sont en forme d'ovale ou de spatule. *Les feuilles sont comestibles cuisinées à la manière des épinards ou crues en salade [et les tiges cuites].* Elles ont un goût iodé qui n'est pas sans rappeler la salicorne, voire certains fruits de mer. Elle peut être annuelle, bisannuelle ou vivace, mais son cycle de vie est généralement terminé en quelques mois, selon les conditions environnementales. *M. crystallinum* se trouve sur une large gamme de types de sols, de sols sableux et bien drainés (y compris les dunes de sable), à limoneux et argileux. *Elle pousse à l'état sauvage en terrain aride et caillouteux ou sablonneux. Elle peut tolérer des sols pauvres ou salins***.** Comme avec beaucoup d'espèces introduites, il pousse aussi dans les *sites perturbés*, tels que les routes, les décharges et les

chantiers. Ses *feuilles sont comestibles*, comme avec certains autres membres de la famille des *Aizoaceae*. *Ses graines peuvent également être consommées***.** Les feuilles broyées peuvent être utilisées comme substitut du savon et a des utilisations médicinales. La plante est dédaignée par le bétail et les limaces. En raison de ses *capacités à accumuler le sel, M. crystallinum* peut être utile pour la bioremédiation. Pour sa culture, elle nécessite une exposition ensoleillée, un sol riche en humus, bien drainé. *Elle supporte parfaitement la sécheresse et la chaleur*. *Elle déteste le froid et l'humidité*. Elle n'aucun ennemi connu. Elle a un petit goût frais entre mentholé et acidulé. *Elle peut être un peu invasive*.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Mesembryanthemum_crystallinum,
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Mesembryanthemum_crystallinum



Une jeune plante à Lanzarote.





17.5 Crambé maritime ou chou marin *(Crambe maritima*)

Pour mention : La *Chourbe*, encore appelé le *crambé maritime* ou *chou marin*, est l'un des deux représentants européens du genre *Crambe*, avec *Crambe hispanica*. Cette plante de la famille des *Brassicacées* (ou *Crucifères*), pousse sur le littoral de la Baltique, de la Manche et de l'Atlantique (sable, galets, falaises). Cette plante est cultivée pour l'ornement et la consommation. Surexploitée, l'espèce est devenue rare et est protégée.
Plante vivace vert grisâtre, robuste, à tige épaisse, ligneuse à la base. Elle forme souvent des touffes importantes. Grandes feuilles arrondies et charnues, pennatilobées, celles du sommet de la tige plus étroites que celles de la base. Fleurs blanches en grappes serrées, avec, comme pour toutes les crucifères, quatre sépales, quatre pétales séparés et six étamines. Les fruits sont des siliques globuleuses de couleur jaunâtre.
Le crambé maritime est facile à cultiver. *Poussant naturellement en bord de mer du nord de l'Europe*, elle préfère les sols légers à Ph neutre ou alcalins et les positions plein-soleil, mais *n'aime pas les climats trop chauds*. Bien que préférant les sols riches, elle tolère parfaitement les sols pauvres mais toujours bien drainés car elle ne supporte pas l'humidité stagnante. *Elle résiste au froid jusqu'à –20 °C. En bonnes conditions, elle peut produire jusqu'à trois récoltes par an et un même pied peut vivre plusieurs dizaines d'années*. Les fleurs sont très attractives pour les butineurs.
Le semis est effectué de préférence en place en mars-avril ou alors en godets transplantés lorsque la plante a quelques feuilles. Les graines lèvent à 15 °C, en 3 semaines, mais peuvent parfois mettre 2 mois. La première récolte peut avoir lieu 12 mois après. La plante peut également être multipliée par division de souches ou par morceaux de racines.
Toutes les parties de la plante sont comestibles.Les feuilles et les boutons floraux avant éclosion sont consommées crus ou cuits comme le chou et le brocoli. Bien que très ressemblant, le gout diffère de celui du chou. Plus charnues que celles du chou, les feuilles tendent à être légèrement amères au moment de la floraison. Les racines peuvent être consommées cuites et sont riches en sucre et amidon.
Source : https ://fr.wikipedia.org/wiki/Crambe_maritime



Crambe Maritima, ici photographié en Estonie.



Vue sur son feuillage.



Crambe maritima à Saaremaa, Estonia.





17.6 Criste marine *(Crithmum maritimum)*

Pour mention : Cette plante est utilisée comme condiment, le plus souvent préparée au vinaigre blanc comme les cornichons. Ses feuilles aromatiques à saveur légèrement piquante et salée peuvent être consommées fraîches ou en salades ou cuites, comme les épinards. Outre sa résistance au sel, la Criste de mer est aussi très résistante à la sécheresse.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Criste_marine, b) http://nature.jardin.free.fr/vivace/ft_crithmum_mar.html





17.7 Elaboration de plantes alimentaires OGM résistantes au sel

Pour mention : Les chercheurs tentent d'améliorer la résistance à la salinité pour les plantes cultivées à des fins alimentaires. Ils travaillent actuellement sur quelques plantes qui serve de modèle comme la tomate. En principe, tomate et eau salée ne font pas bon ménage. Des chercheurs ont donc pensé à introduire un gène qui permette à la

tomate de pousser dans des sols contenant du sel. En l'occurrence, ce gène provient d'*Arabidopsis*[112], plante proche de la moutarde sauvage qui pousse dans nos jardins. Mais il est également présent dans la plupart des plantes halophytes, comme la salicorne ou encore les graminées des marais salants. Une fois le gène introduit dans la tomate, l'excédent de sel est concentré dans les feuilles et non dans le fruit. Ce changement laisse la tomate parfaitement comestible. De nombreuses recherches se tournent maintenant vers le transfert de ces mécanismes de résistance au sel chez le riz et le blé notamment.
Source : *Des plantes qui supportent un régime salé*, https://www.semencemag.fr/plantes-sols-sel.html

[112] Le "saltwater cress" ["Cresson d'eau salée" ?] (*Arabidopsis salsuginea* ou *Thellungiella salsuginea* ou *Eutrema salsuginea*, famille des Brassicacées) se retrouve sur sol humide, alcalin ou salin.
Cf. http://fieldguide.mt.gov/speciesDetail.aspx?elcode=PDBRA05020

18 Plantes alimentaires, pouvant résister à la sécheresse mais pas au stress salin

Et pour d'autres usages. Elles permettent d'économiser l'eau.



Tournesol (*Helianthus annuus*)



Sorgho commun (*Sorghum bicolor*)





Arachide (*Arachis hypogaea*)



Lentille cultivée ou comestible *(appelé dal en Inde) (Lens culinaris*)



Lentille cultivée ou comestible *(appelé dal en Inde) (Lens culinaris*)



Diverses variétés de lentilles.



Mil ou millet (nom ambigüe)
Millet commun (*Panicum miliaceum*).



Millet commun (*Panicum miliaceum*).



Mil à chandelle, millet perle ou mil (*Pennisetum glaucum*).









Fonio (nom ambigüe) *(Digitaria sp.*)
Fonio blanc (*Digitaria exilis*)



Lin cultivé
(*Linum usitatissimum*)
(Climat froid. Pour mention).

Cameline (lin bâtard)
(*Camelina sativa*). La cameline est adaptée aux zones de climat semi-aride froid (steppes et prairies). (Climat froid. Pour mention).

18.1 Tournesol (*Helianthus annuus*)

Cette grande plante annuelle (famille des *Astéracées* (anciennement des *Composées*)) est très cultivée pour ses graines riches en huile (environ 40 % de leur composition) alimentaire de bonne qualité. Le tournesol est, avec le colza et l'olivier, l'une des trois sources principales d'huile alimentaire en Europe.
Grâce à la sélection, la teneur des graines en huile atteint 40 % d'huile.
Ses fleurs sont groupées en capitules de grandes dimensions. Le genre *Helianthus* comprend une cinquantaine d'espèces, toutes originaires d'Amérique du Nord, dont le topinambour (*Helianthus tuberosus* L.). La culture du tournesol est aujourd'hui largement répandue sur tous les continents. Le tournesol est une plante dépolluante des métaux lourds. La racine principale est pivotante. Elle peut atteindre jusqu'à 4 m de hauteur. Peu gourmande en eau, sa racine pivot lui permet de capter l'eau en profondeur. *Elle résiste à la sècheresse*.
C'est une plante plus sensible à la qualité du sol (profondeur, structure) qu'à l'ajout d'engrais.
Ces besoins en azote sont faibles (80 unités/ha contre 180 pour du maïs), mais il faut prévoir une bonne fumure de fond (80 unités de phosphore et depotassium) et du bore. Elle est peu sensible aux insectes (sauf en début de cycle) et les variétés commerciales ont des résistances importantes aux attaques fongiques, de fait elle n'a quasiment pas besoin d'être traitée. Elle est sensible à certains variants du mildiou, favorisé par les monocultures intensives.
L'huile de tournesol est appréciée pour son équilibre en acides gras. La plante entière récoltée avant maturité est utilisée comme fourrage. De plus, les résidus de trituration, appelés tourteaux, sont riches en protéines, dont un acide aminé très recherché dans l'alimentation du bétail, la méthionine. Les graines entières sont appréciées pour nourrir les perroquets et autres oiseaux de volière. C'est aussi une plante mellifère, mais elle a l'inconvénient de fleurir tard en saison.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Tournesol, b) http://simple.wikipedia.org/wiki/Sunflower,
c) http://simple.wikipedia.org/wiki/Sunflower









18.2 Millet, Mil, Fonio

Millet est un terme générique qui désigne en français plusieurs espèces de plantes de la famille des Poacées (graminées). Ce sont des céréales vivrières, à très petites graines, cultivées principalement dans les zones sèches, notamment en Afrique et en Asie. Elles sont souvent appelées aussi mil. Millet sans autre précision désigne souvent le millet commun, mais le millet le plus cultivé est le « millet perle ». Moins exigeantes et

plus rustiques que le sorgho commun, ces espèces sont bien adaptées aux zones tempérées ou tropicales sèches où la saison des pluies est brève.

18.2.1 Éleusine ou « ragi » (*Eleusine coracana*)

Cette plante produit plusieurs épis au sommet de la tige. Ses graines sont très petites (1-2 mm de diamètre). Ses besoins en eau sont légèrement supérieurs à ceux des autres espèces de mil. L'éleusine, appelée « ragi » en Inde, est une culture vivrière importante en Afrique orientale et en Asie (Inde, Népal), où elle se cultive jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Source : *Eleusine*, https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89leusine



Epis d'éleusine



Graines d'*Eleusine coracana*



Eleusine coracana

18.2.2 Fonio ou « mil africain »

Ce terme regroupe plusieurs espèces de céréales mineures cultivées en Afrique de l'Ouest dans les régions sèches sub-sahéliennes (voir ci-après) :

- « Fonio blanc[113] » (*Digitaria exilis*), culture très importante en Afrique de l'Ouest : Mali, Nigeria, Niger, Burkina Faso, Sénégal et Guinée.
- « Fonio noir[114] » (*Digitaria iburua*), présent au Nigeria, au Togo et au Bénin.
- « Fonio à grosses graines » (*Brachiaria deflexa* ou *Urochloa deflexa*), culture pratiquée seulement dans le massif du Fouta-Djalon en Guinée et en Sierra Leone.



Digitaria exilis – Fonio blanc moissonné et entassé au champ (Mali)



Digitaria iburua - Fonio noir (Jardin botanique de la Charme).



Brachiaria deflexa – Fonio à grosse graine.

[113] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Digitaria_exilis
[114] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonio_noir

18.2.3 Millet commun, millet blanc ou millet à grappes (*Panicum miliaceum*)

Plante de 1,3 m environ, à inflorescences en panicules lâches, ramifiées et tombantes. Cette céréale est cultivée dans des régions tempérées, en Russie, en Ukraine, au Kazakhstan, aux États-Unis, en Argentine et en Australie. Diverses variétés, avec des grains de couleur blanche, jaune, brune et même noire, étaient cultivées en France jusqu'à l'époque contemporaine. La plupart ont disparu des cultures, mais certaines se sont maintenues, à l'état d'adventices, notamment dans les champs de maïs. Source : Millet commun, https://fr.wikipedia.org/wiki/Millet_commun



Millet commun arrivé à maturité.



Millet séché.



Port général de la plante.



Panicule à maturité.

18.2.4 Millet des oiseaux, sétaire d'Italie, panis, petit mil» ou miliade (*Setaria italica*)

Plante de 1 à 1,5 m environ, à inflorescences longues, cylindriques, assez compactes, autrefois semée dans les prairies temporaires. Remis au gout du jour dans toute l'Europe grâce aux nouvelles normes visant à favoriser la biodiversité aux abords des champs. Le premier pays producteur est la Chine. Espèce cultivée également en Inde, en Indonésie, en Corée, dans le Sud de l'Europe et en Afrique orientale. Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Millet_des_oiseaux







18.2.5 Millet indien ou Éleusine des Indes (*Panicum sumatrense* ou *Eleusine indica*)

Culture répandue en Inde, au Népal, au Pakistan, au Sri Lanka, dans l'est de l'Indonésie et l'ouest de la Birmanie. Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89leusine_des_Indes



Inflorescence *(Eleusine indica*).



Tige feuillée et fleurie *(Eleusine indica*).



Graine de millet des oiseaux (*Serata italica*).

18.2.6 Millet japonais (*Echinochloa esculenta* et *Echinochloa frumentacea*)

Deux espèces de « millets japonais » sont cultivées en Asie :
Echinochloa esculenta, le millet du Japon, est une plante herbacée, pouvant atteindre 1,5 m de haut, est cultivée notamment au Japon comme céréale pour l'alimentation humaine ou comme plante fourragère pour l'alimentation animale. Elle peut aussi se comporter comme une mauvaise herbe, en particulier dans les rizières.
Echinochloa frumentacea, panic d'eau, pied-de-coq cultivé ou millet japonais, plante herbacée annuelle d'une hauteur de 50 cm à 1 m, est cultivée comme céréale secondaire dans les pays chauds (Inde, Asie du Sud-Est, etc.). Elle préfère les sols humides et les expositions ensoleillées. De croissance rapide, elle peut donner une récolte en six semaines dans les régions les plus chaudes.
C'est une culture importante dans les régions subtropicales de l'Inde.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Echinochloa_esculenta,
b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Echinochloa_frumentacea



Tête de millet japonais.



Echinochloa esculenta

Inflorescence à maturité.



Echinochloa frumentacea

18.2.7 Millet perle, mil à chandelle, mil pénicillaire, petit mil ou mil (*Pennisetum glaucum*)

C'est la plus cultivée de toutes les espèces de mil, il représente la moitié de la production mondiale de mil ; parmi celles-ci, c'est celle qui a le potentiel de rendement le plus élevé en conditions de sécheresse. Il croît sur des sols sableux et pauvres, là où on ne pourrait pas cultiver le maïs, le sorgho ni même l'éleusine. Les graines se forment sur un faux épi compact de 10 à 150 cm de long (chandelle). Culture traditionnelle en Afrique, surtout au Sahel, en Asie (Inde, Pakistan). Introduit récemment comme culture céréalière aux États-Unis, où il est utilisé comme fourrage d'été. Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Millet_Perle, b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Mil_%C3%A0_chandelle



Millet perle (*Pennisetum glaucum*)





Mil à chandelle ou mil (*Pennisetum glaucum*)

18.2.8 Teff (*Eragrostis tef*)

Céréale à graines très petites, cultivée dans les régions montagneuses de l'Éthiopie, où sa production dépasse celle de la plupart des autres céréales. Tolère les sols lourds, mal drainés. Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Teff





Champ de teff en Éthiopie.

18.2.9 Coix ou larme de Job (*Coix lachryma-jobi*)

C'est une céréale très secondaire, surtout cultivée dans le sud-est asiatique.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Coix



Inflorescence (*Coix lachryma-jobi*)



Port de la plante. Feuillage.



Graines

18.2.10 Herbe à épée (*Paspalum scrobiculatum*)

C'est une céréale spontanée en Afrique occidentale et en Inde, abondante le long des chemins, dans les fossés et les dépressions. En Inde, cette espèce a été domestiquée il y a environ 3000 ans.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Herbe_%C3%A0_%C3%A9p%C3%A9e



Herbe à épée (*Paspalum scrobiculatum*). Port de la plante.



Graines de *Paspalum scrobiculatum*

Intérêt alimentaire : Le millet est un aliment énergétique, nutritif, recommandé pour les enfants et les personnes âgées ou en convalescence. La teneur en protéines des différents mils, et leur qualité, se compare à celle du blé ou du maïs. Une des principales espèces de millet, l'éleusine a une teneur relativement élevée en méthionine, acide aminé qui fait souvent défaut dans les céréales tropicales. Il est consommé surtout sous forme de bouillies et de galettes. La farine de mil devient rapidement rance et ne peut pas être conservée longtemps. Traditionnellement, le grain est pilé dans un mortier. De plus en plus, on mécanise cette préparation : le grain est alors passé dans une décortiqueuse et un moulin à farine, ce qui évite un travail laborieux et améliore la qualité de la farine.
Source : *Millet (graminée),* https://fr.wikipedia.org/wiki/Millet_(gramin%C3%A9e)

18.3 Sorgo (sorgho) commun, Millet à balai, « gros mil » ou Sorgho bicolore (*Sorghum bicolor*)

C'est une plante herbacée annuelle (ou vivace à courte durée de vie, traitée comme une annuelle), qui peut atteindre 3 mètres de haut. Elle est cultivée soit pour ses graines, le sorgo grain, soit comme fourrage, le sorgho fourrager. C'est une plante qui ressemble au maïs et à la canne à sucre.

Le sorgo est la cinquième céréale mondiale par le volume de production, après le maïs, le riz, le blé et l'orge. C'est la principale céréale pour de nombreuses populations à faible revenu vivant dans les régions tropicales semi-arides d'Afrique et d'Asie. Cette plante est aussi la sixième source de calories alimentaires pour la population mondiale, après le riz, le blé, le sucre (de betterave et de canne), le maïs et la pomme de terre. Elle est également largement utilisée en alimentation animale sous forme de fourrage vert, de paille sèche ou de concentré de céréales.

Le sorgho commun a un système racinaire fibreux, caractéristique des graminées, qui peut atteindre une profondeur de 1,5 à 2,4 m. *Ce système racinaire est très étendu et a la capacité de devenir dormant dans les périodes de stress hydrique, ce qui contribue à la résistance à la sécheresse de la plante et en fait une culture adaptable dans les systèmes agricoles marginaux des zones arides*.
Les feuilles, qui ressemblent à celle du maïs, ont un limbe plat, linéaire à lancéolé, largement arrondi à la base, de 30 à 100 cm de long sur 5 à 10 mm de large. Dans des conditions très sèches, les feuilles s'enroulent vers le haut et vers l'intérieur, réduisant ainsi la transpiration et la perte d'humidité en diminuant la surface exposée. Elles présentent en surface des dépôts de silice de forme irrégulière qui agissent comme une barrière physique atténuant le stress hydrique en diminuant la transpiration et contrariant la pénétration physique dans les tissus végétaux de ravageurs

tels que la mouche du sorgho (*Atherigona soccata*). L'inflorescence est une panicule terminale ouverte ou contractée, lancéolée, ovale ou globuleuse, non verticillée, de 4 à 50 cm de long sur 2 à 20 cm de large.
De nos jours, il est cultivé, et parfois subspontané, dans tous les continents. C'est une plante de climat chaud, mais comme pour le maïs, la sélection a permis de créer des variétés cultivables en pays tempérés. En Europe, sa culture reste cependant cantonnée aux pays méditerranéens. En France il est cultivé sur plus de 60 000 ha, principalement dans le sud-ouest en alternative au maïs car il est moins exigeant en eau.

Utilisations : Alimentation humaine : le sorgo à grain est une culture vivrière dans de nombreux pays d'Afrique et d'Asie. Le sorgo peut se consommer en grain à l'instar du riz, ou être réduit en farine.
Les sorghos fourragers sont utilisés en alimentation animale en grain, ou comme fourrage en ensilage ou à la pâture principalement dans les pays occidentaux et en Afrique du Nord.
Production de sucre et sirop : des tiges du sorgo bicolore est extraite une mélasse ou un sirop sucré (sirop de sorgo). Les tiges de sorgo bicolore se mâchent tout comme la canne à sucre.
Alcool, notamment au Burkina Faso, mais aussi et surtout en Chine avec le *maotai*, alcool de sorgo, considéré en Chine, comme le meilleur alcool.
Agrocarburant : le sorgo à sucre pourrait être une solution pour produire un agrocarburant tel que le bioéthanol, avec le risque quasi-certain cependant de mettre en péril les cultures vivrières locales. L'accaparement de surfaces potentiellement destinées à l'alimentation va devenir un problème crucial.
Le sorgo fibre permet grâce à la méthanisation de sa biomasse la fabrication de biomatériaux destinés à la fabrication de films plastiques ou de balais biodégradables.
Toxicité : Intoxication par le cyanure d'hydrogène : Le sorgho commun contient de la dhurrine, glucoside toxique qui produit à parts égales de l'acide cyanhydrique (HCN) et du p-hydroxylbenzaldéhyde lorsqu'elle est hydrolysée sous l'action d'enzymes présents dans les cellules. Cela se produit lorsque les tissus végétaux sont perturbés (broyage, mastication, etc.). La teneur en dhurrine diminue au fur et à mesure de la croissance et surtout après la floraison, elle dépend aussi des conditions environnementales. Les sorghos à grains et les sorghos sucriers ont des teneurs en dhurrine plus élevées que les sorghos fourragers. Le risque d'intoxication par le cyanure concerne les animaux en particulier en cas d'ingestion de plants jeunes ou de repousses, en particulier s'il s'agit de plantes stressées ou endommagées. Il est faible lorsque les animaux consomment des plants au stade de la floraison ou de la mise à graines, ou sous forme d'ensilage.
Intoxication par les nitrates : A l'instar d'autres espèces de graminées, telles que le mil (*Pennisetum glaucum*) et le *Sudan Grass* (herbe du Soudan, *Sorghum ×drummondii*), le sorgho à grains ou le sorgho fourrager peuvent dans certaines circonstances accumuler des nitrates, potentiellement toxiques pour les ruminants. Les nitrates sont convertis dans le rumen en nitrites. Ceux-ci absorbés dans le sang réagissent avec l'hémoglobine pour former la méthémoglobine, ce qui bloque le transport de l'oxygène. L'accumulation des nitrates dans les plantes se produit lorsque leur teneur dans le sol est élevée et que les conditions environnementales (sécheresse, temps froid, application d'herbicides, etc.) freinent leur conversion en protéines. On considère que les plantes contenant plus de 1,5 % de nitrate de potassium (KNO_3) par rapport à la matière sèche sont potentiellement dangereuses pour du bétail affamé.
Culture : Le semis se fait vers mai-juin : les graines de sorgho se sèment à environ 3−4 cm de profondeur en espaçant les pieds de 40 cm et les rangs de 60 cm, l'objectif de peuplement étant de 150 000 à 180 000 plantes par hectare. Les graines se récoltent à l'automne lorsqu'elles sont dures, idéalement avant les gelées. Il faut ensuite les faire sécher et les décortiquer pour enlever le son. En France, son rendement moyen est de 53 quintaux/hectare.
Nutrition : Le millet et le sorgo ne contiennent pas de gluten. On peut maintenant trouver les farines et les grains certifiés sans gluten de ces céréales dans des endroits spécialisés pour les allergies alimentaires. Il existe également de la bière certifiée sans gluten.
Variétés cultivées : Il existe plus de 128 variétés de sorgho grain inscrites dans le Catalogue européen des espèces et variétés. Environ 145 variétés de sorgho grain sont inscrites au Catalogue officiel français.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Sorgo_commun



Sorgo commun (panicule au stade maturation).



Tige feuillée.



Panicule.



Sorgo dans la zone d'irrigation de la rivière Adaja (Ávila).



Graines de sorgo rouge et de sorgo blanc.



Sorgho AL Precioso.

18.4 Lentille cultivée (*Lens culinaris* (ou *Lens esculenta*))

Cette plante annuelle, herbacée, de 20 à 72 cm de haut, est largement cultivée pour ses graines, comestibles, riches en protéines. Les tiges sont dressées et très rameuses. Ses feuilles, alternes, composées pennées, comptent de 10 à 14 folioles opposées, oblongues, et sont terminées par une vrille généralement simple ou bifide. Les fleurs, à la corolle papilionacée, sont de couleur blanche ou bleu pâle et groupées par petites grappes de deux à quatre. La floraison estivale intervient entre mai et juillet. Les fruits sont des gousses aplaties, courtes, contenant deux graines rondes, aplaties, en forme caractéristique de disque faiblement bombé (ou de lentille).
En tant que culture vivrière, la majorité de la production mondiale provient du Canada et de l'Inde, produisant ensemble 58 % du total mondial.
Sous-espèces : L'espèce comprend quatre sous-espèces principales :

- *Lens culinaris* subsp. *culinaris* (la lentille cultivée), classée parfois comme espèce distincte (*Lens esculenta* Moench) ;
- *Lens culinaris* subsp. *odemensis* ;
- *Lens culinaris* subsp. *orientalis* ;
- *Lens culinaris* subsp. *tomentosus*.

Exigences du sol : Les lentilles peuvent pousser sur différents types de sols, du sable au limon argileux, poussant mieux dans les sols de limons sableux profonds avec une fertilité modérée. Un pH du sol autour de 7 serait l'idéal. Les lentilles ne tolèrent pas les inondations, les sols gorgés d'eau ou détrempées.

Exigences climatiques : Les conditions dans lesquelles les lentilles sont cultivées diffèrent selon les régions de culture. Dans les climats tempérés, les lentilles sont plantées en hiver et au printemps à basse température et la croissance végétative se produit plus tard au printemps et en été. Les précipitations pendant cette période ne sont pas limitées. Dans les régions subtropicales, les lentilles sont plantées à des températures relativement élevées à la fin de la saison des pluies, et la croissance végétative se produit sur l'humidité résiduelle du sol pendant la saison estivale. Les précipitations pendant cette période sont limitées. En Asie de l'Ouest et en Afrique du Nord, certaines lentilles sont plantées comme culture d'hiver avant les chutes de neige. La croissance des plantes se produit pendant la fonte des neiges. Dans une telle culture, les rendements en graines sont souvent beaucoup plus élevés.
Besoins du lit de semence et des semis : La lentille a besoin d'un lit de semence ferme et lisse avec la plupart des résidus de récolte précédents incorporés. Pour le placement des graines et pour la récolte ultérieure, il est important que la surface ne soit pas inégale avec de grosses mottes, des pierres ou des résidus de culture saillants. Il est également important que le sol soit friable et exempt de mauvaises herbes, afin que l'ensemencement puisse être fait à une profondeur uniforme.
Les densités de plantes pour les lentilles varient entre les génotypes, la taille des graines, le temps de plantation et les conditions de croissance et également d'une région à l'autre. En Asie du Sud, un taux de semis de 30 à 40 kilogrammes par hectare (27 à 36 livres par acre) est recommandé. Dans les pays d'Asie occidentale, un taux de semis plus élevé est recommandé et conduit également à un rendement plus élevé. Les graines doivent être semées sur 3 à 4 centimètres (1+¼ to 1+½ pouces) de profondeur. Dans les pays mécanisés, les lentilles sont plantées à l'aide de semoirs à graines, mais dans nombreuses autres régions, elles continuent à être semées à la main.
Gestion de la culture, fertilisation : Dans les systèmes de culture intercalaire – une pratique couramment utilisée dans la culture des lentilles – des herbicides peuvent être nécessaires pour assurer la santé des cultures. Comme beaucoup d'autres cultures de légumineuses, les lentilles peuvent fixer l'azote atmosphérique dans le sol avec des rhizobiums spécifiques. lentilles poussent bien dans des conditions de faible apport d' engrais, bien que le phosphore, l'azote, le potassium et le soufre puissent être utilisés pour les sols pauvres en nutriments.
Maladies : Une des principales maladie est la rouille (*Uromyces vicia-fabae*). Mais il existe des variétés résistante à la rouille[115].

Usages : Les lentilles peuvent être consommées trempées, germées, frites, cuites au four ou bouillies – la méthode de préparation la plus courante. Les plats de lentilles sont les plus répandus dans toutes les régions méditerranéennes, l'Asie du Sud et l'Asie de l'Ouest. Dans les cuisines du sous-continent indien, où les lentilles sont un aliment de base, les lentilles fendues (souvent avec leurs coques enlevées) connues sous le nom de daal sont souvent cuites dans un curry /sauce épais qui est généralement consommé avec du riz ou des *rotis*.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Lentille_cultiv%C3%A9e, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Lentil

[115]a) *Resistance to Rusts (Uromyces pisi and U. viciae-fabae) in Pea*, Eleonora Barilli, Josefina Carmen Sillero, Elena Prats, Diego Rubiales, Czech J. Genet. Plant Breed., 50, 2014 (2): 135–143, https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/124147.pdf
b) "*Management*" in "*Uromyces viciae-fabae var. viciae-fabae*", https://en.wikipedia.org/wiki/Uromyces_viciae-fabae_var._viciae-fabae#Management
c) *Les lentilles : le remède à la faim dans le monde*, ARTE, 52 mn, https://www.facebook.com/watch/?v=1250874931766375
Nourrissante, bon marché et facile à cultiver, la lentille fait figure d'aliment providentiel. Cultivée aussi bien en Inde qu'en Éthiopie ou en Amérique du Nord, cette plante pourrait être un remède possible à la malnutrition.



Lentilles du Puy (à gauche), vertes et rouges (à droite).



Différents types de lentilles.



Plantes de lentilles, avant la floraison.



Lentille « beluga ».



Salade de lentilles agrémentée d'échalote.

18.5 Niébé (*Vigna unguiculata*)

C'est une espèce de plantes de la famille des *Fabaceae* et du genre *Vigna* originaire d'Afrique tropicale, dont plusieurs sous-espèces sont cultivées comme plantes alimentaires pour leurs graines, proches des haricots, ou pour leur gousses. C'est la principale légumineuse alimentaire d'Afrique tropicale, fournissant une source économique de protéines de grande qualité. Le niébé est produit principalement dans les *régions intérieures arides de l'Afrique de l'Ouest en raison de sa tolérance à la sécheresse et de la pression moins forte des insectes dans ces zones*, et le commerce bien développé le mène au Sud, vers les principaux marchés côtiers. C'est une culture précieuse pour les agriculteurs pauvres en ressources et bien adaptée à la culture intercalaire avec d'autres cultures.
Économie : La production mondiale de niébé est estimée à 3,7 millions de tonnes annuelles dans la décennie 1990-1999, sur une surface de 8,7 millions d'hectares. Elle est située pour l'essentiel en Afrique (87 % des surfaces cultivées), puis loin derrière en Amérique (10 % des surfaces) et le reste en Europe et Asie.

Le Nigeria étant le premier producteur mondial de niébé (45 % du total) mais également le plus grand importateur. Il est suivi par le Brésil (avec 17 %). Le Niger compte pour 8 %. Les autres producteurs de Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest sont, par ordre d'importance, le Burkina Faso, le Mali, le Bénin, le Ghana, le Togo, le Sénégal et la Côte d'Ivoire.

Ecologie : Les types sauvages de *Vigna unguiculata* poussent parmi la végétation de savane, souvent dans des milieux perturbés, ou bien comme adventice, jusqu'à 1500 m d'altitude ; mais on peut en trouver dans les savanes herbeuses soumises à des brûlis réguliers, dans des endroits sablonneux proches des côtes, dans des étendues boisées, des lisières des forêts ou dans les zones marécageuses, parfois jusqu'à 2500 m d'altitude.

Culture : Le niébé prospère dans des conditions sèches médiocres, poussant bien dans des sols contenant jusqu'à 85 % de sable. Cela en fait une culture particulièrement importante dans les régions arides et semi-désertiques où peu d'autres cultures pousseront. En plus d'être une importante source de nourriture pour les humains dans les régions pauvres et arides, la culture peut également être utilisée comme aliment pour le bétail. Le niébé peut être utilisé efficacement dans les culture intercalaire, avec le sorgho, le mil, le maïs, le manioc ou le coton.

La température optimale pour la croissance du niébé est de 30 °C (86 °F), ce qui le rend disponible uniquement comme culture d'été pour la plupart des pays du monde. Il pousse mieux dans les régions où les précipitations annuelles se situent entre 400 et 700 mm (16 et 28 pouces). Les sols idéaux sont sablonneux et il a une meilleure tolérance aux sols infertiles et acides que la plupart des autres cultures. Généralement, 133 000 graines sont plantées par hectare (54 000/acre) pour les variétés dressées et 60 000 par hectare (24 000/acre) pour les variétés grimpantes et rampantes. Les graines peuvent être récoltées après environ 100 jours ou la plante entière utilisée comme fourrage après environ 120 jours. Les feuilles peuvent être cueillies à partir de 4 semaines après la plantation.

Le moment de la plantation est crucial, car la plante doit mûrir pendant les pluies saisonnières. La culture est principalement intercalée avec le mil chandelle et les plantes sélectionnées fournissent à la fois de la nourriture et du fourrage, au lieu des variétés plus spécialisées.

Ravageurs et maladies : Les insectes sont un facteur majeur dans les faibles rendements des cultures africaines de niébé, et ils affectent chaque composant tissulaire et stade de développement de la plante. En cas de mauvaises infestations, la pression des insectes est responsable de plus de 90 % de perte de rendement. Le foreur des gousses des légumineuses, *Maruca vitrata*, est le principal ravageur pré-récolte du niébé. D'autres ravageurs importants comprennent les punaises suceuses de gousses, les thrips et le charançon du niébé post-récolte, *Callosobruchus maculatus*, *Aphis craccivora* (puceron du niébé), un ravageur du niébé en Inde, aux Philippines, en Thaïlande, dans le sud des États-Unis, en Afrique tropicale et en Amérique latine, *Helicoverpa armigera* (ver africain de la capsule), qui s'attaque au coton, au niébé, etc. Les infestations graves de *C. maculatus* peuvent affecter 100 % des pois stockés et causer jusqu'à 60 % de pertes en quelques mois. Le niébé est sensible aux nématodes, aux maladies fongiques (brûlures, pourriture des racines, flétrissement, oïdium, nœud racinaire, rouille et tache foliaire), bactériennes et virales, ce qui peut entraîner une perte substantielle de rendement.

Moyens de lutte : Le contrôle biologique a eu un succès limité, donc la plupart des méthodes préventives reposent sur l'utilisation de produits agrochimiques (phytosanitaires). Des niébés génétiquement modifiés sont en cours de développement pour exprimer la protéine cry de *Bacillus thuringiensis*, *qui est toxique pour les espèces de* lépidoptères dont le *Maruca*.

La sécheresse abaisse le taux de croissance et le développement, réduisant finalement le rendement, bien que le niébé soit considéré comme plus tolérant à la sécheresse que la plupart des autres culture. L'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), le Nigeria et l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles travaillent sur des espèces sauvages apparentées au niébé pour exploiter la diversité génétique et la transférer dans des cultivars afin de les rendre plus tolérants à différents stress et adaptatifs au changement climatique. Le Programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) de la Banque mondiale a soutenu la recherche agricole au service d'une agriculture climato-intelligente, contribuant à la mise au point de 14 nouvelles variétés de millet, de sorgho et de niébé à haut rendement, à maturation précoce et résistantes à la sécheresse.

Conservation des semences / Stockage des graines : Il est important de bien faire sécher les graines au soleil avant de les stocker à l'abri de prédateurs comme la bruche du niébé (*Callosobruchus*). Le stockage des graines peut être problématique en Afrique en raison d'une infestation potentielle par des ravageurs post-récolte. Les méthodes traditionnelles de protection des céréales stockées comprennent l'utilisation des propriétés insecticides

des extraits de Neem, le mélange des céréales avec de la cendre ou du sable, l'utilisation d'huiles végétales, la combinaison de cendres et d'huile dans une solution savonneuse ou le traitement des cosses de niébé avec de la fumée ou de la chaleur. Les méthodes plus modernes incluent le stockage dans des conteneurs hermétiques, en utilisant une irradiation gamma, ou en chauffant ou en congelant les graines. Des températures de 60 °C (140 °F) tuent les larves de charançon, ce qui a conduit à une récente poussée pour développer des formes bon marché de chauffage solaire pouvant être utilisées pour traiter le grain stocké. L'un des développements les plus récents est l'utilisation d'un système de double ensachage bon marché et réutilisable (appelé PICs) qui asphyxie les charançons du niébé.

Taxonomie : *Sous-espèces* : Selon Bernard Verdcourt, les sous-espèces, distinguées par lui, sont :

1. Plante volubile, de 2−4 m, à gousses de 30−80 cm pendantes, renflées à l'état jeune, graines de 8−12 mm ..... subsp. *sesquipedalis*.
2. Plantes érigées/rampantes, de 15−80 cm, à gousses de 7,5−30 cm non renflées à l'état jeune, graines de 6−9 mm :
   2.1. Gousses de 20−30 cm, pendantes .....subsp. *unguiculata*.
   2.2. Gousses de 7,5−13 cm, érigées ou étalées .....subsp. *cylindrica* (la dolique mongette ou cornille).

Il existe aussi d'autres sous-espèces : *baoulensis, burundiensis, dekindtiana, letouzeyi, mensensis, pubescens, stenophylla, tenuis*.

Cultivars : Il existe en Afrique, un certain nombre de cultivars liés à une remarquable diversité dans les usages : suivant le cas, on consommera les feuilles, les gousses vertes, les graines vertes ou sèches, et le feuillage ira éventuellement alimenter le bétail. Au sein de l'espèce *Vigna unguiculata* cultivé, on admet généralement 5 groupes de cultivars _ *unguiculata*, *biflora*, *sesquipedalis, Melanophthalmus* et *textilis* _, qui se recoupent et qui peuvent par ailleurs facilement se croiser :

- Le Groupe *Unguiculata* (*Vigna unguiculata subsp. unguiculata*, niébé commun, pois à vache) : types de légume sec et de légume frais, cultivés pour leurs grains secs ou immatures, leurs jeunes gousses ou leurs feuilles. Plante au port prostré à érigé, atteignant 80 cm de haut, floraison tardive, gousses de 10–30 cm de long, pendantes, dures et fermes, non renflées à l'état jeune, contenant de nombreuses graines non espacées, de 6−10 mm, à tégument épais; la plupart des cultivars africains appartiennent à ce groupe. En Afrique, il existe un grand nombre de variétés locales et de cultivars améliorés au sein du Groupe *Unguiculata*. Des types spéciaux à port érigé ou à tiges prostrées à longues pousses tendres sont cultivés comme légume-feuilles et parfois aussi pour leurs grains immatures ou leurs jeunes gousses. L'utilisation des types à double fin (graines et feuilles) devient très courante dans certains pays, parce que les feuilles sont le principal légume au début de la saison des pluies.
- Le Groupe *Sesquipedalis* (*Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis*, cornille, haricot kilomètre ou dolique asperge, synonymes : *Dolichos sesquipedalis*, *Vigna sesquipedalis*) : cultivé pour ses jeunes gousses ; plante grimpante, tige atteignant 4 m de long, gousses de 30–120 cm de long, pendantes, renflées à l'état jeune, contenant de nombreuses graines espacées, souvent noires ou brunes ; important légume en Asie du Sud-Est, mais d'importance secondaire en Afrique tropicale, où seuls des cultivars introduits d'Asie sont cultivé. Différents cultivars de haricot-kilomètre sont proposés par les firmes semencières asiatiques, qui offrent tout un éventail de caractéristiques de la plante.
- Le Groupe *Biflora* (catjang) (niébé proprement dit, cornille ou dolique mongette) : cultivé pour ses graines sèches, ses gousses vertes et tendres et pour le fourrage ; port prostré à érigé, atteignant 80 cm de haut, floraison précoce, gousses de 7,5–12 cm de long, dressées ou ascendantes, dures et fermes, non renflées à l'état jeune, à graines de 3−6 mm, peu nombreuses et non espacées ; important en Inde et en Asie du Sud-Est, et également dans certaines parties d'Afrique (par ex. en Éthiopie).
- Le Groupe *Melanophthalmus* : originaire d'Afrique de l'Ouest ; plante photosensible pouvant fleurir précocement à partir des premiers nœuds sous conditions inductives, gousses de 10−30 cm contenant relativement peu de graines, tégument fin, souvent ridé, partiellement blanc. Suivant les cultivars, les graines peuvent être séparées ou serrées les unes contre les autres dans la gousse, d'où le nom de *crowder pea* aux États-Unis pour ces derniers.
- Le Groupe *Textilis* : petit groupe cultivé seulement au Nigeria pour ses fibres extraites des longs pédoncules qui atteignent 60 cm voire un mètre de long ; au début du XXe siècle, ce groupe était réparti du delta intérieur du fleuve Niger jusqu'au bassin du lac Tchad, mais il disparaît progressivement.

Au Nigeria, on fait pousser des cultivars spéciaux pour leur fibre, extraite des pédoncules ; la fibre solide est particulièrement adaptée aux équipements de pêche et elle produit un papier de bonne qualité.

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Cowpea,

c) https://uses.plantnet-project.org/fr/Vigna_unguiculata_(PROTA), d) https://fr.wikipedia.org/wiki/Cornille



Un plant de niébé avec quelques gousses prêtes à être récoltées.



La foliole terminale est symétrique; les latérales sont dissymétriques.



Les gousses sont cylindriques.





Gousses de diverses variétés.



Fleurs



Stipule lancéolée de 1 cm, muni d'un éperon.



Le Niébé, le haricot à l'œil noir.



Niébé cultivés (les plus gros) et niébé sauvages.



Graine (variété rouge).



Le pois rouge des îles de la mer est un cultivar de niébé cultivé par le peuple Gullah (sud des USA).



Cuisson des graines au Ghana.



Le charançon du niébé (*Callosobruchus maculatus*) infeste les graines de niébé stockées, entraînant des pertes post-récolte importantes.



La larve de *Maruca vitrata*, communément appelée maruca foreur des graines, est l'un des ravageurs le plus nuisible du niébé.

18.6 Arachide (*Arachis hypogaea*)

L'arachide, dont le fruit s'appelle *cacahuète* ou *cacahouète*, *pois de terre*, *pistache de terre* et *pinotte*, au Canada, est une plante de la famille des légumineuses (*Fabaceae*) originaire du nord-ouest de l'Argentine et du sud-est de la Bolivie et cultivée dans les régions tropicales, sub-tropicales et tempérées pour ses graines oléagineuses. Elle présente la particularité d'enterrer ses fruits après la fécondation.
Il en existe 3 principaux types : Virginia (*Arachis hypogae hypogae*), aux graines les plus grosses, Spanish (*Arachis fastigiata vulgaris*) et Valencia (*Arachis fastigiata fastigiata*), ainsi que des hybrides telles que le « *Runner* », hybride de Virginia et de Spanish[116].
Source d'azote : Comme la plupart des autres légumineuses, les arachides abritent des bactéries (Rhizobium) symbiotiques fixatrices d'azote dans les nodules racinaires. La capacité de fixer l'azote signifie que les arachides nécessitent moins d'engrais contenant de l'azote et améliorent la fertilité du sol, ce qui les rend précieuses dans *les rotations de cultures*. Les arachides peuvent satisfaire la totalité ou presque de leurs besoins en azote. Il faut inoculer ce rhizobium sur un sol qui en est dépourvu, à raison de 9 kg/ha pour obtenir une bonne nodulation (l'inoculant doit être épandu directement sur la semence dans la raie de semis). Les petits exploitants africains plantent souvent les cacahuètes avec une ou deux autres cultures, telles que le sorgho, le millet ou les pois sauvages.
Culture : Les cultures se font en buttes (surélevées) séparées d'un mètre environ ; ce qui permet d'améliorer le drainage et facilite l'arrachage. Dans les régions de savane au nord de l'Afrique occidentale, plus sèches, elles sont généralement plantées en juin et récoltées en septembre ou octobre. Les cacahuètes ne poussent que dans des sols bien drainés, plutôt sableux[117] et pas trop argileux pour éviter les pertes au moment de la récolte (arrachage). Le pH idéal est de 5,8. La récolte doit se faire dès la maturité (lorsque la pellicule qui recouvre la graine se détache facilement). Pour protéger le sol contre l'érosion par le vent et par l'eau, on y installe normalement une culture couvre-sol d'hiver (CIPAN) qui sera ensuite enfouie vers la fin avril, afin de lui laisser le temps de bien se décomposer avant les semailles de l'arachide.
Maladies : Un point important est d'éviter le développement de moisissures[118] qui peuvent produire des aflatoxines, dangereuses pour le bétail, qui consommerait les tourteaux contaminés, et pour l'homme. Moisissures pouvant être évitées avec a) des variétés/cultivars résistants à ce champignon[119], b) des conditions de stockage avec un faible taux d'humidité dans les graines et l'air extérieur. À signaler, une maladie virale, la « rosette de l'Arachide », transmise par un puceron. Cette maladie provoque le rabougrissement des pieds et fait baisser sensiblement le rendement surtout

[116] *L'arachide ne compte pas pour des cacahouètes*, 17/12/2018, https://www.lequotidiendumedecin.fr/specialites/pneumologie/larachide-ne-compte-pas-pour-des-cacahouetes
[117] Elle a même été implantée en France dans les Landes.
[118] Dues au champignon *Aspergillus flavus/parasiticus*.
[119] a) *Comment lutter contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines*, Agriculture et développement, n° 23, Septembre 1999, https://agritrop.cirad.fr/476184/1/document_476184.pdf
b) *Afrique : sur la voie d'une arachide résistante aux aflatoxines*, http://www.secheresse.info/spip.php?article3397

si elle apparaît tôt (moins de 40 jours après le semis). Deux autres maladies fongiques, la cercosporiose (tavelure des feuilles) et la rouille (spores sur la face inférieure des feuilles), sont présentes sur l'arachide surtout en climat humide, où elles provoquent une chute des feuilles entraînant une baisse des rendements en gousses.
Toxicité / allergie : Certaines personnes (0,6 % de la population des États-Unis) éprouvent des réactions allergiques à l'exposition aux arachides; les symptômes sont particulièrement graves pour cette noix et peuvent aller du larmoiement au choc anaphylactique, qui est généralement mortelle si elle n'est pas traitée. La lecture des ingrédients et des avertissements sur les emballages des produits est nécessaire pour éviter cet allergène. Éviter la contamination croisée avec les arachides et les produits à base d'arachides (ainsi que d'autres allergènes graves comme les crustacés) est une pratique promue et courante dont les chefs et les restaurants du monde entier prennent conscience.
L'huile d'arachide raffinée ne provoquera pas de réactions allergiques chez la plupart des personnes allergiques aux arachides, contrairement aux huiles d'arachide brutes (non raffinées) contenant les protéines provoquant les réactions allergiques.

Variétés : Les variétés cultivées sont très nombreuses et regroupées en deux grands types (voir ci-dessous :

- Virginia, à port rampant et à cycle végétatif long (120 à 140 jours) ; les graines ne germent pas prématurément ; cette variété est plus résistante à la tavelure des feuilles ;
- Spanish et Valencia, à port érigé et à cycle végétatif court (90 à 110 jours) ; le rendement est plus élevé, mais la germination rapide après maturité peut poser problème.

Le cycle de culture dure de 90 à 150 jours. La floraison intervient environ un mois après le semis.

Cultivars résistants à la sécheresse : 1) types de Baol et Spanish[120], 2) accession ICG 8431 [*fastigiata vulgaris Spanish* (VUL). Source : 2MWI, Donneur : IAC][121], 2) taxon *Fastigiata* et accessions ICG 8352 et ICG 9991[122], 3) 03/40/1/3/2, 06/32/1/1/1, 017/55/1/1/2, 018/16/1/1/1,017/69/1/1/2, et 018/16/1/1/1[123], 4) 47-16[124].
Usages : La graine, communément appelée cacahuète (de l'aztèque « cacahouate ») est consommée après torréfaction. On obtient de l'huile par pression à froid ou à chaud, à partir de laquelle on fabrique du beurre, de la margarine. Les tourteaux sont surtout destinés à l'alimentation du bétail. Les graines les plus grosses, décortiquées puis triées à la main, constituent l'arachide de bouche. Les petites graines ou les brisures sont utilisées en confiserie (biscuits, enrobage dans du chocolat, etc.)[125]. Il existe énormément de plats à base d'arachide, dans le monde.
Lutte contre la malnutrition : Les cacahuètes sont utilisées pour lutter contre la malnutrition. Plumpy Nut, MANA Nutrition, et Medika Mamba sont des pâtes à base d'arachides riches en protéines, en énergie et en nutriments, développées pour être utilisées comme aliment thérapeutique pour aider à soulager la famine. L'Organisation mondiale de la santé, l'UNICEF , Project Peanut Butter et Médecins sans frontières ont utilisé ces produits pour aider à sauver des enfants malnutris dans les pays en développement .

---

[120] Gautreau Jean. 1966. *Recherches variétales sur la résistance de l'arachide à la sécheresse*. Oléagineux, 21 (7) : 441-444. https://agritrop.cirad.fr/440367/

[121] a) *Caractérisation morphologique des accessions d'arachide (arachis hypogaea l.) pour la teneur en huile et la tolérance à la sécheresse*, Issa ALLEIDI, Ouagal Pr Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso, Master II 2014, https://www.memoireonline.com/11/17/10193/m_Caracterisation-morphologique-des-accessions-d-arachide-arachis-hypogaea-l-pour-la-teneur-en-hui.html
b) *Évaluation des variétés d'arachides (Arachis hypogaea L.) pour la tolérance à la sécheresse*, Février 2019, https://www.researchgate.net/publication/331375052_Evaluation_des_varietes_d'arachides_Arachis_hypogaea_L_pour_la_tolerance_a_la_secheresse

[122] *Caracterisation Agro-Morphologique Des Accessions D'arachide (Arachis Hypogaea L.) pour La Teneur En Huile*, https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/7511/7252

[123] *Sélection des variétés mutantes d'arachide (Arachis hypogea L.) à la sécheresse*, RANDRIAMBOLANORO Olivier Andriamamonjisoa, http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/randriambolanorooa_ens_m1_05.pdf

[124] *Note sur un test de résistance à la sécheresse de l'arachide*, R. TOURTE et S. BAUR, I. R. A. T. - Centre de Recherches Agronomiques de Bambey (Sinkgal), Oléagineux, 21e année, no 7 - Juillet 1966, https://core.ac.uk/download/pdf/39890607.pdf

[125] *L'arachide ne compte pas pour des cacahouètes*, ibid.

Les arachides peuvent être utilisés comme les autres légumineuses et les céréales pour faire un lait sans lactose, comme boisson, le lait d'arachide, qui est promu en Afrique comme moyen de réduire la malnutrition chez les enfants. Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Arachide, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Peanut



Culture de l'arachide à la Direction de la recherche sur l'arachide, région de Junagadh en Inde occidentale



Développement de gousses d'arachide.



Fleur d'arachide.



Récolte de cacahuètes.



Deux ovaires d'arachide après la chute des fleurs. L'ovaire fécondé est plus épais et plus clair que la tige, et terminé par un bout pointu de couleur violette, qui permet de creuser la terre lors de sa croissance.



Gousses déterrées pour examen.



Récolte des cacahuètes à la main.



Récolteuse d'arachides à chenilles.



Détail de la texture.





Cacahuètes bouillies.



Un bol de sev mamra, composé de riz soufflé, de cacahuètes et de nouilles assaisonnées frites.



Dépistage/contrôle de la qualité des arachides.



Cacahuètes grillées comme collation.



Huile d'arachide.



Beurre de cacahuètes.



Bonbon aux arachides connu sous le nom de chikki à base d'arachides et de sucre de canne.



La colle pistache, friandise créole ou nougat d'arachide.



Avertissement « Attention - cacahuète et poussière de cacahuète omniprésentes ».



Les graines ovoïdes sont enveloppées dans un tégument sec rose à rouge.

18.7 Gesse commune, Pois carré, Lentille d'Espagne (*Lathyrus sativus*)

(Pour mention). C'est une plante annuelle, de 30-60 cm de hauteur avec une forte racine, spontanée dans le bassin méditerranéen, connue pour ses graines également appelées *Gesse*. Ses graines sont des légumes secs consommés depuis le début du néolithique en Europe du Sud, en Inde du nord et dans la corne de l'Afrique. Elle est couramment cultivée pour la consommation humaine et l'alimentation du bétail en Asie et en Afrique de l'Est. C'est une culture particulièrement importante dans les zones sujettes à la sécheresse et à la famine, et est considérée comme une « *culture d'assurance* » car elle produit des rendements fiables lorsque toutes les autres cultures échouent. De nos jours, la gesse est largement cultivée sur de vastes régions en Asie (en particulier le Bangladesh, l'Inde, le Népal, le Pakistan et le Proche-Orient), en Europe méridionale et en Afrique du Nord, et dans une moindre mesure en Amérique, en Australie et en Afrique du Sud. En Afrique tropicale, elle est surtout cultivée en Ethiopie (*guaya*), mais également au Soudan, en Erythrée, au Kenya, en Tanzanie, en Angola et à l'île Maurice. On estime à 1 million d'hectares la surface ensemencée en gesse actuellement.

Description : Elle produit des gousses de 30-35 mm contenant des graines appelées également gesse. Leurs tiges sont couchées ou grimpantes, et mesurent 15 à 60, rarement 100 cm de long. Elles sont fortement ramifiées, s'étalant de 0,5 à 1,5 m de large. Les pétioles sont largement ailés (1 à 2,5 mm). Les folioles mesurent de 2,5 à 15 cm de long, de 3 à 7 mm de large, et sont au moins 3 fois plus longs que larges. Leur forme est linéaire-lancéolée à elliptique, ils ont 5 à 7 nervures longitudinales minces distinctes. Les stipules mesurent de 10 à 20 mm de long et de 2 à 5 mm de large.

Culture : Elle pousse mieux à des températures moyennes situées entre 10 et 25 °C avec une pluviométrie moyenne de 400-650 mm par an. Comme d'autres légumineuses, elle améliore la teneur en azote du sol. Sa culture peut survivre à la sécheresse ou à des inondations, mais elle pousse mieux dans les sols humides. Elle tolère une gamme de types de sols pauvres, acides, neutres, lourds ou alcalins, allant du sable limoneux à l'argile compacte . *Elle tolère l'asphyxie racinaire et une salinité modérée*. Elle ne tolère pas l'ombre. Elle pousse bien dans les régions subtropicales comme

culture d'hiver. En Ethiopie, la gesse est souvent cultivée en saison sèche sur l'humidité résiduelle dans les sols noirs argileux lourds, à 1700–2700 m d'altitude. En Inde, c'est une culture de saison froide, jusqu'à 1200 m d'altitude. Souvent, la gesse ne reçoit pratiquement aucun soin après avoir été semée, bien que pour des rendements optimaux, il vaut mieux enlever le gros des mauvaises herbes.
La gesse se cultive soit en culture pure, soit en association, par ex. avec de l'orge, du lin ou des pois chiches. Dans de nombreux pays, la gesse est produite dans des systèmes de riziculture, avant ou en alternance avec le riz. En Inde, la gesse est souvent cultivée comme culture de relais : elle se sème à la volée dans une culture de riz sur pied, 2 semaines environ avant la récolte du riz, et on la fait pousser sur l'humidité résiduelle. En Ethiopie, la gesse se cultive en rotation l'orge ou parfois un légume sec, tel que pois ou pois chiche, semé en avril et après en juillet.
Multiplication et plantation : La gesse se multiplie par graines. Le poids de 1000 graines est de 30–300 g. En Ethiopie, le lit de semis n'a pas besoin d'être fin. On sème les graines à la volée ou en sillons après les avoir éventuellement fait tremper dans l'eau pendant une nuit. Des densités de 200 000–250 000 plantes/ha sont courantes. En Ethiopie, la gesse est généralement semée en septembre–novembre et recueillie en janvier–avril.
Rendements : Le rendement moyen en graines de gesse est de 350–700 kg/ha ; en Ethiopie, il avoisine les 700 kg/ha. Lors d'essais menés récemment dans différents pays, on a obtenu des niveaux de rendements de 1500 à 3000 kg/ha.
Toxicité : La gesse contient un neurotoxique, le **βODAP**, acide aminé β-N-oxalyle-L-alpha β-diaminopropionique qui provoque une paralysie douloureuse et irréversible des jambes accompagnée de tremblements, d'incontinence, le lathyrisme, évoquant la sclérose en plaques, en cas de forte consommation (plus de 30 % de l'alimentation).
Depuis les années 2000, diverses recherches sont conduites pour améliorer la gesse et en réduire le niveau de βODAP, et *pour comprendre le mécanisme d'adaptation à la sécheresse de la gesse*. Une publication parue dans Russian Journal of Genetics 48, numéro 2 (2012) laisse penser que des mutants homogènes sont sur le point d'être sélectionnés, les ressources du génie génétique devraient permettre d'aboutir rapidement, les facteurs affectant le contenu en β-ODAP ont été décrits en 2011 par des universitaires chinois[126], le principal est le stress hydrique[127].
La gesse cultivée est maintenant considérée comme une *plante d'avenir, elle peut être produite dans des conditions climatiques moins exigeantes que les céréales*. Des essais sont réalisés pour incorporer la farine de gesse dans le pain.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Lathyrus_sativus, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Lathyrus_sativus,
c) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Lathyrus+sativus+L.


Fleurs


Gousses



Graines

[126] *Factors affecting β-ODAP content in Lathyrus sativus and their possible physiological mechanisms [archive]*, C.-J. Jiaoa, b, J.-L. Jianga, L.-M. Kea, W. Chenga, F.-M. Lia, Z.-X. Lia, C.-Y. Wanga,
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691510003303
[127] Les espèces sauvages apparentées aux plantes cultivées sont une source importante de matériel génétique, qui peut être exploité pour améliorer les cultivars. L'ICARDA évalue actuellement des espèces sauvages apparentées aux cultures pour explorer les gènes avec peu ou pas d'ODAP et résistants/tolérants aux stress biotiques/abiotiques et les transférer à la gesse cultivée.



Champ de gesse à maturité.



Fleurs

18.8 Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

C'est une espèce de plantes herbacées annuelles, de 1 à 2 m de haut, de la famille des *Amaranthaceae* (selon la classification phylogénétique) ou de celle des *Chenopodiaceae* (dans la classification de Cronquist). C'est une pseudocéréale, botaniquement apparentée à l'amarante, plutôt qu'une véritable céréale, n'étant pas une graminée.
Cette plante traditionnelle est cultivée depuis plus de 5 000 ans, sur les hauts plateaux andins d'Amérique du Sud, pour alimenter le bétail et pour la consommation humaine. La teneur en saponine de l'enveloppe de ses graines les rende amères. Sa farine qui en est tirée n'est pas panifiable en raison de l'absence de gluten.
Sa culture s'est répandue dans plus de 70 pays, dont le Kenya, l'Inde, les États-Unis et plusieurs pays européens.
Description : Les feuilles sont larges, lobées, généralement poudreuses, poilues, normalement disposées en alternance. Les feuilles du bas sont grandes jusqu'à 15 cm sur 12 cm, et de forme rhomboïdale ou triangulaire, celles du haut sont petites, d'environ 10 mm sur 2 mm, lancéolées ou triangulaires. La couleur des feuilles varie, en fonction des variétés, en général vertes, lorsqu'elles sont jeunes, puis virant au jaune, rouge ou violet. L'inflorescence est une panicule, une grappe de grappes, d'une longueur de 30 à 80 cm. La fleur peut être hermaphrodite ou unisexuée femelle. La pollinisation se fait par autofécondation, bien que des pollinisations croisées peuvent se survenir. Le fruit est un akène, comportant trois couches : périgone (un tépale de fleur), péricarpe (l'organe végétal contenant une ou plusieurs graines) et épisperme (le tégument qui recouvre la graine).
Le périgone, vert, rouge ou pourpre, se détache en général facilement à maturation, par lavage ou par frottement à l'état sec. Le péricarpe du fruit, lui aussi de couleur variable (translucide, blanc sale, jaune, rose, rouge etc.), adhère à la graine et est éliminé par décorticage abrasif avant la consommation. L'épisperme entoure la graine en formant une membrane très mince. L'embryon, constitué de deux cotylédons[128] et de la radicule (forme embryonnaire de la racine), est à la périphérie de la graine. Les graines, très petites, mesurent environ 2 mm (1 ⁄ 16° de pouce), de diamètre, et sont de différentes couleurs _ du blanc au rouge ou au noir, selon le cultivar.
Culture : Exigences climatiques : La croissance de la plante est très variable, en raison du nombre de différentes sous-espèces, variétés et variétés locales (plantes sauvages ou espèces cultivées, adaptées au milieu dont ils sont originaires). Cependant, elle est généralement peu exigeante et résistante à l'altitude; elle est cultivée dans les régions côtières, jusqu'à plus de 4 000 m (13 000 pi) dans les Andes, près de l'équateur, la plupart des cultivars étant cultivés entre 2 500 m (8 200 pi) et 4 000 m (13 000 pi). Selon la variété, les conditions de croissance optimales sont dans les climats frais, avec des températures variant entre -4 °C (25 °F), pendant la nuit, à près de 35 °C (95 °F), pendant la journée. Certains cultivars peuvent supporter des températures plus basses sans dommage. Les gelées légères n'affectent normalement pas les plantes à aucun stade de développement, sauf pendant la floraison. Les gelées estivales pendant la floraison, fréquentes dans les Andes, entraînent la stérilisation du pollen. Les besoins en précipitations sont très variables entre les différents cultivars et la saison de croissance. La croissance est optimale avec des précipitations bien réparties, au début de la croissance, puis une absence de pluie pendant la maturation des graines et la récolte.
Récolte : Traditionnellement, le grain de quinoa est récolté à la main, et rarement à la machine, car l'extrême variabilité de la période de maturité, de la plupart des cultivars de quinoa, complique la mécanisation. La récolte doit être chronométrée, avec précision, pour éviter les pertes élevées de graines, dues à l'éclatement, et que différentes panicules sur la même plante mûrissent à des moments différents. Le rendement des cultures dans la région andine (souvent autour de 3 t/ha jusqu'à 5 t/ha) est comparable aux rendements du blé. Aux États-Unis, les variétés ont été sélectionnées pour l'uniformité de la maturité et sont récoltées mécaniquement à l'aide de moissonneuses-batteuses conventionnelles à petits grains.

[128] ***Cotylédon*** : Feuille ou lobe qui naît sur l'axe de l'embryon d'une plante (réserve nutritive).

Traitement des graines : Les plantes sont laissées au repos, jusqu'à ce que les tiges et les graines soient sèches et que le grain ait atteint une teneur en humidité inférieure à 10 %. La manipulation implique le battage, pour séparer les têtes de graines (panicules) de la paille, et le vannage de la graine pour enlever son enveloppe. Avant le stockage, les graines doivent être séchées afin d'éviter la germination. Les graines sèches peuvent être stockées crues jusqu'à ce qu'elles soient lavées ou traitées mécaniquement pour éliminer le péricarpe (l'enveloppe) afin d'éliminer la couche amère contenant des saponines. Les graines doivent être à nouveau séchées avant d'être stockées et vendues en magasin.
Types de sol : Le quinoa a attiré l'attention pour son adaptabilité à des environnements contrastés, tels que les sols salins, les sols pauvres en nutriments et les agroécosystèmes marginaux stressés par la sécheresse. Les rendements sont maximisés lorsque 170-200 kg/ha (150-180 lb/acre) d' azote sont disponibles. L'ajout de phosphore n'améliore pas le rendement.
Ravageurs : Dans l'est de l'Amérique du Nord, il est sensible à une mineuse des feuilles qui peut réduire fortement le rendement de la culture. La mineuse affecte également le quinoa et le parent proche *Chenopodium album*, mais *C. album* est beaucoup plus résistant.
Semis : Les plants de quinoa poussent mieux dans des sols sablonneux et bien drainés avec une faible teneur en éléments nutritifs, une salinité modérée et un pH du sol de 6 à 8,5. Le lit de semence doit être bien préparé et drainé pour éviter les sols gorgées d'eau.
Résistance au sel : Des études ont suggéré que la réduction de la densité des stomates (des feuilles)[129] en réaction aux niveaux de salinité représente un instrument de défense essentiel pour optimiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les conditions données auxquelles elle peut être exposée.
Recherches génétiques : Grâce à la reproduction sélective traditionnelle et, potentiellement, au génie génétique, la plante est modifiée pour avoir un rendement plus élevé, une meilleure tolérance à la chaleur, au stress biotique et une plus grande douceur, grâce à l'inhibition de la saponine.
Saponines et acide oxalique : Dans leur état naturel, les graines ont un enrobage, contenant des saponines au goût amer, ce qui les rend désagréables au goût. La plupart du grain vendu commercialement a été traité pour enlever ce revêtement. Cette amertume a des effets bénéfiques pendant la culture, car elle dissuade les oiseaux et, par conséquent, la plante nécessite une protection minimale.
Bien que l'abaissement de la teneur en saponine, par le biais d'une reproduction sélective pour produire des variétés plus sucrées et plus agréables au goût, soit compliquée par une pollinisation croisée ≈ 10 %, c'est un objectif majeur du programmes de sélection des quinoas, qui peuvent inclure le génie génétique.
En Amérique du Sud, ces saponines ont de nombreuses utilisations, notamment comme détergent pour les vêtements et le lavage, et comme antiseptique, en médecine populaire, pour les lésions cutanées.
De plus, les feuilles et les tiges de toutes les espèces du genre *Chenopodium* et des genres apparentés de la famille des *Amaranthaceae* contiennent des niveaux élevés d'acide oxalique. Les risques associés au quinoa sont minimes, à condition que ces parties soient correctement préparées et que les feuilles ne soient pas consommées en excès.
Plante clé : Selon l'ONU, en 2013, le quinoa pourrait jouer dans la sécurité alimentaire, la nutrition et l'éradication de la pauvreté, allant dans le sens de la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement. Mais certains commentateurs universitaires ont souligné que la production de quinoa pouvait avoir des inconvénients écologiques et sociaux dans ses régions d'origine, et que ces problèmes devaient être d'abord résolus.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Quinoa, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Quinoa

[129] Et l'accumulation d'osmolytes organiques, assurant un ajustement osmotique.



Quinoa, feuilles triangulaires, lobées



Plant de quinoa avant la floraison.





Champ de *Quinoa* près de Cachilaya, Lac Titicaca, Bolivie.



Un plant de quinoa en graines.



Champ de quinoa à Cusco (Pérou).



Champ-école d'agriculteurs sur l'agriculture et la production de quinoa, près de Puno, Pérou.



Inflorescence.



Labourage d'un champ en préparation d'un semis de quinoa. Cette pratique peut conduire à une dégradation du sol, comme le montre la maigre performance de la culture à gauche (Chacala, Uyuni).



Récolte en Équateur



Gerbes de quinoa mises à sécher, près du lac Titicaca.



Battage du quinoa au Pérou.



Vente de quinoa real, Altiplano sud.



Vendeuse de quinoa au marché de Calca, Pérou.



Quinoa rouge, cuit.



Graines de quinoa



Graine de quinoa.



Enveloppe de la graine de quinoa noir



Fleur de quinoa



Intérieur d'une fleur de quinoa.



Taille du quinoa en millimètres

18.9 Aloès commun (*Aloe vera*)

(Famille des *Aloeaceae*, genre *Aloe*).



U $$



C'est une espèce d'aloès, cultivée de longue date en région méditerranéenne, Afrique du Nord, aux îles Canaries et au Cap-Vert. Utilisé depuis l'Antiquité, l'*Aloe vera* a été adopté dans les médecines traditionnelles de nombreuses régions chaudes du monde, d'Europe, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord d'abord, puis d'Inde, de Chine et d'Asie essentiellement après le Xe siècle et d'Amérique après le XVIIe siècle. Cette plante xérophile, croissant en région sèche sur des sols arides, s'est naturalisée dans de nombreuses régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes.
Description : L'*Aloe vera* est une plante succulente, aux feuilles persistantes, aux racines peu profondes, poussant en touffes et même en colonies, en raison de son aptitude à produire des drageons. La tige à base ligneuse, est courte (au plus 50 cm de haut) et porte à l'extrémité des feuilles alternes, enchâssées les unes dans les autres, distiques (particulièrement pour les jeunes plants) puis en vieillissant en rosette.

La feuille succulente et sessile est érigée, vert pâle à glauque (parfois tachetée de blanc), de forme linéaire-lancéolée, se rétrécissant régulièrement de la base à l'apex, relativement longue (jusqu'à 10 × 80 cm, mais plus courte en Asie). L'inflorescence terminale est une grappe cylindrique, érigée, en général non ramifiée, de 100–150 cm de haut.
Utilisations : *Aloe vera* est largement cultivé comme plante ornementale et plante médicinale. Actuellement, le gel d'aloès entre principalement dans la composition de cosmétiques ou de boissons.
Utilisation culinaire : Sa pulpe est comestible et être utilisée entre autres dans les yaourts, les desserts et les boissons.
Usages médicinaux, dermatologiques et cosmétiques : Il est cultivé pour l'action calmante du suc de ses feuilles coupées appliqué sur les brûlures. Cicatrisation : plusieurs études ont montré que le gel frais obtenu à partir de la partie centrale de la feuille diminue le processus inflammatoire et accélère la cicatrisation.
Le suc d'aloès, par les propriétés laxative de aloïne, est indiqué pour le traitement symptomatique de la constipation. Il entre dans la composition de nombreux cosmétiques et produits d'hygiène ou pharmaceutiques.
Toxicité : La présence de *dérivés hydroxyanthracéniques*, potentiellement cancérigènes et la dangerosité du latex de la plante ont été soulignés par l'Agence européenne de sécurité des aliments (AESA)[130]. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS classe l'*Aloe Vera* parmi les substances possiblement cancérigènes, dans la catégorie 2B, quand elle est consommée sous forme d'extrait de feuilles entières. La consommation excessive de la feuille complète d'*Aloe* peut causer des symptômes de toxicité dus à l'aloïne. Il faut s'assurer que l'*Aloe vera* consommé ne soit que la pulpe (sous forme de jus ou de gel), avec une proportion très minime d'aloïne. Seul le gel mucilagineux (issu du cœur de la feuille) est véritablement bon à être consommé.
Culture : Peu exigeante en eau, elle est facilement cultivable. L'espèce a besoin d'un terreau sablonneux bien drainé et de conditions lumineuses et ensoleillées. Il lui faut une température supérieure à 17°C. Elle supporte mal le gel.
Soins : Durant sa croissance, il faut l'arroser parcimonieusement tous les 10 à 15 jours.
Maladie : Les cochenilles (amas farineux ou caparaçonnés) apparaissent parfois sur les feuilles.
Multiplication : Bouturer les feuilles ou de jeunes rosettes latérales en les laissant sécher auparavant plusieurs jours. Placer dans un mélange très sableux (sable grossier) et placer à la lumière.
Aspects économiques : Selon le producteur US Farms, qui cultive plus de 250 000 plants d'A. vera au Canada, le marché américain des produits à l'*A. vera* représenterait 34 milliards de dollars, en 2008[131]. Les principaux pays producteurs de gel sont le Mexique, la République dominicaine et le Venezuela. L'Asie (Chine, Thaïlande) et l'Australie fabriquent l'essentiel du reste des produits commercialisés dans le monde.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Aloe_vera, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Aloe_vera,
c) *Ethiopie : De l'aloe vera pour l'autonomie des femmes [le trésor des femmes éleveuses]*, 12/08/2021, https://sossahel.org/ethiopie-de-laloe-vera-pour-lautonomie-des-femmes/
d) *Fiche de culture : l'aloès commun (Aloe vera),* https://www.rustica.fr/plantes-vertes/aloes-commun-aloe-vera,5114.html
e) *Risques liés à la consommation de feuilles fraîches d'Aloe vera*, Ministère des Solidarités et de la Santé, https://solidarites-sante.gouv.fr/actualites/presse/communiques-de-presse/article/risques-lies-a-la-consommation-de-feuilles-fraiches-d-aloe-vera

[130] La DGCCRF et la DGS recommandent d'éliminer la partie externe et toute présence de latex des feuilles d'Aloe vera pour ne consommer que le gel situé au centre de la feuille (cf. schéma ci-dessous). Par précaution, la DGCCRF et la DGS recommandent également d'éviter la consommation de feuilles fraiches d'Aloe vera, y compris du gel, par les enfants, les femmes enceintes et allaitantes et les personnes fragiles. En effet, la *partie externe de la feuille* d'*Aloe vera* secrète un liquide de couleur jaune (appelé latex) riche en dérivés *hydroxyanthracéniques*, des molécules qui ont un effet laxatif très puissant et qui sont à l'origine de multiples effets indésirables largement documentés. Cf. *documentation du Ministère des Solidarités et de la Santé*.
[131] *L'aloe vera, du gel douche au yaourt*, Céline Deluzarche, 27/08/08, https://www.journaldunet.com/economie/agroalimentaire/1011273-les-plantes-qui-font-vendre-a-coup-sur/1011277-l-aloe-vera-du-gel-douche-au-yaourt

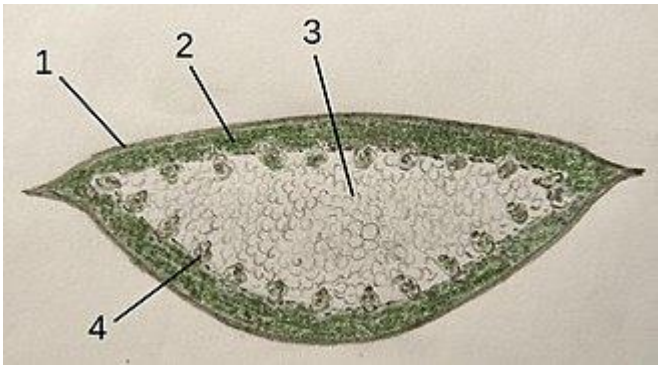


Schéma de la feuille : 1 cuticule, 2 parenchyme chloroplastique, 3 tissu interne, 4 faisceaux vasculaires


Culture villageoise d'Aloe vera (Ethiopie) (SOS Sahel).


Plante avec incrustation de la fleur


Formes tachetées, également appelées *Aloe vera* var. *chinensis.*


Fleur


Feuille et gel intérieur.


Jus réalisé à partir du gel.


Feuille coupée.

19 Plantes fourragères pouvant supporter une certaine dose de sel

19.1 Mélilot blanc (*Melilotus albus* ou *Melilotus alba*)

(Famille des *Fabaceae* ou *Fabacées*).



↗↗

F





Plante herbacée assez haute aux fleurs blanches, originaire d'Europe et d'Asie. C'est une excellente plante mellifère, atteignant 2 m de hauteur.
Il a été utilisé en phytothérapie. Il contient du dicoumarol, un anticoagulant. Il a également une forte teneur en sucre. Il a été introduit en Amérique du Nord au 17e siècle, comme plante fourragère pour les bovins et est maintenant répandu à travers le Canada et les États-Unis, *où il est devenu envahissant, en particulier dans les zones riveraines, et*

peut supplanter les espèces de plantes indigènes. Aux USA, les mélilots font partie d'une communauté d'espèces exotiques envahissantes.
Il est favorisé pour la production de miel et pour sa capacité à fixer l'azote dans la préparation des sols agricoles.
Il produit des quantités abondantes de graines qui flottent facilement et se dispersent dans l'eau.
Un cultivar mélilot annuel *(Melilotus albus* Medik.) nommé "Jota" a été mis au point en Australie. Il est destiné aux sols neutres à alcalins où il peut être utilisé comme un légume d'accompagnement pour le blé ou comme *fourrage* pour les moutons. *La zone cible doit être des sols salins* qui reçoivent plus de 500 mm de précipitations annuelles et ont un pH de 6 ou plus.
M. officinalis est apparemment *plus tolérant au sel* que *M. alba*, bien que les deux peuvent pousser sur des sols très alcalins.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9lilot_blanc, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Melilotus_albus
c) "*Jota" annual sweet clover* (*Melilotus albus* Medik.): *a new salt tolerant legume for the high rainfall zone of southern Australia*, Pedro Evans & AN Thompson, 2006,
http://www.regional.org.au/au/asa/2006/poster/soil/4423_evansp.htm,
d) http://wiki.bugwood.org/Melilotus_officinalis




Mélilot blanc, aspect général.

19.2 Mélilot jaune (*Melilotus indicus*)

(Famille des *Fabaceae* ou *Fabacées*).





↗
F

Plante herbacée assez haute aux fleurs jaunes, originaire d'Europe et d'Asie.
Le mélilot jaune est une plante annuelle ou bisannuelle de 10 à 50 centimètres de hauteur (rarement un mètre), avec des fleurs jaunes. On le trouve dans les jardins, les bords de routes, les champs, les lieux incultes, les lieux perturbés, les marais salants côtiers, les zones humides d'eau douce, les habitats riverains et les champs cultivés.
Il a une aire de répartition naturelle large, allant de la Macaronésie et le nord de l'Afrique , à travers l'Europe, et en Asie tempérée et tropicale. Elle est naturalisée dans la plupart du reste du monde, y compris le Royaume-Uni, le Etats-Unis, Amérique du Sud, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.
Il est utilisé comme une source de nectar pour les abeilles, comme fourrage, et comme amendement de sol. Il est également utilisé dans la médecine traditionnelle. Il est toxique pour certains mammifères (chiens …). Les feuilles séchées peuvent être toxiques, bien que les feuilles fraîches soient tout à fait sûres. Cela est dû à la présence de coumarine.
En tant qu'adventice, il a un potentiel contaminant dans les cultures de semences.

Melilotus indicus (L.) All., ou mélilot jaune, qui se reproduit comme une mauvaise herbe dans les différents habitats en Égypte, *pousse dans les zones modérément salines*, où les légumineuses fourragères traditionnelles ne peuvent pas être cultivées.
Des cultivars à faible teneur en *coumarine* ont été développés et sont souvent cultivées comme plante fourragère.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Melilotus_indicus,
b) https://www.kau.edu.sa/Files/857/Researches/58292_28460.pdf
c) http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Melilotus+indicus
d) http://www.feedipedia.org/node/273







19.3 Luzerne cultivée résistante au sel (*Medicago sativa* var *Tafilalet* et autres cultivars)

La **luzerne cultivée** ou **alfalfa** ou **alfa-alfa**, aussi appelée « grand trèfle » ou « foin de Bourgogne », est une plante herbacée fourragère de la famille des fabacées, riche en vitamines et en sels minéraux et utilisée en diététique.
Cette vivace par ses tiges souterraines ramifiées, de 30 à 80 cm de hauteur, originaire de l'ouest de l'Asie (Afghanistan, Iran, Turquie), est très cultivée pour sa richesse en protéines (pour un taux compris habituellement entre 15 et 25%) et ses qualités d'amélioration des sols. Abondamment répandue dans les contrées tempérées, tant à l'état sauvage que cultivée, la luzerne est très utilisée pour l'alimentation du bétail car elle est une véritable source industrielle de protéines et de carotène. Elle préfère les climats de type méditerranéen, mais se présente à l'état subspontané, dans tous les continents, dans les régions tempérées, jusqu'à 2 000 m d'altitude environ. La luzerne nécessite un sol sain, au pH neutre.
L'inoculation des semences avec une bactérie du type *Rhizobium* (par exemple *Rhizobium meliloti*) est recommandée.
La luzerne a des pathogènes ou des prédateurs naturels (autochtones ou importés) peu actifs chez la luzerne sauvage, mais qui en contexte de culture intensive peuvent poser problème : Fonte de semis, *Pythium* ; Verticilliose, jaunisse et nanisme, *Verticillium albo-atrum* ; Dessèchement de plantes isolées, *Sclerotinia trifoliorum* ; Anthracnose de la luzerne, *Colletotrichum trifolii* ; Ascochytose, *Ascochyta pinodella*, taches brunes sur tiges et feuilles. etc.
Des cultivars de luzerne _ Luzerne **CkSltn 15-2, 11-1 BC79, DK166** _ résistent mieux au sel, jusqu'à 4,0 dS m-1 (+).
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Luzerne_cultiv%C3%A9e,
b) Agronomic, physiological, and molecular characterization of salt tolerant alfalfa, W Mott, MD Peel, M. Anower et Y. Wu, http://www.naaic.org/Meetings/National/2012meeting/T6-Mott.pdf (+)
c) Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of Medicago sativa L., Castroluna, A.; Ruiz, O. M.; Quiroga, A. M. y Pedranzani, H. E.,
http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2014/enero/4.pdf



M. sativa sativa: fruit en hélice senestre.



Fleurs violettes.



Champ de Luzerne.





Fleurs blanches et jaunes.



Champ de Luzerne (*Medicago sativa*).

19.4 Vétiver (*Chrysopogon sp.)*

(Famille des *Poaceae* (Graminées)).



$$ U ↗

Vétiver désigne plusieurs espèces du genre *Chrysopogon*. La plante se présente sous forme de grandes touffes vertes, dont la racine, se développant verticalement, peut atteindre des profondeurs allant jusqu'à trois mètres.
La racine de vétiver distillée fournit une essence résineuse très épaisse utilisée en parfumerie.
Les haies de vétiver permettent également aux sols de conserver leur humidité, stabilisent les digues, réhabilitent les terrains vagues et peuvent même empêcher la pollution des ressources naturelles. Très peu cher, résistant à la plupart des maladies, le vétiver peut être planté y compris dans les terrains peu humides, contrairement à ce que l'on croyait auparavant.
Le vétiver permet aussi d'obtenir à peu de frais du chaume et de la paille, et *peut aussi servir d'aliment pour le bétail.* Elle sert de plante médicinale dans le traitement de certaines affections de peau et les fagots, de ses racines, d'insecticide.
Son système racinaire massif et bien structuré atteint une profondeur de 2 à 3mètres au cours de la première année. Ce réseau racinaire massif et épais fixe les sols et les compacte de la manière la plus solide. **Ce réseau de racines très profondes confère également au Vétiver une grande tolérance à la sécheresse** comme cela a été prouvé lors de la pire sécheresse survenue dans la province du Queensland, en Australie, au début des années 90 : la plante n'a pas

seulement survécu mais elle a continué de pousser. En outre, le Vétiver dispose de caractéristiques enviables telles que :

Une tige rigide et droite, pouvant résister à des niveaux d'eaux courantes (de 0,60 à 0,80 m).

Constituer des haies très denses; lorsque les plants sont rapprochés, réduisant ainsi la vitesse des eaux de ruissellement et constituant des filtres très efficaces.

De nouvelles pousses émergent de la base, résistant ainsi aux piétinements et à la pression du broutage.

De nouvelles racines se développent à partir de modules contenus dans les terres arables piégées. Le Vétiver continue de pousser sur les nouveaux niveaux du sol, formant éventuellement des terrasses, si la terre arable piégée n'est pas enlevée.

Une tolérance à des variations climatiques extrêmes, des périodes prolongées de sécheresse, d'inondation, de submersion et des températures extrêmes allant de –10°c à 48°c (en Australie) et même plus élevées en Chine, en Inde et en Afrique.

Une capacité à repousser très rapidement après avoir été affecté par la sécheresse, le gel, la **salinité** et autres conditions défavorables des sols et ce, dès que cessent ces effets défavorables. C'est une plante pionnière pour les terres à problèmes.

Une gamme étalée de pH du sol (de 3.0 à 10.5).

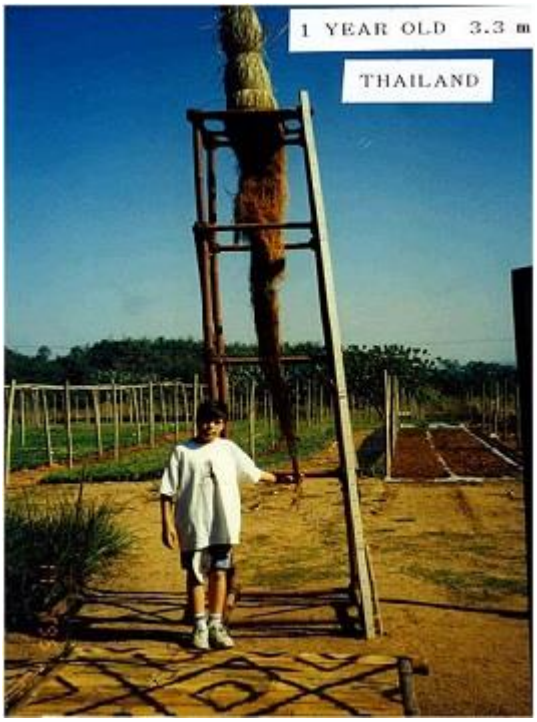
Un niveau de tolérance élevé à la salinité des sols et à leur teneur en sodium et acide sulfurique.

Par contre, il ne supporte pas l'ombre et le manque de lumière. L'ombrage réduit sa croissance.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9tiver, a) Protection des infrastructures par le vétiver, Paul Truong, Traduction par DynaEntreprises (Dakar), http://www.vetiver.com/TVN_infra_fr.pdf, b) manuel technique application du système vétiver, http://www.vetiver.org/TVN_French%20manual%20v1opt.pdf



Racines denses et profondes (2 mètres) d'un vétiver de 13 mois.



Racines d'un an : 3,3 m



Coupe verticale sur un remblai montrant une croissance racinaire de 3,6m pour un vétiver de 8 mois.





Projet de haies de vétivers anti-érosion, au Sénégal[132].

Pour lutter contre l'érosion, mieux vaut utiliser le vétiver que le figuier de barbarie :



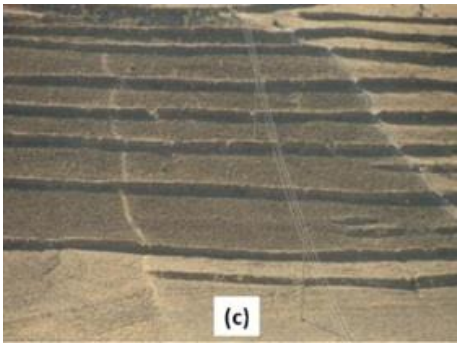
↑ Cette photo, montrant des cactus [des figuiers de barbarie, semble-t-il] plantés dans le cadre d'un projet de la FAO en Tunisie, a été prise en 1970 pour illustrer les mesures de lutte contre l'érosion. Actuellement, la FAO conduit un programme destiné à restaurer 12 000 hectares de terres dégradées, à l'aide de techniques similaires[133].





[132] Source : Pépinière Naac Baal, http://vetiversenegal.blogspot.fr/2010/11/des-projets-recents-du-vetiver-au.html

[133] Cf. Source: http://www.fao.org/docrep/007/y5378f/y5378f03.htm



Observation :
Or à cause du caractère invasif des figuiers de barbarie, il aurait mieux valu planter du « vétiver noir » (*Chrysopogon nigritanus*) (voir pages suivantes sur cette espèce de vétiver, résistant à la sécheresse). A moins que la zones de plantation soit très aride et sèche, avec des périodes de sécheresse longues de 6 à 10 mois et des précipitations de 100 mm-300 mm.

19.5 Vétiver (*Chrysopogon zizanioides*)

Elle mesure de 1 à 2,5 mètres de haut. Elle est originaire d'Asie. Elle est naturalisée dans d'autres régions (sub-)tropicales, notamment aux États-Unis. Elle est notamment cultivée en Inde et dans l'île de la Réunion.
Cette espèce est utilisée pour lutter contre l'érosion du sol et n'est en aucun cas invasive. On extrait de la racine de cette plante par distillation à la vapeur une huile essentielle aromatique à l'odeur forte et tenace utilisée en parfumerie ou savonnerie. Elle est d'ailleurs parfois qualifiée de « faux-patchouli ». Elle sert de note de fond aux parfums ou à préserver les vêtements de laine ou de fourrure des attaques des insectes. Cette espèce est la principale espèce de vétivers.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Chrysopogon_zizanioides,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysopogon_zizanioides,
c) Le vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) une méthode de conservation des sols,
http ://www.vetiver.com/TVN_GreenFrench.pdf



19.6 Vétiver (*Chrysopogon nigritanus*)

(Famille des *Poaceae* (Graminées)).



$$ U ↗

Le **vetiver noir,** est une espèce d'herbe vivace (de la famille Poaceae). Plus précisément, *Vetiveria nigritana* est un type d'herbe très dense et de grande taille, profondément enracinée dans le sol et est généralement utilisé pour protéger les cultures et empêcher l'érosion des sols [1]. *Vetiveria nigritana* est également une espèce indigène à l'Afrique et est le plus souvent observée au Nigeria , Afrique du Nord , Afrique de l'Est et les régions tropicales de l'Afrique du Sud.

En outre, la plante, comme d'autres vétivers, a été utilisé dans ces régions en raison de son **extrême tolérance à la sécheresse**, sa capacité à croître dans le sol infertile et le fait qu'il peut vivre sous la submersion complète. En fait, *Vetiveria nigritana* peut prospérer dans un très large éventail de conditions environnementales et climatiques.
Vetiveria nigritana est une plante très bénéfique dans l'agriculture de subsistance, en particulier en Afrique, en raison de sa capacité à préserver les sols et à réduire le ruissellement de l'eau, finalement en corrélation avec des rendements plus élevés. En outre, la plante est également bénéfique dans la protection des récoltes stockées et les plantes, parce que la plante peut être utilisé comme un répulsif ou un moyen de détruire les larves de parasites avant qu'ils aient la capacité d'influer sur le stock d'un agriculteur. *Vetiveria nigritana* a également diverses applications médicales rentables pour les agriculteurs de subsistance et peut être utilisé comme *alimentation pour maintenir l'élevage* en l'absence d'autres aliments les plus courants.
Source : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysopogon_nigritanus





19.7 Vétiver (*Chrysopogon nemoralis*)

Cette espèce de vétiver indigène est très répandue dans les montagnes de la Thaïlande, du Laos et du Vietnam et le plus probable au Cambodge et au Myanmar ainsi. Il est largement utilisé en Thaïlande pour faire de la chaume. Cette espèce n'est pas stérile, les principales différences entre *C.nemoralis* et *C. zizanioides*, sont que cette dernière est beaucoup plus grande et plus dense et possède des tiges raides. *C. zizanioides* a un système racinaire beaucoup plus épais et plus profond et ses feuilles sont plus larges et a une superficie vert clair le long du milieu des côtes, comme indiqué sur les photos.
Source : a) http://www.vetiver.org/TVN-Handbook%20series/TVN-series1-1-vetiver%20plant.htm



Différence entre les *racines de C. zizanioides* (supérieure) et *C. nemoralis* (en bas).





C. nemoralis à Quang Ngai (Vietnam).



Feuilles de vétiver, graines.



Feuilles de vétiver : *C nemoralis* (en haut), *C. zizanioides* (en bas)

19.8 Panic érigé (*Panicum virgatum*)

(Famille des *Poaceae*).



↗

(F)



C'est une céréale sauvage, une plante vivace rhizomateuse, autrefois très répandue aux États-Unis, présente sur tout le territoire (sauf sur la frange littorale du Pacifique) (famille des *Poaceae*). Herbacée consommée par les bisons nord-américains.
Elle est très rustique, adaptée à de nombreux sols (sableux, graviers …) et climats (ubiquiste),
Le Gouvernement des États-Unis la considère depuis 2006 comme une source potentielle d'agrocarburant, plus respectueuse de l'environnement que d'autres, et qui pourraient réduire la dépendance des États-Unis à l'égard du pétrole. Parce que très efficace pour produire de grandes quantité de cellulose, cette *poacée* pourrait constituer une source alternative de pâte à papier ou selon plusieurs études récentes publiée en 2008 une source intéressante d'agrocarburants; grâce à un bilan écologique et énergétique bien meilleur que celui du maïs selon Hen Vogel et ses associés (il produit 540% d'énergie par rapport à l'énergie fournie pour le produire), en tant que source d'éthanol cellulosique. Elle offre un abris et favorise le développement du gibier.
Son système racinaire très développé, sa hauteur et sa croissance tardive lui permettent de bien protéger les sols contre l'érosion par le vent et l'eau tout en conservant un bon ensoleillement pour d'autres espèces plus printanières.
Habitats : prairies sauvage, le long des chemins ruraux et pâturages. Ses touffes atteignent 1.8 à 2.2 m de haut.
Elle résiste à la sécheresse et aux hautes températures. Multiplication : graines (elle s'auto-ensemence).
Cette plante est considérée comme un puits de carbone et réputée capable de "pomper" une partie des métaux lourds du sol. *Certaines variétés de cette plante sont résistantes au sel (mais pas toutes).*
Tolérance au sel modérée (tous les cultivars), limite supérieur des pH 7,5[134].
Le panic érigé est une adventice parfois utilisée comme plantes fourragères de moyenne qualité ou comme plante ornementale.

Elle peut provoquer photosensibilité et des dommages au foie, chez les chevaux, les moutons et les chèvres.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Panicum_virgatum, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Panicum_virgatum,
c) Evaluation of Salinity Tolerance and Genetic Diversity of Thirty-Three Switchgrass (Panicum virgatum) Populations, BioEnergy Research, May 2014. d) Relative Salt Tolerance of Switchgrass (Panicum Virgatum), www.etaflorence.it/proceedings/?detail=6773

[134] Source : *Salt-affected areas*, http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs141p2_018280.pdf









Système racinaire de panic cultivé au Land Institute.

Le système racinaire très dense de *P. virgatum* contribue à fixer le sol et à y améliorer les interactions sol-racines-microbes ainsi que la circulation verticale de l'eau et son épuration. Cette plante a pour cela été expérimentalement réintroduite, avec succès dans certaines zones-tampon à vocation d'épuration des eaux et des sols en milieu agricole aux États-Unis.



Panicum virgatum peut atteindre une taille importante.

19.9 Panic amer (*Panicum amarum*)

(Famille des *Poaceae*).





↗

U

Originaire d'Amérique du Nord (régions côtières le long de la côte Est et la côte du Golfe des Etats-Unis et dans le nord-est du Mexique, Bahamas et à Cuba), cette plante vivace à rhizome, a des tiges jusqu'à 2,5 mètres de haut et est couramment utilisé pour dune projets de stabilisation. Elle est utilisé pour prévenir l'érosion.
Les racines poussent à six pieds de profondeur.
La variété *Panicum amarum* 'Dewey Blue' est *tolérante à la sécheresse et au sel***.**
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Panicum_amarum, b) http://www.bluestem.ca/panicum.htm





19.10 Canne de Provence (*Arundo donax*)

C'est une espèce de plante herbacée de la famille des *Poaceae*, graminée à rhizome caractéristique des lieux humides des régions méditerranéennes. Elle a de grandes feuilles effilées, retombantes, glauques, et des panicules terminales d'épillets de couleur vert pâle à violacé. Elle ressemble à un roseau ou à un bambou, avec ses tiges creuses de 2 à 3 cm de diamètre, notamment avant l'apparition des épillets. Sa hauteur varie de 1 m à 8 m selon les variétés et les conditions de culture . Avec l'hiver elle prend un aspect desséché.
Même si elle supporte très bien la sécheresse une fois installée, la canne de Provence se cultive idéalement sur terrains humides et bien drainés. Elle peut avoir tendance à devenir invasive si les conditions sont adaptées. Elle se multiplie par prélèvement de rhizomes au printemps ou par bouturage dans l'eau. rundo donax est assez rustique une fois installée (jusqu'à -10 °C pour les chaumes et -15°C pour les rhizomes) et est peu sensible aux parasites ou maladies. Elle se plaît en situation abritée et bien ensoleillée, avec un sol humide et plutôt sablonneux, mais bien drainé l'hiver. *Elle supporte la salinité des sols*.

Sur le plan industriel, la canne de Provence est l'une des cultures les plus prometteuses pour la production de bioénergie sous climat méditerranéen où elle est déjà adaptée à l'environnement, donne des rendements importants et durables, et résiste à des périodes de sécheresse. Plusieurs études sur le terrain ont mis en évidence ses faibles besoins en travail du sol, engrais et pesticides. Elle a l'avantage de ne pas rivaliser avec les cultures alimentaires car ses faibles besoins lui permettent de pousser là ou aucune culture alimentaire ne serait envisageable. En outre, Arundo donax offre une protection contre l'érosion des sols, l'un des processus les plus importants de dégradation des terres dans le bassin Méditerranéen. A. donax a un potentiel impressionnant pour plusieurs processus de conversion en matières premières bioénergétiques. Ce roseau peut aussi alimenter l'industrie de la pâte à papier. Sa chaume était utilisée pour couvrir toitures, ses tiges comme tuteurs, cannes à pêche, pour la fabrication de toutes les anches de tous les instruments à vent (à anche), pour le palissage, le treillages à faire des paniers et des claies ou panneaux utilisées comme panneaux décoratifs et pare-soleil. Jeune, il peut servir de fourrage, de faible appétence.
Sources : a) http://nature.jardin.free.fr/vivace/mc_arundo_donax.htm,
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Arundo_donax
c) http ://www.feedipedia.org/node/502











20 Plantes fourragères et pour d'autres usages, pour zones arides

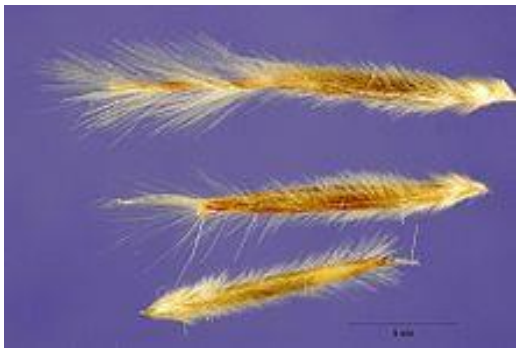
20.1 Alfa (*Stipa tenacissima*)

L'alfa est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des *Poaceae*, originaire de l'ouest du bassin méditerranéen. C'est une plante herbacée vivace qui pousse dans des régions arides et *qui sert notamment à fabriquer des papiers d'impression de qualité*. Par extension, le terme « alfa » ou « alfamousse » désigne aussi le papier fabriqué à partir de cette plante. L'alfa pousse dans des sols secs, rocheux et basiques.
C'est une plante cespiteuse (poussant en touffes) aux tiges dressées de 60 à 150 (voire 200) cm de long. Le limbe foliaire (la feuille), de 30 à 120 cm de long sur 1 à 3 mm de large, est enroulé sur lui-même, pubescent et se termine en pointe dure. L'inflorescence est une panicule contractée de 25 à 35 cm de long.
L'alfa pousse en touffes d'environ un mètre de haut, formant de vastes « nappes » dans les régions d'aridité moyenne. La plante couvre notamment de vastes zones des hauts plateaux algériens. Son aire de répartition s'étend en Afrique du Nord, du Maroc à la Libye, et en Europe du Sud (Espagne (dont les Baléares), Italie, Portugal, France (dont lCorse)), ainsi que dans les îles de Macaronésie (archipels des Açores et de Madère, des îles Canaries, des îles du Cap-Vert).
Utilisations : Les graines germées d'alfa peuvent être consommées par l'homme. Les plus jeunes feuilles d'alfa peuvent être pâturées par les chevaux, les dromadaires, mais la plante est trop riche en lignine pour constituer un fourrage pour les autres herbivores. Cette plante présente également un intérêt écologique pour lutter contre l'érosion dans les régions de steppes arides. L'alfa a été géré par des hommes pendant des siècles.
L'alfa est une plante utilisée pour ses fibres. *On en tire une pâte à papier recherchée*. Les fibres tirées de ses feuilles peuvent, une fois filées, s'employer pour la fabrication de cordages, filets, espadrilles. Au printemps, la feuille est tressée pour confectionner divers objets de sparterie : paniers, nattes, couffins, passoires... Il existe aussi une fabrication de tapis traditionnels en Alpha (Algérie) qui méritent d'être valorisés dans le cadre d'une revitalisation des territoires ruraux. Source : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Alfa, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Stipa_tenacissima





Peuplement d'alfa sur le littoral espagnol à Marina de Cope (Murcie).



Graines

21 Plantes herbacées de survie et de famine de climats secs et régions arides

21.1 "Bec-de-héron velu" (*Erodium crassifolium*)

Cette plante, de la famille des *Géraniacées*, produit des tubercules comestibles, légèrement sucrés, dans le désert. Son aire de répartition naturelle s'étend de l'Afrique du Nord à Israël. Elle n'est pas une succulente.
Dans les déserts d'Arabie et du Sahara, on peut trouver cette très belle plante dont les fleurs s'ouvrent tôt le matin. *Erodium crassifolium*, « décore » les pentes nues des collines pendant quelques heures mais laissera tomber ses pétales avant midi. La floraison a lieu entre janvier et avril, avec un pic de mi-février à mars.
C'est une plante vivace, qui produit de *petits tubercules racinaires*, sur ses racines fibreuses. Cette structure lui permet de croître et de fleurir les années avec suffisamment de pluie, tout en restant sous terre les années sèches.
Les feuilles sont peu nombreuses, souvent poilues et charnues. Les populations les plus au nord ont des feuilles glabres. Les fleurs varient en couleur du rose au violet avec une tache noire frappante au centre, la taille de cette tache variant selon les plantes. Cette tache contraste nettement avec le pollen très orangé.
Les graines portent une arête en forme de plume qui les aide à se disperser par le vent et à la fin de la saison des pluies, on les trouve presque n'importe où sur le sol, entre les rochers et les pierres.
En Israël, c'est une plante commune dans toute la partie sud et aride du pays. L'espèce se trouve généralement sur les pentes pierreuses, les bords de plans d'eau (lacs …) et les plaines.
Les carpelles de ces plantes ressemblent à la tête et au bec d'un héron, d'où le nom de la plante.
Sources : a) *Erodium crassifolium, a Unique Desert Species*, Dr. Ori Fragman-Sapir, Head Scientist, Jerusalem Botanical Garden, Israel, https://www.botanic.co.il/wp-content/uploads/2017/12/Erodium_crassifolium_2009.pdf
b) *Assessment of the Nutritional and Medicinal Potential of Tubers from Hairy Stork's-Bill (Erodium crassifolium L'Hér), a Wild Plant Species Inhabiting Arid Southeast Mediterranean Regions*, Shabtai Cohen, Hinanit Koltai, Gopinath Selvaraj, Moran Mazuz, Moran Segoli, Amnon Bustan and Ofer Guy, 20 August 2020, Plant Biodiversity and Genetic Resources, Volume 9, Issue 9, https://www.mdpi.com/2223-7747/9/9/1069/htm
c) https://flora.org.il/en/plants/EROCRA/, d) http://www.flowersinisrael.com/Erodiumcrassifolium_page.htm



Desert Stork's bill — *Erodium crassifolium*. (Eitan Ferman, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons)



Gros plan sur les fleurs.
© Dr. Ori Fragman-Sapir

Lieu de la prise de vue : partie centrale du désert du Néguev dans le sud d'Israël, à une altitude de 600 m sur le mont Retamim.



Les tubercules. © Flora of Israel.

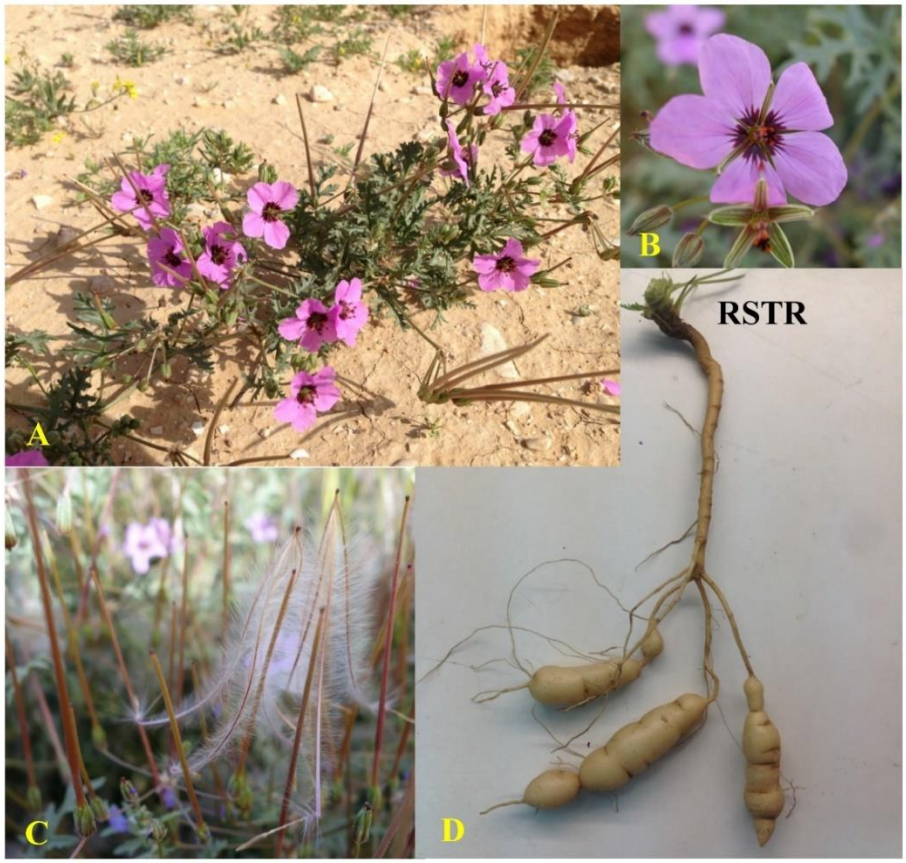


Figure 1. "Bec-de-héron velu" [Hairy stork's-bill] (*E. crassifolium*). (A) Buisson à fleurs et gousses; (B) fleur; (C) graines avec des arêtes velues ressemblant à des plumes; (D) tubercules racinaires, reliés à la région de transition racine-pousse (RSTR), l'organe de la plante vivace.

21.2 Nara, !nara ou melon du désert (*Acanthosicyos horridus*)



Le *nara* est une espèce de melon sauvage (famille des Cucurbitacées) qui pousse dans des régions désertiques de Namibie. L'aire de répartition du nara est limitée à la partie côtière du désert du Namib où il pousse exclusivement dans les dunes de sable, des lits de rivières asséchés la plupart du temps, où de l'eau est disponible sous la surface. La plante se présente sous forme de buisson *épine*ux plus ou moins dense. Seules les jeunes tiges présentent des feuilles, les plus âgées en sont dépourvues. Un pied de nara peut vivre 100 ans et couvrir jusqu'à 1 500 m^2. Sa longue racine pivotante va chercher l'eau dans la nappe phréatique. Si le nara est recouvert par du sable apporté par les vents, il est capable de se dégager et de poursuivre sa croissance. *Ce melon comestible, à l'écorce coriace et épineuse, pèse environ 900 g*. A maturité, il a un goût acidulé délicieux.

Les fruits du nara sont récoltés par les populations locales et notamment les Topnaar, de février à avril et août à septembre. Chez les Topnaars, chaque famille de la basse vallée du Kuiseb à proximité de Walvis Bay possède un certain nombre de sujets qui sont considérés comme propriété privée, ce qui n'est pas le cas de la terre où ils poussent. Une famille n'a le droit de récolter que les plantes qui lui appartiennent. Les besoins écologiques très particuliers de la plante ne permettent pas de la cultiver, mais des recherches en ce sens sont en cours en Namibie. Des scientifiques collaborent avec les Topnaars pour développer de façon durable les populations existantes de nara. Certaines populations tirent une sorte de bière à partir du fruit. D'autres utilisent les racines pour élaborer des médicaments. Les nombreuses graines du fruit peuvent être consommées sèches (un peu comme des noix). On peut aussi en tirer de l'huile. Les fruits du nara sont récoltés par les populations locales et notamment les Topnaar, de février à avril et août à septembre. Les fruits sont également consommés par les hyènes et les chacals. Un insecte de genre cigale, *Diadematus acanthoproctus* se nourrit de la plante, en se déplaçant la nuit entre les différents buissons.

Le melon *nara* peut aider à fixer les dunes. Il est souvent orthographié *!nara*, à cause de la langue à clic locale[135].
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Acanthosicyos_horridus,
b) https://uses.plantnet-project.org/fr/Acanthosicyos_horridus,
c) https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Acanthosicyos+horridus+Welw.+ex+Hook.f.
d) Strategies of *Acanthosicyos horridus* (!nara) to exploit alternative atmospheric moisture sources in the hyper-arid Namib Desert [*Stratégies d'Acanthosicyos horridus* (!nara) pour exploiter d'autres sources d'humidité atmosphérique dans le désert hyper-aride du Namib], M. Gerber, S. Piketh, E. Marais, South African Journal of Botany, Volume 109, March 2017, Pages 335-336, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629917301618?via%3Dihub






Fruit épineux.





Fruits en développement sur une plante femelle.



Fleur mâle, épines et tige. © Plantnet project.


Les fruits mûrs d'*A. horridus* sont récoltés par la communauté locale de Topnaar pour la consommation ou les graines sont vendues et constituent une source de revenus (crédit : Reyk Borner)[136].



[135] Cf. *Langue Khoïkhoï*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Kho%C3%AFkho%C3%AF
[136] Cf. https://www.semanticscholar.org/paper/Strategies-of-Acanthosicyos-horridus-(!nara)-to-in-Gerber-Piketh/e38852092a758dd9bbdfb66c2252c07589eb41e2/figure/13

21.3 Lentille bâtarde, vesce amère ou ers (*Vicia ervilia*)

(Famille des ***Fabaceae*** ou ***Fabacées***).



?

↗ **U**

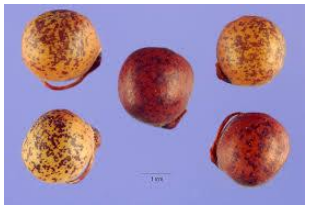
F

L'*ers* ou *vesce amère,* est une légumineuse à graines et plante fourragère, anciennement cultivée, de la région méditerranéenne. Noms : *bitter vetch* (Anglais), *gavdaneh* (persan), *kersannah* (arabe), *yero* (espagnol), *rovi* (grec), et *Burçak* (turc). Elle continue à être cultivée, à cause de sa valeur nutritive pour les ruminants, au Maroc, en Espagne et en Turquie. *La plante est facile à cultiver et à stocker et peut être cultivée sur des sols alcalins très peu profonds ou salins* (jusqu'à 12 grammes de sel /litre d'eau).
Le grain fendu ressemble à une lentille rouge. Pour la consommation humaine l'amertume des graines doit être enlevé par lessivage avec plusieurs changements d'eau bouillante. En raison de cette amertume, il est peu probable que quelqu'un puisse accidentellement confondre cette vesce avec les lentilles rouges. Selon Zohary et Hopf, seuls les humains des classes économiques les plus pauvres consomment cette culture, ou en temps de famine.
Ses grains constitue un excellent aliment concentré pour ovins et les bovins. Il a été tenu en haute estime par les agriculteurs dans le Vieux Monde, depuis le début de l'agriculture, pour améliorer la valeur nutritionnelle des aliments en vrac.
Pline l'Ancien stipule que la vesce amère *(Ervum)* a une valeur médicinale, comme la vesce *(Vicia),* citant les lettres d'Auguste, où l' empereur a écrit qu'il a retrouvé sa santé grâce à un régime à base de vesce amère (NH 18.38).
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Vicia_ervilia









22 Algoculture / culture des algues

22.1 Définition

L'**algoculture** ou **phycoculture** désigne la culture en masse des algues dans un but industriel et commercial. Ce domaine concerne aussi bien les micro-algues (également appelées phytoplancton, microphytes, algues planctoniques) que les macro-algues (que l'on désigne aussi par le terme goémon en français).
Le but de cette activité aquacole est de produire aussi bien des aliments (pour la consommation humaine ou animale), des compléments alimentaires, des produits vétérinaires et pharmaceutiques, des cosmétiques, des matières bioplastiques, des fertilisants ou encore des sources d'énergies renouvelables (algocarburant, biogaz) ou en phytoremédiation. Des usages plus récents portent sur les nanobiotechnologies ou bien le génie génétique.

Selon la FAO, 145 espèces d'algues seraient régulièrement consommées dans le monde. Sauvages ou cultivées, elles sont utilisées directement ou indirectement sous forme de compléments alimentaires ou d'additifs[137].

22.2 Importance de l'algoculture dans le monde

Depuis le développement de l'algoculture et de la mariculture pour beaucoup d'espèces d'intérêt commercial, elle est devenue largement plus importante que la cueillette : 14,8 millions de tonnes produites en 2005 contre 1,3 million de tonnes collectées. La quasi-totalité de ces cultures se fait en Asie. En 2005, les algues brunes sont les macro-algues les plus cultivées (7,8 millions de tonnes), suivies des algues rouges (4,8 millions de tonnes). Les algues vertes ne représentent alors que 13 000 tonnes. L'essentiel de la production se fait en Asie.

Les algues brunes les plus cultivées sont *Saccharina japonica* (4,9 millions de tonnes par an) et *Undaria pinnatifida* (2,7 millions de tonnes par an). Parmi les algues rouges, les plus cultivées sont *Pyropia tenera* (1,39 million de tonnes), *Euchema sp*. (1,38 million de tonnes) et *Gracilaria sp*. (1,03 million de tonnes).
Leur production est écoulée principalement sous forme d'aliments pour les marchés de la Chine et la Corée du Sud et du Japon. Elles sont aussi cultivées pour leurs phycocolloïdes : les carraghénanes extraits de l'algue rouge *Chondrus crispus* servent de gélifiants, de même que l'agar-agar. Les carraghénanes sont utilisés dans diverses applications commerciales comme la formation de gels, agent d'épaississement et de stabilisation, en particulier dans les produits alimentaires tels que desserts glacés, lait chocolaté, *cottage cheese*, crème fouettée, produits instantanés, yaourts, gelées, aliments pour animaux et sauces. Les carraghénanes sont aussi utilisés dans des formulations pharmacologiques, cosmétiques, et dans des applications industrielles comme l'extraction minière.

« *Les carraghénanes générés par les algues rouges Kappaphycus alvarezii représentaient, en 2009, un marché annuel de 527 millions USD avec une production annuelle totale de 50.000 tonnes* »[138].

Elles sont aussi utilisées comme tourteaux pour l'alimentation animale.

Dans cet ouvrage nous n'aborderons que la culture des macro-algues, en eau salée, en pleine mer et en bassin, en culture de masse, dont celles cultivées dans des « champs marins », comme les algues brunes *Laminaria japonica* (4,9 millions de tonnes par an) et *Undaria pinnatifida* (2,7 millions de tonnes par an)[139].

[137] "*Liste d'algues comestibles*" in "*Algue alimentaire*", https://fr.wikipedia.org/wiki/Algue_alimentaire#Liste_d'algues_comestibles
[138] Cf. *Culture d'algues rouges: Des avantages économiques et écologiques*, ibid.
[139] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Algoculture

22.3 L'importance écologique de l'algoculture

« *Outre les retombées économiques, la culture des algues constitue une alternative à la surpêche et présente de grands avantages environnementaux. Les algues aident à désacidifier les eaux océaniques en éliminant le carbone et créent un environnement sain dans lequel les coquillages prospèrent* »[140].

22.4 La culture d'algues et ses techniques

« *A Madagascar, les algues sont cultivées en utilisant la technique "off-bottom" ou "piquets- cordes". Cette technique est la plus communément utilisée de par le monde et reste simple à mettre en place, peu coûteuse et efficace.*

Ces algues ont un mode de reproduction végétatif. Le fermier sélectionne des boutures d'environ 100g qu'il viendra ensuite fixer sur une corde à l'aide d'un système appelé "Made Loop" du nom de son inventeur. Les cordes bouturées sont ensuite tendues entre deux piquets de bois solidement enfoncés dans le sable et positionnées au-dessus du substrat. L'ensemble des cordes bouturées formant des champs de culture bien ordonnés dans l'eau disposés et orientés dans des sites spécifiques propices à l'algoculture. Le cycle de culture varie entre 30 et 45 jours selon la saison et la taille des boutures, période durant laquelle le fermier passe dans ses champs à marée basse, pour effectuer les travaux d'entretien nécessaire au bon développement de ses algues. Le fermier récolte donc les algues matures à marée basse qu'il mettra ensuite à sécher sur des tables, en s'assurant d'en conserver une partie pour le renouvellement de ses cultures. Une partie du travail s'effectue à terre avec le séchage et la mise en sac des algues après contrôle. L'algoculture est véritablement un métier à part entière, rythmé par le cycle des marées.

C'est une activité difficile, soumise aux conditions climatiques qui apportent leur lots de désagréments (cyclones, algues parasites, ice-ice[141] *…) mais c'est une activité qui offre aussi de nombreux avantages et bienfaits pour les fermiers et l'environnement* »[142].

22.5 *Saccharina japonica*

Pour mention : C'est une espèce d'algue brune marine, *de mers froides*, rangée sous le genre *Saccharina* en 2006, majoritairement cultivée en Chine, au Japon, et en Corée du Sud. C'est une des espèces commercialisées sous le nom de *konbu*. *S. japonica* est aussi appelé ma-konbu en japonais, dasima en coréen et hǎidài en chinois.
L'espèce a été cultivée en Chine, au Japon, en Corée, en Russie et en France. C'est l'une des deux espèces de varech les plus consommées en Chine et au Japon. *Saccharina japonica* est également utilisé pour la production d'alginates, la Chine produisant jusqu'à dix mille tonnes de produit chaque année. De grandes récoltes sont produites par la culture de cordes qui est une méthode simple de culture d'algues en les attachant à des cordes flottantes dans l'océan.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Saccharina_japonica, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharina_japonica



[140] *Culture d'algues rouges: Des avantages économiques et écologiques*, http://www.tresorpublic.mg/?p=30971
[141] *Ice-ice* : une maladie des algues, causée lorsque les changements de salinité, de température de l'océan et d'intensité lumineuse, cause d'un stress aux algues, les faisant produire une "substance organique humide" qui attire les bactéries dans l'eau et induit le "blanchiment" et le durcissement caractéristiques des tissus des algues. Cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Ice-ice
[142] a) *Techniques et bénéfices apportés par l'algoculture*, ONG IBIS Madagascar, http://www.ibis-algoculture.com/ibis/index.php/fr/lalgoculture/5-techniques-et-benefices-apportes-par-lalgoculture.html

22.6 « Wakame » (*Undaria pinnatifida*)

Pour mentions : C'est une espèce d'algues brunes, de *mers froides*, de la famille des *Alariaceae*. C'est une des macroalgues qui est commercialisée sous le nom de *wakame*, proposée comme ingrédient alimentaire (par exemple dans des pâtes). Elle aurait des propriétés médicinales : Certains des composants moléculaires (Fucoxanthines) de cette algue auraient un effet anti-obésité et anti-tumoral. Cette algue contient aussi une peptide qui est un Antihypertenseur. Elle contient aussi une molécule qui présente des propriétés antivirales, qui pourrait peut-être permettre de mieux lutter contre l'herpes simplex virus.
Cette espèce d'origine asiatique a été volontairement ou involontairement introduite hors de son aire naturelle de répartition, elle est aujourd'hui par exemple trouvée dans des zones aussi variées que l'Europe (observée depuis le début des années 1990[1] de la Bretagne au littoral sud-anglais) , la Tasmanie et Nouvelle-Zélande ou en Argentine. Elle est signalée depuis le début des années 2000 dans le pacifique nord. Selon une étude faite en Tasmanie, là où elle est introduite, elle s'installe plus facilement dans les environnement déjà perturbés par l'homme. Cette espèce pourrait aussi être étudiée pour extraire certains polluants de l'eau (cuivre et nickel par exemple, par biosorption).
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Undaria_pinnatifida,



Undaria pinnatifida (ici en Australie où elle a été introduite).







Wakame



Wakame bouilli (cuit).



22.7 Gim ou nori (*Pyropia tenera* ou *Porphyra tenera*)

Pour mention : C'est une espèce d'algue rouge du genre *Pyropia*, de mers froides à tempérées (voire chaudes). Le nom spécifique, *tenera*, signifie "délicat" et fait allusion à sa petite taille. Il atteint généralement des longueurs comprises entre 20 et 50 cm. On le trouve le plus souvent dans l'océan Pacifique occidental et l'océan Indien.
Au Pays de Galles et au Japon, *P. tenera* (et *P. yezoensis*) est un composant principal de la nourriture à base d'algues séchées et est activement cultivé depuis l'Antiquité. C'est un ingrédient de choix dans les sushis. Au Pays de Galles (et dans une certaine mesure, en Angleterre), il est utilisé dans la nourriture traditionnelle, le laverbread.
Habitat : L'espèce habite les rochers, et parfois même s'installe sur des mollusques et d'autres espèces d'algues. Elle habite entre les niveaux de marée, de la mi-marée à la zone d'éclaboussure. Elle est généralement abondante, surtout sur les côtes exposées.

L'algue s'épanouit en hiver à des températures comprises entre 4 et 9°C. La température chaude de l'eau limite sa distribution dans les régions tropicales. Distribution : Pacifique nord-ouest : Japon, Chine. Océan Indien : Maurice.
Comme de nombreuses espèces d'algues comestibles, elle est sensible à l'infection par l'oomycète parasite *Pythium porphyra*.
Culture : Les pêcheurs ont planté du bambou dans les eaux peu profondes pour augmenter le substrat pour la culture du nori. La culture moderne (industrielle) de Porphyra n'a pas eu lieu avant les années 1960, à la suite de la découverte de la *phase Conchocelis*[143]. En Chine et au Japon, il existe 7 espèces principales utilisées en culture commerciale (*Porphyra yezoensis , Porphyra tenera, Porphyra haitanensis, Porphyra pseudolinearis, Porphyra kunideai, Porphyra arasaki* et *Porphyra seriata*).
Intérêt : Certaines données statistiques disponibles des années 1960, donnent une production annuelle séchée de *Porphyra tenera* cultivé, d'environ 5000 tonnes. En 1977, quelque 300 000 t de poids humide de *Porphyra spp.* ont été récoltés au Japon et le volume de production a augmenté de 25 % par an dans les années 1970.
Pour la nourriture, consommée sous diverses formes. Le nori est, par exemple, vendu en feuilles, une fois grillés, ils sont émiettés et ajoutés aux sauces, soupes et bouillons. Il a une teneur élevée en protéines (25-35% du poids sec), en vitamines (par exemple vitamine C) et en sels minéraux, en particulier l'iode.
Sources : a) https://en.wikipedia.org/wiki/Pyropia_tenera,
b) *Porphyra tenera*, http://www.fao.org/fishery/species/2790/en



Nori







22.8 Gusó (Genre *Eucheuma*)

Eucheuma est un genre d'algues rouges, mais qui peut prendre une couleur brune, rouge ou verte, communément connu sous le nom *Gusó*. Les espèces d'*Eucheuma* sont utilisées dans la production de carraghénanes, un ingrédient contenu dans les cosmétiques, ou utilisé dans la transformation des aliments, ainsi qu'une source de nourriture pour les gens en Indonésie et aux Philippines.
Eucheuma cottonii, cultivée aux Philippines, est une espèce connue sous le nom de *guso*. Les autres espèces de *guso* comprennent *Betaphycus gelatinae*, *Eucheuma denticulatum* et plusieurs espèces du genre *Kappaphycus*, y compris *Kappaphycus alvarezii*. Depuis le milieu des années 1970, *Kappaphycus* et *Eucheuma* ont été les sources principales de l'expansion de l'industrie des carraghénanes.

[143] Au sujet de son mode de reproduction : Le cycle de vie biphasique de Porphyra comprend un stade gamétophytique foliacé (lame) et un stade sporophytique filamenteux (*Conchocelis*) non hétérogène. Le stade de *Conchocelis* de *Porphyra* a une germination unipolaire à partir d'un zygotospore (anciennement carpospore); il pénètre dans les matériaux calcaires (comme les coquilles d'huîtres) et s'y développe. Le *Conchocelis* est constitué de filaments ramifiés microscopiques.
Source: *Zygotospore : définition, explications*, https://www.aquaportail.com/definition-497-zygotospore.html

Bien que commercialement importantes, les espèces d'*Eucheuma* sont difficiles à identifier sans l'aide d'un examen scientifique approfondi, car différentes espèces peuvent avoir des morphologies similaires. Quelque dix-huit à vingt espèces relèvent à elles seules du genre *Eucheuma*, représenté par les groupes *Cottoniformia*, *Gelatiformia*, et *Anaxiferae.*

Habitats : *Eucheuma* se trouve généralement en dessous de la marée basse, poussant sur des zones de sable jusqu'à des fonds marins rocheux le long d'un récif corallien, où le mouvement de l'eau est lent à modéré.

Culture (et précautions) : Les informations basées sur les caractéristiques morphologiques, l'empreinte ADN, et la croissance, pendant les différentes saisons de culture, sont utilisées pour faciliter la gestion des cultures, pour laquelle les espèces à forte croissance sont utilisées et collectées pour les stocks de semences, principalement des Philippines. Une fois que les jeunes algues ont été obtenues dans la nature, elles sont nettoyées afin de les débarrasser de la saleté et d'autres contaminants, puis elles sont transférées vers des sites de pépinières dans des boîtes de polystyrène avec des trous d'aération dans la partie supérieure, sans exposition au vent ni au soleil.

Le choix du site est important pour le développement de l'exploitation d'algues marines, et certains critères doivent d'abord être respectés afin d'optimiser la production. *Ces critères comprennent le courant et les vagues pour permettre l'absorption des nutriments, une lumière suffisante mais non excessive pour permettre une photosynthèse optimale, une profondeur d'eau suffisante non entravée par une faible exposition à la marée, une température optimale de l'eau entre 27 et 30 degrés Celsius, des niveaux de salinité de 30-35 0/00 et des zones avec une faible présence d'herbivores, de micro-organismes, de limon en suspension et d'épiphytes*. *Les stocks de jeunes algues sont ensuite préparés en liant des boutures d'Eucheuma avec des matières plastiques souples puis en les accrochant à deux mono-lignes, une au fond et une flottante, reliées par des lignes de nylon parallèles les unes aux autres à des intervalles d'un mètre pour permettre aux courants d'eau de s'écouler*. L'algue est ensuite récoltée 10 à 12 semaines après la plantation afin de permettre à la culture de pousser et d'augmenter sa teneur en carraghénanes.

La culture d'*Eucheuma* a soulevé certaines questions environnementales, principalement centrées sur l'écologie et la biodiversité des milieux côtiers. L'écologie des sites de culture d'*Eucheuma* peut être caractérisée par le surpeuplement, car d'autres fermiers peuvent être attirées par le site de culture, ce qui finit par dépasser la capacité de l'environnement. Cela peut à son tour modifier l'hydrologie globale de la région, et avoir des répercussions sur d'autres espèces présentes. La pollution domestique due à l'élimination des déchets agricoles peut également avoir un impact sur l'environnement proche.

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucheuma, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Eucheuma



Eucheuma en culture dans une ferme d'algues.



Femme ramassant des algues *Eucheuma* à Jambiani (Zanzibar).



Ferme d'*Eucheuma*, Tanzanie.



Eucheuma, vue sous-marine, Philippines.



Gusô frais dans un marché aux poissons, consommés frais trempés dans du vinaigre et des épices dans la cuisine philippine.

22.9 Ogonori ou gulaman (genre *Gracilaria*)

Gracilaria est un genre d'algues rouges de la famille des *Gracilariaceae*. Certaines espèces du genre sont utilisées dans la cuisine japonaise et la cuisine hawaïenne sous le nom vernaculaire ogonori. A Hawaii, il existe une recette de salade contenant des ogonori appelée poke. Elles sont aussi consommées sur l'île de Guam, où le nom *chaguan tasi* désigne le genre. Aux Philippines où elles sont aussi consommées, les algues sont appelées *gulaman* ou *guraman*. Ces algues font l'objet d'une aquaculture importante, notamment pour pouvoir produire de l'agar-agar, un gélifiant notamment utilisé dans les produits Hallal. C'est une algue prisée en aquariophilie, appréciée par les poissons de la familles des *Acanthuridae* (poissons chirurgiens) et de nombreux autres poissons herbivores.
Distribution : *Les gracilaria* se trouvent dans les eaux chaudes du monde entier, bien qu'elles se produisent également de façon saisonnière dans les eaux tempérées. Il ne peut pas tolérer des températures inférieures à 10 °C (50 °F). *Les Gracilaria* se trouvent dans tous les océans à l'exception de l'Arctique. Son centre de diversité est le Pacifique occidental, où il est traditionnellement cultivé comme source d'agar-agar.
Toxicité : La mort de certains consommateurs sur cette île a entraîné diverses études portant sur une potentielle toxicité du genre ; l'hypothèse la plus probable reste la présence de *Cyanobactéries toxiques épiphytes* ayant poussé sur les algues consommées avant les décès.
Maladie : *Les Gracilaria* sont sensibles à l'infection par l'oomycète parasite *Pythium porphyrae*.
Sources : a) https ://fr.wikipedia.org/wiki/Gracilaria, b) https ://en.wikipedia.org/wiki/Gracilaria

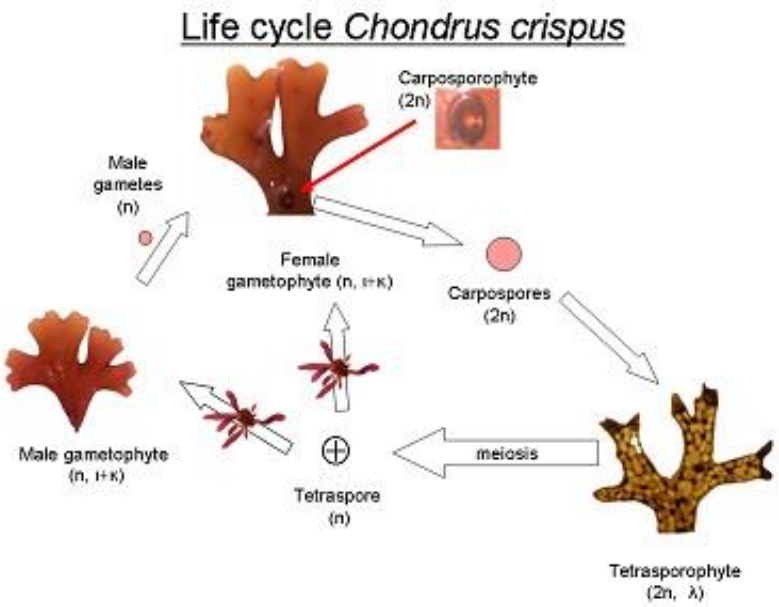

Gracilaria


Ogonori.


Kkosiraegi- muchim (gracilaria assaisonné)

22.10 Goémon blanc ou crépu, mousse d'Irlande ou Carragheen (*Chondrus crispus*)

Pour mention : C'est une petite espèce d'algues rouges de la famille des *Gigartinaceae*, des mers froides. Elle est (non-cultivée et) récoltée pour produire des carraghénanes. Très polymorphe d'aspect, elle mesure en général entre 7 et 15 cm de long, parfois 20 cm. Sa couleur varie de pourpre à vert en passant par le brun, avec de nombreuses nuances intermédiaires. À l'état sec, elle prend un aspect presque corné. Elle s'attache au substrat par un petit crampon, surmonté d'un stipe fin, qui s'élargit en ramifications très lobées, aplaties, et en partie translucides. Ces lobes, de forme variée, peuvent se subdiviser en lobules, ce qui donne à l'algue un aspect "frisé" (d'où le terme *"crispus"*). Une espèce très ressemblante, *Mastocarpus stellatus*, a un stipe enroulé sur les bords et a un aspect plus rugueux.
Répartition et habitat : Cette algue pousse au niveau de l'étage infralittoral, sur la roche de la zone intertidale médiane à la zone subtidale, jusqu'au fond de l'océan, et capable de survivre avec un ensoleillement minimal.
En Europe, elle pousse dans l'Atlantique, la Manche, la mer du Nord ; elle est rare en mer Baltique.
Il existe également d'autres espèces du même genre dans l'océan Pacifique, par exemple*, C. ocellatus, C. nipponicus, C. yendoi, C. pinnulatus et C. armatus*.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Chondrus_crispus, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Chondrus_crispus





Chondrus crispus

Cycle de vie de *Chondrus crispus*

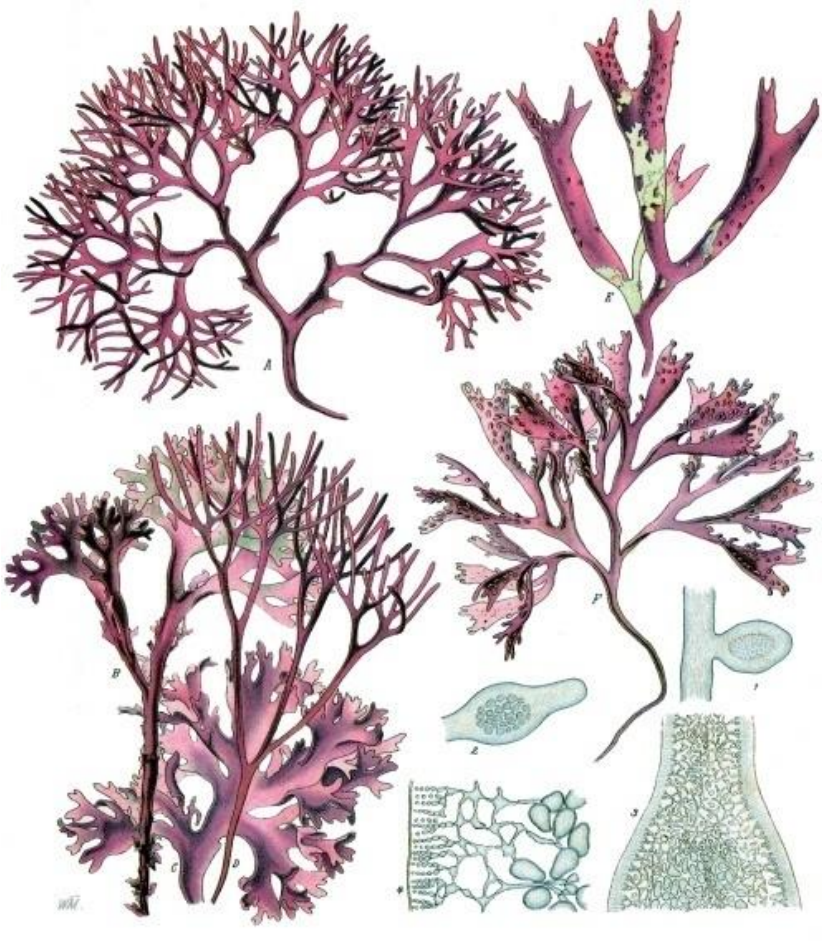


Planche présentant des détails morphologiques de *Gigartinaceae* :
De A à D (à gauche) : *Chondrus crispus.* E et F : *Mastocarpus stellatus*.

22.11 Mousse de mer (*Kappaphycus alvarezii*)

C'est une espèce d'algues rouges de la famille des *Solieriaceae*, présente dans les mers chaudes (nom en anglais : elkhorn sea moss [mousse de mer elkhorn]).
Cette algue atteint deux mètres de long et est de couleur verte ou jaune. Elle est à croissance très rapide, connu pour doubler sa biomasse en 15 jours. Elle est considérée comme une mauvaise herbe aquatique à Hawaï.
Intérêt commercial : C'est l'une des plus importantes sources commerciales de carraghénanes, une famille de polysaccharides extraits d'algues rouges servant d'agent d'épaississement et de stabilisation. Les méthodes de culture a une influence sur les caractéristiques des carraghénanes que l'on peut extraire des algues.
Méthodes d'extraction : Les carraghénanes peuvent être extraits de ces algues par deux méthodes. Dans celle d'extraction dite « *native* », les algues sont mises en solution aqueuse et le résidu est filtré, laissant des carraghénanes presque purs. Celle alcaline modifiée est moins chère et plus facile : les algues sont broyées dans une solution alcaline, laissant un mélange de carraghénanes et de cellulose qui peut être commercialisé comme carraghénane semi-raffiné.
Maladie : Elle peut être affectée par l'*ice-ice*[144], une maladie qui réduit énormément son rendement.
Deux variétés cultivées : *Kappaphycus alvarezii* var. *tambalangii*
Kappaphycus alvarezii var. *ajakii-assii*
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Kappaphycus_alvarezii,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Kappaphycus_alvarezii
c) https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=2811&sk=0&from=results



Ilha Grande Bay - Rio de Janeiro State – Brazil © Miguel Sepulveda


Souches brunes, vertes et rouges de *Kappaphycus alvarezii* plantées dans des filets tubulaires, cultivées à Florianópolis, Santa Catarina, Brésil. 2009. © Leila Hayashi.



Shrimp Farm (Ferme de crevettes) – Ecuador (Equateur). 2011. © Miguel Sepulveda



Zanzibar, île de Pemba, 2018. 11 Juin 2020. © Miguel Sepulveda


Mousse de mer (*Kappaphycus alvarezii)* sur les lignes de culture, en eau peu profonde à Saint-Kitts ©FAO/Stankus.


Prainha, Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil, 2009. © Renata Reis.

[144] Une maladie, induisant le "blanchiment" et le durcissement des tissus des algues. https://en.wikipedia.org/wiki/Ice-ice

22.12 Spiruline alimentaire (*Arthrospira platensis* et *Arthrospira maxima*)

Spiruline est un nom vernaculaire ambigu en français, pouvant désigner plusieurs espèces différentes de *cyanobactéries filamenteuses, originaires des eaux chaudes peu profondes et saumâtres de la ceinture intertropicale*. *La spiruline prospère naturellement dans les* ***lacs salés et alcalins*** *des régions chaudes du globe*. La spiruline correspond à de nombreuses espèces de forme spiralée (d'où son nom). Il existe près de 2000 espèces de cyanobactéries et *seulement 36 espèces d'Arthrospira sont comestibles*. Le plus souvent toutefois, en disant « *spiruline* », les francophones font référence au complément alimentaire produit majoritairement à base d'*Arthrospira platensis* (synonyme *Spirulina platensis*), l'espèce la plus cultivée et consommée, et d'*Arthrospira maxima* (syn. *Spirulina maxima* ou *Limnospira maxima*), également consommée dans une moindre mesure[145].

L'aliment nommé *spiruline* est un produit à base de cyanobactéries du genre *Arthrospira*, des bactéries photosynthétiques microscopiques bleues, généralement séchées et broyées. Ce n'est donc ni une plante, ni une algue. Traditionnellement, cet aliment est consommé en galettes, par les Kanem du Tchad dès le IXe siècle, mais les Aztèques en faisaient aussi une sorte de fromage. La spiruline a été redécouverte au XXe siècle en tant que complément alimentaire, et sa commercialisation développée dans les années 1970 par les pays industrialisés, avec la mise en culture de souches de ces mêmes cyanobactéries.

L'espèce la plus fréquemment offerte sur le marché au début du XXIe siècle est *Arthrospira platensis*, cultivée principalement en Chine (50 % de la production mondiale de 5 000 tonnes en 2013), aux États-Unis (Californie et Hawaï), en France (environ 250 producteurs artisanaux), ainsi qu'en Afrique : Côte d'Ivoire (Adzopé), Mali (Mopti, Ségou…), Burkina Faso (Koudougou).

Note : Le genre *Spirulina* existe toujours, mais englobe d'autres cyanobactéries, assez éloignées du point de vue taxinomique et *sans valeur alimentaire pour les humains*. Le nom actuel « spiruline » est donné à des espèces alimentaire du genre *Arthrospira* et non à celles du genre *Spirulina*[146].

Principes et méthodes de production en algoculture : La culture (algoculture) de la spiruline alimentaire se pratique principalement en milieu ouvert, en *bassins aquatiques de quelques décimètres de profondeur*[147], couverts ou non, et exposés à la lumière du soleil, *dans une* ***eau alcaline (pH proche de 10)*** *et maintenue à une température comprise entre 30 et 35 °C*[148]. Elle peut également se pratiquer en photobioréacteurs, c'est-à-dire en systèmes fermés. En conditions réelles, la productivité de bassins ouverts de type *raceway* (en hippodrome), tourne généralement autour de 6 g m^{-2} j^{-1} (équivalent sec). Après *filtration, égouttage, lavage, éventuellement extrusion, puis séchage*[149], on obtient un produit déshydraté, qui peut se présenter sous différentes formes et notamment une fine poudre verte (après séchage par atomisation ou une étape supplémentaire de concassage et de broyage).

La culture est facilitée par le fait que cette espèce est extrêmophile et qu'il est possible de trouver une fenêtre de culture où ***le milieu est suffisamment basique et salin*** pour que la spiruline s'y trouve seule à se développer, débouchant sur une situation de monoculture. Le risque de contamination des cultures par d'autres espèces d'algues ou de cyanophycées est alors considérablement réduit.

Les exploitations cultivent la spiruline, dans un milieu artificiel simplifié, réunissant une base (généralement grâce à un apport de bicarbonate de soude), une source de salinité (sel marin/chlorure de sodium), ainsi que des intrants azotés (par exemple de l'urée), phosphatés (acide phosphorique), potassiques, ou mixtes (nitrate de potassium)[150].

Pour le brassage de l'eau : a) il faut d'agiter énergétiquement au balai le bassin au moins une fois par jour, surtout s'il est assez profond, b) ou bien, pour les grands bassins industriels, très longs, ce dernier seront toujours munis d'une *chicane médiane* et *agités par roue à aubes*.

---

[145] Chez les francophones, on entend par “spiruline”, uniquement les spirulines alimentaires.

[146] Il ne faut pas confondre le nom vernaculaire avec le nom de ce genre.

[147] Leur fond étant le plus souvent recouvert d'une bâches plastique étanche de qualité alimentaire (ou au moins non toxique) et résistant aux ultraviolets.

[148] En climat tempéré, pas assez chaud pour sa culture, cette dernière ne sera souvent que saisonnière (et sous serre).

[149] Avec des séchoirs solaires etc.

[150] Par exemple 5 g/l de bicarbonate de sodium + 1,6 g/l de soude (caustique) donnent un pH de 10. L'emploi d'un sel peu raffiné (jusqu'à 13 gr de sel/litre est recommandé à cause de sa teneur en oligo-éléments bénéfiques. Cf. J.P. Jourdan, ibid.

Ombrage : La spiruline a besoin de beaucoup de lumière mais pas d'exposition directe au soleil fort. Par températures froides, il faut recouvrir la culture d'un voile d'ombrage.
Productivité et produits : La spiruline permet de produire une grande quantité d'éléments nutritifs essentiels sur un espace très réduit. *Dans une ferme, le rendement annuel est en effet de 9 tonnes de protéines à l'hectare, contre 1 tonne pour le blé ou le soja*. La spiruline est commercialisée sous plusieurs formes : comprimés, poudre, gélules et liquide, brindilles, paillettes, micro-aiguillettes, pâtes.
Précautions d'emploi : « Par mesure de précaution, la spiruline est déconseillée chez les femmes enceintes ou qui allaitent. » Elle l'est également chez les personnes sujettes à la goutte, aux calculs rénaux ou ayant un taux sanguin élevé d'acide urique.
Le danger d'empoisonnement : Cette cyanobactérie peut accumuler l'arsenic (un métalloïde), les métaux lourds comme le plomb, le mercure, d'autres toxines. « *Il est donc important de se renseigner sur son origine et sa qualité* ».
Note : Des millions de personnes au Bangladesh, en Inde, à Taïwan et en Chine sont à risque d'empoisonnement chronique à l'arsenic via l'ingestion de fortes concentrations d'arsenic dans l'eau (des nappes phréatiques). Il semblerait que des extraits de spiruline additionnés de zinc consommés quotidiennement pourraient être utiles pour le traitement de l'empoisonnement chronique à l'arsenic.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Spiruline, b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Spiruline_alimentaire,
c) *La spiruline: de sa découverte à nos jours*, https://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/UVLibre/9900/bin37/histo.htm
d) *« Cultivez votre spiruline », manuel de culture artisanale*, J.P. Jourdan, https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/04/Manuel_Cultivez_votre_spiruline_REVISION_2013.pdf
e) https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Culture_de_la_spiruline


Bassins en hippodrome.


Bassins en hippodrome, avec une roue à aube pour le brassage de l'eau


Récolte


Filtration


Essorage pour obtenir une pâte verte.


La pâte est étalée sur des plateaux mis dans des séchoirs (solaires ou au gaz).


Pose d'un filet d'ombrage, si les conditions météo sont problématiques (froid, soleil intense).


Bassins (en tissu polyamide enduit PVC) de l'Ecopark, Madurai, Tamil Nadu (Inde), 18 m², 1998. © J.P. Jourdan.



La spiruline Paracas vient du lac de l'oasis d'Huacachina dans la région d'Ica au Pérou. Encerclé du sable blanc du désert, cette oasis doit son origine aux afflux des courants souterrains.



La spiruline Lonar, vient du cratère de Lonar dans l'État de Maharashtra en Inde. Il est le plus grand cratère creusé par une météorite dans des roches de basalte et est partiellement rempli par un lac d'eau « saumâtre ».

Sous ces latitudes, la température de l'eau est comprise entre 20 et 40°C. Les nombreux oiseaux et mammifères qui fréquentent ces plans d'eau depuis des millénaires ont créés par leurs déjections et leur agitation un environnement adapté au développement de la spiruline (Cf. *Culture de la spiruline de Haute Saintonge*, https://www.spiruline-fr.com/Culture-de-la-spiruline.htm).



Le *Gaberoun* est une oasis située près de Sebha dans le désert Libyque. Son lac est extrêmement salé. Les moustiques y sont abondants, surtout en été, preuve d'une vie biologique active.



Lac salé d'*Oum El Ma* au pied des dunes de l'Erg Oubari. Il mesure près de 800 mètres de long, il est situé dans la partie libyenne du Sahara à Awbari, dans la région du Fezzan. Il contient 35 $g.L^{-1}$ de sel © Philippe Crochet.

Les lacs Ayata, Mégarine et Témacine sont parmi les rares plans d'eaux salés et permanents du Sahara algérien. Mégarine est le plus salé avec un maximum de 35,00 ± 0,28 $g.L^{-1}$. Ayata et Témacine sont considérés comme saumâtres-salés. La température de l'eau est similaire dans les trois lacs et varie entre 15,70 et 34,25 °C. Le pH est alcalin et varie entre 7,23 et 8,05. Les trois lacs sont fortement minéralisés avec une dominance des chlorures, des sulfates et du calcium. La température serait le principal facteur influençant les variations de la salinité, de la conductivité et de l'oxygène dissous[151].

Suggestions : Normalement, la spiruline se développe plutôt dans une eau salée et basique, avec un pH10, mais l'on pourrait malgré tout essayer d'ensemencer avec la spiruline les lacs ayant un pH8.

Et pourrions-nous essayer d'y planter des palétuviers résistants à un taux de salinité élevé (Avicennia marina, Bruguiera gymnorrhiza, Rhizophora mucronata, Ceriops tagal, Lumnitzera racemosa, Sonneratia alba) ?

[151] *Caractérisation* physico-chimique des trois lacs salés permanents de la vallée d'Oued Righ (Sahara septentrional, Algérie Nord-Est), Gouasmia G., Amarouayache Mounia, Frehi Hocine, Hichem Kara, Janvier 2016, Revue d'écologie 71(4), https://www.researchgate.net/publication/309312039_Caracterisation_physico-chimique_de_trois_lacs_sales_permanents_de_la_vallee_d'Oued_Righ_Sahara_septentrional_Algerie_Nord-Est

23 Plantes médicinales et aromatiques



Solgar : résine de *Boswellia serrata* (Amazon).



Huile essentielle Encens arabe (*Boswellia sacra*). Source image : © Primavea.



L'arbre à myrrhe ou balsamier (*Commiphora myrrha*). Source image : http://www.sante-globale.fr/plantes-2/commiphora-myrrha-variete-molmol/



L'arbre à myrrhe ou balsamier (*Commiphora myrrha*). Source : http://www.sylvie-tribut-astrologue.com/tag/legende-de-myrrha-fille-de-cinyras-roi-de-chypre/

23.1 Siwak ou miswak (*Salvadora persica*)



C'est un arbuste médicinal à feuilles persistantes ou un petit arbre de ~ 6-7 m. L'arbre produit des fruits minuscules en grappes; ces drupes une graine sont comestibles; ils sont juteux (chacun avec une ou deux gouttes de jus), mais légèrement piquants. Originaire du Moyen-Orient.

S. persica est très répandue, notamment dans les bosquets *épine*ux, les plaines inondables du désert, rivières et la végétation des berges, et les savanes herbeuses. Il préfère les zones où l'eau souterraine est facilement disponible, sur les berges, sur les périmètres de points d'eau, dans des sites humides saisonnières, et le long des lignes de drainage dans les zones arides. On trouve également dans les vallées, sur les dunes et sur les termitières.

L'arbre est capable de tolérer un environnement très sec avec des précipitations annuelles moyennes de moins de 200 mm. Très tolérant au sel, il peut se développer sur les régions côtières et les sols intérieurs salés. Altitude: 0-1 800 m

Type de sol: argileux, mais préfère les bonnes terres, les terres noires et le sable. *Il est adapté aux sols alcalins ou très salins*, généralement des sols riches en argiles, et les sols sans sel.
Le *siwak* (en arabe ,(سواكappelé aussi souek, souak, miswak ou bois d'araq (bâton d'arak), est la racine de l'arbuste *Salvadora persica* utilisée comme « brosse à dent » naturelle. Le simple fait de se frotter les dents avec un objet fibreux tel que le siwak permet de se débarrasser de la plaque dentaire. Par ailleurs, des recherches scientifiques suggèrent un effet bénéfique dans le renforcement de la gencive[1]. Une étude américaine menée en 2003 par le *National Center for Biotechnology Information* a conclu que l'usage du siwak est plus efficace que l'usage d'une brosse à dents[2,3]. L'Organisation mondiale de la santé en recommande l'usage en 1986 puis en 2000[4]. Il comporte aussi une substance qui facilite la digestion et qui protège les dents contre letartre[1,3]. Ses propriétés seraient bénéfiques médicalement parlant, y compris abrasives, antiseptiques, astringentes ,détergentes, inhibitrices d'enzymes …
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Siwak, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Salvadora_persica,
c) http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Salvadora_persica.pdf,
d) http://en.wikipedia.org/wiki/Miswak





Racine de l'arbuste







23.2 Arbre à myrrhe ou balsamier (*Commiphora myrrha*)

(Famille des *Burseraceae*).



$$ **U**

L'**arbre à myrrhe** ou **balsamier** est un arbuste ou petit arbre d'environ 3 m de haut, aux petites feuilles ovales caduques, originaire de l'Afrique de l'Est et de la péninsule Arabique, notamment de Somalie.
Il est aujourd'hui présent dans les régions sèches du nord-est de l'Afrique (Djibouti, Éthiopie, Soudan, Somalie, Kenya) et de la péninsule Arabique (Yémen et Oman), en Ethiopie, en Arabie Saoudite, en Inde, en Iran et en Thaïlande.
Altitude : 250-1300 m. Précipitations annuelles moyennes : 230-300 mm. La plante se reproduit dans les régions arides, où l'on trouve normalement *l'Acacia senegal.* Les buissons de *Commiphora* sont dans les pentes et les vallées sur des sols peu profonds, principalement calcaires.
À la fin de l'été, l'arbuste se couvre de *fleurs rouge-orangé*, tandis que son tronc se boursoufle de nœuds. C'est de ces boursouflures que s'écoule la myrrhe, en petites larmes jaunes que l'on recueille une fois qu'elles ont séché.

Cet arbre a un usage médicinal et aromatique. La résine jaune, épaisse, à l'odeur typique du *Commiphora myrrha*, la myrrhe, sève d'arbre séchée, est récoltée commercialement. Cette résine, au contact de la chaleur et de la lumière synthétise une huile essentielle riche en furanosesquiterpènes et en engénol.
Les infusions de ses feuilles serviraient aux bains de bouches. On en ferait une crème anti acnéique. Les Chinois feraient bouillir les feuilles de l'arbre à myrrhe pour produire des arômes parfumés lors de rituels de purification. Dans l'Antiquité, il servait à produire un parfum réputé, le *Balsama*, dont la recette a été perdue.
L'huile essentielle de myrrhe serait immunostimulante, anti-inflammatoire, anti-infectieuse & antiparasitaire. Composition de la myrrhe : Gomme (30 à 60 %), Polysaccharides, Résine (25 à 40 %), Huile essentielle (3 à 8 %). Composition de cette huile : a) 90% sesquiterpènes dont 71% furanique (ayant une action plus puissante que la morphine), 4.5% Cétones, 3.5% hydrocarbures, 2% Aldéhydes, b) heerabolène, eugénol, divers furanosesquiterpènes.
Note : La ville juive indigène de *Ein Gedi* était une importante source de baume et de parfum, le *balsama*, pour le monde gréco-romain, jusqu'à sa destruction par l'empereur byzantin Justinien, dans le cadre de sa persécution des Juifs dans son royaume. Les méthodes d'extraction et de préparation de cette résine balsamique très prisée ont été perdues. En 2003, le Dr Michael Avishai a rapporté les graines de l'arbre de l'Angleterre, et les jeunes arbres plantés, au Kibboutz de Ein Gedi (Israël) ont germé à partir de ces graines. Avec l'aide du personnel du jardin botanique d'Ein Gedi, la plante est cultivée dans l'espoir de produire le parfum légendaire. Synonyme : *Commiphora Molmol*.
Sources : a) http://www.sante-globale.fr/plantes-2/commiphora-myrrha-variete-molmol/
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Arbre_%C3%A0_myrrhe,
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Commiphora_myrrha,
d) http://www.wisegeek.com/what-is-commiphora.htm
e) http://en.wikipedia.org/wiki/Ein_Gedi,
f) http://www.llifle.com/Encyclopedia/TREES/Family/Burseraceae/11169/Commiphora_myrrha
g) *After repeated failures, new effort to revive the legendary balsam plant shows promise*, Nir Hasson, Haaretz, Sep. 2, 2010, http://www.haaretz.com/print-edition/news/after-repeated-failures-new-effort-to-revive-the-legendary-balsam-plant-shows-promise-1.311617







Myrrhe, la résine durcie extrait de *Commiphora myrrha*



Culture de *Commiphora myrrha.* Photo: Valentino Vallicelli[152].



Selon l'auteur de cette photo, qui la cultive en Australie*, la plante pourrait se bouturer* (?)[153].



La culture du « *Balsam* » au kibboutz **Ein Gedi**.
Source : Haaretz, 2 septembre 2010.

23.3 Mukul, gugulon ou Guggulu (*Commiphora wightii*)

(Famille des *Burseraceae*).



$$ U CR

Ou **Guggul** ou **Guggal**. Cette plante arbustive *épineuse*, originaire d'Inde et utilisée dans la médecine ayurvedique, est proche de l'arbre à myrrhe. On la rencontre de l' Afrique du Nord à l'Asie centrale, mais la plante est plus fréquente dans le nord de l'Inde. Elle préfère les *climats arides et semi-arides* et *tolère les sols pauvres*. La *résine du* ***guggul***, connu sous le nom *de gomme* ***guggulu,*** a un parfum semblable à celui de la myrrhe et est couramment utilisé dans l'encens et dans des parfums. Sa gomme résine est récolté à partir de l'écorce de la plante à travers le processus de taraudage. Le ***guggul*** a été surexploité dans une grande partie de son habitat, et a été inscrit à la Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. L'**India's National Medicinal Plants Board** a lancé un projet de culture de 500 à 800 hectares de ***guggul***, dans le district de Kutch, tandis qu'un mouvement de conservation local, dirigée par Vineet Soni associé à l'UICN, a commencé à éduquer les cultivateurs de ***guggul*** et les récolteurs dans des méthodes de récoltes sûres et durables. Petites fleurs rouges à roses. Petit fruits rond rouge à maturité.
Usages médicinaux : Maladie de la peau, suppuration et abcès, plaies, maladies des gencives et de la bouche, fumigation de salle d'opération …. Les composants de sa gomme (Guggulstérone …) se sont révélés très actifs pour soulager les douleurs rhumatismales et pour faire baisser les taux excessifs de cholestérols et triglycérides dans le sang. On peut donc l'utiliser pour soigner l'arthrose lorsqu'elle est associée à un taux de cholestérol élevé.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Commiphora_wightii, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Commiphora_wightii



Myrrhe de *guggul.*

[152] Cf. http://www.llifle.com/Encyclopedia/TREES/Family/Burseraceae/11169/Commiphora_myrrha
[153] Cf. http://www.theamateursdigest.com/40489.htm



Commiphora wightii : Bhandari, une plante médicinale en danger. Source : *Botanical survey of India*[154],



Source image[155].



Commiphora wightii[156].



Source : http://www.dmapr.org.in/MandCrop

23.4 Myrrhe africaine (*Commiphora africana*)

(Famille des *Burseraceae*).



$$ **U**



Cet arbre *épineux* à feuilles caduques, d'environ 5 m de haut, est largement répandu dans les régions sèches de l'Afrique subsaharienne _ Angola, Botswana, Burkina Faso, au Tchad, en Erythrée , en Ethiopie, au Kenya, au Mali, en Mauritanie, au Mozambique, en Namibie, au Niger, au Sénégal, en Somalie, en Afrique du Sud, au Soudan, au Swaziland, en Tanzanie, en Ouganda, en Zambie, au Zimbabwe.
Il est commun dans la brousse d'*Acacia-Commiphora* et habituellement présent dans les savanes sèches et le Sahel. Sur les sols sablonneux, cette espèce forme parfois des peuplements purs. L'écorce est gris-vert, parfois brillante, pelant en lambeaux rougeâtres. L'intérieur d'une entaille dans l'écorce est rougeâtre, et exsude une gomme claire, le *bdellion*, aromatique et *comestible*. Les fruits rouges *comestibles* ont environ 6-8 mm de diamètre. Les racines douces, succulentes sont souvent mâchés par les humains. Les nouvelles feuilles sont recherchés par les chameaux et les chèvres, en particulier au début de la saison sèche. Cet arbre est extrêmement sensible à l'humidité atmosphérique et développera ses bourgeons à la première trace de des vents chargés d'humidité. Par conséquent, il est le premier arbre à entrer en feuille avec l'arrivée de la saison des pluies, et demeure remarquablement vert pendant toute la période des pluies. Au Sahel, cette apparence fraîche frappante n'est partagée qu'avec le *Salvadora persica*. Il est

[154] Cf. http://bsi.gov.in/PhotoP/8_6_FrontPhotoGallery.aspx
[155] Cf. http://tropical.theferns.info/image.php?id=Commiphora+wightii
[156] Cf. http://parisaramahiti.kar.nic.in/medicinal_plants_new/med%20plants/p66.html

particulièrement approprié pour constituer des haies vives. Altitude : 300 à 1900 m. Précipitations annuelles moyennes : 150 – 900 mm. Multiplication : par bouturage.
Les feuilles apparaissent au moment de la saison des pluies ou un peu avant. Il perd ses feuilles au début de la saison sèche. Cette plante hôte est la nourriture préférée du coléoptère *Diamphidia*, dont la larve est utilisée comme un *puissant poison de flèche* (☠).
Toutes les parties de l'arbre sont utilisées pour traiter un large éventail de maladies, les fruits pour la fièvre typhoïde et les problèmes d'estomac, l'écorce pour le paludisme, la résine pour convulsions et pour couvrir et désinfecter les plaies, la résine brûlée comme insecticide et aphrodisiaque. Le bois tendre, résistant aux termites, est utilisé pour sculpter des ustensiles domestiques, instruments de musique et des articles d'usage général. Une huile comestible est également extraite et parties de l'arbre présentent de fortes propriétés fongicides.
Haie, clôtures, cuillères de bois. Fourrage à chameau et chèvre, surtout pendant la saison sèche. *Branches utilisées comme brosse à dents*.
L'écorce est riche en flavonoïdes, tanins, anthraquinone, glycosides cardiaques, triterpénoïdes, saponines, alcaloïdes et sucres réducteurs . Des études d'un extrait hydro-éthanolique de l'écorce ont révélé la présence d'un anti-convulsivant puissant.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Commiphora_africana,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Commiphora_africana ,
c) http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Commiphora_africana.PDF







Chrysomèle *Diamphidia*

23.5 L'arbre à encens (*Boswellia sacra*)

(Famille des *Burseraceae*.
Famille des *Burséracées*).



$$ U nt

L'**arbre à encens** (*Boswellia sacra*) est un petit arbre d'une hauteur de 2 à 8 m, qui comporte un ou plusieurs troncs. L'écorce à texture de papier pèle facilement.
Utilisations : Le *Boswellia sacra* est l'une des principales espèces de *Boswellia* dont on tire l'encens. La résine est récoltée en pratiquant une incision peu profonde dans le tronc ou les branches de l'arbre et en retirant une étroite bande d'écorce. Il s'en écoule un sève laiteuse, qui coagule au contact de l'air et que l'on ramasse ensuite à la main. La résine du *boswellia* contient un anti-inflammatoire puissant.

Habitat : Cet arbre pousse dans les régions sèches du nord-est de l'Afrique et du sud de la péninsule Arabique (en Somalie, en Éthiopie, au Yémen et à Oman). Il tolère les situations très exposées et on le retrouve souvent sur les pentes rocheuses et dans les ravins, jusqu'à une altitude d'environ 1 200 m. Il préfère les sols calcaires. Les individus qui croissent sur des pentes escarpées développent un renflement en forme de coussin à la base du tronc qui adhère au rocher et leur assure une certaine stabilité. Les arbres dans la zone étroite, chargée de brouillard, où le désert rencontre chaîne de montagnes du Dhofar, une région connue sous le *Nedjd*, grandissent très lentement et produisent un résine de très haute qualité, dans de grands massifs blanches.
Les arbres commencent à produire la résine quand ils sont vieux d'environ 8 à 10 ans.
Menaces : Des études récentes ont indiqué que les populations d'arbres d'encens sont en baisse en raison de leur surexploitation. Les arbres fortement taraudés produisent des graines qui ne germent qu'à seulement 16%, tandis que les graines d'arbres qui n'avaient pas été exploitées germent à plus de 80%. Les herbivore à Oman souvent broutent le feuillage, les fleurs et les semis, entraînant peu de régénération; les arbres matures qui restent sont apparemment en train de mourir. Statut IUCN : Near Threatened (IUCN 2.3) quasi menacée.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Boswellia_sacra, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Boswellia_sacra,
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Encens_(r%C3%A9sine_oliban)









23.6 Salai ou Shallaki *(Boswellia serrata)*

(Famille des *Burseraceae*.
Famille des *Burséracées*).



$$ **U**

Boswellia serrata est un arbuste qui produit l'encens indien.
Il est originaire d'une grande partie de l'Inde et de la région du Punjab pakistanais.

Usage : Il est utilisé, par la médecine ayurvédique, pour le traitement de l'arthrite.
Des extraits de *Boswellia serrata* ont été cliniquement étudiée pour l'arthrose et de la fonction articulaire, en particulier pour l'arthrose du genou, montrant une légère amélioration à la fois de la douleur et de la fonction par rapport à un placebo. Les effets positifs de *Boswellia* dans certaines maladies inflammatoires chroniques y compris la polyarthrite rhumatoïde, l'asthme bronchique, l'arthrose, la colite ulcéreuse et la maladie de Crohn ont été rapportés. Certains considèrent *Boswellia serrata* comme une alternative prometteuse aux AINS, justifiant une enquête plus approfondie dans les études pharmacologiques et cliniques.
Constituants actifs : L'acide boswellique et d'autres acides pentacycliques triterpéniques sont présents. L'acide bêta-boswellique est le constituant principal. Le *Shallaki* serait un analgésique puissant et aurait des effets anti-inflammatoires pouvant réduire la douleur et l'inflammation des articulations.
Source : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Boswellia_serrata
b) http://pl.wikipedia.org/wiki/Boswellia_serrata



Photo prise dans le Kinnerasani Wildlife Sanctuary,Andhra Pradesh, Inde.



Source image[157].



Source image[158].



Encens indien de *Boswellia Serrata*[159].



Boswellia Serrata, plante Ayurvédique.

[157] Cf. http://www.tradeboss.com/default.cgi/action/viewproducts/productid/153077/productname/Boswellia_Serrata_60/
[158] Cf. http://pl.wikipedia.org/wiki/Boswellia_serrata
[159] Source : http://www.101herbs.com/boswellia-serrata.html

23.7 Griffe du diable ou Harpagophyton (*Harpagophytum procumbens*)

(Famille des *Pedaliaceae*).



$$ U VU

La « griffe du diable », « Sengaparile », « Devil's Claw », « Duiwelsklou » ou « racine de Windhoek » est une plante herbacée vivace, dont la tige rampant sur le sol (*Procumbens*) portent des feuilles alternes au limbe ovoïde, et des fleurs en forme de trompette, de couleur rouge-violacée. Substrat : sablonneux, drainant. Température mini. : 5°C.
Cette espèce pousse dans l'hémisphère Sud (Afrique du Sud, Namibie, Botswana...) et plus particulièrement dans les *régions semi-désertiques* de l'Afrique australe, plus particulièrement de Namibie.
Le fruit est une capsule ligneuse munie d'une couronne garnie de plusieurs crochets acérés lui permettant de s'accrocher aux animaux voire de s'enfoncer dans leur chair, ce qui vaut à la plante d'être surnommée « *la griffe du diable* ». Chaque fruit contient jusqu'à 48 graines noires et allongées (7 à 8 mm de long). Sa racine principale, lignifiée, a un important développement vertical en profondeur (jusqu'à 50 cm de long) ; De cette racine principale partent des racines secondaires formant des tubercules de réserve, bulbeux et parfois énormes, pouvant peser jusqu'à 1,5 kg. Ils s'étendent sur environ 1,5 m et sont trouvés jusqu'à 2 m de profondeur, servant de stock d'eau et de nutriments à la plante qui peut ainsi résister aux périodes de sécheresse. Usages : Seuls ces tubercules (qui constituent jusqu'à 90% du poids de la plante) sont utilisés depuis longtemps partie de la pharmacopée traditionnelle du sud de l'Afrique et dans le monde, depuis les années 1970-1980, comme anti-inflammatoire et pour atténuer ou guérir certaines douleurs (rhumatismes, arthrites ou lombalgies).
Principes actifs : harpagoside, beta-sitosterol, 8-p-coumaroylharpagide, 8-féruloylharpagide, 8-cinnamoylmyoporoside, pagoside, ctéoside, isoactéoside, 6'-O-acetylacteoside, acide cinnamique, acide caféique.
Etudes : En Allemagne et au Royaume-Uni, plusieurs études ont utilisé le « *Doloteffin* » (une préparation standardisée d'harpagophytum), qui ont conclu que *H. procumbens* a été plus efficace que le Vioxx dans le traitement de la lombalgie chronique[31] et a été bien toléré après plus de quatre ans de traitement de *H. procumbens* seul. Menaces : La convoitise des laboratoires pharmaceutiques met en danger la plante. Constatant une augmentation de 700 tonnes en 2001 à plus de mille tonnes exportées en 2002 par la seule Namibie (l'harpagophyton pousse à l'état sauvage dans le désert du Kalahari), le Comité pour les plantes réuni à Genève en 2003 dans le cadre de la CITES s'inquiétait pour la « durabilité » de cette ressource et le caractère équitable de son commerce. L' *Harpagophytum procumbens* est aujourd'hui cultivé et cueilli sous protection d'une *charte* et d'un *quota* pour garantir sa pérennité en tant que ressource naturelle. Le gouvernement namibien encadre sa culture et sa cueillette, par un cahier des charges précis. Source : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Harpagophyton, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Harpagophyton








Source image[160].

[160] Cf. http://magicchris.voila.net/Harpagophytum/harpagophytum_procumbens.htm

24 Méthodes d'irrigation, de rétention, d'économie et de conservation de l'eau



Système liman : par cette levée de terre, les eaux de ruissellement sont détournées vers des canaux (Kenya).



Negarim : petite cuvette polygonale (voir plus loin).



Système de limans israéliens. En gris vert, l'arrivée de l'inondation d'un orage, retenue par les cuvette en demi-lune[161].



Lavogne, une petite retenue collinaire (Causse de Sauveterre, Lozère, France).

24.1 Liman israélien

Un **Liman** en Israël est le nom d'une levée artificielle de terre, souvent en demi-lune, servant à recueillir les eaux de crue d'un oued du désert. L'eau de ruissellement est ralenti par le barrage, inondant ainsi une petite zone et permettant à l'eau de s'infiltrer dans le sol. Un petit bosquet d'arbres peut y être maintenue dans le désert.
Les limans ont été construits afin de lutter a) contre la désertification sans épuiser les eaux souterraines, dans les écosystèmes arides, b) les crues soudaines, cause d'érosion, et pour maintenir des espèces d'arbres résistants à la sécheresse.
La hauteur du remblai doit être 3-4 fois la profondeur de l'eau retenue. Un déversoir régule le niveau de l'eau [...] pour empêcher la destruction du barrage [4]. Un canal d'écoulement régule le niveau de l'eau accumulée et permet à l'excès de s'échapper. Les brouteurs devraient être exclus du site pour éviter le compactage du sol qui, à son tour, diminue l'infiltration de l'eau [3]. Y ont été plantés des espèces résistantes à la sécheresse sont adaptés, comme

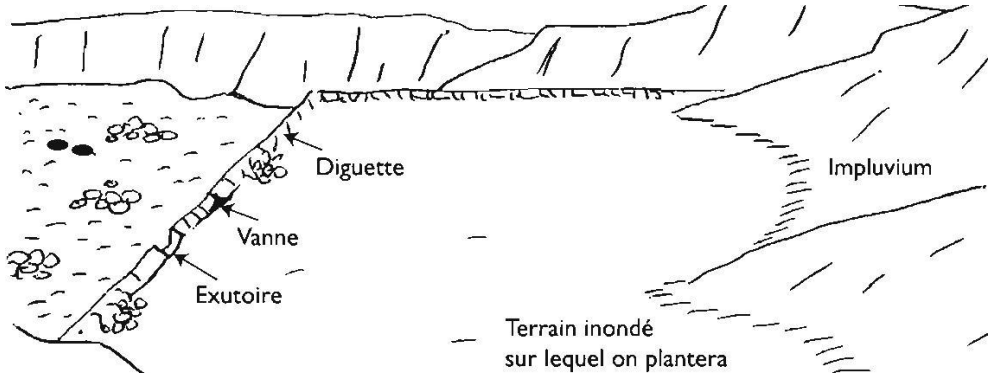
[161] Water Harvesting in the Negev, https://www.youtube.com/watch?v=tjBugtV8GHc

le tamarin, la gomme arabique [l'acacia Sénégal], le prosopis, le pistachier, l'eucalyptus, le palmier dattier et le caroubier. Sources :a) http://en.wikipedia.org/wiki/Liman_irrigation_system ,
b) Les structures antiérosives en relation avec les modes de gestion de l'eau,
http://www.fao.org/docrep/t1765f/t1765f0q.htm
c) http://www.kkl.org.il/eng/water-for-israel/water-in-the-desert/limans/


Exemple de liman israélien.


Exemple de liman israélien.


Les Amandiers, les oliviers, les palmiers et les figuiers sont parmi les arbres les plus aptes à être cultivées dans les milieux secs.



Malgré une entrée en sel relativement élevée, les données obtenues montrent que les limans ne souffrent pas de la salinisation. Dans tous les limans examiné, le sol, jusqu'à une profondeur de 3 m, a été trouvé non salin[162].

Les liman : digues de stockage :

A la confluence de deux vallées secondaires, une digue en terre, de 1 à 2 m de haut, est construite pour capter le ruissellement et sa charge solide : elle permet une culture dans une bonne terre alluviale qui a absorbé une réserve d'eau suffisante pour produire une céréale (500 mm) ou une culture de légumineuse à croissance rapide. Pour évacuer une crue exceptionnelle, un exutoire est prévu, généralement protégé par un mur de pierres cimentées. La pente du talus de la digue dépend de la texture du matériau, elle est de l'ordre de 50 % pour des alluvions argilo-sableuses[163].

[162] *Soil Salinization Induced by Runoff Collected in Small Forested Earthen Dams in the Negev Desert*, http://cals-cf.calsnet.arizona.edu/ialc/ialc4.asp?proj=93R-507

[163] *Les techniques traditionnelles de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols*, Mohamed Sabir, Éric Roose, Jomol Al Karkouri, in Gestion durable des eaux et des sols au Maroc, IRD, 2010, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010054917.pdf



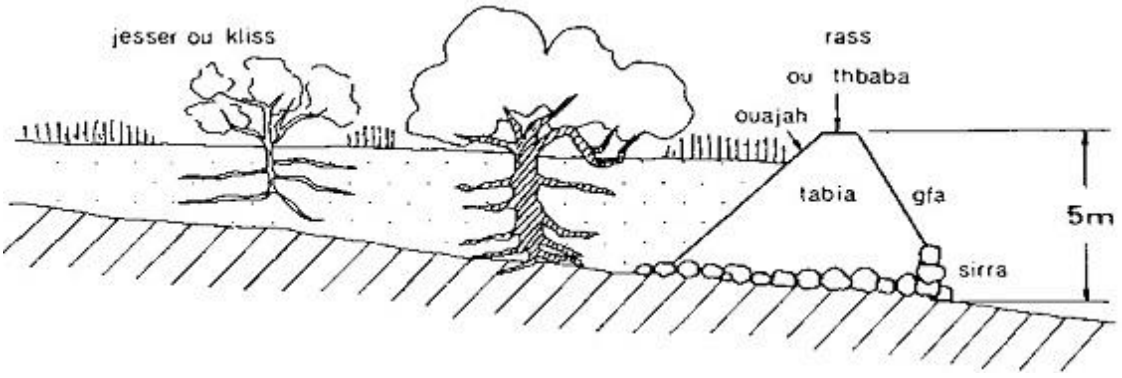


24.2 Système Meskat ou Meskal et tabias (Magrehb)

Ce système peut être trouvée dans la zone de précipitations de 200 à 400 mm. sur les terrains accidentés. Pour le moment, il a encore d'environ 300.000 ha de terres agricoles dans les Meskats, principalement planté d'oliviers.
Le système se compose de deux parties distinctes (voir figures pages suivantes) :
- L'impluvium ou "Meskat", est la partie la plus élevée et est utilisé pour la promotion de ruissellement. Cette zone peut être rocheux avec une forte pente et a une faible capacité d'infiltration.
- La superficie cultivée ou "Mankaa" est la partie la plus basse et a la plupart du temps un sol profond de limono-sableux avec une capacité d'infiltration élevée. Ici, le ruissellement de l'impluvium s'infiltre et permet de pousser des cultures. Les aires cultivées consistent principalement en différentes terrasses séparées par des barrages en terre avec déversoirs de pierres.
Les agriculteurs ont fait ces barrages assez élevés (0,5 m) pour être sûr que la pluviométrie la plus élevée possible, pour tous les jours (370 mm), peut être stocké dans le Manka et ne détruit pas les barrages et l'ensemble du système.
Malheureusement, de nos jours, ce système se détériore très rapidement. Ceci est principalement dû à la faiblesse des prix de l'huile d'olive, qui érode la base économique du système et conduit à l'émigration des agriculteurs. En outre, les oliviers sont plantés de plus en plus sur l'impluvium, ce qui crée un déséquilibre entre impluvium et terre cultivée (le rapport de l'impluvium de terres cultivées a changé de 2: 1 à 1: 2). L'efficacité du système est en diminution de cette façon et les rendements diminuent. Son non-entretien provoque une érosion sévère. Cela provoque dans des inondations sur les plaines, qui causent beaucoup de dégâts et l'abaissement de la nappe phréatique dans la zone des jardins. Il y a de nombreux signes que la dégradation des meskats va changer tout l'équilibre hydrologique de la région.

Avantages
- Permet une production fruitière relativement stable dans les zones semi-arides
- Appoints en eau aux plantations
- Amélioration de la productivité des terres
- Réduction des risques de ruissellement, d'inondation et d'érosion à l'aval

Inconvénients
- Coût relativement important
- Exige beaucoup de main d'œuvre
- Réduction de l'eau disponible dans les barrages à l'aval
- Réduction de la surface cultivable sur l'impluvium



Tabia et déversoir

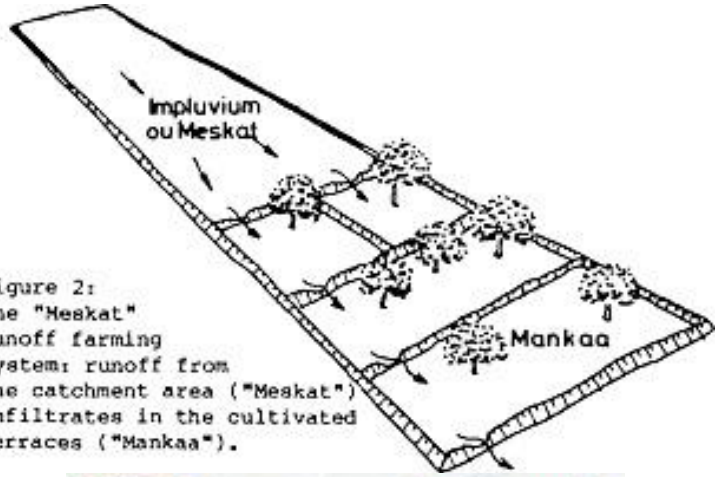
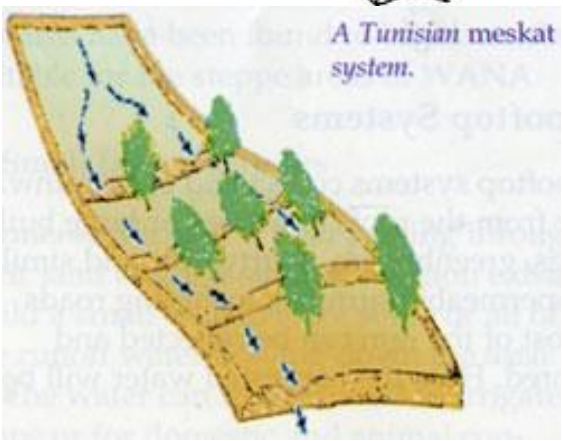
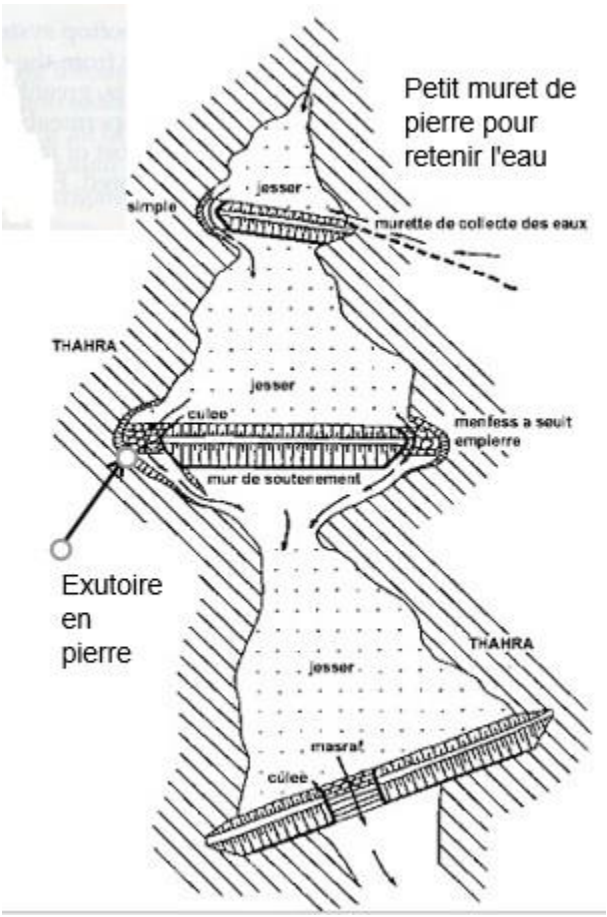


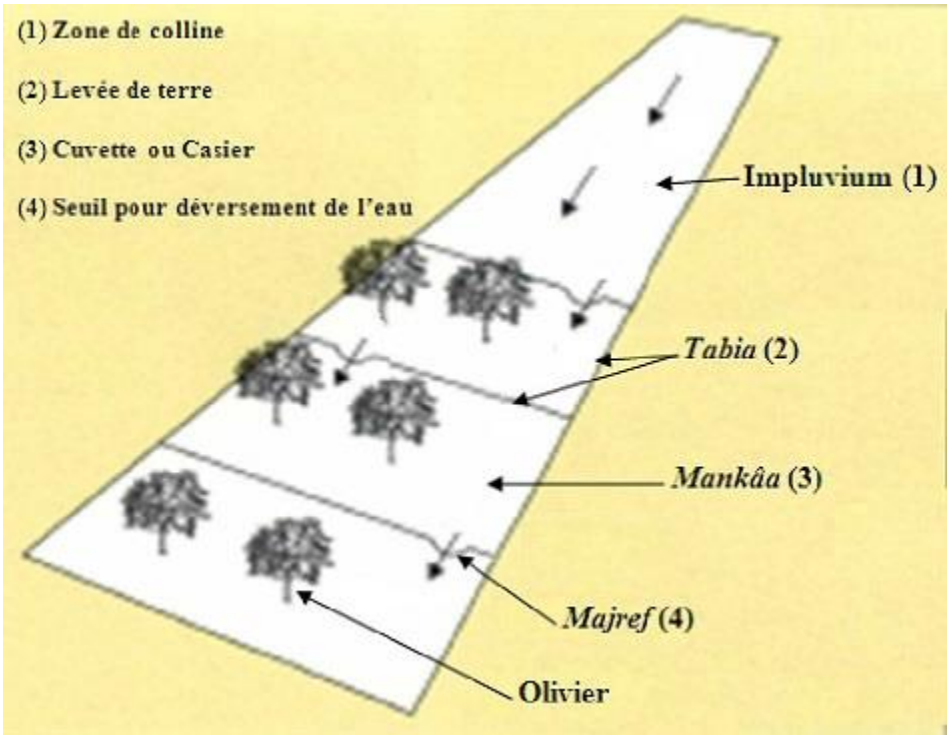
Figure 2:
the "Meskat"
runoff farming
system: runoff from
the catchment area ("Meskat")
infiltrates in the cultivated
terraces ("Mankaa").

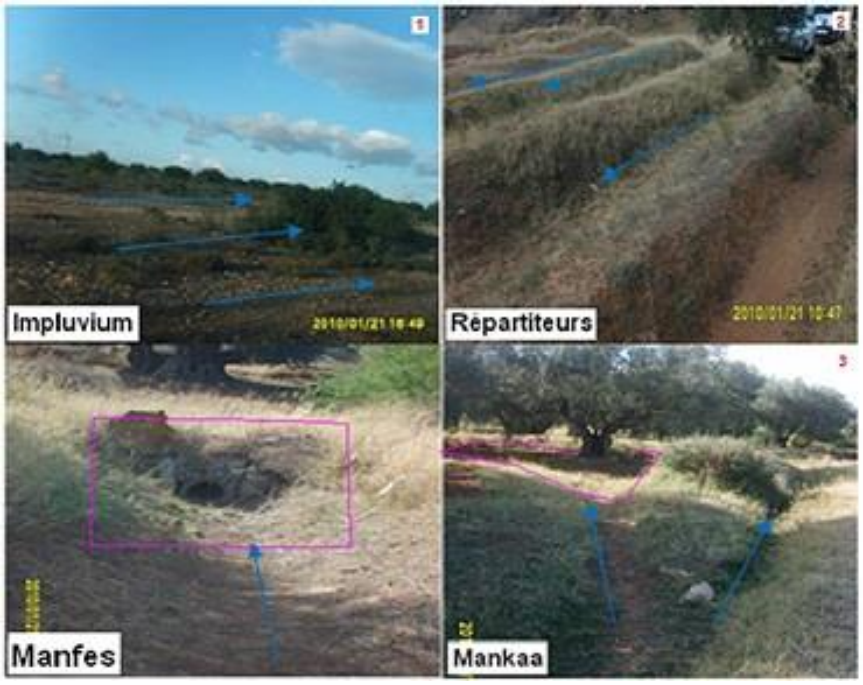


Le "*Meskat*", système d'exploitation des eaux de ruissellement: les eaux de ruissellement de la zone de capture ("*Meskat*") s'infiltre dans les terrasses de culture ("*Mankaa*").



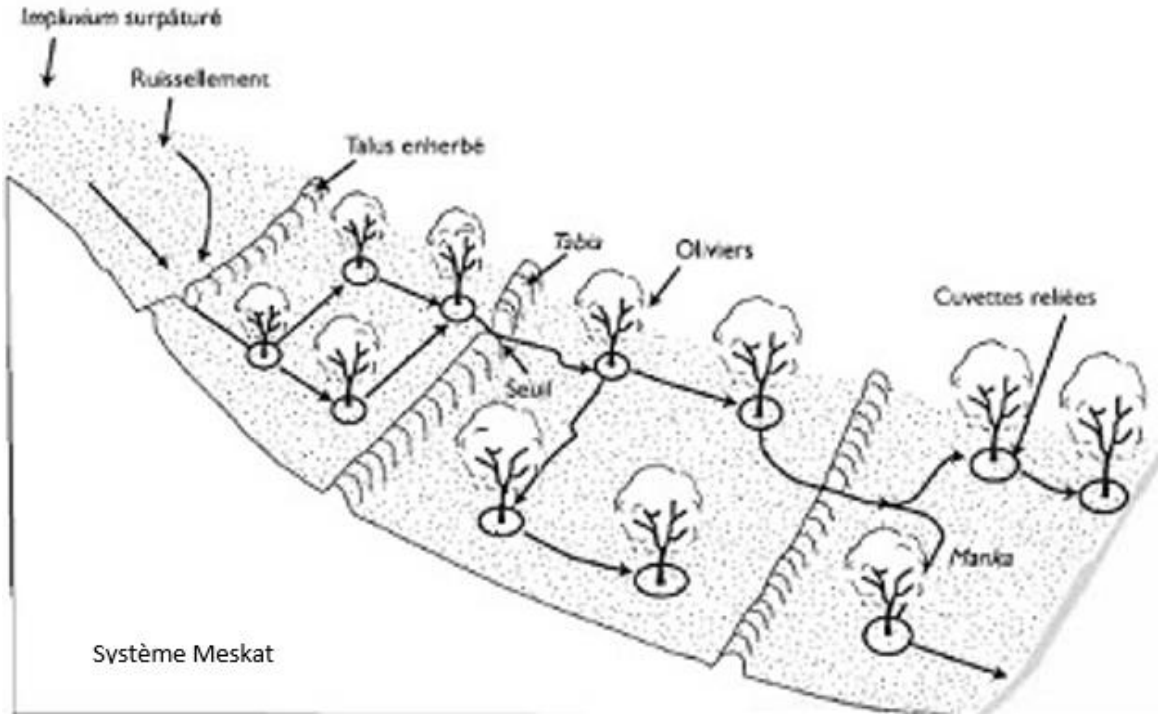
a) Exutoire en pierre, b) Petit muret de pierre pour retenir l'eau.





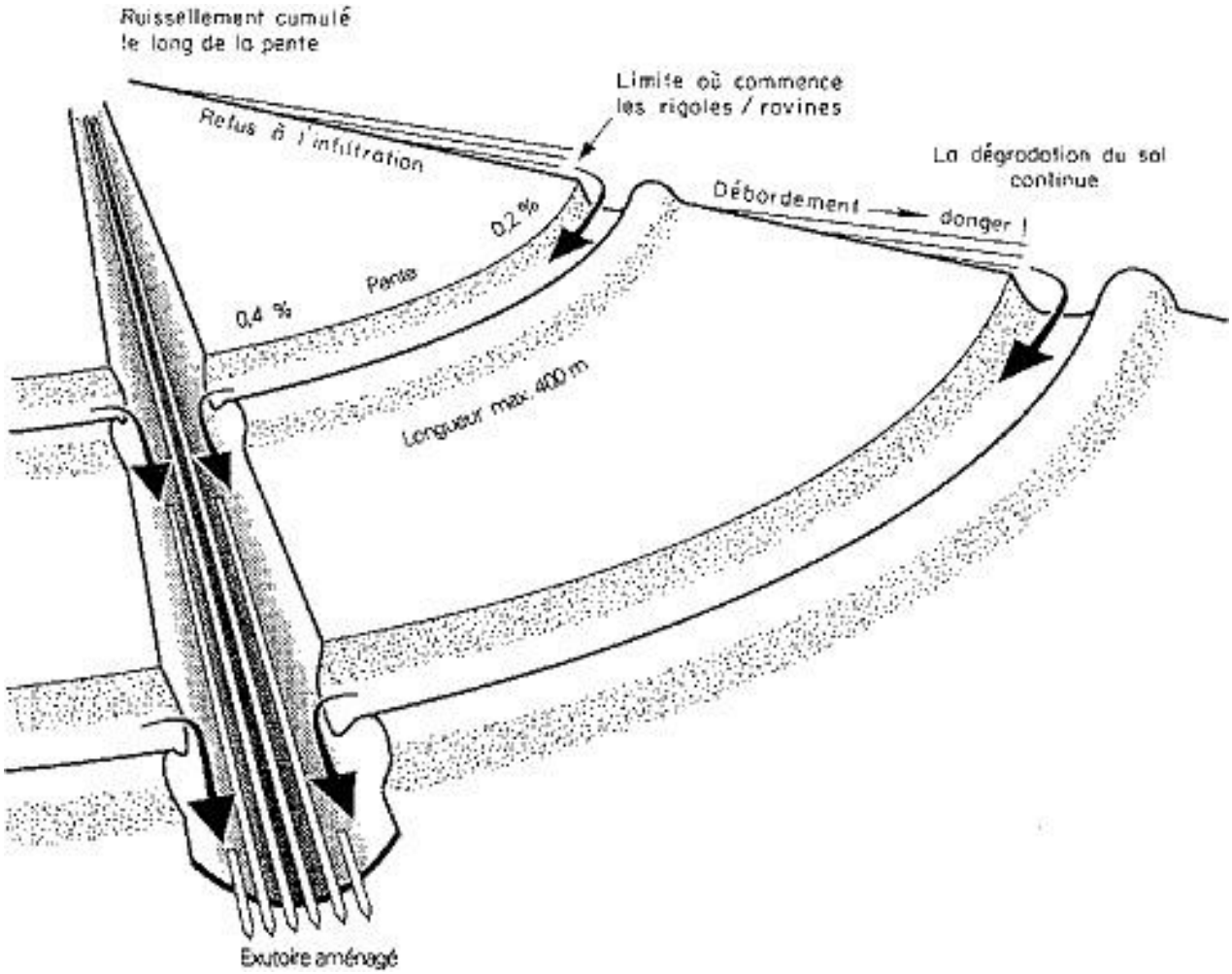


Système meskat supportant une plantation d'oliviers.



Légende :

- Impluvium surpâturé
- Ruissellement
- Talus enherbé
- Tabia (levée de terre)
- Oliviers
- Cuvettes reliées
- Manka



La diversion des eaux de ruissellement: principes, pratique et inconvénients :

L'érosion est fonction de :
- l'énergie des pluies (constante tout le long de la pente)
- l'énergie du ruissellement (qui croît avec la pente (MV^2)/2. E = f (longueur^n x pente)^m

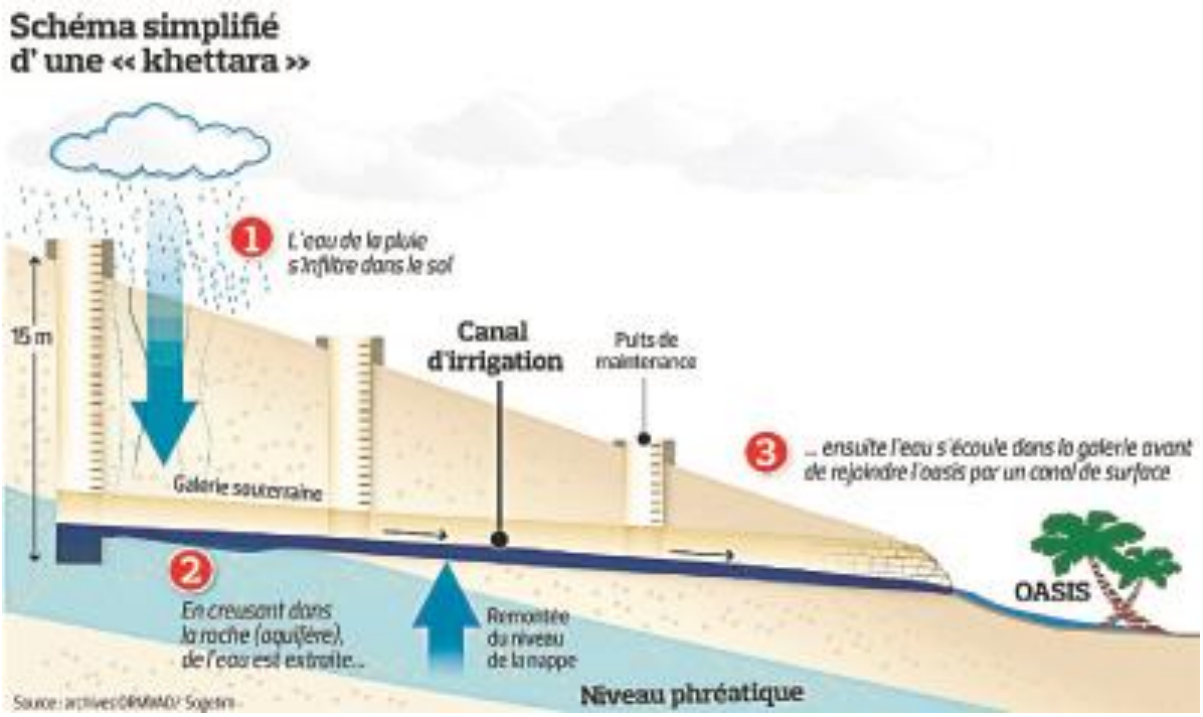
Les banquettes :
- peuvent évacuer l'énergie du ruissellement accumulée
- ne peuvent pas réduire l'énergie des pluies ni la dégradation du sol

Iconvénients:
1. Nécessité d'équipes de topographes experts (coût élevé)
2. Important travail d'installation et d'entretien d'où généralement;
• digues non protégées
• canaux encombrés de sédiments
• exutoires non enherbés ni protégés (surcreusés ou ensablés)
3. Perte de 5 à 15 % de la surface cultivée sans augmentation de rendement.
4. Perte d'eau et nutriments pour les champs cultivés en aval.
5. L'aménagement doit rompre s'il advient une pluie de fréquence inférieure à 1/10.
6. Variation de largeur des champs cultivés (mécanisation difficile).
7. N'arrête pas l'érosion en nappe ni la dégradation.
8. Finalement, risques graves de ravinement s'il y a rupture des digues (1 fois en 4 à 10 ans).
9. Accélération du temps de concentration des eaux:
• gros débits de pointe
• érosion marigots
• ravinement régressif

La diversion des eaux de ruissellement[164].

[164] Cf. http://www.fao.org/docrep/t1765f/t1765f0q.htm

24.3 Foggara, khettara, qanat



Les Qanats, développés dans l'ancienne Perse vers 800 avant notre ère, sont parmi les plus anciennes méthodes d'irrigation connues encore en usage aujourd'hui. On les trouve maintenant en Asie, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Le système comprend un réseau de puits verticaux et de tunnels en pente douce creusés dans les flancs des falaises et des collines escarpées pour capter les eaux souterraines.

24.4 Digues filtrantes, lignes de contours

Principe C'est un ouvrage pierreux construit au travers d'une zone de ruissellement fort. Il doit être toujours être ancré dans le sol (fondation). D'une hauteur moyenne de 0.5 à 0.8m, la largeur de la digue dépend du débit maximal du ruissellement qui doit la traverser. Plus le courant est important, plus il faut prévoir d'enchaînement de digues.
Prérequis Maîtrise technique, prendre en compte l'ensemble du bassin versant, disponibilité de blocs de pierre, transport et disposer d'équipement de concassage et gabionnage.
Effets concrets favorise le passage non érosif de l'eau et une sédimentation en amont des matériaux transportés. C'est principalement un ouvrage d'épandage des crues et de protection des terres situées en aval. La digue étant poreuses elle se charge progressivement d'alluvion facilitant sa fixation et réduisant l'érosion.
Coût dépendant de la largeur à traiter mais un ouvrage renforcé en gabion (grillage, photo ci-contre) coûtera au moins 450 €/u (expertise technique comprise).





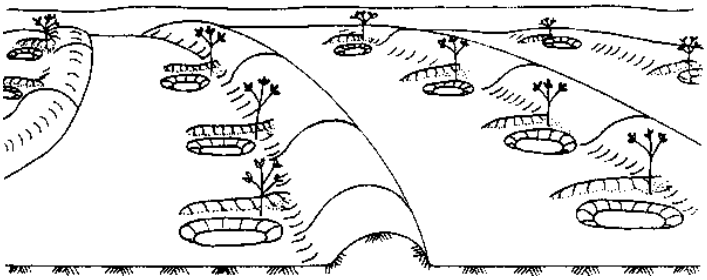














24.5 Bourrelets suivant les courbes de niveau







Hiver Eté.

Bandes enherbées constituées d'*Andropogon sp.*



Bandes de ruissellement.



Une *baissière* fraîchement creusée (elles sont plus adaptées aux régions humides, sauf exception)[165].

24.6 Plantation en tranchée

Principe une tranchée de 30 cm de profondeur, rectiligne ou incurvée, permet de conserver l'eau de ruissellement auprès d'arbres plantés au milieu de cette même tranchée. Les arbres (espacés d'1m) résistent mieux à la sécheresse. A utiliser pour de l'embocagement, la fixation biologique de terrains pentus et comme source de production de bois de service.
Prérequis main d'œuvre disponible
Effets concrets permet la croissance des arbres dans un contexte aride, favorise l'infiltration et protection des champs de culture en tant que brise vent. Effets concret après 3 ans.
Coût matériel et main d'œuvre pour le creusage des tranchées, production de plants. Environ 200 €/ha.



© CILSS/IREMLCD-2008







© CILSS/IREMLCD-2008

[165] https://libertytocreatetomorrow.wordpress.com/lamenagement-des-baissieres/

24.7 Système Vallerini ou VALLERANI SYSTEM (VS)

Le **Système Vallerini (**VS) utilise la charrue Delfino inventées et brevetées par le Dr. Venanzio Vallerani avec le fabricant Nardi. La charrue crée dans le sol un système de micro-bassins et de sacs enterrés pour recueillir l'eau de pluie autant que d'autres ressources disponibles (terre fine, matière organique, semences, etc.). Le VS adopte le semis direct de plantes indigènes (éventuellement intégré par la transplantation d'espèces provenant de pépinière) dont la germination et la croissance sont dues à l'eau recueillie dans les micro-bassins. Source : http://www.vallerani.com/



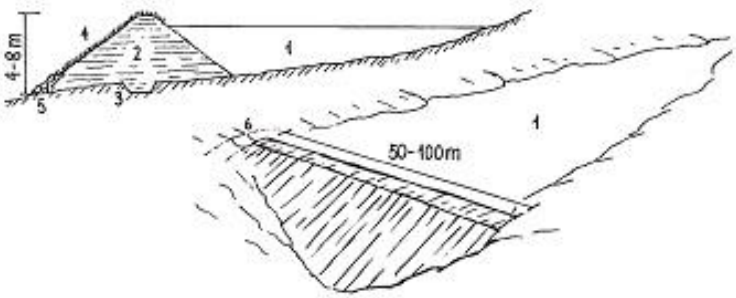






24.8 Barrages, Jessours, Tabia

Les **jessour** (sing. jesser) : Dans les zones arides de montagnes, des petites digues en terre (ou en pierre) sont construites en série dans les vallées secondaires pour capter le ruissellement et sa charge solide. Ces digues permettent la formation progressive de terrasses plantées en arbres fruitiers (palmiers, figuiers et oliviers dont les tiges supportent d'être enfouies sous les sédiments) et semées en céréales et légumineuses (BoNvAunr, 1986). La digue (tabia) en terre compactée se construit soit manuellement, soit avec des tracteurs.













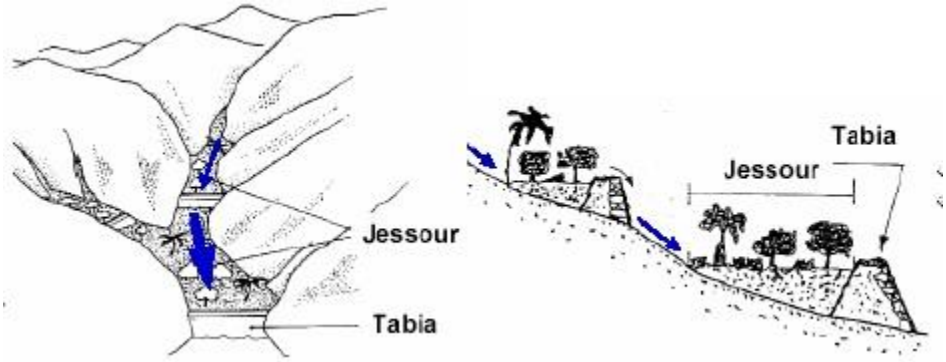


Ce système peut être trouvé dans les régions plus arides (100 -. 200 mm de précipitations) et les zones montagneuses. Dans le lit des rivières saisonnières, des petits barrages de terre et de pierres sont construits. Les substrats s'accumulent devant ces barrages ainsi que dans les terrasses : du sol se forme progressivement sur 1 à 2 m d'épaisseur. Sur les terrasses, l'eau d'inondation est retenue et filtrée dans le sol. Cette eau supplémentaire fait que l'agriculture dans ces régions arides est possible. Sur les terrasses, différents arbres fruitiers _ oliviers, amandiers, dattiers, figuiers _, céréales et légumineuses sont cultivés.

Dans la région de Marmata où de nombreux *jessours* peuvent être trouvés, la pluviométrie est très variable (80-700 mm/an) avec des intensités de précipitations possibles de 220 ??mm/jour. Avec ce genre de pluie forte dans les montagnes, le coefficient de ruissellement peut être très élevé (jusqu'à 0,9, avec une moyenne de 0,4). En fonction de ce coefficient, un impluvium est nécessaire, qui est, en moyenne, 5 fois plus grand que la surface des terres cultivées.

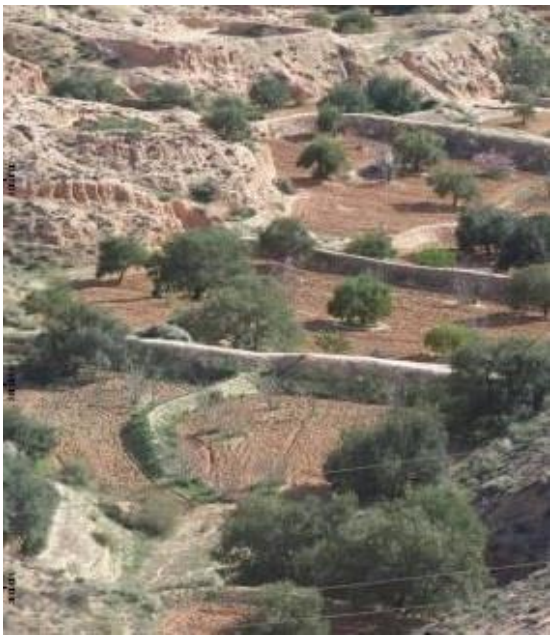
Les déversoirs sont en maçonnerie sèche et ont généralement une hauteur d'un tiers de la hauteur des barrages. Les barrages et les déversoirs doivent être construits très solides et l'entretien doivent être très cohérent pour rendre le système agricole possible.

Également dans la région de Marmata, des agriculteurs émigrent, recherchant de meilleures opportunités économiques. Les *jessours*, qui ont besoin d'un apport très élevé de la main-d'œuvre, sont abandonnés avec les mêmes conséquences que pour les *meskats*.

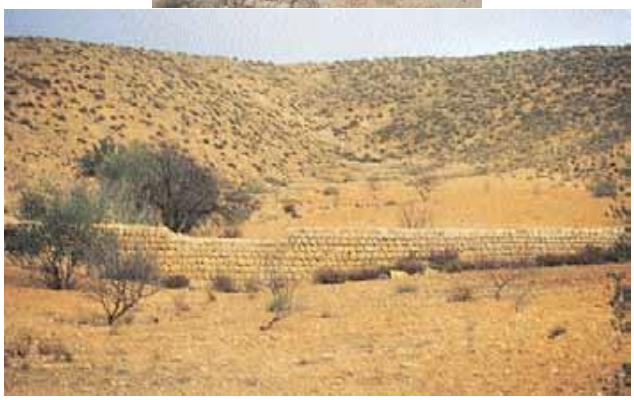


Vue et profil du "**jessour**", système d'exploitation des eaux de ruissellement : le ruissellement de l'eau et des sédiments de la campagne vallonnée sont capturés derrière les barrages («**Tabia**») dans le fond de la vallée.















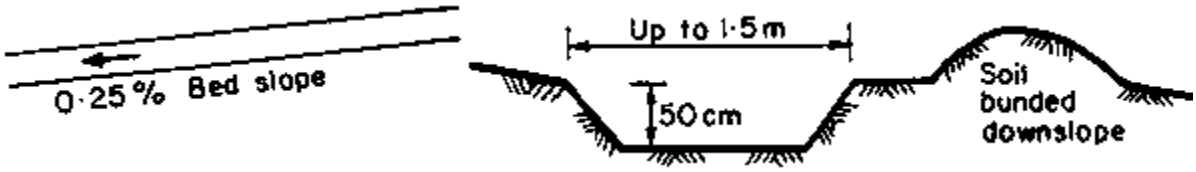


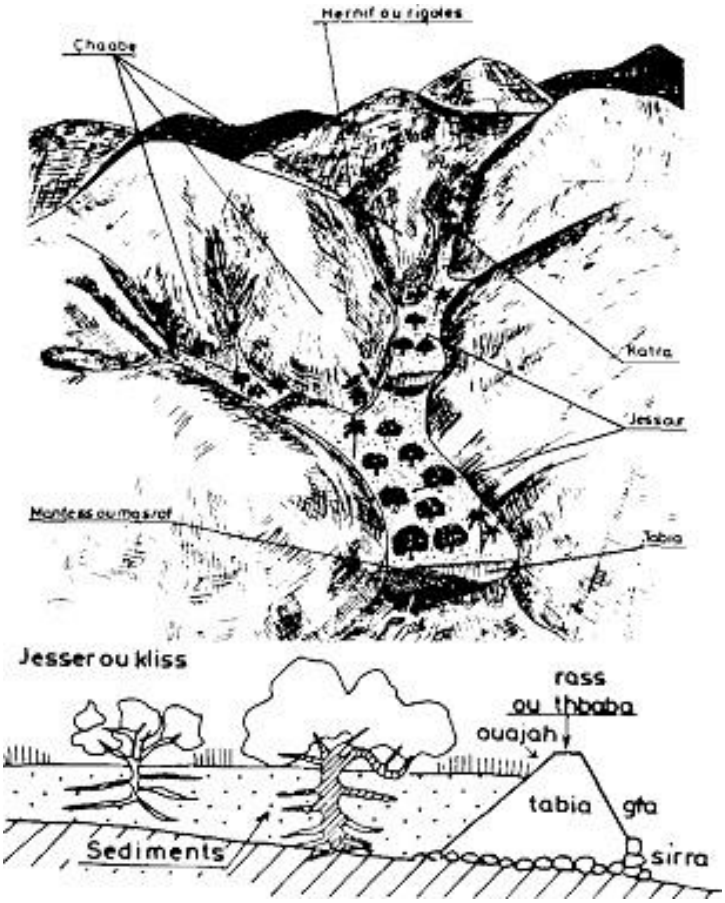


Barrage détruit à cause d'un déversoir [« spillway »] insuffisant.



Tabia à large digue.



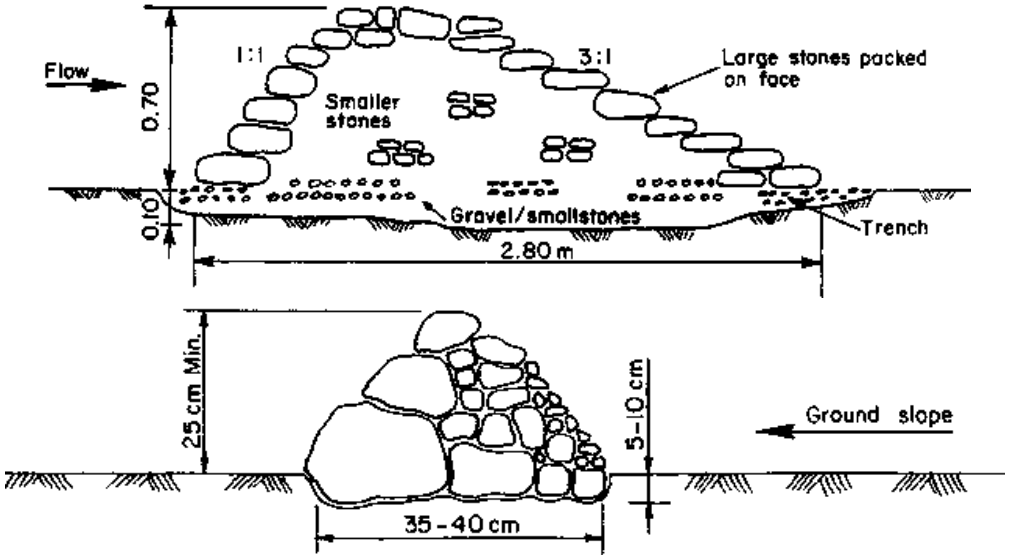


Vue et profil d'un "*jessour*", système d'exploitation des eaux de ruissellement: le ruissellement de l'eau et des sédiments des collines sont capturés derrière les barrages («*Tabia*») dans le fond de la vallée.

Légendes :

- Hernif ou rigoles
- Chaabe
- Katra
- .Jesser ou kliss
- Sédiments
- Rass ou thababa
- ouajah

- Jessour
- Mantess ou masraf
- Tabia
- tabia
- gfa
- sirra



Johad (hindi : जोहड) : cuvette de stockage des eaux de pluie utilisée principalement dans l'état de Rajasthan, en Inde, qui recueille et stocke l'eau tout au long de l'année, à des fins de consommation par les humains et le bétail. Dans de nombreuses parties de l'état , la pluviométrie annuelle est très faible (entre 450 et 600 mm) et l'eau peut être désagréable à boire. La pluie qui tombe en juillet et Août est stockée dans les johads et utilisée tout au long de l'année. Ce sont des barrières de boue et de gravats simples construits à travers le contour d'une pente pour arrêter l'eau de pluie. Ces barrages de terre sont destinés à capturer et à conserver l'eau de pluie, ce qui conduit à l'amélioration de la percolation et la recharge des nappes. Ils sont construits sur une pente avec un haut remblai sur les trois côtés tandis que le quatrième côté est laissé ouvert pour laisser l'eau de pluie y pénétrer. Ils sont très communs dans le désert du Thar du Rajasthan. Les Johads ont été largement diffusés et utilisés par l'ONG « *Tarun Bharat Sangh* ».
Sources: a) *Traditional Practice of Rainwater Harvesting*,
http://www.nepjol.info/index.php/HN/article/download/4229/3590
b) http://www.ecotippingpoints.org/our-stories/indepth/india-rajasthan-rainwater-harvest-restoration-groundwater-johad.html
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Johad





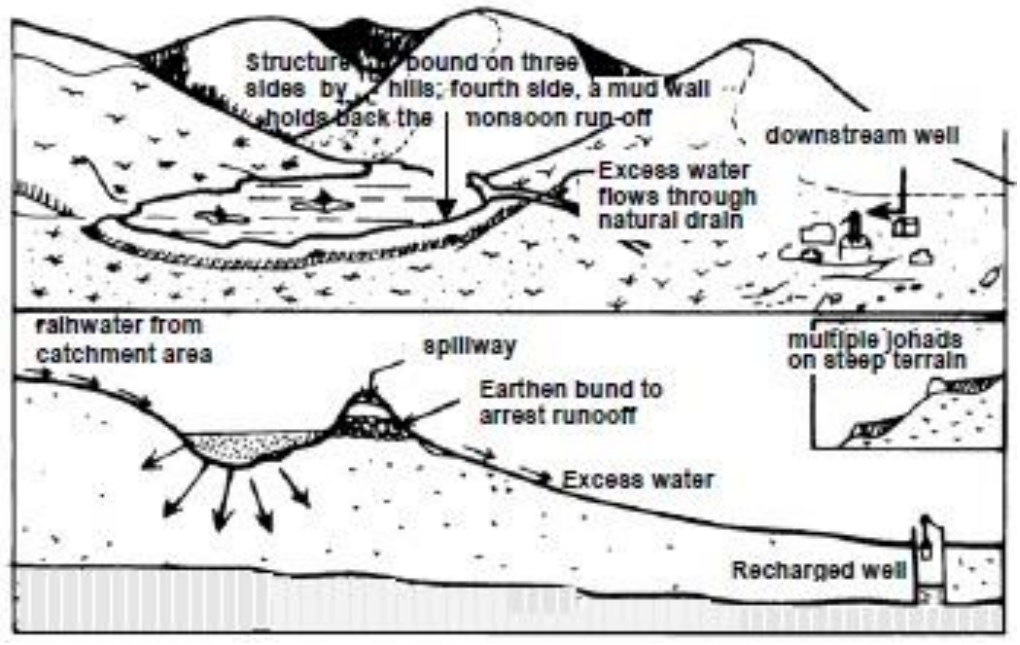









(b)



Légendes :

- Structure liée sur trois côtés par des collines, le quatrième côté étant un mur de boue retenant le ruissellement due à la mousson
- Puits en aval
- L'excès d'eau s'écoule naturellement vers une vidange
- L'eau de pluie du bassin versant
- Déversoir
- Digue en terre pour arrêter le ruissellement
- L'excès d'eau
- Le puits rechargée
- Multiples *Johada* sur un terrain escarpé

24.9 Lavogne

Une **lavogne** ou **lavagne** désigne une petite dépression aménagée par l'Homme sur les causses (« plateaux calcaires ») pour collecter l'eau de pluie et abreuver le bétail, voire lui-même à une époque plus ancienne. Appelées *sotchs* ou dolines, ces excavations naturelles ont été étanchéifiées par un tapis argileux destiné à capter et à retenir les eaux de ruissellement, puis pavées de pierres calcaires afin que les onglons des brebis ne percent pas la couche d'argile. Les lavognes étant essentiellement alimentées par les eaux de pluie et de ruissellement, leur niveau varie en fonction des saisons.


Lavogne sur le causse de Sauveterre.


Lavogne sur le causse du Larzac.


Lavogne sur le causse de Blandas.

24.10 Lac ou retenue collinaire

Les *retenues collinaires* sont des ouvrages de stockage de l'eau qui sont remplies par les eaux de surface, les eaux de ruissellement. Elles peuvent être assimilées à des micro-barrages.
Lac collinaire : lac artificiel de petite ou moyenne dimension, aménagé au dévers d'une colline, afin de recueillir les eaux de ruissellement. Note : plutôt, les zones du « subhumide », où la pluviométrie est supérieure à 500mm.
L'ouvrage, constitué d'une digue en terre ou maçonnée permet de retenir l'eau dans un talweg, une combe, un ravin, un vallon et de stocker une part des écoulements d'eaux. Ces eaux sont utilisées ensuite dans les domaines de l'irrigation agricole, la protection incendie, les loisirs, la pisciculture et l'eau potable. Ces petits barrages permettent d'accroître les ressources en eau disponibles au cours de l'année. *Ils doivent respecter certaines normes pour leur construction (voir lien ci-dessous).*
Les lacs collinaires (petits barrages), tout en étant un moyen courant, efficace et économique de mobilisation des eaux de surface, sont destinés généralement à développer l'agriculture locale. Ils peuvent avoir différents objectifs tels que :

- La création de points d'eau à usage domestique ;
- L'amélioration de la nappe phréatique ;
- La protection contre les inondations .

Le lac collinaire est un petit barrage en terre dont la hauteur de la digue est généralement inférieure à 12 m et la capacité moyenne de la retenue peut varier de 50000 m3 à un million de m3 pour les réalisations destinées spécialement à l'exploitation agricole.

Sources :
a) http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesyntheses/RDV/RDV13retenuescollinairessupports.pdf ,
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Retenue_collinaire
c) *Evolution des techniques de conservation des eaux et des sols en Tunisie*, Mohamed BOUFAROUA, http://www.slire.net/download/1313/23-625-635.pdf














Retenue collinaire.



Lac collinaire dans la région nord Marocain installé pour contrer le problème d'envasement d'un barrage en aval[166].



Ravin aménagé dans un champ de céréale : seuils en pierres sèches[167].



Série de seuils.

[166] *Erosion hydrique*, http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/VI.Lutte.html
[167] *Erosion hydrique*, http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/VI.Lutte.html

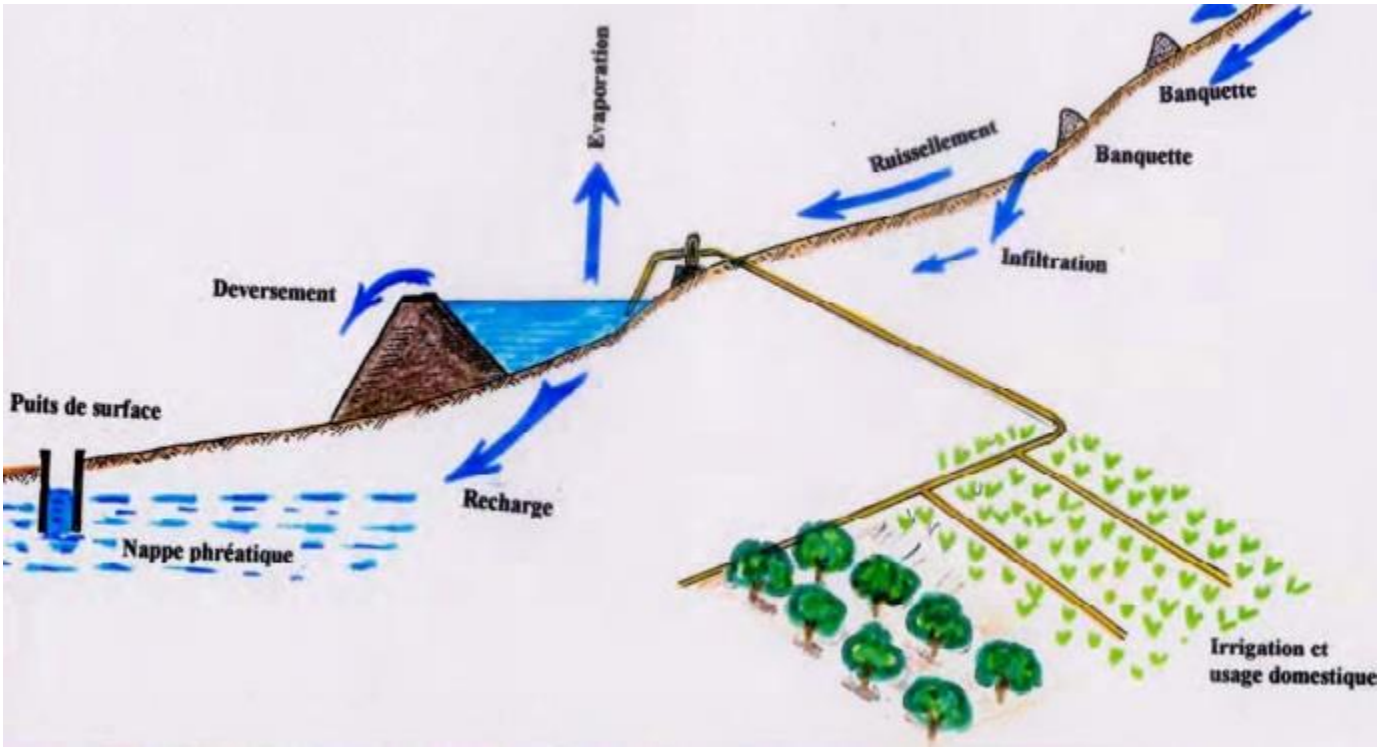


Schéma d'un lac collinaire (très semblable à un johad).

24.11 Déversoirs

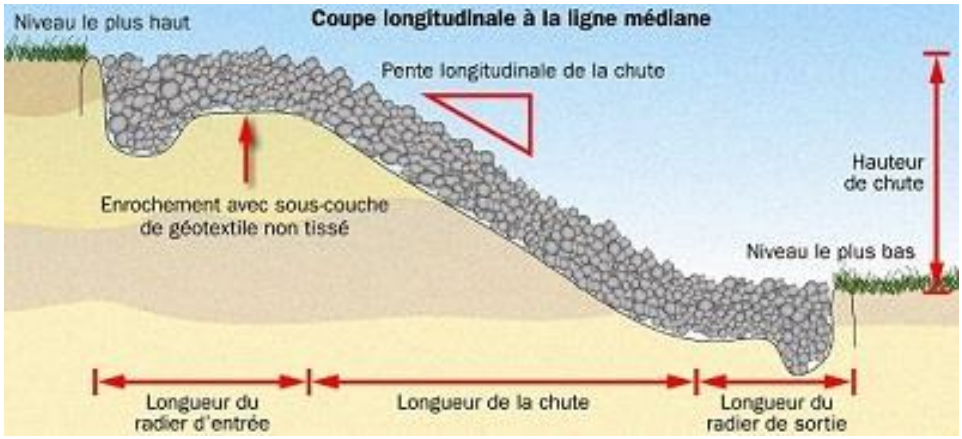


Le déversoir empierré absorbe l'énergie de l'eau en mouvement. Mais il faut être attentif à l'eau qui se creuse un chenal sous les descentes enrochées ou autour de celles-ci. Source : MAAARO [168].

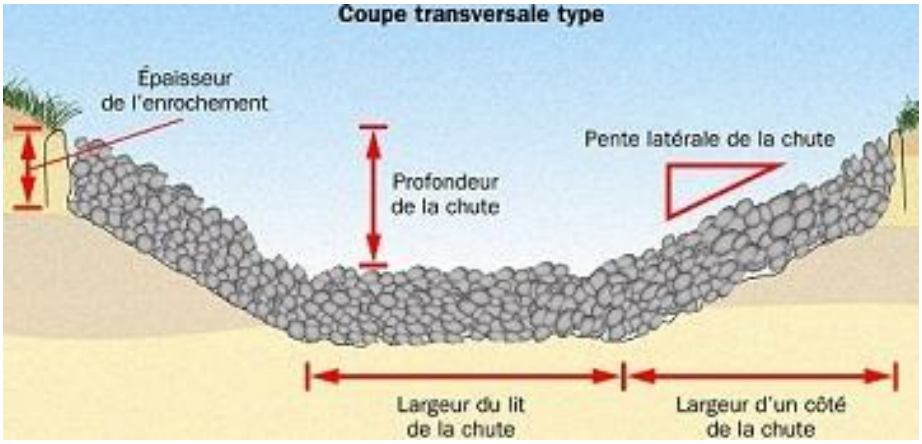


La chute en arc de cercle fait franchir à l'eau une dénivellation importante sans provoquer d'érosion. Source : MAAARO.

[168] *Planification et entretien des ouvrages de lutte contre l'érosion*, R. Stone, P. Eng., fiche technique n° 97-016, juillet 1997, AGDEX 751, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (MAAARO), https://www.doc-developpement-durable.org/file/eau/lutte-contre-erosion_protection-sols/PLANIFICATION%20ET%20ENTRETIEN%20DES%20OUVRAGES%20DE%20LUTTE%20CONTRE%20L-%C3%89ROSION.pdf



Déversoir enroché (coupe longitudinale). Source : MAAARO [169].



Déversoir enroché (coupe transversale). Source : MAAARO[170].

24.12 Gabion (fabrication etc.)

Le gabion est un mur de pierre, très souvent dans une cage en grillage, installé perpendiculairement à l'écoulement des eaux, la plupart du temps utilisé dans les climats secs, voir aride et permettant de stopper l'érosion des sols, les sédiments venants s'accumuler contre lui. Le gabion piège alors, au fil des inondations ou des pluies importantes, d'énormes quantités de sédiments. Ces couches de sédiments se superposent jusqu'à atteindre le haut du muret et à former une terrasse. Une fois cette terrasse formée, elle sera ombragée par une plantation d'arbres sur ses bordures. Plusieurs gabions successifs sont possibles et ils existent sous de nombreuses formes. Le coût d'une telle installation est faible et a permis de transformer des lieux arides en oasis, en quelques années. Il est assez facile de fabriquer un gabion, voici une méthode possible (source : http://www.permaculturedesign.fr/terrassement-en-permaculture/).

[169] Cf. http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/13-036.htm
[170] Cf. http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/13-036.htm



Fabrication des cages en grillages, n'oubliez pas les grillages intercalaires. Source Milkwood Permaculture.



Remplissage avec des cailloux, source Milkwood Permaculture.

24.13 Citernes couvertes (matfia, joub ou notfia)

Description : La *matfia* collective est composée de :

- Un impluvium naturel plus ou moins aménagé : il coïncide avec le versant qui surplombe la *matfia*. Dans le Rif, le toit de la *matfia* (70 à 150 m^2) est bétonné et utilisé comme impluvium, mais le plus souvent ce sont les eaux ruisselant des pistes et d'un petit versant qui sont captées ;
- Un canal (*assarou*, séguia) de raccordement entre l'impluvium naturel et la citerne ;
- Un bassin de décantation des sédiments, une conduite d'eau reliant le bassin de décantation à une ouverture perçant la dalle de la citerne et un orifice pour puiser l'eau, muni d'un couvercle en fer ;
- Une citerne (réservoir souterrain) creusée dans le sol, construite en pierre et étanchéifiée par de la terre battue, de la chaux ou du ciment. Les dimensions de cet ouvrage varient de 100 à 300 m3 en fonction du nombre d'habitants et de la taille du troupeau à abreuver. Le toit est construit avec des pierres moyennes ou avec des troncs d'arbres recouverts d'une couche de terre ou de ciment pour former une toiture étanche. Un puits muni d'une pompe ou d'un seau permet de puiser l'eau filtrée.

La *matfia* individuelle ou familiale est plus modeste : le toit de la maison joue le rôle d'impluvium. La citerne prend la forme d'un réservoir souterrain (*joub*) creusé dans la cour de la maison. Il est imperméabilisé avec de l'argile battue mélangée à la chaux ou avec du ciment.

Objectifs

Les eaux stockées dans la *matfia*, collective ou individuelle, sont destinées aux usages domestiques, à l'abreuvement de la famille et du troupeau et parfois à l'irrigation d'appoint d'un petit jardin en zones semi-arides et arides. Lorsque la saison sèche dure longtemps, la *matfia* ne suffit pas, et il faut la remplir à l'aide de camions citernes. De façon indirecte, la matfia réduit les risques de ravinement en aval.

Coût d'installation

L'installation d'une matfia demande un investissement important. Le coût varie en fonction de la taille de l'ouvrage et des matériaux utilisés. Les travaux sont généralement réalisés dans le cadre d'une entraide sociale ou avec les subsides de l'État. Le coût de construction d'une matfia collective d'une capacité de l'ordre de 350 m3 varie de 10 000 Dm (en terre battue + chaux + toit en bois) à 20000 Dm dans le cas de l'utilisation de matériaux modernes (ciment, barres en fer à béton). Les citernes familiales traditionnelles (50 à 100 m3 de volume) coûtent nettement moins cher.

Suivi et entretien de la matfia collective (voir ci-après) :

- Déviation des eaux des premières pluies qui sont souvent polluées et trop chargées de sédiments.
- Nettoyage de la vase qui s'accumule au fond des citernes (fréquence: 1 fois par an pour les citernes à impluvium constitué de formations tendres, 1 fois tous les 3 ou 4 ans pour les citernes cimentées).
- Changement du seau utilisé pour puiser l'eau (fréquence 1 fois par an) et entretien de la pompe.

Pour les *matfia individuelles* qui captent seulement l'eau des toitures, le toit est régulièrement nettoyé avant les périodes pluviales. Le curage se fait une fois tous les 3 ou 4 ans.

Avantages

- Stockage de l'eau et utilisation différée
- Approvisionnement en eau domestique
- Amélioration des conditions d'hygiène de la famille
- Rôle majeur dans la pérennisation des activités pastorales
- Permet la fixation de la population dans le milieu rural
- Diminution des risques de ravinement et d'inondations
- Ouvrages enterrés donc discrets, à faible emprise foncière
- Réduction de la corvée de l'eau.

Inconvénients

- Volume insuffisant pour les besoins annuels
- Problème sanitaire: stockage trop long ou puisage par les enfants peu soigneux
- La corvée d'eau prive les filles de l'école
- Entretien difficile si accès difficile

Sources : a) *Les techniques traditionnelles de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols*, Mohomed SABIR, Éric ROOSE & Jomol AL KARKOURI, Chapitre 6, page 139, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010054917.pdf
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Citerne (voir aussi définition d'une citerne dans le glossaire).









Matfia dans l'Atlas.



Matfia dans l'Atlas



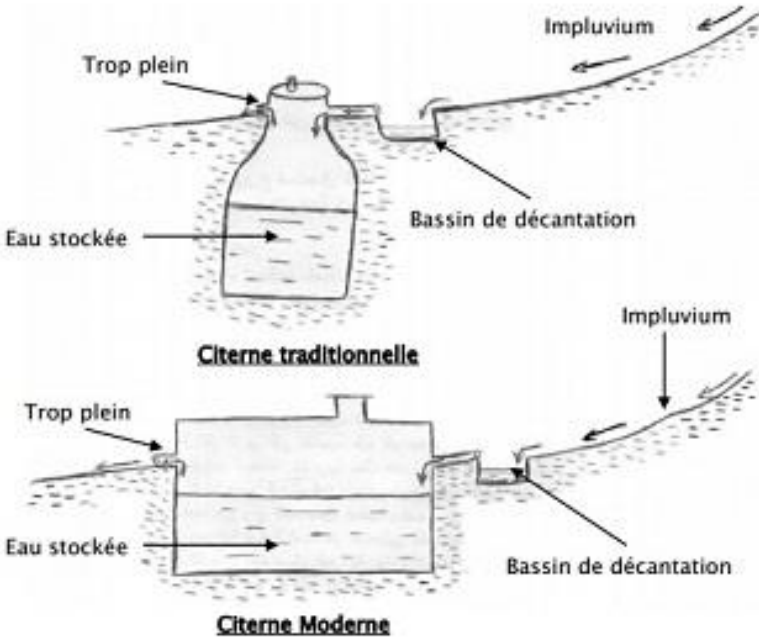
Citerne traditionnelle collective (ici à La Malga).



Citerne traditionnelle au Yémen



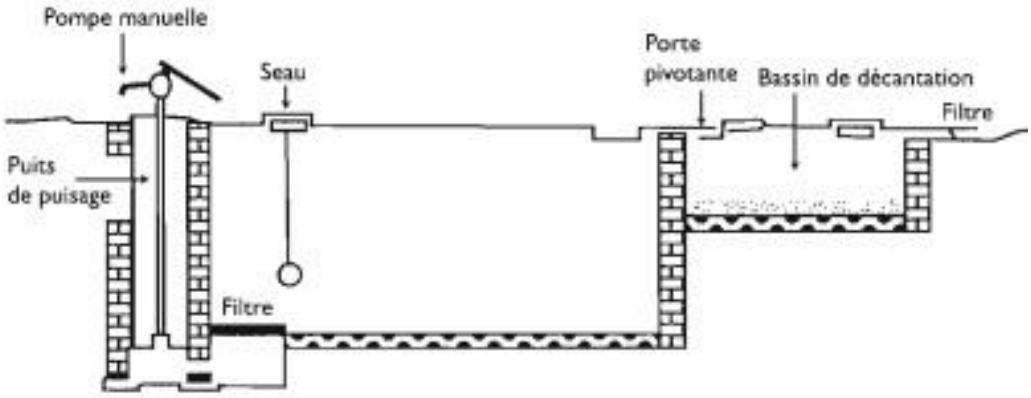
Construction d'une citerne en Syrie





Citerne pour la collecte des eaux pluviales pour l'alimentation en eau potable (zone de Ksar Jedid - Medenine - Tunisie).

Construction de citernes de quelques m3 à quelques dizaines de m3 de capacité pour collecter et stocker les eaux pluviales pour l'alimentation en eaux potables et pour l'abreuvement du cheptel dans les zones rurales et dans les parcours.

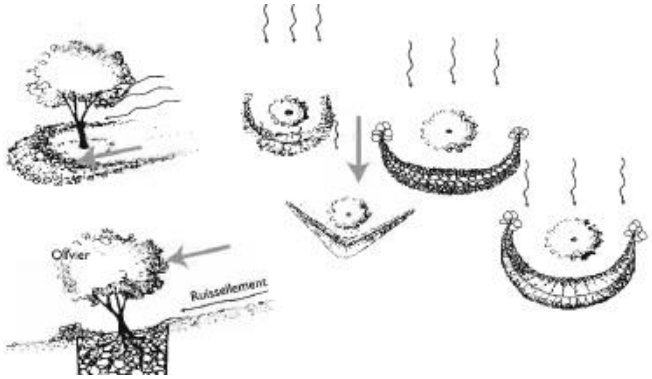


Une *matfia* étatique (makhzen) (d'après EL FASSKAOUI, 2007).

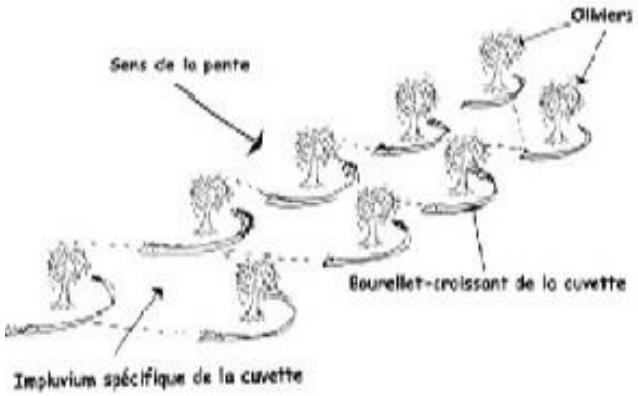
24.14 Cuvettes en demi-lunes

C'est une diguette en forme de demi-lune (diamètre de 2 m à 6 m) qui permet de concentrer le ruissellement et sa charge en suspension sur des arbustes ou des cultures en poquets. L'extrémité de la diguette peut être protégée par des cailloux.
Le cordon pierreux et la demi-lune ont permis la recolonisation totale du sol nu par une végétation herbacée, au bout de deux ans (Van der Pool et Kaya, 1991, cités par DRSPR, 1992).
Une autre technique de piégeage des eaux de surface consiste à creuser des cuvettes de plantations d'arbres (fruitiers ou autres) et de les entourer de bourrelets en demi-lune faits de terre tassée, souvent recouverte de pierres. Leurs diamètres varient de 0,50 à 2 m et la profondeur de 15 à 25 cm. Les bourrelets ont une hauteur de 15 à 25 cm et une largeur moyenne de 25 cm. Ils peuvent être renforcés par des pierres issues de l'épierrage du champ. Les cuvettes sont disposées en quinconce et espacées de 4 à 10 m. Elles sont ouvertes face au sommet de la pente pour capter le ruissellement produit par les impluviums souvent constitués de terrains peu perméables, incultes ou rocheux, voués au parcours extensif des troupeaux. Les espacements entre les lignes sont variables (de 7 à 15 m) selon le type d'arbre, la pente du terrain et l'aridité.
Source : *L'eau et les hommes au Maghreb: contribution à une politique de l'eau en Méditerranée*, Jean Jacques Perennes, KARTHALA Editions, 1993.

Principe on creuse une cuvette en demi-cercle. La terre de déblais est déposée en un bourrelet qui récupèrera l'eau de ruissellement. On dispose les demi-lunes en quinconce avec 4m d'entrelignes. Mélangée à de la fumure, la terre de la cuvette conservera l'humidité.
Pré requis disponibilité de main d'œuvre, fumure et petit matériel agricole. Déconseillé au-delà de 600 mm de précipitations.
Effets concrets remise en culture de terres pauvres (céréales, pâturages, forêts). Effet dès la première année. La combinaison demi-lune et fumure produit d'environ 1T/ha de sorgho grain.
Coût petit matériel pour creuser, niveau à eau et charrette pour amener le fumier. Environ 75€/ha.



Les micro-bassins : demi-lunes et cuvettes[171].



Cuvette individuelle avec *impluvium* (système Meskat ou Meskal).
Légendes : Sens de la pente, Oliviers, Impluvium spécifique de la cuvette, Bourrelet croissant de la cuvette.

[171] *Impact de l'aménagement des terres de culture par les cuvettes individuelles sur l'humidité et la fertilité du sol (Tunisie du centre),* Mohamed Bergaoui, Jalel el Faleh et Ali Hendaoui.













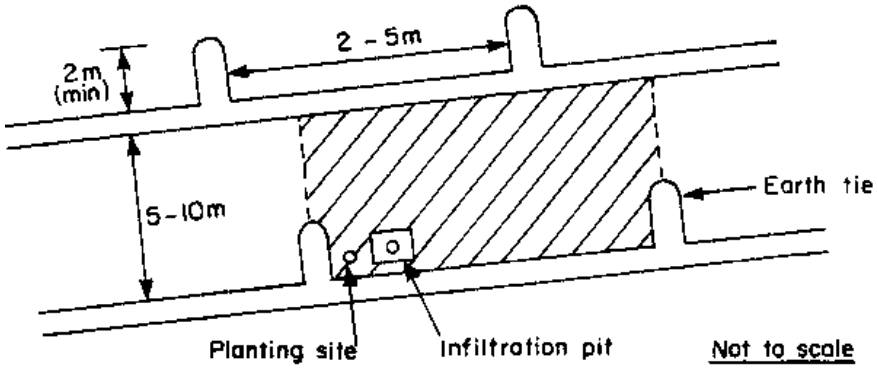




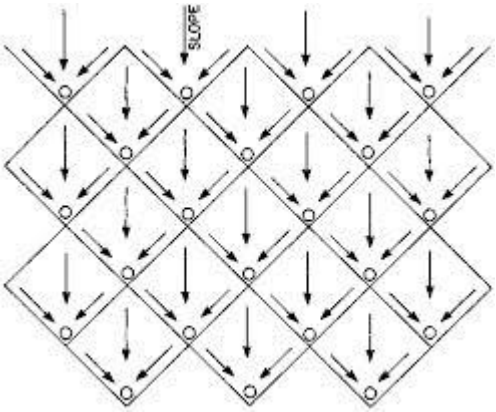


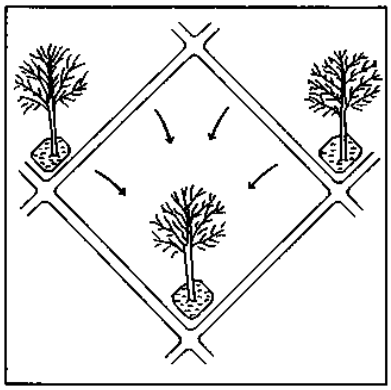
24.15 Negarim

Ce sont micro-bassins versants, en forme de diamant, fermés par de petites digues de terre, avec un puits d'infiltration dans le coin le plus bas.



Légende : Site de plantation, Fosse d'infiltration, butte de terre (pas à l'échelle).











24.16 Alignement de pierres, cordons pierreux et murettes

C'est une seule rangée de pierres plantées dans le sol pour ralentir le ruissellement, piéger des particules (limon et matière organique) transportées par le ruissellement ainsi que des sables éoliens.
Des pierres dégagées par les labours sont empilées sans structure particulière sur de gros rochers, puis alignées en cordons le long des courbes de niveau. De tailles très variables, elles sont parfois également déposées directement

sur le sol et empilées progressivement selon leur disponibilité. Ces empilements donnent naissance à des cordons continus ou discontinus selon l'importance de la charge caillouteuse des champs. Ils ont une largeur de 30 à 70 cm et une hauteur variable selon la pente (de 30 à 100 cm), et peuvent former des terrasses progressives qui tendent vers l'horizontale sans jamais l'atteindre.

Cordons pierreux

Principe de petits murets de pierre de 25 cm de haut sont construits suivant les courbes de niveau de la parcelle, pour des pentes faibles à moyenne sur sols sablo-argileux ou gravillonnaires, à moins de 800mm de pluies. Le ruissellement des eaux est ralenti, l'infiltration augmente et l'eau est mieux répartie. Cela favorise aussi la sédimentation et la conservation des amendements.

Prérequis disponibilité de main d'œuvre et de pierres d'au moins 1 dm3 en quantité et à une distance raisonnable.

Effets concrets couplé à la fumure organique, améliore de 20% au moins les rendements de céréales. Améliore la production de fourrage d'au moins 20%.

Coût matériel de concassage des pierres & de mesure de la pente, camion et charrettes pour transport des pierres, Selon la distance des carrières, le coût à varie de 130 à 250 €/ha.

Le cordon pierreux a un effet positif sur les débits de pointe, l'étalement des écoulements et les risques d'érosion (Roose, 1994). Son influence sur le ruissellement global reste mitigée.

Avantages

- Valorisation de la terre par le déblaiement des grosses pierres de surface.
- Récupération des eaux et des sédiments à partir d'un impluvium.
- Amélioration de la productivité des terres.

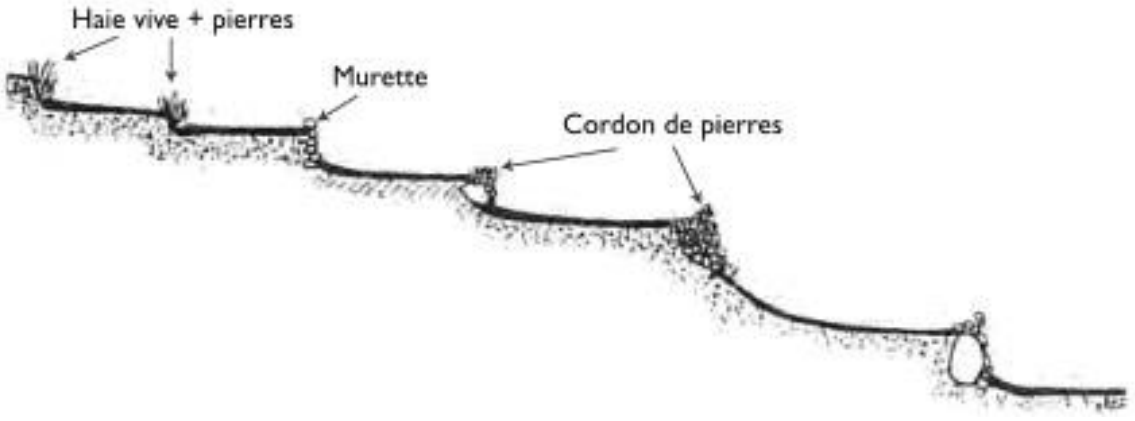
Inconvénients

- Demande une main d'œuvre importante, mais construction progressive en 5 à 10 ans.
- Difficulté de circulation à l'intérieur des parcelles.
- Perte de surface de culture principale, mais diversification possible par introduction d'arbres sur les cordons.

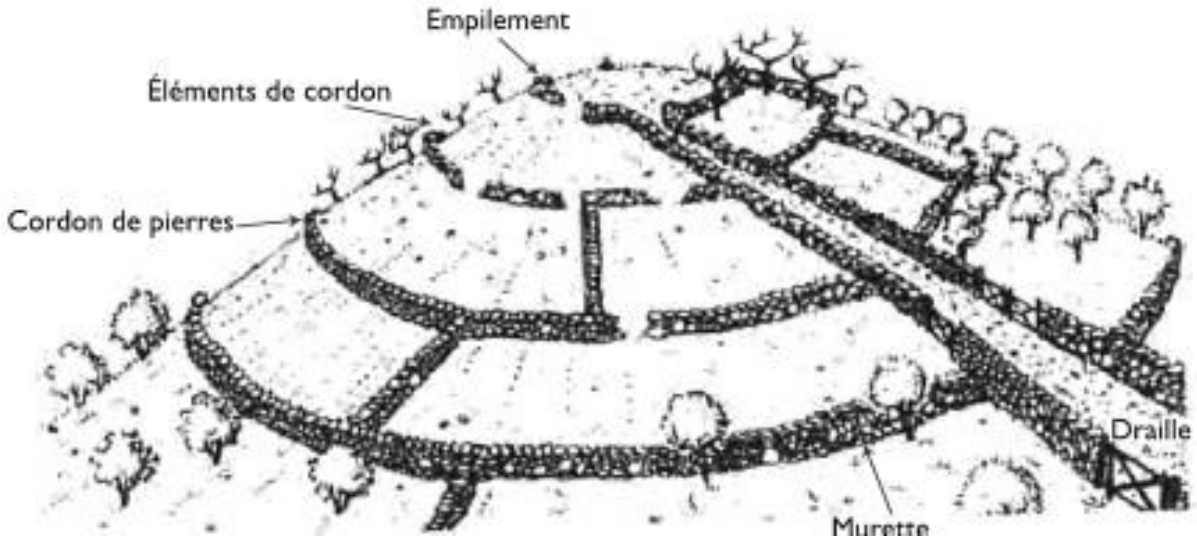
Murets ou murettes

Ils sont formés de deux à trois niveaux de pierres solidaires, de 10 à 50 cm de hauteur, disposés en courbe de niveau tous les 10 à 50 m. Ils peuvent être consolidés par des herbes ou des haies vives. Ils permettent l'étalement des eaux de ruissellement et la sédimentation (5 à 15 cm de sable, limon et matière organique).

Les cordons et les murettes sont là les formes d'une technique élaborée qui demandent un investissement humain important et qui répondent à des besoins en terres cultivables dans des situations particulières de pénurie d'eau ou du sol.



Légendes : Haie vive + pierre, Murette, Cordon de pierres.



Légendes : Cordon de pierres, Eléments de cordon, Empilement, Murette.


© CILSS/IREMLCD-2008


Murette[172].


Des participants au programme construisent un cordon de pierre pour intercepter les eaux de ruissellement et les faire pénétrer dans le sol afin qu'elles ne se perdent pas[173].



24.17 Zaï ou culture en poquets

C'est une cuvette (20 cm à 40 cm de diamètre et 10 cm à 15 cm de profondeur) qui capte le ruissellement à partir d'un *impluvium de 5 à 20 fois la surface travaillée.*
Les cuvettes sont creusées tous les 80 cm à 100 cm. Les trous étant faits pendant la saison sèche, ils piègent des particules apportées par le vent : sable, limon, matières organiques. Dès les premières pluies, une à deux poignées de matière organique (1 t ha-1 à 3 t ha-1) apportées à chaque trou favorisent l'activité des termites (du genre

[172] Cf. http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/VI.Lutte.html
[173] *Collecte des eaux pluviales. Conservation des terres arides en Tunisie*, http://www.fao.org/docrep/007/y5378f/y5378f01.htm ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5378f/y5378f00.pdf

Trinervitermes), qui creusent des galeries. Généralement, une douzaine de graines de sorgho sont semées en poquet pour leur permettre de soulever la croûte sédimentaire, qui s'y forme lors des premières averses (Roose *et al. 1993). Ce système a été utilisé avec succès pour réintroduire la jachère* arbustive et un système agro-sylvo-pastoral, disparu suite à l'usage intensif de la charrue.
Le zaï + fumure améliore le rendement du sorgho au Burkina : 900 kg ha-1 contre 300 kg ha-1 pour le témoin (Roose et al., 1993). Mais cette technique est d'une grande pénibilité.

Principe des trous d'une trentaine de cm de profondeur sont creusés en quinconces tous les mètres sur un sol dégradé (nu, endurci, encroûté). Le trou est enrichi de fumure/compost. Ce trou ameubli va conserver l'eau de ruissellement et permettra la croissance optimale des plantes et la conservation de l'humidité.
Prérequis disponibilité de main d'oeuvre et de fumure. Ne convient pas aux sols très sableux ni aux bas-fonds. Déconseillé au-delà de 800mm de précipitations.
Effets concrets récupération de terres nues (céréales, fourrage ou boisement) et régénération du potentiel productif. Effet dès la première année. Couplé aux cordons pierreux, permet de collecter 800 kg de grain/ha.
Coût petit matériel pour creuser et charrette pour le transport du fumier. Environ 75€/ha.





© CILSS/IREMLCD-2008.



© CILSS/IREMLCD-2008





Sorghos plantés dans des poquets

24.18 Irrigation

Irrigation : Techniques permettant d'irriguer c'est-à-dire d'apporter de l'eau aux cultures sur un territoire où elle manque. L'irrigation nécessite donc l'utilisation de pompes, de tuyaux, de canaux, le creusement de puits, etc. On

parle aussi de cultures irriguées pour désigner les champs qui apparaissent parfois dans les déserts, suite à l'apport d'eau[174].

On peut distinguer plusieurs techniques d'irrigation, plus ou moins économes en eau (ou à risque de salinisation, etc.), outre l'arrosage manuel (arrosoir, seau, etc.) réservé aux très petites surfaces, dont les techniques par : a) écoulement de surface, b) aspersion, c) micro-irrigation ou irrigation localisé (goutte à goutte ...), d) submersion, e) abissage (dérivation d'un cours d'eau).

Écoulement de surface ou irrigation gravitaire

L'irrigation de surface (« irrigation par sillons », « à la raie » ou « gravitaire »), utilise la gravité via un réseau de canaux et rigoles de taille dégressive. L'arrosage lui-même s'effectue ensuite par ruissellement, par submersion ou par infiltration dans le sous-sol proche des cultures.

Asperseur

Cette technique consiste à imiter l'effet des précipitations : l'eau, acheminée sous pression par des tuyaux flexibles, est propulsée en l'air sous forme de gouttelettes, lesquelles retombent sur les cultures autour de chaque asperseur. La technique peut être déclinée en micro-aspersion, semblable à la précédente mais plus localisée donc plus économe en eau.

Micro-irrigation ou irrigation localisée

La micro-irrigation consiste à acheminer l'eau jusqu'aux racines des plantes, de manière très localisée et uniquement à la quantité nécessaire, ce qui permet en outre d'éviter le ruissellement source de pertes de minéraux et nutriments solubles. C'est un enjeu majeur en zone aride3 et d'oasis4. Dans le contexte du réchauffement climatique, elle devient un enjeu important.

Submersion

L'irrigation par inondation ou submersion consiste, comme son nom l'indique, à recouvrir d'eau la parcelle. C'est la technique appliquée dans les rizières ; c'est aussi celle qui fertilisait l'Égypte par les crues du Nil.

Abissage

Cette technique consiste à dériver un cours d'eau dans une rigole en vue de l'amener en amont des prairies à irriguer.

[174] L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation



Irrigation par aspersion d'un champ de maïs dans la vallée de la Méouge.



Irrigation à pivot central du coton aux États-Unis.



La plaque tournante d'un système d'irrigation à pivot central



Fuites dans les lignes de goutte à goutte de micro-irrigation



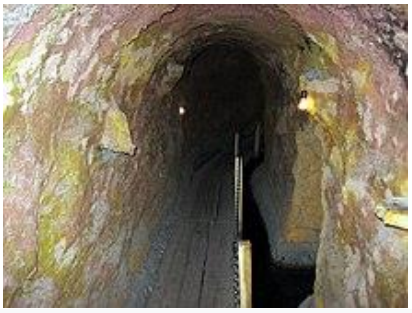
Canal d'irrigation à Osmaniye, Turquie.



Irrigation par aspersion des bleuets à Plainville, New York , États-Unis.



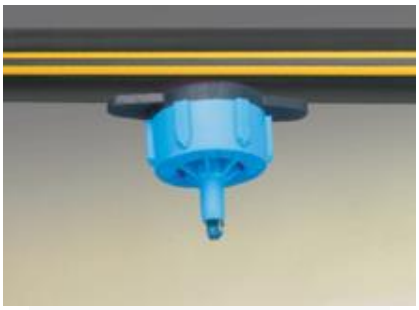
Irrigation au Tamil Nadu, Inde



À l'intérieur d'un tunnel karez (appelé Qanats en Iran), à Turpan, Xinjiang, Chine



Irrigation par inondation du *bassin du blé*.



Irrigation goutte à goutte – un goutteur en action.



Micro-arroseur.



Arroseurs de cultures près de Rio Vista, Californie , États-Unis.



Arroseur applicateur à pivot de style rotateur.



Pivot central avec gicleurs à goutte



Un arroseur itinérant au Millets Farm Centre, Oxfordshire, Royaume-Uni.



Depuis des siècles ou millénaires, des canaux d'irrigation (ex. : «*biefs*») ont été construits presque perpendiculairement aux pentes pour transporter l'eau, parfois dès la haute montagne.



Canal d'irrigation en Anatolie.



Technique plus économe en eau, par siphonage de l'eau d'un canal d'irrigation gravitaire vers le champ.

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation

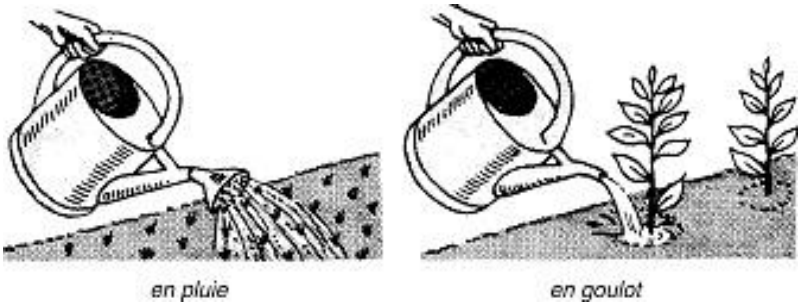
Nous nous intéresserons, dans notre ouvrage, uniquement aux *systèmes de micro-irrigation ou irrigation localisé (goutte à goutte ...),* les plus économes en eau (voir ci-dessous). Pour les autres techniques, voir l'article de Wikipedia sur l'irrigation.

24.19 Economiser l'eau

Chaque homme a besoin de boire 1,5 à 2 litres d'eau par jour. Or dans certaines régions de l'Inde, l'eau est rationnée à 5 litres d'eau par femme du foyer et par jour. Il faut donc savoir économiser l'eau. Il faut cultiver que les plantes alimentaires qui vous sont indispensables et qui demandent peu d'eau : tournesol, sorgho, lentille (appelé *dal* en Inde), mil, lin, arachide, raisin (figuier) … Plutôt que d'utiliser l'irrigation gravitaire (ou de surface), l'irrigation par aspersion ou de répandre l'eau dans le champ, avec un seau ou une calebasse, mieux vaut utiliser des *bidons percés, ou mieux des arrosoirs, ou un système de goutte à goutte simplifié* (utilisant un bidon ou baril surélevé, contenant l'eau, et des tuyaux percés la diffusant _ voir page suivante). Quand cela est possible, *pailler le sol*, pour éviter qu'il se dessèche (voir page suivante) … *Et mieux vaut arroser à la tombée du jour.*



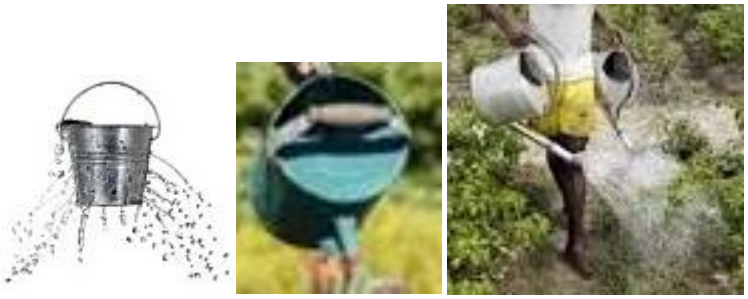
Irrigation gravitaire (à éviter)



Arrosage avec et sans pomme



Calebasse (pénible).

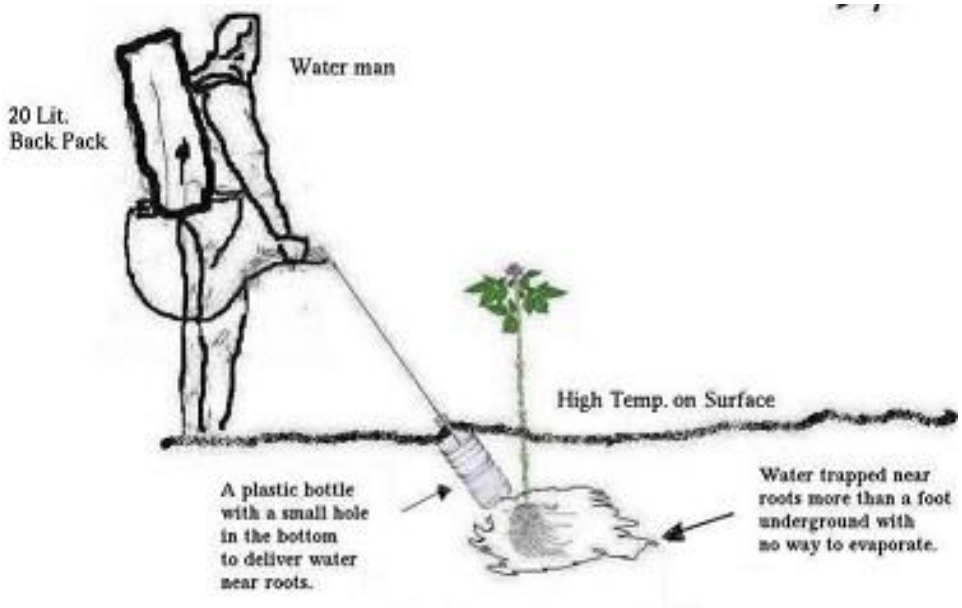


a) à gauche : Solution du seau ou du bidon percé
b) à droite : Arrosoirs (image de droite : Thomas Koehler).

24.20 Le système d'irrigation goutte à goutte ou micro-irrigation

C'est une méthode d'irrigation utilisée en zone aride car elle réduit au minimum l'utilisation de l'eau et de l'engrais. L'eau s'égoutte lentement vers les racines des plantes soit en coulant à la surface du sol soit en irriguant directement la rhizosphère par un système de tuyaux, on peut alors parler de goutte-à-goutte enterré. Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Micro-irrigation, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Drip_irrigation
La technologie moderne d'irrigation par goutte à goutte a été inventée en Israël par Simcha Blass et son fils Yeshayahu. Au lieu de libérer l'eau par des trous minuscules, facilement obstrués par des particules minuscules, l'eau est libérée par des passages plus grands et plus longs en employant le frottement pour ralentir l'eau à l'intérieur d'un diffuseur en plastique (buse).
La plupart des grands systèmes d'irrigation par goutte à goutte utilisent un certain type de filtre à eau pour empêcher l'obstruction du petit tuyau d'écoulement.
Ces systèmes « goutte à goutte » sont nettement plus efficaces et économes que les méthodes d'irrigation traditionnelles, mais plus coûteuses. Les systèmes de goutte à goutte « industriels », à grande échelle, peuvent être complexes, dans leur organisation, montage et mise en œuvre.

Pour comprendre les termes utilisés dans les techniques de l'irrigation « goutte à goutte », voir ce lexique de ces termes : Cf. *Termes technique utilisé dans le domaine de l'irrigation*, https://www.mon-irrigation.com/blog/16/Lexique-irrigation-professionnelle.html



Goutte à goutte simplifié avec une bouteille enterrée.

Légendes : Un pack dans le dos avec 20 litre. Le porteur d'eau. Une bouteille plastique avec un petit trou dans le bas, afin de délivrer de l'eau près des racines. Hautes températures en surface. Eau piégée près des racines, à un peu plus d'un pied sous terre, sans possibilité de s'évaporer.

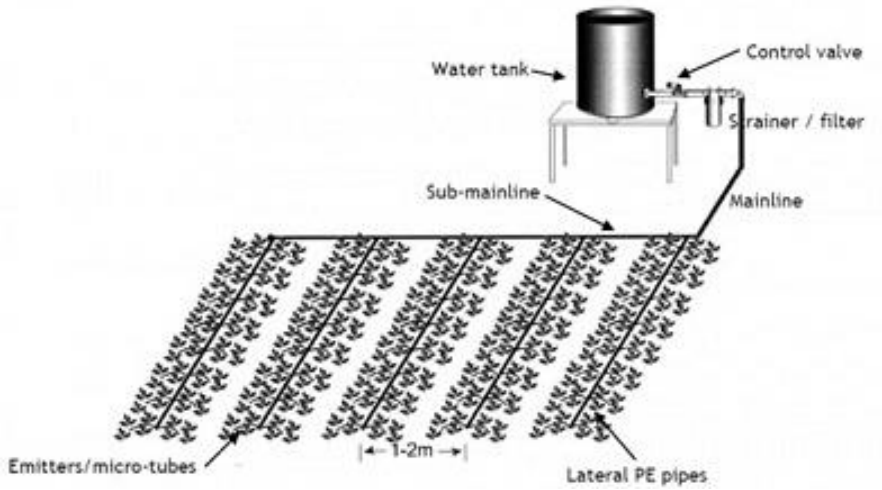


Goutte à goutte dans une vigne du Nouveau-Mexique, 2002.



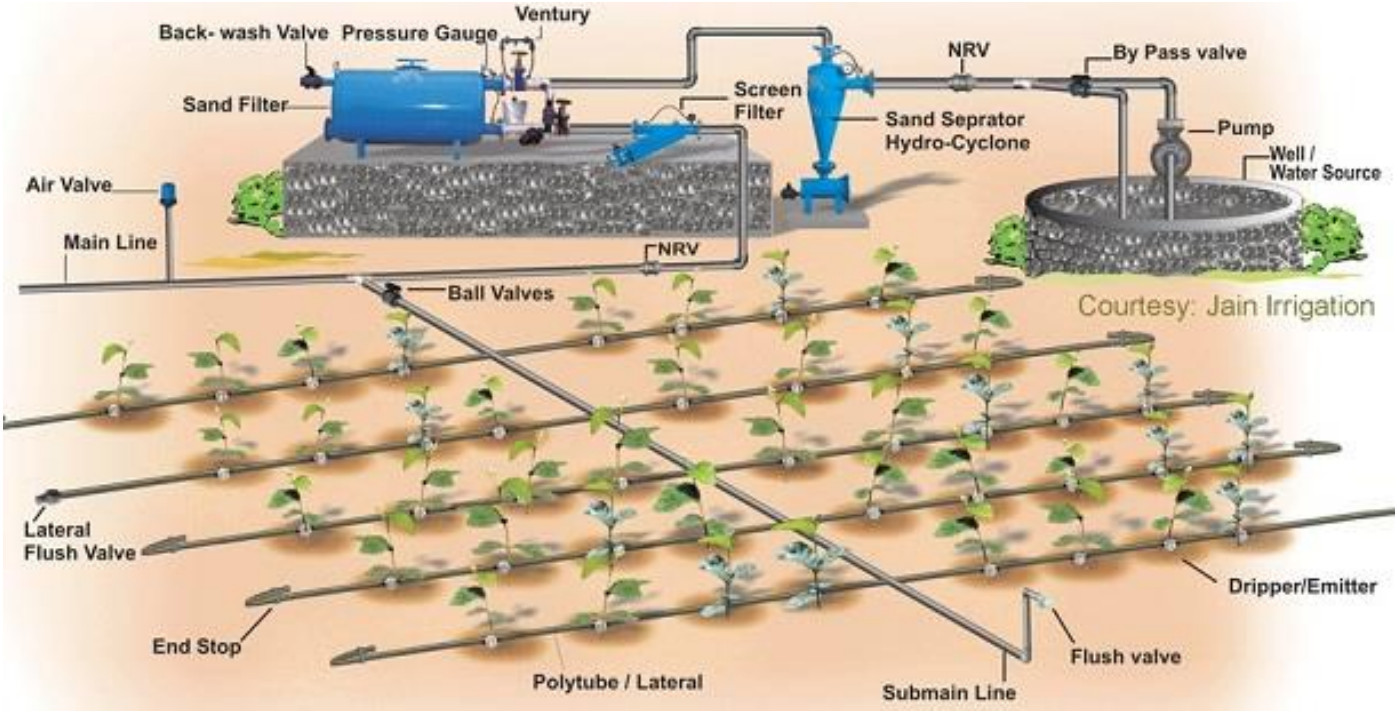
Diffuseur ou buse en plastique.





Un goutte à goutte faible coût

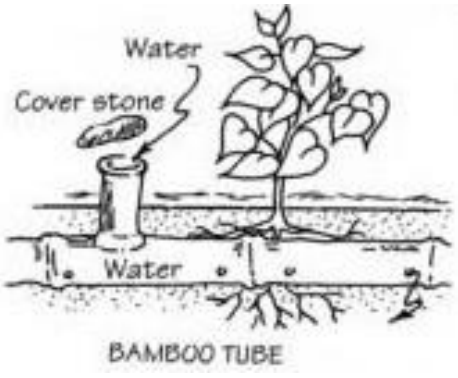
Légendes (voir image ci-avant) : Réservoir d'eau. Vanne de contrôle. Filtre épurateur. Canalisation principale. Canalisation secondaire. Micro-tubes émetteurs/diffuseurs/goutteurs. 142 m. Tuyaux PE latéraux.



Système d'irrigation au goutte à goutte (plus élaboré. Exemple).

Légendes : Soupape (valve) de contre-lavage. Jauge de pression. Venturi (système pour accélérer le débit, par effet Venturi). Filtre à sable. Valve (ou vanne ou robinet ?) aérienne (ou à air ?). Canalisation principale. Filtre : crible. Robinet à tournant sphérique. Séparateur de sable. Vanne de dérivation. Pompe. Puits / Source d'eau. Robinet d'évacuation latérale (chasse). Bouchon d'arrêt. Polytube / latéral. Canalisation secondaire. Robinet d'évacuation. Emetteur/goutteur (buse). Remerciement à Jain irrigation.





Un système d'irrigation maison en Afrique avec un seau à eau, réservoir et tuyaux en plastique simples pour la distribution. Si bambou est disponible, il peut être utilisé en tant que tuyaux de distribution. Source: STANDISH (2009) et INFONET-BIOVISION (2010). Légendes : Pierre de couverture (d'obturation). Tube en bambou. Eau.

Les systèmes de goutte à goutte très simples peuvent être construits avec des matériaux locaux disponibles. L'aide de seaux ou des barils d'eau, servant de *réservoir* et le bambou ou des tubes en PVC, servant de tuyaux de distribution, tout le monde peut construire un système d'*irrigation* très efficace. Si *les eaux usées* sont utilisés, une unité de *filtration* après l'installation de traitement est recommandée pour éviter le colmatage des émetteurs/gouteurs[175].

[175] Cf. http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-use/hardware/optimisation-water-use-agriculture/drip-irrigation



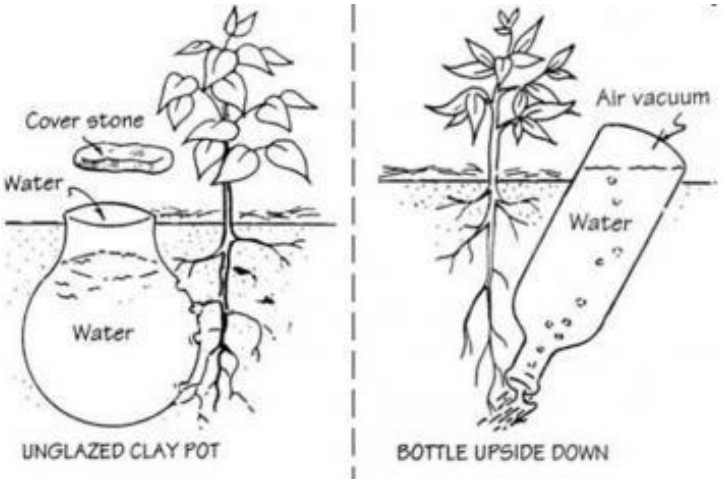
Différents modèles de buses d'arrosage goutte-à-goutte[176].



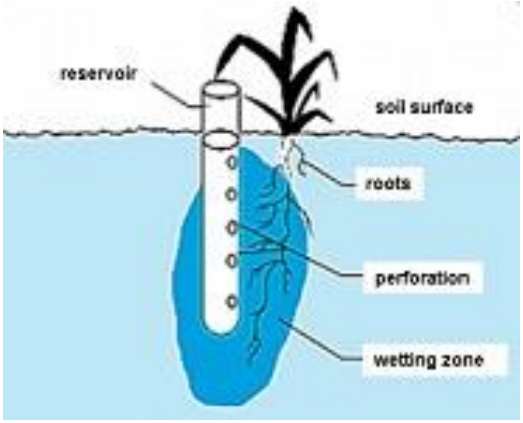
Divers modèles d'émetteurs, de diffuseurs



Un kit agricole, à bas coût, avec un réservoir 1000 litres d'eau peut desservir jusqu'à un huitième d'acre ~ 500 m^2. Source: IPTRID (2008).



A gauche: méthode d'irrigation avec un pot en terre. A droite: méthode d' irrigation avec une bouteille, qui est aussi efficace et simple. Les bouteilles peuvent être trouvés partout dans le monde. Source: INFONET-BIOVSION (2010). Légende : A gauche : Pierre d'obturation. Eau. Pot en terre cuite non émaillé. A droite : Vide d'eau. Bouteille à l'envers.



Procédé de manchon en plastique qui n'a pas été testé de manière systématique et par conséquent il est difficile d'évaluer ses performances. Source FAO-1997.
Légendes : Réservoir. Surface du sol. Racines. Perforations. Zone humide.

[176] Cf. https://fr.aliexpress.com/item/4000846679667.html

 [177]

Irrigation par bouteilles.

 [178]

Irrigation par bouteilles.

 [179].

Irrigation par bouteilles.



Micro-irrigation (goutte à goutte) par tuyaux et buses.

 [180]

Irrigation par bouteilles.

 [181]

Irrigation par bouteilles.



Chaussette d'irrigation Irrigasc**.**





La chaussette d'irrigation Irrigasc, Micro-perforée.

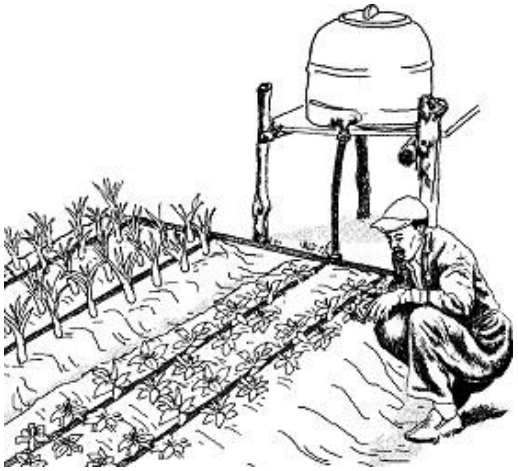


Gaine ou chaussette d'irrigation Irrigasc**.**

[177] Cf. http://indulgy.com/post/8cCoGqoWA2/drip-irrigation-a-pinner-wrote-i-do-this-ever
[178] Cf. http://www.wikihow.com/Make-a-Bottle-Watering-Can
[179] Cf. http://www.thegardenglove.com/going-on-vacation-3-diy-self-watering-ideas-for-the-garden/
[180] Cf. http://plog.puttenahallilake.in/2014/05/pnlit-drip-irrigation-plan.html
[181] Cf. ttps://reluctantmemsahib.wordpress.com/category/precious-water/



Bidon placé en hauteur[182].



Irrigation au goutte-à-goutte utilisant un tonneau et deux lignes d'irrigation par *planche* (source Agrodok 9).

24.21 Filets capteur de brouillard (ou filets à nuages ou à rosée)

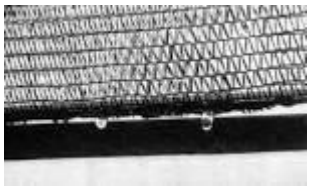
Un **filet capteur de brouillard** consiste à récupérer les fines gouttelettes d'eau contenues dans les nuages et la brume grâce à un long filet constitué de mailles très fines. Cette méthode est expérimentée pour le moment surtout dans des pays comme le Chili et le Pérou, où l'accès à l'eau potable demeure difficile et le brouillard, venant de la mer, régulier (Elle pourrait être expérimentée le long de la Côte des Squelettes en Namibie). Un filet de polypropylène, possédant une résistance aux rayonnements ultra-violets, est tendu horizontalement et maintenu en place par deux montants verticaux fixés au sol, devant intercepter le vent dominant. Lorsque les nuages rencontrent des capteurs de brouillard sur leur passage, les gouttelettes d'eau qu'ils contiennent se déposent sur les mailles du filet. L'eau est ensuite acheminée dans des canalisations, par l'intermédiaire de gouttières placées en dessous du filet, avant d'être stockée dans un réservoir. Les mailles de polypropylène des filets parviennent, en moyenne, à capter 30% de l'humidité du brouillard, ce qui équivaut à un volume de 17 à 42 litres d'eau par mètre carré de filet installé et par jour. Sources : a) http://fr.ekopedia.org/Filet_capteur_de_brouillard, b) www.naturalaqua.es



Des capteurs de brouillard au Pérou.



Filetàa nuage au Chili.



Vue de la goulotte qui recueille l'eau condensée.

[182] Cf. http://www.2012un-nouveau-paradigme.com/pages/Vivre_en_autonomie_une_realite-7804500.html



Un filet à brouillard installé dans le village de Danda Bazzar (Népal), à 2130 mètres d'altitude. Les filets alimentent trois réservoirs de 1000 litres.



La gouttière ou goulotte permettant de récolter l'eau gouttant le long du filet[183],



Il faut que les filets soient solidement arrimés au sol. *Des filets à nuages sur la crête d'El Tofo* (Chili) [un mauvais choix], Stephen Dale, IDRC[184].



La gouttière ou goulotte (grise) récoltant l'eau gouttant du filet[185].



© Association Dar Si Hmad pour le développement, l'éducation et la culture (Maroc)[186].



Attrape-brouillard à Tenerife, pour l'alimentation en eau d'une étable[187].



Natural Aqua (Canaries)[188].



Le projet est composé de 600 m² de filets capteurs, deux citernes de 500 m3, un puits de forage, 9.000 m de canalisation et 20 branchements domestiques, au sommet du Boutmezguida (Maroc)[189].

[183] Cf. http://creatingwater.nl/fotos-tacna-project/
[184] Cf. http://www.idrc.ca/FR/Resources/Publications/Pages/ArticleDetails.aspx?PublicationID=686
[185] Cf. http://creatingwater.nl/fotos-tacna-project/
[186] Cf. https://terriermichel.wordpress.com/2014/05/07/visite-aujourdhui-dune-installation-experimentale-de-recuperation-deau-du-brouillard/
[187] Cf. http://www.clubdesargonautes.org/faq/arbrefontaine.php
[188] Cf. http://www.econostrum.info/Natural-Aqua-se-lance-dans-les-panneaux-attrape-rosee_a215.html
[189] Cf. http://www.lematin.ma/journal/2015/pour-remedier-au-manque-d-eau_sidi-ifni--moissonne--le-brouillard/226280.html

25 Processus de salinisation des sols

De vastes régions dans le monde contiennent beaucoup de sel dans le sol, du fait de la brise marine salée, parce que ce sont d'anciens bassins océanique ou des lacs asséchés. Très peu de plantes peuvent tolérer des sols salés. Si le sel, enfoui sous les racines, y demeurait, le problème serait moindre. Mais deux processus peuvent le conduire à la surface, a) la salinisation par irrigation et b) la salinisation des terres sèches.
Le sol est considéré comme salé si la concentration en sel dépasse 1 à 2 %, dans ses 20 cm supérieurs.

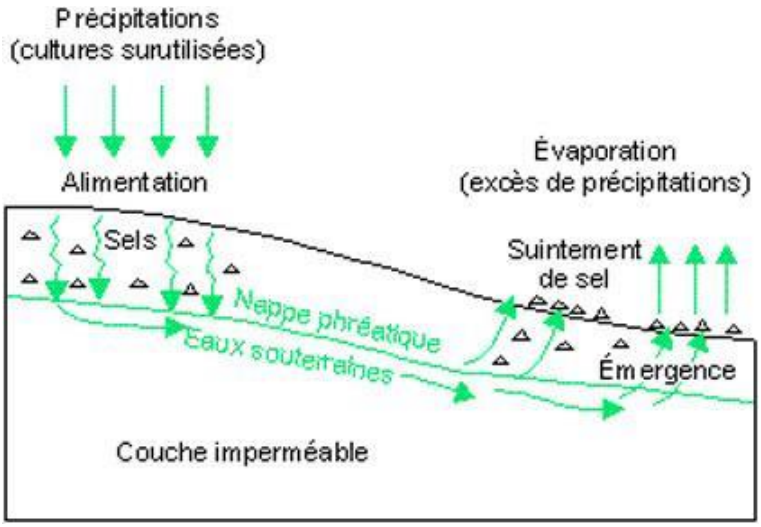
Salinisation par irrigation :

- La salinisation par irrigation peut survenir dans les régions sèches ou les pluies sont trop faibles ou trop peu fiables pour l'agriculture ; l'irrigation y est nécessaire.
- Si un agriculteur pratique le « goutte à goutte », de sorte que coule seulement l'eau que l'arbre ou les racines de la culture peuvent absorber, l'eau est peu gaspillée, sans effet néfaste.
- Mais si l'agriculture suit la pratique courante de « l'irrigation par émission », c'est à dire noie la terre ou utilise un tourniquet qui diffuse l'eau sur une vaste zone, le sol est vite saturé du fait qu'il reçoit plus d'eau que les racines n'en peuvent absorber. L'eau excès s'infiltre vers la couche plus profonde de sol salé, ce qui crée une colonne continue de sol humide [capillarité] par laquelle le sel situé en profondeur peut remonter jusqu'aux racines et à la surface, interdisant la croissance de plantes autres que celles qui tolèrent le sel, ou bien encore descendre vers les eaux souterraines, et passer de là dans les rivières.

Salinisation par assèchement des sols :

- Elle apparaît dans les zones où les pluies sont suffisantes pour l'agriculture. Tant que le sol reste recouvert par la végétation primitive et permanente, les racines des plantes absorbent la plus grande partie de la pluie en sorte qu'une faible quantité s'infiltre à travers le sol jusqu'aux couches salées profondes.
- Si l'agriculture défriche cette végétation et la remplace par des cultures récoltées à certaines saisons, cela laisse le sol à nu une partie de l'année : la pluie qui trempe le sol nu pénètre jusqu'au sel en profondeur, lequel en retour, se diffuse à la surface. Source : *Effondrements*, J. Diamond, Gallimard, 2006, page 459.
- Les terres peuvent aussi se saliner, si l'on pompe dans une nappe aquifère *trop proche de la mer (ce qui attirera l'eau salée dans la nappe phréatique)*.
- Le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute dont 3 ha (**plus de 1,5 Mha par ans**) à cause de la salinisation (Kovda, 1983).
- Aujourd'hui, on estime à près de **400 Mha** les terres affectées par la salinisation (Bot, Nachtergaele & Young, 2000).
- En Afrique: Près de 40 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale.
- Au Proche-Orient: Près de 92 Mha sont affectés par la salinisation, soit environ 5% de la surface totale.

Source : http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Salinisation_irrigation.pdf

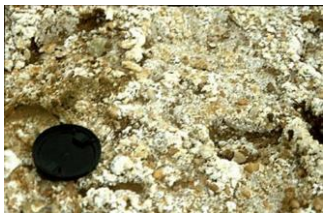


Mécanisme de salinisation des sols des terres basses (en bas de pente), due à une irrigation excessive © Claire König, www.futura-sciences.com





Efflorescence de sels, à la surface du sol (remontée de sels).
© AGRIRESEAU, Canada.



Solutions au problème de la salinisation

1) Bonne gestion des eaux et des écoulements

Une bonne gestion des ressources en eau implique à la fois que l'on empêche l'eau reçue dans les aires d'alimentation de percoler (diffuser) dans les eaux souterraines et que l'on maintienne à un niveau bas et sûr la nappe phréatique dans la zone d'émergence.
Les coûteuses solutions mécaniques, tel l'aménagement de réseaux de drainage souterrains, doivent être réservées aux terrains les plus touchés.

2) Bonnes techniques culturales

Le choix de **méthodes culturales,** visant la restauration de sols salinisés, dépend de la gravité de la salinisation, de son étendue et des caractéristiques locales. Il faut généralement privilégier **une approche biologique**, en faisant appel à des régimes particuliers d'assolement et de travail du sol.
On peut empêcher l'eau de s'infiltrer dans le sol des zones d'émergence en dérivant l'eau de surface vers des étangs situés au bas des pentes. **Les cultures fourragères et les plantes vivaces, la luzerne,** peuvent jouer un rôle utile, en raison de leur saison de croissance plus longue et de leur capacité d'absorber une plus grande quantité d'eau que les plantes annuelles et ce, à une plus grande profondeur. Ainsi, les cultures fourragères empêchent l'accumulation d'eau souterraine, abaissent la nappe phréatique et assèchent le sous-sol. En outre, elles accroissent la teneur en matière organique du sol et en améliorent la structure, ce qui réduit le risque d'érosion.
Ensemencer des cultures tolérantes au sel dans les terrains ou la gravité de la salinisation est raisonnable.
Réduire la mise en jachère par **la culture continue** (terrains peu salins) ou par l'établissement d'une couverture végétale permanente et de cultures tolérantes au sel (secteurs à risque élevé ou salinisation grave). Réduire le travail profond du sol par **l'adoption de non-labour.** Planter des **cultures fourragères** ou des **arbres** près des plans d'eau

pour favoriser l'absorption de l'eau du sol. Retourner au sol le fumier et les résidus de culture : **un sol riche en matière organique pourra retenir davantage d'eau.** Prévenir la formation de flaques au printemps. Installer des réseaux de drainage artificiels en certains endroits si nécessaire. Eliminer les infiltrations d'eau dues aux canaux d'irrigation, aux mares artificielles et aux étangs. Inciter les agriculteurs à établir un couvert végétal permanent sur leurs terres marginales ou à transformer ces dernières en habitats pour la faune.

Source : *Cours d'hydrologie du Prof. Musy, EPFL, Lausanne*, http://echo2.epfl.ch/e-drologie/general/tdmchapitres.html

26 Protection des plants, des pépinières, de la plantation des champs

26.1 Haies vives : protection contre les vols, le broutage, délimitation de parcelles …

Elles sont constituées de deux ou trois lignes d'herbes (*Andropogon* ou *Pennisetum) ou d'arbustes plantés en quinconce.*

Les haies vives permettent :

- De délimiter des parcelles (par exemple, composées d'arbres fruitiers (jujubiers …), de cactus …).
- De protéger des cultures contre le broutage par des herbivores, si elles sont défensives et épineuses.
- De protéger des biens contre le vol, si elles sont défensives et épineuses.
- De fournir de la nourriture, si les arbustes, qui la constituent, sont fruitiers.
- De fournir du nectar aux polinisateurs (abeilles …), si les arbustes sont mellifères (*Senna corymbosa* …) …

Principe On réalise tout autour des parcelles des plantations en quinconce sur deux lignes avec des écartements de 0,25m ou 0,30m. Les espèces les plus aptes et les plus couramment utilisées dans le Sahel sont *Acacia nilotica, Acacia senegal, Ziziphus mauritiana, Bauhinia rufescens, Cassia sieberiana* (photo), voire *Acacia nilotica* ...

Prérequis disponibilité d'un point d'eau permettant l'arrosage et d'une mobilisation de la population contre la divagation animale.

Effets concrets diminution du ruissellement et des érosions hydrique et éolienne; protection des champs de culture contre les animaux au bout de 3-4 ans (embocagement) et production des biens et services (bois, fourrage, fruit).
Coût petit matériel de pépinière et plants. Environ 350 €/ha.

Avantages et inconvénients

Impacts environnementaux positifs de la plantation des haies

- Amélioration du microclimat (effet de brise-vent).
- Réduction de l'érosion hydrique et éolienne.
- Amélioration de l'infiltration d'eau de pluie.
- Augmentation de la biodiversité des plantes et des animaux (de nombreuses espèces spontanées dans la haie qui est l'habitat de différentes espèces).
- Fait partie de la diversité du paysage.
- Amélioration de la gestion et la rotation des pâtures.
- Certains types de couverture peuvent inclure des espèces économiquement productives, arbres fruitiers (par exemple pruniers (Europe), sisal, agrumes (pays chaud) etc.) …

Les impacts environnementaux négatifs

- Concentration des oiseaux prédateurs (dans certaines régions).
- Présence de serpents et autres animaux nuisibles ou dangereux (pays chauds).

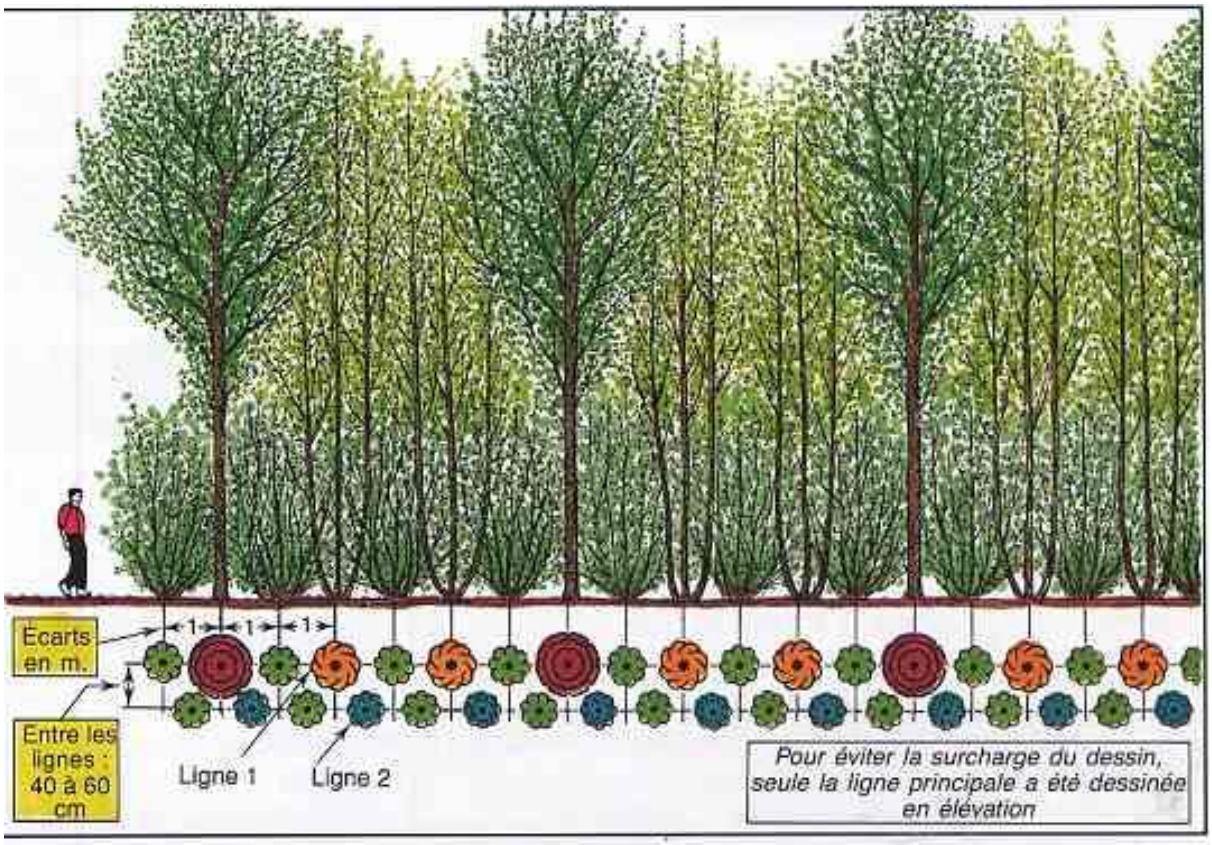
Impacts sur la productivité du bétail

- Optimisation de la gestion des pâturages, donc une meilleure production de viande.
- Amélioration du confort des animaux de pâturage, avec un impact positif sur leur santé et leur croissance (la haie offre de l'ombre, de la nourriture au bétail etc.).
- Réduction des risques de conflits entre éleveurs et agriculteurs, mais la haie réduit légèrement les superficies en herbe ou des cultures.

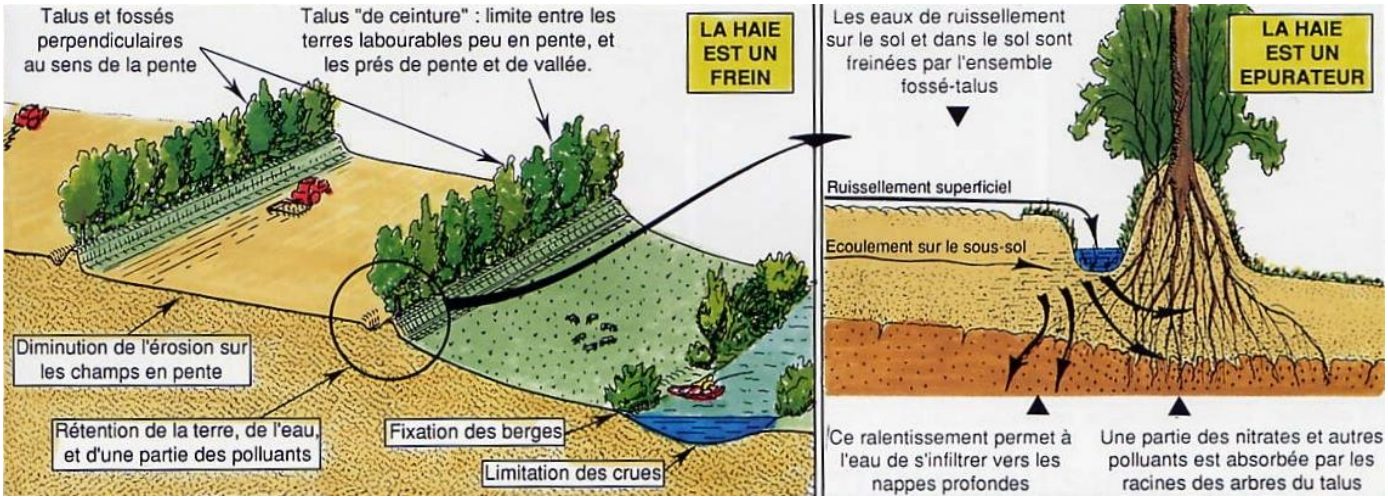
Ampleur et conséquences de la destruction des haies et bocages

La modernisation et l'intensification de l'agriculture _ le désir d'augmenter la taille des parcelles par soucis de rationalisation » _, la vulgarisation de l'emploi de la tronçonneuse, le manque de considération pour le patrimoine paysager ont entraîné partout en Europe une importante régression des bocages depuis le début des années cinquante. En France, 600.000 km de haies ont été arrachées entre les années 60 et 90, soit la moitié du linéaire de notre pays (Baudry, 2003), et cela malgré les conséquences déjà bien connues à cette époque (érosion des sols, pollution des cours d'eau par les pesticides d'origine agricole, inondations, etc.). Depuis, un mouvement se dessine pour replanter les haies arrachées lors des remembrements passés.
Source: http://www.haiesvives.org/html/la%20haie%20champetre/haie_champetre.htm

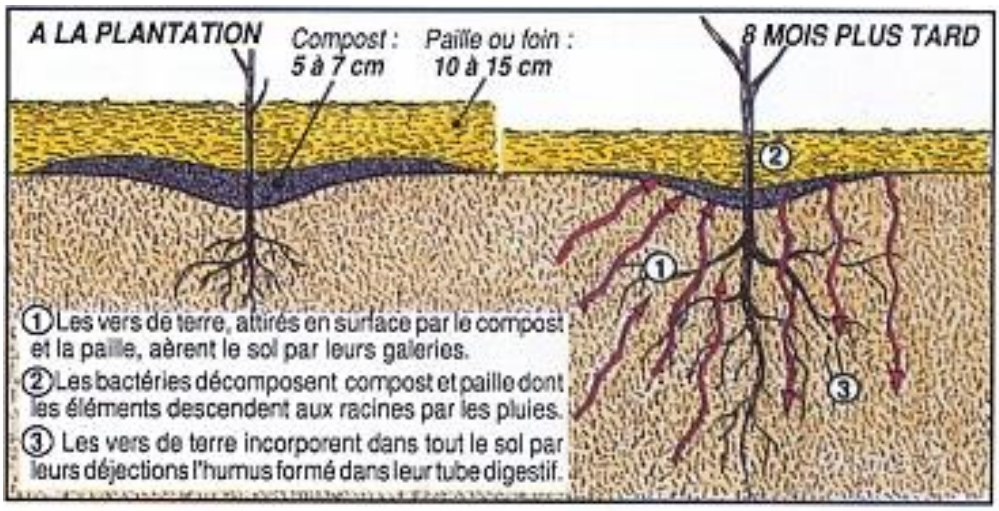
Exemples de haies :



Exemple de haie à 3 niveaux. Source « Planter des Haies », Dominique Soltner.



Source du schéma : « Planter des Haies » de Dominique Soltner.



Disposition du compost et du paillis © Dominique Soltner.

<u>Haies en zones tropicales</u>

La FAO propose les espèces suivantes, pour les haies d'épineux en région tropicale :

Espèces	**Pluviométrie 400 - 700 mm**	**Pluviométrie 700 - 1000 mm**	**Pluviométrie 1000 - 1300 mm**
Acacia mellifera	**X**	**X**	
Acacia nilotica	**X**	**X**	
Acacia senegal	**X**	**X**	
Agave sisalana		**X**	**X**
Bauhinia rufescens	**X**	**X**	**X**
Citrus lemon		**X**	**X**

Espèces	Pluviométrie 400 - 700 mm	Pluviométrie 700 - 1000 mm	Pluviométrie 1000 - 1300 mm
Commiphora africana	**X**	**X**	
Dichrostachys cinerea			**X**
Euphorbia balsamifera	**X**	**X**	
Haematoxylon brasiletto			**X**
Jatropha curcas	**X**	**X**	
Moringa oleifera		**X**	**X**
Prosopis juliflora	**X**	**X**	
Ziziphus mauritiana	**X**	**X**	**X**

Espèces d'arbres recommandées pour les haies vives dans les aires sèches et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest.
Sources : a) Louppe, 1999, b) *Live Tree Fences and Ligneous Windbreak*s, FAO, http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Tech/22Livef.htm

Note : bémols : a) Les espèces *Prosopis juliflora* et *Ziziphus mauritiana* sont invasives.
Il n'est pas certain que le citronnier (*Citrus lemon*) résiste à la sécheresse.

Ressource documentaire : a) *Haies épineuses défensives : Climat tempéré et climat tropical* (format papier A4 couleur) (paysagisme), Benjamin Lisan, Amazon KDP, 147 pages, 22,69€, https://www.amazon.fr/dp/1729533450
b) Version PDF gratuite : http://www.doc-developpement-durable.org/livres/Haies_epineuses_dfe_Interior_for_Kindle.pdf



Haie vive mixte constituée d'une clôture à moutons installée entre deux rangs de *Cassia sieberiana*, au Burkina Fasso[190].



Yucca, expérimenté par la SNCF



Epine du Christ (*Euphorbia milii*).

[190] *Plantation d'une haie vivante au Burkina Faso*, https://desertification.wordpress.com/2016/02/27/plantation-dune-haie-vive-au-burkina-faso



Clôture à cactus *épineux* jaunes *(Opuntia monacantha - Cactaceae)* et sisal © Lionel Allorge.



Epine du Christ (*Euphorbia milii*).



Haie de figuiers de barbarie (*Opuntia ficus-indica*).

26.2 La régénération naturelle assistée d'espèces forestières locales

Principe c'est un ensemble d'interventions qui consiste à stimuler/provoquer/protéger/entretenir les repousses ligneuses sur les parcelles. La mise en défens physique ou la surveillance sont nécessaires hors des zones de culture.
Prérequis apprentissage technique, résilience de pousses ou de racines d'arbres locaux sur les zones ciblées.
Effets concrets reconstitution d'un système agro-forestier autochtone voire d'une forêt en 3-4 années. Les arbres régénérés assureront un complément de fertilité aux terres de culture ainsi que du fourrage, des fruits et du bois.
Coût petit matériel (coupe-coupe, piquets de repérage, sécateurs, pioche, etc.). Environ 200 €/ha. Statistiquement plus efficace que le reboisement classique et moins coûteux.

26.3 L'amélioration de la fertilité des sols par des moyens naturels

Souvent les sols dans les régions tropicales sèches (sols latéritiques etc.) sont peu fertiles. Mais il existe de techniques agronomiques, permettant d'améliorer leur fertilité par des moyens naturels, comme celles-ci :

1. **Semis direct** (sous couvert végétal permanent) ou « **mulch** » (°),
2. **Compostage organique et paillage** (technique proche de la précédente),
3. **Bois raméal fragme**nté (B.R.F.),
4. **Terra preta** (technique utilisant le résultat de la combustion incomplète de ressources ligneuses et de déchets organiques afin de le mélanger avec la terre du sol).
5. **Le Zaï** (technique africaine des zones sahéliennes) (nous en avons déjà parlé, plus haut dans cet ouvrage).
6. *Divers :*

a) *La **rotation des cultures** + La jachère (comme en agriculture biologique),*
b) *Le sous-solage (pour améliorer la fertilité des sols argileux et lourds).*

Nous n'aborderons dans ce document que la technique du *compostage organique* (voir ci-dessous).
Si vous désirez des informations sur les autres techniques, consultez cette ressource documentaire, ci-après :

Ressource documentaires : Amélioration de la fertilité des sols, Par des moyens naturels, B. LISAN, 11/05/2014, 177 pages, http://www.doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/AmeliorationFertiliteDesSols.ppt

26.3.1 Le compostage organique

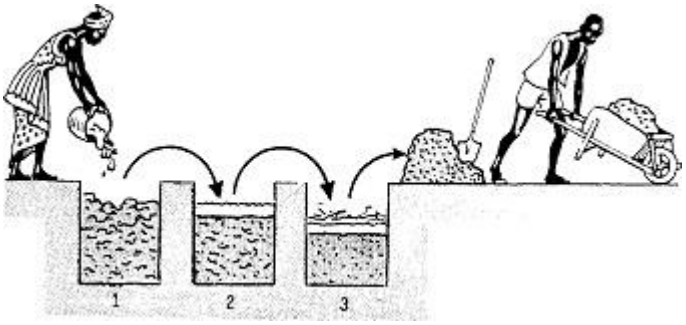
Point de départ de la récupération de tous les sols :

Principe des résidus organiques et minéraux sont compostés dans une fosse stabilisée de 9m3, retournés et arrosés périodiquement.

Pré-requis disponibilité fèces d'animaux, de cendres, de matériaux organique (paille, herbe, tiges de céréales) et d'eau pour arroser le compost (200 L par semaine).
Effets concrets amélioration des rendements des cultures, dès la première année, et maintien de la fertilité.
Coût une fosse permet de fertiliser 0.5 ha/an. Pour les céréales, l'application se fait tous les 2 ans. Le coût de construction total varie de 45 € (sol compact) à 90 € (sols sableux).

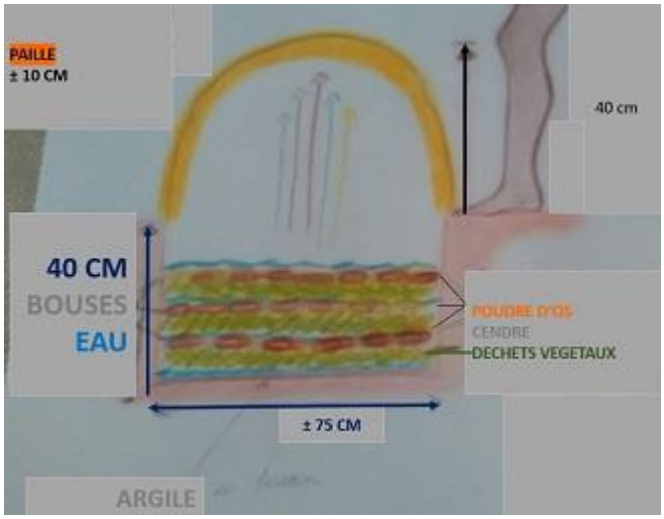
N.B. cet aménagement pour la restauration de la fertilité est à utiliser en synergie avec les dispositifs décrits dans ce document.

Un avis de Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny : « *La bouse de vache est vraiment un élément important de la régénération des sols , soit au naturel où elle se mélange aux racines et restes de tiges non ramassées, soit comme je l'ai pratiqué 15 ans comme élément du compost sahélien prôné par Pierre Rabhi depuis les années 80 . On peut mettre des feces de chevres ou mouton, ou des fientes de volaille mais de mon expérience c'est plus efficace avec la bouse de vache, à cause de la rumination et de bactéries spécifiques qui enrichissent mieux les sols* ».



Comment faire un bon compost, avec transfert d'une fosse l'autre, tous les 2 mois (Source : Agrodok n°9).


© CILSS/IREMLCD-2008.



Composition des couches dans la composteuse.
© Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny

Utilisation du compost prêt directement au jardin
Ou sèchage au soleil et mise en sac =>



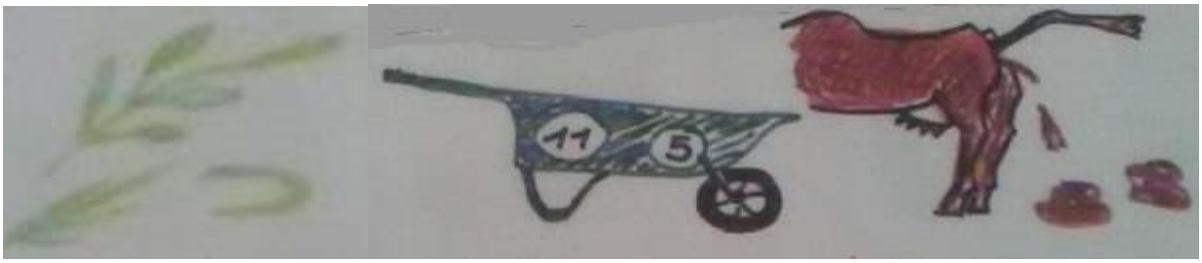
Cycle de vie du compost, dans les 2 fosses.
© Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny



Formation au compost des maraîchers de Tengandogo, quelques km au sud de Ouagadougou, à la demande des jeunes de RJS (rassemblement de la jeunesse solidaire) © Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny.

POUR 4 FOSSES de 2m x 50cm x 30cm, IL VOUS FUT :
Pour des fosses de 3 m x 0,75 x 0,40 => 17 + 7b.

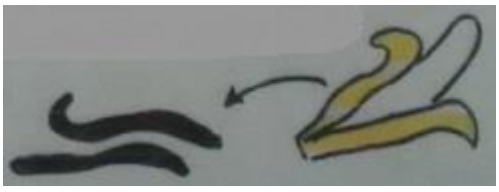
1) 11 brouettes de déchets végétaux secs (°).
2) 5 brouettes de bouses de vaches sèches (°).



3) 3 x 20 poignées de :

a) cendre : 

b) arrêtes de poisson ou os pilé à sec : 

c) peau de bananes sèches pilées : 

(°) à tremper 48 h avant utilisation.

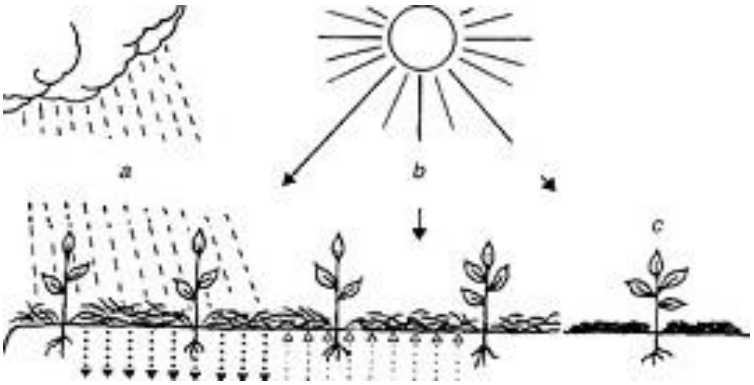
Source : © Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny.

26.3.2 Le paillage

Paillis : En agriculture et jardinage, le paillis ou mulch est une couche de matériau protecteur posée sur le sol, principalement dans le but de modifier les effets du climat local (le paillis ou le paillage permet de mieux retenir l'humidité du sol)[191].

Les effets du paillage :

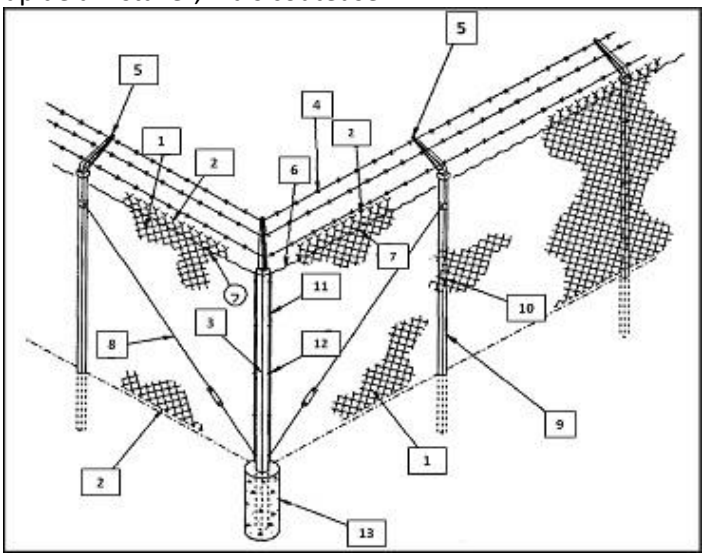
a: l'eau de pluie ou d'arrosage ne tasse pas le sol et pénètre mieux.
b: le sol est protégé du soleil: l'évaporation est réduite.
c: les mauvaises herbes sont étouffées. Les paillis se transforme en humus.



26.4 Protection "artificielle" des plants, des pépinières et de la plantation

26.4.1 Barrière électrique ou simple

Rapide à installer, mais coûteuse.



Exemple : Composants généraux de la clôture Chain-Link.

Légendes :
1. Tissu (anglais : Fabric).
2. Lisière (anglais : Selvage).
3. Poteaux d'angle (anglais : Corner Post)
4. Fils barbelés / ruban barbelé (anglais : Barbed Wire / Barbed Tape).
5. Bras stabilisateur/ Fil de fer barbelé (anglais : Outrigger / Barbed Wire Arm)
6. Fil de tension (haut et bas) (anglais : Tension Wire (Top and Bottom)).
7. Anneau d'attache (anglais : Hog Ring).
8. Tige de renfort (anglais : Truss Rod).
9. Montant de la ligne (anglais : Line Post).
10. Fils d'attache (anglais : Tie Wire).
11. Barre de tension (anglais : Tension Bar).
12. Pince de tension (anglais : Tension Clip).
13. Semelle en béton (anglais : Concrete Footing).

[191] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Paillis





Unified facilities criteria (ufc), security fences and gates, ufc 4-022-03[192].





Posé par une machine à grillage, pour clôturer le futur Centre d'Education de Base Non Formelle (CEBNF), à Tougouzague au Burkina Fasso
© Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny..

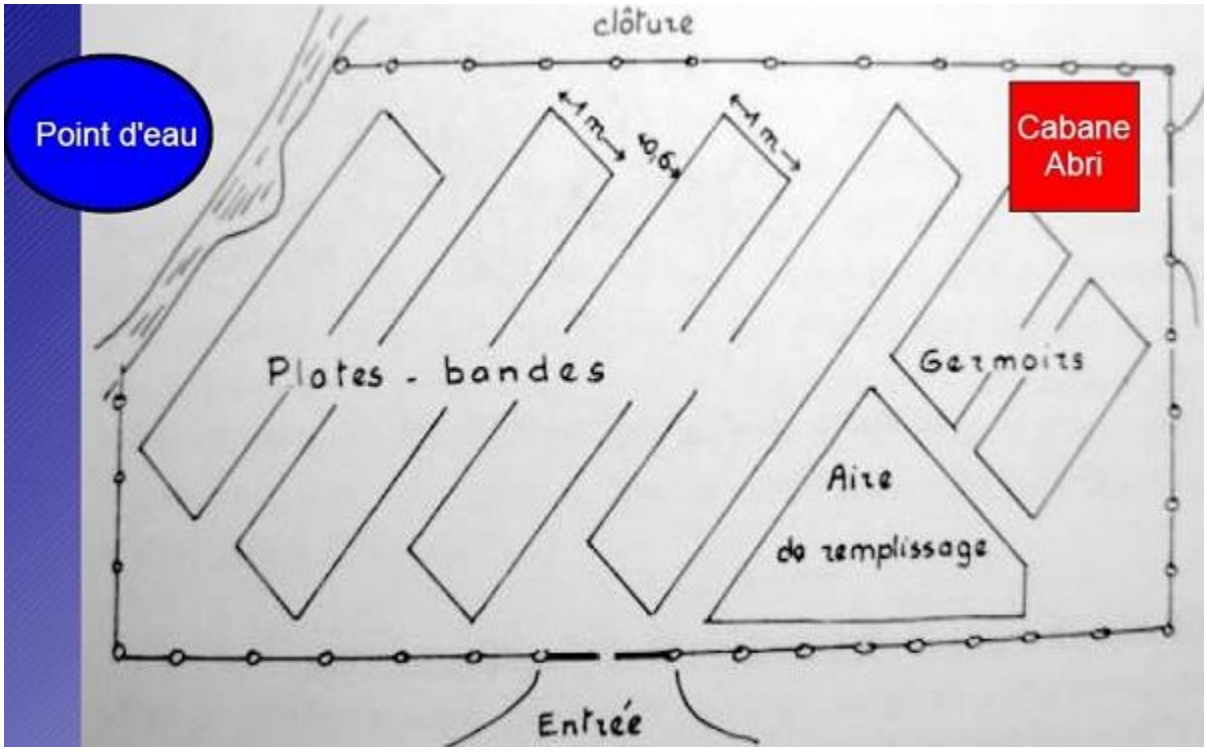
26.4.2 Plantation d'une haie vive

Cette barrière est plus longue à installer. Il faut attendre au moins 5 ans que les arbustes ont bien poussés. Voir le chapitre « ***Haies vives** : …* », ci-avant.

26.5 Schéma d'implantation d'une pépinière

Voir ci-après :

[192] Cf. http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_4_022_03.pdf



Source : Module 1.0 : Formation des pépiniéristes, Formad environnement, juillet 2010[193].

26.6 Devis approximatif pépinière (terrain gratuit) (exemple)

Pépinière 15 m x 15 m 32 planches de 2mx1m, 1 an, 1/3 fumier, 1/3 sable (à Madagascar. Prix en Ariary) :

Activités / produits	Nombre	Pu	Prix total	Euros
x20cm 25 kg=50 000 pots (1200000 Ar)	10000	24	240000	83
Remplissage 10000 pots (300 pots/jour)	10 personnes x 3jours	3000	90000	31
Clôture de gaulette 30 x 1 m pour 50 m	1500	100	150000	52
Installation clôture	4	3000	12000	4
Puits	1	30000	30000	10
Fût pour le puits	2	10000	20000	7
Arrosoir plastique 15 l	2	9000	18000	6
Pelle	3	5000	15000	5
Bêche (Angady)	3	6 000	18 000	6
Corde plastique (diamètre 3 mm) rouleau	1	3 500	3 500	1
Support ombrage	12 gaulettes par planches	100	32000	11
Ombrage typha (joncs) ou phragmite	Forfait		50000	17
Fumier	10 charrettes	5000	50000	17
Argile	10 charrettes	5000	50000	17
Ramassage graines (50 à 30000 Ar/kapok)	20 espèces (500 par espèce)		200000	69
Salaires pépiniéristes x 7 mois	2	60000	840000	290

[193] Cf. http://www.formad-environnement.org/pepiniere_reforestation_agroforesterie.pdf

Activités / produits	Nombre	Pu	Prix total	Euros
Sous total			1818500	627
Supervision association Projecteur (30%)			545550	188
Total			2364050	815

26.7 Construction de la pépinière

Quelle que soit la technique choisie, il faut toujours une pépinière munie d'un hangar qui protègera les futurs plants contre les intempéries.
Le site choisi pour abriter cette pépinière doit être accessible, le relief ne doit pas être accidenté, il doit être le plus proche possible de la zone d'écoulement des plants (point de vente, plantation), il doit être le plus proche possible d'une source d'eau permanente.
La pépinière doit être clôturée, de préférence en haie vive afin de réduire les coûts et d'accroître la durabilité) pour éviter la destruction par les animaux (l'utilisation d'*Acacia nilotica* est régulière).
Le site doit être protégé contre les feux de brousse dans des zones sensibles, par la construction des pare-feu (10 m de large).
Une pépinière est composée d'un hangar avec tout son contenu (plants en rééducation, châssis, …), une source d'eau permanente, un magasin, un point de stockage des plants, un point de stockage des substrats…

- Le **hangar** : Sa taille n'est pas fixe. Il doit être construit de façon à permettre la pénétration indirecte des rayons solaires. Pour une pépinière qui doit comporter un châssis d'enracinement de 1m x 3m, un châssis géant de 2m x 1m de surface de base, un hangar de deux pentes de 4m x 6m (surface de base) est suffisant. La plus petite hauteur est de 2m et la plus grande de 3 m (voir image ci-dessous).
- **Matériel nécessaire pour construire le hangar** : piquets, lattes/bambou/perches, pointes, nattes/tôles/ou tout autre matière non perméable à l'eau, …

Source : *Domestication de l'Acacia senegal*, World Agroforestry Centre,
http://www.fao.org/forestry/download/28906-05e0933c5c592e5a21f736554c35a4897.pdf



Le hangar de la pépinière

27 La gestion des pâturages (gestion pastorale)

27.1 Données écologiques sur les zones pastorales

Ces zones sont souvent trop sèches, pour être adaptées à l'agriculture ou aux programmes de reforestations intensives. Elles sont constituées de prairies, brousses ou savanes naturelles, dans lesquelles on trouve une énorme diversité d'espèces herbacées évoluant à la lumière, des essences d'arbres adaptées au passage des incendies ...

« *Raisonnablement, les conditions économiques de l'Afrique actuelle ne permettent pas de concevoir un élevage rural à base de cultures fourragères, même dans la zone humide*. La culture la plus économique, la prairie permanente en association graminée-légumineuse, reste encore très chère, et doit être limitée à quelques hectares par éleveur pour constituer un complément fourrager, destiné à améliorer quelques performances du troupeau.
La base de l'alimentation restera encore longtemps le pâturage naturel. C'est pourquoi notre objectif doit être en priorité de protéger et d'apprendre à gérer ce qu'il reste du pâturage naturel de chaque pays. Ce ne sont pas les cultures fourragères qui sauveront l'élevage en Afrique, mais la gestion intelligente du patrimoine naturel »[194].

27.2 Les avantages du pastoralisme dans ces zones

Si la ressource (herbe, ligneuse …) est bien gérée _que les troupeaux ne surpâturent pas, que l'on choisisse les bonnes races adaptées à cet environnement, avec une bonne gestion des parcours _, le pastoralisme sous climat sec et chaud a un rôle socioéconomique important. En effet, il offre à l'homme de nombreux biens et services : produits de haute valeur commerciale et nutritive (lait, viande, cuirs, peaux…), source d'énergie (traction, transport animal, combustible…), fumure pour les cultures, support des relations socioéconomiques (emploi, entraide sociale…), instrument d'épargne, etc. Une part significative des populations (1/6 dans certains pays) vit du pastoralisme et une part encore plus importante en tire des revenus tout au long de la filière économique jusqu'au consommateur. Le pastoralisme contribue ainsi à la sécurité alimentaire des pays producteurs et importateurs. Il permet la mise en valeur de vastes surfaces de territoires dans ces régions *qui n'ont guère d'autres possibilités de valorisation économique*[195].

« *Contrairement aux idées reçues, l'élevage mobile est bien plus productif que l'élevage sédentarisé dans cette région aride [du Nord de Djibouti]. En réalité, plus le bétail est mobile, plus sa production est forte. Dans le contexte du climat sahélien, c'est aussi une réponse efficace contre de nombreux risques pour les éleveurs comme la sécheresse ou même l'insécurité civile. De plus, cet élevage extensif permet également d'entretenir les ressources naturelles grâce à la régulation du pâturage. De même, il participe à la régénération de nombreuses espèces végétales grâce à la dispersion des semences* »[196].
« *Il n'est pas douteux que ce sont les Peuls du Ferlo sableux qui, en maintenant un nomadisme limité vers les mares naturelles pendant la saison des pluies, assurent eux-mêmes une certaine conservation de l'environnement* »[197].

---

[194] *Gestion et aménagement de l'espace pastoral*, Jean César, https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/40836.pdf
[195] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Pastoralisme#Situation_g%C3%A9n%C3%A9rale
[196] *Djibouti : Les produits de l'élevage contre la faim*, 14/09/2021, https://sossahel.org/djibouti-les-produits-de-lelevage-contre-la-faim/
[197] *Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo : synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires*, BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.P., DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K., DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT G., PlOT J., PLANCHENAULT D., SANTOIR C., VALENTIN C., VALENZA J., VASSILIADES G. https://www.researchgate.net/profile/Eric-Benefice/publication/282166321_Systemes_de_production_d'elevage_au_Senegal_dans_la_region_du_Ferlo_synthese_de_fin_d'etudes_d'une_equipe_de_recherches_pluridisciplinaire/links/579c127508ae6a2882f1abbb/Systemes-de-production-delevage-au-Senegal-dans-la-region-du-Ferlo-synthese-de-fin-detudes-dune-equipe-de-recherches-pluridisciplinaire.pdf

27.1 Évolution des transhumances, augmentation de la distance des parcours

Au cours des trois dernières décennies, ces mouvements ont tendance à s'allonger et à se disperser, notamment vers le sud. Cette évolution peut être attribuée *à l'accroissement du cheptel, l'aridification du milieu, l'expansion des zones agricoles dans les couloirs de transhumance* et à la diversité des marchés transfrontaliers à bétail, contraignant ainsi les éleveurs à créer des itinéraires alternatifs. Au Tchad, la limite sud des troupeaux de dromadaires est passée en vingt ans du 13ème parallèle au 9ème parallèle. Certains transhumants bovins descendent aujourd'hui jusqu'en République Centre Africaine. Les aires protégées sont de plus en plus fréquentées par le cheptel transhumant, malgré la réglementation en vigueur dans les pays[198].

« *Les mouvements de transhumance sont […] constitués d'une série d'étapes soigneusement choisies à partir des informations collectées auprès d'informateurs et de l'expérience personnelle de l'éleveur. Pour le choix des itinéraires, les éleveurs recherchent des informations relatives à la présence et à la qualité des pâturages, la disponibilité de l'eau d'abreuvement et des résidus des récoltes en zone agricole, aux termes d'échange pratiqués dans les marchés à bétail et la présence des forces de défense et de sécurité. Aussi l'amélioration de la couverture du réseau téléphonique et radiophonique en zone pastorale a considérablement modifié les pratiques des éleveurs ces dix dernières années, leur permettant de juger à distance des ressources disponibles dans les zones d'accueil, les termes de l'échange et les points de passage transfrontalier. Ces décisions sont aussi dictées par des informations correspondant à la situation sécuritaire et sanitaire du bétail fournies par le réseau d'éleveurs. Ces itinéraires peuvent changer durant le déplacement en fonction de l'actualisation de ces informations* »[199].
« *Les pasteurs déplacent leurs animaux afin de les protéger des sécheresses, des maladies ou des conflits. Selon la plupart des modèles climatiques, les précipitations deviendront de plus en plus irrégulières et imprévisibles au cours des décennies à venir. Dans un tel contexte, la mobilité des troupeaux sera cruciale pour permettre aux pasteurs de s'adapter au changement climatique* » [200].



Caravane longeant un champ de sésame au Salamat (Tchad) © Projet Almy Bahaïm (2008).



Borne de transhumance en plein champ au nord de la région de Tahoua (Niger).

27.2 L'effet pervers des forages pour créer des points d'eau pour le bétail

Les zones autour des points d'eau (créé par forage et fournissant de l'eau par pompage mécanique) sont le souvent surpâturées.

[198] "*Évolution des transhumances*", A. T. Diop, JD. Cesaro, I. Touré, A. Ickowicz , B. Toutain, in "*Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel*", 1970-2012, pages 14-15, https://afrique-ouest.cirad.fr/FichiersComplementaires/atlas-systemes-pastoraux-sahel-1970-2012.pdf
[199] "*Évolution des transhumances*", ibid, page 15.
[200] *Sécuriser le pastoralisme en Afrique de l'Est et de l'Ouest : Protéger et promouvoir la mobilité du bétail,* https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G02236.pdf

« *On peut, à titre d'exemple, citer le cas du Koya défini encore en 1945 comme zone de parcours sans eau et sans chemin de parcours, perçu avant 1952 comme une réserve infinie de pâturages inutilisables et devenu avec la mise en fonctionnement des forages une zone de surpâturage — à certains endroits tout au moins* »[201].

Ces points d'eau peuvent aussi attirer des agriculteurs, pouvant rentrer en conflit avec les éleveurs.

Pour éviter cela, les « *points d'eau sont aménagés et les organisations d'usagers sont renforcées pour la gestion de cette ressource* ». Des couloirs de tri peuvent être créés. Les bouses seront collectées pour les fermes à proximité ou pour leur utilisation comme combustible[202]. Dès que les troupeaux seront abreuvés, Il est préférable qu'ils ne stationnent pas et repartent immédiatement etc.



Forage de Widou Thiengoli dans la région du Ferlo au Sénégal. © CNRS images / Photothèque.

Le forage de Widou Thiengoli, dans la région du Ferlo au Sénégal, fournit l'eau aux hommes et au bétail dans un rayon de 20 km. Durant la saison sèche, c'est l'unique source d'eau potable. Widou Thiengoli fait partie des villages retenus pour mettre en œuvre le projet de la Grande Muraille verte (GMV), une ceinture de végétation pour lutter contre la désertification, impliquant les onze pays frontaliers de la zone saharo-sahélienne entre Dakar et Djibouti.



Ranerou Ferlo a soif : Le forage en panne, 3 jours sans eau (25/05/2014)[203] :

« *Les habitants de la capitale du Ferlo vivent un véritable calvaire. En effet, Ranérou manque d'eau depuis trois jours. La faute, à une panne de la pompe du forage. Le camion-citerne du service des eaux et forêt, qui alimente la ville en eau, ne peut satisfaire la demande des populations. Les habitants cette ville, peuplée d'éleveur, sont obligés de faire chaque jour la navette entre leur localité et Dar Salam, un village situé à huit kilomètres à l'ouest. Le seul puits de ce village menace de tarir. Et comme un malheur ne vient jamais seul, le bétail commence à succomber de soif* ».

[201] *Quel aménagement pastoral pour le Sahel ?* Alioune Sall, Revue Tiers Monde, 1978, 73, pp. 161-169, https://www.persee.fr/doc/tiers_0040-7356_1978_num_19_73_2785
Fait partie d'un numéro thématique : Environnement et aménagement en Afrique (sous la direction de Jacques Bugnicourt)

[202] *Pastoralisme et lutte contre la désertification au Nord Sénégal*, https://www.avsf.org/fr/posts/859/full/pastoralisme-et-lutte-contre-la-desertification-au-nord-senegal
Appui technique à 2000 familles d'agropasteurs et aux collectivités locales pour une gestion concertée des ressources pastorales dans le Ferlo (plan concerté d'aménagement, hydraulique pastorale, régénération de végétation). En partenariat avec les collectivités de Matam et de Louga, l'ONG EGAB et les organisations d'éleveurs.

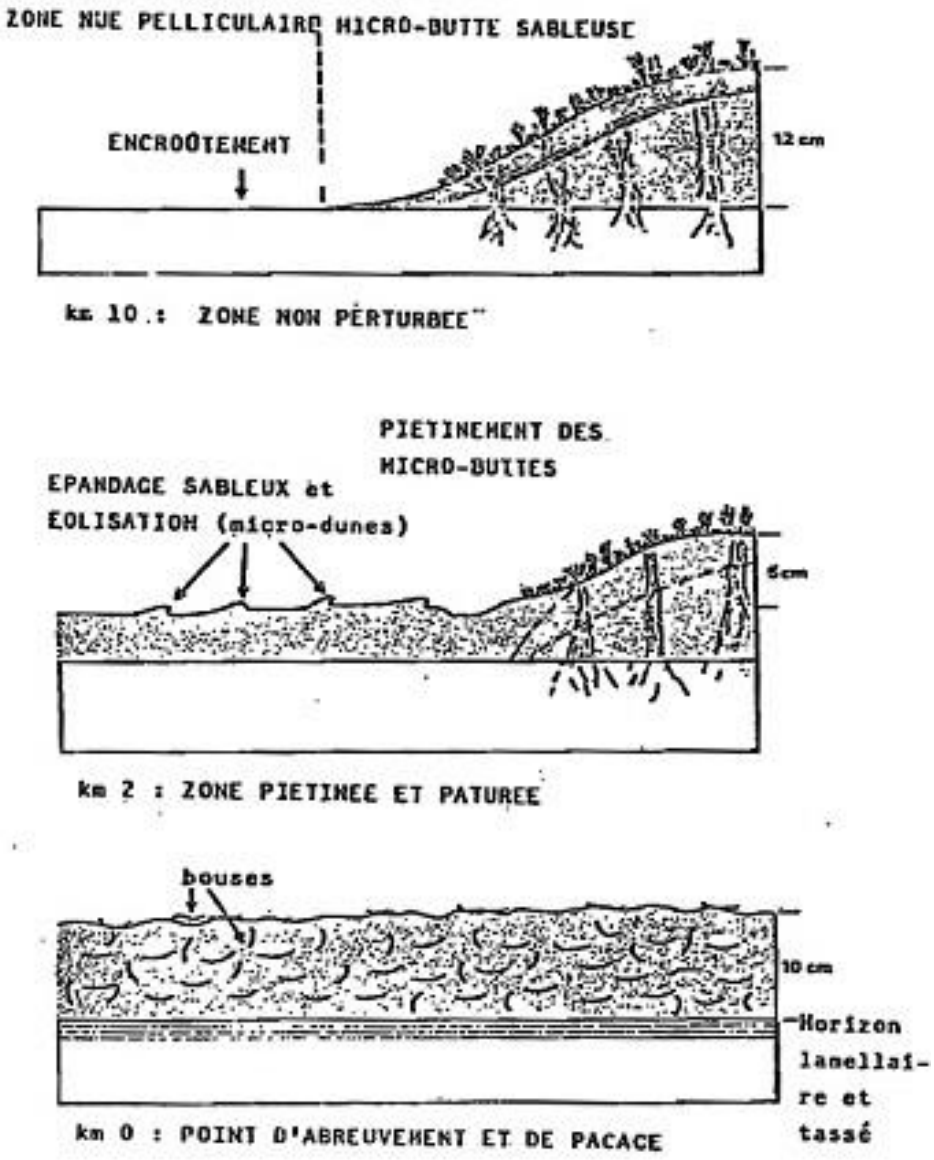
[203] Cf. https://www.facebook.com/Senegocom/photos/a.414461401941481/648973631823589/



Forage de Widou Thiengoli dans la région du Ferlo au Sénégal. © Axel DUCOURNEAU/CNRS Photothèque



Abreuvoirs dans le Ferlo (Sénégal) © FFEM



Evolution de la surface du sol en fonction de la distance au fourrage (FERLO SABLEUX)[204].

[204] *Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo : synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires*, ibid.

27.3 Le difficile respect des lois édictées pour les itinéraires transhumants

« *Ces dernières années, certains gouvernements ont pris conscience de l'importance de la mobilité du bétail pour les écosystèmes des zones arides. De nouvelles législations au Burkina Faso, en Guinée, au Mali et en Mauritanie affirment le droit des pasteurs de déplacer leurs animaux à l'intérieur et à travers les frontières nationales. Mais les autorités gouvernementales ont une compréhension limitée des systèmes pastoraux ; ces législations risquent donc d'être appliquées de manière excessivement technocratique et centralisée, et de continuer, en pratique, à entraver la mobilité. En outre, même si les divers processus d'intégration régionale à travers l'Afrique permettent la libre circulation des personnes et des biens, les pasteurs sont encore confrontés à de nombreuses difficultés pratiques lors des déplacements transfrontaliers de leurs animaux* » [205].

[Par exemple,] La Communauté Économique des États d'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) a adopté en 1998 la décision A/DEC.5/10/98 pour encadrer et faciliter les transhumances transfrontalières, renforcée localement par des accords entre pays (Mauritanie-Sénégal-Mali, Niger-Burkina-Faso). Quinze ans après, ces textes de lois restent difficilement applicables sur le terrain et les éleveurs continuent de rencontrer des difficultés aux frontières[206].



Certificat international de transhumance (CEDEAO).


Des pasteurs du Kordofan Sud (Soudan) arrivent dans les pâturages de la saison des pluies au Kordofan Nord.


Un jeune éleveur peul mène un troupeau au pâturage à Dakoro, au nord du Niger.


Des femmes mènent le bétail vers les pâturages et les ressources en eau à flanc de montagne le long de la frontière entre le Kenya et l'Ouganda à Oropoi, au Turkana.

[205] *Sécuriser le pastoralisme en Afrique de l'Est et de l'Ouest : Protéger et promouvoir la mobilité du bétail,* ibid.
[206] "*Évolution des transhumances*", ibid, page 15.

27.4 Les avantages réciproques de la coopération éleveurs agriculteurs

« *Traditionnellement, les pasteurs et agriculteurs du Sahel ont bénéficié d'arrangements réciproques : les troupeaux transhumants enrichissent les champs des agriculteurs avec leur fumier ; le bétail des agriculteurs est élevé dans les zones pastorales environnantes ; les troupeaux des pasteurs constituent souvent la principale source d'animaux de traction. Ce sont des mouvements de bétail négociés avec soin qui rendent possibles de tels liens* »[207].

27.5 Les conflits entre cultivateurs et pasteurs

Ils surviennent dans les zones rurales où les communautés d'agriculteurs et d'éleveurs se chevauchent territorialement. Les conflits résultent généralement de la destruction des récoltes par le bétail et sont exacerbés pendant les périodes où l'eau et les terres à pâturer sont rares.
Certains conflits territoriaux sont liés à l'accès, de plus en plus difficile, aux ressources _ à la nourriture et à l'eau _, entre agriculteurs et pasteurs nomades, peuvent déboucher sur du terrorisme, de vraies guerres, voire des massacres génocidaires de tribus par d'autres.
Les dix pays les plus touchés par le terrorisme sont tous engagés dans au moins un conflit armé[208].

27.5.1 Au sahel

Le désert, au Sahel, avance d'environ 3626 km2 par an, contribuant à la dégradation des terres et à l'exacerbation des conflits agriculteurs et pasteurs.
De 2005 à 2013, il y a eu, au Sahel, 3871 conflits avec 55 morts, 12 blessés et 181 sinistrés (MRAH, 2013).

Au Mali

Au centre du Mali, il existe depuis longtemps des conflits entre le peuple dogon, plutôt des agriculteurs sédentaires animistes, vivant depuis des siècles dans les falaises de Bandiagara, et les éleveurs peuls nomades, en général musulmans. Ces derniers vivent dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (le Sénégal, Mali, Guinée, etc.) et d'Afrique centrale (Centrafrique, Cameroun, etc.). Les heurts entre Dogons et Peuls sont devenus de plus en plus violents depuis l'avènement des mouvements djihadistes dans le nord du pays en 2012.

Au Mali, les Dogons accusent souvent les Peuls de dévaster leurs champs et de détruire leurs récoltes pour nourrir leur bétail. L'histoire du voisinage entre Peuls et Dogons est jalonnée de tensions, qui sont quelquefois violentes. Mais ces heurts causés par la course aux ressources naturelles (terres, forêts, tec.) ont souvent été atténués par la négociation. Les Dogons, victimes des attaques djihadistes, accusent les Peuls de soutenir les groupes islamistes, ce que ces derniers démentent. Les Peuls, eux, soutiennent que les groupes d'autodéfense dogons bénéficient du soutien du gouvernement. Ils accusent les Dogons d'être responsables des atrocités dont ils sont victimes, ce que démentent les mis en cause. Le 23 février 2019, une attaque aurait fait au moins 130 morts parmi les Peuls. En 2018, 202 civils ont été tués dans des violences communautaires, lors de 42 attaques, dans la région de Mopti, au Mali, selon Human Rights Watch (HRW)[209].

Au Nigéria

Le plus emblématique de ces conflits entre éleveurs et agriculteurs se situe au Nigéria, impliquant des différends, sur les ressources, foncières, entre des éleveurs peuls musulmans pour la plupart et des agriculteurs chrétiens pour la

[207] *Sécuriser le pastoralisme en Afrique de l'Est et de l'Ouest : Protéger et promouvoir la mobilité du bétail,* ibid.
[208] *Global terrorism index 2020. Measuring the impact of terrorism*, https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2020/11/GTI-2020-web-1.pdf
[209] *D'où viennent les rivalités entre Dogons et Peuls au Mali ?* 25 mars 2019, https://www.bbc.com/afrique/region-47700581

plupart à travers le Nigeria, mais plus dévastateurs dans le Middle Belt (« ceinture centrale », centre-nord) depuis le retour de la démocratie en 1999. Mais plus récemment, il s'est détérioré en attaques terroristes contre des agriculteurs, par des bergers peuls – Les extrémistes Peuls serait le quatrième groupe terroriste le plus meurtrier au monde selon l'indice mondial du terrorisme.
En général, on distingue les extrémistes Peuls du groupe djihadiste Boko Haram, qui a été le groupe terroriste le plus actif du pays au cours de la dernière décennie[210].

Si le conflit a des raisons économiques et environnementales sous-jacentes, il a également acquis des dimensions religieuses et ethniques. Des milliers de personnes sont mortes depuis le début de ces attaques : La violence entre agriculteurs et éleveurs a tué plus de 19 000 personnes et déplacé des centaines de milliers d'autres. Les communautés rurales agricoles sédentaires sont souvent la cible d'attaques en raison de leur vulnérabilité[211]. On craint que ce conflit, souvent minimisé par les gouvernements de la région, ne s'étende (face tache d'huile) à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest.

République centrafricaine

Lors de la guerre civile en République centrafricaine, une grande partie des combats a opposé des groupes rebelles, a) le groupe ex-Séléka composé de personnes issues de groupes nomades, tels que les Peuls, Gula et Runga, majoritairement musulmanes, et b) le groupe anti-balaka composé de groupes d'agriculteurs majoritairement chrétiens et animistes[212].

Causes

Les causes de ces conflits sont liées à :

a) la croissance démographique et une expansion de la population agricole et des terres cultivées, aux dépens des pâturages.
b) la détérioration des conditions environnementales, la désertification et la dégradation des sols.
c) la rupture des mécanismes traditionnels de résolution des conflits liés à la terre et à l' eau.
d) la prolifération des armes légères et de la criminalité dans les zones rurales.
e) des hostilités ethnoreligieuses préexistantes, qui se sont exacerbées, avec les mouvements jihadistes.

L'insécurité et la violence ont conduit de nombreuses populations à créer des forces d'autodéfense et des milices ethniques et tribales, aux actions incontrôlées (ce qui a favorisé la prolifération des armes. Cercle vicieux).

Sources : a) *Nomadic conflict* [Conflit nomade], https://en.wikipedia.org/wiki/Nomadic_conflict

---

[210] Le nombre de décès attribués à Boko Haram a augmenté de 25 % entre 2018 et 2019. Le regain d'activité de Boko Haram au Nigéria et dans les pays voisins, dont le Cameroun, le Tchad et le Niger, reste une menace importante pour la région. Alors que le nombre de décès attribués aux extrémistes peuls s'est réduit de 72% durant cette période.

[211] Second point de vue : « *Les Peuls sont 38 millions répartis dans 19 pays d'Afrique centrale et occidentale et musulmans à 99%. La ceinture centrale du Nigéria est dominée par les musulmans. Différents groupes ethniques et religieux cohabitent. C'est le grenier du Nord du Nigéria et les chrétiens y sont nombreux. Plus les peuls migrent vers le Sud, poussés vers le Sud par la désertification, plus ils pressent les agriculteurs chrétiens de cette région, menant des attaques meurtrières pour les faire partir. Les attaques des peuls s'inscrivent aussi dans une stratégie politique qui vise à islamiser ces territoires et les populations non musulmanes qui y habitent. Les chrétiens sont chassés de chez eux. Ceux qui restent sont persécutés ou tués. 60 000 morts depuis 2001, des milliers de blessés, des centaines de femmes enlevées. Les peuls attaques, s'emparent des terrains, détruisent les églises. Plus de 50 villages ont été attaqué*s ces 12 derniers mois. Le gouvernement central n'intervient pas et ne cherche pas à résoudre une crise dont il nie l'existence ». Cf. *Nigéria : 5 choses à savoir sur les violences au centre du pays*, 22/09/2017, https://www.portesouvertes.fr/informer/actualite/nigeria-5-choses-a-savoir-sur-les-violences-au-centre-du-pays

[212] Cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Nomadic_conflict

b*) Conflits entre éleveurs et agriculteurs au Nigeria* [Conflits entre éleveurs et agriculteurs au Nigeria], https://en.wikipedia.org/wiki/Herder%E2%80%93farmer_conflicts_in_Nigeria

27.6 La difficile gestion des prairies et steppes des zones arides

27.6.1 Constat

On observe, dans certaines régions arides, dont la plus emblématique, le Sahel :

Une dégradation des écosystèmes (et des rendements des sols, des pâturages et des cultures), qui s'expliquent par :

- La croissance démographique non contrôlée[213] et les flux migratoires des populations, liés aux sécheresses.
- Une déforestation liée : a) à la culture itinérante sur brûlis, b) au charbonnage et aux prélèvements du bois, pour le feu, la cuisine et le chauffage, au détriment des arbres et forêts.
- De mauvaises pratiques agricoles, avec de faibles rendements, liés :

- A l'absence ou la faible utilisation de fertilisants (d'intrants) naturels ou artificiels,
- A la culture itinérante sur brûlis, fournissant peu de fertilisants et destructrice des forêts,
- A la croissance des besoins en terre, à cause de la croissance démographique,
- A la disparition des jachères, qui permettaient aux sols de se regénérer, toujours à cause de la croissance démographique.

De mauvaises pratiques pastorales, liées :

- A la croissance non contrôlée du cheptel (par exemple : 1989 = 3860000 bovins, 2003 = 7311544 (MRAH[214]), au Burkina Fasso) [liée à la croissance démographique et au désir de s'enrichir], qui provoque le surpâturage.
- A la croissance des besoins en parcours des bêtes, à cause de l'augmentation du cheptel et du surpâturage.

27.6.2 Résultats

· Années 70 - 80

- Création de zones à vocation pastorale (ZP) par l'Etat afin de sécuriser l'activité pastorale.
- échanges directs (fumier, denrées agricoles) entre agriculteurs et éleveurs

· Années 90 à nos jours

- Incapacité de l'Etat à protéger les ZP, face aux cultivateurs => échec de la politique des ZP.
- Augmentation dramatiques des conflits meurtriers agriculteurs – éleveurs.
- Appauvrissement des éleveurs et cultivateurs.
- dégradation et désertifications des terres.

[213] Par exemple, entre 1986 et 2006, dans la Région de Bagré, au Burkina Fasso, la population croissait annuellement, en moyenne, de 3%. Cf. *Gestion durable des ressources pastorales dans les zones pastorales de Niassa, de Doubégué et de Tcherbo dans la région de Bagré au Burkina Faso. Projet de recherche doctorale présenté par Fousséni OUATTARA*, 21/01/2016, https://ur-green.cirad.fr/content/download/5081/37809/version/1/file/PresentationOuattara_14oct16.pdf

[214] *Gestion durable des ressources pastorales dans les zones pastorales de Niassa, de Doubégué et de Tcherbo dans la région de Bagré au Burkina Faso*, ibid.

27.6.3 Quels étaient les buts de la politique des ZP ?

Leurs objectifs étaient (voir ci-après) :

- Sauver et sécuriser le bétail : respectivement 25 et 12% du cheptel décimés, lors des grandes sécheresses de 1972-1973 et 1983-1984.
- Sédentariser l'élevage pastoral transhumant et intensifier les productions animales (lait et viande).

Note : Cette politique avait été influencée par la Banque Mondiale et le modèle des ranchs américains.

Les actions pour mettre en place cette politique :

- Définition et mise en place des ZP.
- Idem pour les pistes à bétail (piste de parcours ou de transhumance), avec accès payant à l'eau et aux pâtures.
- Ediction de lois et de règlements, avec des amendes, pour les contrevenants.

Les problèmes posés par cette politique (voir ci-après) :

- Elle a été décidée d'en haut, sans concertation directe avec les éleveurs et cultivateurs (vision non partagée).
- Les textes (des règlements et des lois) étaient inappropriés et ont été non-appliqués.
- Il y avait une insuffisance de moyens financiers et des investissements, pour la mettre en œuvre (pour la pose de bornes délimitant ces zones et les pistes, pour la construction des points d'eau, le contrôle, par des agents, du respect des nouvelles règles locales par les agriculteurs et éleveurs etc.).
- Les agriculteurs sont expulsés des ZP et réinstallés ailleurs (déplacements forcés pouvant être mal perçus par ces derniers).
- L'insécurité foncière (liée à une politique cadastrale « laxiste » et/ou peu rigoureuse et à la corruption) peut favoriser les conflits fonciers et les violences[215].

Constat d'échec : On constate alors que les ZP (zones pastorales) et les pistes à bétail sont occupées par des champs, d'où les conflits persistants entre agriculteurs et éleveurs.

27.7 Quelles solutions ?

Comment réguler l'accès aux mêmes ressources naturelles (RN), entre usagers (agriculteurs et éleveurs) de celles-ci, sans conflits entre ces derniers ?
Dans la même région, comment faire cohabiter agriculteurs et éleveurs, si possible, sans impact négatif sur l'environnement ?

[215] Pour lutter contre l'avancée du désert, Yacouba Sawadogo, un paysan né au Burkina Faso, dans la région semi-désertique du Sahel, constitue une forêt d'une quinzaine d'hectares, nommée Bangr-Raaga en Mossi, ce qui signifie Forêt de la Sagesse. Protégés par cette forêt, les habitants qui avaient fui, devant l'avancée du désert, sont revenus cultiver leurs champs.
Mais cette zone est annexée par la ville voisine de Ouahigouya, sous les auspices d'un programme gouvernemental, visant à augmenter les revenus de la ville, *en fait, par un projet immobilier menaçant 80 % de ses champs et de sa forêt, ainsi que l'unique maison du terrain contenant sa banque de graine (sa terre étant maintenant évaluée à 100 000 € grâce à son travail accru pour fertiliser ses terres).* En vertu des dispositions du programme, Yacouba Sawadogo et les membres de sa famille immédiate ont chacun droit à un dixième de 1 acre (400 m 2) hors de la parcelle, et ne reçoivent aucune autre compensation. En 2012, les colons ont atteint la lisière du bois, puis en 2019, ils érigent les premiers bâtiments dans la forêt.
Finalement, devant la mobilisation internationale pour défendre cette forêt, 18 juin 2021, une clôture de protection pour l'ensemble de la forêt de 28ha a été inaugurée, en présence du secrétaire général du ministère burkinabé de l'environnement.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Yacouba_Sawadogo, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Yacouba_Sawadogo

27.8 Solutions pour la bonne gestion des ressources et des conflits agriculteurs et éleveurs

Voici quelques suggestions :

27.8.1 Faire appel à la science

Il a certainement à faire un état des lieux des RN :

Il y a un certain nombre de questions à se poser :

- La pression foncière permet-elle de supporter à la fois les agriculteurs (autochtones et migrants) et les éleveurs ?
- Quelle est la capacité de charge du territoire et comment répartir la charge animale pour qu'elle ne soit pas dépassée ?
- Quelles stratégies mobilisent chaque groupe d'acteur afin d'adapter sa charge animale à la disponibilité des ressources ?
- Quels sont les différents modes de régulation de l'accès aux ressources dans le territoire ?
- Quels types d'accords sociaux sont-ils nécessaires pour consolider un mode commun de régulation ?

Un certain nombre d'enquêtes peuvent être mener sur le terrain. Un exemple de ce type d'enquête[216] :

- Enquête préliminaire (interview semi structurée (ISS)) : entretiens avec tous les acteurs institutionnels et organisations socio-professionnels locales.
- Enquête zootechnique (ISS) : systèmes d'élevage, dynamique des troupeaux, productions, races des animaux élevés ...
- Enquête agricole (ISS) : systèmes de culture, productivité, ...
- Enquête sur les modes de gestion endogène des RN (ISS) : modes de régulation, perceptions des acteurs, ...
- Cartographie de l'occupation des sols (SIG).
- Etudes socio-économiques : démographie, données sur les conflits, les transhumances, l'accroissement du cheptel, la pression foncière ...
- Évaluation de la biomasse fourragère : carré de rendement / placette, récolte intégrale et pesée.
- Capacité de charge du territoire (en nombre UBT/ha) et évolution dans différents scénarios (surpâturage, pâturage modéré, faible pacage, pâturage interdit ...).
- Etudes écologiques du surpâturage, de la dégradation du couvert végétal, des épisodes de sécheresse, de la baisse de la fertilité des sols ...
- Etc.

Voici les inventaires à réaliser pour le diagnostic socio-économique :

- Typologie des acteurs : rôles, systèmes d'organisation et leurs fonctionnements, relations sociales ou économiques.
- Description des systèmes de culture.
- Description des systèmes d'élevage.
- Description des modes d'accès aux ressources.
- Différents types d'usages des RN : terres agricoles , parcours, bois de feu, cueillette, pêche, …
- Modes de règlement des conflits.

[216] Fousséni Ouattara, *Gestion durable des ressources pastorales dans les zones pastorales de Niassa, de Doubégué et de Tcherbo dans la région de Bagré au Burkina Faso*, ibid.

Voici quelques solutions à développer ou expérimenter pratiquement (sur le terrain) :

- Créer des fermes caprines ou ovines modernes pour l'amélioration génétiques et la production de races ovines et caprines de qualité. Par exemple, trouver ou mettre au point des races caprines plus productives que les races caprines sahéliennes actuelles (dont la *chèvre sahélienne*[217]). Par exemple, en race ovines : la *dorper*[218] (résistante à la chaleur et la sècheresse). Par exemple, en races caprines : la sélection de races locales sur leur capacité d'adaptation aux conditions arides locales [celles du Nord de Djibouti][219].

27.8.2 Suggestions des ONG SOS Sahel, IIED

Pour améliorer la mobilité du bétail à long terme, nous pensons qu'il convient d'aborder les thèmes clés suivants[220] :

- Une plus grande volonté politique : des attitudes mieux informées et plus positives envers le pastoralisme, et surtout une meilleure compréhension des bénéfices économiques qu'il présente.
- Des *organisations de la société civile pastorale plus fortes*, qui puissent articuler et défendre les intérêts de leurs membres et travailler avec les gouvernements pour concevoir et mettre en œuvre des politiques qui soutiennent la mobilité du bétail [Par ex., aider à mettre en place des organisations, des syndicats représentatifs des éleveurs].
- Un système juridique et administratif plus efficace, qui facilite un système de pastoralisme mobile pacifique mais dynamique, *basé sur des principes de négociation et de réciprocité avec les autres groupes*.
- Des moyens d'existence forts et adaptables et une meilleure intégration aux marchés pour garantir que les communautés pastorales puissent répondre au changement climatique et aux demandes régionales croissantes en bétail et en produits de l'élevage.
- Un meilleur consensus sur l'importance de la mobilité du bétail et les stratégies les plus appropriées pour la sécuriser ce consensus sera atteint par l'intermédiaire de *réseaux d'apprentissage comprenant des décideurs politiques, des organisations de la société civile et les pasteurs eux-mêmes*.

27.8.3 Projet de lutte contre la désertification dans le Ferlo au Sénégal, soutenu par le FFEM

Le projet est divisé en trois composantes[221] :

- **Appui à la gestion collective des pâturages par les « Unités pastorales » ou UP** : appuyer environ 26 Unités Pastorales dans la zone d'intervention du projet), qui ont pour but d'organiser la concertation entre les acteurs et la gestion collective des ressources sur un territoire (ex : mise en place d'un code local définissant des règles d'usage [dans chaque UP]).
- **Organisation et mise en réseau des acteurs du territoire pour une meilleure gestion des ressources** : les UP et organisations professionnelles impliquées dans le projet sont renforcées sur les aspects de gestion organisationnelle et financière ; on les incite également à se regrouper en fédérations communales et régionales afin d'augmenter leur influence de plaidoyer et d'améliorer la coordination entre elles. Ces organisations sont appuyées autour d'un projet concret : la mise en place de 4 centres d'alerte et d'information, permettant aux éleveurs de prendre des décisions éclairées pour leurs déplacements de transhumance, grâce à des informations

[217] *Sahelian goat*, https://en.wikipedia.org/wiki/Sahelian_goat
[218]b) *Dorper*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Dorper, b) La race bovine *bonsmara*, elle, est connue pour sa résistance à la chaleur et aux maladies parasitaires liées au climat, https://fr.wikipedia.org/wiki/Bonsmara
[219] Cf. *Djibouti : Les produits de l'élevage contre la faim*, 14/09/2021, https://sossahel.org/djibouti-les-produits-de-lelevage-contre-la-faim/
[220] *Sécuriser le pastoralisme en Afrique de l'Est et de l'Ouest : Protéger et promouvoir la mobilité du bétail*, ibid.
[221] *Lutte contre la désertification par l'appui au pastoralisme dans le Ferlo*, https://www.ffem.fr/fr/carte-des-projets/lutte-contre-la-desertification-par-lappui-au-pastoralisme-dans-le-ferlo

telles que la pression d'utilisation des forages et leur fonctionnement, la situation des pâturages, les cas de foyers de maladies infectieuses, les données météorologiques, les prix du bétail sur les principaux marchés, etc. Ils permettent de mieux organiser la lutte contre les feux de brousse.

- **Appui technique et diversification des activités économique** : le projet forme des responsables sur les pratiques durables d'élevage et de gestion durables des pâturages. Il détecte et appuie les initiatives locales de diversification économique (aviculture, embouche, lait, etc.). Ces deux activités vont in fine de diminuer la pression sur les pâturages.

But :
Le projet permet la mise en place de modes de gestion durables et in fine de conserver l'état du couvert végétal actuel dans la zone du Ferlo. *Les éleveurs, mieux organisés, sont à même de revendiquer des territoires dédiés à l'élevage*.

27.8.4 Exemple du Projet de développement rural intégré (PDRI) de la zone pastorale de Barani

Le Projet de développement rural intégré (PDRI)[222], financé notamment par l'Agence française de développement (AFD) et lancé en 1991 dans trois provinces de l'Ouest burkinabè, arrive à Barani. L'idée de sauvegarder la vocation pastorale historique de la grande plaine du Seeno par l'instauration d'une zone pastorale est née des premiers échanges entre la population et l'équipe du projet. Le projet finance alors l'aménagement d'une zone de près de 50 000 hectares.

Voici le parcours autour de Barani : À l'est du village, une vaste plaine sableuse (seeno) est pâturée en saison des pluies. En saison sèche, les troupeaux sont conduits dans les pâturages de décrue du Sourou. Les migrants agricoles s'installent notamment dans la grande plaine sableuse (seeno) entre Barani et le Sourou, et cultivent du riz dans les pâturages de décrue du Sourou.

La zone pastorale de Barani peut être considérée comme un commun à vocation pastorale territorialisé. Elle en remplit les trois critères :

Des ressources, qui sont réhabilitées et reconnues pour leur vocation pastorale première. *Les pâturages de saison des pluies sont délimités par des balises en béton et des pares-feux sur le pourtour de la zon*e. Les agriculteurs installés dans la zone depuis les années 1970 sont expulsés. Les puits et forages pastoraux rénovés.

Des règles de gestion, qui sont formalisées dans un cahier des charges rédigé dans le cadre du PDRI au milieu des années 1990 et réécrit en 2010. Ce cahier des charges entérine les limites de la zone, les règles d'usage, détaille l'organisation des instances de gestion de la zone, prévoit des sanctions en cas de non-respect des règles. Des comités villageois de gestion des ressources naturelles (CVGRN) ont un pouvoir de gestion : *ils surveillent la zone, perçoivent les droits d'entrée dans la zone, sont chargés des travaux d'entretien dans leur périmètre*. Un comité départemental de gestion des ressources naturelles (CDGRN), basé à Barani, détient le véritable pouvoir sur la zone : il a des droits de gestion supérieurs à ceux des CVGRN et un droit d'exclusion. Les recettes des droits d'entrée dans la zone sont centralisées dans sa caisse. Il décide des dépenses : entretien de la zone et financement de patrouilles de surveillance motorisées. Il est l'instance de résolution des conflits et le garant de l'intégrité de la zone contre les tentatives de mise en culture des pâturages. Il est l'interlocuteur privilégié des intervenants extérieurs : services de l'État, organisations non gouvernementales (ONG)…

[222] *Gestion concertée des ressources agropastorales: cas du Sahel Burkinabé*, Boureima Drabo, Hermann Grell et Augustin Poda (Programme Sahel Burkinabé PSB / GTZ, BP 280 Dori, Burkina Faso) in « *Elevage et gestion de parcours au Sahel, implications pour le développement* », E. Tielkes, E. Schlecht et P. Hiernaux (Verlag Ulrich E. Grauer Editeurs), 2001, https://rmportal.net/framelib/gestion-concerte.pdf

Une communauté d'ayants droit se partage la ressource. Le faisceau de droits permet de distinguer différents types d'acteurs :

1. Les simples usagers qui ont des droits d'accès et de prélèvement contre le paiement d'un droit d'entrée ;
2. Les membres des CVGRN qui ont des droits d'accès, de prélèvement et de gestion ;
3. Les membres du CDGRN qui ont des droits d'accès, de prélèvement, de gestion et d'exclusion.

La zone pastorale respecte sept des huit critères de performances institutionnelles identifiées par Ostrom (1990) : les limites de la communauté d'usagers (ceux qui ont payé le droit d'entrée, ceux qui font partie des groupes de gestion) et de la ressource (matérialisée par des bornes) sont clairement définies ; les règles d'usage permettent le renouvellement de la ressource fourragère (grâce aux dates d'entrée et de sortie) ; la surveillance émane des comités d'usagers et non pas d'une autorité municipale ou étatique extérieure ; des sanctions graduelles sont prévues et appliquées en cas de fraude ; les conflits se règlent à moindre coût devant le CDGRN et non devant des autorités extérieures ; l'usage, la surveillance et la gouvernance sont organisés selon des niveaux différents et imbriqués.

La pression foncière croissante impose de repenser les modalités de cohabitation de l'agriculture et de l'élevage. Si de nombreuses synergies sont en place entre les deux activités, une concurrence spatiale est à l'œuvre en saison des pluies, et en saison sèche et chaude dans les espaces de transhumance. Dans des espaces ruraux de plus en plus agricoles, il faut toutefois garder une place pour l'élevage. Des territoires réservés à la pâture doivent être pensés localement. L'échec des zones pastorales montre qu'ils ne peuvent être imposés par les États.
Le but recherché est bien d'exclure l'agriculture (et non pas les agriculteurs, qui sont souvent également éleveurs) des parcours ainsi protégés.

La question de l'intégration des transhumants à la gestion des parcours, alors qu'ils sont par définition souvent absents du territoire et qu'ils ont tendance à être exclus par les tarifications adoptées est difficile à résoudre.

L'aménagement des tronçons de transhumance les plus conflictuels permet une descente plus progressive des troupeaux transhumants à la fin de la saison des pluies. *C'est là un facteur important de limitation des problèmes de dégâts champêtre*s.

La compétition foncière et le privilège accordé à l'intensification de l'agriculture défavorisent l'élevage pastoral, et oubliant les mises en garde contre les risques d'exclusion et de révolte des transhumants.

Elle renvoie à la gouvernance sociétale des ressources pastorales. L'approche programme constituera un cadre plus pertinent sous réserve de la méthode de gouvernance des acteurs étatiques, bailleurs et Etats nationaux. Dans ce nouveau cadre d'intervention qui se met en place, quel acteur de développement portera cette méthode à travers une décentralisation fragile et face au risque de marginalisation des acteurs-clés de ces expériences que sont la société civile, les ONG et les associations ?

Tableau 1. Principaux pas dans le processus d'une gestion collective des ressources naturelles.

Pas (étapes) importants	**Sous-pas et contenu**	**Appui apporté par le projet**
Mise en confiance - lancement d'un partenariat effectif	Réflexion sur des questions clefs, les intérêts en jeu, principes de base dans le cadre du partenariat.	Susciter le dialogue entre tous les acteurs (groupes d'intérêts) ; Faciliter la tenue de réunions ; Appuyer la médiation
Réflexion, analyses des contraintes et forces de la zone	Diagnostic de l'état et des modes de gestion des ressources clefs, négociation des intérêts, esquisse de solutions.	Faciliter la réflexion ; Apport technique Appui méthodologique Informations diverses.

Pas (étapes) importants	Sous-pas et contenu	Appui apporté par le projet
Emergence de la structure locale pour la GRN	Mandat et responsabilités représentativité et composition de l'organisation, fonctionnement.	Informer sur les textes en matière d'organisation au Burkina ; Susciter la réflexion sur les conditions / critères de viabilité d'une organisation.
Elaboration d'un règlement intérieur en matière de GRN	Objectifs et indicateurs d'impacts; Propositions de règles à partir de la base ; Harmonisation au niveau des organes de coordination ; Accord entre producteurs, partenaires techniques et l'administration Adoption/reconnaissance administrative.	Appui à l'adoption d'une démarche ; Large information sur les textes législatifs existants ; Facilitation des échanges ; Consultant juriste ; Appui à la traduction et rédaction des documents ; Mise en relation entre producteurs et les masses médias.
Mise en œuvre, suivi, évaluation et réajustement	Modes d'organisation pour le contrôle ; Dispositifs de suivi des effets des règles ; Reconnaissance juridique de la structure et des règles.	Appui à la mise en place du dispositif de suivi et à la structuration de l'organe de suivi ; Appui et suivi technique des effets.

Tableau 2. Règles de gestion dans 32 villages appuyés par le projet

Ressources clefs	Villages (nombre)	Consensus adopté
Zones pastorales et agricoles	22	Détermination des espaces affectés au pâturage et aux cultures (zonage)
Aires de pâture	16	Droit de faire paître des animaux sur les espaces de pâturages reconnus comme tels
	10	Interdiction de l'exploitation d'es aires de pâtures à des fins agricoles
	23	Accès interdit aux animaux atteints de maladie contagieuse
	18	Signalisation auprès des cadres de concertation avant toute installation
	18	Interdiction de la fauche de l'herbe (*Panicum laetum*) à des fins commerciales
Zones agricoles	8	Déguerpissement des zones agricoles en saison pluvieuse
	30	Détermination des périodes de début et fin de la garde obligatoire des animaux
	2	Institution de zones de réserves agricoles
Pâturages post-culturaux	4	Exploitation sur autorisation expresse du cadre de concertation
	4	Installation soumise à l'autorisation du propriétaire du champ

Ressources clefs	Villages (nombre)	Consensus adopté
Mares et autres points d'eau	20 30	Interdiction d'y rester avant et après abreuvement Interdiction d'occuper les berges et les couloirs de passage
	8 1	Exploitation concertée des abords soumise à l'approbation des cadres de concertation Interdiction de toute action de nature à souiller l'eau de la mare
Piste à bétail/ couloirs de passage	30	Obligation de respect des limites
	1	Matérialisation obligatoire des limites
Pâturage aérien, (Ligneux)	30 2 4 5	Interdiction de la coupe abusive et exploitation des ligneux selon les normes Interdiction d'accès à certaines espèces ligneuses en voie de disparition Interdiction des feux de brousse Mise en défens partiel ou accès subordonné à l'autorisation préalable
Cures salées	12	Interdiction d'y rester après exploitation ou s'installer sur et en bordure
Faune et chasse	9	Obligation d'avoir une autorisation préalable

Source : *Gestion concertée des ressources agropastorales: cas du Sahel Burkinabé*, Boureima Drabo, Hermann Grell et Augustin Poda (Programme Sahel Burkinabé PSB / GTZ, BP 280 Dori, Burkina Faso) in « *Elevage et gestion de parcours au Sahel, implications pour le développement* », E. Tielkes, E. Schlecht et P. Hiernaux (Verlag Ulrich E. Grauer Editeurs), 2001, https://rmportal.net/framelib/gestion-concerte.pdf



Avant/Après : terre aride récupérée par le contrôlé du pâturage des troupeaux[223].

27.8.5 L'avis d'une actrice humanitaire

Un avis de Claire Marie Madeleine Péhi-Verny, qui a vécu 15 ans au Burkina Fasso : « *J'organiserai d'abord les paysans pour planter des haies d'herbes et arbustes, appetées [appréciées] du bétail et, l'année d'après, on organiserait une rencontre paysans/ éleveurs avec un calendrier prévisionnel afin de ne pas laisser le bétail rentrer dans les champs avant la fin des récoltes. Pour la partie « prairie », elle est rare et ne subsiste que jusqu'à 2 ou 3 mois après la saison des pluies, ce qui correspond au temps des récoltes, donc ça devrait s'équilibrer. D'autre part il y a traditionnellement des accords éleveurs agriculteurs via les chefs traditionnels et maintenant les agents de l'agriculture et de l'élevage, c'est par eux qu'il faut passer.*

Autrefois les bergers « suivaient la pluie » du Mali et du Nord Burkina jusqu'au nord de la Côte d'Ivoire et amenaient ainsi une partie de leur bétail plus au sud ».

[223] Cf. http://science-pope.com/2013/03/reverse-climate-change-with-mobile-desert-meat/



Chambre à air utilisée pour le transport de l'eau. © I. Touré (2002).



Citerne utilisée pour le transport de l'eau. © PAPF (2010).



Construction d'une mare dans la région de Ouaddai © Projet Almy Bahaïm (2008).



Un puits pastoral dans le nord du Batha © Projet Almy Bahaïm (2008).



Formation avec des éleveurs à Thiel (2003) © I. Touré.



Arbre coupé pour le bois de feu, au Sahel. © Fousséni Ouattara.



Troupeau de chèvres région de Tataouine (Tunisie)[224].

27.8.6 L'élaboration d'un code foncier du Sahel selon Sall Alioune

« ***L'élaboration d'un code foncier du Sahel paraît être une étape nécessaire, indispensable même, car on peut craindre, si les tendances actuelles se poursuivent, que les zones marginalement utiles pour l'agriculture ne soient vite occupées au Sénégal par des agriculteurs sédentaires fuyant les sols déjà épuisés, comme c'est le cas dans le Djoloff maintenant***.
Ce code, en reconnaissant des droits d'usage sur les chemins de parcours, pourrait servir d'élément de base à l'élaboration d'un code pastoral qui serait le fait des populations et qui envisagerait aussi les moyens de faire exécuter les décisions prises dans le cadre de ce code pastoral »[225].

27.9 Ressources bibliographiques pour ce chapitre

a) *Mobilité pastorale et développement au Sahel*, Ibrahima Diop Gaye, Editions L'Harmattan, 2017.

b) *Pastoralisme, résilience et développement*, Amadou Ndiaye, Ed. L'Harmattan, 2018.

Amadou Ndiaye analyse les interactions entre, d'une part, les pratiques pastorales locales (appropriation des constellations, du climat, de l'hydrologie et de la végétation, art vétérinaire, coutumes foncières, habitat, sélection animale...) et d'autre part, les démarches (en régie, communautaires, participatives) et actions (forages, santé et production animales, classement forestier et reboisement, organisations d'éleveurs, jardins de femmes etc.) des projets de développement des années 1950 à nos jours.

c) *Impact environnemental de l'élevage*,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Impact_environnemental_de_l%27%C3%A9levage
Impact sur la biodiversité,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Impact_environnemental_de_l%27%C3%A9levage#Impact_sur_la_biodiversit%C3%A9

d) Sall Alioune. *Quel aménagement pastoral pour le Sahel ?* In *Tiers-Monde*, tome 19, n°73, 1978. Environnement et aménagement en Afrique (sous la direction de Jacques Bugnicourt) pp. 161-169;
doi : https://doi.org/10.3406/tiers.1978.2785, https://www.persee.fr/doc/tiers_0040-7356_1978_num_19_73_2785

[224] Cf. http://histoiredyvoir.blogspot.fr/2012/06/tour-de-tunisie-ksour-et-ghorfas-autour
[225] *Quel aménagement pastoral pour le Sahel ?* Alioune Sall, ibid.

28 Prévenir les feux de forêt et de brousse incontrôlés

28.1 Définitions

Brûlage dirigé : Application rationnelle du feu à la végétation naturelle dans des conditions précises de terrain et de climat à des fins de gestion bien définies à l'avance. Voir *feu de forêt, écobuage, pare-feu, coupe-feu*.
Synonyme de *feu contrôlé*. Source : *Le feu, outil d'aménagement forestier: Le brûlage dirigé dans le sud des Etats-Unis, www.fao.org/docrep/t9500F/t9500f07.htm*
Contrefeu ou ***contre-feu*** : Feu qu'on allume pour circonscrire un incendie (voir *écobuage, feux de forêt, coupe-feu*).
Coupe-feux : coupe forestière linéaire, ou une infrastructure linéaire créée et/ou spécialement entretenue pour freiner l'extension rapide d'incendies de forêt ou feux de brousse, plus ou moins efficacement
(voir aussi *feux de forêt, écobuage*).
Culture itinérante : a) Système agricole qui consiste à cultiver une parcelle pendant quelques années avant de l'abandonner pour une longue période de jachère. b) Méthode de culture consistant à déboiser un terrain forestier, à y mettre le feu pour libérer les éléments nutritifs, à le cultiver pendant quelques années jusqu'à ce que les sols soient épuisés et à l'abandonner. Voir *Culture sur brûlis, Ladang*.
Culture sur brûlis : a) Technique consistant à brûler les herbes et les broussailles, voire les arbres, sur une étendu de terrain pour en améliorer la fertilité du sol (technique agricole non durable). b) Système agricole qui consiste à essarter et brûler une surface de forêt avant la mise en culture (voir aussi *écobuage*).
Écobuage : a) L'**écobuage**, ou **débroussaillement** par le feu, est une pratique agricole ancestrale pratiquée dans le monde entier. Originellement, le terme désigne le travail d'arrachage de la végétation et de la couche superficielle de l'humus au moyen d'une "écobue", outil proche de la houe, l'incinération en petits tas de ces éléments puis l'épandage des cendres sur les terrains afin de les enrichir en éléments nutritifs. Cette pratique coûteuse en main d'œuvre, a progressivement disparu au profit de la technique qui consiste à brûler directement les végétaux sur pied et qui a cependant conservé l'appellation "*d'écobuage*".
Feu contrôlé : voir *brûlage dirigé*, *feu de forêt, écobuage, pare-feu, coupe-feu.*
Feu de forêt : Incendie qui touche un massif boisé. Voir *pare-feu*, *coupe-feu, écobuage*.
Ladang : Mode de culture sur brûlis qui ne tue pas les grands arbres, épargnés pour leur ombrage. Seul le petit bois et la strate herbacée sont brûlés. On plante alors au plantoir les graines de plantes annuelles dans la cendre tiède. Le ladang dure deux ans, après quoi il faut changer d'endroit. Voir *culture sur brûlis*.
Pare-feu : Le but des pare-feu est de créer une discontinuité dans le peuplement forestier afin de stopper ou ralentir la progression d'un feu. Ils doivent être installés perpendiculairement aux vents dominants pour ne pas au contraire devenir des couloirs de propagation du feu. *Un pare-feu mal conçu ou mal entretenu risque aussi d'être un facteur d'érosion, voire de fragmentation écopaysagère et de propagation du feu*. Ceux qui sont enherbés et entretenus par des herbivores (moutons en général) semblent les plus efficaces. Ils jouent généralement aussi un rôle de cloisonnement. Voir *feu de forêt, incendie de forêt, écobuage* (synonyme *coupe-feu*).

28.2 Les feux de brousse

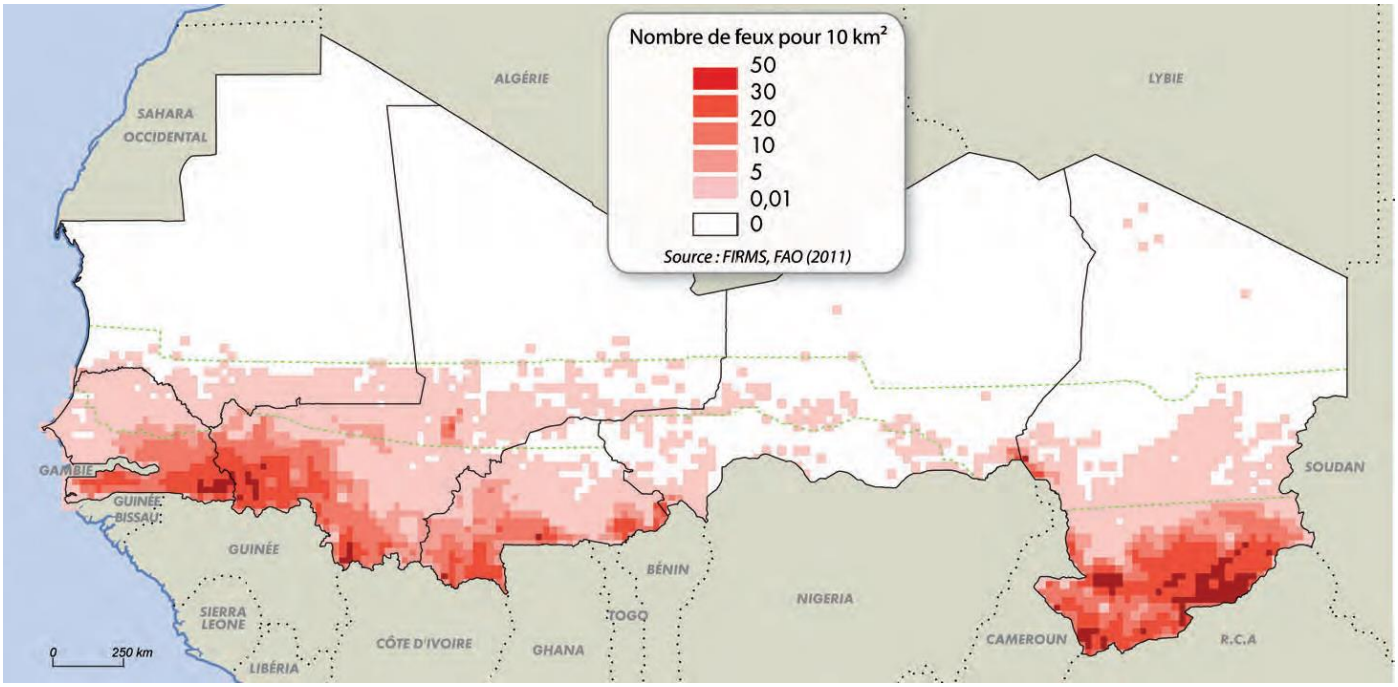
« *Selon les zones agro-écologiques et les saisons, ils sont considérés soit comme un fléau, soit comme un outil de gestion agricole (défrichement agricole, écobuage, élimination des ennemis des cultures par brûlis des résidus de récoltes) soit un moyen de gestion des ressources naturelles (stimulation de la régénération de l'herbe, protection des habitations, voire même une pratique culturelle). Le feu peut aussi survenir par négligence, en raison de conditions climatiques favorables, ou de manière criminelle. Malgré les avantages évoqués, les feux de brousse ne sont pas sans effets négatifs sur les ressources naturelles : baisse de la biodiversité, perte de la matière organique et d'azote, épuisement de la réserve de fourrage utile, dégradation des sols, baisse de la productivité des cultures et des pâturages* ».

La plupart de ces feux de brousses sont volontaires et liées aux pratiques agricoles (culture itinérante sur brûlis).

A Madagascar, la culture sur brûlis ne demande pas d'effort ou d'éducation (la moitié des Malgaches étant analphabètes). Car dès qu'une parcelle est épuisée, il suffit de brûler celle d'à côté et l'île est vaste _, contrairement aux techniques alternatives, plus complexes, même pour les plus simples comme le semis-direct.

A Madagascar, les raisons des feux de savanes ou de brousses (qui se propagent aux forêts), en fin de saison sèche, sont :

a) avoir de jeunes et tendres pousses d'herbes vertes, plus appréciées par les zébus que l'herbe sèche,
b) tuer les tiques (tapak'ahitsy) du zébu (vecteur d'une bactérie mortelle, la *cowdriose*) car pas de solution alternative proposée ou enseignée par le gouvernement (il existe bien des solutions biologiques[226] et médicamenteuses _ *antibiotiques telles que tétracyclines notamment l'oxytétracycline injectable* _, mais il n'y a pas d'argent pour cela. A contrario, il n'existe pas de vaccin. Quant à la solution de prairies cultivées avec pesticides, elle demande de l'argent, plus de travail, est moins écologique et demande un certain niveau d'éducation ...).



Densité moyenne des feux de brousse entre 2001 et 2010.



Exemple de feux de brousse au Mali © FAO (2010).



Culture sur brûlis à Madagascar (Tavy) © B. Lisan.

[226] Telle que la lutte contre les tiques : lutte chimique, lutte agronomique (destruction des refuges, plantes répulsives), lutte biologique (prédateurs des vecteurs : oiseaux, fourmis), détiquage manuel régulier des bêtes.



Création de pares-feux au Sénégal © PAPF (2004).

Sources : "*Suivi des feux de brousse au Sahel*", I. Garba, I. Touré, A. Ickowicz, JD. Cesaro, B. Toutain, in "*Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel 1970-2012*", CIRAD, FAO, SILSS, http://www.fao.org/3/i2601f/i2601f.pdf

28.3 Les feux de forêts



Déforestation à Madagascar : feux d'origine humaines dans la forêt primaire des gorges de la Rivière Tsiribinhina (Madagascar). © B. Lisan, septembre 2009.



Déforestation à Madagascar : feux d'origine humaines Le long de la RN7 entre Antsirabe et Antananarivo (Madagascar). © B. Lisan, septembre 2009.



Déforestation par incendies en Amazonie.



Feu de forêt (Tavy). Madagascar. © B. Lisan, 2009.



L'Amazonie en feu, à cause de la déforestation pour faire place à des prairies ou des cultures rentables _ sojas etc. (source Greenpeace).

28.4 Solutions / prévention collective (mesures visant à empêcher les feux de forêt)

- Mise en place de tours de guet confortables, pour la surveillance.
- Instauration d'une surveillance assurée par population locale (impliquée dans la lutte).
- Avoir un stock de grandes pelles solides (pour éteindre les flammèches, brandons et départs de feu).
- Mise en place de :
  - De *tranchées,*
  - *De coupe-feu, de pares-feux,*
  - *De réserves d'eau.*
  - *De plans de préventions.*
- Débroussailler régulièrement le couvert végétal dans les sous-bois, soit par les ovins/herbivores, soit par des moyens mécaniques.
- Utiliser les feux contrôlés, dirigés (écobuage), en brousse et/ou dans les sous-bois, en période de saison des pluies, sans vent (avoir, avec soi, des pelles pour limiter la zone brûlée). Cet acte doit être réalisé d'une façon planifiée et contrôlée, sur une zone prédéfinie, et il dépend des conditions climatiques.
- Planter, peut-être, éventuellement, des espèces résistantes aux feux.
- Formation à la surveillance anti-incendie pour les guetteurs,
- Création de chemins forestiers, largement dégagés, d'accès rapides aux sites, sur les crêtes.
- *Véhicule 4x4 rapide de lutte anti-incendie, camion réservoir de pompier (+ entretien)* (*si les moyens financiers le permettent*).
- *Caméras et systèmes automatisés à infrarouge* (*si les moyens financiers le permettent*).
- *Utilisation de drones de surveillance* (*si les moyens financiers le permettent*).

Le plus important : a) le débroussaillage, b) l'aménagement de coupe-feux.



Ne pas allumer des feux n'importe où.



Durant le feu, utilisation de pulvérisateurs individuels, en plus des pelles.



Des feux contrôlés sont une stratégie préventive depuis longtemps utilisée.

28.5 Inconvénient des feux contrôlés

Les Feux contrôlés peuvent cependant à terme appauvrir le sol et sélectionner des plantes qui brûlent bien et dont les graines germent mieux suite aux incendies (espèces pyrogènes/pyrophyles) (Ex.: ajonc, imperata…).

Attention ! Les écobuages sont loin d'être anodins. Mal maîtrisés, ils peuvent conduire à des départs de feux catastrophiques, à la morts d'humains (de promeneurs…) ou d'animaux …



Installer des coupes feux découpant la forêt en parcelles (pour la lutte contre le feu).



Débroussailler régulièrement les sous-bois (pour la lutte contre le feu).



Installer des réservoirs d'eau (pour l'irrigation et la lutte contre le feu) . Étanchéité réalisée avec une couche d'argile ou un géotextile étanche.



Construction de digues pour faire des retenues d'eau ou des barrages (Tout dépend du régime des pluies, de celui des crues et de la porosité du sol, localement).



Tours de guets.



Tours de guets.



Débroussaillement et pâturage par les moutons , ovins etc.



Chemins de crête, largement dégagés ,d'accès facile, souvent servant de coupe-feux.




A gauche : Coupe-feux (Maroc).
A droite : Bulldozer pour aménager les chemins et coupe-feux.





Caméra infrarouge système Artis Fire (efficace mais coûteux).

28.6 Des solutions récentes pour pays riches (hors des moyens des pays en voie de développement)

Pour mention. En 2020, le ministère espagnol de l'écologie a mis en place un système d'intelligence artificielle pour prédire les incendies. En un an, le nombre d'hectares calcinés a baissé de 20%.

28.6.1 Solution Pyro

Des solutions sont aussi développées par des sociétés privées. C'est le cas de *Pyro*, une start-up espagnole à l'origine de capteurs capables d'alerter les habitants et les autorités en cas d'incendie. Les capteurs mesurent en temps réel la température, l'humidité, le vent et les gaz contenus dans l'air.
"*Le capteur peut nous indiquer la force du vent de façon très précise. Les pompiers savent quel capteur a déclenché une alerte et quand. Ces informations sont accessibles sur un téléphone, on peut donc générer un itinéraire jusqu'au capteu*r", explique au 19h30 José Luis Liz, fondateur de Pyro.



Ce capteur, de la société *Pyro*, mesure, en temps réel la température, l'humidité, le vent, les gaz contenus dans l'air, et, en cas de problème, envoie une alerte vers une liste de destinataires, ce qui leur permet d'agir le plus vite possible. 24h sur 24, les données sont analysées dans un centre de contrôle. Le village d'Olocau, sur la côte méditerranéenne, entouré par des forêts de pins, s'est équipé d'une soixantaine de capteurs de la société *Pyro*.



Ce drone, de la société *Drone Hopper*, équipé de capteurs thermiques, peut transporter 600 litres d'eau.

28.6.2 Un drone du type "canadair"

A Madrid, l'entreprise Drone Hopper travaille sur un drone faisant office de canadair. Moins cher qu'un avion, ce drone peut transporter 600 litres d'eau. Grâce à ses caméras thermiques, il localise précisément les points chauds. Un prototype pourrait être opérationnel dès la fin de l'année.
Selon Pablo Flores, fondateur de Drone Hopper, "*Le pompier pourra être près de l'incendie, mais pas en plein milieu. Il pourra se trouver à 1km ou 2km du feu et donc ne pas prendre de risque*."

Source : *L'Espagne mise sur de nouvelles technologies pour déjouer les incendies*, 05/09/2021, https://www.rts.ch/info/sciences-tech/environnement/12449870-lespagne-mise-sur-de-nouvelles-technologies-pour-dejouer-les-incendies.html

28.7 Développement d'une culture de la prévention

- Campagnes d'information sur les risques et la prévention auprès du public :
- Formation professionnelle et citoyenne, des habitants, par les pompiers, à la lutte anti-feux.
- Apprendre l'extinction des feux (tous les moyens d'intervention, quels qu'ils soient).
- Et la remise en état (les mesures prises après l'incendie, pour en limiter les effets négatifs).
- Programmes spécifiques destinés aux écoliers, avec interventions de forestiers et de sapeurs-pompiers dans les écoles.
- Spots télévisés, campagne d'affiches, annonces radio de sensibilisation.
- Représentations théâtrales sur les conséquences des feux avec accent sur les risques.
- Faire comprendre les enjeux économiques, écologiques (l'érosion …) de ces feux etc.
- Maîtriser le développement urbain, ne pas construire en zones inflammables.
- Cartographie des zones à risque (pyro-géographie).
- Eviter les terres et forêts en fiches, non entretenues
- Eviter d'assécher les tourbières.
- Disposer en permanence d'eau, de réserve d'eau, d'extincteurs, à proximité des zones à risques.



Ne pas allumer des feux n'importe où.



Un geste en apparence anodin.
Source : Tableau *Bergère - départ de feu* par Aimée Rapin.



Le triangle du feu :

Combustible (bois, essence …),
+ Oxygène (l'air …),
+ Chaleur => donne le **feu**.

Pour éteindre un feu, on dit qu'il faut (voir ci-après) :



Un verre d'eau à la première minute.



Un sceau à la seconde minute.



Une tonne d'eau à la 3ème minute.



Après …

D'où l'importance d'une action rapide !!!

28.8 Apprendre les bons gestes

- Alerter immédiatement les secours ou pompiers (en France : 112 / 18) ou la communauté villageoise, en cas de départ de feux,
- Éviter de fumer ou de faire un barbecue, un feu, en période sèche.
- S'entraîner ensemble à « des exercices incendie » dans les zones sensibles.
- Installer des panneaux de signalisation et d'alerte sur les risques.

28.9 La loi

- Législation forestière imposant aux propriétaires de nettoyer les sous-bois, le long des routes, d'éclaircir les taillis (voire le reboisement des zones brûlées).
- Obligation du débroussaillement pour les propriétaires de forêt.
- Peines sévères en cas d'incendies intentionnels (jusqu'à l'emprisonnement à perpétuité en France).

28.10 Actions durant le feu

- Stratégie d'attaque immédiate des feux naissants (surtout ne pas les laisser prendre de l'ampleur !).
- Par exemple, apporter, avec soi, des pelles, un pulvérisateur ou des extincteurs, des réserves d'eau, dans un sac à dos … Les solutions étant toujours variées et flexibles, fonction du contexte, de la situation…
- Attention au sens du vent et à la fumée (fuir si le vent change).
-



Utilisation de pelles.



Durant le feu, utilisation de pulvérisateurs individuels, en plus des pelles.



Des feux contrôlés sont une stratégie préventive depuis longtemps utilisée.

Consulter aussi cette page web : *Lutte contre les feux accidentels*, http://www.fao.org/3/T0748F/t0748f0e.htm

28.11 Remise en état de la forêt après un incendie

- Extraction et disposition de pierres et du bois brûlé, le long des lignes de nivellement, pour retenir le sol et éviter l'érosion.
- Ramassage des arbres brûlés, pour éviter qu'ils soient abattus par le vent.
- Abattage partie aérienne d'arbres non brûlés, pour accélérer leur régénération.
- *Loi ordonnant le reboisement des zones brûlées.*

28.12 Pare-feu (coupe-feu)

Ce sont habituellement des layons, chemins, allées (éventuellement bordées d'un ou deux fossés) qui doivent être aménagés et régulièrement entretenus.
Ce sont parfois aussi des tranchées déboisées pour le passage de lignes électrique (de moyenne ou haute tension) ou d'un pipe-line qui jouent ce rôle avec plus ou moins d'efficacité.
Selon les contextes, ils sont désherbés, voire labourés ou au contraire plantés d'herbacées fauchées et/ou pâturées.
Les coupe-feux visent notamment à interrompre la continuité des chaumes secs de la strate herbacée ou de la litière de feuilles sèches (des sous-bois), très inflammables en saisons sèche.
Les pare-feux ont une efficacité très variable selon la saison, le vent, l'intensité du feu et le contexte biogéographique.
En zone aride ou sèche, les pare-feux se sont souvent montrés vains contre les grands incendies de forêt sauf si le feu et le vent sont modérés, et/ou si la forêt est assez humide et si le feu s'est déclaré au bord du pare-feu et contre le vent. En dépit des stratégies croissante de création et d'entretien de coupe-feux, les feux de forêts continuent globalement à progresser et les incendies touchent des surfaces de plus en plus grandes, malgré les coupe-feux. Ils semblent utiles dans de nombreuses situations, mais doivent toujours être accompagnés de stratégie plus globale de prévention du risque, et de formation, information…

28.13 Valorisation des coupe-feux

On peut combiner plusieurs activités sur les pare-feux : sylvopastoralisme, viticulture, culture du figuier de Barbarie, production d'olives et d'amandes etc. Plantation de légumineuses sauvages autochtone enrichissant le sol et le paysage tout en améliorant l'efficacité de la barrière contre le feu[7].

28.14 Réservoirs

Pour son étanchéité, le fond du réservoir peut être tapissé d'argile, d'un mélange d'argile et de pierres (moellons) ou d'un géotextile étanche (plus coûteux).
Voire des réservoirs remplis d'eau, fermés, en plastique, en néoprène , en bois (ignifugé) ou métalliques (plus coûteux), peuvent être disposés à des points stratégiques, pour la lutte anti-incendie.
















29 Travail de sensibilisation

A Madagascar, dans l'esprit des paysans pauvres, le problème de déforestation aurait été « inventé » par le colonisateur occidental pour justifier sa politique forestière répressive que continue le gouvernement actuel => donc négation générale de l'ampleur du phénomène pourtant bien réel et *une désobéissance civile des paysans* : 1) pour éviter les arrestations, il mettent alors le feu aux forêts, la nuit, 2) pour être entendus sur leurs conditions de vie, ils occupent des terres dans les forêts (dans forêts de l'est …), 3) coupes pour le charbonnage en pleine forêt, pour ne pas être vus, 4) feux dans les forêts, par les voleurs de zébus, pour les y cacher et avoir de l'herbe jeune.

- Education et Conscientisation des Acteurs locaux[227].
- Création de Sources de Revenu de remplacement (pour les charbonniers …).
- Soutien des marchés locaux.
- Etablissement d'un cadastre.
- Planification de sa gestion et mise en place d'un système de contrôle des objectifs.
- Sécurisation juridique: 1) statut des zones pastorales, des zones cultivées, des forêts, 2) des droits autochtones/locaux.
- Contrôle des « front pionniers »
- Redistributions foncières

[227] Acteurs locaux : a) Paysans cultivateurs, b) charbonniers, b2) fabricants de chaux ou de briques, c) forestiers, scieurs de planches, c2) menuisiers locaux, c3) sculpteurs sur bois (utilisant des bois précieux), d) Réseaux de Distribution et de Vente (de Charbons de bois, de Planches, de Chaux, de Chandelles en "bois pin " etc.), e) politiciens locaux ou nationaux.

30 Création d'une banque de graines / semences

30.1 Où se procurer les jeunes pousses ou les graines ?

- Par des prélèvements dans la végétation locale. Prélèvements (sous formes de surgeons, rejets, graines, boutures etc.) qui seront cultivés ensuite en pépinières.
- Dans les instituts agronomiques, horticoles ou agroforestiers locaux (au niveau de leur jardin et de leur graineterie).
- Dans des magasins de plantes et pépiniéristes locaux (mais éviter les semences hybrides type F1, dont la faculté germinative n'est pas assurée à la seconde génération).

30.2 Comment conserver les graines ?

- Au frais (ou au froid) et au sec et dans un local frais (plutôt ventilé).
- Ne pas dépasser les dates limite de péremptions.

30.3 Critères de qualité des semences

- le nombre de germes vivants au kg,
- la pureté du lot,
- l'état sanitaire,
- la faculté germinative.

30.4 Les opérations pouvant être effectuées pour la conservation des semences

Elles sont variées, dépendant des types de graines. Voici les traitements que peuvent subir les semences : pré-nettoyage, pré-séchage, dépulpage, séchage des fruits à la chaleur naturelle, séchage à couvert (voire lyophilisation), séparation (des graines de leur enveloppe _ de la capsule, de la balle de son ...), culbutage, battage, désailage (pour ôter les ailes des fruits ailés), criblage, ventage (flottage des graines dans un courant d'air de vitesse suffisante), flottation, triage par gravité, calibrage, contrôle de la teneur en eau, stockage, tests de routine (contrôle visuel, test du taux d'humidité etc.), ventilation ...

30.5 Semences orthodoxes et récalcitrantes (voir ci-après)

En général, les semences d'espèces végétales de milieux secs et arides se conservent beaucoup plus longtemps (10 ans ou plus), que les semences d'espèces de milieux tropicaux humides.
On peut avoir affaire à des *semences récalcitrantes*, par opposition aux *semences orthodoxes*, des graines, ne survivant pas à la dessiccation et au froid pendant la conservation ex situ. Leur stockage nécessite de les conserver avec un degré d'humidité élevé. Mais cette humidité interne favorise l'attaque des micro-organismes et le démarrage prématurée de la germination, ces graines étant également endommagées par des températures proches ou en dessous de zéro.



Graineterie © INRA - Avignon.





Graineterie, Pavlovk, Saint-Pétersbourg (Russie) © N.I. Vavilov Institute of Plant Industry



La semence-othèque du Jardin des fraternités ouvrières de Mouscron (Belgique).

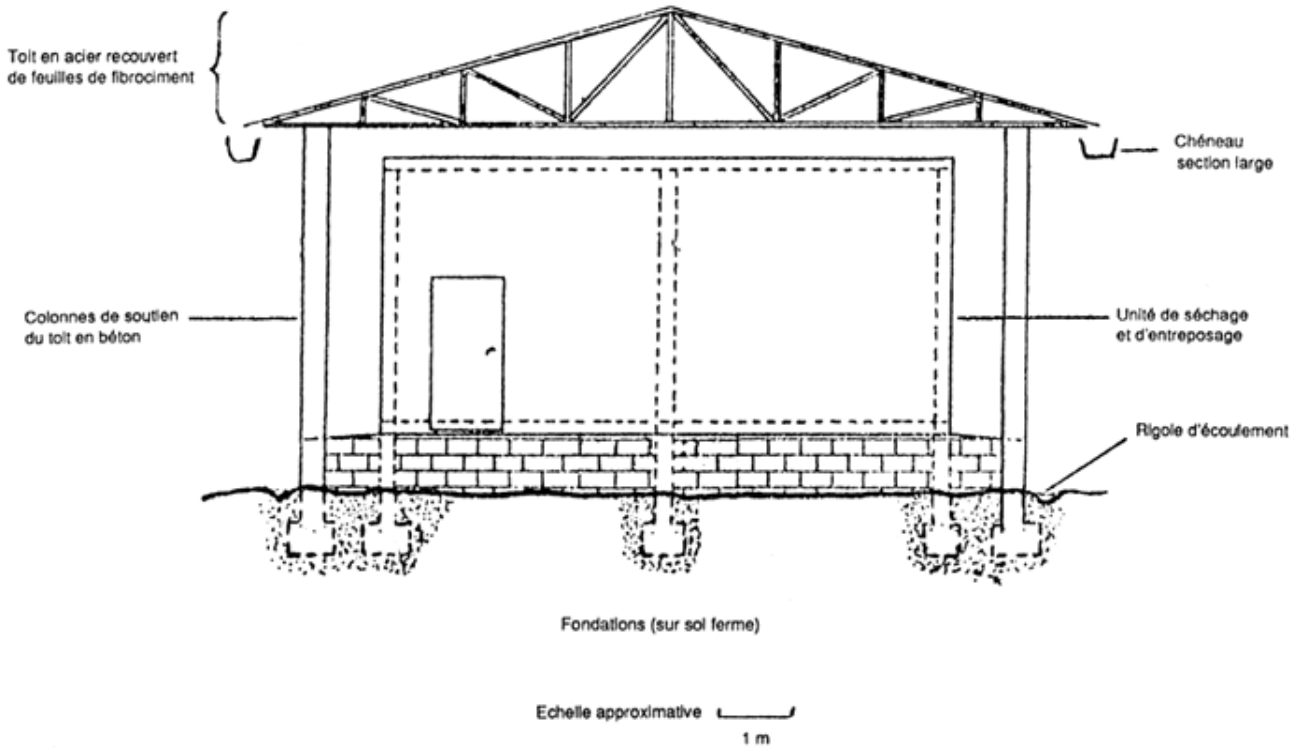


La semence-othèque. Idem.

30.6 Exemple de la « semence-othèque » du Jardin des fraternités ouvrières de Mouscron (ASBL, Belgique)

La *bibliothèque de semences* (banque de graines ou "grainothèque") de cette association conserve environ 6500 variétés de semences de légumes, de céréales, de fleurs, de plantes aromatiques, de plantes médicinales, d'arbustes et d'arbres, d'engrais verts, des variétés peu connues de plantes rustiques, de plantes anciennes, de plantes parfois oubliées, accessibles et produites par les membres de l'association avec une multitude de variétés régionales, résistantes, adaptées, exclues du marché et utiles pour l'alimentation de l'homme, pour sa santé, celle du sol et de la Nature. De nombreuses graines sont issues du jardin ou de ceux des passionnés de l'association. Les autres proviennent de différents groupes de sauvegarde de semences à travers l'Europe et le Monde (Kokopelli …). Elle occupe tous les murs du local principal de l'association, du sol au plafond. Toutes les semences sont répertoriées dans un catalogue, avec leurs caractéristiques principales, un deuxième catalogue rassemble les arbres et arbustes. Le prix du sachet varie de 0.25 à 1€. Chacun dépose son dû dans la cagnotte déposée sur la table. Régulièrement, autour d'une grand table, une douzaine de bénévoles trient, pèsent, ensachent puis étiquètent les graines. Autour, sur les murs tapissés de rayonnages, s'alignent de boîtes numérotées. Une pour chaque variété[228].

[228] *Liste / catalogues de 6000 semences / variétés paysannes, converti en texte ASCII, par l'OCR ABBYY Finereader*, JFOM - J. & G. Cardon, 2012, http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/catalogue-semences-paysannes_JFOM.pdf



Plan d'une unité d'entreposage, à long terme, de semences, vue de face (source FAO).

L'unité d'entreposage et de séchage pourrait comprendre les parties suivantes:

- Des fondations s'élevant de 50 cm (au moins) au-dessus du sol. Des tubes en PVC de 2 pouces de diamètre, enfouis dans du gravier grossier compacté sous la chambre froide à des intervalles de 50 cm environ, assurent le drainage et la ventilation sous plancher.
- Un toit séparé, constitué de feuilles de fibrociment (Ricalit ®) posées sur une armature en acier et installé sur des colonnes en béton armé de 30 × 30 cm. Tous les côtés sont laissés ouverts, afin d'assurer une bonne circulation d'air et d'éviter toute accumulation de chaleur sous le toit.
- Un séchoir (de dimensions intérieures d'environ 7 × 3 × 3 m) constituant une sorte d'antichambre de la chambre froide.
- Voire une chambre fraiche froide.



Le stockage des lots en chambre froide ou frigo.
Photo B. FAYE, GGE-MNHN



Le stockage des lots en congélateur.
Photo B. FAYE, GGE-MNHN

- Enfin la lyophilisation est destinée à la conservation à long terme.



Lyophilisation des lots.
Photo B. FAYE, GGE-MNHN



Stockages des lots lyophilisés en chambre froide ou frigo.
Photo P. GOETGHELUCK pour « Ca M'intéresse ».

Numéro de l'espèce: **Numéro de lot:**

FICHE DE TECHNIQUE SUR LA COLLECTE DE SEMENCES

Famille:

Espèce: **Nom commun:**

Date de collecte: **Nom de l'agent de collecte:**

No d'étiquette de l'arbre: **Circonférence du tronc:**

Ramassées au sol [ ] ou coupées sur la branche de l'arbre [ ]

Localisation: **Altitude:**

Le type de forêt:

Nombre approximatif de semences collectées: **Détails concernant le stockage /transport:**

Traitement de pré-semis: **Date de semis:**

Prélèvement de l'échantillon de feuilles et fruits [ ] **Notes pour l'étiquette de l'herbier:**

Fiche descriptive de la semence collectée.
Source : livre "**restauration des forêts tropicales**", Stephen Elliott & al., Kew Book, 2013, page 158.



Vandana Shiva, militante écologiste indienne, dans une des banques de graines, destinées à préserver la biodiversité des semences (traditionnelles, « paysannes ») des plantes alimentaires, qu'elle a contribuées à créer en Inde.

Date de collecte de semences:	No de l'espèce:	No du lot
Famille:		Nom commun:
Nom botanique:		
Localisation:		
Coordonnées du GPS:	I Altitude:	
Type de forêt		
Collectées sur. Sur le sol [ ] Sur un arbre [ ]		
No d'étiquette de l'arbre: Circonférence du tronc:		Hauteur de l'arbre: m
Collecteur:		Date d'ensemencement
Notes		
[Spécimen de référence recueilli? [ ] **UNITE DE RECHERCHE RESTAURATION FORESTIERE** **ETIQUETTE DE L'HERBIER DU SPÉCIMEN DE RÉFÉRENCE** N.B.: Toutes les dates sont écrites en jour/mois/année		
FAMILLE: NOM BOTANIQUE: PROVINCE: LOCALISATION: COORDONNEES DU GPS: **HABITAT:** NOTES DESCRIPTIVES: CIRCONFERENCE DU TRONC DE L'ARBRE: cm HAUTEUR DE L'ARBRE: m Ecorce *Fruit* *Graine* *Feuille*	NOM COMMUN: DATE: DISTRICT: **ALTITUDE:**	
COLLECTE PAR NO D'IDENTIFICATION DU SPECIMEN: NBRE DE DOUBLONS:		

Informations enregistrées durant la collecte de la semence. A1.3 Collecte de semences.
Source : livre "**restauration des forêts tropicales**", Stephen Elliott & al., Kew Book, 2013, page 299.

Ressource documentaire : *Projet d'une banque de semences*, Benjamin Lisan, 11/02/2014, http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/projet-banque-de-semences.pdf & http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/projet-banque-de-semences.doc

31 Projets de lutte contre la désertification (contre l'avancée des déserts)

31.1 Solution aux blizzards noirs, dans les grandes plaines, aux USA, dans les années 30

La catastrophe des « blizzards noirs » serait pour tout ou partie due au surlabourage, c'est-à-dire à un abus dans l'utilisation du labour occasionnant une érosion très importante.
Lorsque l'érosion était trop grave et qu'elle concernait des sols vulnérables (limons fins), la solution a souvent été, dans un premier temps, de faire une « culture en courbes de niveau » (*contour plowing*) avec des alternances charrue-

instrument à dents, ou une « culture alternée », consistant à distribuer le long des pentes des zones portant des cultures différentes ou intégrant des bandes en jachère (« culture en bandes », *strip cropping*).
Dès qu'il a été possible d'assurer un contrôle efficace des mauvaises herbes, la culture sans labour, voire le semis direct, se sont développés.
Le gouvernement américain a également prôné une réduction draconienne du bétail, afin d'alléger la charge de culture.
Une vaste campagne d'afforestation (de reforestation) nommée « projet Shelterbelt » a été lancée dans les Grandes Plaines, de la frontière canadienne au Texas, afin de freiner l'érosion des sols.
Cette crise écologique provoquée par le *Dust Bowl* a conduit le gouvernement américain à créer le *« Soil Conservation Service »*, appelé aujourd'hui *« Natural Resources Conservation Service »,* une agence chargée de la sauvegarde des ressources naturelles et de l'environnement et dépendant du ministère de l'Agriculture[229].



Tempête de poussière (semblable à un *haboob*) arrivant sur Spearman (Texas), le 14 avril 1935.


Ensevelissement dû à une tempête de poussière à Dallas (Dakota du Sud).

31.2 Grande muraille verte (Afrique)

Depuis 1900, le Sahara a progressé vers le sud de 250 kilomètres et ce sur un front qui en fait plus de 6 000. C'est ainsi que la steppe du Sahel connaît un dessèchement relativement brutal. Le Sahel a connu de grandes sècheresses et famines, des années 70-80. Pour y remédier et lutter contre les effets du changement climatique et de la désertification en Afrique, le projet de la *Grande muraille verte pour le Sahara et le Sahel*, communément appelée *Grande muraille verte (GMV)*, est l'initiative phare de l'Union africaine, lancée officiellement en janvier 2007.

Le projet, conçu comme un moyen de lutter contre la désertification dans la région du Sahel et d'empêcher l'expansion du Sahara, par la plantation d'un mur d'arbres qui s'étend sur tout le Sahel, se veut une réponse à l'effet combiné de la dégradation des ressources naturelles et de la sécheresse dans les zones rurales. Il vise à aider les communautés à atténuer et à s'adapter au changement climatique ainsi qu'à améliorer la sécurité alimentaire. La population du Sahel devant doubler d'ici 2039, il cherche à maintenir la production alimentaire et de la protection de l'environnement dans la région.
Initialement conçue comme un long couloir de 15 km de large traversant tout le continent africain sur 7 800 km en passant par 11 pays, cette muraille devrait relier Dakar (Sénégal) à Djibouti ; cela représentera environ 117 000 km^2, ou 11,7 millions d'hectares.
Depuis, il s'est depuis transformé en un programme promouvant les techniques de collecte de l'eau et de protection de la verdure et tout en améliorant les techniques indigènes d'utilisation des terres, visant à créer une mosaïque de paysages (d'écosystème) verts et productifs, à travers l'Afrique sub-saharienne (Sahel), L'Afrique du Nord et la Corne de l'Afrique. En tant qu'outil de programmation pour le développement rural, l'objectif global de ce partenariat sous-régional est de renforcer la résilience des populations locales et des systèmes naturels de la région , au Sahel et au Sahara, grâce à une gestion rationnelle des écosystèmes _ avec l'utilisation durable des forêts, des pâturages et de

[229] *Dust bowl*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Dust_Bowl

l'ensemble des ressources naturelles dans les terres arides _, à la protection du patrimoine rural et à l'amélioration des conditions de vie des communautés locales et de leurs revenus.
Selon l'Union Européenne, cette initiative peut s'attaquer aux causes profondes [des problèmes de cette région, pauvreté, malnutrition, révoltes en raison de ces problèmes] et peut *œuvrer à la prévention des conflits*.

Cette couverture forestière devait apporter de nombreux éléments positifs pour la population :

- Une protection des champs et des villages contre le vent et l'érosion. Le mur végétal constitue un filtre à poussière qui limite l'inhalation de poussières par les populations et donc les maladies qui en découlent,
- Un apport d'éléments nutritifs dans un sol presque mort ; les feuilles mortes créent une litière qui protège et régénère les sols des champs lorsque celles-ci y tombent et les arbres aident également le sol à augmenter sa capacité à garder l'eau.
- Une augmentation de l'humidité et de la pluviométrie locale grâce à l'évapotranspiration des arbres plantés.
- Une réserve de fourrage de qualité pour le bétail car l'herbe pousse mieux à l'ombre des arbres.

Mise en œuvre : Pour la plantation, la technique utilisée, la régénération naturelle assistée[230], consiste en la sélection d'un rejet favorisé, et la coupe des autres afin que la croissance se concentre sur un seul rejet.
Dans certaines régions très sèches comme au Mali, on optimise les plantations en pratiquant des sillons ou la technique ancestrale du zaï qui permet de mieux concentrer l'eau sur les jeunes plants.
Au Sénégal, la Grande Muraille mesure 545 km de long sur 15 km de large, soit 8 175 km2 ou 817 500 hectares.
Le reboisement se fait pendant la saison des pluies sur des parcelles de 600 hectares où des arbres sont plantés dans des zones protégées par des clôtures grillagées des agressions du bétail des Peuls (aujourd'hui sédentarisés). Une fois les arbres installés, on peut retirer les clôtures et le bétail peut pâturer à l'ombre des arbres. On installe également près des villages des jardins polyvalents exploités par des coopératives pour produire des fruits et légumes frais.
Des bassins de rétention des eaux pluviales ont été également créés pour l'abreuvement du bétail, de même que des jardins circulaires[231], qui retiendraient mieux l'eau.

Essences utilisées pour le reboisement : On utilise des jeunes plants d'essences préexistantes au niveau local qui résistent à la très faible pluviométrie locale (200 mm/an en 2015 contre 400 mm/an en moyenne dans les années 60) et qui ont un intérêt économique. La gestion des pépinières de jeunes plants et des jardins polyvalents (potagers) créés est confiée aux femmes créant ainsi des emplois et une production alimentaire au niveau local.

Les espèces le plus souvent plantées sont (voir ci-après) :

1. Acacia *Senegalia senegal* (ou *Acacia senegal*), ou gommier blanc pour la production de gomme arabique.
2. Acacia *Vachellia seyal* (ou *Acacia seyal*).
3. *Acacia albida*, kadd en wolof.
4. Acacia Faux-gommier (*Acacia tortilis*).
5. Acacia *Vachellia nilotica* (ou *Acacia nilótica*), ou gommier rouge.
6. Dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*), *soump* en wolof.
7. Hanza ou aizen (*Boscia senegalensis*), son fruit comestible, renforçant la sécurité alimentaire.
8. *Jujubier commun* (*Ziziphus jujuba*), pour ses fruits comestibles (jujubes).
9. *Combretum glutinosum*, utilisé en médecine traditionnelle, efficace contre la toux.
10. Marula (*Sclerocarya birrea*), pour ses fruits comestibles (et la production d'alcool, de bioéthanol).

[230] Le principe de la régénération naturelle assistée est la sélection du rejet le plus favorisé d'une souche. Les autres rejets sont ensuite coupés pour que la croissance s'intensifie dans le rejet restant, ce qui s'oppose à la pratique du taillis dans laquelle de nombreux rejets sont conservés. La technique peut être utilisée sur des terres semi-arides aussi bien que sur des mangroves.
Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9ration_naturelle_assist%C3%A9e
[231] Un jardin circulaire est un jardin conçu en forme de cercles concentriques, car cela améliorerait la rétention d'eau et le travail dans le sol des bactéries, champignons, micro-organismes et macro-organismes.

11. *Moringa oleifera* (moringa, neverdier ou nebeday), renforçant la sécurité alimentaire.
12. *Prosopis africana*, résistant aux termites, source d'alimentation avec ses graines.
13. *Detarium senegalense* ou Ditakh, pour ses fruits comestibles, renforçant la sécurité alimentaire.

31.2.1 Les controverses concernant ce projet

Selon Wally Maene, membre de Timberwatch, *ces arbres pourraient réduire encore des ressources en eau déjà rares*.
Selon Pierre Ozer, docteur en géographie à l'université de Liège, *les populations de ces régions sont trop dépendantes de la biomasse pour respecter une nouvelle forêt*.
Pour la représentante d'une organisation de peuples indigènes dont les Réseaux d'information régionaux intégrés ont gardé l'anonymat, « *la Grande Muraille Verte pourrait interférer avec les circuits migratoires des communautés pastorales ; elle devrait plutôt incorporer les systèmes ancestraux de gestion des terres. Il vaudrait mieux protéger ce qui existe déjà dans la région, arrêter de couper les arbres dans les vallées et les oasis, […] éduquer les communautés […] et remplacer le bétail perdu. Je trouve que le projet est bon, mais trop ambitieux.* ».

31.2.2 Remise en cause du concept de désertification

Selon Mark Hertsgaard du Monde Diplomatique, le phénomène de désertification n'est pas uniforme : « *ce sont ces bandes de terre qu'il faut viser, pas toute la bordure Sahel-Sahara* ».
Selon l'agronome français Pierre Hiernaux, la dégradation des sols s'expliquerait davantage par la surpopulation que par des facteurs climatiques. Plusieurs études constatent que depuis la fin des sécheresses des années 1980, la pluviométrie augmente, et avec elle le couvert végétal, d'herbes ou d'arbres. *La cause de la dégradation des terres serait plutôt à chercher du côté de la pression démographique et de l'agropastoralisme*.

31.2.3 Difficultés de mise en œuvre dans les régions instables (en guerre)

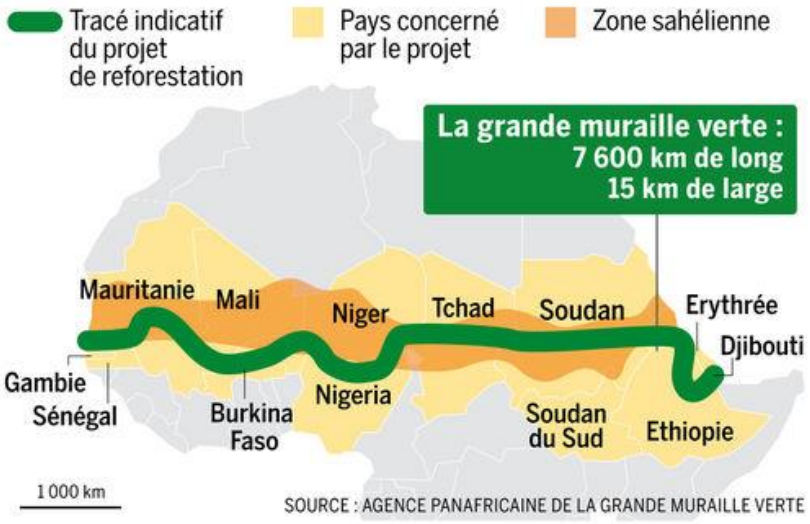
En 2020, *l'aménagement partiel de la Grande muraille verte ne couvre que 4 millions d'hectares sur 100 millions envisagés* et le manque de coordination entre les services nationaux et les collectivités locales empêche toute évaluation d'ensemble de ses résultats. *En raison de l'instabilité politique, certains des pays invités n'ont même pas mis en place l'Agence nationale compétente*.

Selon Robin Duponnois, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), « *Le tracé passe dans des endroits assez instables (Mali, Mauritanie, Niger, Tchad, Soudan) et des zones de niveau orange et rouge en termes de risques sécuritaires et terroristes. Les scientifiques ne sont donc pas autorisés à s'y rendre, en particulier les étrangers.* ».

Il a été démontré que la restauration des terres nues a été faite avec succès au Burkina Faso, bien que la sécurité soit un problème face aux activités terroristes[232].

Ce projet, dont un des but est justement réduire les conflits et l'instabilité, dans certaines zones, ne peut y être mis en œuvre efficacement, à cause de cette instabilité. C'est un cercle vicieux. Seule la portion prévue au Sénégal a été réalisée en conformité avec les objectifs initiaux.

[232] Rares sont les ONG étrangères continuant à travailler dans ces zones instables, à cause des risques d'enlèvement ou de meurtres perpétrés par les groupes terroristes. Mais l'ASBL africano-belge « *Hommes et Terre* » continue à planter des arbres, pour lutter contre la désertification et ouvrir des terres pour le pâturage et l'agriculture, dans le Nord du Burkina Faso, malgré déjà deux victimes du terrorisme, dans son personnel.



Tracé du Grand Barrage Vert en Afrique.

Ressources documentaires : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Grande_muraille_verte_(Afrique),
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Green_Wall_(Africa),
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Agence_panafricaine_de_la_grande_muraille_verte

31.3 Le barrage vert en Algérie

Le « Barrage vert », en Algérie, une initiative des années 70, a été un échec, en raison de la fragilité de ses plantations monospécifiques, face aux maladies et ravageurs (en particulier, le pin d'Alep vulnérable face à la chenille processionnaire du pin) et au manque d'entretien et d'arrosages des plants, en périodes de sécheresse.

Mais les ceintures vertes construites en périphérie urbaine en Mauritanie et au Niger où selon le CSFD, « *l'échelle de cette régénération est évaluée à 4 millions d'hectares (soit 15 à 20 fois plus d'arbres en 2005 qu'en 1975)* », ont été une réussite.

31.4 Le Mouvement de la ceinture verte (Green Belt Movement ou GBM)

Le *GBM* est une organisation non gouvernementale citoyenne et indigène kenyane basée à Nairobi et engagée pour l'écologie et l'écoféminisme, lancé par la biologiste, professeure d'anatomie en médecine vétérinaire et militante politique et écologiste, Wangari Maathai✞, prix Nobel de la paix en 2004, surnommée la femme qui plantait des arbres. Le mouvement cherche à promouvoir une approche holistique du développement qui associe la protection de l'environnement, le développement communautaire (développement local) et le renforcement des compétences.
Succès : le mouvement convainc, en 1977, le gouvernement kenyan de lancer une campagne nationale de sensibilisation sur la désertification. Le mouvement des ceintures vertes (GBM) est accueilli favorablement par les associations de femmes dans les communautés rurales. Le bois est utilisé pour la construction ou sert de combustible pour cuire les aliments, les feuilles servent de fourrage pour les animaux. Alors que la déforestation contraignait les femmes à aller toujours plus loin et à mettre toujours plus de temps pour trouver les ressources de première nécessité, les plantations à proximité des villages améliorent leurs conditions de vie. Les femmes s'impliquent alors très rapidement dans le mouvement de la ceinture verte.

En 1977, les semis sont produits par le mouvement de la ceinture verte à Nairobi qui, rapidement, n'arrive pas à répondre à la demande de plants. Le GBM forme alors des femmes pour qu'elles créent et gèrent elles-mêmes des pépinières. Les femmes gagnent en autonomie. Les pépinières leur assurent un revenu par la vente des jeunes plants.

Le GBM mène également des actions de sensibilisation sur la sécurité de la chaîne alimentaire et incite les populations à se tourner vers l'agriculture vivrière et la culture d'espèces autochtones. Il les informe également sur les techniques de rotation des récoltes, ce qui évite aux paysans l'achat d'engrais chimiques et permet d'amender les sols naturellement par le paillage et la fumure.

Pour ne pas dépendre uniquement des fondations (étrangères), le GBM se tourne vers l'écotourisme, organisant des circuits de découverte des ceintures vertes. Les touristes découvrent les activités des populations locales et y participent. Ces circuits touristiques assurent une large diffusion au mouvement.

En 1986, le GBM organise des sessions de formations pour diffuser et essaimer le modèle dans d'autres pays africains. La Tanzanie, l'Ouganda, le Malawi, le Lesotho, l'Ethiopie, le Zimbabwe s'inspirent de ce mouvement et lancent avec succès des initiatives semblables.
Dès l'origine, le mouvement met les femmes au centre des processus. Dès 2003, il lance des programmes de promotion des droits des femmes, abordant les questions de santé, alphabétisation et sexualité.

Conflit avec le gouvernement : Le mouvement s'est toujours engagé contre la cession des terres, par le gouvernement, à des investisseurs privés, et contre la construction de centres commerciaux. Pour ces motifs, en 1993, Wangari Maathai était arrêtée chez elle. Mais elle avait été libérée, en raison de la pression internationale.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Mouvement_de_la_ceinture_verte,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Green_Belt_Movement

31.4.1 Le brise-vent des Trois-Nord ou la Grande muraille verte (en Chine)

La *Grande muraille verte de Chine* est le nom donné par la République populaire de Chine au projet de plantation de forêts, débuté en novembre 1978, destiné ralentir le processus accéléré de désertification et d'érosion des sols, à freiner la progression du désert de Gobi, à lutter contre le réchauffement climatique global et à réparer les conséquences des déforestations passées. La mise en place du projet devrait se terminer, entre 2050 et 2074, date à laquelle il devrait s'étendre sur quelque 4 480 kilomètres de long. Cette ceinture forestière sera plantée dans les régions des Trois-Nord (c'est-à-dire les régions Nord-Ouest, Nord et Nord-Est de la Chine).

Mise en œuvre du projet : La phase la plus récente — la 4e phase qui a débuté en 2003 — comporte deux volets : d'une part l'ensemencement aérien pour couvrir de larges étendues de terres où le sol est moins aride et d'autre part la rétribution des agriculteurs pour la plantation d'arbres et arbustes dans les zones qui sont les plus arides[7]. Un budget de 1,2 milliard de dollars a également été dévolu à la mise en place d'un système de surveillance (cartographie et bases de données de surveillance). La « *muraille verte* » sera constituée d'une ceinture de végétation tolérante au sable dont les plantations seront disposées en damier afin de stabiliser les dunes de sable. Les arbres devraient également servir de coupe-vent contre les tempêtes de poussière.
60 000 soldats de l'Armée populaire de libération ont ainsi été affectés au projet au début de l'année 2018 ? pour planter des arbres.

Premiers résultats : sur les 53 000 hectares plantés, en 2009, un quart est mort et pour le reste, une bonne part est constituée de nombreux arbres nains, qui n'ont pas la capacité de protéger les sols. En 2008, les tempêtes hivernales avaient détruit 10 % du nouveau stock forestier.
La cause : probablement, la focalisation des autorités sur la quantité des espèces et essences forestières replantées, sur les chiffres, que sur leur choix, sur leur qualité et sur leur adaptabilité écologique à ces régions arides.
En 2014, la surface de forêt chinoise était de 2,08 M km2, soit environ 22 % du territoire.

31.4.2 Problèmes environnementaux

Baisse des nappes phréatiques : si les arbres réussissent à s'implanter, ils pourraient absorber de grandes quantités d'eau souterraine, ce qui est extrêmement problématique pour les régions arides comme le Nord de la Chine. *Ainsi à Minqin, une zone dans le nord-ouest de la Chine, des études ont démontré que le niveau des eaux souterraines a baissé de 12 à 18 mètres*.

Problèmes liés à la démographie humaine (et son manque de sensibilisation au projet) : L'érosion des terres et la surexploitation agricole ont interrompu les semis dans de nombreuses zones du projet. L'essor de la démographie chinoise a également appauvri le sol, le rendant inutilisable. Les niveaux croissants de pollution (liée aux centrales à charbon …) ont également fragilisé les sol, les rendant inutilisables dans de nombreuses régions.

Perte de biodiversité : Les autorités ont tendance à privilégier les monocultures (les plantations monospécifiques), ce qui a des effets désastreux pour la biodiversité locale.

Mauvais choix des espèces et monoculture : Le manque de diversité expose aussi plus les arbres aux maladies au point qu'en 2000, un milliard de peupliers du Ningxia furent détruits par celles-ci, réduisant à néant vingt ans d'efforts. Les arbres plantés sont souvent des essences non-adaptées aux climats locaux, rendant la forêt plus fragile et appauvrissant les sols.
Selon Jiang Gaoming, un écologiste de l'Académie chinoise des Sciences et défenseur des barrières (en paille ou plastique), la terre fragile, de ces régions, ne peut supporter de telles plantations massives à la croissance forcée.

Ressources documentaires : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Grande_muraille_verte_(Chine),
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Green_Wall_(China)
c) https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%89%E5%8C%97%E9%98%B2%E6%8A%A4%E6%9E%97.

31.4.3 Solutions innovantes pour le contrôle et fixation des déplacements du sable

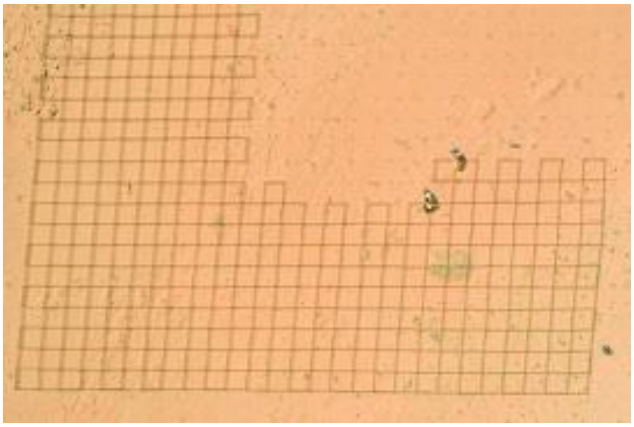
Pour les chercheurs chinois, le but ultime du contrôle du sable n'est pas d'éliminer les déserts, mais d'améliorer la biodiversité des écosystèmes désertiques et de trouver un moyen pour les humains et les déserts de vivre en harmonie.
Selon Zhao Yang, chercheur associé à la Shapotou Desert Research and Experiment Station (SDRES) de l'Académie chinoise des sciences (CAS), « *il faut naturellement environ 10 ans pour former une croûte de cyanobactéries à la surface du sable qui peut l'empêcher de bouger. Cependant, en hybridant une souche bactérienne spéciale extraite de la croûte biologique du sol du désert de Tengger avec les cyanobactéries cultivées, les chercheurs du SDRES ont réussi à réduire le temps de formation de la croûte à un an seulement* ». Les croûtes de sols biologiques artificiels sont formées par inoculation des cyanobactéries *Microcoleus vaginatus* et *Scytonema javanicum*, sur la fine couche arable des dunes du désert, elle-même contenant des lichens (cyanobactéries répandus par épandages aériens)[233].
Il a été aussi mis en place des structures en paille, ressemblant à des damiers, se révélant être le moyen le plus pratique, le plus écologique et le moins coûteux d'arrêter l'empiètement du sable. A l'intérieur des damiers, la surface du sable forme avec le temps une croûte dure qui empêche le sable de bouger[234].

[233] Des algues. Cf. *Spatial heterogeneity of cyanobacteria-inoculated sand dunes significantly influences artificial biological soil crusts in the Hopq Desert (China)* [L'hétérogénéité spatiale des dunes de sable inoculées de cyanobactéries influence de manière significative les croûtes biologiques artificielles du sol dans le désert de Hopq (Chine)], Hua Li, Benqiang Rao, Gaohong Wang, Si Shen, Dunhai Li, Chunxiang Hu & Yongding Li, *Environmental Earth Sciences* **volume 71**, pages245–253 (2014), 544, https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2428-6

[234] *L'expérience chinoise dans le contrôle du désert aide à verdir le monde*, Xinhua, 2021-06-17, http://www.xinhuanet.com/english/2021-06/17/c_1310013978.htm



Photo, prise le 7/09/2020, montrant des travailleurs, fabriquant des barrières de paille, disposés en damier, pour la lutte contre la désertification, dans le désert de Tengger, le long du chantier de construction de la section Qingtongxia-Zhongwei de l'autoroute Wuhai-Maqin dans la région autonome du Ningxia Hui, dans le nord-ouest de la Chine. (Xinhua/Feng Kaihua).



Une photo aérienne montre des ouvriers fabriquant des grilles (barrières en paille) pour contenir les dunes de sable en mouvement, le long du chemin de fer Linhe-Ceke, dans la région autonome de Mongolie intérieure (nord de la Chine), le 14 avril 2021. (Xinhua/Liu Lei).

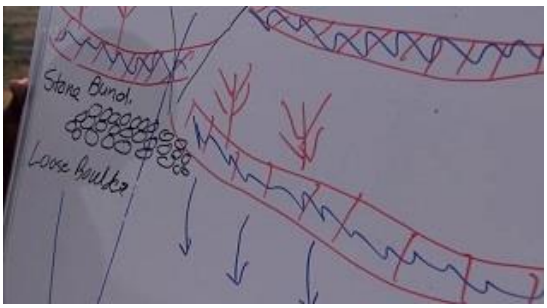
31.5 Projet Watershed Organization Trust (WOTR) (Inde)

Watershed Organization Trust (WOTR). Lieu d'implatation : Javele Baleshawar (38 familles, 330 ha). Sangar Jao Jodai et Usar ou Ivar Bazar (240 familles, 900 ha), Inde, centre ouest.
Chrispino Labo, président de WOTR. Autres responsables : Peter Weinert.
Source : a) http://www.wotr.org/, b) http://www.3sat.de/page/?source=/ard/themenwochen/178089/index.html
c) *Vidéo sur le projet : Pluie bénie, Des villages indiens face à la sécheresse*, Documentaire - 44 min, Réalisation : Peter Weinert, http://www.arte.tv/guide/fr/045948-000-A/pluie-benie









Enclos de pierre et blocs en vracs



← ↖ Préparation du projet ↑

Le creusement d'un puits coûte environ 3000 €. Les paysans, cultivant le millet etc, ne souffrent plus de la faim, grâce aux excédents de récolte.
Grâce au projet, la profondeur de la nappe phréatique est repassée de -25 m à -10 m. Grâce au projet et à l'argent que les récoltes abondante ont généré, tous les enfants vont à l'école, avec pourtant une région avec une pluviométrie de 300 à 400 mm/an. Usar ou Ivar Bazar : 240 familles, 900 ha, 1 millions arbres, 50 barrages.
Parmi la diversification des cultures : Champs de fleurs, vergers de grenadiers ....



Creusement de sortes de baissières.



↑ Plan de la préparation du terrain : baissières, réservoirs, canaux d'irrigation etc.



Remplissage des baissières à la saison des pluies.



Dessin des barrages (johads, retenues …), des gabions (casier constitué de solides fils de fer tressés et rempli de pierres, pour construire des murs de soutènement,



Plan de la préparation du terrain : baissières, réservoirs, canaux d'irrigation etc.

Questions à poser aux agriculteurs intéressés à participer au projet :
Superficie exploitation, caractéristiques, emplacement alimentée en eau nappe phréatique, nombre animaux, espèces élevés, composition famille.
Lors de l'élaboration du projet, l'ONG, qui apporte ses conseils, ne doit pas imposer des décisions unilatéralement aux paysans. La règle : chercher à convaincre les agriculteurs.


Succession de petits barrages.


Vérification du barrage.


Citerne


Puits


Johad (levée de terre).

↑ Construction de de puits, de réservoirs, barrages en pierre consolidé et mortier, nécessitant la présence d'experts.


Creusement de la baissière ou du canal.


Plantation des arbres.



Plantation des arbres.



Plantation de grenadiers.





Irrigation par le goutte à goutte.



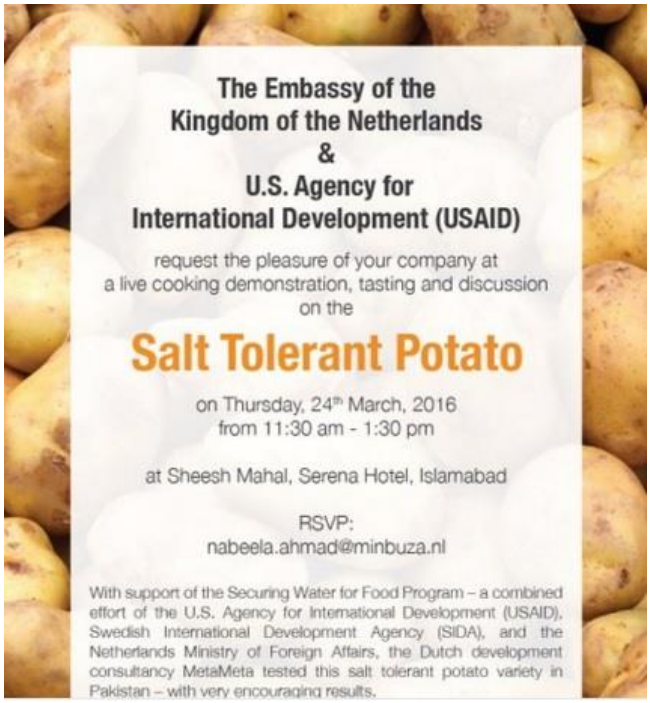


Sans lunette ou jumelle de chantier, on peut mesurer l'altimétrie et la planimétrie pour les ouvrages à réaliser (baissières, canal d'irrigation …) avec ce dispositif simple (à niveau d'eau et vases communicants (?)). On pourrait aussi le réaliser avec le compas égyptien.

31.6 Création de variétés alimentaires résistantes au sels

- Des instituts comme « **Salt Farm Texel** », au Pays-Bas, etc. essayent de créer des variétés résistantes au sel : pommes de terre, carottes, betteraves, tomates …
- Mais on peut, malgré tout, s'attendre à des rendements plus faible qu'en agriculture conventionnelle.

Sources : a) http://www.saltfarmtexel.com/, b) https://twitter.com/SaltFarmTexel, c) Emission Xenus, *Que faire contre la faim dans le monde ?* ARTE-WDR, 2015.



Source : https://twitter.com/SaltFarmTexel





Carottes poussant avec un taux de salinité de 12 dS/m

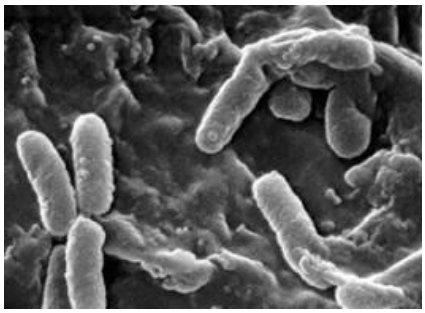
↑



Essais de variétés de pommes de terre résistantes au sel, au Pakistan. Source : https://twitter.com/SaltFarmTexel

31.7 Utilisation de la bactérie *Pseudomonas extremorientalis* pour améliorer la résistance des plantes au sel

La microbiologiste ouzbek Dilfuza Egamberdieva, chef de groupe à l'Université nationale de l'Ouzbékistan, à Tachkent, a isolé des souches bactériennes résistantes au sel qui vivent dans les sols salins-dégradé, où ils aident le processus d'enracinement des plantes. Dans son enquête, Egamberdieva a repéré des bactéries résistantes au sel, bénéfiques pour le sol, aidant les plantes à mieux pousser, ne nuisant pas aux hommes. Ces bactéries se retrouvent autour des racines des plantes. «Nous avons constaté que les bactéries de la famille des *Pseudomonas*, en particulier ***Pseudomonas extremorientalis***, sont résistantes au sel et poussent à proximité des racines, où elles sont en concurrence avec d'autres bactéries, pour la colonisation. Au contraire, les bactéries pathogènes peuvent pas coloniser activement les racines des plantes. Alors que les *Pseudomonas* produisent des antibiotiques que les plantes utilisent pour se défendre contre les champignons, déclenchant le processus d'enracinement et produisant des facteurs de promotion de la nodulation, donnant ainsi à la végétation de meilleures chances de fixer l'azote et de grandir ensemble ». En échange de ces faveurs, les plantes sécrètent des exsudats utiles pour les bactéries.



Pseudomonas extremorientalis est semblable à cette bactérie (ici photo de *Pseudomonas aeruginosa*).

Note : Elle a fait l'essai avec le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), avec le chardon-marie (*Silybum marianum*) (une plante médicinale).

Source : *Salt-tolerant bacteria improve crop yields*, TWAS, October 6, 2013, http://www.sciencedaily.com/releases/2013/10/131006142707.htm

31.8 Les échecs dans le monde

31.8.1 En Chine

La plantations de pins (en Chine) a provoqué l'épuisement des nappes phréatiques. Le désert de Mu Us a été massivement recouvert d'arbres pour lutter contre les tempêtes de sable. Une étude satellite américaine vient d'établir que son sous-sol avait perdu 21 km3 d'eau ces deux dernières décennies.

31.9 En Turquie

La sécheresse a déjà tué la quasi-totalité des 11 millions de sapins plantés, en novembre 2019, en Turquie, lors de son opération de reforestation massive "*Breath for the Future*" ("*Un souffle pour l'avenir*"), lancée en grande pompe par le ministère turc de l'Agriculture et des Forêts, et par le président Recep Tayyip Erdoğan[235].

31.9.1 Raisons de ces échecs

A cause de l'augmentation des épisodes de sècheresse et d'un mauvais choix des espèces à planter, les initiatives de reforestation peuvent partir en fumée, à cause des feux de forêts, ou être tuées dans l'œuf par la sécheresse.
Des incendies criminels peuvent être allumé, parce qu'il n'y a pas adhésion des populations locales au projet et parce qu'elles n'ont pas reçues les retombées (économiques, revenus etc.) qu'on leur avait promis (cas à Madagascar ou des subventions pour aider les populations locales à préserver leur environnement sont détournées par la corruption).

« *Les risques liés au climat ne sont pas bien pris en compte dans les initiatives de reforestation, alors que ça devrait être une priorité !* », s'alarme Anderegg, biologiste à l'université d'Utah. « *Il est possible que les impacts climatiques diminuent radicalement la capacité de puits de carbone des forêts mondiale; les modèles ne s'accordent pas encore sur ce sujet*. » « *Il me paraît beaucoup plus responsable de ne pas émettre de CO2 plutôt que de tenter d'en stocker une partie dans cette biomasse pouvant partir en fumée à tout moment* », grince Pierre Friedlingstein, spécialiste de la Modélisation mathématique des systèmes climatiques, à l'Université d'Exeter. […].
« Le plus grave, c'est qu'environ la moitié des engagements nationaux de reboisement dans le monde concerne aujourd'hui de pures plantations d'arbres. *Des forêts artificielles qui prennent essentiellement la forme d'alignements monotones d'eucalyptus, acacias, pins ou peupliers dont la croissance ultrarapide promet une belle rentabilité en bois et carbone à très (très) court terme. Mais avec une résilience et des impacts écologiques souvent déplorables*.
D'accord, *ces plantations visent à occuper toutes les zones sauvagement déforestées et dégradées de la planète*. Seulement, l'obsession pour les arbres est telle qu'une bonne partie des terrains considérés comme propices dans les programmes internationaux (Défi de Bonn, AFR100, etc.) s'avèrent en fait des prairies, brousses ou savanes tout ce qu'il y a plus naturel ! « *Vu de satellite, les savanes ressemblent beaucoup à des forêts dégradées, s'inquiète Élise Buisson, écologue à l'université d'Avignon, alors que cela n'a strictement rien à voir : dans la savane, on trouve une énorme diversité d'espèces herbacées évoluant à la lumière, des essences d'arbres adaptées au passage des incendies...* »[236].

[235] *En Turquie, 11 millions d'arbres plantés cet automne sont déjà presque tous morts*, Léia Santacroce, 03/02/2020, https://www.geo.fr/environnement/en-turquie-11-millions-darbres-plantes-cet-automne-sont-deja-presque-tous-morts-199734
[236] *Reforestation. La grande illusion*. Revue Epsioon, août 2021, Ibid.

32 Les défis démographiques (en particulier au Sahel)

Les 10 pays du Sahel s'étendent sur plus de 7 millions de kilomètres carrés et abritent près de 135 millions d'habitants. Certains des plus grands pays comprenant une part importante de désert (le Mali et le Niger) ont de faibles densités de population, de moins de 20 personnes par kilomètre carré. D'autres pays plus petits, qui ont accès à la mer (comme le Sénégal), ont des densités de population de 50 personnes ou plus par kilomètre carré. Le Burkina Faso, qui est enclavé, a une densité de 65 personnes par kilomètre carré. Seule la Gambie a plus de 150 personnes par kilomètre carré.



La région du Sahel comprend 10 pays, qui diffèrent sur le plan démographique.

En Afrique subsaharienne, il y a une tendance démographique lourde : la population devrait atteindre 1,2 milliard d'habitants en 2025, sans doute 1,8 en 2050[237].

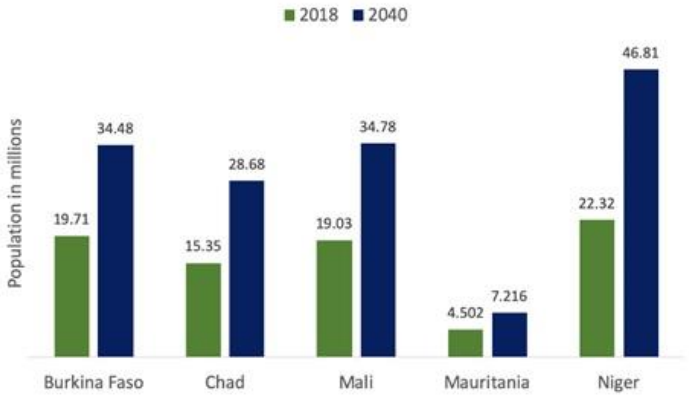
Les indicateurs démographiques-clés des 10 pays du Sahel, 2014 (voir ci-dessous) :

Pays	**Populations en millions**	**Taux annuel d'accroissement (%)**	**Densité de population (personnes par km2)**	**Indice de fécondité (nombre moyen d'enfants par femme).**
Burkina Faso	17,9	3,1	65	5,9
Tchad	13,3	3,3	10	6,6
Érythrée	6,5	2,6	56	4,7
Gambie	1,9	3,1	169	5,6
Guinée Bissau	1,7	2,5	48	5,0
Mali	15,9	2,9	13	6,1
Mauritanie	4,0	2,6	4	4,1
Niger	18,2	3,9	14	7,6
Sénégal	13,9	3,2	71	5,3
Soudan	38,8	2,5	21	5,2

[237] *L'Afrique subsaharienne : Une géographie du changement*, Alain Dubresson, Sophie Moreau, Jean-Pierre Raison, Jean-Fabien Steck, Armand Colin, 2011.

Source **:** Carl Haub et Toshiko Kaneda, *2014 World Population Data Sheet* (Washington, DC: Population Reference Bureau, 2014) (voir ci-avant).
Note **:** Le Soudan ne comprend pas le Sud Soudan.

Ce sont souvent les pays les plus pauvres, les plus arides, qui ont l'indice de fécondité et le taux annuel d'accroissement les plus élevés, occasionnant une pression humaine sur le milieu, supérieure à ce que ce dernier peut supporter. Or on prévoir le doublement de la population du Sahel d'ici 2039. Donc, on peut rationnellement prévoir une augmentation du nombre de conflits, de rebellions contre les gouvernements locaux, souvent incompétents et corrompus, à cause de la pauvreté et de la malnutrition, de plus en plus de déplacés, à causes des guerres et conflits locaux, et de migrants économiques (voire climatiques), vers les pays riches (dont l'Europe). Donc on peut prévoir la persistance, voire l'aggravation de l'immigration clandestine vers ces derniers pays.



Population en millions d'habitants.
Source : IF version 7.36, données historiques de la Division de la population des Nations Unies[238].

32.1 Problèmes pratiques pour l'implantation des centres de planning familial

Les centres de planning familial (PF) sont peu nombreux dans les pays pauvres (surtout au Sahel) et sont plus concentrés dans les zones urbaines. Le manque d'électricité, d'eau potable, de moyens financiers et souvent de routes praticables ne favorisent pas l'implantation de ces centres dans ces zones.

Pour anticiper et résoudre ces problèmes, plusieurs axes de solutions sont proposés :

32.2 Ralentir l'accroissement rapide de population, par l'éducation

Les zones rurales sont sous-informées. La planification familiale connaît des résistances auprès des / chez les femmes. Elles sont, le plus souvent, le résultat des conceptions « morales » prônées par les confessions religieuses. Ce qui se disait aussi, chez les femmes, était que « *si vous vous mettez sous contraception vous ne pouvez plus concevoir* ».

Les résistances à la contraception sont culturelles et religieuses. Dans des pays où les assurances-retraites n'existent pas, les enfants (en nombre) sont censés être l'assurance-retraite des parents, dans le sens que les parents espèrent que leurs enfants s'occuperont d'eux, lors de leurs vieux jours. La contraception peut aussi porter atteinte de l'image de virilité que l'homme a de lui-même. Beaucoup d'homme se convainc de ce que la méthode contraceptive moderne est une porte ouverte à l'infidélité pour leurs femmes. *L'opposition des hommes aux méthodes modernes de planification familiale constitue un grand frein pour les femmes qui ont envie d'en adopter car l'avis de leur conjoint compte pour le choix de la méthode.* Des théories du complot, comme celles avançant l'accusation que la

[238] *G5 Sahel : une région prometteuse ?* 15/01/2020, https://issafrica.org/fr/iss-today/g5-sahel-une-region-prometteuse

contraception serait un moyen, pour les « blancs », pour faire diminuer la population des noirs, afin de les « recoloniser », peuvent être un autre frein.

Améliorer l'éducation des femmes a été l'un des facteurs les plus significatifs du déclin de la fécondité, mais éduquer la majorité des filles au Sahel va prendre du temps.

- Il faut informer les populations quant aux bénéfices d'une taille familiale plus réduite.
- Il faut améliorer l'accès aux contraceptifs.
- Il faut relever l'âge légal au mariage (politique volontariste du gouvernement)[239].
- Des investissements accrus en soins de santé et en éducation peuvent améliorer tant la qualité et que l'étendue des services fournis.

Ces changements peuvent alors contribuer à réduire la pression humaine sur les ressources naturelles, permettre plus d'investissements pour les jeunes en matière d'éducation et créer la possibilité d'un dividende démographique à long terme.

- Une gouvernance transparente et stable est également cruciale au progrès de la région (source de stabilité et de diminution de risques de conflits).
- Enfin, tant le secteur formel qu'informel doivent être mis à contribution pour **augmenter l'emploi** de même que pour améliorer la productivité et l'efficacité. La mise en œuvre des idées (ou une partie), contenues dans ce livre, devraient contribuer à **augmenter l'emploi et les sources de revenus**.

Ces initiatives précédentes devraient être mises en place simultanément. Trop souvent, les gouvernements et leurs partenaires ne travaillent que sur un ou deux points en même temps. En effet, étant donné l'urgence des défis démographiques du Sahel, il faudrait agir très rapidement, **sinon maintenant**.

32.3 Faire participer les autorités religieuses locales à la promotion de la contraception

Quand cela est possible … En effet, au Bénin, quelques prêtres, pasteurs et Imams se sont mis ensemble pour créer la plateforme « *les religieux s'engagent pour le PF* ». « *C'est un canal qui leur permet d'informer et de sensibiliser les fidèles sur les avantages du planning familial* ». « ***Dieu a demandé d'aller nous multiplier, de procréer, mais Dieu n'a pas dit de procréer en désordre. Il ne nous a pas dit de déborder la terre****. Si vous débordez la terre, vous irez vivre dans les eaux* » a déclaré le pasteur Amos Agbindo-Bankolé de l'EPBM, ceci pour mieux sensibiliser les chrétiens en utilisant les versets bibliques.

Ressources documentaires :
a) *L'Afrique face à ses défis démographiques : un avenir incertain*, Sous la direction de Benoît Ferry, AFD-CEPED-Karthala, 387 pages, https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-05/010041742.pdf
b) *Défis démographiques du Sahel*, 24/02/2015, https://www.prb.org/resources/defis-demographiques-du-sahel/
c) 1) *Réalités quotidiennes des femmes et filles d'Afrique : La condition de la femme africaine* (essai), Bérénice Micale Edaye & Benjamin Lisan, 183 pages, 11,50€, https://www.amazon.fr/dp/1986557456
2) Version PDF gratuite : http://www.doc-developpement-durable.org/livres/Realites_quotidienneCSP_Size_Fix031518_bis.pdf

[239] Une enquête des Nations unies datant de 2012 rapporte que plus de la moitié des filles au Malawi étaient mariées avant leurs 18 ans pour rapporter de l'argent à leur famille. Theresa Kachindamoto, une cheffe traditionnelle au Malawi, connue pour son militantisme pour l'éducation des filles et des garçons et pour sa lutte contre les mariages précoces, a fait annuler 850 mariages précoces dont plus de 300 dans son district, gagnant ainsi une renommée internationale. Ayant milité pour que l'interdiction du mariage précoce soit écrit dans le code civil, elle a obtenu, en 2015, que le Malawi fasse passer une loi interdisant le mariage avant l'âge de 18 ans. Cf. *Theresa Kachindamoto*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Theresa_Kachindamoto

d) *Contrôle des naissances. Planning familial*, B. Lisan, 2010, 82 pages, http://www.doc-developpement-durable.org/documents-pedagogiques-de-sensibilisation/ControleDesNaissances.ppt

33 Problèmes posé par les discours populistes incitant à la guerre et au terrorisme

33.1 Nature des discours populistes, extrémistes, incitant au terrorisme et à la guerre

Les discours populistes ont tendance à opposer le « peuple » à des ennemis réels ou imaginaires et/ou inventés, des *boucs émissaires*[240] _ par exemple, le colonialiste, la tribu ennemie, les tutsies face aux hutus (et inversement) etc. _, désignés comme source de tous les maux (la pauvreté, la famine, répression) du « peuple ». C'est souvent un moyen pour les ambitieux, prédicateurs ou politiciens « populistes » de prendre le pouvoir ou l'ascendant sur leurs concitoyens, croyants, électeurs, et/ou pour, quand ils sont au pouvoir, détourner l'attention du peuple des vrais problèmes, en les lançant contre des ennemis montés en épingles, objets de focalisation ou dans des causes « glorieuses ». Le populiste cynique n'hésite pas à mélanger faits véridiques et manipulations ou désinformations, afin que leurs mensonges paraissent crédibles.

Ils mettent en opposition le « peuple » _ en fait, ceux qui le suivent, les « bons » _, avec les « mauvais », ceux envers qui il faut prendre de la distance et dont il faut se séparer, qui ne sont plus vos amis, qu'ils faut rejeter, voire éliminer.

Certains prédicateurs ou politiciens, tels des apprentis-sorciers, profitent de la frustration des citoyens, pour la détourner sur des boucs émissaires, en excitant leur haine et déchainant la violence contre eux, voire en appelant au terrorisme ou à la guerre (sainte …) contre eux, qu'ils présentent comme la solution à tous leurs problèmes.

33.2 Analyse et réfutation du discours présentant la guerre comme héroïque

Il faut souvent remettre, *en face des trous, les yeux des personnes hypnotisées par ce genre de discours*. Il faut déconstruire le discours qui présente la guerre comme belle et souhaitable et la solution miracle à tous les problèmes.

En effet, par ses discours enflammés, le populiste belliciste enferme ses ouailles dans un imaginaire épique du sacrifice, de guerres glorieuses et victorieuses, de l'héroïsme et de la mort, qui mènent au Paradis, *en occultant*, par ces mythes guerriers, *tous les crimes commis, durant les guerres*. Lors des celles-ci, la plupart des valeurs morales (solidarité, amour, compassion, générosité …) sont sacrifiées et inversées/renversées, jusqu'à présenter la vengeance comme sacrée, purificatrice et non pas destructrice.

Ce discours populiste sacralise, présente comme rédempteurs, la guerre le martyr, le sacrifice de sa vie pour la cause de la religion et du prophète, le courage au combat (considérés comme purs, légitimes, …).

Derrière la présentation morale, légitime, sacrée, des guerres, se dissimulent beaucoup d'actes « immoraux », peu « glorieux » et une absence de garde-fous moraux : *menaces, intimidations, exécutions (extra-judiciaires), tortures, terrorisme, délations, trahisons, ruses, espionnages, pillages, massacres, rackets, martyrs kamikazes*, …

Les adeptes sectaires, agressifs, belliqueux se posent toujours en victimes et sont enfermés dans une bonne conscience irresponsables, sans jamais percevoir les souffrances qu'ils infligent aux autres.

[240] On s'en prend à un objet de détestation de substitution parce qu'on se trouve dans l'impossibilité de s'en prendre à la vraie cause de sa blessure (ou de sa souffrance). C'est le rôle d'un bouc émissaire (un objet sur lequel on peut décharger sa frustration, son désir de vengeance).

Il faut alors faire comprendre aux adeptes de la « guerre sacrée » que *les guerres provoquent des souffrances morales et physiques durables, de multiples syndromes de stress post-traumatiques, à vie, des morts, des mutilations, des handicaps à vie, la perte d'êtres chers, des pleurs, de douleurs, des ravages, des dégâts, des destructions souvent irréversibles (de biens, de chefs d'œuvre, de l'environnement, de ressources naturelles …), l'appauvrissement économique des pays, des régions, des personnes, le ressentiment et l'humiliation des vaincus, leurs désirs de vengeances et de rétorsion ou de vendettas, dans un cercle vicieux et dans une escalade, sans fin.*

Il a souvent la croyance irrationnelle que toute situation bloquée, de désespoir, de crise, d'impasse pourra être résolue par la solution miracle d'un bonne guerre, si possible rapide (un peu comme le joueur de casino qui croient irrationnellement qu'en misant gros, il va se refaire).
Or « *On fait la guerre quand on veut, on la termine quand on peut* », Machiavel[241].

Kamel Daoud rappelle, dans un article, au sujet des guerres, 1) sur les champs de bataille, "l'odeur de décomposition des entrailles à l'air", 2) leurs immenses coûts humains et économiques (par leurs destructions économiques, elles ne sont souvent aucunement bénéfiques et économiquement rentables, à long terme)[242].
Souvent, on fait la guerre contre des gens qu'on diabolise, mais qu'en fait, l'on ne connait pas[243].

Que la balance entre avantages et inconvénients d'une guerre penche régulièrement dans le sens de son désavantage. En fait, les guerres hypothèquent souvent l'avenir des peuples et des pays.

33.3 Le cas extrême du désir de vengeance extrême et inextinguible

Selon un ami, Yves Montenay, démographe, « *le terrorisme rend la guerre plus cruelle que la guerre "normale", mais comme c'est un moyen puissant, on l'utilise. En Algérie, tous les camps en ont usé. J'étais particulièrement navré par l'argument « l'autre me tue, donc j'ai raison [de le tuer à mon tour] » et les représailles et contre-représailles à l'infini. Il paraît qu'en Europe centrale, les troupes turques fracassaient la tête de bébés sur les murs pour terroriser la population jusqu'au XVIIIe siècle* ». Cette arme de terreur et de vengeance de « *fracasser la tête des bébés contre les murs* » a été employée dans de nombreuses guerres, par des troupes coloniales (à Zaatcha, en Algérie, en 1849 …), durant la guerre civile en Algérie (durant les années 90, ou années de plomb), par les nazis ou lors de génocides etc.

Dans les massacres, génocides et « purifications ethniques », on observe souvent des cas « *de violence ou de cruauté jusqu'au-boutistes, extrêmes ou excessives* », de violence extrême[244], (en anglais, on parle aussi « d'overkill », de capacité de « sur-extermination », d'acharnement jusqu'au-boutiste …), qui n'ont pas aucune motivation rationnelle.
Les bourreaux s'acharnent sur leur victimes, en continuant à les mutiler, même après leur mort, à humilier, « salir » symboliquement les cadavres. Le but « terroriste » est, en général, de terroriser les ennemis. Mais certains bourreaux prennent progressivement *goût au sang* et se déchaînent dans la surenchère de l'horreur[245].

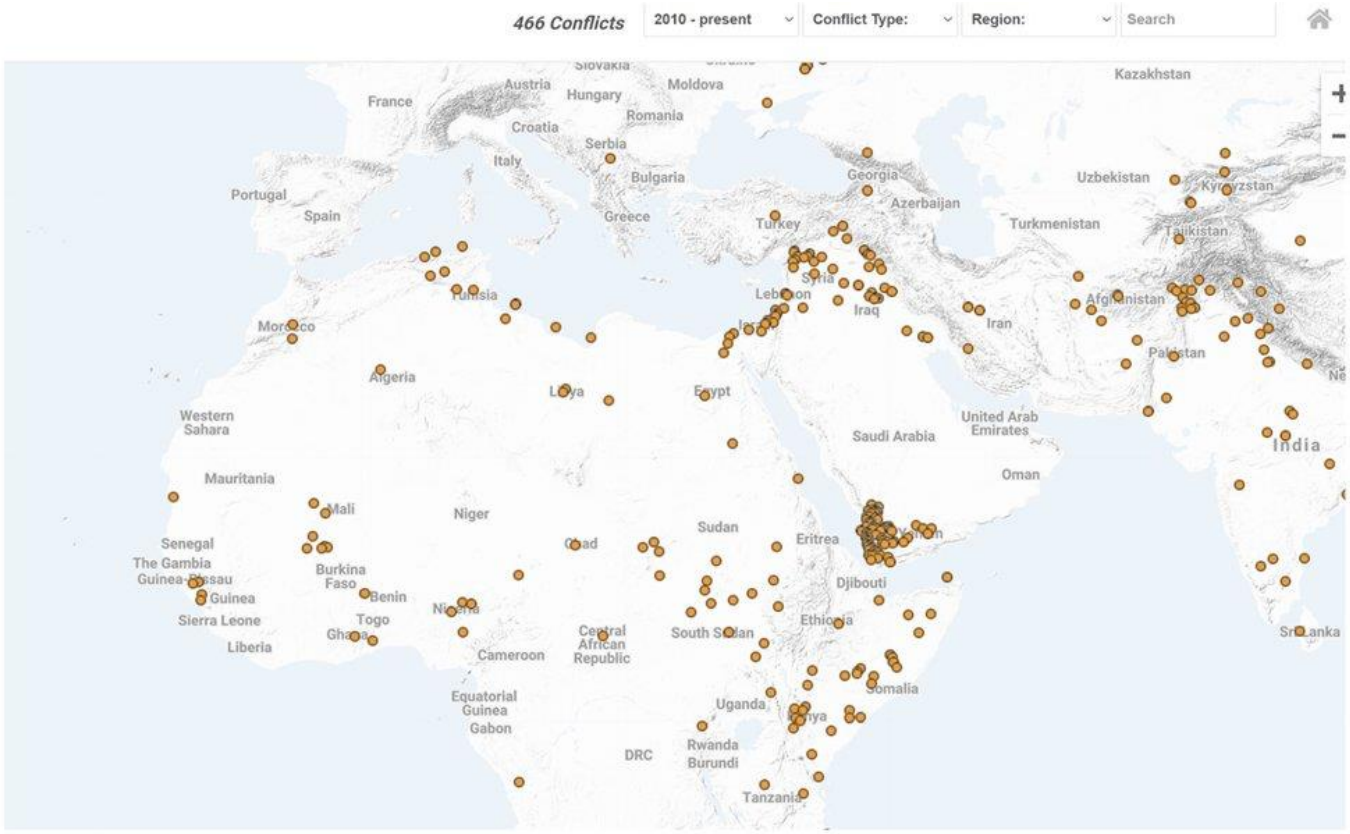
---

[241] « *On sait à quel moment on va commencer une guerre, on ne sait jamais à quel moment, on va la terminer* ».
[242] *Algérie-Maroc : le dangereux rêve d'une guerre*, Kamel Daoud, 09-09-2021, https://www.liberte-algerie.com/actualite/algerie-maroc-le-dangereux-reve-dune-guerre-364706
[243] « *La guerre, un massacre de gens qui ne se connaissent pas, au profit de gens qui se connaissent mais ne se massacrent pas* », Paul Valéry
[244] *Violence extrême*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Violence_extr%C3%AAme
[245] L'exemple des massacres d'août 1955 dans le Constantinois, dits également massacres de Philippeville, Algérie : « *Ces massacres étaient perpétrés d'un côté contre les populations civiles d'origine européenne, et musulmanes loyalistes, ainsi que contre des notables musulmans modérés signataires d'un appel condamnant « toute violence d'où qu'elle vienne ».*
De l'autre côté, les tueries commises contre la population musulmane étaient aveugles et ne faisaient aucune distinction : des modérés furent ainsi victimes de la répression. L'indignation suscitée par ces massacres de civils a attiré l'attention de l'opinion

Laurence d'Arabie décrit ce processus, lié au désir de vengeance, dans les guerres, conduisant au « *pas de quartier ! pas de prisonnier !* »[246]. Le plus souvent, la guerre nourrit la guerre.
Il est donc important de réfuter ces discours « va-en-guerre », cette désinformation sur la réalité des guerres.

33.4 Guerres, conflits, problèmes sécuritaires et conséquences

De nombreux conflits mondiaux actuels et passés ont pour noyau central le manque d'eau. Cette carte, ci-dessous, illustre 466 d'entre eux qui se sont produits au cours des 10 dernières années et, sans surprise, ils se regroupent autour de régions arides[247].



33.4.1 Au Sahel

A la date du 30 Juin 2021, le **Burkina Faso** connait une croissance du nombre de déplacés internes estimé à *1 312 071* soit une augmentation de 4,7 % par rapport au mois précédent. Cette augmentation du nombre est due essentiellement à l'augmentation des incidents sécuritaires[248].

Tchad : Selon les derniers résultats de la matrice de suivi des déplacements de l'Organisation internationale pour les migrations (Round 14), publiée en avril 2021, près de *460 000* personnes sont déplacées dans la province du Lac à

internationale sur le combat algérien pour l'indépendance ; c'était justement l'un des buts poursuivis par le FLN, qui voulait par ailleurs semer la peur dans les rangs de l'ennemi, des colons et de leurs auxiliaires musulmans.
Même les enfants étaient tués, mutilés.
Les attaquant du FLN éventraient, coupaient les pénis et les mettaient dans les bouches de leurs victimes » (Source Wikipedia).
[246] *Les sept piliers de la sagesse*, Thomas Edward Lawrence, 1922.
[247] Cf. https://seawatergreenhouse.com/work-in-progress
[248] *Burkina Faso : Aperçu de la situation humanitaire (Au 26 Juillet 2021),* OCHA, 27 Jul 2021, https://reliefweb.int/report/burkina-faso/burkina-faso-aper-u-de-la-situation-humanitaire-au-26-juillet-2021

cause de l'insécurité causée par les groupes armés non-étatiques (GANE) et les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les inondations et la sécheresse. Une hausse de plus de 53% comparé aux résultats d'avril 2020[249]. Le nombre de personnes déplacées internes (PDIs), au **Mali**, est de *377 781* en juillet 2021. Cependant, entre mai et juillet 2021, des violences variées ont continué à être signalées dans les régions de Mopti, Ségou, Tombouctou et Gao. En effet, ces violences ont provoqué la fuite de populations de leurs villages et hameaux pour trouver refuge dans des localités desdites régions où la situation sécuritaire semble plus calme[250].

Au 25 août 2021, au Niger, il y avait 3,8 millions de personnes dans le besoin, 2 millions en situation d'insécurité alimentaire, *313.000* personnes déplacées à l'intérieur du pays, *234.000* réfugiés[251].

Au 31 août 2021, *4 120 352* est le nombre de réfugiés, de demandeurs d'asile, de réfugiés rapatriés, de personnes déplacées à internes (PDI) et de PDI rapatriés, au **Sahel**, tel que rapporté par les autorités nationales ou le HCR, dans le centre du Sahel (Burkina Faso, Mali, Niger), au Tchad et en Mauritanie[252].

Message de Alif Naaba Safiath : « *Ces dernières années, la situation sécuritaire au Sahel s'est dégradée avec la recrudescence des attaques armées.*

Au Burkina Faso, Mali et Niger, l'insécurité et les déplacements n'ont fait que croitre et les chiffres sont effrayants : 1, 4 millions de Personnes déplacées Internes et de réfugiés dont 55% représente les enfants. Entre 2015 et 2019, plus de 430 attaques ont été enregistrées, entraînant la fermeture de plus de 4000 écoles (dont plus de 2400 au Burkina Faso), laissant plus de 16000 enseignants et des centaines de milliers d'enfants incapables de continuer leurs cours. De nombreux enfants n'auront plus la chance de retourner à l'école ; leur droit le plus élémentaire ainsi bafoué, et seront exposés à toutes formes de pires violences avec le risque d'être enrôler par les groupes armés.

Au Burkina Faso, Mali et Niger, 1 enfant sur 2, de 6 à 14 ans ne partait pas à l'école à cause des problèmes structurels que connait le système éducatif et les raisons socio-économiques des ménages dont la pauvreté, le mariage d'enfant, etc. Toute chose qui met en risque l'avenir de nombreux enfants dans la région du Sahel. En plus de la chaine de violence qu'enregistre la région désormais du fait des multiples et récurrentes attaques, la Covid 19 est aussi venue exacerber la situation des enfants rendant encore plus complexe leurs conditions d'apprentissage.

Malgré la volonté politique de mettre fin à ce cycle de violence, empêchant les enfants d'apprendre, force est de constater que la situation des enfants ne m'améliore pas significativement.

Si la situation du Sahel perdure, ce qui est fort probable, nous risquons de perdre une génération entière qui n'aura pas été éduquée. Il est urgent d'agir !

Pour ces milliers d'enfants, il ne leur reste plus que ce cri de cœur : « Je veux retourner à l'école », qu'ils lancent aux autorités du Burkina Faso, du Mali et du Niger leur demandant de faire de l'éducation en urgence une priorité, protéger les écoles et mettre en œuvre la déclaration sur la sécurité dans les écoles afin de leur permettre d'apprendre dans un environnement sain et sécurisé. Investir dans l'éducation pendant les situations d'urgence aide à briser le cycle des conflits et à instaurer une paix à long terme. Elle permet de promouvoir la tolérance, la paix et la réconciliation et constitue surtout l'unique moyen de ne pas compromettre les chances des enfants d'acquérir les connaissances et les compétences dont ils auront besoin pour reconstruire leurs sociétés, les développer et les maintenir pacifiques et prospères » (Information transmise par Claire-Marie-Madeleine Péhi-Verny, actrice humanitaire au Burkina Fasso).

---

[249] *Tchad Rapport de situation*, 8 juil. 2021, OCHA, 8 Jul 2021, https://reliefweb.int/report/chad/tchad-rapport-de-situation-8-juil-2021

[250] *Mali — Rapport sur les déplacements (JUILLET 2021),* 02 sept. 2021, https://dtm.iom.int/reports/mali-%E2%80%94-rapport-sur-les-d%C3%A9placements-juillet-2021

[251] *Niger. Rapport de situation*, UN OCHA, 25 août 2021, https://reports.unocha.org/fr/country/niger

[252] *Crise au Sahel. R4Sahel. Plateforme de coordination des déplacements forcés au Sahel*, 31/08/2021, https://data2.unhcr.org/fr/situations/sahelcrisis

Cette insécurité endémique ne peut qu'accroitre le manque d'instruction, voire l'analphabétisme, et la pauvreté.

33.1 En conclusion partielle

Toutes les régions et tous les peuples victimes du terrorisme et de guerres s'appauvrissent toujours à terme _ que cela soit au Sahel, en Somalie, au Soudan du Sud, Afghanistan, et pendant longtemps, au Mozambique, en Angola, en Erythrée …
Mais « *On peut lutter contre la guerre par le dialogue, la paix et l'éducation* », si l'on croit la militante de l'éducation des filles, Malala Yousafzai.

34 Accaparement des terres et de l'eau sans retombée pour les habitants locaux

« L'accaparement des terres » (en anglais, land grabbing) désigne l'acquisition légale, souvent controversée, de grandes étendues de terrains. Il s'agit souvent de terres agricoles dans des pays en développement, par des entreprises transnationales et gouvernementales. Il s'agit principalement d'achats ou de location [avec des baux de longue durée], à grande échelle, le plus souvent par des entreprises étrangères, de terres. L'accaparement peut avoir des buts économiques ou politiques, voire géopolitique[253].
Pour répondre à des crises écologiques, climatiques, alimentaires et financières et parfois politiques, plusieurs dizaines de pays émergents (Chine, Inde, Corée du Sud …) ou du sud (Afrique du Sud …) cherchent à louer ou acheter des milliers à millions d'hectares dans d'autres pays (Ethiopie, Congo, Madagascar, …), parfois très éloignés, souvent au profit d'investisseurs privés étrangers mais au détriment de la forêt, de l'environnement, des populations autochtones dont les petits paysans (qui y habitent et les cultivent, depuis des générations, mais sans posséder de titre de propriété) sont expulsés de leurs terres ou obligés de travailler pour exporter leur production.

La « colonisation des sols[254] » s'est aggravé depuis la crise alimentaire mondiale de 2007-2008 mais aussi depuis la *demande croissante en agro-biocarburants* : entre 2000 et 2011, l'accaparement des terres concerne 203 millions d'hectares dont 134 millions en Afrique subsaharienne qui ont fait l'objet de négociations entre investisseurs privés régionaux ou nationaux et principalement les États propriétaires des terres
(selon le principe de domanialité public)[255].

A priori, le but de ces cessions de terres agricoles à des pays étrangers est d'obtenir, en échange, pour pays, qui en manquent et qui cèdent leurs droits fonciers, des devises[256]. Mais dans les fait, cet « accaparement » est favorisé par :

a) la corruption du gouvernement ou des hommes politiques locaux puissants (dans leur pays),
b) *l'insécurité foncière*, endémique en Afrique _ cette dernière étant favorisée par un manque de maillage cadastral précis de tout le territoire d'un pays et par la corruption des responsables et officiers du cadastre[257].

---

[253] *Accaparement des terres*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Accaparement_des_terres

[254] Expression de la ministre sud-africaine de l'agriculture, Tina Joemat-Pettersson, pour souligner que ce phénomène est un héritage direct du colonialisme.

[255] "*Tendance : investissements fonciers agricoles à l'étranger*" in "*Souveraineté alimentaire*", https://fr.wikipedia.org/wiki/Souverainet%C3%A9_alimentaire#Tendance_:_investissements_fonciers_agricoles_%C3%A0_l%E2%80%99%C3%A9tranger

[256] Selon le réseau GRAIN, une association loi 1901, la Banque mondiale et la BERD encouragent ce nouveau commerce mondial au profit d'intérêts privés.

[257]a) *Le Foncier à Madagascar (introduction des actes de l'Atelier Foncier de 2000),* Christophe Maldidier, Antananarivo, 2000, https://www.doc-developpement-durable.org/file/SITE_reforestation/FoncierMadagascarMaldidier2000.pdf

L'insécurité foncière peut aussi concerner les *aires protégées* (parcs nationaux …)[258].

Selon les données de la Banque mondiale, 37 % de la surface sont consacrés aux cultures alimentaires, 21 % aux cultures commerciales et *21 % à la culture des biocarburants*. Les plantations forestières dans le cadre de projets REDD[259], ou des projets de conservation de biodiversité ainsi que de grands projets touristiques ont aussi était accusé de faire partie d'accaparement de terres.

Les investissements en terre agricole prennent souvent la forme de baux plutôt que d'achats. La durée de ces baux varie de 25 à 99 ans, et ils sont généralement contractés entre des gouvernements nationaux ou locaux et les investisseurs (la plupart de terres en Afrique ne sont pas privées, en possession ou sous contrôle gouvernemental).

Ces immenses territoires agricoles cédés sont cultivés[260], selon des techniques agricoles modernes (avec une mécanisation maximum, l'utilisation d'intrants chimiques …), ne nécessitant que peu de main d'œuvre locale (et peu de main d'œuvre tout court). L'effet pervers est que les productions agricoles, obtenues dans ces territoires, sont intégralement exportées vers les pays « accapareurs », sans qu'une partie de ces productions serve à nourrir les populations locales et à réduire l'insécurité alimentaire locale. Pour leur irrigation, ces immenses projets agricoles peuvent aussi accaparer les ressources hydriques locales. Ces accords sont souvent loin d'être « gagnant-gagnant ».

Pour l'instant, les seuls moyens de luttes de populations locales contre les effets pervers de ces politiques « d'accaparement » sont les manifestations de protestation (de grande ampleur) ou la médiatisation du problème.

Des manifestations ont visé des groupes comme le groupe Bolloré ayant des investissements accusés d'être des accaparements de terre. Des associations de paysans riverains des plantations de Socfin au Cambodge, au Cameroun, en Côte d'Ivoire, au Liberia et au Sierre leone mises en relation par l'association ReAct ont créé une alliance et ont cherché à négocier avec Bolloré pour résoudre les conflits.

Le projet Daewoo Logistics ou l'affaire Daewoo concernait un accord entre le gouvernement malgache et société coréenne Daewoo Logistics, sur un bail emphytéotique contracté pour la location de 1,3 million d'hectares de terrain, sur le plateau aride d'Ihorombe, au centre de Madagascar, pour en faire des plantations (jatropha …) et des cultures de maïs[261]. Or les ressources hydriques de ce plateau sont limitées. De plus, les négociations entre Daewoo et le gouvernement malgache avaient été loin d'être transparentes. Cette affaire avait été un des éléments importants de la crise politique de 2009 qui avait conduit au renversement du président malgache Marc Ravalomanana[262]. C'était d'autant plus choquant qu'une partie de la population malgache souffre de malnutrition chronique.

[En 2011] « *Le Kenya est le quatrième producteur de* ***haricots*** *au monde. Mais,* ***alors que le pays est touché par la famine, la culture reste principalement destinée à l'exportation****. Selon un responsable d'Action pour la Faim,* ***les exploitations sont principalement achetées ou louées par des compagnies étrangères qui chassent les***

b) *Introduction : foncier et violences politiques en Afrique. Pour une approche continuiste et processuelle*, Jean-Pierre Chauveau, Jacobo Grajales, Éric Léonard, in "Revue internationale des études du développement", 2020/3 (N° 243), pages 7 à 35, https://www.cairn.info/revue-internationale-des-etudes-du-developpement-2020-3-page-7.htm

[258] *L'insécurité foncière dans et autour des Aires Protégées de Madagascar : un obstacle à surmonter pour la conservation de la biodiversité et le développement rural*, Sigrid Aubert, Saholy Rambintsaotra, Jules Razafiarijaona, Revue Développement durable et territoire, Vol. 4, n°1, Avril 2013, https://journals.openedition.org/developpementdurable/9661

[259] Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD), https://fr.wikipedia.org/wiki/Reducing_Emissions_from_Deforestation_and_Forest_Degradation

[260] Pour la production de blé, de maïs …

[261] *Le Collectif Tany craint la reprise du projet Daewoo*, Ny Aina Rahaga, 17/02/2018, https://www.madagascar-tribune.com/Le-Collectif-Tany-craint-la,23622.html

[262] *L'accaparement des terres toujours d'actualité à Madagascar*, 16/07/2012, https://www.rfi.fr/fr/afrique/20120716-accaparement-terres-toujours-actualite-madagascar

habitants, avant d'engager une fraction d'entre eux pour des salaires insuffisants, y compris pour acheter leur propre production »[263].

Ces acquisitions ou des concessions foncières sont considérées comme problématiques, quand elles présentent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Contraires aux droits de l'Homme et en particulier aux droits des femmes à un traitement équitable ;
- **Ne reposant pas sur le consentement préalable, libre et éclairé des usagers affectés** ;
- Ne reposant pas sur une évaluation minutieuse, ou **ne tiennent pas compte des impacts sociaux, économiques et environnementaux** ;
- **Ne faisant pas l'objet de procédures transparentes définissant des engagements clairs et contraignants en ce qui concerne les activités, l'emploi et le partage des bénéfices** ;
- Ne reposant pas sur une planification démocratique efficace, une supervision indépendante et une participation significative[264].

35 Souveraineté alimentaire et économique

Cette information, ci-dessous, montre que les économies des pays en voie de développement restent encore très vulnérables, face à n'importe quelle forme de crises économiques :

« *La pandémie a accéléré les fuites de capitaux des pays en développement de 90 Md$ de début février à mi-avril, dont d'Afrique, alors que les investissements directs étrangers (IDE) ont beaucoup faibli* »[265].

35.1 Reconquérir sa souveraineté économique

A cause de la balance commerciale constamment déficitaire, au niveau de leurs échanges avec les pays riches, les pays en voie de développement recherchent désespérément des devises, pour tenter de réduire leur dette envers les pays riches, par exemple, en exportant les productions alimentaires du pays (ou en louant leurs terres agricoles à des pays étrangers en général riches), quitte à augmenter le niveau de malnutrition d'une partie de leurs concitoyens.
Et cette politique ne permet de résoudre qu'une partie de la dette.

La persistance de la dette, envers les pays riches, empêchent beaucoup de pays pauvres de recouvrir leur souveraineté économique. En apparence, cet état de fait semble constituer un cercle vicieux négatif sans fin.

---

[263]a) *Le Kenya souffre de la famine mais exporte sa production de haricots*, 17/08/2011, https://information.tv5monde.com/afrique/le-kenya-souffre-de-la-famine-mais-exporte-sa-production-de-haricots-6490
b) L'Ethiopie est l'un des principaux producteurs et exportateurs de légumineuses au monde, récoltant annuellement plus de 300 000 tonnes de haricots rouges secs. Ce produit compte pour près de la moitié des exportations totales de légumineuses qui génèrent chaque année plus de 200 millions $ de devises étrangères. Au Kenya, les haricots rouges sont importés majoritairement d'Ethiopie. Or le protocole d'exportation signé entre ce dernier et le Pakistan en mars 2020 conduit à une pénurie des haricots rouges au Kenya. Si le Kenya importait mensuellement jusqu'à 8 000 tonnes il y a deux ans de l'Ethiopie, les stocks acheminés, au Kenya, ont déjà été divisés par 5. La situation est d'autant plus critique qu'une sècheresse en Kenya, en 2021, devrait faire chuter les rendements de 20 %. Cf. 1) *Le Kenya, victime collatérale de l'accord d'exportation de haricots rouges depuis l'Ethiopie vers le Pakistan,* 30 juin 2021, https://www.agenceecofin.com/commerce/3006-89654-le-kenya-victime-collaterale-de-l-accord-d-exportation-de-haricots-rouges-depuis-l-ethiopie-vers-le-pakistan, 2) *Kenya: près de 2,5 millions de personnes risquent d'être confrontées à la famine d'ici un mois*, 02/10/2021, https://www.rfi.fr/fr/afrique/20211002-kenya-pr%C3%A8s-de-2-5-millions-de-personnes-risquent-d-%C3%AAtre-confront%C3%A9es-%C3%A0-la-famine-d-ici-un-mois

[264] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Accaparement_des_terres#Accaparement_de_l'eau

[265] *Les souverainetés des sociétés africaines face à la mondialisation*, Rapport Alternatif Sur l'Afrique (RASA), 2020, 25/06/2021, https://www.wathi.org/les-souverainetes-des-societes-africaines-face-a-la-mondialisation-rasa/

Plusieurs facteurs semblent entretenir cette dette chronique :

1) La corruption et la **fuite de grosses quantité d'argent vers des paradis fiscaux (à la fiscalité réduite) et dans les pays riches** (i.e. évasion fiscale), qui aurait pu servir au développement des pays pauvres, lésés par cette évasion fiscale[266].
2) Les **subvention agricoles** à l'exportation des produits agricoles européens et américains, constituant une forme de dumping face aux productions des pays pauvres, ces dernières ne parvenant plus à être compétitifs.
3) Des accords douaniers entre pays riches et pays pauvres, finalement désavantageux, ne permettant à ces derniers de résorber leur dette.
4) La conviction que tous les produits fabriqués dans les pays riches (USA, Europe, Japon …) sont de meilleure qualité que ceux fabriqués en Afrique (y compris pour les produits issus de l'élevage et de l'agriculture locales !).
5) Une certaine paresse intellectuelle, dont le recours trop fréquent à la dette, a) pour de bonnes raisons, éviter les explosions sociales, b) pour de mauvaises raisons, l'espoir que les pays créanciers apureront la dette des pays débiteurs [envers ces les pays créanciers] et trop endettés.
6) En Afrique, l'idée tenance que le statut d'agriculteur est dévalorisant (socialement), contrairement au statut de fonctionnaire (ce dernier pourtant ne générant aucune richesse ou développement économique pour le pays).
7) La dépendance envers des produits (baguettes de pain …), dont les ingrédients (blé…) sont importés. Les effets de mode pour des produits considérés comme luxueux, parce que venant de l'étranger et de pays riches.
8) L'absence d'unité et « d'OPEP » entre les pays producteurs de matières premières agricoles (cacao, café …).
9) Le manque de formations qualifiantes et de personnes qualifiés issus de ces formations, afin de faciliter l'installation, avec l'aide d'investisseurs étrangers, d'usines ou d'entreprises, nécessitant ce personnel qualifié, dans le pays même.

Pourtant, des matières premières de qualités (cacao …) pourraient être transformés en produits secondaires de qualité (chocolats …) et exportés. Car il existe pourtant des produits transformés de qualité mais insuffisamment exportés (comme le Chocolat Robert, les fruits de la passions, les physalis (« poc-poc ») et autres fruits tropicaux délicieux … à Madagascar, les crevettes géantes tigrées de Madagascar Label rouge, etc. …).

En luttant contre un manque de confiance en soi concernant la qualité des produits élaborés sur place (produits laitiers, plats ou produits agricoles transformés, …) et en incitant à une forme de « patriotisme économique », l'on pourrait aider à développer un marché intérieur, résistant à la concurrences des produits venant des pays riches[267].

Il peut être aussi bon d'utiliser certains mécanismes d'aides européens au développement des exportations de pays en voie de développement vers l'UE _ favorisant l'autonomie économique des pays en voie de développement (voir ci-après) :

---

[266] Liste partielle des personnes nommées dans les Pandora Papers en tant qu'actionnaires, administrateurs et bénéficiaires de sociétés offshore. Au total, 35 dirigeants nationaux actuels et anciens apparaissent dans la fuite, aux côtés de 400 responsables de près de 100 pays. Plus de 100 milliardaires, 29 000 comptes offshore, 30 dirigeants actuels et anciens et 300 fonctionnaires ont été nommés lors des premières fuites en octobre 2021. [1] Selon les rapports, 32 000 milliards de dollars pourraient être cachés de l'impôt. Par exemple, en Afrique : 1) Uhuru Kenyatta, président kenyan, 2) Denis Sassou-Nguesso, président de la République du Congo, 3) Ali Bongo, président gabonnais, 4) Patrick Achi, premier ministre de Côte d'Ivoire, etc.
Cf. a) https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_people_named_in_the_Pandora_Papers
b) *« Pandora Papers » : plusieurs chefs de gouvernement pointés du doigt pour optimisation ou évasion fiscale*, 03/10/2021, https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/pandora-papers-plusieurs-chefs-de-gouvernement-mis-en-cause-pour-evasion-fiscale-1351616

[267] Un exemple, de cette politique : *Les produits locaux togolais dans votre assiette*, Asso. OADEL (Togo), 2010, http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/Les-produits-locaux-togolais-dans-votre-assiette.pdf

35.1.1 Le Programme de la Compétitivité de l'Afrique de l'Ouest (WACOMP)

Doté d'un fond d'un montant total de € 120 millions, financé par l'Union Européenne _ issu du Fonds Européen de Développement (FED) _, le Programme de la Compétitivité de l'Afrique de l'Ouest (WACOMP) vise à soutenir un certain nombre de chaînes de valeur aux niveaux national et régional pour promouvoir la transformation structurelle et un meilleur accès aux marchés régionaux et internationaux, tout en tenant compte des préoccupations sociales et environnementales. Il a pour objectif de renforcer la compétitivité des pays ouest-africains, face à la « mondialisation » économique.

Le programme – qui s'aligne avec les priorités des politiques et programmes ouest-africains, y compris la **Politique industrielle commune de l'Afrique de l'Ouest (PICAO)**, le **Programme de système de qualité pour l'Afrique de l'Ouest (PSQAO)** et la **Stratégie de développement du secteur privé de la CEDEAO**[268] – contribuera à créer les bases et à promouvoir l'accès des pays d'Afrique de l'Ouest au **plan d'investissement extérieur (PIE) de l'UE**.
Le Programme comporte 16 composantes nationales et une régionale. Chaque pays est individuellement responsable de la mise en œuvre de sa composante, tandis que la Commission Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), avec l'appui de la Commission de l'Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA), se charge de la composante régionale et de la coordination du programme par le biais d'un comité de pilotage qui se réunit une fois par an. Des partenaires techniques soutiendront la mise en œuvre au niveau national et régional[269].

Ces programmes aident, par exemple, à mettre en place les systèmes de traçabilité, de contrôle qualité, pour une filière donnée, afin que les produits de cette filière puissent satisfaire aux normes de qualités, qu'ils doivent respecter afin de pouvoir entrer dans le marché de l'Union Européenne (UE) (la filière ananas de Côte d'Ivoire a ou aurait bénéficié de cette aide, afin de permettre l'entrée des produits de cette filière dans l'UE[270]).

Via sa *stratégie de développement du secteur privé*, la CEDEAO soutient aussi les *Centres d'Excellence (centres de formation) pour les projets d'entreprenariat agricoles* en Afrique de l'Ouest (comme le Centre d'Excellence Songhaï au Bénin[271]).

Il existe des organisations reposant sur un modèle économique en même temps capitaliste, solidaire et circulaire _ reposant sur un recyclage (récupération) maximum _, comme les *onze centres Songhaï en Afrique*. Encore faut-il être certain qu'ils sont bien économiquement bénéficiaires (dégageant du profit, financièrement autonomes) et qu'ils ne reposent pas sur l'aide permanente de donateurs étrangers (rendant alors artificiellement les comptes de trésorerie positifs).

Quand des pays en voie de développement pourront sortir de la spirale négative de la dette, revenir vers une balance commerciale positive ou équilibré et la fin de la dépendance envers les pays riches et le FMI, alors l' atteinte de ces objectifs (d'indépendance / d'autonomie financière) sera *source de fierté* pour ces pays. Mais il ne faut pas, non plus, que la recherche de ce but puisse mener à une politique d'autarcie et de fermeture nationaliste (chauvine) alors que l'on sait que les échanges internationaux (équilibrés) sont nécessaires pour le développement économique global du monde entier, y compris pour celui des pays en voie de développement[272].

---

[268] *Liste des 11 Agences/institutions spécialisées de la CEDEAO*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Communaut%C3%A9_%C3%A9conomique_des_%C3%89tats_de_l'Afrique_de_l'Ouest#Agences_sp%C3%A9cialis%C3%A9es

[269] *A propos du WACOMP*, https://wacomp.projects.ecowas.int/a-propos-de-wacomp/?lang=fr

[270] Il semblerait que la filière haricot vert fin et celle horticole ornementale (roses …) du Kenya aient aussi bénéficié d'une telle aide. Bien que ces deux filières ne soient pas très écologiques (car leurs produits sont transportés par avion jusqu'en Europe).

[271] *Présentation de la philosophie du centre agroécologique Songhaï*, B. Lisan, 10/01/2018, 108 pages, http://www.doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/Centre-agroecologique-Songhai.pptx

[272] On a vu les effets pervers de la loi Hawley-Smoot. La loi Hawley-Smoot (en anglais Hawley-Smoot Tariff ou Smoot-Hawley Tariff Act), promulguée aux États-Unis le 17 juin 1930, a augmenté les droits de douane à l'importation de plus de 20 000 types de biens.

35.2 Reconquérir sa souveraineté alimentaire (exemple)

« La souveraineté alimentaire est le droit des peuples à une alimentation saine et culturellement appropriée produite avec des méthodes durables, et le droit des peuples de définir leurs propres systèmes agricoles et alimentaires. La sécurité alimentaire est un but, alors que la souveraineté alimentaire décrit les moyens d'y parvenir. », selon l'ONG La Via Campesina[273].
La souveraineté alimentaire privilégie des techniques agricoles qui favorisent l'autonomie des paysans. Elle est donc favorable à l'agriculture biologique, à l'agriculture paysanne et à la biodiversité locale. *Mais elle refuse l'utilisation des plantes transgéniques en agriculture* (un dernier point de vue pouvant être critiquable, car ne reposant pas sur des arguments scientifiques prouvés).

Craintes de perte de biodiversité avec la mondialisation, justifiées ou non ?

Cas du maïs mexicain, face au maïs américain avec l'ALENA :

« *Avant son entrée dans l'ALENA (Accord de Libre Echange Nord-Américain) en 1994, le pays protégeait son marché intérieur par des barrières douanières, garantissait des prix élevés à ses agriculteurs et subventionnait la consommation. Avec la libéralisation et l'arrêt du soutien des prix aux agriculteurs, de nombreuses études annonçaient un exode rural massif et l'abandon de la culture des variétés locales, donc une perte de la biodiversité. Finalement, ces conséquences ne se sont pas vérifiées, parce que 20 % des agriculteurs étaient déconnectés du marché, produisant pour leur usage personnel, et que d'autres agriculteurs étaient concurrentiels (donc non affectés par les changements de prix). Parmi les 40 % d'agriculteurs qui se situaient entre ces deux catégories, beaucoup ont poursuivi l'activité agricole et en particulier la culture des variétés locales, même s'ils l'ont réduite, car elle correspondait au goût du marché régional. Ils ont augmenté les surfaces en maïs hybride, pour s'adapter à des prix plus faibles. Contrairement aux attentes, la biodiversité a donc été préservée* »[274].

Au Sénégal, le pain a remplacé la plupart des recettes locales pour le petit déjeuner, sa consommation est exponentielle. Mais puisqu'il est fabriqué à partir de farine de blé importée, le Sénégal dépend de cette importation. Le prix du blé peut évoluer, les boulangers ne sont donc pas à l'abri d'un choc, d'une hausse des prix. Remplacer le blé par des céréales locales permet d'avoir plus d'autonomie alimentaire.

Grâce au projet porté par l'association SOL[275] et par la FONGS (Fédération des Organisations Non-Gouvernementales du Sénégal)[276] :

De nombreux pays, par mesure de rétorsion, ont également augmenté leurs taxes à l'importation. Les importations américaines depuis l'Europe déclinèrent de leur maximum de 1929 de 1 334 millions de dollars à seulement 390 millions en 1932 (soit une chute de plus de 70 %), alors que les exportations américaines vers l'Europe tombèrent de 2 341 millions de dollars en 1929 à 784 millions en 1932 (soit une chute de deux tiers). **De même, le commerce mondial déclina d'environ 66 % entre 1929 et 1934**. C'est pour éviter les conséquences négatives de cette politique de non-coopération entre les États que les principaux pays ont mis en place des accords de commerce multilatéraux au sortir de la Seconde Guerre mondiale, en particulier les accords de Bretton Woods en 1944 et le GATT à partir de 1947. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_Hawley-Smoot

[273] A) *La souveraineté alimentaire, qu'est-ce que c'est ?* https://foodsecurecanada.org/fr/qui-sommes-nous/la-souverainete-alimentaire-quest-ce-que-cest, b) *Souveraineté alimentaire*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Souverainet%C3%A9_alimentaire

[274] « *Session 3 : Filières, Marchés et Politiques* » in Colloque "*Perte de biodiversité et vulnérabilité sanitaire des systèmes de production*", 25/06/2014, page 33, https://www.anses.fr/fr/system/files/Anses_14_Actes_Colloque_perte_biodiv_SP.pdf

[275] Conté dans le documentaire *Semer, Récolter, Résister*.

[276] *Au Sénégal, les paysans retrouvent leur souveraineté alimentaire grâce aux céréales locales*, 06/05/2021, *https://lareleveetlapeste.fr/au-senegal-les-paysans-retrouvent-leur-souverainete-alimentaire-grace-aux-cereales-locales/*

- Les femmes sont facilement parvenues à remplacer la farine de blé par les céréales locales (mil et le maïs), dans leur alimentation.
- Les boulangers arrivent à incorporer de 15 à 30% de céréales locales dans leurs produits.

Le tout est de savoir si cette filière sera viable sur le long terme.

Au Sénégal, gel de l'importation d'oignons étrangers pour protéger la production locale d'oignons

« *Au Sénégal, la production locale d'oignon était fortement concurrencée par les importations, surtout lors des pics de récolte. Des concertations au sein d'un comité oignon, initié par l'Agence de régulation des marchés, permettent de réduire cette concurrence, grâce à un gel temporaire des importations* »[277].
Hors de ces périodes, les oignons importés sont surtaxés à 20% (en 2019)[278].
« *Le gel des importations d'oignons [a permis] aux nombreux producteurs sénégalais d'écouler sans problèmes leur production qui arrive timidement sur le marché.*
Cette mesure décidée depuis plusieurs années par les autorités a permis de booster la production d'oignons du Sénégal qui est passée de 40 000 tonnes en 2003 à 260 000 tonnes en 2013, soit une forte progression de 550% »[279].

La Gambie applique le même type de mesure : « *Des droits à l'importation additionnels sont prélevés par la Gambie sur les oignons et les pommes de terre pendant la période de récolte, afin de protéger les producteurs locaux* »[280].

35.3 Conclusion partielle sur ce chapitre

Nous ne pensons pas qu'il existe des solutions miracles et simples dans ces domaines.
Elever des droits de douane, autour d'un produit, peut aider à protéger sa production et ses agriculteurs, mais cette action peut aussi provoquer des mesures de rétorsion. C'est donc une mesure à utiliser avec prudence. Et mieux vaut alors en informer éventuellement l'OMC et l'OCDE sur les raisons (le pourquoi) de cette mesure et sur son caractère incontournable (inévitable).

Parfois, certains dictateurs ou politiciens, sans états d'âme, n'hésitent pas à vendre à l'export les productions agricoles locales, à augmenter durement les impôts, à supprimer les subvention agricoles aux petits paysans, afin de réduire la dette publique et le déficit de la balance commerciale[281], au risque d'affamer la population et/ou de déclencher des émeutes[282].

---

[277] *La régulation du marché de l'oignon. Régulation du marché au Sénégal*, Grain de Sel, nº 48, septembre – décembre 2009, https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/pdf_GDS48_p7_8_ARM_Oignon_Senegal.pdf
[278] Cf. https://sunulex.sn/importer-au-senegal-2019/
[279] *Sénégal* : Interdiction d'importations d'oignons, ApaNews, 15/02/2015, https://www.27avril.com/blog/agriculture/senegal-interdiction-d-importations-d-oignons
[280] *Gambie WT/TPR/S/233*, https://docsonline.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=R:/WT/TPR/S233-04.pdf
[281] Par exemple, selon un plan de désendettement préconisé par le FMI …
[282] Sécheresse, inondations, l'agriculture indienne subit des conditions météorologiques de plus en plus erratiques en raison du changement climatique. Selon un rapport du gouvernement du Pendjab (nord) publié en 2017, cet État aura épuisé toutes ses ressources en eau souterraine d'ici 2039. On compte un important endettement et taux de suicide chez les agriculteurs indiens (300 000 se sont suicidés depuis les années 1990). Selon de récentes données officielles, quelque 10 300 agriculteurs ont mis fin à leurs jours en 2019. Agriculteurs et travailleurs agricoles abandonnent en masse le secteur : 2 000 jetaient chaque jour l'éponge, selon le dernier recensement datant de 2011. Habituellement, les paysans indiens vendent leurs productions à des marchés contrôlés par l'État. L'Inde octroie en moyenne 32 milliards de dollars de subventions aux agriculteurs chaque année, selon le ministère des Finances. Ces marchés avaient été créés dans les années 50 pour protéger les agriculteurs contre les situations d'abus et leur assuraient un prix de soutien minimal (PSM) pour certaines denrées. En septembre 2020, le parlement a voté des lois qui autorisent les agriculteurs à vendre leurs productions aux acheteurs de leur choix, plutôt que de se tourner exclusivement vers les marchés contrôlés par l'État. Nombre de petits exploitants sont attachés au PSM, qui constitue pour eux un filet de sécurité essentiel, et se sentent désormais menacés par la libéralisation des marchés agricoles qu'engendrent les réformes. Ils

En résumé, il n'existe pas de solutions simples, il y a lieu de s'adapter selon les circonstance et à faire constamment des compromis entre des objectifs souvent inconciliables.

Il n'est pas toujours facile de déterminer quel modèle économique choisir (?) :

- Grandes exploitations en agriculture intensive.
- Mosaïques d'exploitations familiales, modestes (de petites tailles), bio, mais bien gérées, avec utilisation de techniques culturales innovantes et performantes (SVG, agriculture bio, permaculture, synécoculture etc.).
- Cohabitation des deux modèles.
- Modèle Songhaï (capitaliste et en même temps solidaire).
- Autres modèles.

Le choix se fait souvent en fonction du contexte et des conditions locales.

36 L'importance des femmes dans les projets de développement

Dans beaucoup de sociétés de pays en voie de développement (et pas que), l'on constate que les femmes souvent travaillent plus que les hommes, s'occupant par exemple des enfants, de la cuisine, du ménage, de travaux dans des champs et jardins, des corvées (d'eau, de bois …), de gérer l'argent du foyer ... Et pourtant, elles restent mineures à vie, au niveau de leurs droits, dépendante de l'autorité (voire de l'arbitraire) des hommes mâles de leur communauté[283].

Actuellement, dans le monde, 836 millions de personnes vivent dans une pauvreté extrême. Dans l'extrême pauvreté, il y a des plus mal loties, les femmes. Et parmi elles, les femmes noires, les femmes indigènes, les réfugiées, les immigrantes et les migrantes sont les plus marginalisées[284].
Plusieurs études récentes ont constaté que l'autonomisation économique des femmes était fondamentale pour la réduction de la pauvreté. La mise en place de coopératives des femmes productrices et transformatrices _ souvent par de jeunes femmes du monde rural, elles-mêmes _ aide à lutter contre l'exode rural et l'insécurité alimentaire et à améliorer leur niveau de vie et le niveau des revenus de leur famille (une augmentation des revenus pouvant permettre alors d'envoyer les filles et garçons à l'école).
Dans certains cas à cause des pesanteurs culturelles et sociologiques, l'autonomisation des femmes rurales est facilitée grâce à un ou plusieurs appui(s) extérieur(s), leur permettant de bénéficier de formations aux techniques agricoles, à l'amélioration des semences et à l'utilisation de machines permettant un gain de temps, tout en accordant des prêts et en encourageant l'épargne[285].
On observe que les femmes rurales, via leur coopératives sont souvent agent du changement au sein de leur communauté. Ce sont, par exemple, elles qui mettront en place un système de micro-crédit local, de transport, de silos, de banque de graines etc.

---

redoutent la concurrence des grandes fermes qui risque de les obliger, pour écouler leurs marchandises, à les brader à vile prix aux grandes entreprises. D'où les nombreuses manifestations de milliers d'agriculteurs indiens, pour faire abroger ces réformes agricoles, partout en Inde. Source : *Inde : Pourquoi les agriculteurs s'opposent-ils aux réformes de Modi ?* 13/12/2020, https://www.terre-net.fr/actualite-agricole/politique-syndicalisme/article/pourquoi-les-agriculteurs-s-opposent-ils-aux-reformes-de-modi-205-174606.html

[283] C'est pourquoi il est important de soutenir les associations et mouvement pour l'avancement des droits des femmes dans le monde.

[284] *La coopérative des femmes de Nganda au Sénégal*, 09/04/2021, https://www.rfi.fr/fr/podcasts/le-coq-chante/20210409-la-coop%C3%A9rative-des-femmes-de-nganda-au-s%C3%A9n%C3%A9gal

[285] *Les coopératives de femmes stimulent l'agriculture et l'épargne en Éthiopie rurale*, 01/08/2018, https://www.unwomen.org/fr/news/stories/2018/7/feature-ethiopia-cooperatives-boost-agriculture-and-savings

Donc, il est important que les femmes aient toute leur place dans tous les projets de développement.

37 Conclusion générale

Par les analyses contenues dans ce livre, on constate que la lutte contre la malnutrition, dans le monde, est un sujet complexe et multifactoriel et qu'il n'y a pas de solution miracle clé en main, simple et facile à mettre en œuvre. Alors que pourtant, les solutions existent.
Ce qui ne veut pas dire que ces solutions soient toujours aisées à mettre en place _ en raison de résistance des mentalités, de facteurs d'instabilités politiques, de méfiances liées à des théories du complot très répandues en Afrique, de la corruption, de vols, du manque d'argent[286] etc.

Pour aborder ces questions complexes, il faut les dans aborder au sein d'une vision « holistique », « systémique », au sein un tout global, qui fait intervenir un bon nombre de solutions adaptées à un certain nombres de problèmes particuliers, décomposés en sous-ensembles ou sous-problèmes. De plus, des solutions peuvent fonctionner à un endroit et dans un contexte donnés et ne pas fonctionner à un autre endroit.

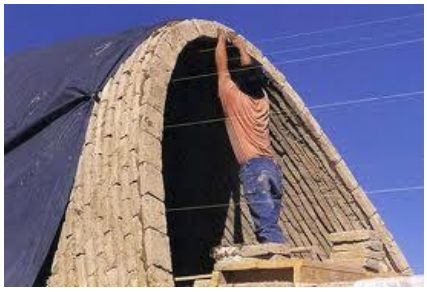
Il ne suffit pas de mettre en place certains programmes agronomiques, culturaux et certains dispositifs d'économie (goutte à goutte …) et de retenues d'eau (johads indiens, limans israéliens …). Il faut aussi provoquer un changement de mentalité profond chez les populations bénéficiaires, leur permettant de comprendre que la préservation de l'environnement n'est pas un luxe ou une lubie occidentale, mais qu'elle garantit leur survie. Le développement durable est un tout (ou package) global, qui comprend de nombreux volets techniques.

Pour obtenir la réussite de projets de développement, il faut souvent faire preuve de beaucoup diplomatie, posséder, dans ses relations, déjà un réseau de personnes influentes, et/ou faire preuve de beaucoup de persévérance _ savoir affronter et résister à de nombreuses épreuves, savoir remonter la pente après des épreuves particulièrement dures ou destructrices et tenir sur le temps.

37.1 Préservation de l'environnement

Quand il n'y en a pas assez d'arbres dans les régions arides, plutôt que de les couper, pour la construction des maisons, mieux vaut construire les maisons en boue séchée (par la technique de la voute nubienne _ voir image ci-après _ etc.). Avoir conscience qu'il faut ne pas trop couper les arbres, leurs branches ou prélever leurs feuilles, au risque de les faire mourir. Qu'il faut savoir gérer raisonnablement la ressource ligneuse et savoir planter trois arbres, à la place de l'arbre que l'on vient de couper. Qu'il est préférable, pour la cuisson, quand cela est possible, d'utiliser des cuiseurs solaires et/ou de la bouse de vache, que de recourir excessivement à du bois coupé sur des arbres vivants.

[286] Il est souvent bien plus facile de donner des conseils [Ya Ka Fo Kon] que de les réaliser. L'auteur a subi plusieurs échecs, en Afrique, à cause de vols, d'escroqueries, de la corruption ambiante et aussi à cause d'une trop grande franchise naïve ou d'un manque de diplomatie, à l'exemple de ceux de l'agronome René Dumont, dont les critiques des maux de l'Afrique (mauvaises gouvernances etc. …) n'ont guère été goûtées sur place. Voir son livre *L'Afrique noire est mal partie*, Editions Seuil, 1ère édition 1962.

Maisons réalisées par la technique de la voute nubienne (qui conservent la fraicheur dans les pièces, en son sein).

Qu'il faut (plutôt) planter des arbres utiles adaptés à la sécheresse, servant de coupe-vent, de fixateur de dunes et limitant l'érosion et le ruissellement. Et non pas des arbres choisis pour leur rentabilité financière en sylviculture, à pousse rapide, très consommateurs en eau.

Qu'il faudrait mettre en place une gestion rationnelle des pâturages, des parcours et des cheptels, avec l'aide des organisations d'éleveurs. Et quand il y a trop de chèvres ou de moutons, dans les zones de pâturage et de transhumance, il y a alors la nécessité de réduire les troupeaux et de se séparer de bêtes.

Le but principal de ce livre est de trouver de multiples solutions, face au changement climatique, dans les pays les plus pauvres et/ou les plus vulnérables, avec la nécessité (urgente) de s'y adapter (voir aussi le livre [2]).
Dans cet ouvrage, nous avons aussi insisté sur l'importance de la préservation (protection) de la biodiversité et des semences paysannes _une solution pour rendre les cultures plus résilientes, face aux maladies et aléas climatiques, et pour ne pas être dépendant pieds et mains liés envers des compagnies semencières[287].

37.2 Lutte contre les maux endémiques en Afrique et certains pays en voie de développement

Pour pouvoir mettre en œuvre tous idée, contenues dans ce livres, il faudrait déjà résoudre les maux connues et endémiques à l'Afrique (déjà décrits en 1962 par René Dumont[288]) :

- La corruption et le goût de l'argent facile (sans effort), à tous les niveaux (via la grande et la petite corruption), favorisant la pullulation des voleurs et escrocs (voir le chapitre annexe « ***Préconisations pour lutter contre la corruption[289]*** », situé à la fin de ce document).
- La mauvaise gouvernance (dont se plaignent unanimement tous les administrés, les ONG, les observateurs extérieurs)[290]. Le manque de préoccupation du bien public, par les politiciens et militaires locaux[291].
- Le danger du populisme (des joueurs de flûte d'Hamelin, des chants des sirènes, qui désignent des boucs émissaires et promettent des miracles, des théories du complot), face à des concitoyens peu instruits et donc crédules et manipulables. L'éducation et l'instauration d'une vraie démocratie, avec une presse libre, peuvent y pallier.
- La faiblesse du système éducatif (et son manque de moyens chronique). Il faut y consacrer de l'argent. Il faut des enseignants bien formés et bien payés. Il faudrait une ou plusieurs chaînes de télévision scolaire.

[287] Voir la controverse sur la culture du coton-BT en Inde. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Coton_Bt
[288] « *L'Afrique noire est mal partie* », ibid.
[289] La corruption existe dans tous les pays. Mais dans les pays pauvres, elle y cause beaucoup plus de dégâts.
[290] Souvent l'auteur, pour plaisanter, préconise que les gouvernements soient audités, aidés par des conseillers (et auditeurs) économistes norvégiens (la Norvège étant un des pays où le taux de corruption est le plus bas au monde). Souvent par boutade, il dit que si Madagascar était dirigé par des norvégien, son PIB par habitant serait comparable à celui de la Norvège actuelle.
S'il n'y avait l'extrême susceptibilité, qui s'y oppose, des dirigeants africains (détestant qu'on s'ingère dans leurs affaires), l'idée de leur adjoindre des conseillers économiques norvégiens ne serait pas une si mauvaise idée.
[291] Certains militaires corrompus n'hésitant pas à revendre des armes (de leur armée) à des terroristes et des bandits, pour se faire de l'argent (par cupidité).

- Le problème du manque d'attractivité du métier d'agriculteur et de l'attractivité du métier de fonctionnaire (en Afrique). Il faut que l'accès à la terre, à des crédits ou micro-crédits à taux zéro et aux formations de qualité soient facilitées, aux personnes aux faibles ressources, intéressées par le métier. Il faut sécuriser les filières face aux fluctuations du marché et celles climatiques.
- Le problème ou l'urgence démographique (dont la solution est certainement liée à l'éducation).
- Le problème de l'inégalité homme-femme et du statut de *mineure à vie* des femmes, dans certaines sociétés.

Ressources documentaires :
a) *La lutte contre la corruption*, 08/06/2015, 436 pages, http://www.doc-developpement-durable.org/documents-pedagogiques-de-sensibilisation/LutteContreLaCorruption.pptx
b) version PDF : http://www.doc-developpement-durable.org/documents-pedagogiques-de-sensibilisation/LutteContreLaCorruption.pdf

38 Bibliographie

38.1 Le réchauffement climatique

[1] *Atlas du réchauffement climatique: un risque majeur pour la planète*, Frédéric Denhez, Krystyna Mazoyer et Michel Petit, Éditeur Autrement, 2009, 88 pages.
[2] *L'atlas du changement climatique. Les causes et les conséquences. Des solutions pour agir*, Collectif (Dan Hooke ...), Bruno Porlier (Traduction), Éditeur Gallimard Jeunesse, 2021, 240 pages (âges de lecture 9-18 ans).
[3] *Africa : Scientists sound the alarm over drought in East Africa: What must happen next* [Des scientifiques tirent la sonnette d'alarme sur la sécheresse en Afrique de l'Est : que doit-il se passer ensuite ?], Chris Funk, 05/10/2021, https://www.downtoearth.org.in/blog/africa/scientists-sound-the-alarm-over-drought-in-east-africa-what-must-happen-next-79520
The next five years will very likely bring a strong El Niño causing more drought disasters [Les cinq prochaines années apporteront très probablement un fort El Niño provoquant davantage de catastrophes liées à la sécheresse].

38.2 Salinisation des sols et augmentation du niveau des mers

[10] *Environmental issues in Florida* [Problèmes environnementaux en Floride], https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_issues_in_Florida

38.3 Destruction des forêts et des mangroves

[20] *Les forêts tropicales détruites en 2018 font la superficie du Nicaragua*, https://www.lexpress.fr/actualite/societe/environnement/les-forets-tropicales-detruites-en-2018-font-la-superficie-du-nicaragua_2074766.html
[21] *Evaluation des risques liés aux mangroves face au changement climatique (Madagascar)*, ANDRIANIAINA Rindra Tsiory Patrick, thèse, 11 mai 2018, http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianiainaRindraTP_PC_Lic_18.pdf
[22] *Etat des lieux des Mangroves de Madagascar*, ministère de l'Environnement et du Développement Durable et ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2019-2020. Antananarivo, Madagascar. 224 pages, http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/mangrove/etat_des_lieux_des_mangroves_madagascar_2020-01-29.pdf

38.4 Sècheresses et assèchement de rivières et de lacs

[30] *Assèchement des grands lacs et mers au XXe siècle*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Ass%C3%A8chement_des_grands_lacs_et_mers_au_XXe_si%C3%A8cle
[31] *Turquie : un millier de flamants roses sont morts dans un lac à cause de la sécheresse*, Chloé GURDJIAN, 20/07/2021, https://www.geo.fr/environnement/turquie-un-millier-de-flamants-roses-sont-morts-dans-un-lac-a-cause-de-la-secheresse-205552
[32] *Les larmes du Tigre, reportage le long du fleuve mésopotamien, alors que l'Irak vit une nouvelle période de sécheresse destructrice*, 11/07/2021, Figaro Magazine, https://twitter.com/Aufildubosphore/status/1414127206322876416
[33] *Sécheresse : l'indispensable adaptation des forêts françaises*, 21/01/2020, https://theconversation.com/secheresse-lindispensable-adaptation-des-forets-francaises-128404
[34] *'Desert': drying Euphrates threatens disaster in Syria*, Delil Souleiman & Alice Hackman, 30/08/2021, https://news.yahoo.com/desert-drying-euphrates-threatens-disaster-020729928.html
[35] *Tout comprendre aux violences provoquées par la crise de l'eau en Iran*, 21/07/2021, https://www.lexpress.fr/actualite/monde/proche-moyen-orient/tout-comprendre-aux-violences-provoquees-par-la-crise-de-l-eau-en-iran_2155358.html
Des médias en persan émettant de l'étranger ont parlé de manifestations réprimées par les forces de l'ordre au Khouzestan, frappé par une sécheresse.
[36] *Réchauffement climatique : le Colorado bientôt à sec ?* 20/02/2020, https://www.initiativesfleuves.org/actualites/rechauffement-climatique-colorado-bientot-a-sec/
[37] *Ces "guerres de l'eau" qui nous menacent*, Richard Hiault, 30/08/2016, https://www.lesechos.fr/2016/08/ces-guerres-de-leau-qui-nous-menacent-1112386
Réchauffement climatique, démographie galopante, urbanisation et industrialisation croissante... Ce cocktail explosif annonce à coup sûr une aggravation des tensions liées à l'approvisionnement en eau. Certains experts y voient le principal risque de conflits dans les années à venir.

38.5 Recul des glaciers

[40] *Réchauffement climatique : Ces photos virales d'un glacier à un siècle d'intervalle sont « l'illustration parfaite du recul des glaciers »,* Mathilde Cousin, 21/07/21, https://www.20minutes.fr/planete/3088055-20210721-rechauffement-climatique-photos-virales-glacier-siecle-intervalle-illustration-parfaite-recul-glaciers
[41] Recul des glaciers depuis 1850, https://fr.wikipedia.org/wiki/Recul_des_glaciers_depuis_1850
[42] *La fonte des lacs glaciaires expose des milliers de personnes à des risques d'inondation*, Nina Pareja, 02/05/2021, http://www.slate.fr/story/208313/fonte-lacs-glaciaires-expose-miliers-de-personnes-risques-inondation-climat-environnement-changement-climatique
Plus de 12.000 décès dans le monde seraient d'ores et déjà liées aux inondations dues à la fonte de lacs glaciaires.
[43] *Planète Glace*, Producteur délégué : Mona Lisa Production, Coproducteurs : Arte France, Universcience, Productions Nova Media, CNRS, IRD, Auteurs-réalisateurs : Thierry Berrod, Vincent Amouroux, Yanick Rose. Série de 4 documentaires de 52 mn : "*Groenland, le voyage sous la glace*", "*Alpes, des glaciers sous haute surveillance*", "*Andes, la fin des glaciers* ?", "*Himalaya, royaume des neiges*". https://www.universcience.fr/fr/professionnels/catalogue-filmsmultimedias/fiches/planete-glace/
Les glaciers ont survécu pendant des millénaires, mais ont-ils encore un avenir ? Menacés par le réchauffement climatique, ils fondent à un rythme alarmant.
[44] *Dans la Cordillère des Andes, les glaciers fondent, la menace augmente*, Alan Loquet, 09/02/2021, https://rennes.maville.com/actu/actudet_-dans-la-cordillere-des-andes-les-glaciers-fondent-la-menace-augmente_54135-4490985_actu.Htm
En Amérique du Sud, les vidanges brutales de lacs glaciaires[292], surnommés Glof par les scientifiques, se multiplient, réchauffement climatique oblige. Des centaines de milliers de personnes vivent dans des zones à risque .

[292] *Vidange brutale d'un lac glaciaire*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Vidange_brutale_d%27un_lac_glaciaire

38.6 Feux de forêts

[50] *Chronologie des grands incendies*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_des_grands_incendies
[51] *Incendie. Les séquoias géants de Californie résisteront-ils aux flammes ?* 17/09/2021, https://www.courrierinternational.com/article/incendie-les-sequoias-geants-de-californie-resisteront-ils-aux-flammes

38.7 Projets de reforestation et jardins botaniques

[60] *Réchauffement : un rapport préconise de planter un arbre par habitant pendant 30 ans pour adapter la forêt*, AFP, 17.09.2020, https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/plantes-et-vegetaux/rechauffement-un-rapport-preconise-de-planter-un-arbre-par-habitant-pendant-30-ans-pour-adapter-la-foret_147473
"Au-delà des régénérations naturelles, il nous faudra planter 70 millions d'arbres par an pendant 30 ans, soit un arbre par habitant", estime un rapport.
[61] *The trees to plant or not*, https://forestsnews.cifor.org/66150/trees-to-plant-or-not-to-plant
[62] *Reboisement. Environnement : planter des arbres, oui, mais pas n'importe comment*, 23/06/2020, https://www.courrierinternational.com/article/reboisement-environnement-planter-des-arbres-oui-mais-pas-nimporte-comment
Deux récentes études mettent en garde contre les programmes de reboisement conçus à la va-vite. Selon celles-ci, certaines forêts replantées constituent un risque pour la biodiversité et ne produiraient que des effets limités sur l'absorption de dioxyde de carbone.
[63] *Inverser le cours de la déforestation pour préserver la biodiversité*, Maxime Lefebvre, 21/06/2020, https://www.podcastjournal.net/Inverser-le-cours-de-la-deforestation-pour-preserver-la-biodiversite_a27910.html
Le dernier rapport sur la situation des forêts du monde, publié par le PNUE — le programme des Nations unies pour l'environnement —, fait état de niveaux élevés de déforestation et de dégradation. 420 millions d'hectares de forêts ont été perdus depuis 1990.
[64] *De Dakar à Saint-Louis, une forêt de filaos en rempart contre les assauts de la mer*, Théa Ollivier (Dakar), 19 juin 2020, https://www.lemonde.fr/afrique/article/2020/06/19/de-dakar-a-saint-louis-une-foret-comme-rempart-contre-les-assauts-de-la-mer_6043380_3212.html
Reverdir le Sahel (3). Les maraîchers de la côte des Niayes, menacée par l'érosion, bataillent pour préserver la bande d'arbres qui fixe les dunes de sable.
[65] *Do forests function like 'biotic pumps' for rainfall*, 10/02/2014, http://alert-conservation.org/issues-research-highlights/2014/2/10/do-forests-function-like-biotic-pumps
L'une des hypothèses les plus frappantes et les plus controversées à émerger au cours de la dernière décennie est la notion selon laquelle des étendues de forêt intactes, s'étendant des régions côtières aux régions intérieures, peuvent aider à aspirer l'humidité océanique loin à l'intérieur des terres - fonctionnant comme une "pompe biotique" géante.
[66] *La pionnière du Néguev qui sème les graines qui défieront un avenir sec*, Sue Surkes, 20 August 202, https://fr.timesofisrael.com/la-pionniere-du-negev-qui-seme-les-graines-qui-defieront-un-avenir-sec/
Après avoir planté les graines les plus vieilles du monde et apprivoisé l'arganier, Elaine Soloway réfléchit dorénavant à faire fleurir les déserts en pleine évolution.
[66bis] *After reviving ancient dates, a Negev pioneer plants seeds against a dry future*, Sue Surkes, 12 May 2021, https://www.timesofisrael.com/after-reviving-ancient-dates-a-negev-pioneer-plants-seeds-against-a-dry-future/
Having germinated the world's oldest seed and domesticated the argan oil tree, Elaine Soloway is now tinkering with how to keep a changing desert blooming.
[67] *Groasis fait pousser des arbres dans le désert*, Pierre Fortin, 28/06/2021, https://planete.lesechos.fr/solutions/groasis-fait-pousser-des-arbres-dans-le-desert-9770/
Un horticulteur néerlandais a mis au point des cocons qui permettent aux arbustes de survivre dans les milieux les plus arides. Son objectif : restaurer 2 milliards d'hectares de terres dégradées.
[67bis] *Groasis Waterboxx*, https://en.wikipedia.org/wiki/Groasis_Waterboxx

38.8 Espèces de climats arides, résistantes à la sècheresse et au sel

[70] *Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne: les arbres des champs du plateau central au Burkina Faso*, Daniel-Yves Alexandre, IRD Éditions/Karthala, 2002.
[71] *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*, Michel Arbonnier, Ed. QUAE, 2002.
[72] *Les plantes sauvages du Sahel malien: les stratégies d'adaptation à la sécheresse des Sahéliens*, Gunnvor Berge, Drissa Diallo, Britt Hveem, Ed. Karthala, 2005.
[73] *Encyclopédie des Plantes Alimentaires*, Michel Chauvet, Belin, 2018, 880 pages, 69€.
Cette encyclopédie décrit environ 700 espèces de plantes alimentaires du monde entier.

- *Rôle des acacias dans l'économie rurale des régions sèches d'Afrique*, G.E. Wickens & al., FAO, http://www.fao.org/docrep/v5360f/v5360f00.HTM
- *REVUE DU FAO : ACACIA (extraits),* mercredi 1er mars 2006, Sarah Toumi, http://satoumix.free.fr/paf/spip.php?article21
- *Quelques espèces ligneuses et herbacées utilisées pour la fixation des dunes*, FAO, http://www.fao.org/docrep/012/i1488f/i1488f10.pdf
- *Sélection d'espèces ligneuses adaptées à la fixation biologique de dunes au Niger*, LAMINOU MANZO O., CAMPANELLA B. & PAUL R., Geo-Eco-Trop., 2009, 33, n.s. : 99 - 106, https://geoecotrop.be/uploads/publications/pub_331_08.pdf
- AUBREVILLE, A. 1950. *Flore Forestière Soudano-Guinéenne*. A.O.F. - Cameroun - A.E.F. ORSTOM, 523 p.
- WHITE, F. 1986. *La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique*. UNESCO/AETFAT/UNSO. ORSTOM – UNESCO, 384 p.
- Von Maydell, H.-J. 1990. *Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations*. Verlag Josef Margraf, 531 p.
- Thulin M. 1993. *Flora of Somalia*. Vol. 1., Royal Botanical Garden Kew, 493 p.
- *L'utilisation des eaux salées au Sahara*, P. Simonneau, G. Aubert, Ann. agron., 1963, 14 (5), 859-872, page 866, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/11033.pdf

38.8.1 Plantes halophytes

- *Halophyte Database V 2.0* - Springer, http://extras.springer.com/2003/978-90-481-6256-7/V2_update.pdf
- *Les arbustes qui supportent un sol salé*, http://fogeo.free.fr/flore/arbustes_halophiles.pdf

38.8.2 Plantes xérophytes, de déserts

- Écologie et régime hydrique de deux formations à *Acacia raddiana* au nord et au sud du Sahara (Tunisie, Sénégal), R. Pontanier, M. Diouf et M. S. Zaafouri, http://books.openedition.org/irdeditions/5263?lang=fr
- *Guide des Habitats Aride et Saharien - nature vivante*, http://www.naturevivante.org/documents/typologie.pdf

38.8.3 Les techniques de culture de la salicorne et autres infos sur la plante

- http://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/396/salicorne
- http://algues.pagesperso-orange.fr/salicorne.htm
- http://www.deco.fr/jardin-jardinage/plante-potagere/salicorne/
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Salicorne
- *Les Salicornes et leur emploi dans l'alimentation*, http://www.persee.fr/docAsPDF/jatba_0370-3681_1922_num_2_16_1484.pdf (7,3 Mo).
- *Salicorne, trésor nutritif et diététique*, http://www.mr-plantes.com/2014/04/tresor-nutritif-et-dietetique/

38.9 Etudes sur la résistance des plantes au sel

- *Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants*. Narendra Tuteja. Methods in Enzymology, Volume 428 (2007)
- *Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance*. M. Ashraf et al.,. Environmental and Experimental Botany 59 (2007) 206–216
- *AtHKT1 is a salt tolerance determinant that controls Na^+ entry into plant roots*. Rus et al., PNAS, 2001. vol. 98 no. 24150–14155
- *Genes and salt tolerance: bringing them together*. Munns et al., 2005. N. Phytol.167(3):645-63.
- *Expression of OsNHX1 gene in maize confers salt tolerance and promotes plant growth in the field*. Chen et al., 2007. PLANT SOIL ENVIRON., 53, (11): 490–498.
- *Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains*, Paul Ndour, Pascal Danthu, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010016071.pdf
- Glenn, E. P., et al. (1999). Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical Review in Plant Sciences* 18(2), 227-55. doi:10.1080/07352689991309207
- Glenn, E. P.; Brown, J. J.; O'Leary, J. W. (1998). "Irrigating Crops with Seawater", *Scientific American*, Vol. 279, no. 8, Aug. 1998, pp. 56-61.
- Glenn, Edward P.; Brown, J. Jed; O'Leary, James W. (August 1998). "Irrigating Crops with Seawater" (PDF). *Scientific American* (USA: Scientific American, Inc.) (August 1998): 76–81 [79]. Retrieved 2008-11-17.
- "Fact Sheet: Alternative Fuels". IATA. December 2013. Retrieved 2014-01-28.
- *Plant Responses to drought and Salinity stress : Developments in a post-genomic era*, Ismaël Turkan, Academic Press,
- *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*, M. Ajmal Khan, Darrell J. Weber, Springer Science, 2006.
- *Long term responses of olive trees to salinity*, J.C. Melgar, Y. Mohamed, N. Serrano, P.A. García-Galavís, C. Navarro, M.A. Parra, M. Benlloch and R. Fernández-Escobar, Agricultural Water Management, 2009, vol. 96, issue 7, pages 1105-1113.
- *Best Management Practices for Saline and Sodic Turfgrass Soils: Assessment and reclamation*, Robert N. Carrow, Ronny R. Duncan, CRC Press, 2012.
- Shalhevet, Joseph, 1994. "*Using water of marginal quality for crop production: major issues*," Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 25(3), pages 233-269, July 901-904 (article payant).
- Corwin, Dennis L. & Rhoades, James D. & Simunek, Jirka, 2007. "*Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models*,"Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 90(3), pages 165-180, June 901-904 (article payant).
- Chartzoulakis, K.S., 2005. "*Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield*," Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 78(1-2), pages 108-121, September 901-904 (article payant).
- Ghrab, Mohamed & Gargouri, Kamel & Bentaher, Hatem & Chartzoulakis, Kostas & Ayadi, Mohamed & Ben Mimoun, Mehdi & Masmoudi, Mohamed Moncef & Ben Mechlia, Netij & Psarras, Georgios, 2013. "*Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate*," Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 123(C), pages 1-11 901-904 (article payant).
- *Comparative Physiological Analysis of Salinity Effects in Six n Six Olive Genotypes*, Carolina Aparicio, Miguel Urrestarazu, María del Pilar Cordovilla, HortScience July 2014 vol. 49 no. 7 901-904 (article payant). http://hortsci.ashspublications.org/content/49/7/901.full.pdf+html
- *Exploitation durable des tannes nues et des prairies à halophytes : émergence de nouvelles filières alimentaires et non-alimentaires*, http://wwz.ifremer.fr/ncal/Biodiversite-et-ressources/Tannes-et-halophytes/Exploitation-durable-des-tannes-et-halophytes
- Toderich, K.,Yensen, N., Kawabata, Y., Grutsinov, V., Mardanova,G., 2006. Khujanazarov.,T., Gismatullina, L.,6. *Phytoremediation Technologies: using plants to clean up the metal/salt Contaminated Desert Environments*. J. Arid Land Studies: 15-4, pp. 455-458

- Evaluation of Salinity Tolerance and Genetic Diversity of Thirty-Three Switchgrass (*Panicum virgatum*) Populations, Yiming Liu, Xunzhong Zhang, Jiamin Miao, Linkai Huang, Taylor Frazier, Bingyu Zhao, BioEnergy Research, May 2014.
- Abdelli C., Oztûrk M., Ashraf M., Grignon C., 2008. *Biosaline agriculture and high salinity tolerance*. Birkhauser Verlag. 367p.
- Chedly,A., Debez,A., Slama,Ines., Ghnaya,T., Barhoumi,Z., Grignon,C., 2006. *Halophytes as a Bio Resource for Non Conventional Water Resource Valorisation and Saline Zone Rehabilitation*. Journal of Arid Land Studies. Vol.15;n°4, pp.415-418.
- De la Lanza, G; Rodriguez-Medina, MA; Soto, LA., 1986. Experimental essay of detritus consumption of halophytes by the penneids shrimp *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. Anales del Instituto de Biologia, Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Serie zoologia. Mexico City. Vol. 57, no. 1, pp. 199-212.
- Glenn, EP, O'Leary, JW; Watson, MC; Thompson, TL; Kuehl, RO., 1991. *Salicornia bigelovii* Torr.: An oilseed halophyte for seawater irrigation. Science (Washington). Vol. 251, no. 4997, pp. 1065-1067.
- Kauffmann, F. 2004. *Le sel de la vie. Partenaires. Dossier eau et agriculture*. Helvetas n°177., pp. 18-21
- Le Goff F., 1999. *Analyse des paramètres biotiques et abiotiques pour une exploitation maîtrisée des **salicornes** : de la plante sauvage à la plante domestique*. Thèse dr. Université Rennes. 241 p.
- Martinez-Palacios, CA; Olvera-Novoa, MA; Luz Vazquez, Made la; Parra, IAde la; Chavez-Sanchez, MaC; Ortega-Nieblas, M; Ross, LG., 2003. The use of halophytic beach-bean meal *Canavalia maritima*, as partial replacement for fishmeal in diets for juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Journal of aquaculture in the tropics. Vol. 18, no. 2, pp. 171-180.
- Masters,D.G., Benes.,S.E., Norman., H.C., 2007. *Biosaline agriculture for forage and livestock production*. Agriculture, Ecosystems and Environments 119: pp . 234-248
- Pei Qina, Min Xiea and Yunsheng Jiangb, 1998. *Spartina green food ecological engineering*. Ecological Engineering, Volume 11, Issues 1-4, pp. 147-156
- Shaer (El)., H.M., 2006. *Halophytes as cash crops for animal feeds in arid and semi-arid regions*. In biosaline agriculture and salinity tolerance in plants. Ed. M.Oztürk, Y.Waisel, A. Khan & G.Görk. pp. 89-100.

38.9.1 Utilisation de la bactérie « *Pseudomonas extremorientalis* »

Pour rendre les plantes alimentaires plus résistantes au sel (travaux de Madame Dilfuza Egamberdieva & al.) :

- *Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria to Alleviate Salinity Stress in Plants*, Dilfuza Egamberdieva and Ben Lugtenberg, http://www.academia.edu/attachments/34722450/download_file?st=MTQxMDc1MzU5MSw3OC4xOTMuMS41MCwyMjk3NzU4&s=work_strip&ct=MTQxMDc1Mjg1MCwxNDEwNzUzNzE2LDIyOTc3NTg=
- *Alleviation of Salt Stress in Legumes by Co-inoculation with Pseudomonas and Rhizobium*, Dilfuza Egamberdieva, Dilfuza Jabborova and Stephan Wirth, http://www.academia.edu/attachments/33108295/download_file?st=MTQxMDc1MzU5MSw3OC4xOTMuMS41MCwyMjk3NzU4&s=work_strip&ct=MTQxMDc1Mjg1MCwxNDEwNzUzODU0LDIyOTc3NTg=
- *Growth and Symbiotic Performance of Chickpea (Cicer arietinum) Cultivars under Saline Soil Conditions*, Dilfuza Egamberdieva, Vyacheslav Shurigin, Subramaniam Gopalakrishnan and Ram Sharma, J. Biol. Chem. Research, Volume 31 (1) 2014 Pages No. 333-341, http://www.academia.edu/attachments/33065385/download_file?st=MTQxMDc1MzU5MSw3OC4xOTMuMS41MCwyMjk3NzU4&s=work_strip
- *Salt-tolerant bacteria improve crop yields*, TWAS, October 6, 2013, http://www.sciencedaily.com/releases/2013/10/131006142707.htm
- *Survival of Pseudomonas extremorientalis TSAU20 and P. chlororaphis TSAU13 in the rhizosphere of common bean (Phaseolus vulgaris) under saline conditions*, D. Egamberdieva, http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/36137.pdf
- *Salinity: Environment — Plants — Molecules*, André Läuchli,Ulrich Lüttge, Kluwer Academic Publishers, 2004.

38.9.2 Résistance au sel de l'Orge (*Hordeum vulgare*)

- Association mapping of salt tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.)., Long NV[1], Dolstra O, Malosetti M, Kilian B, Graner A, Visser RG, van der Linden CG, Theor Appl Genet. 2013 Sep;126(9):2335-51 (article payant).
- *The Study of Salt Tolerance of Iranian Barley Genotypes in Seedling Growth Stages*, Farhad Taghipour and Mohammad Salehi, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4 (5): 525-529, 2008, http://www.idosi.org/aejaes/jaes4(5)/1.pdf

38.10 Algoculture

[80] *Madagascar : Une algue marine comme matière première pour la production d'un bioplastique*, 18/11/2020, https://www.ares-ac.be/en/actualites/731-madagascar-une-algue-marine-comme-matiere-premiere-pour-la-production-d-un-bioplastique
[81] *Culture d'algues rouges: Des avantages économiques et écologiques* [à Madagascar], http://www.tresorpublic.mg/?p=30971

38.11 Mangroves et palétuviers

[91] *Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara*, Serge Tostain, FORMAD ENVIRONNEMENT, www.formad-environnement.org/paletuviers_29dec11.pdf
[92] *Le Guide technique comment reboiser la mangrove ?*, Oceanium de Dakar, http://www.oceaniumdakar.org/IMG/pdf/bd_guide_technique_reboisement_mangrove.pdf
[93] *Structure et fonctionnement des écosystèmes benthiques marins*, Charles F. Boudouresque, Centre d'Océanologie de Marseille, http://www.com.univ-mrs.fr/~boudouresque/Documents_enseignement/Ecosystemes_MPO_4_Mangrove_web_2010.pdf
[94] *Écologie de la Forêt de Palétuviers* [une introduction], http://sxm.sea.free.fr/sea-Mangrov-ecologie.htm
[95] *The Code of Practice for Mangrove Harvesting* [règles des bonnes pratiques pour la gestion de la mangrove], http://www.gcca.eu/sites/default/files/catherine.paul/code_of_practice_for_mangrove_harvesting_2011.pdf
[96] *Guyana Mangrove Nursery Manual, March 2011* [Manuel de plantation en pépinière des palétuviers, Guyana, mars 2011], http://www.gcca.eu/sites/default/files/catherine.paul/guyana_mangrove_nursery_manual_2011.pdf
[97] *Community Involvement in Mangrove Restoration, Guyana, South America* [Participation de la Communauté à la restauration des mangroves, le Guyana, en Amérique du Sud], http://www.mangrovesgy.org/home/images/stories/Documents/MSc%20Dissertation_FINAL_Nov2010.pdf
[98] *Mangrove Forest Guide* [Guide de forêt de palétuviers], http://www.mangrovesgy.org/home/images/stories/Documents/Mangrove%20Forest%20Guide.pdf
[99] *WHAT ABOUT the Guyana Mangrove Restoration Project* [Qu'est-ce que le projet de restauration des mangroves du Guyana ?], http://www.mangrovesgy.org/home/images/stories/Documents/Pc_Project%20brochure.pdf
[100] *What Better Ways to Help Protect and Use Mangroves* [Quelles sont les meilleures façons pour aider à protéger et à utiliser les mangroves ?], http://www.mangrovesgy.org/home/images/stories/Documents/Public%20Awareness/Do%20and%20dont%20with%20pics.pdf
[101] Ravishankar, T. and R. Ramasubramanian. 2004. *Manual on mangrove nursery techniques*. M.S., Swaminathan Research Foundation; Chennai, India. pp 48. India Canada Environment Facility (ICEF), New Delhi, http://www.drcsc.org/VET/library/Nursery/Mangrove_Nursery_manual_HR.pdf
[102] *Ecological Mangrove Rehabilitation - Mangrove Restoration*, http://www.mangroverestoration.com/pdfs/Final%20PDF%20-%20Whole%20EMR%20Manual.pdf [manuel d'un niveau plutôt ardu].

Menaces sur les mangroves :

[103] *Wildlife & biodiversity. Bhitarkanika will die if freshwater extraction by industries continues: Activist*, Ashis Senapati, 03/09/2021, https://www.downtoearth.org.in/news/wildlife-biodiversity/bhitarkanika-will-die-if-freshwater-extraction-by-industries-continues-activist-78828
Bhitarkanika, the second-largest mangrove forest in India will be destroyed if freshwater continues to be extracted from the Brahmani river basin.

38.12 Champignons, mycorrhyse et Mycorrhysation

Base de données sur les champignons, y compris pour les mycorhizes :

CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre,
http://www.cbs.knaw.nl/Collections/BioloMICS.aspx?Table=CBS%20strain%20database&Rec=11092&Fields=All

38.13 Base de données documentaire pour le développement durable de pays en voie de développement

1) Adresse URL Web de cette Base de données: http://doc-developpement-durable.org/
2) Accès URL des 38 470 documents (un total de 75 Go), classés en 2 050 thèmes différents, de cette base : http://doc-developpement-durable.org/file/
3) Possibilité de télécharger[293] l'intégralité de cette base de données, une copie de cette base de données étant stockée dans un partage Web (drive), via **Google drive**, à cette adresse URL we : https://drive.google.com/drive/folders/1N_RzNZoimczmtW_xUBv_NXp32tYpSrja?usp=sharing
4) 250 documents et 60 diaporamas de sensibilisation, rédigés par l'auteur.

38.14 Techniques anti-érosives

La lutte contre la désertification dans les microprojets de développement dans le Sahel - Techniques et coûts associés, techniques d'adaptation aux changements climatiques, B. Reysset & Ph. Zoungrana, ILSS/IREMLCD-2008, http://www.cilss.bf/publications/upload/techniquesadaptationchangementsclimatiques.pdf
Erosion hydrique, http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/VI.Lutte.html
Dimensionnement d'une noue, http://www.arpentnourricier.org/dimensionnement-dune-noue-swale/
Les techniques traditionnelles de GCES et de restauration de la productivité des sols au Rwanda, François Ndayizigiye, https://books.openedition.org/irdeditions/12893?lang=fr
Quelques techniques antiérosives appropriées aux régions tropicales, ROOSE (E.J.), ORSTOM & IITA, Labo de pédologie, 4 juillet 1975, https://core.ac.uk/download/pdf/39882097.pdf
Les pratiques antiérosives, FAO, http://www.fao.org/3/T1765F/t1765f0o.htm
Valorisation des techniques anti-érosives traditionnelles en milieu sahélien : les micro-barrages en sacs de sable (Tahoua, Niger) / The development of traditional anti-erosion techniques in the Sahel : micro-dams made of sand bags (Tahoua, Niger), Bouzou Moussan Revue de Géographie Alpine, Année 1997, 85-1, pp. 87-99, https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1997_num_85_1_3902
STRATEGIES ET TECHNIQUES DE LUTTE ANTIEROSIVE DANS LES MONTAGNES DU PRERIF ORIENTAL (MAROC), Abdellatif TRIBAK, http://www.beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/HASH0161/1e60eddf.dir/21-045-055.pdf

[293] Son temps de téléchargement dépend du débit de votre ligne ADSL ou fibre et peut varier de quelques heures à quelques jours.

Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles, Eric ROOSE, Hervé DUCHAUFOUR et Georges DE NONI, IRD, 2012, 758 pages, https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-01/010055520.pdf
Les techniques de Correction des ravines et de Stabilisation des Lavaka (Madagascar), BMZ, Solofo RAHARINAIVO, 2008, https://wocatpedia.net/images/d/d9/Solofo_Raharinaivo_%282008%29_-_Les_techniques_de_Correction_des_ravines_et_de_Stabilisation_des_Lavaka_.pdf
FICHE TECHNIQUE n° 89b LUTTE ANTI–EROSIVE (LAE), http://louvaincooperation.org/sites/default/files/2019-03/89b-Fiche%20Techniques%20Agricole%20%28LUTTE%20ANTI%20%E2%80%93%20EROSIVE-LAE%29.pdf
Apport de la recherche à la lutte antiérosive. Bilan mitigé et nouvelle approche, E. Roose, G. de Noni, ORSTOM, 2017, http://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_5_3_ROOSE.pdf
LES MOYENS DE LUTTE CONTRE L'EROSION DES SOLS, Daniel GAUVIN, 2000, https://www.u-picardie.fr/beauchamp/duee/gauvin/gauvin.htm

38.15 Méthodes d'irrigation et économie de l'eau

Irrigation Water Management: Irrigation Methods [Irrigation gestion de l'eau: méthodes d'irrigation], http://www.fao.org/docrep/s8684e/s8684e00.htm#Contents
Runoff farming, vital part of the Tunisian water management system, http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/dry-land-management/runoff-farming-vital-part-of-the-tunisian-water
Les techniques traditionnelles de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols, Mohamed Sabir, Éric Roose, Jomol Al Karkouri, in *Gestion durable des eaux et des sols au Maroc*, IRD, 2010, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010054917.pdf

38.15.1 Sensibilisation à l'économie de l'eau

IL ÉTAIT UNE FOIS... NOTRE TERRE, L'eau précieuse du Sahel (2009), http://www.dailymotion.com/video/x2vqobj_il-etait-une-fois-notre-terre_tv
Il était une fois notre Terre. L'Eau précieuse en Inde, http://www.dailymotion.com/video/x1z2kaq_il-etait-une-fois-notre-terre-03-l-eau-precieuse-en-inde_school

38.15.2 Les réseaux d'eau anciens

Les réseaux d'eau anciens ressuscitent en Méditerranée, https://www.ird.fr/la-mediatheque/fiches-d-actualite-scientifique/370-les-reseaux-d-eau-anciens-ressuscitent-en-mediterranee
Les Foggara : "UN SYSTÈME D'IRRIGATION ORIGINAL: LES FOGGARA" (d'après J.Oliel , "Les juifs au sahara ; le Touat au moyen-âge" , CNRS-histoire, 1994), http://zoumine.free.fr/tt/sahara/donnees_geo_climatiques/foggaras.html
Khettara, http://www.l-eau-du-desert.com/ledd/khettaras
Système d'irrigation "Les khettaras", http://www.flowersway.com/article/systeme-d-irrigation-les-khettaras-1443
Qanat, https://fr.wikipedia.org/wiki/Qanat

38.15.3 Filets capteurs de brouillard (de nuages, de rosée)

Comment recueillir de l'eau là où il ne pleut jamais ? Arbre fontaine, attrape-brouillard et oasis brumeuses, Alain Gioda -IRD, Lima, Pérou, http://www.clubdesargonautes.org/faq/arbrefontaine.php
EL ARBOL FUENTE, IRD, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/38215.pdf
Des filets à nuages sur la crête d'El Tofo (Chili) [un mauvais choix], Stephen Dale, IDRC, http://www.idrc.ca/FR/Resources/Publications/Pages/ArticleDetails.aspx?PublicationID=686

38.16 Techniques et projets de reforestations, dans le monde

38.16.1 Techniques de reforestation

Restauration Des Forêts Tropicales: Un Guide Pratique. Version papier A4 couleur, Kate Hardwick, David Blakesley, Stephen D. Elliott, Kew Publishing; French édition, 2013, 264 pages, 48€.
Restaurer les forêts tropicales est un guide pratique basé sur des techniques éprouvées (dont la technique des arbres clés), permettant aux lecteurs de prendre les bonnes décisions pour sauver ces précieuses zones. Il est aussi disponible en anglais et en espagnol.
Note : Vous pouvez trouver, à télécharger, la version PDF gratuite de ce guide, pour chacune de ces 3 langues, à cette adresse URL web : http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/forets-preservation-restoration/framework-species-method_Stephen-Elliot/
Version française : http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/forets-preservation-restoration/framework-species-method_Stephen-Elliot/Version-Francaise/
Version anglaise : http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/forets-preservation-restoration/framework-species-method_Stephen-Elliot/english-version/
Version espagnole : http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/forets-preservation-restoration/framework-species-method_Stephen-Elliot/version-espanola/

38.16.2 Projets et solutions israéliennes

Water Harvesting in the Negev, Statler Waldorf, https://www.youtube.com/watch?v=tjBugtV8GHc
Growing Forests in the Desert (Fr), KKLJNFWorldwide, https://www.youtube.com/watch?v=HEOzkiGqK-I
Growing Forests in the Desert (English), KKL JNF, https://www.youtube.com/watch?v=eK0nEV5dWBA
The National Master Plan for Forests and Afforestation, http://www.kkl.org.il/eng/forestry-and-ecology/afforestation-in-israel/national-master-plan-for-forests-and-afforestation/
Plan directeur national (NOP 22), http://www.kkl.org.il/eng/files/forests/tma/TAMA22_eng.pdf
Afforestation in Israel – reclaiming ecosystems and combating desertification, http://www.kkl.org.il/eng/files/forests/afforestation-israel/UNFF-Afforestation-Israel.pdf
Keren Kayemeth LeIsrael (KKL), http://www.kkl.org.il/eng/

38.16.3 Projets et solutions dans d'autres déserts

Permaculture Greening the Desert, Désert Jordanien, https://www.youtube.com/watch?v=K1rKDXuZ8C0
& http://www.geofflawton.com/fe/62176-desert-oasis
Greening Nuweiba desert with food [Reverdir le désert à Nuweiba, Sud du Sinaï, Égypte],
https://habibaorganicfarm.wordpress.com/
Landscape architecture, https://pangeaexpress.wordpress.com/2015/02/13/desert-greening/
This man changed the fortunes of a barren land using traditional water wisdom, 03/09/2021, https://www.downtoearth.org.in/video/environment/this-man-changed-the-fortunes-of-a-barren-land-using-traditional-water-wisdom-78826
A flood-ravaged desert turned into a home for 120 species of birds, 70 species of native trees and thousands of animals

38.17 Menaces sur la biodiversité

"*Extinction risk of Mesoamerican crop wild relatives*" in "*Plants, People, Planet*", September 6, 2021, https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp3.10225

*Mesoamerica, origin of several global crops, faces floristic biodiversity loss: Study [La Méso-Amérique, origine de plusieurs cultures mondiales, fait face à une perte de biodiversité floristique : étud*e], Rajat Ghai, 08/09/2021, https://www.downtoearth.org.in/news/wildlife-biodiversity/mesoamerica-origin-of-several-global-crops-faces-floristic-biodiversity-loss-study-78895
Mesoamerica, origin of several global crops, faces floristic biodiversity loss: Study [La Méso-Amérique connaît un déclin des espèces sauvages apparentées aux pommes de terre, aux haricots, aux courges et au maïs en raison de la perte d'espaces sauvages et de la mécanisation de l'agriculture].

39 Annexe : Arbres et plantes invasives, surtout à ne pas planter

Certains arbres et plantes peuvent être utiles, produire du bois, des aliments (fruits) et pourtant nous ne les recommandons pas, malgré leurs qualité, à cause de leur *caractère fortement invasif*. Voici la liste de ces plantes :

1. Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica etc.*) (cactée arbustif).
2. Oponce stricte (*Opuntia stricta*)
3. Agave sisal (*Agave sisalana*, *Agave ixtli* etc.) (cactée arbustif).
4. Bois de fer des marais (*Casuarina glauca*) (arbre, buisson).
5. Filao (*Casuarina equisetifolia*) (arbre).
6. Acacia auriculé (*Acacia auriculiformis*) (arbre).
7. Acacia à bois noir ou Mimosa à bois noir (*Acacia melanoxylon*) (arbre).
8. Épine de Jérusalem (*Parkinsonia aculeata*) (arbre).
9. « Mesquite » (*Prosopis juliflora*) (arbre).
10. *Atriplex sp.* (Arbre).
11. *Tamarix sp.* (Arbre).
12. Tamaris d'Afrique *(Tamarix africana)* (arbre).
13. Tamaris Athel (*Tamarix aphylla* ou *Tamarix articulata*) (arbre).
14. *Tamarix tetandra* (arbre).
15. Genêt blanc ou Retam blanc (*Retama monosperma*).
16. Massette - *Typha*.
17. Kikuyu grass ou herbe kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)
18. Texas blueweed (Texas vipérine) ou yerba parda (*Helianthus ciliaris*)

Tous les *Prosopis* (P*. alba, P. nigra, P. pallida, P. chilensis, P. juliflora, P. glandulosa* et …) peuvent résister à un niveau élevé en sel *mais possèdent un potentiel invasif*. Idem pour tous les *Atriplex* (A*. halimus, A. semibaccata*[294], etc.).

Score des risques invasifs pour les *oponces* :

- *Opuntia ficus-indica* : ? (Probablement, score : 20).
- *Opuntia monacantha* : à rejeter, score: 22.
- *Opuntia stricta* : à rejeter, score: 20.

39.1 Figuier de Barbarie ou cactus raquette (*Opuntia ficus-indica* etc.)

[294] Par exemple, *Atriplex semibaccata* est tolérant au sel et aux conditions sèches, ce qui fait qu'il est couramment utilisé pour l'alimentation animale, dans les zones agricoles les plus pauvres. Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Atriplex_semibaccata

(Famille des *Cactaceae*).

A rejeter, score: 20.[295]



U ↗↗



- Le figuier de Barbarie ou Oponce préfère les zones arides sèches et supporte des périodes de sécheresse longues de 6 à 10 mois et des précipitations de 100 mm-300 mm.
- « *Il se propage par graines et par voie végétative. Des fragments de souches délogés prennent facilement racine et régénèrent de nouvelles plantes. Un segment de tige unique est capable de construire un fourré dense. Les graines sont dispersées par les animaux* ».
- Espèce invasive : L'invasion la plus spectaculaire à Madagascar est représentée par plusieurs espèces d'*Opuntias*, introduites dès le 18° siècles par les Européens.
- *Opuntia stricta* envahit les herbages et les zones arbustives, les sites perturbés. "*La plante se propage rapidement en de vastes bosquets épineuses, entravant la faune et remplacent la végétation indigène*" (Weber, 2003, P 291).
- Diverses espèces *d'Opuntias* sont invasives : *O. ficus-indica,O. stricta* …
- Envahissement des régions arides, par des fourrés épineux d'*Opuntia spp*.
- Usages : Tous les *Opuntias*[296] produisent de fruits comestibles (figues de barbarie).
- Ils sont tous sources d'eau et de nourriture pour les animaux.
- Ils permettent de construire des haies vives défensives et de fixer les dunes.
- Dans le Sud de Madagascar, ses raquettes (son mucilage) sert de nourriture, durant les période de soudure.

Sources :

a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Figuier_de_Barbarie,

b) Weber, Ewald. 2003. *Invasive plants of the World*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK., page 290 (548 pp.).

c) *Évaluation préliminaire des risques d'invasion par les essences forestières introduites à Madagascar*. http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT63_299_3PtsTas299.pdf

d) http://www.hear.org/pier/species/opuntia_stricta.htm,

e) http://www.hear.org/pier/species/opuntia_ficus_indica.htm

f) *Evaluation préliminaire des risques d'invasion par les essences forestières introduites à Madagascar*, Jacques Tassin, Ronald Bellefontaine, Edmond Roger, Christian Kull, Mars 2009, *Bois et Forêts des Tropiques* 299(299):27, https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/20420 et https://www.researchgate.net/publication/323213608_Evaluation_preliminaire_des_risques_d'invasion_par_les_essences_forestieres_introduites_a_Madagascar

g) *La valorisation du cactus pour le développement* [à Madagascar], https://www.unicef.org/madagascar/media/2721/file/La%20valorisation%20du%20cactus%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement.pdf

h) *La disparition des Opuntia et les famines périodiques dans le Sud de Madagascar*, G. Petit, Bulletin de l'Association des Geographes Français, 03/1934, https://arsie.mg/fr/metadata/la-disparition-des-opuntia-et-les-famines-periodiques-dans-le--597732

[295] Le score indiqué, est celui fourni par la base PIER pour *Opuntia stricta*, alors qu'elle n'a donné aucun score pour *Opuntia ficus-indica,* quoique très invasive.

[296] Ce que l'on désigne sous le terme générique d'*Opuntia spp*.



© J. Tassin.









Opuntias monacantha.



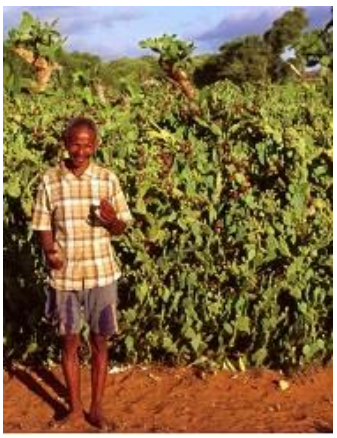
Fruits d'*Opuntia ficus-indica*.



Fleurs.



Opuntias monacantha.



Opuntia spp. Dans le sud de Madagascar. © Per Larsson



Opuntias monacantha.



Opuntia ficus-indica, le figuier de barbarie inquiéta l'Australie au début du XXème siècle. Un exemple de plante ornementale et utile dans plusieurs domaines mais qui se révéla fortement envahissante[297].

39.2 Oponce stricte (*Opuntia stricta*)

(Famille des *Cactaceae*).

A rejeter, score: 20.[298]





[297] Cf. http://www.gardicam.com/invasives.php

[298] Le score indiqué, est celui fourni par la base PIER pour *Opuntia stricta*, alors qu'elle n'a donné aucun score pour *Opuntia ficus-indica,* quoique, elle aussi, très invasive.

Originaire de l'Amérique centrale et du sud des États-Unis, cette plante grasse, au port buissonnant, est devenue envahissante en Afrique du Sud, en Australie et en Nouvelle-Calédonie.
Les tiges, charnues et aplaties, forment des raquettes (cladodes) mesurent moins de 20-25 cm.
Les fleurs sont solitaires, formées par de nombreuses pièces membraneuses, rougeâtres à jaune clair. Leur diamètre est de 6 à 7 centimètres. Elles sont éphémères et mellifères.
Les fruits sont plus ou moins pyriformes, toujours de teinte pourpre. Ils mesurent 4 à 6 centimètres de longueur et contiennent de 60 à 180 graines (qui peuvent rester viables plus de 10 ans), jaune à marron clair, incorporées dans la pulpe du fruit. Les fruits étant appréciés par les oiseaux et les mammifères, leurs graines sont dispersées par zoochorie (par les animaux).
Usages : Ses fruits ont un mauvais goût mais constituent une nourriture d'appoint en cas de famine, notamment à Madagascar. Le mucilage à l'intérieur des feuilles est utilisé pour soigner les brûlures et les abcès. Il est comestible au même titre que les fruits. On peut incorporer ce cactus rouge broyé (*Opuntia stricta*) dans l'alimentation des caprins. Mêmes usages qu'*Opuntia ficus-indica*.
Espèces envahissantes (invasives) : L'espèce est devenue envahissante dans de nombreuses zones géographiques, et figure dans la liste de l'IUCN des 100 espèces parmi les plus envahissantes au monde. En Australie, cette espèce a couvert jusqu'à 24 millions d'hectares en Australie en 1920. A Madagascar, Cet *Opuntia* (noms malgaches *raketamena, raketadambo, mavozoloky, raketakendretevo*) pose un problème à Madagascar où il a été introduit et propagé. Il envahit rapidement les champs abandonnés où il a servi de clôture vivante. Il fait maintenant l'objet d'un programme d'éradication systématique par des moyens mécaniques. En Nouvelle-Calédonie, le Code de l'environnement de la Province Sud interdit l'introduction dans la nature de cette espèce ainsi que sa production, son transport, son utilisation, son colportage, sa cession, sa mise en vente, sa vente ou son achat.
Lutte biologique : La lutte biologique avec la cochenille *Cactoblastis cactorum* a donné de bons résultats, les larves détruisant la plante en y creusant des tunnels, ouvrant la voie à des organismes pathogènes. Dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie, la larve d'un lépidoptère permet de contrôler certains peuplements.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Opuntia_stricta


Fruits et raquettes d'*Opuntia stricta.*


Fleur


Opuntia stricta avec des fruits, Sète, France.


Cladodes en train de pourrir à la suite de l'action de *Cactoblastis cactorum*.



Opuntia stricta.

39.3 Agave sisal (*Agave sisalana*, *Agave ixtli* etc.)

(Famille des *Agavaceae*).

A rejeter, score: 14.



U ↗↗



Originaire de l'est du Mexique, est une plante succulente vivace, à rhizome, aimant les endroits secs, désormais présente dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux.
Usage : De ses feuilles de laquelle est extrait la fibre résistante, nommée *sisal*, servant à la fabrication de cordage, de tissus grossiers et de tapis. Le sisal occupe la 6e place parmi les plantes à fibres, soit 2% de la production mondiale de fibres végétales.
Le sisal se multiplie par voie végétative grâce à des bulbilles ou des drageons.
A. sisalana s'adapte grande variété d'habitats.
Plante invasive : Dans l'état du Queensland, en Australie, l'*A. sisalana* est considéré comme l'une des 35 plantes invasives les plus nuisibles.
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Sisal
b) http://www.prota4u.org/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Agave+sisalana+Perrine
c) http://www.cabi.org/isc/datasheet/3855
Note : *Agave Vivipara est* synonyme d'*Agave ixtli*.







39.4 Bois de fer des marais (*Casuarina glauca*)

(Famille des *Casuarina*).

De la même famille que le Filao (*Casuarina equisetifolia*).





A rejeter, score: 20.

Communément appelé le **chêne des marais, chêne gris** ou **chêne de rivière**, originaire de la côte est de l'Australie, cette espèce s'est naturalisé dans les Everglades en Floride, où il est considéré comme une plante invasive.
Il se présente soit sous forme d'arbre, soit sous forme de buisson, soit sous forme de plante rampante.
Habitat / écologie / Plante invasive : Cette espèce est très semblable à *Casuarina equisetifolia* (Filao). Elle forme des stolons prolifiques, produisant des peuplements denses. C'est le « bois de fer » le plus agressif à Hawaii (Smith, 1985, p 187). « *Plages côtières, bancs de sable. Dans la zone d'origine, cet arbre se reproduit dans les zones salines marécageuses, les plaines inondables des estuaires, les forêts des zones humides et le long de marais salants. L'arbre fixe l'azote mais n'est pas si tolérante au sel comme Casuarina equisetifolia. L'arbre produit une litière épaisse [en grande quantité] qui empêchent la croissance et la création d'espèces indigènes* » (Weber, 2003, p 89).
Ses racines possèdent des nodules fixateurs d'azote (*actinorhizes*) qui, en symbiose avec une bactérie du sol (*Frankia*), assimilent l'azote de l'air.
Propagation : graines portés par le vent et stolons à profusion.







Invasion de *Casuarina glauca* à Hawaï.





39.5 Filao (*Casuarina equisetifolia*)

(Famille des *Casuarina* ou des *Casuarinacées*).

A rejeter, score: 21.







Le **Filao** ou **bois de fer**, à cause de la dureté de son bois difficile à travailler, est un arbre d'origine australienne, présent également sur les côtes d'Indonésie, de Malaisie, des îles du Pacifique et des Mascareignes ainsi qu'aux Antilles. On le trouve aussi au Sénégal, notamment en bord de mer.
Il peut atteindre plus de trente mètres de hauteur pour les vieux spécimens.
Le filao est un *arbre pionnier*, capable de coloniser des sols très pauvres en éléments minéraux. *Dans les zones salines, il évacue le surplus salé par ses feuilles, rendant le sol à son pied infertile pour les autres espèce*s.
Usages : Il est très utilisé comme bois de feu ou pour fabriquer du charbon de bois. Il est résistant au feu.
Plante invasive : Là où il est invasif, il forme des peuplements mono-spécifiques, excluant les autres espèces.
Dans les basses terres arides des îles Galápagos « *il supprime la croissance des autres plantes sous son couvert* » (Motooka *et al* ., 2003) (McMullen, 1999, p 95).
Ses racines possèdent des nodules fixateurs d'azote (actinorhizes) qui, en symbiose avec une bactérie du sol (Frankia), assimilent l'azote de l'air.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Filao, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Casuarina_equisetifolia
c) http://www.hear.org/pier/species/casuarina_equisetifolia.htm











39.6 Acacia auriculé (*Acacia auriculiformis*)

(Famille des *Fabaceae*).

A rejeter, score: 13.

() U ↗↗ 

Originaire d'Australie, d'Indonésie et de Papouasie-Nouvelle-Guinée, cet arbre forestier, largement plantée, *à croissance rapide*, pousse jusqu'à 30m de haut.
Son feuillage dense, vert foncé, qui le reste tout au long de la saison sèche, en font un excellent arbre d'ombrage.
Il se multiple par semences. Il produit beaucoup de semences. Dans un kg de graines, il y a ~ 47.000 graines.
Usages : Son bois a une densité élevée (500-650 kg/m³), un grain fin, un joli poli et finition.
Son bois est largement utilisé pour la pâte à papier.
Son charbon de bois, brulant sans fumée et étincelle, est de bonne qualité.
Son système racinaire superficiel, dense, étendu, emmêlé, sa croissance rapide même sur les terres stériles, *le rend approprié pour stabiliser les terres érodées*.
Cet arbre améliore la fertilité des sols. Sa germination est réduite dès que la concentration saline atteint 4,6 $g.L^{-1}$.
Plante invasive : Il est considéré comme envahissant en Floride (Hammer, 1996. P 24), à Hawaï, dans les Tonga, Bahamas, au Bangladesh, Singapour ...
Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Acacia_auriculiformis, b) http://www.cabi.org/isc/datasheet/2157,
c) http://www.hear.org/pier/species/acacia_auriculiformis.htm
(d) *Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains*, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010016071.pdf





Fleurs



Gousses spiralées (comme celles d'*Acacia mangium*).



Acacia auriculiformis devenant envahissant à Tsarasoa (Andringitra, Fianarantsoa), Madagascar
© Gilles Gautier.



© Gilles Gautier.

39.7 Acacia à bois noir ou Mimosa à bois noir (*Acacia melanoxylon*)

(Famille des *Mimosaceae* ou *des Fabaceae selon la classification phylogénétique*).



U ↗↗



A rejeter, score: 12.

Originaire de l'est de l'Australie, c'est un arbre à croissance rapide, pouvant atteindre 45 mètres de haut. Son tronc droit a une couronne dense, pyramidale à cylindrique, voire étalée.
Habitat / écologie : Il possède un système radiculaire superficiel dense. Il s'adapte à de nombreux milieux et de climats, mais il préfère les climats frais. **Il tolère la sécheresse**, un mauvais drainage, tous les sols, **l'air salin**, les rafales, les vents froids, le brouillard, les températures extrêmes, le soleil ou l'ombre. Il se reproduit dans les estuaires, forêts naturelles, plantations forestières, plages, savanes, prairies, zones humides, riveraines, côtières, agricoles, urbaines, perturbées …
Plante invasive : Le contrôle de sa prolifération dans les exploitations forestières est très onéreux,
Usage : mais la valeur de son bois, sa facilité de culture et de mise en valeur sont, par contre, un avantage important.
Source : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Mimosa_%C3%A0_bois_noir, b)
http://en.wikipedia.org/wiki/Acacia_melanoxylon,
c) http://www.hear.org/pier/species/acacia_melanoxylon.htm





Fleurs





Gousses



Tronc



Fleurs



Feuilles

39.8 Coojong (*Acacia saligna*)

(Famille *des Fabaceae*).

Risque élevé, score: 17 (source HEAR).



U ↗↗



Acacia saligna est un petit arbre, originaire d'Australie, au port retombant (pleureur) décoratif et très dense, atteignant jusqu'à 8 m de hauteur.
Il a une floraison abondante de gros glomérules jaune souffré à orangé. Multiplication par semis et drageons. Croissance très rapide. Résistant au calcaire, *il supporte très bien la proximité de la mer et des embruns marins*. A la base de chaque phyllode, il y a un nectaire glande qui sécrète un liquide sucré, attirant les fourmis. Le Coojong a tendance à croître partout où le sol a été perturbé, aux côtés de nouvelles routes … Il est extrêmement vigoureux quand il est jeune, croissant souvent de plus d'un mètre, par an (jusqu'à 3 m).
Usages : Il a été utilisé pour le tannage, la végétalisation, le fourrage pour les animaux, la réhabilitation des sites miniers, le bois de chauffage, le paillis, l'agroforesterie et comme arbre décoratif. Il a été planté abondamment dans les zones semi-arides de l'Afrique, l'Amérique du Sud et au Moyen-Orient comme brise-vent et pour la stabilisation des dunes de sable ou pour lutter contre l'érosion. *Il fixe l'azote*. Il a un système racinaire étendu. Ses semences, *très abondantes*, survivent au feu.
Plante invasive : Il est devenu une *espèce envahissante***,** hors de son aire de répartition naturelle (Afrique du Sud …).
Noms anglais : coojong, golden wreath wattle, orange wattle, blue-leafed wattle, Western Australian golden wattle, et en Afrique, Port Jackson willow. Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Acacia_saligna









On peut lutter contre sa prolifération, par un champignon de type galle (*Uromycladium tepperianum*)



et par un charançon, qui s'attaque à sa graine (*Melanterius sp.*)







Feuilles et fleurs.

39.9 Épine de Jérusalem ou Palo verde (*Parkinsonia aculeata*)

(Famille *des Fabaceae*).

Risque élevé, score: 15-20 (source HEAR).





C'est un petit arbre *épineux*, de 2 à 8 m (6,6 à 26,2 pi) de haut, avec une hauteur maximale de 10 mètres (33 pi).
Description : Palo verde peut avoir des tiges simples ou multiples et de nombreuses branches avec des feuilles pendantes. Les feuilles et les tiges sont glabres. Les feuilles sont alternes et pennées (15 à 20 cm de long). Le pétiole aplati est bordé par deux rangées de 25 à 30 minuscules folioles ovales ; les folioles sont rapidement caduques par temps sec (et pendant l'hiver dans certaines régions) laissant les pétioles verts et les branches faire la photosynthèse. Les branches poussent des épines doubles ou triples de 7 à 12 mm (0,28 à 0,47 po) de long à l'aisselle des feuilles. Les fleurs sont jaune-orange et *parfumées*, 20 mm (0,79 in) de diamètre, poussant à partir d'une longue tige mince en groupes de huit à dix. Ils ont cinq sépales et cinq pétales, dont quatre plus clairs et ovales rhomboïdes, le cinquième allongé, avec des taches jaunes et violettes plus chaudes à la base. La période de floraison se situe au milieu du printemps (mars-avril ou septembre-octobre). Les fleurs sont pollinisées par les abeilles. Le fruit est une gousse, d'aspect coriace, brun clair à maturité.
Habitat : *L'arbre a une grande tolérance à la sécheresse*, atteignant simplement une taille plus petite. Dans les environnements humides et riches en humus, il devient un arbre d'ombrage plus grand et étalé. Cette plante préfère une exposition au plein soleil, mais peut pousser sur une large gamme de sols secs (dunes de sable, sols argileux, alcalins et calcaires, etc.), à une altitude de 0 à 1 500 mètres (0 à 4 921 pieds) au-dessus du niveau de la mer.
Ecologie / Espèce invasive : Elle prospère dans les zones tropicales semi-arides à subhumides. Elle est une espèce envahissante majeure en Australie, dans certaines parties de l'Afrique tropicale, Hawaï et d'autres îles de l'océan Pacifique telle que la Nouvelle-Calédonie. En Nouvelle-Calédonie, le Code de l'environnement de la Province Sud interdit l'introduction dans la nature de cette espèce ainsi que sa production, son transport, son utilisation, son colportage, sa cession, sa mise en vente, sa vente ou son achat.
L'Épine de Jérusalem forme des fourrés denses, empêchant l'accès des cours d'eau aux humains, aux animaux indigènes et au bétail. Le feuillage est rarement brouté par le bétail en raison des *épines*. Le gousses flottent et la plante se propage par la chute des gousses dans l'eau qui s'étalent en aval lors des inondations saisonnières.

Lutte biologique : Plusieurs méthodes de contrôle sont utilisées pour réduire la population existante et la propagation de *P. aculeata* en Australie. Trois insectes y ont été introduits pour la lutte biologique : les bruches du *Parkinsonia* : *Penthobruchus germaini* et *Mimosestes ulkei*, dont les larves mangent spécifiquement les graines de Parkinsonia et se révèlent être un outil de gestion utile, et la punaise des feuilles de *Parkinsonia*, *Rhinacloa callicrate*, qui détruit les tissus photosynthétiques mais n'a aucun impact sur les mauvaises herbes. Le feu est efficace pour détruire les jeunes arbres ; l'enlèvement mécanique et les herbicides sont également utilisés.
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89pine_de_J%C3%A9rusalem,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Parkinsonia_aculeata
c) http://www.hear.org/pier/species/parkinsonia_aculeata.htm





Fleurs, feuilles et gousses



Gros plan sur les fleurs de *Parkinsonia aculeata*



Parkinsonia aculeata



Fleurs



Épines sur Parkinsonia acul*eata*


Arbuste.


Épines sur Parkinsonia acule*ata*


Feuilles


Feuilles

39.10 « Mesquite » (*Prosopis juliflora*)

(Famille *des Fabaceae* ou des *Mimosoideae*, selon la classification choisie).

Risque élevé, score: 19 (source HEAR).



Arbuste ou arbre *épineux*, originaire du Mexique, d'Amérique du Sud et des Caraïbes, il peut atteindre une hauteur de 12 m et son tronc peut atteindre un diamètre supérieur à 1,2 m.
Note : Appelé, en espagnol, *bayahonda blanca* ou mesquite (nom pour plusieurs espèces de plantes légumineuses du genre *Prosopis* des zones arides et semi-arides du sud des USA, du Mexique et du sud et de l'ouest de l'Amérique du Sud).
Espèce invasive : Il est devenu une plante envahissante en Afrique, Asie, Australie et ailleurs.
La prolifération des « *mesquites* » est accusée de contribuer à l'abaissement du niveau de la nappe phréatique. Pour cette raison, un procédé de gestion de la perte de l'eau, dans les zones arides, est l'élimination des « *mesquites* ».
Habitat / écologie : Le « *mesquite* » est extrêmement robuste. Il est tolérant à la sécheresse, pouvant tirer l'eau de la nappe phréatique (phreatophyte) grâce à sa longue racine pivotante (enregistré jusqu'à 58 m de profondeur). Il peut également utiliser de l'eau dans la partie supérieure du sol, en fonction de sa disponibilité et peut facilement passer d'une source d'eau à l'autre. « *Prairies, zones arbustives, forêts sèches. Cet arbre, résistant à la sécheresse, aux sols gorgés d'eau, et au sel, fixe l'azote. Il a des racines profondes. Il forme rapidement des fourrés épineux denses qui réduisent la richesse des espèces indigènes. Il envahit les prairies qui sont transformées en forêts et espaces boisés. La perte de la couverture herbeuse sous son couvert peut favoriser l'érosion des sols. Il supporte bien les dommages [résiste à la mutilation]* »(Weber, 2003, p 344).
« *Producteur prolifique de semences, ses graines sont dispersées par l'eau et les animaux* » (Weber, 2003 ; p. 344).
Le verger à graines de Mitsinjo, région Sud-Ouest de Madagascar, possède du *Prosopis juliflora* (source : FOFIFA).
Usages : L'espèce est source de fourrage, de bois et utilisé pour fixer les dunes et fertiliser les sols. Les gousses sucrées sont comestibles et nutritives, et ont été une source de nourriture pour les peuples autochtones du Pérou, du Chili et de la Californie. Elles peuvent être stockés, consommés crus, bouillis ou fermentés pour en faire une boisson légèrement alcoolisée. Ses fleurs fournissent une source de nectar avec lequel les abeilles font le *miel de mesquite*, à la saveur caractéristique.
Sources : a) http ://fr.wikipedia.org/wiki/Prosopis_juliflora, b) http ://en.wikipedia.org/wiki/Prosopis_juliflora,
c) http ://www.fofifa.mg/presentation_drfp.php,
d) http ://www.fao.org/docrep/006/ad317e/AD317E02.htm,
e) http://www.hear.org/pier/species/prosopis_juliflora.htm, f) http://en.wikipedia.org/wiki/Mesquite





Inflorescences et feuilles de *P. juliflora*, Krishna Wildlife Sanctuary (Andhra Pradesh, Inde).



Epines



Prosopis juliflora envahissant dans le Tamil Nadu, Inde.





Gousses



Jeune arbre.





Gousses

39.11 *Prosopis chilensis*

(Famille *des* Fabaceae ou des *Mimosoideae*, selon la classification choisie).



U ↗↗



Risque élevé.

Prosopis chilensis, *Prosopis juliflora* et *Prosopis pallida* ont été largement introduit dans les zones arides tropicales, où ils sont devenus naturalisés et envahissants. Il ne toléré pas bien le gel.

Espèce envahissante : *Prosopis chilensis*, atteignant 18 m, peut croître de 3 mètres de haut par an et tend à rapidement coloniser toutes les plaines du Nord au Sud de la Corne de l'Afrique, menaçant en une vingtaine d'années les activités nomades et maraîchères. Cette espèce progresse depuis rapidement en Afrique de l'Est, au détriment de l'acacia qui abritait une partie importante de la biodiversité de ces régions.

Usages : Certains plants visant à freiner l'avancée du désert ont été importés du Chili (à Hanlé à Djibouti par exemple). Les ONG Djibouti Nature et Decan tentent d'en abattre de grandes quantités pour en faire du charbon de bois. Il produit des fruits dans les années de sécheresse. Son fruit est sucré et riche en vitamines, mais n'est pas ou mal digéré en l'état par les herbivores en raison de sa cuticule résistante. Il est question d'en faire une farine pour l'alimentation humaine. L'Éthiopie envisage de le tester comme agrocarburant[2]. Son bois dense (densité = 0,76), difficile à travailler, est utilisé pour les portes et les planchers. On fait de farine avec ses fruits. On fait du sirop et des boissons alcoolisées, avec ses fruits écrasé.

Note : En Amérique du Sud, il est souvent appelé « caroubier » (algarrobo), en raison de sa ressemblance avec ce dernier, alors que ces deux espèces sont bien distinctes.

Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Prosopis, b) http://es.wikipedia.org/wiki/Prosopis_chilensis







Inflorescences.



Gousses

39.12 *Prosopis pallida*

(Famille *des* Fabaceae ou des *Mimosoideae*, selon la classification choisie).



U ↗↗



Risque élevé, à rejeter, score: 20.

Arbre *épineux* des zones les plus sèches, proches la côte Sud-Américaine.

Usages : *Prosopis pallida* est une bonne plante apicole. Son bois est utilisable comme matériau, ainsi que dans la fabrication de charbon de bois. Les fruits très nutritifs et sucrés, permettent la fabrication d'un sirop, appelé algarrobina, utilisé dans la cuisine Péruvienne. Son feuillage peut servir de fourrage pour le bétail.

Comme beaucoup d'espèces du genre *Prosopis*, cette espèce pousse vite et facilement et peut vivre pendant plus d'un millénaire. Elle permet de repeupler un milieu. Il fait un bon arbre d'ombrage, et son bois dur est une source de bois de chauffage et de charbon de bois. Ses gousses peuvent être utilisés comme fourrage par le bétail, farine ou être

transformées en mélasse ou utilisés pour faire de la bière. Ses fleurs jaunes lumineuses attirent les abeilles, qui produisent un miel blanc convoité.
Espèce envahissante : "*Par ses épines et de ses branches tombantes, P. pallida peuvent aussi bloquer physiquement le passage des personnes et des animaux. Ses racines profondes privent d'eau, les plantes à racines peu profondes*" (Motooka *et al* ., 2003). C'est un producteur prolifique de semences. P. *pallida* est une plante envahissante, dans plusieurs endroits dans le monde (en particulier en Afrique).
Autres noms : kiawe commun, caroube huarango et caroube américain. En Amérique du Sud, il est souvent appelé « caroubier » (algarrobo), en raison de sa ressemblance avec ce dernier, alors que ces deux espèces sont bien distinctes.
Sources : a) http://www.hear.org/pier/species/prosopis_pallida.htm ,
b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Prosopis_pallida,
c) http://en.wikipedia.org/wiki/Prosopis_pallida








Grume de *P. pallida* (Pérou).



39.13 *Atriplex sp.*

(Famille *des Amaranthaceae*).

Risque élevé.




La plupart des espèces d'*Atriplex* résistent à la sècheresse et à la salinité, mais beaucoup sont invasives, comme celles-ci-dessous. Et donc elles ne sont pas ou ne seraient pas à recommander :

Atriplex aucheri
Atriplex centralasiatica
Atriplex dimorphostegia
Atriplex eardleyae
Atriplex fera
Atriplex holocarpa
Atriplex hortense
Atriplex leptocarpa
Atriplex micrantha
Atriplex muelleri
Atriplex oblongifolia
Atriplex patens
Atriplex polonica
Atriplex portulacoides
Atriplex prostrata
Atriplex pseudocampanulata
Atriplex rosea (arroche rouge).
Atriplex schugnanica
Atriplex semilunaris
Atriplex sibirica
Atriplex sphaeromorpha
Atriplex suberecta (peregrine saltbush)
Atriplex sagittata
Atriplex tatarica

Source : http://www.cabi.org/isc/search/?q=Atriplex&page=3&s0=0&s1=10

Note : Mais l'arroche halime, pourpier de mer ou arroche marine (*Atriplex halimus*) et *Atriplex lentiformis*, que nous avons décrits, plus haut dans notre ouvrage, comme plantes utiles, ne sont pas considérées comme envahissantes.


Atriplex semibaccata


Cuvettes semi-circulaires plantées *d'Atriplex halimus*.

39.14 *Tamarix sp.*

(Famille *des Tamaricacées*).

Risque élevé.





Le genre *Tamarix* (de tamaris, cèdre salé) est composé d'environ 50 à 60 espèces de plantes à fleurs de la famille des *Tamaricaceae*, originaires des régions plus sèches d'Eurasie et d'Afrique. La plupart des espèces de tamaris _ de petits arbres ou arbustes, souvent décoratifs _ résistent à la sècheresse et à la salinité, mais beaucoup sont invasives, comme celles-ci-dessous. Et donc elles ne sont pas ou ne seraient pas à recommander :

- *Tamarix parviflora* (tamaris à petite fleur)
- *Tamarix canariensis* (tamaris des Iles Canaries)
- *Tamarix gallica* (tamaris commun ou tamaris de France)
- *Tamarix chinensis* (tamaris à cinq étamines)
- *Tamarix ramosissima* (Saltcedar) (Tamaris d'été).
- *Tamarix aphylla (Athel)* (voir ci-dessous).

Source : http://www.cabi.org/isc/search/?q=Tamarix

Notes : a) On peut trouver le *Tamarix galica*, avec ses fleurs blanches, au bords des oueds (en Algérie etc.).
b) Les espèces suivantes *Tamarix balansae, Tamarix pauciovulata, Tamarix articulata, Tamarix gallica ssp. nilotica,* à l'état adulte, *supportent, sur des sols sableux, des eaux présentant une teneur en Cl correspondant à 10 gr NaCl/litr*e.
c) les *Tamarix* génèrent souvent des écosystèmes sources de vie dans le déserts.
d) Une population de chacune des deux espèces, *T. aphylla* et *T. meyeri* et des plantes provenant de cinq spécimens de T. *gallica* réussis ont été comparés. Les taux de croissance et la capacité de survie d'un clone de *Tamarix gallica* étaient plus élevés que dans les autres clones tous testés . La hauteur moyenne des plantes du clone de celle-ci était d'environ 60% supérieure à celle des autres clones. *Tamarix gallica* comprenait également des variétés avec une capacité de survie plus élevé. Trois ans après la plantation, 73% des plantes de l'un de ses clones ont survécu, alors que la survie des autres clones tous se situait entre 23,1 et 46,2%. Source : *Biology of halophytes*, Yoav Waisel, Academic Press, 1972.
Plante invasive (exemple) : *Tamarix ramosissima*, naturalisé et devenu une importante espèce végétale envahissante dans les habitats riverains spécifiques du sud-ouest des États-Unis et de la Californie, peut modifier le régime des crues par les grands barrages.
Usages : La plupart des espèces de *Tamarix sp. résistent au vent, brouillard salin, aux tempêtes de sable*, et peuvent servir comme un *brise-vent efficace*. Source : *Biology of halophytes*, Yoav Waisel, Academic Press, 1972.
Ils fournissent un *bon bois de feu*. Il suffit de les tailler régulièrement. Il faut une bonne gestion du bois de feu, avec une rotation des coupes pour faire durer la ressource en bois (et donc la rendre durable).
Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Tamarix, b) https://en.wikipedia.org/wiki/Tamarix,
c) *L'utilisation des eaux salées au Sahara*, P. Simonneau, G. Aubert, Ann. agron., 1963, 14 (5), 859-872, page 866, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/11033.pdf
d) *Désert Libyque : Genèse d'un écosystème autour de Tamarix*, http://naturnet.free.fr/html/desert/Tamaris.html



Tamarix gallica en fleur. Source : Wikipedia



T. gallica en fleur. © Wikispecies.



Un *Tamarix aphylla* dans son habitat naturel en Algérie. Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Tamarix



Tamarix gallica en fleur, sur des dunes en bord de mer © Meneerke Bloem.

39.15 Tamaris d'Afrique ou Tamaris de printemps (*Tamarix africana* ou *Tamarix tetrandra*)

(Famille *des* *Tamaricacées*).

Risque élevé.





Taxon à vérifier. Synonyme : *Tamarix gallica ssp. Nilotica* (à vérifier).
Poussant jusqu'à 3 m (10 pi) de haut et de large, c'est un petit arbre à feuilles caduques avec des branches arquées presque noires et de minuscules feuilles ressemblant à des écailles disposées le long des branches. Des grappes de fleurs rose pâle sont produites à la fin du printemps. Cette plante est particulièrement associée aux zones côtières tempérées, mais peut également être cultivée à l'intérieur des terres dans une position ensoleillée avec une protection contre les vents d'hiver. Il supporte le sel, les sols pauvres et sablonneux. Présent en région PACA, France.
Sources : a) https://en.wikipedia.org/wiki/Tamarix_tetrandra,
b) Tamaris d'Afrique, http://nature.jardin.free.fr/arbuste/ft_tamarix_af.html,
c) Tamaris d'Afrique (*Tamarix africana*), https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/125412



Tamarix africa en fleur[299].



Tamarix africa en fleur (© Nature jardin).



Tamarix africa en fleur fleur (© Nature jardin).

[299] http://nature.jardin.free.fr/arbuste/ft_tamarix_af.html



Tamarix africa (à vérifier ?) situé à Diama à St-Louis, au Sénégal, sur un milieu aride et sec.

39.16 Tamaris Athel (*Tamarix aphylla* ou *Tamarix articulata*)

(Famille *des* Tamaricacées).
(Genre *Tamarix*).



↗



Risque élevé.

C'est un arbre à feuilles persistantes, à couronne étalée dense, 8 - 12 mètres de haut, voire 18 m. Son tronc peut avoir 60-80 cm de diamètre.
Aire de répartition : Il est répandu en Afrique, dans les zones plus sèches de la Mauritanie et du Sénégal à travers l'Afrique du Nord à la Somalie et au Kenya. Mais aussi dans la Péninsule arabique, au Pakistan et en Inde.
Habitats / écologie : Garrigue côtière dans des *sols salins*. Oueds dans les régions désertiques chaudes, dans les *habitats salés* et non salés. Sol et dunes de sable, sebkha, canaux, bords de rivières, *désert salé*, champs, à des altitudes de 200 à 400 mètres. Un arbre des régions tropicales et subtropicales arides et semi-arides, où il se trouve jusqu'à une altitude de 1400 mètres. Il pousse mieux dans les régions où les températures diurnes annuelles vont de 27 à 40 °C, mais il peut tolérer 8-50 °C. Les jeunes pousses peuvent être gravement endommagé à -1 °C. Il préfère une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 300 - 400 mm, mais tolère 200 - 500 mm. Il préfère un pH dans la gamme 6.5 à 7.5, mais il tolère 6 à 8,5. Ces arbres produisent un système racinaire profond et étendu, allant d'environ 10 mètres de profondeur et 34 mètres horizontalement. Il pousse bien dans les sols argileux lourds ainsi que dans les sables et même dans les galets. Il pousse plus vigoureusement sur des terres exposées aux inondations occasionnelles, que sur les terres jamais inondées. *Il résiste au feu*.
Usages : L'arbre, à l'état sauvage, est récoltée pour la nourriture, la médecine, les tanins et le bois, utilisés localement. Il est parfois cultivé pour fournir un abri près de la côte et également comme plante ornementale. Il peut servir de pare-feu.
Plante invasive : *T. aphylla* peut produire de nombreuses graines qui peuvent se propager sur une grande étendue, par le vent et l'eau. Il peut se propager rapidement et former des fourrés étendus et denses. Il peut évincer les espèces riveraines indigènes, diminuer l'habitat de début de succession, et réduire les nappes phréatiques et interférer avec le processus hydrologique. Il excrète du sel qui élimine les plantes indigènes sous les peuplements de cet arbre. Très invasif en Australie.
Sources : a) http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Tamarix+aphylla,
b) http://www.cabi.org/isc/datasheet/52483,
c) http://www.hear.org/pier/species/tamarix_aphylla.htm, d) http://en.wikipedia.org/wiki/Tamarix_aphylla







39.17 Genêt blanc ou Retam blanc (*Retama monosperma*)

(Famille *des Fabaceae*).

Risque élevé.





Description : Encore appelé *Rtem* (en arabe), c'est un arbuste monoïque pouvant former d'épais buissons et atteindre 6 m de haut. Les jeunes sont soyeux d'un vert argenté à gris argenté. Une nuée de minuscules fleurs blanches (+ ou - 1cm) semblables à des fleurs de pois sont réparties sur de courts racèmes (grappes). La floraison est longue : elle va de la fin hiver à début du printemps selon le climat (et le lieu), très parfumée. Le fruit est un petit légume (une gousse) court, *contenant une graine toxique, parfois deux. Elles contiennent de la cytisine, un alcaloïde toxique*.
Plante invasive : Hors de son aire méditerranéenne, c'est une espèce envahissante, interdite dans certains pays (Australie, Etats-Unis).
Habitat / écologie : Il affectionne les sols pauvres (grâce aux nodosités à *Rhizobium*, il synthétise des composés azotés). Il demande un sol surtout très bien drainé même sablonneux **à forte salinité**. C'est un végétal couramment utilisé pour fixer les dunes. C'est une plante de soleil, voire de mi-ombre. Cette plante ne tolère pas le gel, sauf de courtes expositions ne dépassant pas - 6 °C. Ceci l'exclut de la région méditerranéenne française comme plante fixatrice de dunes de sable.
Usage : Ses belles fleurs blanches en ont fait un arbre recherché par les fleuristes. Il faut chercher là l'origine de sa dispersion mondiale et de son introduction comme plante d'ornement. Plante adaptée aux jardins secs.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Retama_monosperma, b) https://www6.sophia.inra.fr/jardin_thuret/Visite-virtuelle/Parcours-Plantes-aromatiques/Plantes-a-parfum/Retama-monosperma












39.18 Typha ou massette (*Typha sp.*)

(Famille *des* Typhaceae).
(Genre *Typha*).

Risque élevé.




La *typha* est un « roseau » (une massette), jusqu'à 2,5 m de hauteur, poussant en abondance sur les rives de certains fleuves africains.
Typha domingensis (ou *Typha autralis*) se trouve parfois en tant qu'associé sous-dominant dans les écosystèmes de mangroves tels que l'écorégion de mangroves Petenes du Yucatán.
Plusieurs espèces de *Typha* résistent bien au sel : *Typha angustifolia* (Massette à feuilles étroites), *Typha latifolia* (massette à large de feuille)*, Typha domingensis …*
Caractère invasif : Le *Typha autralis* (ou *Typha domingensis)* est invasif sur le fleuve Sénégal, en Mauritanie, en Nouvelle-Calédonie (son introduction y est interdite) etc.
Usage : a) Les massettes sont comestibles, en particulier son rhizome charnu cru (salade, confit dans le vinaigre) ou cuit après avoir été pelé, et ses très jeunes pousses.
b) Production de "charbon de typha" : A Saint-Louis, le *Bureau de Recherche et d'Action pour le Développement Solidaire* (BRADES), développe un projet de fabrication de briquettes de *biocharbon* à partir de Typha. Celle-ci est ramassé puis brûlé et réduit en poussière de charbon. Cette poussière de charbon est ensuite mélangée avec un rotor à de l'eau et à de l'argile, pour en faire un combustible qui ressemble en tous points à du charbon de bois. Après avoir séché durant deux à trois jours, il est ensuite vendu par des associations de femmes de Saint-Louis sur les marchés.
A l'achat, ce biocharbon est deux fois moins cher que le charbon de bois. Il coûte 150 francs CFA, soit 0,23 € le kilo. Sa combustion est plus longue que celle du charbon conventionnel. Mais la population éprouve encore quelques réserves sur ce nouveau produit, commercialisé depuis novembre dernier : plus difficile à allumer que son prédécesseur, le *biocharbon* ne fait pas encore l'unanimité. Des campagnes d'informations seront donc lancées au cours de l'année 2009. c) En plus, le *biochar* (le charbon vert ou biocharbon) *peut aider à fertiliser les sols* (quand il est mélangé à la terre). d) La *typha* peut aussi servir de *matériau d'isolation*. e) Elle peut servir à la phyto-épuration d'eaux polluées.
f) Elle sert de refuge à un certains animaux (oiseaux …).
Note : Adresse de BRADES, directeur Mr Nthié DIARRA, Quartier Ndiolofène Sor, Saint- Louis, Tel : 776412149. Email : bradesenegal@yahoo.fr

Sources : a) https://fr.wikipedia.org/wiki/Typha,
b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Massette_%C3%A0_larges_feuilles,
c) https://fr.wikipedia.org/wiki/Massette_%C3%A0_feuilles_%C3%A9troites,
d) https://fr.wikipedia.org/wiki/Typha_domingensis, e) https://en.wikipedia.org/wiki/Typha_domingensis,
f) http://www.transition-energie.com/senegal-du-charbon-vert-a-partir-dun-roseau/,
g) http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/09/09/en-mauritanie-une-plante-nuisible-devient-source-d-energie_4750054_3244.html, h) http://www.agenceecofin.com/innovation/1208-31313-senegal-vers-un-destin-dans-le-batiment-pour-3-milliards-de-tonnes-de-typha,
i) http://www1.rfi.fr/sciencefr/articles/115/article_82336.asp,
j) http://www.peracod.sn/?Le-BRADES-entreprise-basee-a-Saint
k) http://www.nepad.org/system/files/BRADES.pdf (taille 991 Ko).
l) http://www.gt-ibma.eu/wp-content/uploads/2020/02/2019_rapport_etat-des-lieux_methodes-lutte-typha-dfs-002.pdf



Invasion de la *Typha*, depuis la mise en service, en 1986, du barrage sur le fleuve Sénégal.



Production du biocharbon avec le Rotor Presstype (© Brades) (un compacteur ou presse).





Deux technologies pour la pyrolyse de la *Typha*. © ARTI-TZ.



39.19 Kikuyu grass ou herbe kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)

(Famille *des Poaceae*).

Risque élevé.





Cette graminée tropicale vivace est originaire des hautes terres de l'Afrique orientale.
Plante invasive : Elle forme un tapis vert, doux et dense. En raison de sa croissance rapide et de sa nature agressive, elle est classée comme une mauvaise herbe nuisible dans certaines régions (Hawaï …). À Hawaii "*son étouffement, sa croissance dense, empêche pratiquement tout nouvel établissement de semis*" (Wagner et al , 1999;. pp. 1578-1579).

Usages : Cependant, elle est aussi populaire pour les pelouses de jardin en Australie, Afrique du Sud et en Californie du Sud, car *elle est bon marché et tolérant à la sécheresse*. Elle est très utilisée comme gazon dans la région méditerranéenne. En outre, elle est utile comme fourrage d'excellente qualité pour le bétail et sert de source de nourriture pour de nombreuses espèces d'oiseaux, dont l'Euplecte à longue queue.
Description : Les tiges de fleurs sont très courtes et « cachées » dans les feuilles, ce qui explique qu'on a donné, à cette espèce, son épithète spécifique *(clandestinum*). L'important système racinaire de cette plante, la propagation par ses puissants rhizomes sous terre, en particulier par de longs stolons sous le sol, et par ses graines la rend très envahissante, mais très utile pour la fixation des sols et permet aussi le bouturage. Sa pousse est lente la première année, ce qui favorise le développement des mauvaises herbes, mais une fois installée, elle monopolise la totalité du terrain et devient envahissante, surtout quand elle se plait sur un terrain. Sa dormance hivernale lui donne une apparence de paille séchée (jaunit l'hiver). Apparenté au chiendent, il ne pousse que dans les régions où la température estivale est élevée. Elle s'adapte très bien en bordure de mer et *supporte un environnement salin*.
Sources : a) http://fr.wikipedia.org/wiki/Pennisetum_clandestinum,
b) http://en.wikipedia.org/wiki/Pennisetum_clandestinum,
c) http://www.cabi.org/isc/datasheet/39765, d) http://www.hear.org/pier/species/pennisetum_clandestinum.htm,
e)
http://agroecologie.cirad.fr/content/download/7957/40543/file/Fiche%20technique%20GSDM%20342%20kikuyu%20v%202012%2004%2025%20finale.pdf




Soja sur couverture vive de kikuyu.




39.20 Texas blueweed ou yerba parda (*Helianthus ciliaris*)

(Famille *des Fabaceae* ou des *Mimosoideae*, selon la classification choisie).




Risque élevé.

Herbacée érigée, vivace, à rhizome, de 0,7 m de haut, avec un feuillage bleu-vert et racines traçantes. Les nouvelles pousses de bourgeons racinaires [rhizomes] créent souvent des taches denses de plantes.
Habitats : bords des routes, champs irrigués, cours d'eau, zones humides, fossés de drainage. Il pousse le mieux sur les sols cultivés et **infeste souvent les sols alcalins ou salins**, poussant plus facilement dans les zones perturbées, sur les terres cultivées, et le long de la route. Il persiste naturellement en faibles densités dans les prairies indigènes, **mais se développe dans les zones cultivées ou fortement perturbés**.
Plante envahissante : C'est souvent une mauvaise herbe nuisible, un tournesol agressif, même dans une grande partie de son aire d'origine _ les prairies du centre-sud des États-Unis et nord du Mexique.
La « vipérine texane » [ou herbe bleu texan] est très concurrentielle de plusieurs cultures et systèmes de culture y compris le coton, le blé et le sorgho. Elle est une « classe A » de mauvaises herbes nuisibles en Californie.
Lutte (non biologique) : La lutte contre la plante se fait souvent avec l'herbicide Dicamba ou le N-nitrosodiméthylamine (NDMA)[300].
Reproduction : Sa stratégie de reproduction est principalement végétative, par des bourgeons racinaires [rhizomes] sur les racines latérales. Les études de semences de la « vipérine du Texas » ont montré moins de 1% du total des graines produites sont viables. Néanmoins, les semences vipérine ont peut-être atteint la Californie, via des luzernes et de l'avoine contaminées, cultivées au Texas.
Confusion possible : A ne pas confondre avec le tournesol de l'Arizona (*Helianthus arizonensis*), une plante mal connue (source : https://nmrareplants.unm.edu/node/94).
Sources : a) http ://en.wikipedia.org/wiki/Helianthus_ciliaris,
b) http://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/weedinfo/helianthus.htm,
c) http ://www.cabi.org/isc/datasheet/26715




Graines









[300] Issu de la réaction de diméthylamine, un amine secondaire, un dérivé de l'ammoniac, avec le permanganate de potassium, en milieu aqueux.

40 Annexe : Maladies fongiques liées à l'arrosage

Fonte des semis

C'est probablement la maladie de pépinière la plus connue, qui est causée par plusieurs espèces de champignons, particulièrement le *Pythium*, les *Rhizoctonia*, les *Phytophthora* et le *Fusarium*. La fonte des semis peut apparaître sur la graine avant la germination ou sur les jeunes plants.
Quand cela se produit, la tige de la plantule est réduite juste au-dessus de la surface du substrat de germination ; alors, la plantule tombe et meurt. (Des fois ceci peut se passer sans qu'il y ait présence d'un champignon, par exemple, avec des températures élevées du milieu de propagation). Il y a souvent (mais pas toujours) dommage à la plante en dessous de la surface du sol.
La raison des symptômes apparaissant à la surface du sol n'est pas bien connue, mais ceci peut être lié au point où les plants commencent à photosynthétiser ou peut-être dû aux conditions aérobiques et/ou anaérobiques conduisant aux stages les plus virulents du cycle de vie du champignon.
Les pathogènes qui causent la fonte des semis, particulièrement le *Pythium*, les *Rhizoctonia* et les *Phytophthora*, peuvent se répandre dans l'eau d'irrigation. La densité élevée des plantes, l'excès d'arrosage et l'excès d'ombrage favorisent la propagation de la maladie et doivent être évités.

Eau d'arrosage
L'eau pour l'arrosage en pépinière vient souvent d'un barrage, un puits ou une citerne remplie d'eau de pluie. Ces réservoirs où l'eau stagne offrent des conditions excellentes pour le développement de champignons de moisissure d'eau, comme les espèces de Pythium et de Phytophthora, qui sont souvent associées à la fonte des semis.

Une petite quantité de chlore pour obtenir une concentration de 1 ppm pendant au moins 30 minutes peut être ajoutée à l'eau d'arrosage pour contrôler les champignons. (L'eau de piscine a une concentration maximale de 8 ppm de chlore disponible).



Désinfecter l'eau d'arrosage

L'eau de javel a habituellement une concentration de 3,5 %, soit 35 000 ppm de NaOCL. Elle contient 24 000 ppm de chlore (Cl_2). Pour faire 1L de dilution de 1 ppm de Cl_2, on a besoin de 0,042 ml (ou 42 ml) d'eau de javel ménagère. Pour un seau de 20 L, il faut 20 x 0, 042 = 0, 84 ml. Une citerne de 10 000 litres aura besoin de 420 ml. Si l'eau contient beaucoup de sédiments ou d'autres particules sales, on aura besoin du double d'eau de javel ménagère. Dans tous les cas, la quantité dont on a besoin pour traiter l'eau d'arrosage pour contrôler les maladies comme la fonte des semis est très faible, ce qui rend l'hygiène de la pépinière peu coûteuse et simple.

Source : *Bonnes pratiques de culture en pépinière forestière. Directives pratiques pour les pépinières de recherche*. MANUEL TECHNIQUE n°3, Hannah JAENICKE, WORLD AGROFORESTRY CENTRE (ICRAF), http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/mn14474.pdf

41 Annexe : Lexique botanique

Acidiphile : Qualifie une espèce ou une végétation se développant sur des sols acides.
Allochtone : désigne des espèces d'origine étrangère au biome local. Il s'agit le plus souvent d'organismes introduits par l'homme, soit volontairement, dans une perspective économique ou esthétique, soit accidentellement. Terme opposé à celui d'autochtone.
Anémochore : Qualifie un mode de dispersion des graines par le vent (pissenlit …).
Autochtone : Au sens courant, autochtone qualifie ce qui habite en son lieu d'origine. Il désigne le caractère local d'une espèce (animale, végétale, fongique…). Equivalent à « indigène ».
Biome : ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées. Il est appelé aussi macro-écosystème, aire biotique, écozone ou écorégion.
Caduc *: (Botanique)* Se dit d'un organe (feuilles …) se détachant et tombant chaque année.
Calcicole ou ***calcicline*** ou ***calcaricole*** : plantes préférant les sols calcaires (Origan …).
Cortège floristique : Ensemble des espèces de plantes caractérisant un habitat donné.
Décidu : *(Botanique)* Synonyme de caduc.
Edaphique : ce qui a trait à un facteur écologique lié au sol (pH, humidité, etc.). Ce qui se rapporte au sol.
Euryèce : plante pouvant supporter d'importantes variations vis-à-vis de facteurs écologiques, tels que la température (on dit que l'espèce est *eurytherme*), ou la salinité (*euryhalin*)...
Eutrophe : Milieu riche en éléments nutritifs minéraux.
Exogène : Qui provient de l'extérieur, du dehors (Wiktionary). Le terme exogène est parfois utilisé dans le langage courant comme synonyme d'*étranger*, par opposition à *indigène* (Wikipedia).
Halophile: plante tolérante à l'air marin. Qui pousse naturellement dans les terrains imprégnés de sel.
Héliophile : plante ayant besoin de lumière. Note : la plupart des plantes invasives sont *héliophiles*.
Hygrophile : plante se développant de préférence dans des milieux humides.
Indigène : caractère plus ou moins *autochtone* ou non d'une espèce ou d'un taxon (genre, famille…). Selon une définition stricte, ne seraient pas indigènes toutes les espèces qui n'auraient jamais pu atteindre la région étudiée, sans les activités humaines (Pyšek, 1995).
Nitrophile : Qualifie une espèce végétale croissant préférentiellement sur des sols riches en éléments azotés (Ortie …).
Ombrophile : voir *sciaphile*.
Pionnière (*Espèce*) : espèce capable de coloniser un milieu instable, très pauvre en matière organique et aux conditions édaphiques et climatiques difficiles : sol très fin ou inexistant, absence d'eau, forte chaleur, etc. Note : Presque toutes les plantes invasives sont *pionnières*.
Plante parasitaire non-chlorophyllienne : Qualifie une plante ne produisant pas sa propre matière organique par le biais de la photosynthèse mais parasitant d'autres individus pour la lui fournir.
Sempervirent : « à feuillage persistant », qui reste toujours vert ou toujours fleuri.
Sciaphile : plante qui supportent l'ombre.
Syntaxon : Unité de classification phytosociologique.
Ubiquiste : Se dit des espèces animales et végétales que l'on rencontre dans des milieux écologiques très différents (Larousse).
Xérophile : plante adaptée à la sécheresse.

Sources : « *Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales* », Jean-Marie Géhu, 2006.
Les sols et l'habitat, les arbres, http://www.lesarbres.fr/sol.php

42 Annexe : Glossaire sur l'irrigation et le stockage de l'eau

Alignement de pierres : seule rangée de pierres plantées dans le sol pour ralentir le ruissellement, piéger des particules (limon et matière organique) transportées par le ruissellement, ainsi que des sables éoliens.
Baissière (ou swale ou noue d'infiltration) : sorte de fossé peu profond et large, végétalisé, tracé le long des courbes de niveau et qui recueille provisoirement de l'eau. Cet ouvrage permet de capter les eaux de ruissèlement et de les infiltrer dans le sol progressivement pour les y stocker. Les talus de celles-ci sont plantés d'arbres (forêt fruitière et même quelques légumes) qui bénéficient de la présence d'eau quasi-constante en sous-sol. Source : https://chemincueillant.wordpress.com/tag/fruitiers/
Banquette anti-érosive : très grande demi-lune, présentant un bourrelet non franchissable, un gradin et un fossé. La banquette finie mesure 80 ml et 70 cm de profondeur.
Billon (Agriculture) : Ados plus ou moins large et bombé qu'on forme dans un terrain avec la charrue. Bourrelet de terre.
Citerne : Une **citerne** est un aménagement, généralement souterrain, destiné à la collecte des eaux de pluie et à leur rétention afin d'en permettre une utilisation régulière, quotidienne (bien souvent domestique à l'origine), ou une exploitation plus exceptionnelle en cas de sécheresse ou d'incendie. Lorsqu'il est à l'air libre on parle aussi de réservoir.
Cordons pierreux : petits murets de pierre de 25 cm de haut construits suivant les courbes de niveau de la parcelle.
Déversoir ou ***Exutoire*** : a) Orifice par où s'écoule le trop-plein d'une conduite ou d'un réservoir d'eau. b) Tout dispositif qui sert à juguler un excédent. c) Ouvrage au-dessus duquel s'écoulent les eaux d'un canal, d'un cours d'eau, d'un barrage, etc. (Larousse).
Digues filtrantes : Ouvrage pierreux, poreux, construit au travers d'une zone de ruissellement fort, permettant l'épandage des crues et la protection des terres situées en aval.
Demi-lune (demi-cuvette) : diguette en forme de demi-lune (diamètre de 2 m à 6 m) qui permet de concentrer le ruissellement et sa charge en suspension sur des arbustes ou des cultures en poquets.
Foggara : canalisation souterraine construite pour alimenter les jardins dans les palmeraies, lorsqu'il n'est pas possible de creuser des puits.
Gabions : cages métalliques remplies de pierres. Le but de cette technique est de combattre l'érosion hydrique en laissant passer à travers ces structures l'eau tout en retenant les matières contenues dans le sol. C'est une barrière semi-perméable qui, placée en aval d'une ravine, empêche l'érosion hydrique. De plus, leur souplesse leur permet d'éviter les cassures.
Impluvium : système de captage et de stockage des eaux pluviales, composé d'une *aire de captage*, d'un *système de transport*, d'une « *réserve* » enterrée ou hors sol (bassin, réservoir, cuve, citerne, etc.).
Jessour (singulier *jesser*) : petites digues en terre (ou en pierre), construites en série dans les vallées secondaires pour capter le ruissellement et sa charge solide.
Johad : cuvette de stockage des eaux de pluie, recueillant et stockant l'eau tout au long de l'année, à des fins de consommation par les humains et le bétail.
Joub : réservoir souterrain.
Lavogne : dépression sur les terres de *causses* (au sens de terres « calcaires ») qui permet de boire aux animaux d'élevage. Ceux-ci ont aménagé des creux naturels (les *sotchs*) en les étanchant par un tapis argileux et en les pavant de pierres calcaires pour capter et retenir les eaux de ruissellement. ***Khettara*** : ensemble du dispositif de mobilisation des eaux souterraines (Tunisie …).
Liman (en Israël) : levée (digue) artificielle de terre, souvent en demi-lune, servant à recueillir les eaux de crue d'un oued du désert, équipé d'un déversoir ou exutoire et d'une vanne, régulant le niveau de l'eau.
Mankaa : terrasses de culture.
Meskat : système composée de l'impluvium ou "*Meskat*", qui récolte l'eau de pluie, la superficie cultivée ou "Mankaa", constituées de terrasses, séparées par des barrages en terre avec déversoirs de pierres.
Mgoud : saignée destinée à détourner tout ou une partie des eaux de ruissellement d'un bassin versant vers des champs

Murets ou ***murettes*** : deux à trois niveaux de pierres solidaires, de 10 à 50 cm de hauteur, disposés en courbe de niveau tous les 10 à 50 m.
Negarim : micro-bassins versants, en forme de diamant, fermés par de petites digues de terre, avec un puits d'infiltration dans le coin le plus bas.
Noue (ou ***baissière*** en québécois) : sorte de fossé peu profond et large, végétalisé, qui recueille provisoirement de l'eau, soit pour l'évacuer via un trop-plein, soit pour l'évaporer (évapotranspiration) ou pour l'infiltrer sur place permettant ainsi la reconstitution les nappes phréatiques[1].
Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Noue_%28foss%C3%A9%29
Qanat : ouvrage (de type minier) destiné à la captation d'une nappe d'eau souterraine et l'adduction d'eau vers l'extérieur.
Retenue ou lac collinaire : Les **retenues collinaires** sont des ouvrages de stockage de l'eau qui sont remplies par les eaux de surface, les eaux de ruissellement. Elles peuvent être assimilées à des micro-barrages.
Tabia : tout type de diguette en terre, construite soit sur les versants, soit dans les ravins et les vallées pour capter le ruissellement et sa charge solide en vue de stabiliser les terres et d'intensifier la production des cultures. Ou barrage (en général en pierre).
Zaï ou ***culture en poquets*** : cuvette (20 cm à 40 cm de diamètre et 10 cm à 15 cm de profondeur), captant le ruissellement à partir d'un impluvium de 5 à 20 fois la surface travaillée.

43 Annexe : Plantes recommandées pour la fixation des dunes mobiles

1. *Acacia cyanophylla*
2. *Acacia cyclops*
3. *Acacia salicina*
4. *Acacia ligulata*
5. *Acacia horrida*
6. *Acacia tortilis*
7. *Lycium arabicum*
8. *Retama raetam*
9. *Rhus tripartitum*
10. *Calligonum azel*
11. *Prosopis juliflora* (arbre très invasif).
12. *Parkinsonia aculeata*
13. *Eucalyptus occidentallis*
14. *Eucalyptus torquata*
15. *Eucalyptus astringina*
16. *Atriplex halimus* (arroche halime)
17. *Euphorbia basalmifera*

Source : *Gestion durable des terres en Tunisie. Bonnes pratiques agricoles*, TAAMALLAH Houcine, avec la contribution de OULED BELGACEM Azaiez, HAMROUNI Hédi, NAGAZ Kameleddine, OUCHI Hammouda, LAKHDHAR Hichem, Juin 2010, https://www.wocat.net/fileadmin/user_upload/documents/Books/Best_Practices_Tunisia.pdf



Fixation des dunes avec *Euphorbia basalmifera*

44 Annexe : Espèces pastorales recommandées pour le rétablissement des parcours en milieux arides

1. *Argyrolobium uniflorum*
2. *Hedysarum coronarium*
3. *Hedysarum carnosum*
4. *Stipa lagascae*
5. *Plantago albicans* (Plantain blanchissant)
6. *Rhanterium suaveolens*
7. *Peganum harmal ?* (Harmal ou rue de Syrie).

Note : *Peganum harmal* est une plante stupéfiante _ ses graines renferment 3-4 % d'alcaloïdes psychotropes (harmine, harmol, harmaline et dérivés voisins) _ et pouvant être toxique pour certains animaux. Info à vérifier (!).

Source : *Gestion durable des terres en Tunisie. Bonnes pratiques agricoles*, ibid.

45 Annexe : Niveaux de résistance au sel de certaines plantes

1) Plantes herbacées ayant une résistance élevée au sel, supportant des concentrations salines comprises entre 6 et 8 g de chlorures totaux par litre : **Aubergine, Artichaut, Carde, Chou, Chou-fleur, Carotte, Navet, Bette, Épinard, Piment, Poivron, Pomme de terre, Tomate, Maïs, Fève, Pois chiche**.

2) Plantes herbacées très résistantes au sel et tolérantes, quoiqu'assez mal, à des concentrations salines variant de 9 à 11 g de chlorures totaux par litre : **Asperge, Betterave rouge, Ail, Oignon, Radis, Poireau**.

3) Arbres et arbustes résistants au sel :
a) Au Sahara, il semble que les arbres fruitiers puissent être classés ainsi par ordre décroissant de tolérance aux sels : **Palmier-dattier, Grenadier, Figuier, Olivier** ...

En particulier, le palmier-dattier supporte des salures élevées, mais le rendement et la qualité des fruits — dans le cas de la variété *Deglet Nour* — diminuent déjà lorsqu'en terrain sableux il est irrigué avec des eaux à 5 g de résidu sec ; l'olivier est assez résistant (3 à 5 g de résidu sec dans la solution du sol en surface, et un peu plus en profondeur).

b) Les espèces introduites *Haloxylon aphyllum, Eucalyptus occidedalis, Eleagnus angustifolius, Salsola Richteri, Parkinsonia aculeata*, expérimentées à Igli et à Adrar, ces essences ont germé et évolué normalement sur des sols salins sableux irrigués avec des eaux renfermant jusqu'à 7 g de chlorures par litre (Cl exprimé en NaCl).

4) Résistance au sels de certaines variétés d'acacias :

	Tolérance mesurée		
Contrainte	**Élevée**	**Moyenne**	**Faible**
Sel	*A. albida*	*A. sieberiana*	*A. nilotica adansonii*
	A. dugeoni	*A. seyal*	*A. nilotica tomentosa*
	A. erhenbegiana		
	A. raddiana		
	A. senegal		
Naturelle (in situ)	***A. erhenbergiana***	*A. albida*	*A. dudgeoni*
	A. raddiana	*A. nilotica adansonii*	*A. sieberiana*
		A. nilotica tomentosa	
		A. senegal	

Tableau du classement des différentes espèces d'acacia en fonction de leur faculté à germer sous une contrainte hydrique ou saline simulée et de leur écologie (résistance à la sécheresse in situ).

Les espèces d'acacias les plus tolérantes au sel : *A. raddiana, A. senegal et A. sieberiana.*
Les espèces de sensibilité intermédiaire : A. *albida, A. dudgeoni, A. erhenbergiana* et A. *seyal.*

Certaines de leurs graines parviennent même à germer en présence d'une solution saline de concentration proche de celle de l'eau de mer (35 $g.1^{-1}$, soit -2,1 MPa) : 1 % des graines d'A. *raddiana* et 3 % des graines d'A. *senegal.*

Les valeurs limites sont très supérieures à celles publiées par Totey *et al.* (1987) pour *Acacia auriculiformis* (dont la germination est réduite dès que la concentration saline atteint 4,6 $g.1^{-1}$), par Kayani *et al.* (1990) pour le jojoba (réduction de 50 % de la capacité germinative à 5 $g.1^{-1}$).

Source : *Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains*, Paul Ndour, Pascal Danthu, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010016071.pdf

5) Céréales résistantes au sel : Observées dans les cultures locales et dans les Centres d'Etudes d'irrigation, elles ont été classées ainsi par ordre décroissant de tolérance aux sels : Mélilot *(Melilotus alba amua), Luzerne (Medicago sativa), Cotonnier, Blé, Orge, Sorgho.*

Source : *L'utilisation des eaux salées au Sahara*, P. Simonneau, G. Aubert, agron., 1963, 14 (5), 859-872, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/11033.pdf

46 Annexe : Serres à l'eau de mer

Nous n'en faisons qu'une mention, la rentabilité de son modèle économique n'étant pas encore démontrée.

46.1 Processus et principes généraux

Une serre d'eau de mer utilise le milieu environnant pour cultiver des plantes de cultures tempérées et produire de l'eau douce. Une serre conventionnelle utilise la chaleur solaire pour créer un environnement plus chaud permettant une température de croissance adéquate, tandis que la serre d'eau de mer fait le contraire en créant un environnement plus frais. Le toit emprisonne la chaleur infrarouge, tout en laissant passer la lumière visible pour favoriser la photosynthèse.

La conception du refroidissement du microclimat de la serre consiste principalement en un processus de dessalement par humidification et déshumidification (HD) ou une humidification à effets multiples.

Une simple serre d'eau de mer se compose de deux refroidisseurs par évaporation (évaporateurs), d'un condenseur, de ventilateurs, de conduites d'eau de mer et d'eau distillée et de cultures entre les deux évaporateurs. Ceci est illustré dans les figures schématiques 1 et 2.

46.2 Principes techniques de la serre à l'eau de mer de Charlie Patton

La « serre à l'eau de mer » est une technologie qui permet la croissance des cultures dans les zones arides, en utilisant une serre, l'eau de mer et de l'énergie solaire, qui évapore l'eau de mer. La technique implique le pompage de l'eau de mer (ou son écoulement par gravité si la serre est située au-dessous du niveau de la mer) dans un des emplacements arides et son utilisation pour refroidir et humidifier l'air. La vapeur d'eau produit par le chauffage solaire est alors refroidie et condensée pour produire de l'eau douce.

Grâce à un système de tuyaux qui prélèvent l'eau froide à des profondeurs maximales et la font couler sous terre, l'eau arrive dans la serre et, par le contraste des températures, réduit le "point de rosée".
Seule la puissance de refroidissement de l'eau de mer est utilisée, tandis que l'eau à proprement parler est "extraite" de l'air qui entre dans la serre, pleine d'humidité, grâce à l'évaporateur alvéolaire.
Enfin, l'air humidifié restant est expulsé de la serre et utilisé pour améliorer les conditions de croissance des plantes d'extérieur. L'eau de mer salée plus concentrée peut encore être évaporé pour produire du sel et d'autres éléments, ou rejetée à la mer.

L'effet combiné de la réduction de la température et de l'augmentation de l'humidité, associé à la création d'un environnement protégé pour les cultures, entraîne une réduction jusqu'à 90 % de l'évapotranspiration. Cela réduit considérablement les besoins en irrigation, qui peuvent être fournis par le dessalement, et améliorent les conditions de croissance.

La technologie a été créée par l'inventeur britannique Charlie Patton au début des années 1990 et développée par sa compagnie en Angleterre, **Seawater Greenhouse Ltd**.

46.3 La ferme solaire de Sundrop Farms en Australie

La société néerlandaise Van der Hoeven, via son concept nommé « éco-serres », et le danois Al Borg Company ont créé la ferme solaire de Sundrop Farms en Australie, de 200.000 mètres carrés de serres de verre, entourée de 22.000 miroirs. Ils attirent les rayons du soleil en les concentrant au sommet d'une tour, sorte de bouilloire géante.

Portée à 800 degrés, l'eau de mer se dessale. La vapeur d'eau, sans cesse réutilisée, sert aussi bien à alimenter une turbine qui génère de l'électricité, qu'à rafraîchir la serre et à irriguer les plantes. Celles-ci grandissent, sans énergie fossile, sans insecticide chimique, sans eau douce extérieure, sur des substrats de fibres de noix de coco ou de roche volcanique enrichis d'éléments nutritifs.

Quasi-hermétique, l'intérieur est maintenu en surpression, ce qui freine les entrées d'insectes extérieurs, ravageurs des plantes.

46.4 Intérêt, avantages

Les régions arides constituent environ un tiers de la superficie terrestre. Cette technique peut répondre à la pénurie mondiale d'eau douce et permettre de lutter contre la salinisation des sols.

Selon Seawater Greenhouse Ltd., les avantages de cette technologie sont :

- Créer des emplois dans des zones désertiques : Le système peut prospérer même dans les conditions les plus difficiles et offre une protection contre la sécheresse aux industries en croissance locales et régionales.
- Création d'un microclimat favorable : En réhydratant le paysage à l'aide de vapeur d'eau issue de l'eau de mer, notre technologie créée un microclimat humide qui favorise la croissance des plantes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre.
- Coût d'exploitation réduit : Une serre d'eau de mer fournit toute l'énergie et l'eau dont elle a besoin, ce qui signifie qu'elle est à l'abri des fluctuations de prix des intrants de combustibles fossiles[301].

46.5 Lieux où la technique pourrait être utilisée

La technique est applicable aux sites de régions arides en bord de mer (normalement, à deux kilomètres au maximum de la mer). La distance et la hauteur de la mer doivent être évaluées en tenant compte de l'énergie nécessaire pour pomper l'eau sur le site. Il y a beaucoup d'endroits appropriés sur la côte, d'autres sont en dessous du niveau de la mer, comme la mer Morte et la dépression de Qattara (Égypte), où des centrales hydroélectriques ont été proposées pour tirer profit de la pression hydraulique pour produire de l'énergie, comme pour le futur canal de la mer Rouge à la mer Morte. On encore pour éviter la catastrophe écologique d'Alméria (Espagne), avec l'épuisement des nappes phréatiques[302].

46.6 Une technique intéressante, mais peut-être non encore compétitive

Pour garantir le projet de Sundrop Farms, les investisseurs ont dû obtenir d'un des clients de Sundrop Farms un engagement sur le **prix de gros des tomates à trois dollars le kilo** sur 10 ans, a confié un proche des négociations. Ce qui est impensable en Europe, où le prix de base est plutôt calé sur une fourchette entre 1 et 1,50 euros. Le bémol : **La ferme Sundrop Farms a coûté 100 millions d'euros, soit un million d'euros d'investissement par hectare.**

46.7 Bibliographie

a) », https://fr.wikipedia.org/wiki/Serre_%C3%A0_eau_de_mer,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Seawater_greenhouse
c) https://boowiki.info/art/serre/l-eau-de-mer-serra.html
d) https://www.huffingtonpost.fr/c-est-demain/article/dans-les-serres-du-futur-des-tomates-nourries-a-l-eau-de-mer_94976.html

[301] Cf. https://seawatergreenhouse.com/technology

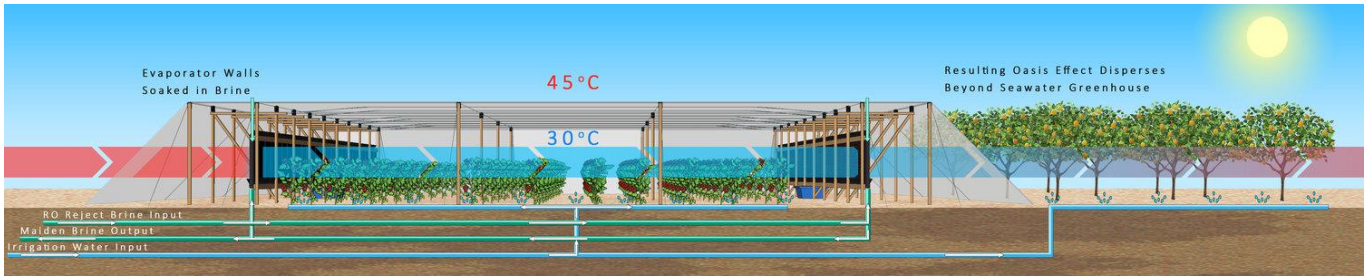
[302] a) La catastrophe écologique espagnole. Le revers du bio low-cost, Ben. Mason, 4 décembre 2019, https://autonomiejardin.com/2019/12/04/catastrophe-agroecologique-espagnole-le-revers-du-bio-low-cost/
b) Intensive farming in Almería, https://en.wikipedia.org/wiki/Intensive_farming_in_Almer%C3%ADa
c) « On va avoir un paysage lunaire ! » L'Espagne affronte la désertification, 8 février 2020, https://reporterre.net/On-va-avoir-un-paysage-lunaire-L-Espagne-affronte-la-desertification

e) https://www.curioctopus.fr/read/17204/cultiver-dans-le-desert-sans-avoir-besoin-d-eau-:-les-serres-revolutionnaires-de-charlie-paton
f) Akinaga, T, et al. "*Brine Utilisation for Cooling and Salt Production in Wind-Driven Seawater Greenhouses: Design and Modelling."* Desalination, vol. 426, 2018, pp. 135–154. [Utilisation de la saumure pour le refroidissement et la production de sel dans les serres d'eau de mer éoliennes : conception et modélisation." Dessalement], vol. 426, 2018, p. 135–154. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916417302400
g) Serres flottantes : cultiver avec l'eau de mer et l'eau de pluie [pour mention], Emilie Dubois, 07/11/2021, https://www.linformatique.org/serres-flottantes-eau-mer-pluie.html
i) Aston University - Research with Sea Water, https://www.youtube.com/watch?v=a3b4bDwaF3w

46.8 Contacts

a) **Seawater Greenhouse Ltd**., Site : https://seawatergreenhouse.com/
Seawater Greenhouse Somaliland, https://www.sgsomaliland.com/
Email : info@seawatergreenhouse.com , Tél : +44 (0) 20 7249 3627
Adresse : 2A Greenwood Road, London E8 1AB, Royaume-Uni
b) **Aston University**, business@aston.ac.uk, Tel : 0121 204 4242
c) **Van der Hoeven Horticultural Projects Company**, Site : https://www.vanderhoeven.nl/
Adresse : Vrij-Harnasch 124, 2635 BZ Den Hoorn, Pays-Bas
Tél : +31 88 262 66 66, email : info@vanderhoeven.nl

46.9 Images



Evaporator Walls [Parois de l'évaporateur] 45°C Resulting Oasis Effect Disperses [L'effet Oasis résultant se disperse].
Soaked in Brine [Trempé dans la saumure] 30°C Beyond Seawater Greenhouse [Au-delà de la Serre].
RO Reject Brine Input [Entrée du rejet de la saumure].
Maiden Brine Output [Sortie de la saumure].
Irrigation Water Input [Entrée de l'eau d'irrigation]

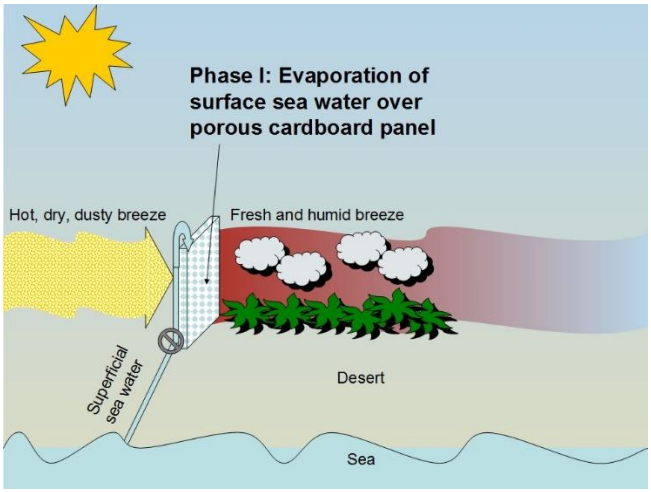


Figure 1. A l'intérieur de la serre – évaporation : L'eau de mer, à évaporer, est pompée dans le panneau de nid d'abeilles en treillis (appelé panneau d'évaporation).

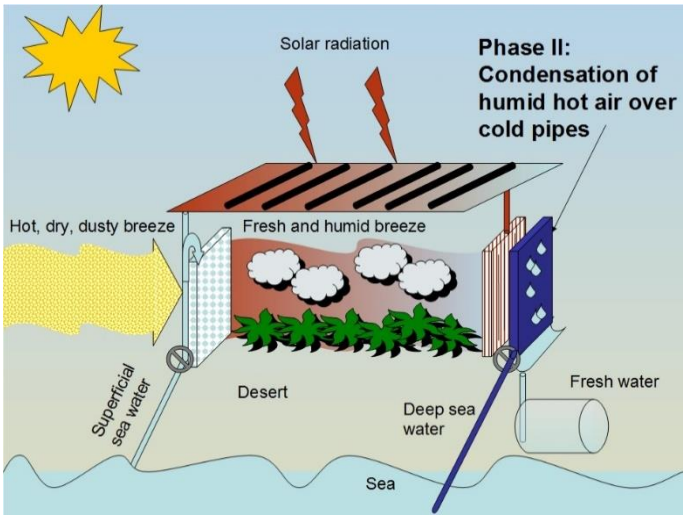


Figure 2. A l'intérieur de la serre – condensation : la vapeur d'eau est produite en utilisant l'eau de mer chauffée par le soleil et par la suite elle est condensée sur des tubes contenant de l'eau de mer froide.



Figure 3. La zone autour de la serre, Tenerife , peu après l'installation, 22 août 2011.



Figure 4. La même zone deux ans plus tard.



Figure 5. Panneau alvéolaire (en carton) sur lequel l'eau de mer circule et s'évapore.



Figure 6. Image fournie par la société britannique Seawater Greenhouse



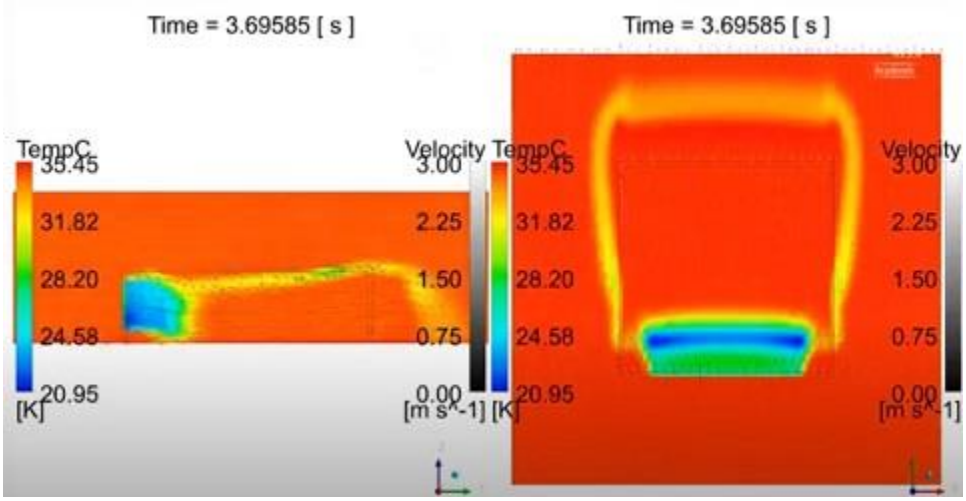
Figure 7. Ferme solaire de Sundrop Farms en Australie, construite par la société néerlandaise Van der Hoeven, lancée fin 2016, faisant sortir des tomates du désert grâce au soleil et l'eau de mer.



Figure 8. Image fournie par la société britannique [Seawater Greenhouse]

46.10 Etudes et modélisations

En 1996, Paton et Davies ont utilisé la boîte à outils Simulink sous MATLAB pour modéliser la ventilation forcée de la serre à Tenerife, au Cap-Vert, en Namibie et à Oman. La serre est assistée par le vent dominant, le refroidissement par évaporation, la transpiration, le chauffage solaire, le transfert de chaleur à travers les murs et le toit et la condensation qui est analysée dans l'étude. Ils ont constaté que la quantité d'eau requise par les usines est réduite de 80 % et que 2,6 à 6,4 kWh d'énergie électrique sont nécessaires pour les m3 d'eau douce produits.
En 2005, Paton et Davis ont évalué les options de conception avec modélisation thermique en utilisant le modèle des Émirats arabes unis comme référence. Ils ont étudié trois options : un écran perforé, un chemin d'air en forme de C et un réseau de tuyaux, pour trouver un meilleur circuit d'eau de mer pour refroidir l'environnement et produire le plus d'eau douce. L'étude a révélé qu'un réseau de canalisations donnait les meilleurs résultats : une diminution de la température de l'air de 1 °C, une diminution moyenne de la température radiante de 7,5 °C et une augmentation de la production d'eau douce de 63 %. Cela peut être mis en œuvre pour améliorer les serres d'eau de mer dans les régions chaudes et arides, comme le deuxième projet pilote aux Émirats arabes unis.
En 2018, Paton et Davis ont étudié l'utilisation de la saumure pour le refroidissement et la production de sel dans des serres d'eau de mer éoliennes pour la concevoir et la modéliser. La saumure éliminée par le dessalement de l'eau de mer peut perturber l'écosystème car la même quantité de saumure est produite que l'eau douce. En utilisant la méthode de valorisation de la saumure du flux d'air entraîné par le vent en refroidissant la serre avec l'évaporation de l'eau de mer, le sel peut être produit comme le montre la figure 4. Cette saumure est le sous-produit de la production d'eau douce, mais peut également être l'ingrédient pour faire du sel, en le transformant en un produit qui peut être commercialisé.



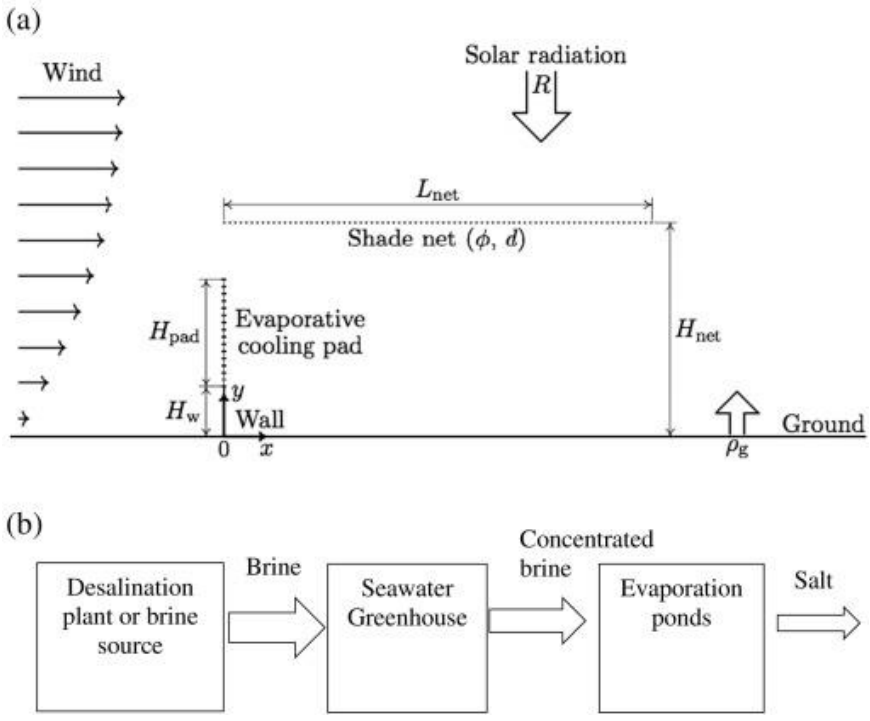


Figure 8 : concept de base de serre d'eau de mer pour l'utilisation de l'eau saumâtre.

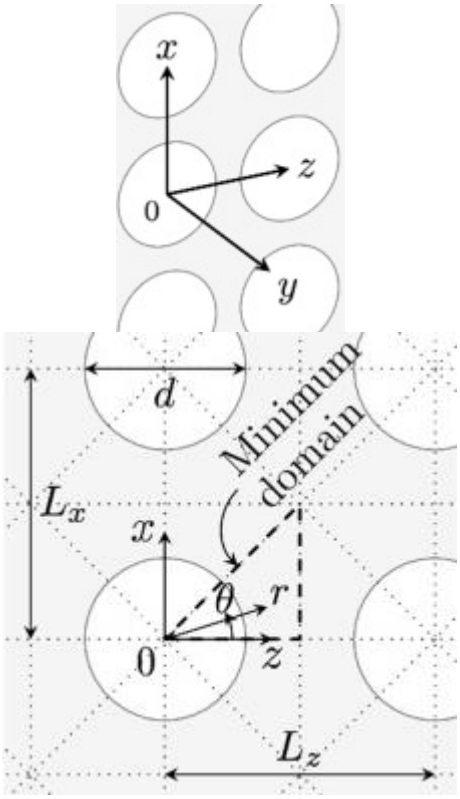
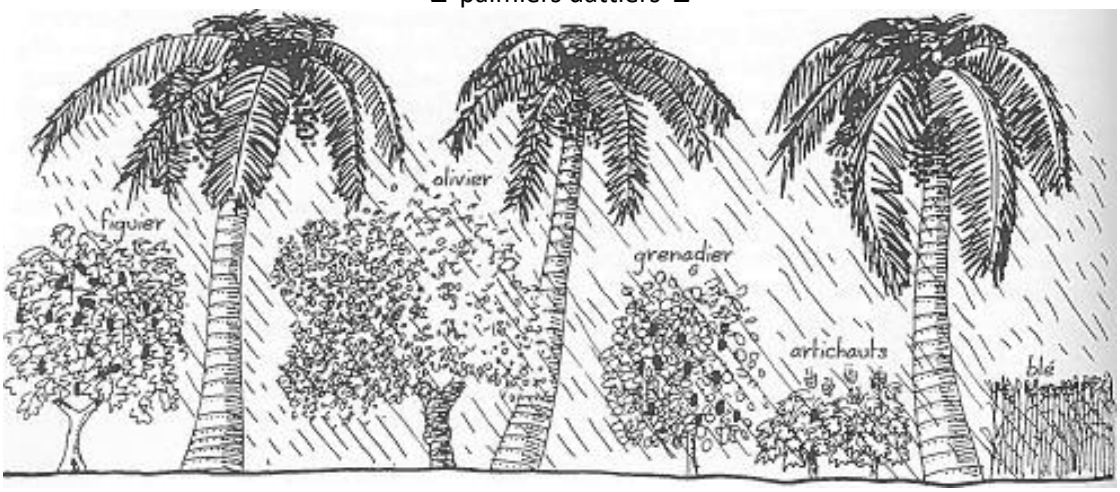


Figure 10 : Modèle géométrique du filet d'ombrage pour la détermination de la chute de pression montrant (a) le système de coordonnées local et (b) les plans de symétrie (lignes pointillées) utilisés pour simplifier la modélisation.

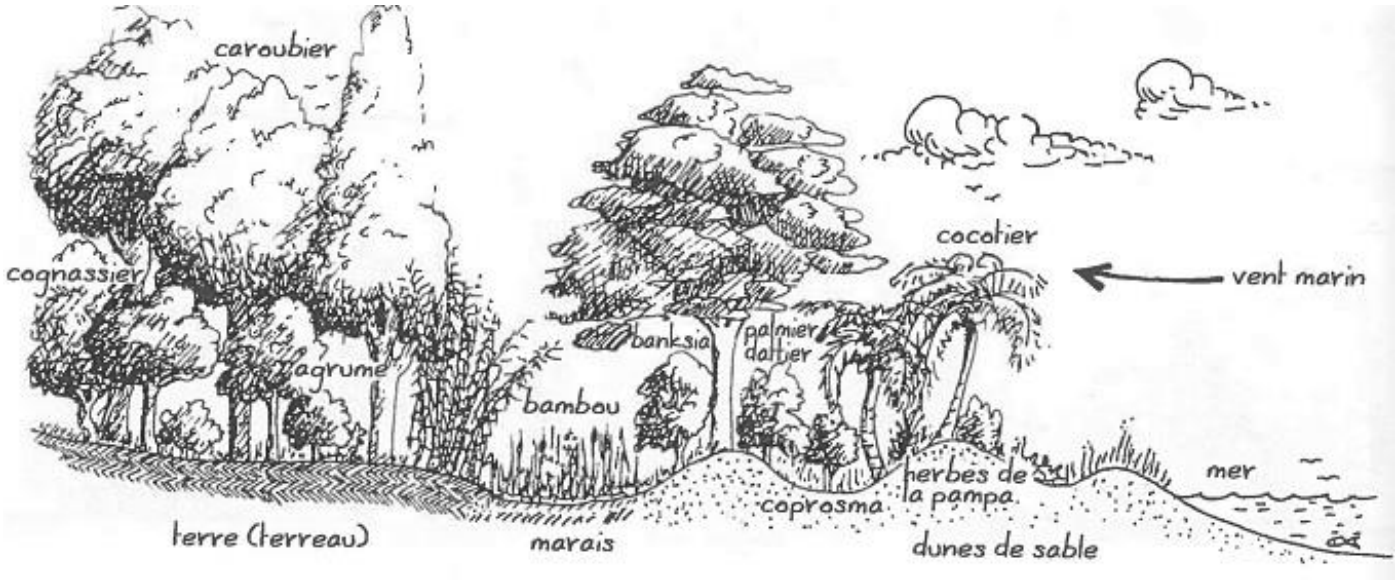
47 Annexe : Dispositions agroforestières

Agroforesterie : 1) mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres dans des cultures ou des pâturages. 2) Association d'arbres et de cultures ou d'animaux sur une même parcelle.

↙ palmiers dattiers ↘

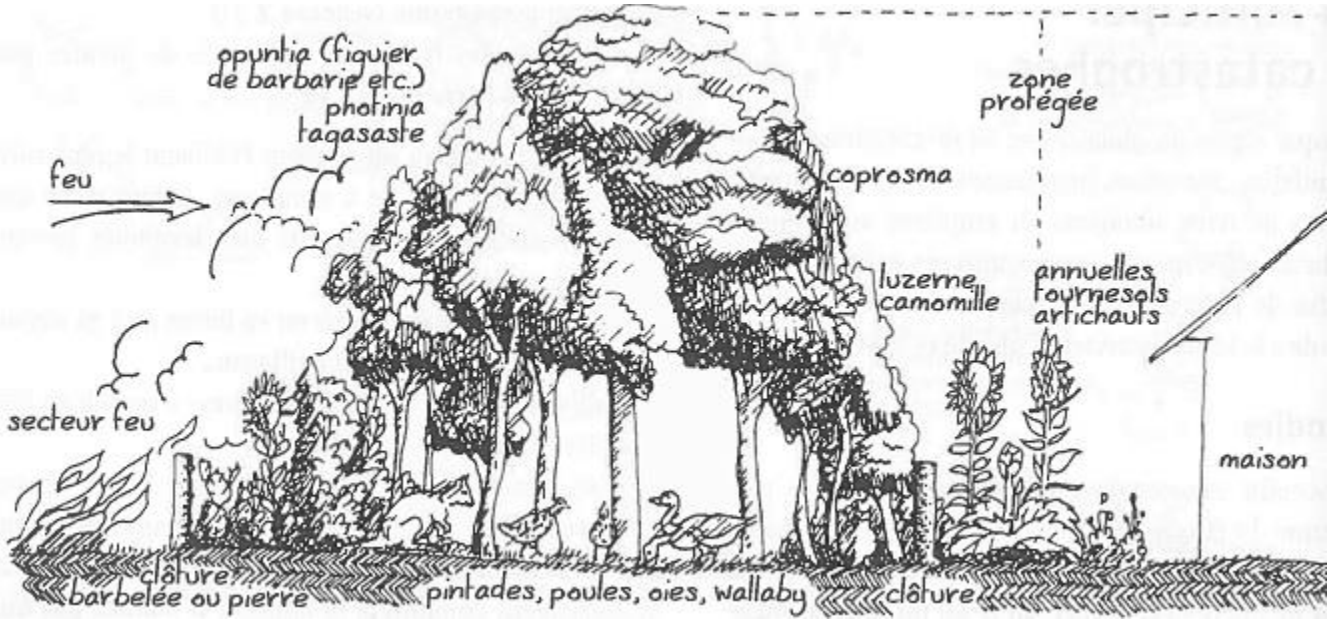


Les palmiers procurent de l'ombre aux autres arbres (figuier, olivier, grenadier …) et cultures (blé, artichauts …).
Source : Source : *Introduction à la permaculture*, Bill Mollison, Ed. Passerelle eco, 2012, page 152.



Une suite de plantations sur le littoral [climat tropical sec à méditerranéen, sans gel]. Source : Source : *Introduction à la permaculture*, Bill Mollison, Ed. Passerelle eco, 2012, page 64.

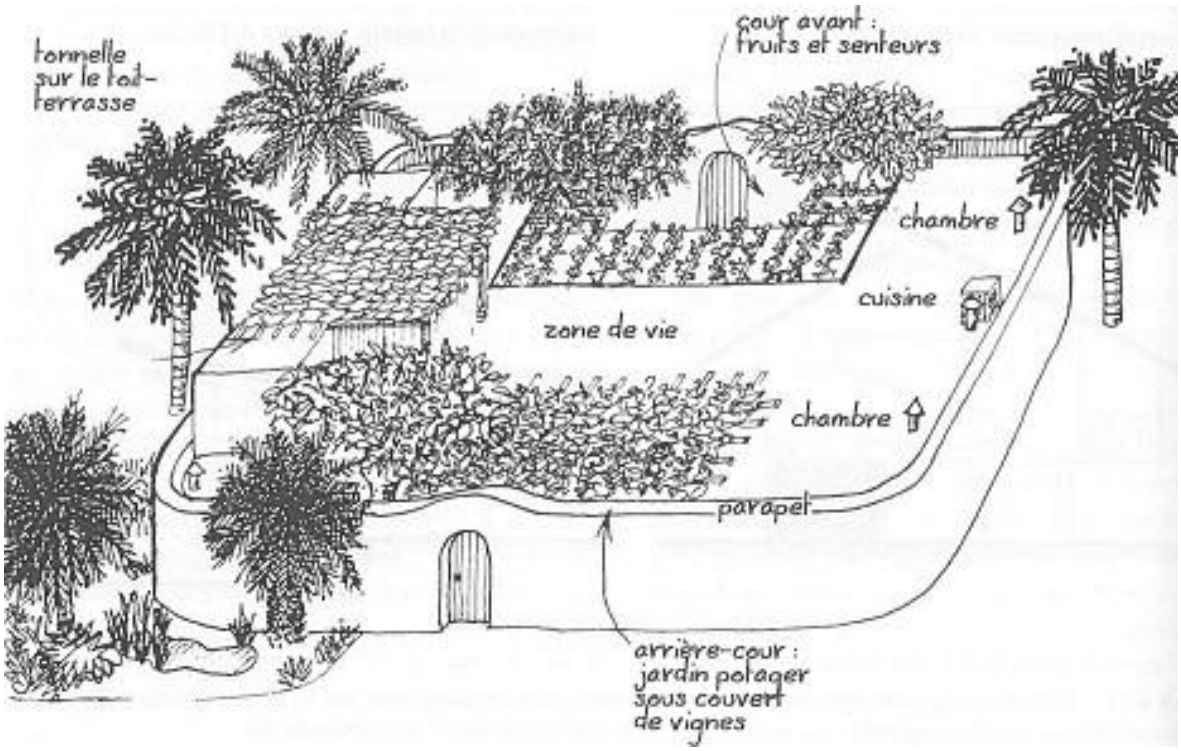
Agroforêt ou « ***système agroforestier*** » : Il s'agit d'une forêt dont la composition faunistique et floristique sont le fruit d'une gestion par la ou les populations locales. L'intérêt de ces populations est la constitution d'un cadre de vie satisfaisant leurs divers besoins, en termes d'alimentation, de matériaux de construction, d'artisanats variés, d'énergie, de produits médicinaux, et toutes activités sociales. Les écosystèmes désignés comme *agroforêts* sont en général situés en zone intertropicale.



Défense contre les incendies, avec plantations et animaux, pour petite ville ou hameau. Source : *Introduction à la permaculture*, Bill Mollison, Ed. Passerelle eco, 2012, page 82.

Jardin-forêt : Un mélange d'arbres, arbustes, arbrisseaux, plantes grimpantes, légumes annuels, biannuels et vivaces, de champignons cultivés, qui produisent fruits, légumes, plantes aromatiques et médicinales, bois de chauffage etc.

Jardin-verger : endroit créé et préservé par l'homme, source de vie et de bien-être, et constitué d'un ensemble multi-étagé d'espèces végétales utiles principalement pour l'alimentation. Il existe différentes dénominations pour parler de jardin-verger comme jardin-forêt, forêt-jardin, forêt fruitière, forêt comestible, etc.



Une maison en climat aride, avec des murs épais, des cours intérieures et des tonnelles de plantes grimpantes.
Source : *Introduction à la permaculture*, Bill Mollison, Ed. Passerelle eco, 2012, page 104.

Permaculture : Forme d'agriculture, créée dans les années soixante-dix en Australie par Bill Molisson et David Holmgren, nécessitant peu d'entretien, grâce à l'utilisation de nombreuses espèces de plantes complémentaires et à l'aide des animaux sauvages, pour reconstituer un écosystème gérable à échelle humaine. Elle signifie culture permanente et durable. Elle est un ensemble de pratiques et de principes visant à créer une production agricole durable, prenant en considération la biodiversité des écosystèmes[1,2], respectueuse des êtres vivants et de leurs relations réciproques. Elle vise à créer un écosystème productif en nourriture ainsi qu'en d'autres ressources utiles, tout en laissant à la nature « sauvage » le plus de place possible.

48 Annexe : Stratégies préventives de lutte contre les plantes invasives

48.1 Contrôle aux frontières

Il faut un contrôle aux frontières, par les douanes, des importations des animaleries, pépiniéristes, aquacultures, parc animaliers, zoos, de particuliers.

48.2 Campagnes de sensibilisation

Il faut une communication, éducation, sensibilisation, formation face au problème, en particulier auprès des associations et du grand public.

Conseils à donner au grand public, face aux plantes invasives :

- Se renseigner avant sur les caractéristiques de ces plantes.
- Ne pas les acheter.
- Ne pas les planter : préférer les plantes locales.
- Les arracher.
- Les couper régulièrement à la base, les tailler avant floraison.
- Faire sécher les résidus avant de les incinérer.
- Ne pas jeter le contenu des aquariums et les déchets verts dans les milieux naturels pour ne pas les propager.
- Les déposer en déchèterie.
- Informer votre entourage des risques liés aux plantes invasives (qui sont souvent jolies et ornementales).

Source : *Je lutte contre les plantes invasives !* http://www.morbihan.fr/userfile/file/a_votre_service/envir/plantes-invas_3mo.pdf

Malheureusement, dans la plupart des pays, « *la prévention de ce problème est encore "insuffisante", que ce soit du fait de manques de financements, de carence dans la coordination entre la recherche scientifique et les acteurs de terrain ou le manque de sensibilisation du grand public. La détection du caractère invasif d'une espèce est souvent trop tardive* ». Source : Anne Lenormand / Localtis, Ibid.

Face à ces plantes, il faut utiliser, auprès du grand public, l'image d'un feu à combattre (voir image ci-dessous) :

Il faut faire comprendre qu'**il faut réagir vite !** A l'image d'un départ de feu où que tout se joue dans les premières minutes _ pour stopper un incendie, il faut un verre d'eau la première seconde, un seau la première minute et… une tonne d'eau au-delà de 10 minutes ! _, de même **si l'on tarde à enrayer l'infestation d'une invasive, plus les dégâts _ sur la nature, les récoltes etc. _ seront considérables et coûteux.**

Stade d'invasion	Mode de gestion	GRAVITE
Invasion présentant une (Distribution ponctuelle, extension réduite)	• Action d'éradication envisageable • Interventions complémentaires de prévention mises en place pour éviter son retour	Gravité faible !
Invasion localement distribuée	• Eradication impossible • Action de contrôle à privilégier • Limitation de la progression de l'espèce par un contrôle des fronts de colonisation	Gravité moyenne !!
Invasion largement distribuée	• Eradication impossible • Action de contrôle à privilégier • Gestion de manière continue de l'espèce • Réduction des populations à des niveaux de nuisances acceptables ou non significatifs • Interventions devant s'intégrer à la gestion courante de l'espace • Opération de lutte active sur les sites à enjeux	Gravité forte !!!



Image de l'invasion pour les invasives, en utilisant l'image choc du feu qui se propage et qu'on ne peut plus éteindre.

49 Annexe : Stratégies palliatives de lutte contre les plantes invasives

Les stratégies de luttes, exposées ci-après, concernent surtout les plantes *aquatiques* invasives.

Lutte chimique

Il n'est plus à démontrer que les herbicides (glyphosate …) ont un impact non négligeable sur la biodiversité indigène. Et souvent, les plantes invasives reviennent.

Lutte biologique

Il existe des obstacles non négligeables à l'utilisation d'agents de lutte biologique en Europe. Ainsi, une grande majorité des agents de lutte est originaire des continents origines des espèces invasives, et représente un risque en termes d'invasion [dans leur nouvel environnement]. Néanmoins, il ne faut pas exclure que l'utilisation d'un agent de lutte biologique puisse offrir une solution efficace à l'avenir pour lutter contre certaines espèces.

Lutte mécanique

L'arrachage mécanique, suivi de plusieurs finitions manuelles, a permis d'éradiquer certaines espèces. L'application de ce scénario semble relativement simple, mais les réalités de terrain (inaccessibilité des sites pour les engins lourds, difficulté d'observer l'espèce) peuvent fortement en compromettre la faisabilité. Une autre méthode de lutte mécanique a montré un niveau d'efficacité partiel, il s'agit de l'excavation des berges à l'aide d'une déplaqueuse de gazon ou « *turf cutter* ».

Lutte environnementale

La mise en assec et l'inondation prolongées (5 à 9 mois) ont montré un niveau d'efficacité total pour certaines plantes aquatiques, mais dans des conditions difficilement généralisables (assèchement complet des boues, salinité élevée). Le paillage plastique (bâche en polythène) peut étouffer la plantes, mais il faut le laisser au moins 10 ans.

Méthodes de lutte dites « Autres »

Plusieurs méthodes de lutte alternatives _ azote liquide, H_2O_2, lance-flamme, Waipuna, vapeur d'eau chaude _ ont été aussi utilisées mais n'ont donné que des niveaux d'efficacité modérés sur certaines plantes. Les recherches plus approfondies sont nécessaires pour connaitre le réel potentiel de ces méthodes.

Combinaison de méthodes de lutte

Une étude (UNIMA, 2001) rapporte que la combinaison d'un traitement chimique, d'un arrachage mécanique et d'une finition manuelle est le scénario de gestion donnant un niveau d'efficacité partiel le plus élevé sur certaines plantes.

Source : *Efficacité des méthodes de lutte contre le développement de cinq espèces de plantes invasives amphibies : Crassula helmsii, Hydrocotyle ranunculoides, Ludwigia grandiflora, Ludwigia peploides et Myriophyllum aquaticum*, Emmanuel Delbart, Grégory Mahy & Arnaud Monty, http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=9586#tocto2n8



Fauchage de l'Ambroisie



Faucardage (avec une faucardeuse) : fauchage ou arrachage d'une plante aquatique envahissante.



Désherbage thermique.



Désherbage thermique.



La société *Waipuna* fabrique et commercialise du matériel de désherbage à *mousse chaude*.



« Paillage plastique » : Bâche en polythène utilisé pour le désherbage

50 Annexe : Mécanismes intrinsèques des plantes invasives, expliquant leur *invasivité*

- La plante introduite n'est plus, dans son nouveau milieu, confronté à ses « ennemis » naturels, qui contrôlaient antérieurement la croissance de sa population ;
- Beaucoup de plantes sécrètent, par leurs feuilles et/ou racines ou rhizomes, des composés organiques dits allélopathiques (molécules ayant des effets inhibiteurs à franchement phytotoxiques selon les cas) pour les espèces de la communauté végétale réceptrice (c'est le cas par exemple pour *Artemisia absinthium* ou *Centaurea diffusa* qui ne posent pas de problèmes en Eurasie, mais qui sont devenue envahissante en Amérique du Nord). Des expériences faites sur *Centaurea diffusa* laissent penser que cette *invasive* utilise des composés chimiques pour inhiber ou éliminer les plantes qui la concurrencent. Ses voisins eurasiens de longue date s'étaient adaptés à ces molécules au cours d'une longue convolution[303], mais de nouveaux voisins nord-américains, en l'occurrence, de *Centaurea diffusa* sont très sensibles à ces molécules, face auxquelles ces plantes locales ne sont pas armées.
- Parfois, le climat ou les conditions édaphiques[304] nouvelles peuvent être plus propices que dans le milieu d'origine ;
- Chez certaines plantes, on a montré que la production de molécules allopathiques augmente en période chaude et se réduit ou perd de son efficacité sous la pluie ou par temps froid. Le réchauffement climatique pourrait donc exacerber le caractère allélopathique et invasif de certaines plantes, introduites et devenues invasives[305].

Le secret du succès des espèces invasives :

Leurs atouts compétitifs :

1. Elles n'ont que peu de prédateurs (dans leur nouvel environnement).
2. Elles sont très adaptables à tout type de sol _ y compris les sols pauvres, dégradés _, de milieux (arides, salins …), de climats … (voire elles peuvent évoluer facilement).
3. Elles sont hors-compétition pour la nourriture et l'habitat (souvent, elles n'ont pas de concurrent, dans leur nouveau milieu) .
4. Elles sont souvent agressives par rapports aux espèces autochtones, par les toxines qu'elles libèrent (par leurs *effets allélopathiques*) inhibant souvent le développement des autres espèces, par la grande densité de leur système racinaire …

[303] Evolutions conjointes.

[304] ***Édaphique, édaphisme :*** qui a rapport au sol (structure, qualités physiques, chimiques ou biologiques) et à ses relations avec les végétaux.

[305] Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Plante_envahissante#Conditions_de_l'invasivit%C3%A9

5. Par leurs fourrés très denses, les plantes invasives ont tendance à étouffer toute la végétation concurrente.
6. Elles prospèrent dans les systèmes perturbés. Ce sont souvent des plantes pionnières.
7. Elles se reproduisent rapidement et produisent souvent d'énorme quantités de graines.

La majorité des plantes mettent plus de 150 ans pour s'acclimater et devenir autochtone dans leur nouveau milieu (et par exemple, pour quitter et se propager naturellement à partir du jardin botaniques, où elles étaient en cours d'acclimatation). Or les plantes invasives mettent souvent moins de 70 ans, via le même processus.

Source : http://www.invadingspecies.com/invaders/

51 Annexe : Modes de propagation des espèces invasives

Les espèces envahissantes sont capables d'être mis en place et se propager via différents moyens et médias, y compris:

- Les conteneurs et les navires de la flotte maritimes (via leur ballast, coque, cale …).
- La navigation de plaisance et commerciale.
- Le mouvement et la libération d'appâts vivants.
- Le commerce des aquariums , des jardins et plantes aquatiques.
- Le commerce de poissons vivants destiné à l'alimentation.
- Les introductions non autorisées.
- Les canaux artificiels.
- L'horticulture et le jardinage.
- Les mélanges de semences.
- La faune, le bétail, les humains et les animaux.
- L'augmentation du commerce et des voyages internationaux, nationaux et régionaux.
- Le bois de chauffage.

Les espèces envahissantes sont souvent extrêmement difficile, voire impossible à enlever une fois établie dans un nouvel environnement. *Il est important de prévenir l'introduction et / ou la propagation des espèces envahissantes.*
Source : http://www.invadingspecies.com/invaders/

Introductions volontaires		Introductions accidentelles
Introductions directes dans l'environnement	**Introductions après culture ou captivité**	
Agriculture	Evasions de jardins botaniques	Fret maritime et aérien
Foresterie	Jardins privés	Eaux de ballast
Horticulture	Jardineries	Coque des navires
Elevage	Zoos	Véhicules personnels
Lâcher de poissons	Elevages d'animaux	Engins de transport et de
Lâcher de mammifères	Apiculture	Construction.
Chasse	Aquaculture	Denrées agricoles
Contrôle biologique	Aquariums	Semences
Amélioration des sols	Nouveaux animaux de compagnie	Matériaux de construction (terre, gravier, sable...)
Développement agricole	Unités de recherche	Bois
		Matériaux d'emballage
		Courrier postal
		Déchets

Exemples de voies et de vecteurs d'introduction volontaires et accidentels. Source : *Tableau 2, Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations*, Yohann Soubeyran, Planète Nature, Groupe outre-mer, UICN Comité Français, juillet 2008, http://especes-envahissantes-outremer.fr/pdf/synthese_generale.pdf

52 Annexe : Que faire quand vous devenez insensible moralement, en raison de traumatismes ?

Si votre traumatisme est une atteinte, une lésion du lobe frontal, centre des émotions et de la raison, le problème est quasiment insoluble. Certains, qui avaient des valeurs morales avant leur trauma, s en ont conscience et font tout pour agir comme un être sensible auprès de leur familles et amis.

Nous avons aussi le cas de cette perte de sensibilité, en raison de syndromes de stress post-traumatiques, liés :

a) A une enfance dysfonctionnelle (maltraitances psychologiques et carences affectives graves, comme dans le cas des tueurs en série (à qui l'on n'a pas fourni de garde-fous moraux). Mais heureusement, tous les enfants maltraités et carencés et/ou sans garde-fou, ne deviennent pas tueurs en série).
b) A une guerre, à une agression, à un attentat terroriste. Il y a, dans ces derniers cas, des possibilités de réparations psychologiques et de résilience. Une longue thérapie psy et des valeurs morales peuvent y aider.

53 Annexe : Préconisations pour lutter contre la corruption

Pour lutter contre la corruption, il faut (selon l'auteur) :

1) L'indépendance de la justice (du pouvoir judiciaire) (par rapport au pouvoir exécutif, législatif),

2) L'indépendance de la presse et des médias (par rapport au pouvoir),
3) Il faut donc la liberté d'expression (garantie par la loi) et une vraie démocratie pluraliste,
4) Des journalistes d'investigation,
5) Il faut la transparence des salaires, des possessions (biens matériels, financiers …) et des dépenses des députés, visibles, consultables par tous les électeurs, sur le/un site web du gouvernement,
6) Une formation de qualité des magistrats au niveau de l'école de la magistrature (indépendante par rapport au pouvoir). Idem pour les policiers. Il faut aussi que les magistrats et policiers soient payés en conséquence.
7) Une formation des enfants, très tôt, dans les écoles à l'esprit civique, à l'honnêteté, au goût de l'effort.
8) Il faut favoriser les ONG de lutte contre la corruption : ANTICOR, Transparency International …

54 Associations, organisations, ONG

[200] a) **World Agroforestry Centre**, Kenya, site : https://www.worldagroforestry.org/
b) Projet Drylands transform [Transformation des terres arides] (Kenya , Ouganda, 01/2020-12/2024), https://www.worldagroforestry.org/project/drylands-transform
[201]a) **SOS Sahel**, tél : 01 46 88 93 70, site : http://www.sossahel.org
b) SOS Sahel GB (Sue Cavanna), tél : +44 (0)1865 403305, Courriel : mail@sahel.org.uk, Site : www.sahel.org.uk
[202] a) International Institute for Environment and Development (**IIED**), 235 High Holborn, Holborn, London WC1V 7DN, UK, Tel: +44 (0)20 3463 7399, site : www.iied.org
b) Programme Zones Arides (Ced Hesse), tél : + 44 (0)131 624 7043, courriel : Ced.Hesse@iied.org,
Site : www.iied.org/NR/drylands
[203] Unité de recherche sur la restauration forestière de l'Université de Chiang Mai, Thaïlande, **FORRU-CMU**, https://www.forru.org/
[204] Fond Français pour l'Environnement Mondial (**FFEM**), AFD, 5 Rue de Roland Barthes, 75598 PARIS CEDEX 12, France, Site : https://www.ffem.fr/
b) https://www.ffem.fr/fr/carte-des-projets/lutte-contre-la-desertification-par-lappui-au-pastoralisme-dans-le-ferlo
[205] **WACOMP** (Programme de la Compétitivité de l'Afrique de l'Ouest), 101 Yakubu Gowon Crescent Asoroko District, P.M.B. 401, Abuja, Nigeria, courriel : info-wacomp@ecowas.int, site : www.wacomp.ecowas.int

55 Instituts spécialisés et contacts

[300] Arid Forest Research Institute (AFRI), http://afri.res.in
[301] Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), http://www.cilss.bf/htm/lcd.htm
[302*] Jacob Blaustein Institute for Desert Research*, a) http://in.bgu.ac.il/en/bidr/Pages/default.aspx,
b) https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_Blaustein_Institutes_for_Desert_Research
[303] *Ben-Gurion University* ou *BGU* (Université Ben Gourion du Néguev (אוניברסיטת בן גוריון בנגב)),
a) http://www.bgu.ac.il/ , b) https://fr.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A9_Ben_Gourion_du_N%C3%A9guev
[304] Salt Farm Texel, Hoornderweg 42, 1797RA, Den Hoorn, Pays-Bas (The Netherlands). Contact : Arjen de Vos. Tél. 0031 (0) 6 513 279 51. Email : info@saltfarmtexel.com, site : http://www.saltfarmtexel.com/

56 Contact pour plus d'informations

Benjamin LISAN
16 rue de la Fontaine du But
75018 PARIS, France.
Tél.: 01.42.62.49.65 / GSM: 06.16.55.09.84
E-mail: benjamin.lisan@free.fr



56.1 Sites Internet de l'auteur

- Site de téléchargement de documents agroécologiques et de sensibilisation environnementale : http://doc-developpement-durable.org/
- Base de données documentaire (de téléchargement) de documents agroécologiques et de sensibilisation environnementale : http://doc-developpement-durable.org/file/
- Site d'aide aux projets de reforestation : http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/menuReforestation.htm
- Site d'aide aux projets de développement durable : http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/menuDevDurable.htm

Vous trouverez : a) une version électronique PDF gratuite de ce livre, à cette adresse Internet (17 Mo) : http://www.doc-developpement-durable.org/livres/planter_en_conditions_arides_et_salines.pdf
b) sa version diaporama Powerpoint (18 Mo, 267 pages) : https://www.doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/Planter-en-conditions-arides-salines.pptx
c) b) sa version diaporama PDF (17 Mo) : https://www.doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/Planter-en-conditions-arides-salines.pdf

Table des matières

1 Avant-propos 6
1.1 Partis pris 6
1.2 Invitation à participer à l'amélioration de cet ouvrage 7
2 Introduction 7
2.1 Le réchauffement climatique permanent de la Terre, depuis 1850 7
2.2 Un constat inquiétant sur la désertification et la salinisation croissante des terres 8
2.2.1 Augmentation des périodes de sècheresse et de canicule et aridification des terres 8
2.2.2 Augmentation des feux de forêts de grande ampleur dans le monde 9
2.2.3 Les reculs des glaciers depuis 1850 et leurs impacts négatifs 12
2.2.4 Sècheresses accrues dans des régions. Assèchement des rivières, de lacs et de mers intérieures 16
2.2.5 L'augmentation des tempêtes de sable 19
2.2.6 Le rôle croissant des terres arides dans le monde 20

2.3 Dégradation et augmentation de l'aridité des sols 20
2.3.1 Dégradation des sols, par l'érosion et la désertification 20
2.3.2 Les causes des augmentations des épisodes de sécheresses 21
2.3.3 Augmentation de la salinisation des sols 21
2.4 Submersions et transgressions marines 21
2.5 Le non-contrôle strict de la démographie mondiale 23
2.6 Crises économiques, cours des denrées de base trop hauts, émeutes de la faim 24
2.1 Réflexes égoïstes et guerres de l'eau 25
2.2 Terrorisme, guerres 25
3 Biosécurité 26
4 Bien réfléchir avant d'introduire une plante dans une région donnée (le problème des plantes invasives) 26
4.1 L'introduction de l'eucalyptus (réflexions sur) 26
4.1 L'introduction des plantes invasives 27
4.1.1 Définition ou caractéristiques des plantes invasives 27
4.1.2 Manque de méfiance de tout un chacun face aux plantes invasives 27
4.1.3 Coûts économiques et écologiques causées par les espèces invasives 27
5 La résistance au stress biotique et abiotique d'une plante 28
5.1 Définition stress biotique et abiotique 28
5.2 Différences de résistances de plantes à certains stress 29
6 Signalétique 29
7 Rêver de reverdir le désert 30
8 Cartes des zones arides, des sols et de la pénurie d'eau dans le monde 36
9 Définitions 40
10 Introduction sur la salinité des sols 40
10.1 Exemples de plantes de sols salins 41
10.1.1 Acanthus ilicifolius 41
10.1.2 Saligne à balai (Haloxylon scoparium ou Hammada scoparia) 41
10.1.3 Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum cristallinum*) & Orge maritime (*Hordeum marinum*) 42
10.1.4 Aster maritime ou oreille de cochon (*Aster tripolium*) 42
10.1.5 Genres *Salicornia*, *Suaeda*, palétuviers, autres plantes halophytes 43
11 Arbres et arbustes fruitiers résistants au sel et/ou à l'aridité 45
11.1 Jujubier commun (*Ziziphus jujuba* ou *Ziziphus mauritania*) 45
11.2 Jujubier épine du Christ (*Ziziphus spina-christi*) 46
11.3 Tamarinier (*Tamaridus indica*) 48
11.4 Caroubier (*Ceratonia siliqua*) 49

11.5 Pistachier commun ou pistachier vrai (*Pistacia vera*) 50
11.6 Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) 52
11.7 Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*) 54
11.8 Grenadier commun (*Punica granatum*) 55
11.9 Grenadier de Socotra (*Punica protopunica*) 56
11.10 Vigne cultivée et sauvage (*Vitis vinifera*) 57
11.11 Arganier (*Argania spinosa*) 60
11.12 Palmier-dattier (*Phoenix dactylifera*) 61
11.13 Arbre de Josué ou Joshua tree (*Yucca brevifolia*) 62
11.14 "Palmier porcelaine" (*Yucca filifera*) 63
11.15 *Washingtonia sp.* 64
11.16 Olivier (Olea europaea) 65
11.17 Amandier (*Prunus dulcis*) 68
11.18 Figuier commun (*Ficus carica*) 70
11.19 Figuier sycomore (*Ficus sycomorus*) 71
11.20 Dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*) 72
11.21 Madd (*Saba senegalensis*) 73
11.22 Bungo, mbungo ou vigne en caoutchouc (*Saba comorensis*) 74
11.1 Hanza ou aizen (*Boscia senegalensis*) 75
11.2 Ditax, ditakh, detar et « arbre à suif » (*Detarium senegalense*) 76
11.3 *Combretum glutinosum* 78
12 Arbres utiles pour le fourrage, le bois et d'autres usages 79
12.1 Khejri ou Ghaf (*Prosopis cineraria*) 79
12.2 *Callitris tuberculata* ou *Callitris preissii* 80
12.3 *Pterocarpus angolensis* 81
12.4 Lebbeck ou bois noir (*Albizia lebbeck*) 84
12.5 Cassier (*Acacia farnesiana*) 85
12.6 *Acacia seyal* 86
12.7 *Faidherbia albida* (Synonyme *Acacia albida*) 87
12.8 *Acacia dudgeoni* 89
12.9 *Acacia senegal* ou *Senegalia senegal* 90
12.10 Arbre Salam (*Acacia ehrenbergiana*) 91
12.11 *Acacia ampliceps* 92
12.12 *Bauhinia rufescens* 93
12.13 Arbre pilon ou Casse du Sénégal (*Cassia sieberiana*) 95

12.14 Mopane ou Mopani (Colophospermum mopane) 96
12.15 Karanj ou arbre de pongolote (*Millettia pinnata*) 97
12.16 Paulownia hybride (*Paulownia elongata* x *fortunei* x *elongata*). 98
13 Arbustes résistants à la sécheresse et/ou aux sols salins....99
13.1 Jojoba (*Simmondsia chinensis*) 99
13.2 Arroche halime, pourpier de mer ou arroche marine (*Atriplex halimus*)....100
13.3 Grande arroche (*Atriplex lentiformis*)....101
13.4 *Atriplex nummularia* 102
13.5 Les soudes (genre Salsola sp.) 104
13.6 Nitres, genre *Nitraria sp.* 105
13.7 *Nitraria retusa* 106
13.8 Saxaoul ou saxaul (*Haloxylon ammodendron*) 108
13.9 Taupata ou buisson miroir (*Coprosma repens*) 110
13.10 *Eleagnus sp.* 111
13.11 Lyciets (*Lycium sp*.) 112
13.12 Neverdier, moringa ou ben ailé (*Moringa oleifera*) 113
13.13 Ananambo (*Moringa drouhardii*)....115
13.14 Plantain des Indes, Ispaghul ou psyllium blond (*Plantago ovata*, famille des *Plantaginaceae*) 116
13.15 Risques de confusions taxonomiques (sur le nom de l'espèce)....117
14 Plantes tropicale poussant dans l'eau salée....119
14.1 Badamier (*Terminalia catappa*)....119
14.2 Mancenillier ou arbre de la Mort (*Hippomane mancinella*)....120
14.3 Cocotier (*Cocos nucifera*)....121
14.4 Raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera*) 122
14.5 Cachiman-cochon, Mamain ou Mammier (*Annona glabra*)....123
14.6 Nypa buissonnant ou arbustif (*Nypa fruticans*)....124
14.7 Mangle médaille, sang-dragon, mangle-rivière (*Pterocarpus officinalis*)....125
15 Palétuviers 126
15.1 Définitions de la Mangrove 129
15.1 Vocabulaire spécifique aux mangroves 129
15.2 Caractéristiques et rôles écologiques de la mangrove....130
15.3 Zonations 132
15.4 Usages de la mangrove pour l'homme et la nature 134
15.5 Caractéristiques des plantes de la mangrove....135
15.6 Productivité de l'océan et des mangroves 135

15.7 Les chaînes alimentaires 135
15.8 Où sont-elles localisées, dans le monde ? 136
15.9 Leur résistance au sel 137
15.10 Ecologie de la Mangrove 137
15.11 Les facteurs physiques influençant la croissance et le développement des mangroves 137
15.12 Les facteurs de stress 137
15.13 Physiologie, reproduction 138
15.14 Racines aériennes et pneumatophores 138
15.15 Bilan de l'aménagement forestier des mangroves 139
15.16 Menace sur les mangroves 139
15.17 Palétuvier noir / Palétuvier gris (*Avicennia marina*) 141
15.18 Palétuvier orange (*Bruguiera gymnorrhiza*) 142
15.19 Palétuvier jaune (*Ceriops tagal*) 143
15.20 *Lumnitzera racemosa* 146
15.21 Palétuvier rouge (*Rhizophora mucronata*) 147
15.22 *Sonneratia alba* 148
15.23 Palétuvier casse-tête (*Xylocarpus granatum*) 150
15.24 Palétuvier Toto margot (*Heritiera littoralis*) 152
15.25 Techniques de reboisement de la mangrove [pour *Rhizophora sp*.] 153
15.25.1 Etape 1 : Organiser les équipes 153
15.25.2 Etape 2 : Choisir la zone de reboisement 154
15.25.3 Etape 3 : Délimiter la zone de plantation 155
15.25.4 Etape 4 : Récolter les propagules 155
15.25.5 Etape 5 : Trier les propagules 156
15.25.6 Etape 6 : Quadriller / marquer le terrain 157
15.25.7 Etape 7 : Planter 158
15.25.8 Etape 8 : Prendre soin des jeunes plants 158
15.26 Des projets de reboisement de mangroves dans le monde, sources d'inspiration 159
15.27 Technique de culture en pépinière 160
15.27.1 Soins et entretiens dans une pépinière 162
16 Plantes halophytes alimentaires du bord de mer 166
16.1 Halophyte : définition 166
16.2 Salicornes (*Salicornia sp*.) 167
16.3 Salicornes de climats tropicaux 168
16.4 Salicorne naine (*Salicornia bigelovii*) 169

16.5 Zostère marine, herbe de mer, varech marin ou riz de mer (*Zostera marina*) 170
17 Plantes herbacées alimentaires pouvant supporter une certaine dose de sel 171
17.1 Asperge (*Asparagus officinalis*) 171
17.2 Betterave (*Beta vulgaris*) 173
17.3 Taro ou oreille d'éléphant (*Colocasia esculenta*) 174
17.4 Orge commune (*Hordeum vulgare*) 176
17.5 Nipa (*Distichlis palmeri*) 177
17.6 Riz résistant au sel (*Oryza sativa* x *Oryza coarctata* _ cultivar résistant au sel) 178
17.7 Blé dur résistant au sel (*Triticum turgidum L. subsp. Durum* _ cultivar résistant au sel) 179
17.1 Blés développés par l'Institut sénégalais de recherche agricole (ISRA) 180
17.2 Pomme de terre, cultivar pour eau salée 182
17.3 Moutarde d'Abyssinie (*Brassica carinata*) 183
17.4 Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum crystallinum* ou *Cryophytum cristallinum*) 184
17.5 Crambé maritime ou chou marin *(Crambe maritima*) 185
17.6 Criste marine *(Crithmum maritimum*) 186
17.7 Elaboration de plantes alimentaires OGM résistantes au sel 186
18 Plantes alimentaires, pouvant résister à la sécheresse mais pas au stress salin 188
18.1 Tournesol (*Helianthus annuus*) 189
18.2 Millet, Mil, Fonio 189
18.2.1 Éleusine ou « ragi » (*Eleusine coracana*) 190
18.2.2 Fonio ou « mil africain » 190
18.2.3 Millet commun, millet blanc ou millet à grappes (*Panicum miliaceum*) 191
18.2.4 Millet des oiseaux, sétaire d'Italie, panis, petit mil» ou miliade (*Setaria italica*) 191
18.2.5 Millet indien ou Éleusine des Indes (*Panicum sumatrense* ou *Eleusine indica*) 191
18.2.6 Millet japonais (*Echinochloa esculenta* et *Echinochloa frumentacea*) 192
18.2.7 Millet perle, mil à chandelle, mil pénicillaire, petit mil ou mil (*Pennisetum glaucum*) 193
18.2.8 Teff (*Eragrostis tef*) 193
18.2.9 Coix ou larme de Job (*Coix lachryma-jobi*) 193
18.2.10 Herbe à épée (*Paspalum scrobiculatum*) 194
18.3 Sorgo (sorgho) commun, Millet à balai, « gros mil » ou Sorgho bicolore (*Sorghum bicolor*) 194
18.4 Lentille cultivée (*Lens culinaris (*ou *Lens esculenta)*) 196
18.5 Niébé (*Vigna unguiculata*) 198
18.6 Arachide (*Arachis hypogaea*) 202
18.7 Gesse commune, Pois carré, Lentille d'Espagne (*Lathyrus sativus*) 205
18.8 Quinoa (*Chenopodium quinoa*) 207

18.9 Aloès commun (*Aloe vera*) 210
19 Plantes fourragères pouvant supporter une certaine dose de sel 212
19.1 Mélilot blanc (*Melilotus albus* ou *Melilotus alba*) 212
19.2 Mélilot jaune (*Melilotus indicus*) 213
19.3 Luzerne cultivée résistante au sel (*Medicago sativa* var *Tafilalet* et autres cultivars) 214
19.4 Vétiver (*Chrysopogon sp.)* 215
19.5 Vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) 218
19.6 Vétiver (*Chrysopogon nigritanus*) 218
19.7 Vétiver (*Chrysopogon nemoralis*) 219
19.8 Panic érigé (*Panicum virgatum*) 220
19.9 Panic amer (*Panicum amarum*) 221
19.10 Canne de Provence (*Arundo donax*) 222
20 Plantes fourragères et pour d'autres usages, pour zones arides 223
20.1 Alfa (*Stipa tenacissima*) 223
21 Plantes herbacées de survie et de famine de climats secs et régions arides 224
21.1 "Bec-de-héron velu" (*Erodium crassifolium*) 224
21.2 Nara, !nara ou melon du désert (*Acanthosicyos horridus*) 225
21.3 Lentille bâtarde, vesce amère ou ers (*Vicia ervilia*) 227
22 Algoculture / culture des algues 228
22.1 Définition 228
22.2 Importance de l'algoculture dans le monde 228
22.3 L'importance écologique de l'algoculture 229
22.4 La culture d'algues et ses techniques 229
22.5 *Saccharina japonica* 229
22.6 « Wakame » (*Undaria pinnatifida*) 230
22.7 Gim ou nori (*Pyropia tenera* ou *Porphyra tenera*) 230
22.8 Gusó (Genre *Eucheuma*) 231
22.9 Ogonori ou gulaman (genre *Gracilaria*) 233
22.10 Goémon blanc ou crépu, mousse d'Irlande ou Carragheen (*Chondrus crispus*) 233
22.11 Mousse de mer (*Kappaphycus alvarezii*) 235
22.12 Spiruline alimentaire (*Arthrospira platensis* et *Arthrospira maxima*) 236
23 Plantes médicinales et aromatiques 239
23.1 Siwak ou miswak (*Salvadora persica*) 239
23.2 Arbre à myrrhe ou balsamier (*Commiphora myrrha*) 240
23.3 Mukul, gugulon ou Guggulu (*Commiphora wightii*) 242

23.4 Myrrhe africaine (*Commiphora africana*) 243
23.5 L'arbre à encens (*Boswellia sacra*) 244
23.6 Salai ou Shallaki *(Boswellia serrata*) 245
23.7 Griffe du diable ou Harpagophyton (*Harpagophytum procumbens*) 247
24 Méthodes d'irrigation, de rétention, d'économie et de conservation de l'eau 248
24.1 Liman israélien 248
24.2 Système Meskat ou Meskal et tabias (Magrehb) 250
24.3 Foggara, khettara, qanat 254
24.4 Digues filtrantes, lignes de contours 254
24.5 Bourrelets suivant les courbes de niveau 255
24.6 Plantation en tranchée 256
24.7 Système Vallerini ou VALLERANI SYSTEM (VS) 257
24.8 Barrages, Jessours, Tabia 257
24.9 Lavogne 263
24.10 Lac ou retenue collinaire 264
24.11 Déversoirs 266
24.12 Gabion (fabrication etc.) 267
24.13 Citernes couvertes (matfia, joub ou notfia) 268
24.14 Cuvettes en demi-lunes 271
24.15 Negarim 272
24.16 Alignement de pierres, cordons pierreux et murettes 273
24.17 Zaï ou culture en poquets 275
24.18 Irrigation 276
24.19 Economiser l'eau 279
24.20 Le système d'irrigation goutte à goutte ou micro-irrigation 280
24.21 Filets capteur de brouillard (ou filets à nuages ou à rosée) 285
25 Processus de salinisation des sols 287
26 Protection des plants, des pépinières, de la plantation des champs 289
26.1 Haies vives : protection contre les vols, le broutage, délimitation de parcelles … 289
26.2 La régénération naturelle assistée d'espèces forestières locales 293
26.3 L'amélioration de la fertilité des sols par des moyens naturels 293
26.3.1 Le compostage organique 293
26.3.2 Le paillage 296
26.4 Protection "artificielle" des plants, des pépinières et de la plantation 296
26.4.1 Barrière électrique ou simple 296

26.4.2 Plantation d'une haie vive 297
26.5 Schéma d'implantation d'une pépinière 297
26.6 Devis approximatif pépinière (terrain gratuit) (exemple) 298
26.7 Construction de la pépinière 299
27 La gestion des pâturages (gestion pastorale) 300
27.1 Données écologiques sur les zones pastorales 300
27.2 Les avantages du pastoralisme dans ces zones 300
27.1 Évolution des transhumances, augmentation de la distance des parcours 301
27.2 L'effet pervers des forages pour créer des points d'eau pour le bétail 301
27.3 Le difficile respect des lois édictées pour les itinéraires transhumants 304
27.4 Les avantages réciproques de la coopération éleveurs agriculteurs 305
27.5 Les conflits entre cultivateurs et pasteurs 305
27.5.1 Au sahel 305
27.6 La difficile gestion des prairies et steppes des zones arides 307
27.6.1 Constat 307
27.6.2 Résultats 307
27.6.3 Quels étaient les buts de la politique des ZP ? 308
27.7 Quelles solutions ? 308
27.8 Solutions pour la bonne gestion des ressources et des conflits agriculteurs et éleveurs 309
27.8.1 Faire appel à la science 309
27.8.2 Suggestions des ONG SOS Sahel, IIED 310
27.8.3 Projet de lutte contre la désertification dans le Ferlo au Sénégal, soutenu par le FFEM 310
27.8.4 Exemple du Projet de développement rural intégré (PDRI) de la zone pastorale de Barani 311
27.8.5 L'avis d'une actrice humanitaire 314
27.8.6 L'élaboration d'un code foncier du Sahel selon Sall Alioune 316
27.9 Ressources bibliographiques pour ce chapitre 316
28 Prévenir les feux de forêt et de brousse incontrôlés 317
28.1 Définitions 317
28.2 Les feux de brousse 317
28.3 Les feux de forêts 319
28.4 Solutions / prévention collective (mesures visant à empêcher les feux de forêt) 320
28.5 Inconvénient des feux contrôlés 320
28.6 Des solutions récentes pour pays riches (hors des moyens des pays en voie de développement) 322
28.6.1 Solution Pyro 322
28.6.2 Un drone du type "canadair" 323

28.7 Développement d'une culture de la prévention 323
28.8 Apprendre les bons gestes 324
28.9 La loi 324
28.10 Actions durant le feu 324
28.11 Remise en état de la forêt après un incendie 325
28.12 Pare-feu (coupe-feu) 325
28.13 Valorisation des coupe-feux 325
28.14 Réservoirs 325
29 Travail de sensibilisation 326
30 Création d'une banque de graines / semences 327
30.1 Où se procurer les jeunes pousses ou les graines ? 327
30.2 Comment conserver les graines ? 327
30.3 Critères de qualité des semences 327
30.4 Les opérations pouvant être effectuées pour la conservation des semences 327
30.5 Semences orthodoxes et récalcitrantes (voir ci-après) 327
30.6 Exemple de la « semence-othèque » du Jardin des fraternités ouvrières de Mouscron (ASBL, Belgique) 328
31 Projets de lutte contre la désertification (contre l'avancée des déserts) 331
31.1 Solution aux blizzards noirs, dans les grandes plaines, aux USA, dans les années 30 331
31.2 Grande muraille verte (Afrique) 332
31.2.1 Les controverses concernant ce projet 334
31.2.2 Remise en cause du concept de désertification 334
31.2.3 Difficultés de mise en œuvre dans les régions instables (en guerre) 334
31.3 Le barrage vert en Algérie 335
31.4 Le Mouvement de la ceinture verte (Green Belt Movement ou GBM) 335
31.4.1 Le brise-vent des Trois-Nord ou la Grande muraille verte (en Chine) 336
31.4.2 Problèmes environnementaux 336
31.4.3 Solutions innovantes pour le contrôle et fixation des déplacements du sable 337
31.5 Projet Watershed Organization Trust (WOTR) (Inde) 338
31.6 Création de variétés alimentaires résistantes au sels 341
31.7 Utilisation de la bactérie *Pseudomonas extremorientalis* pour améliorer la résistance des plantes au sel 342
31.8 Les échecs dans le monde 343
31.8.1 En Chine 343
31.9 En Turquie 343
31.9.1 Raisons de ces échecs 343
32 Les défis démographiques (en particulier au Sahel) 344

32.1 Problèmes pratiques pour l'implantation des centres de planning familial 345
32.2 Ralentir l'accroissement rapide de population, par l'éducation 345
32.3 Faire participer les autorités religieuses locales à la promotion de la contraception 346
33 Problèmes posé par les discours populistes incitant à la guerre et au terrorisme 347
33.1 Nature des discours populistes, extrémistes, incitant au terrorisme et à la guerre 347
33.2 Analyse et réfutation du discours présentant la guerre comme héroïque 347
33.3 Le cas extrême du désir de vengeance extrême et inextinguible 348
33.4 Guerres, conflits, problèmes sécuritaires et conséquences....349
33.4.1 Au Sahel 349
33.1 En conclusion partielle....351
34 Accaparement des terres et de l'eau sans retombée pour les habitants locaux 351
35 Souveraineté alimentaire et économique 353
35.1 Reconquérir sa souveraineté économique....353
35.1.1 Le Programme de la Compétitivité de l'Afrique de l'Ouest (WACOMP) 355
35.2 Reconquérir sa souveraineté alimentaire (exemple) 356
35.3 Conclusion partielle sur ce chapitre 357
36 L'importance des femmes dans les projets de développement 358
37 Conclusion générale 359
37.1 Préservation de l'environnement....359
37.2 Lutte contre les maux endémiques en Afrique et certains pays en voie de développement....360
38 Bibliographie....361
38.1 Le réchauffement climatique 361
38.2 Salinisation des sols et augmentation du niveau des mers....361
38.3 Destruction des forêts et des mangroves....361
38.4 Sècheresses et assèchement de rivières et de lacs 361
38.5 Recul des glaciers....362
38.6 Feux de forêts 363
38.7 Projets de reforestation et jardins botaniques 363
38.8 Espèces de climats arides, résistantes à la sècheresse et au sel 364
38.8.1 Plantes halophytes....364
38.8.2 Plantes xérophytes, de déserts....364
38.8.3 Les techniques de culture de la salicorne et autres infos sur la plante....364
38.9 Etudes sur la résistance des plantes au sel....365
38.9.1 Utilisation de la bactérie « *Pseudomonas extremorientalis* » 366
38.9.2 Résistance au sel de l'Orge (*Hordeum vulgare*)....367

38.10 Algoculture 367
38.11 Mangroves et palétuviers 367
38.12 Champignons, mycorrhyse et Mycorrhysation 368
38.13 Base de données documentaire pour le développement durable de pays en voie de développement 368
38.14 Techniques anti-érosives 368
38.15 Méthodes d'irrigation et économie de l'eau 369
38.15.1 Sensibilisation à l'économie de l'eau 369
38.15.2 Les réseaux d'eau anciens 369
38.15.3 Filets capteurs de brouillard (de nuages, de rosée) 369
38.16 Techniques et projets de reforestations, dans le monde 370
38.16.1 Techniques de reforestation 370
38.16.2 Projets et solutions israéliennes 370
38.16.3 Projets et solutions dans d'autres déserts 370
38.17 Menaces sur la biodiversité 370
39 Annexe : Arbres et plantes invasives, surtout à ne pas planter 371
39.1 Figuier de Barbarie ou cactus raquette (*Opuntia ficus-indica* etc.) 371
39.2 Oponce stricte (*Opuntia stricta*) 373
39.3 Agave sisal (*Agave sisalana*, *Agave ixtli* etc.) 375
39.4 Bois de fer des marais (*Casuarina glauca*) 376
39.5 Filao (*Casuarina equisetifolia*) 376
39.6 Acacia auriculé (*Acacia auriculiformis*) 377
39.7 Acacia à bois noir ou Mimosa à bois noir (*Acacia melanoxylon*) 378
39.8 Coojong (*Acacia saligna*) 379
39.9 Épine de Jérusalem ou Palo verde (*Parkinsonia aculeata*) 381
39.10 « Mesquite » (*Prosopis juliflora*) 383
39.11 *Prosopis chilensis* 385
39.12 *Prosopis pallida* 385
39.13 *Atriplex sp.* 386
39.14 *Tamarix sp.* 387
39.15 Tamaris d'Afrique ou Tamaris de printemps (*Tamarix africana* ou *Tamarix tetrandra*) 389
39.16 Tamaris Athel (*Tamarix aphylla* ou *Tamarix articulata*) 390
39.17 Genêt blanc ou Retam blanc (*Retama monosperma*) 391
39.18 Typha ou massette (*Typha sp.*) 392
39.19 Kikuyu grass ou herbe kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) 393
39.20 Texas blueweed ou yerba parda (*Helianthus ciliaris*) 394

40 Annexe : Maladies fongiques liées à l'arrosage....396
41 Annexe : Lexique botanique....397
42 Annexe : Glossaire sur l'irrigation et le stockage de l'eau....398
43 Annexe : Plantes recommandées pour la fixation des dunes mobiles....399
44 Annexe : Espèces pastorales recommandées pour le rétablissement des parcours en milieux arides....400
45 Annexe : Niveaux de résistance au sel de certaines plantes....400
46 Annexe : Serres à l'eau de mer....402
46.1 Processus et principes généraux....402
46.2 Principes techniques de la serre à l'eau de mer de Charlie Patton....402
46.3 La ferme solaire de Sundrop Farms en Australie....402
46.4 Intérêt, avantages....403
46.5 Lieux où la technique pourrait être utilisée....403
46.6 Une technique intéressante, mais peut-être non encore compétitive....403
46.7 Bibliographie....403
46.8 Contacts....404
46.9 Images....404
46.10 Etudes et modélisations....406
47 Annexe : Dispositions agroforestières....407
48 Annexe : Stratégies préventives de lutte contre les plantes invasives....409
48.1 Contrôle aux frontières....409
48.2 Campagnes de sensibilisation....409
49 Annexe : Stratégies palliatives de lutte contre les plantes invasives....411
50 Annexe : Mécanismes intrinsèques des plantes invasives, expliquant leur *invasivité*....413
51 Annexe : Modes de propagation des espèces invasives....414
52 Annexe : Que faire quand vous devenez insensible moralement, en raison de traumatismes ?....415
53 Annexe : Préconisations pour lutter contre la corruption....415
54 Associations, organisations, ONG....416
55 Instituts spécialisés et contacts....416
56 Contact pour plus d'informations....417
56.1 Sites Internet de l'auteur....417