

Projet de reforestation en Australie pour lutter contre les gigantesques incendies

Par Benjamin LISAN, le 04/01/2020

1 De incendies récurrents de plus en plus gigantesques, en Australie

À cause de la crise climatique, les saisons des feux de brousse commencent plus tôt, durent plus longtemps et sont plus graves et imprévisibles.

Cette fois-ci, les feux de brousse, d'une ampleur gigantesque, durent, depuis plusieurs mois, en Australie, fin 2019 et début 2020.

À ce jour, 20 personnes ont tragiquement perdu la vie en raison des feux de brousse qui sévissent en Australie depuis septembre, et 28 autres personnes sont portées disparues. Plus de 480 millions d'animaux sont décédés (peut-être 500 millions), une catastrophe écologique sans précédent [88]. Plus de 1300 maisons ont été détruites. Plus de 5,4 millions d'hectares sont parties en fumée [93]. Plus de 100.000 personnes ont été évacuées [94]. Des millions de personnes respirent des fumées toxiques :

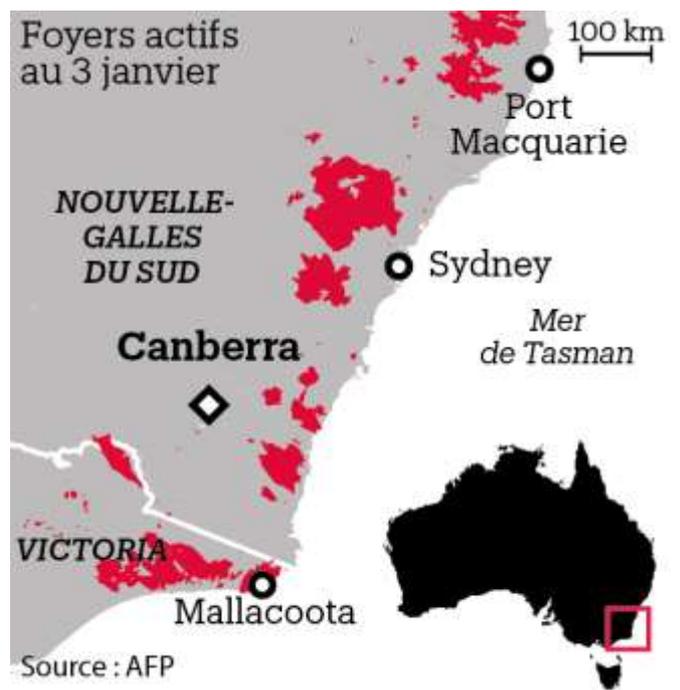
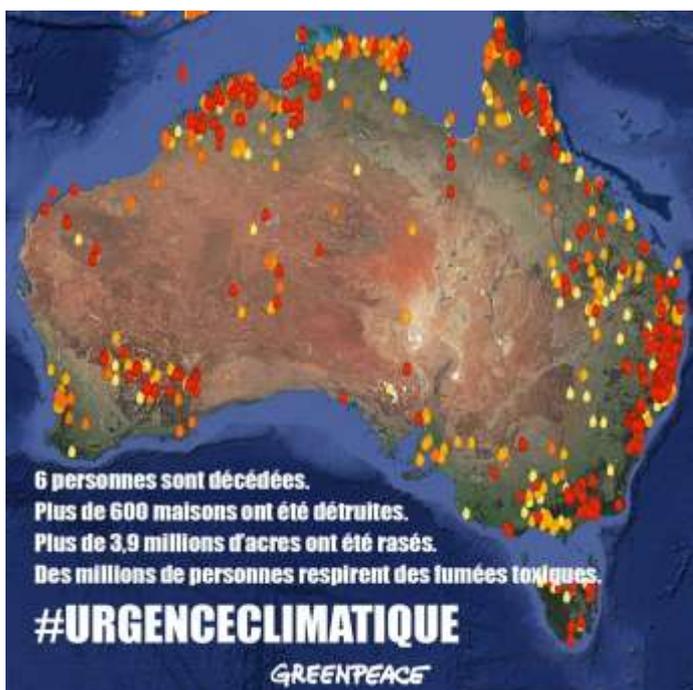
« La fumée s'est infiltrée partout, dans les maisons, les bureaux, et même à l'hôpital ».

« On peut voir clairement cette fumée, qui a parcouru environ 2.000 km à travers la mer de Tasman », a indiqué dans un tweet le service néo-zélandais de prévisions météorologiques. « Dans les régions les plus touchées, la visibilité est faible, 10 km », selon la même source.

La plus grande partie du pays est également frappée par l'une des sécheresses les plus extrêmes de l'histoire du continent. Les villes manquent d'eau.

Au cause du phénomène des « ouragans de feu »¹, les feux deviennent incontrôlables et les pompiers ne peuvent plus les contrôler.

Le gouvernement australien a du mal à gérer cette crise écologique majeure.



¹ Tempête de feu, https://fr.wikipedia.org/wiki/Temp%C3%AAt%C3%A9_de_feu



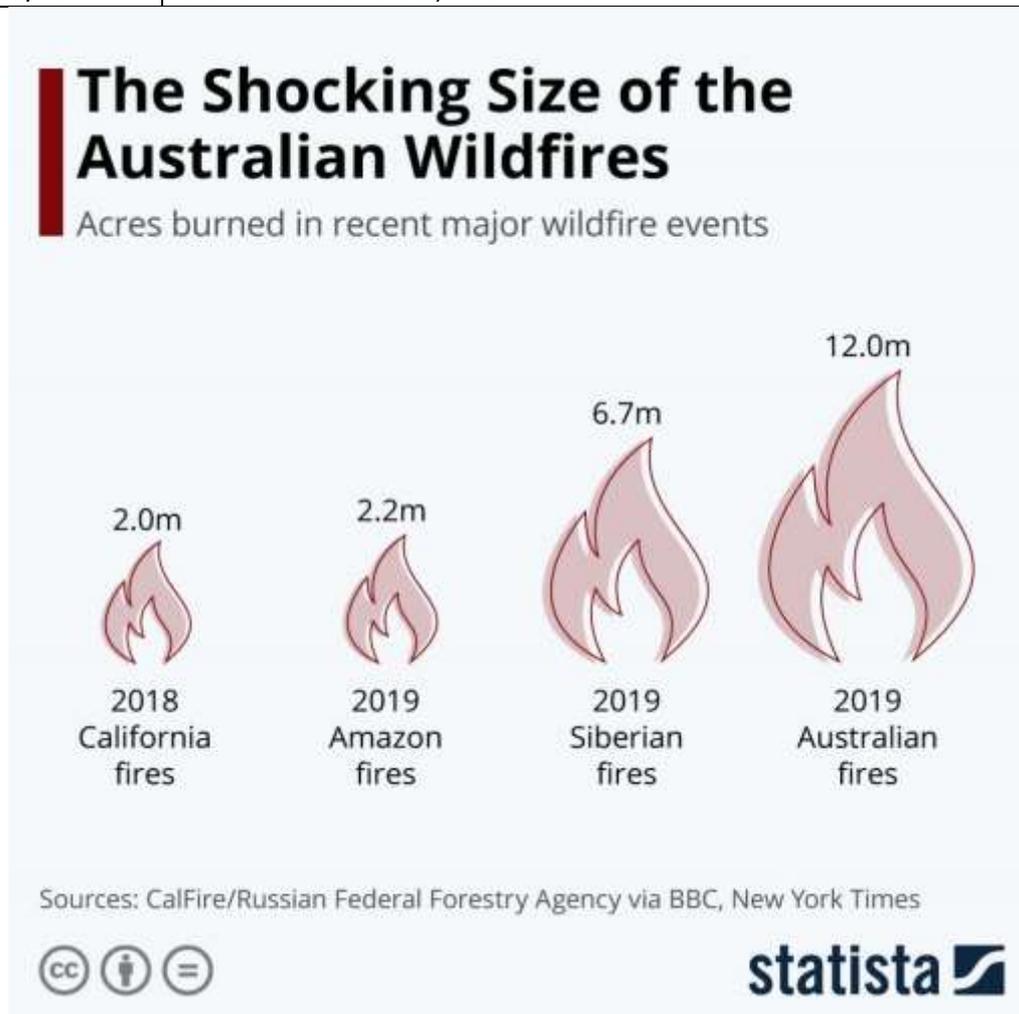
2 Le réchauffement climatique

Le réchauffement climatique, réchauffement planétaire, réchauffement global ou dérèglement climatique est le phénomène d'augmentation des températures moyennes océaniques et de l'air, induit par la quantité de chaleur piégée à la surface terrestre, mesurée depuis plusieurs décennies, du fait des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, etc.). Ce terme désigne communément le réchauffement mondial observé depuis le début du XX^e siècle. On rencontre fréquemment l'expression « changement climatique » utilisée pour désigner le réchauffement climatique, alors qu'en principe le changement climatique désigne les épisodes de réchauffement ou refroidissement d'origine naturelle qui se sont produits avant l'ère industrielle. En 1988, l'ONU crée le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour synthétiser les études scientifiques sur le climat. Dans son quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays, le GIEC affirme que le réchauffement climatique depuis 1950 est « très probablement » dû à l'augmentation des gaz à effet de serre liés aux activités humaines (d'origine anthropique). Les dernières projections du GIEC sont que la température de surface du globe pourrait croître de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires au cours du XXI^e siècle. Les différences entre projections viennent des sensibilités différentes des modèles pour les concentrations de gaz à effet de serre et des différentes estimations pour les émissions futures.

Parmi ses causes, il y a les émissions anthropiques de gaz carbonique due à la déforestation tropicale [4] [5].

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

Lieu	Date	Etendu 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 12/19-01/20	. 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. . Plus de 5,4 millions d'hectares depuis septembre 2019. Sècheresse exceptionnelle.
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. . 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 km ² de forêt ² . Grands feux de forêts, à Sumatra et Bornéo ³ .



² Incendies d'Indonésie de 2015, https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendies_d%27Indon%C3%A9sie_de_2015

³ 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

Surfaces brûlées en millions de km2.

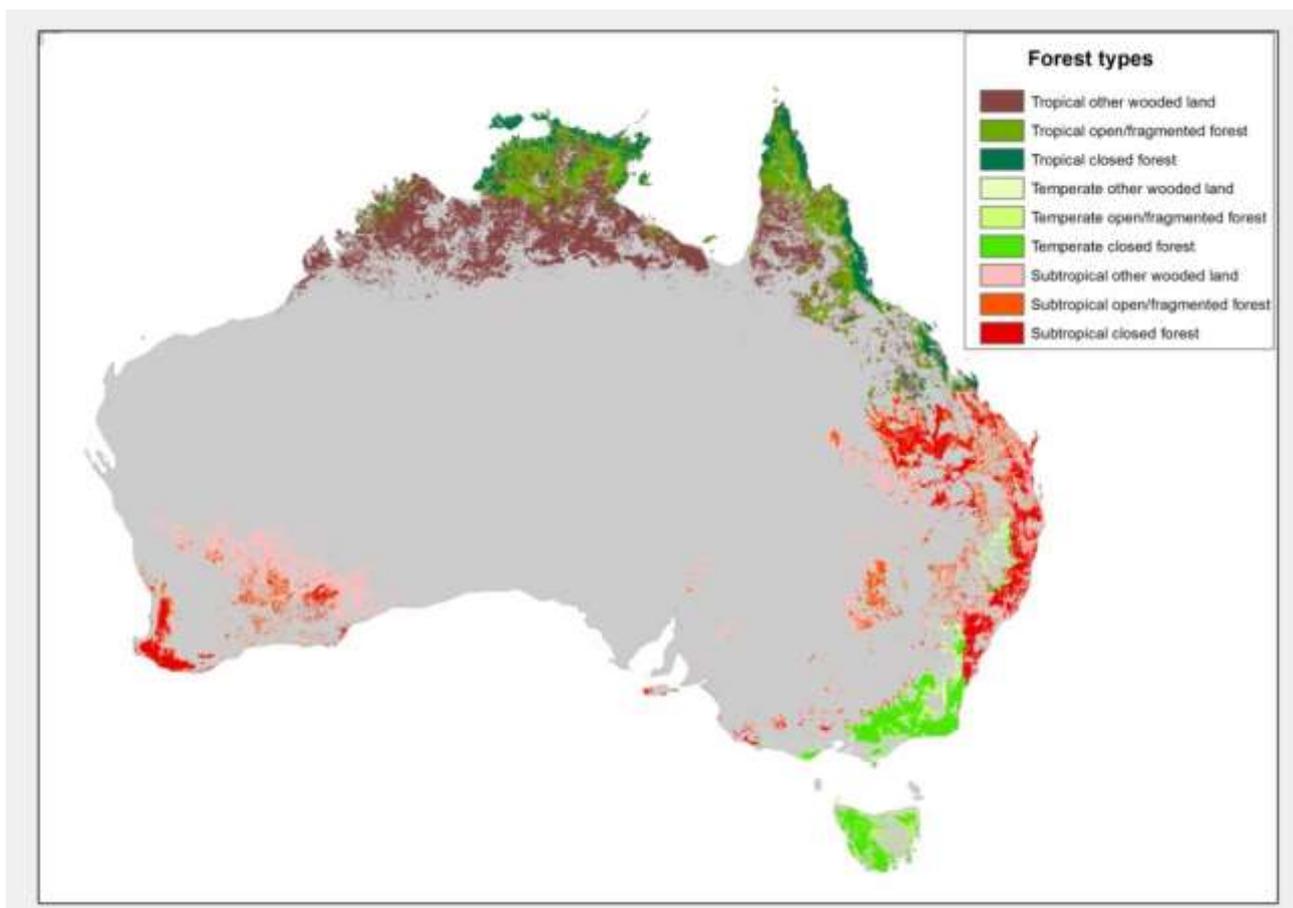
Les incendies dévastateurs de Californie en 2018 et les incendies de l'année dernière dans la forêt amazonienne ont fait la une des journaux internationaux et choqué le monde, mais [en termes de taille, ils sont beaucoup plus petits que la crise actuelle des feux de brousse en Australie](#), où environ 12 millions d'acres ont été brûlés à ce jour. [Des incendies dans des régions reculées du nord de la Russie ont](#) brûlé 6,7 millions d'acres l'année dernière, mais la plupart des régions étaient peu peuplées et aucune victime n'a été signalée.

Alors que les incendies de Californie en 2018 ont longtemps été éteints et que les incendies d'Amazonie ont été réduits au moins, l'[Australie](#) n'est qu'au milieu de sa saison des incendies. On s'attend à ce que la chaleur et la sécheresse persistantes attisent les flammes.

Les feux de brousse se sont intensifiés au milieu d'une vague de chaleur qui a vu l'Australie enregistrer son jour le plus chaud et simultanément le printemps le plus sec jamais enregistré, [selon le New York Times](#). La Nouvelle-Galles du Sud a été touchée de manière disproportionnée, plongeant Sydney dans une fumée sombre à la mi-décembre. Environ 10 des 12 millions d'acres brûlés se trouvent dans l'État.

Les feux de brousse se produisent fréquemment en Australie, certaines années entraînant des destructions plus graves que d'autres. Les scientifiques prédisent qu'en relation avec le changement climatique, les incendies deviendront plus fréquents et plus graves lorsqu'ils se produiront [87].

3 Couverture forestière de l'Australie



Couverture forestière de l'Australie. © Mark Marathon,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61164294>

4 La déforestation en Australie

Environ 13 % de la végétation d'origine a disparu, depuis l'arrivée des premiers colons.

L'Australie de l'Est a été listée sur un rapport du WWF de 2015 intitulé Living Forests Report: Saving Forests at Risk, qui indique que l'Australie figure à la 11e place des zones contribuant le plus à la déforestation d'ici 2030⁴.

La déforestation entraîne la disparition de nombreuses espèces qui ne peuvent pas s'adapter à la disparition de leur écosystème, et l'Australie est une des zones où ce phénomène est le plus marqué⁵.

Tasmanie

La Tasmanie [une grande île au sud de l'Australie] comporte d'anciennes et uniques forêts humides, qui sont menacées par la déforestation à cause du remplacement des forêts d'origine par des plantations destinées à l'industrie papetière, japonaise en particulier. Les Nations unies ont demandé au gouvernement de considérer une gestion plus respectueuse des ressources forestières, en tenant compte des retombées du tourisme⁶.

Australie de l'Ouest

Quand les forêts disparaissent, la salinité des sols augmente fortement, et environ 7 % des terrains agricoles de l'Australie de l'Ouest souffrent de ce phénomène⁷.

5 Rôle des forêts

Les forêts contribuent au cycle de l'eau, à la régulation du climat, à la protection des sols, au stockage de carbone... au maintien et à l'entretien de la biodiversité. Elles offrent de multiples services :

- Les forêts abritent plus de 50 % de la biodiversité terrestre.
- Elles stockent plus de la moitié du carbone accumulé sur les continents.
- Plus de 20% de l'oxygène de l'air serait produit par les forêts tropicales.
- Les forêts fournissent notre oxygène (elles produisent 20% ou plus de notre oxygène).
- Elles stockent le gaz carbonique (elles évitent la montée du niveau des océans).
- Elles luttent contre la désertification et la sécheresse.
- Elles luttent contre la perte des bonnes terres et les inondations.
- Elles hébergent de nombreuses espèces, certaines sources de médicaments⁸ etc.
- On les aime pour des raisons subjectives esthétiques ... Elles sont des cathédrales de verdure⁹ etc.

Sources :

a) *La déforestation se poursuit à un rythme alarmant*, 14 novembre 2005, Rome,

<http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2005/1000127/index.html> (in *Global forest resources assessment*, FAO),

b) *Le Monde*, 28 nov. 2008,

c) Greenpeace, campagne forêt : <http://www.greenpeace.org/france/campagnes/forets/problemes>

⁴ 1) <http://www.wwf.org.au/?13400/Eastern-Australia-listed-as-global-front-for-deforestation>,

2) <https://www.theguardian.com/environment/2015/apr/27/east-australia-one-of-11-areas-account-for-80-of-world-forest-loss-by-2030>

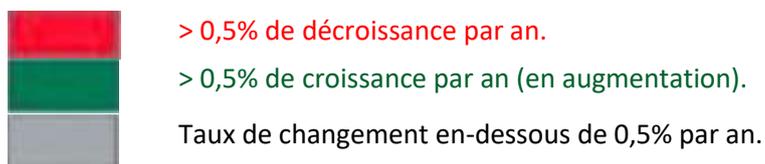
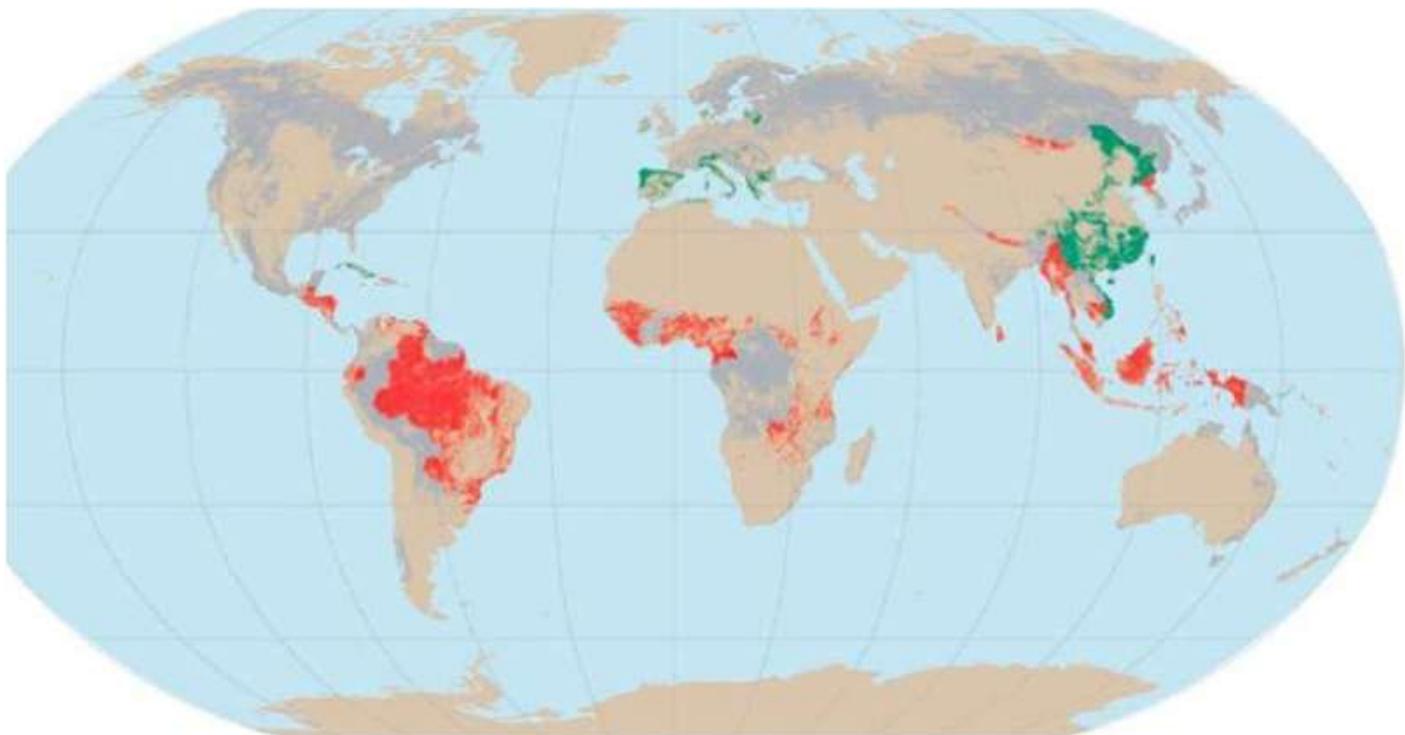
⁵ <https://independentaustralia.net/environment/environment-display/australian-logging-and-the-end-of-species,7788>

⁶ <https://www.theguardian.com/australia-news/2015/jul/02/un-calls-for-ban-on-logging-and-mining-in-tasmanias-world-heritage-area>

⁷ http://wwf.panda.org/who_we_are/wwf_offices/australia/environmental_problems_in_australia/

⁸ 50% des médicaments anticancéreux proviennent de la forêt.

⁹ Elles apportent des services socioculturels, renvoyant aux aspects esthétiques, spirituels, récréatifs, éducatifs qu'apporte la nature ou encore la source d'inspiration qu'elle représente pour les sociétés humaines

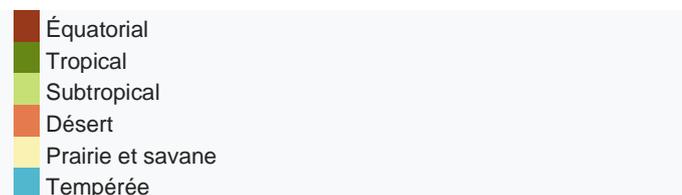


Déforestation : Changement net de la superficie forestière entre 2000 et 2005. Source: FAO, 2006 (IPCC, 2007).

6 Climat en Australie



Zones climatiques en Australie selon la [classification de Köppen](#) :



Climat en Australie par zones

6.1 Moyennes et maximums climatiques à Sidney (sud)

Le mois le plus chaud de l'année est celui de Juillet avec une température moyenne de **xxx °C**. Avec une température moyenne de **xxx °C**, le mois de Janvier est le plus froid de l'année.

Statistiquement, le mois le plus chaud est janvier, et le plus froid est juillet. Les précipitations sont réparties de façon égale entre l'été et l'hiver, bien qu'elles soient généralement plus importantes pendant la première moitié de l'année.

Si la région ne souffre pas des cyclones, elle subit en revanche l'influence du phénomène El Niño, avec des sécheresses et des feux de brousse durant la phase El Niño⁷, et des tempêtes et des inondations durant la période La Niña.

Le climat de cette région a aussi été affecté récemment par le réchauffement climatique, janvier 2006 étant devenu le mois le plus chaud jamais enregistré, et le dixième mois consécutif au-dessus de la température moyenne saisonnière

Tableau climatique de **Sydney** établi avec les données recueillies entre 1859 et 2009

	Janv	Fevr	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne des températures maximales journalières (°C)	25,9	25,7	24,7	22,4	19,4	16,9	16,3	17,8	19,9	22,1	23,6	25,2	21,7
Moyenne des températures minimales journalières (°C)	18,7	18,8	17,5	14,7	11,5	9,3	8,0	8,9	11,0	13,5	15,6	17,5	13,8
Moyenne des précipitations mensuelles en (mm)	102,0	117,9	129,4	126,2	120,7	130,6	97,6	81,7	69,4	76,9	83,1	77,9	1213,4
Nombre moyen de jours de pluie (pluie > 1 mm)	8,7	9,0	9,8	9,0	8,7	8,6	7,5	7,3	7,3	7,9	8,4	8,0	100,2
Durée moyenne d'ensoleillement (heures)	7,1	6,7	6,4	6,4	5,9	5,5	6,4	7,1	7,2	7,2	7,8	7,6	6,8
Source: (en) Australian Government, Bureau of Meteorology , avril 2009													

Rouge : plus grandes valeurs / bleu : plus petites valeurs

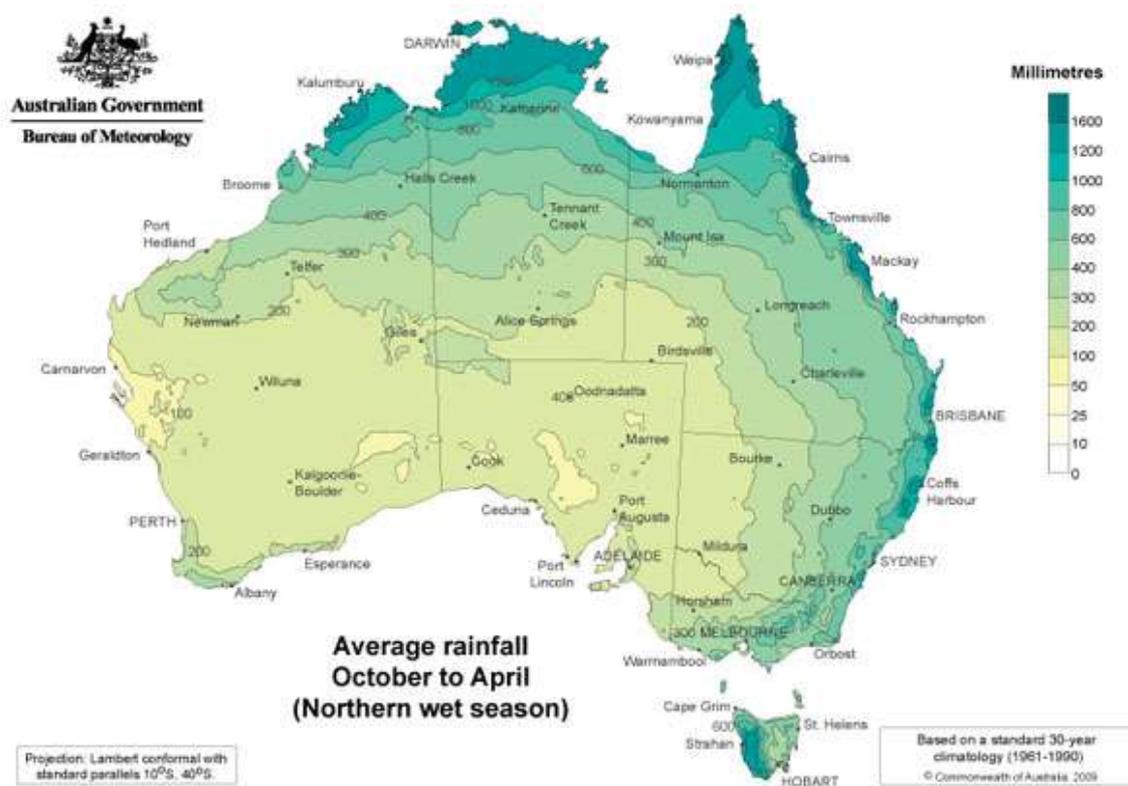
L'Australie est immense et le climat est très différent d'un endroit à l'autre (tantôt de la sécheresse, tantôt beaucoup de pluie, tantôt un climat plus tempéré). On distingue généralement 2 saisons, dans le Nord de l'Australie :

- La saison sèche, dry season, a lieu de Mai à Septembre.
- La saison des pluies ou humide, wet season, a lieu d'Octobre à Avril

L'hiver et l'été est inversé par rapport à la France, puisque l'Australie se trouve dans l'hémisphère sud.

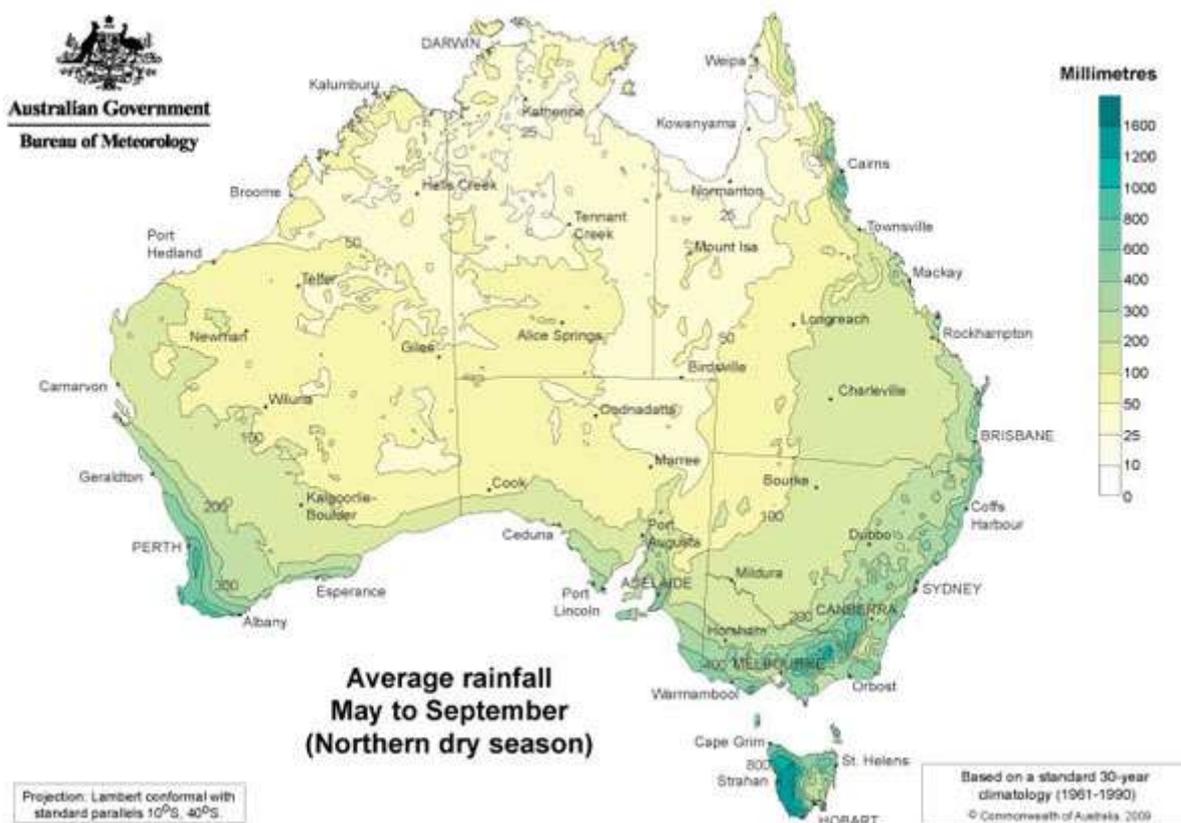
6.2 Cartes des températures et de la pluviométrie en Australie

Le centre est épargné par les pluies, tout comme la région de Port Hedland (côte nord de l'Australie-Occidentale).

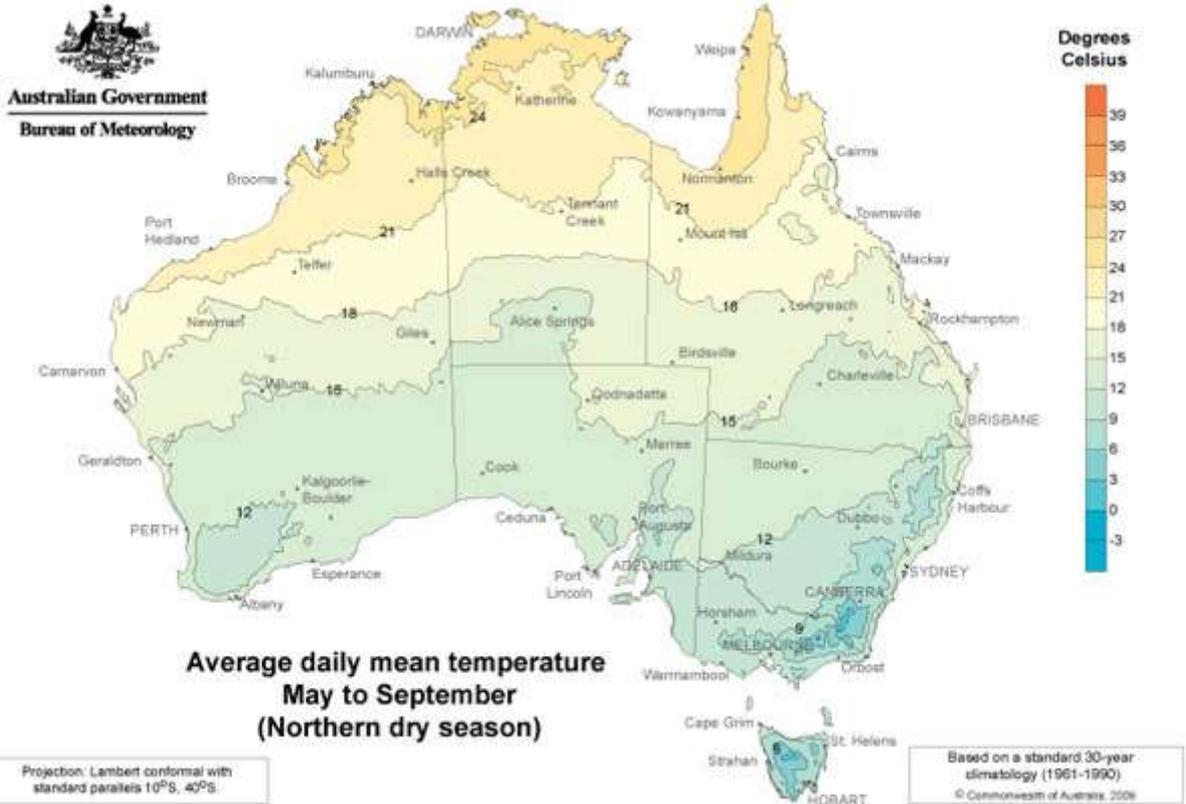


Pluviométrie moyenne octobre à avril (Saison humide dans le Nord)

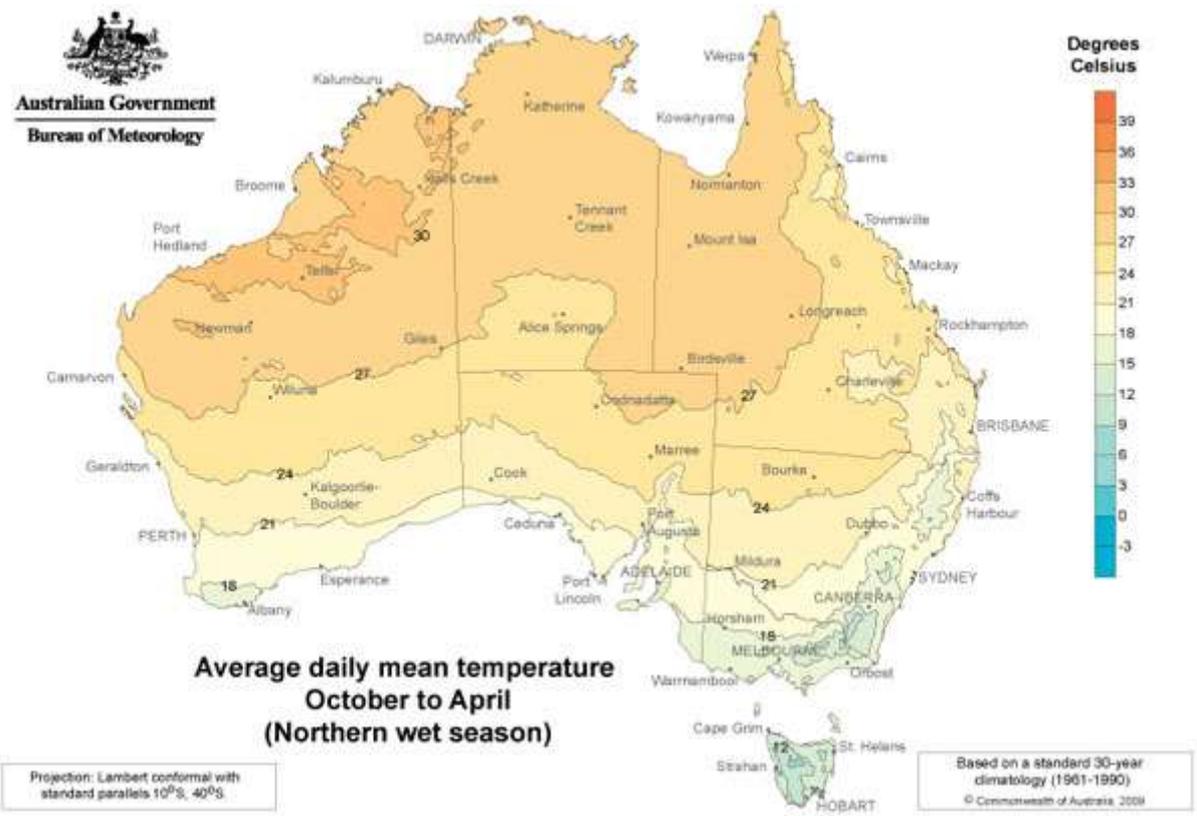
Pendant la saison sèche, donc l'hiver australien, en Tasmanie et du côté de Perth les pluies y sont nombreuses.



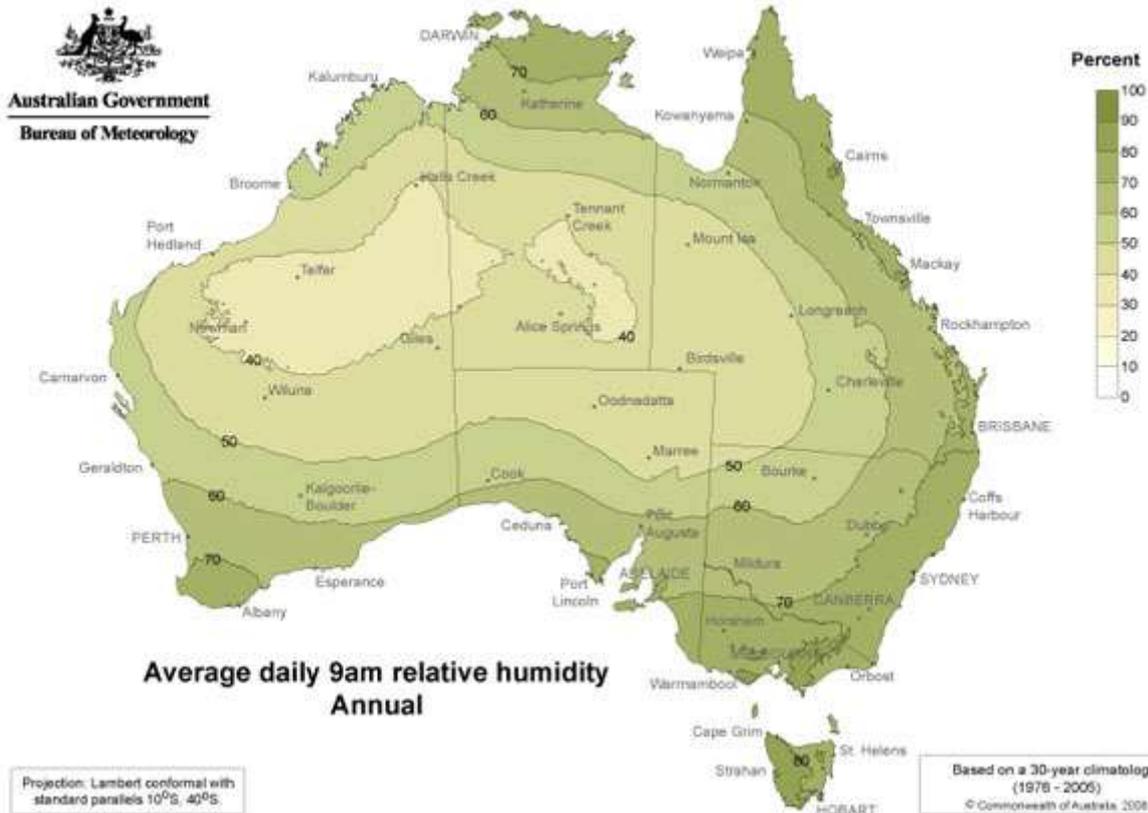
Pluviométrie moyenne mai à septembre (Saison sèche dans le Nord)



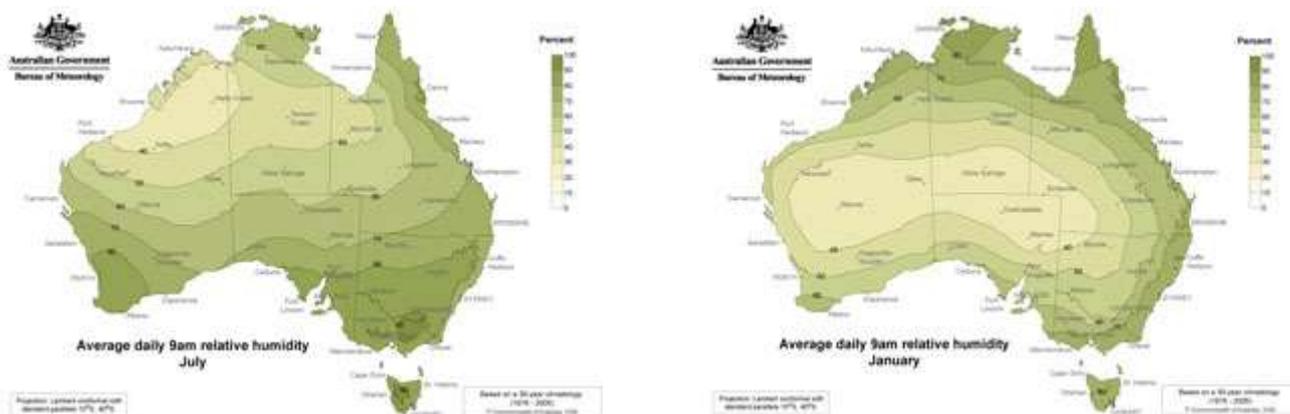
Température moyenne journalières mai à septembre (Saison sèche dans le Nord).



Température moyenne journalières octobre à avril (Saison humide dans le Nord).



Taux d'humidité moyen journalier sur l'année entière.



Taux d'humidité en Juillet puis en Janvier

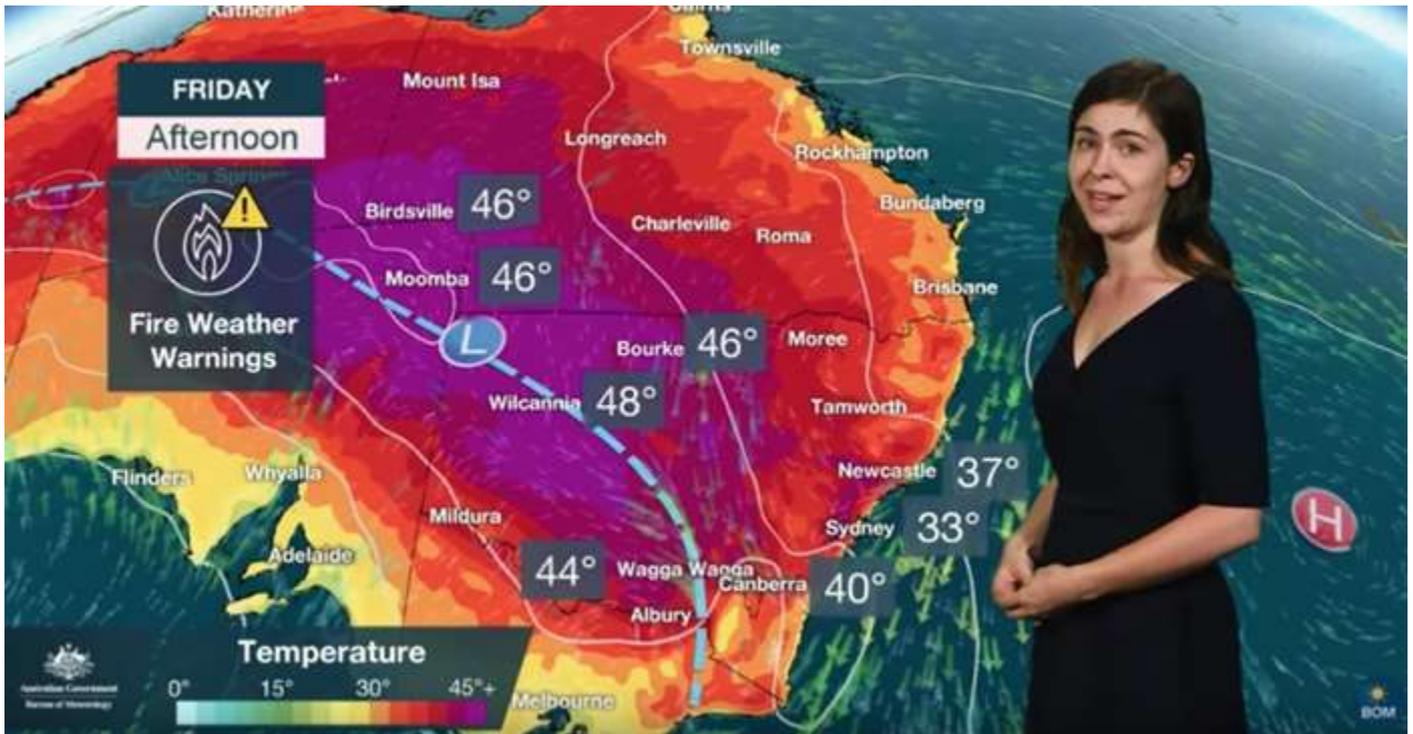
On s'aperçoit que le taux d'humidité est bien plus élevé en Juillet (Hiver en Australie) dans le Sud du pays. Comme pour les pluies, c'est la région de port Hedland qui est épargné par ces haut taux d'humidité, quelle que soit la saison.

Source : Le climat en Australie, <http://www.guide-australie.fr/laustralie/le-climat-en-australie/>

6.3 Températures, canicules, El Niño

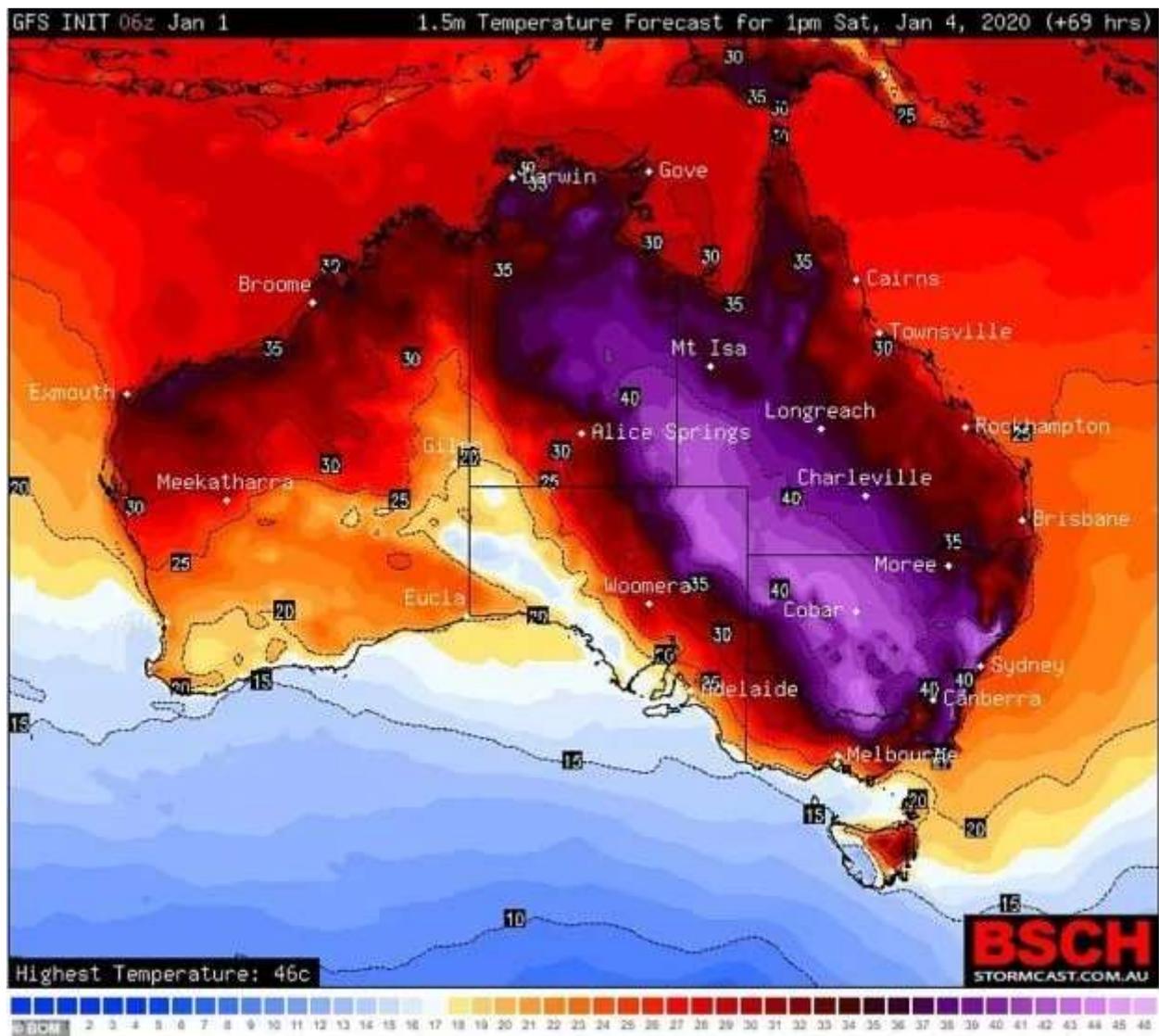
L'Australie a enregistré des records de chaleur à la fin de l'année 2018. Port Augusta, en Australie méridionale, aurait enregistré une température de **48,9 °C**, le mardi 12 janvier 2019, alors qu'une vague de chaleur menace de s'installer dans tout le pays. L'Australie a connu, en janvier 2019, une vague de chaleur extrême, avec des températures maximales diurnes, avoisinant les 40 degrés Celsius dans certaines régions du sud de l'Australie, de Victoria et de la Nouvelle-Galles du Sud, d'ici la fin de semaine. Les températures minimales les plus hautes de tous les temps ont été enregistrées à Meekatharra, en Australie-Occidentale, ainsi qu'à Fowlers Gap et White Cliffs, en Nouvelle-Galles-du-

Sud (NSW), avec des températures flirtant avec les 33 °C dans la nuit de lundi 11 à mardi 12 janvier 2018. Source : Bureau de météorologie australien¹⁰.



Source : <https://usbeketrica.com/article/australie-etats-unis-changement-climatique>

¹⁰ A) L'Australie est en train d'étouffer sous des températures proches de 50°C, Brice Louvet, rédacteur scientifique, 15 janvier 2019, <https://sciencepost.fr/2019/01/laustralie-est-en-train-detouffer-sous-des-temperatures-proches-de-50c/>
b) 50°C en Australie, -50°C aux États-Unis, un aperçu du changement climatique ? Vincent Lucchese, 30/01/2019, <https://usbeketrica.com/article/australie-etats-unis-changement-climatique>



Carte des incendies en Australie - Prévion de température pour le 4 janvier 2019 avec des sommets de 46 ° C.

6.4 Qu'est-ce qu'El Niño et ce que cela pourrait signifier pour l'Australie?

Le climat australien est influencé par de nombreux facteurs climatiques. El Niño et La Niña ont peut-être la plus grande influence sur la variabilité climatique d'une année sur l'autre en Australie. Ils font partie d'un cycle naturel appelé ENSO (El Niño - Oscillation australe) et **sont associés à une période prolongée (plusieurs mois) de réchauffement (El Niño)** ou de refroidissement (La Niña) dans le Pacifique tropical central et oriental. Le cycle ENSO fonctionne librement sur des échelles de temps allant de un à huit ans.

Les effets potentiels d'El Niño sur l'Australie incluent:

- Pluie réduite
- Températures plus chaudes
- Changement de température extrême
- Risque de gel accru
- Nombre réduit de cyclones tropicaux
- Apparition tardive de la mousson
- Augmentation du danger d'incendie dans le sud-est de l'Australie
- Épaisseur de neige alpine réduite

6.5 Qu'est-ce qui cause un El Niño?

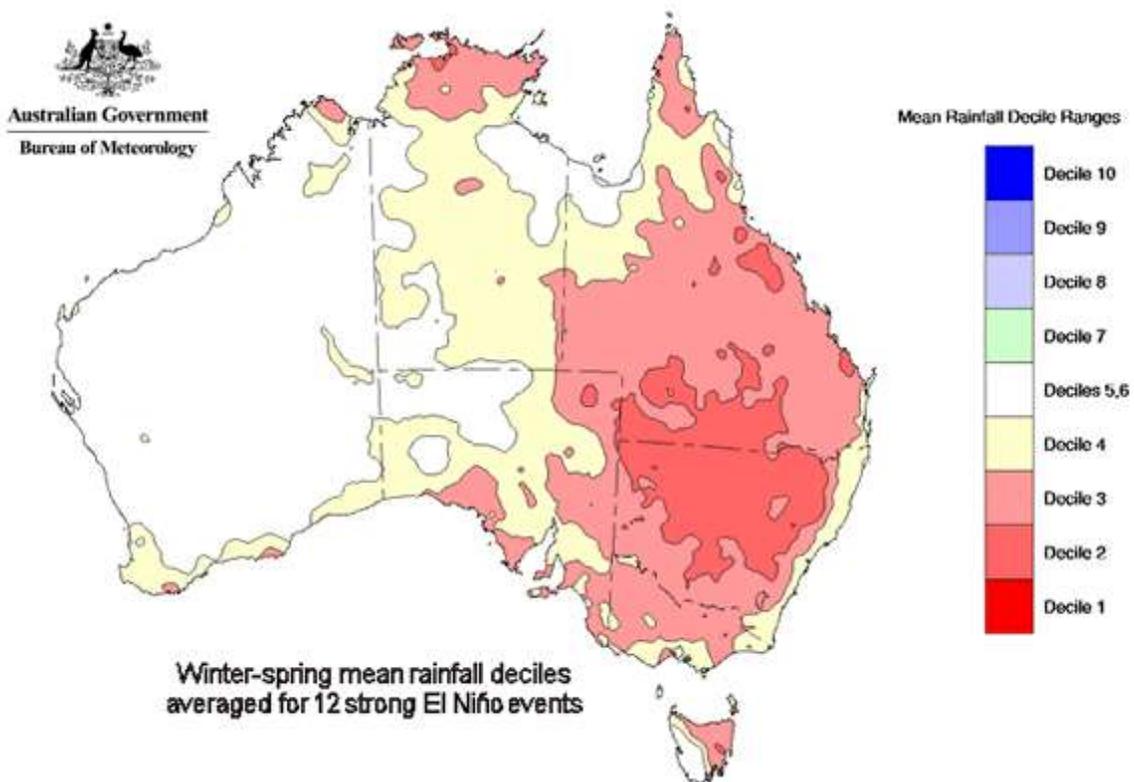
Un El Niño se produit lorsque les températures à la surface de la mer dans les régions centrales et orientales de l'océan Pacifique tropical deviennent considérablement plus chaudes que la moyenne, ce qui provoque un déplacement de la circulation atmosphérique. En règle générale, les alizés équatoriaux soufflent d'est en ouest sur l'océan Pacifique. Les événements El Niño sont associés à un affaiblissement, voire un renversement des alizés dominants.

Le réchauffement des températures océaniques dans le centre et l'est du Pacifique a rendu cette région plus favorable aux pluies tropicales et au développement des nuages. En conséquence, les fortes pluies qui se produisent généralement au nord de l'Australie se déplacent vers les parties centrale et orientale du bassin du Pacifique.

6.6 Pluie réduite, déficit hydrique

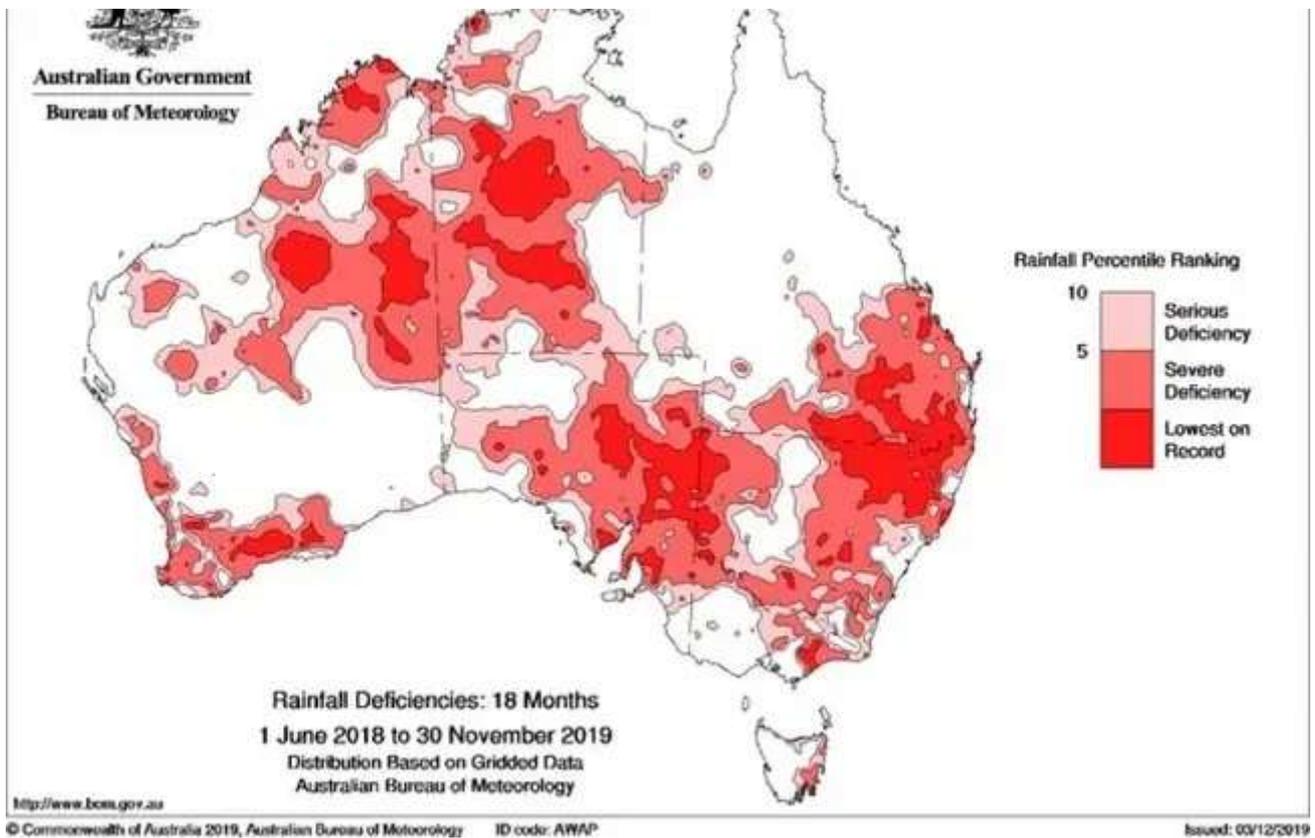
Le déplacement des précipitations loin du Pacifique occidental, associé à El Niño, signifie que les pluies australiennes sont généralement réduites tout au long du printemps et de l'hiver, en particulier dans l'est et le nord du continent.

Neuf des dix périodes les plus sèches d'hiver et de printemps enregistrées pour l'Australie orientale ont eu lieu au cours des années El Niño. **Dans le bassin Murray – Darling, la moyenne des précipitations hiver-printemps sur l'ensemble des événements El Niño depuis 1900 a été inférieure de 28% à la moyenne à long terme, les sécheresses sévères de 1982, 1994, 2002 et 2006 étant toutes associées à El Niño.**

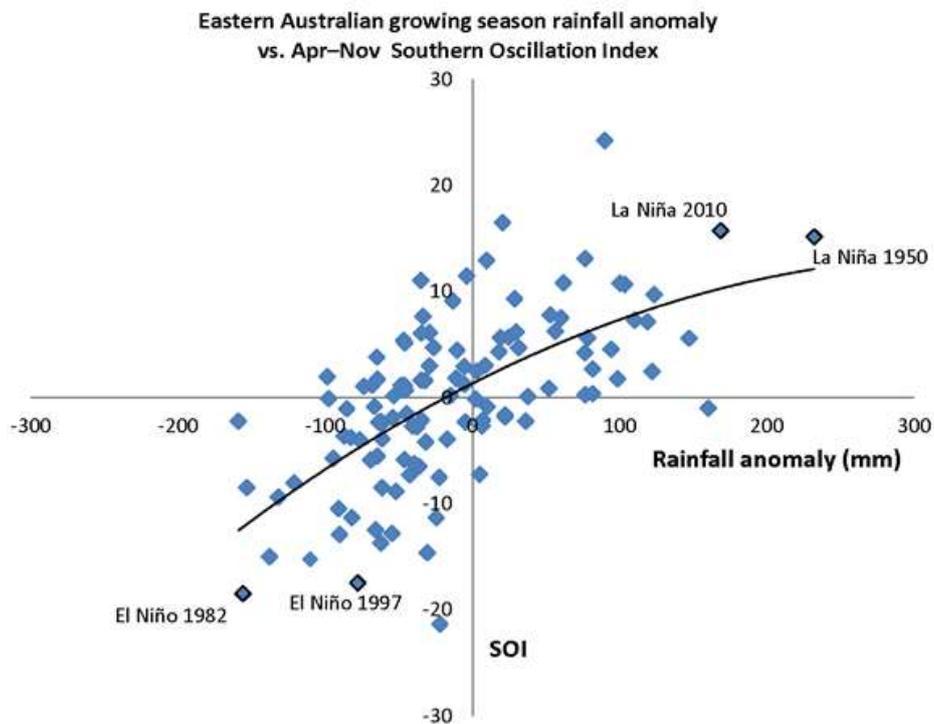


Les déciles de précipitations moyens de l'hiver et du printemps australiens moyennés pour douze événements El Niño forts. Australian Government. Bureau of Meteorology.

Bien que la plupart des sécheresses majeures en Australie aient été associées à El Niño, l'analyse des événements passés dans El Niño montre qu'une sécheresse étendue ne se produit pas à chaque événement et que la force d'un El Niño n'est pas directement proportionnelle aux impacts des précipitations. Par exemple, pendant le très fort phénomène El Niño de 1997-1998, les précipitations n'ont été généralement touchées que par les côtes du sud-est de l'Australie et de la Tasmanie, tandis que l'événement relativement faible de 2002-2003 a été marqué par une sécheresse étendue et importante.



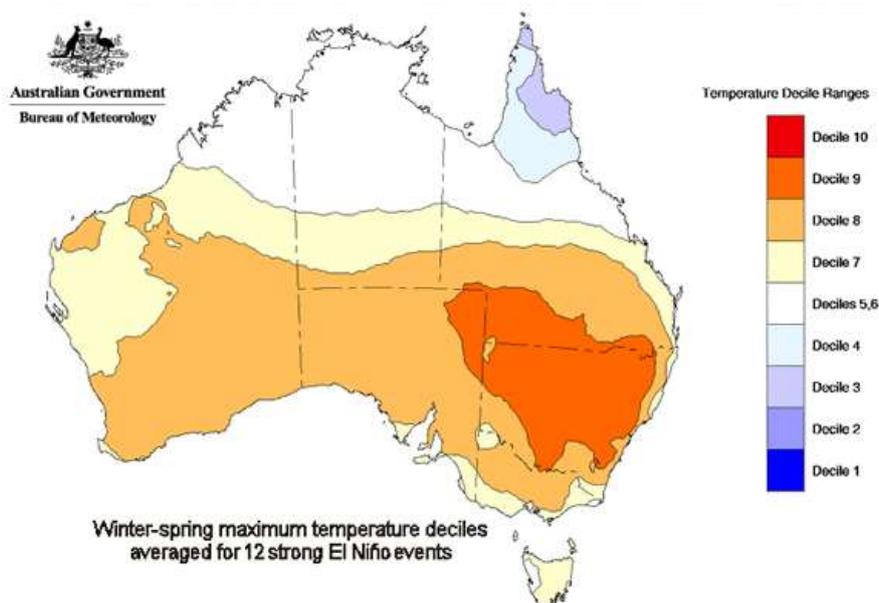
Déficit pluviométrique: 18 mois. Du 1er juin 2018 au 30 novembre 2019.
Distribution basée sur Gridded Data. Australian Bureau of Meteorology.



Les anomalies pluviométriques de la saison de croissance (avril-novembre) pour l'est de l'Australie, en fonction de la SOI (index des oscillations sud), ont été moyennées d'avril à novembre pour toutes les années allant de 1900 à 2013, montrant l'effet varié des épisodes El Niño forts et faibles sur les précipitations. El Niño est généralement associé à des valeurs SOI négatives soutenues.

6.7 Températures plus chaudes

Les années El Niño ont tendance à être caractérisées par des températures supérieures à la moyenne dans la majeure partie du sud de l'Australie, en particulier au cours du deuxième semestre de l'année. En général, la diminution de la couverture nuageuse entraîne des températures diurnes supérieures à la moyenne, en particulier au printemps et en été. La hausse des températures accentue les effets de la baisse des précipitations en augmentant la demande par évaporation. Avant 2013 (année ENSO neutre), les deux années les plus chaudes en Australie concernant les températures saisonnières de jour pour l'hiver (2009 et 2002), le printemps (2006 et 2002) et l'été (1982-1983 et 1997-1998) s'étaient toutes déroulées au cours d'El Niño. La chaleur des récents événements liés à El Niño a été amplifiée par les tendances au réchauffement de fond, ce qui signifie que **les années El Niño ont eu tendance à se réchauffer depuis les années 1950.**



Les déciles de température maximale moyenne australiens en hiver et au printemps ont été établis en moyenne pour douze événements El Niño forts

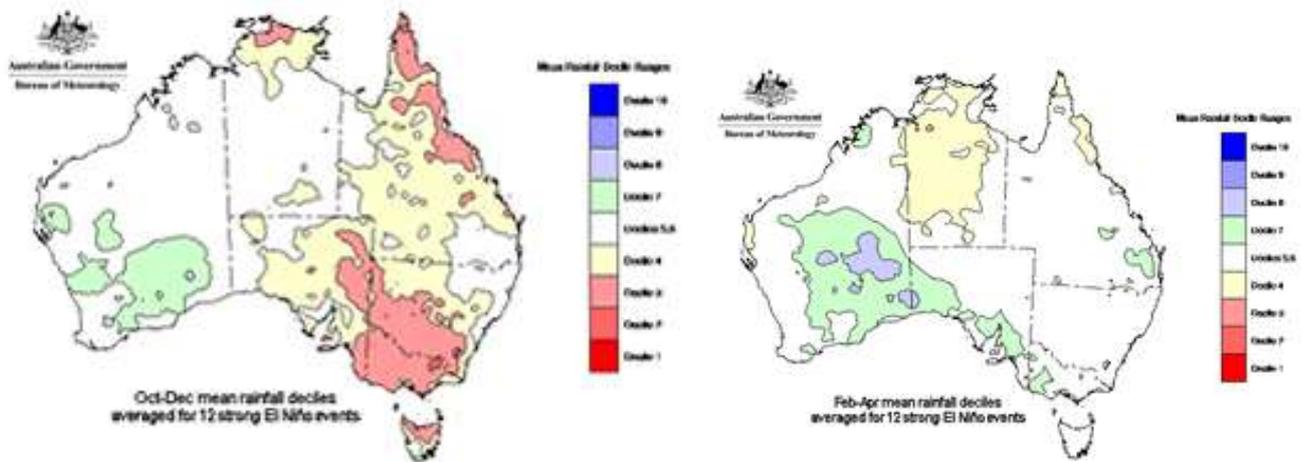
6.8 Changement de température extrême

Pour les températures extrêmes, il existe trois mesures différentes de la chaleur qui sont pertinentes pour El Niño: les vagues de chaleur étendues (comme l'indique une température nationale moyenne très élevée); extrêmes d'une journée à des endroits précis; et des périodes chaudes de longue durée. La relation entre El Niño et chacun de ces éléments peut être très différente et dépendre de l'emplacement.

Pendant le semestre plus chaud de l'année, les systèmes météorologiques ont tendance à être plus mobiles pendant les années El Niño, avec moins de systèmes à haute pression bloquants (stationnaires). Cela signifie que pour les régions côtières du sud telles qu'Adélaïde et Melbourne, **les extrêmes de chaleur quotidiens individuels ont tendance à être plus intenses (plus chauds) au cours des années El Niño**, mais la fréquence des épisodes chauds prolongés est réduite. **Plus au nord, El Niño est associé à la fois à une augmentation du nombre de journées extrêmement chaudes et à des périodes chaudes de plusieurs jours.**

6.9 Apparition tardive de la mousson

La date du début de la mousson en Australie tropicale est généralement de 2 à 6 semaines plus tard au cours des années El Niño que dans celles de La Niña. Cela signifie que les précipitations dans les régions tropicales du nord sont généralement bien en dessous de la moyenne au début de la saison des pluies pour les années El Niño, mais proches de la moyenne pendant la dernière partie de la saison des pluies.



Les déciles de précipitations moyens en Australie en octobre – décembre (à gauche) et en février – avril (à droite) ont été en moyenne pour douze événements El Niño forts.

6.10 Augmentation du danger d'incendie dans le sud-est de l'Australie

En raison de la diminution des précipitations et de l'augmentation des températures maximales, **la fréquence des indices de danger de feu élevés et le risque d'une importante saison de danger de feu dans le sud-est de l'Australie sont nettement plus élevés après une année El Niño**, en particulier lorsqu'ils sont combinés avec un dipôle positif dans l'océan Indien (IOD) un événement. **Certaines années El Niño ont été suivies de très graves incendies estivaux, notamment le mercredi des cendres (16 février 1983) et les saisons 2002-2003 et 2006-2007.**

Cependant, tous les incendies majeurs ne suivent pas les années El Niño. Les feux de brousse de printemps dans les Blue Mountains en octobre 2013 se sont déroulés au cours d'une année ENSO neutre, alors que Black Saturday (7 février 2009) suivait en fait une faible période de La Niña (mais notamment une IOD positive).

Source: What is El Niño and what might it mean for Australia?

<http://www.bom.gov.au/climate/updates/articles/a008-el-nino-and-australia.shtml>

7 Les incendies de végétation en Australie

Les feux de végétation en Australie se produisent régulièrement lors des mois les plus chauds de l'année, en raison notamment des climats chauds et secs de ce pays. Ainsi, chaque année, **ces feux s'étendent sur de grandes étendues**. Certaines d'entre elles se produisent lors **de sécheresses ou de canicules**, comme celle de 2009, qui a fortement contribué à la force du feu et à déclencher des tempêtes de feu¹¹, particulièrement meurtrières.

Les incendies et sécheresses répétés sont une vraie menace pour la préservation des forêts australiennes.

Les principaux incendies de végétation ont été les incendies du Mercredi des Cendres de 1983, l'incendie du Samedi noir (2009), les Incendies alpins de végétation de l'Est du Victoria (en) (2003) et les incendies de végétation de décembre 2006¹².

Depuis 1851, les incendies de végétation en Australie ont fait environ 800 morts et des dégâts estimés à 1,6 milliard de dollars australiens¹³. En termes de coûts, ils arrivent en cinquième position après les sécheresses, les tempêtes, la grêle et les cyclones¹⁴.

¹¹ Une tempête de feu est un incendie atteignant une telle intensité qu'il engendre et maintient son propre système de vents. C'est le plus souvent un phénomène naturel, créé durant certains des plus grands feux de brousse et feux de forêts.

¹² Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendies_de_v%C3%A9g%C3%A9tation_en_Australie

¹³ « Summary of Major Bush Fires in Australia Since 1851 », <http://home.iprimus.com.au/foo7/firesum.html>

¹⁴ « EMA Disasters Database », Emergency management Australia,

<http://www.ema.gov.au/ema/emadisasters.nsf/webEventsByCategory?OpenView&Start=1&Count=30&Expand=1#1>

7.1 Les feux déclenchés par les aborigènes

« [...] les Aborigènes montrent toutefois une aptitude certaine à modifier leur environnement naturel et, jusqu'à un certain point, à contrôler les ressources alimentaires, en recourant à la technique des brûlis sur de petites parcelles bien délimitées. On sait ici que le feu permet d'accroître la productivité des sols. [...] Ces feux permettent à nombre de plantes comestibles d'éclorre ; ainsi, dans le Nord de l'Australie, des espèces comme les cycas renaissent littéralement de leurs cendres. Dans le Nord, vers la fin de la saison sèche, les tribus brûlent des parcelles de terre au gré de leurs déplacements. [...] . Le feu sert également à communiquer entre clans ou à défricher le sol. Il joue un rôle important dans la chasse aux animaux des plaines herbeuses.

Ces incendies sont généralement circonscrits à de petites zones. En pratiquant une rotation de ces zones de brûlis, les communautés disposent de différentes plantes à mesure que les sols se régénèrent. *Les grands incendies, de nos jours fréquents dans le Sud-Est de l'Australie et dans la péninsule du Cap York, n'ont rien à voir avec la pratique de brûlis traditionnelle des Aborigènes.* [...]

Ce peuple gère les feux avec circonspection ; il s'appuie sur des coupe-feux naturels tels que des sols déjà brûlés ou des marécages, et règle le départ des feux sur les changements de vents survenant dans la journée ou sur l'heure à laquelle la rosée du soir finira par les étouffer » ([2] pages 43-44).



Source : Caring for country and telling its stories, <https://www.sbs.com.au/nitv/nitv-news/article/2017/05/05/caring-country-and-telling-its-stories>



Retour vers Ramingining : des femmes traversent des plaines récemment brûlées, chargées de tortues et d'écorces de mélaleuques. Les brûlis permettent de multiplier les ressources alimentaires. Photo Leo Meier / Weldon Trannies ([4], page 45).

Dans le nord du Queensland en Australie, il a été observé que, là où **les pratiques de mise à feu et les régimes du feu des aborigènes étaient contrôlés**, la végétation de la forêt ombrophile a commencé à remplacer les savanes boisées-herbeuses vulnérables au feu (Stocker, 1981) [4].

« Le feu joue un rôle vital dans la vie des peuples aborigènes du désert australien. Le contrôle des incendies permet de régénérer la flore du désert, *ce qui augmente le nombre d'espèces végétales comestibles et permet d'attirer le gibier qui se nourrit des pousses.* [...] Il faisait parfois office d'outil de combat en temps de guerre. Leurs techniques de brûlis ont sans doute profondément modelé les paysages [...] » [18].

7.2 Les espèces pyrophytes

Une plante pyrophyte (ou pyrophile) est un végétal qui a besoin du feu pour se reproduire, se renouveler et pour que l'espèce perdure. Le passage du feu, quand il est rapide, en détruisant des plantes plus sensibles ou moins bien protégées, peut diminuer la concurrence et favoriser l'abondance, voire la dominance de l'espèce pyrophile.

Les espèces pyrophytes (très inflammables) sont très abondantes en Australie, en particulier les eucalyptus, aux huiles essentielles très inflammables, et y favorisent les feux de forêts et de bush (de brousse)^{15 16}.

Toutefois, les forêts tempérées d'Australie, où le feu a été délibérément supprimé, connaissent à l'heure actuelle des incendies ravageurs dus à l'accumulation anormale de combustible. La suppression délibérée du feu par l'homme peut également avoir des effets nuisibles directs sur les espèces. Dans les forêts où le feu fait naturellement partie du système, les espèces végétales et animales se sont adaptées à ce régime naturel et tirent parti des séquelles d'un incendie [4].

Un des problèmes des forêts australiennes est que la plupart sont constituées d'espèces (eucalyptus) très inflammables, créant à leurs pieds, une litière de feuilles mortes très inflammables et toxiques (où rien ne pousse). Il faudrait moins d'eucalyptus et planter plus d'espèces moins inflammables ...

L'eucalyptus brûle très bien, mais il repart facilement après... **sauf si les feux sont trop répétitifs**. Dans ce cas, la forêt n'a pas le temps de se régénérer (la végétation et l'environnement ne cessent alors de se dégrader).

L'épuisement des ressources hydriques causées par les eucalyptus :

L' eucalyptus est très vorace en eau. Sa plantation fait baisser fortement le niveau des nappes phréatiques. C'est le problème du Portugal où ont été plantés des milliers d'eucalyptus, qui ont un impact négatif sur les ressources hydriques du pays.

Liste des espèces pyrophytes australiennes :

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Spinifex australienne	Genre <i>Triodia</i> (graminée)	Le genre <i>Triodia</i> ¹⁷ recouvre 22 % des zones semi-désertiques du centre de l'Australie. Ce sont des plantes vivaces qui poussent dans les régions australiennes arides. L'« herbe porc-épic » (<i>Triodia irritans</i>) est si dure qu'elle peut percer un réservoir de voiture, et si sèche que le contact avec des pots d'échappement l'enflamme ¹⁸ . Plus de 40 espèces.
<i>Conospermum</i>	<i>Conospermum</i> sp.	
Eucalyptus	<i>Eucalyptus</i>	Exemple : <i>Eucalyptus regnans</i>
Black Boy, balga	<i>Xanthorrhoea preiseii</i>	Sud-ouest de l'Australie. Capable de supporter des écarts de température de +40°C à moins de 0°C. Protégée.
Impérate cylindrique, imperata cylindrique ou paillote, Blady grass	<i>Imperata cylindrica</i>	Invasive : même verte, elle s'enflamme facilement et provoque des feux sur les collines, provoquant l'éclosion de ses graines et l'élimination des concurrentes. Sa nature vivace, adaptée aux sécheresses et à la forte salinité des sols fait d'elle un colonisateur nuisible des autres espèces qu'elle tend à remplacer. Le feuillage ne peut pas être mangé, sauf après un incendie ¹⁹ .

¹⁵ Mindjongork, chez les aborigènes Gindjingli ([2], page 44).

¹⁶ Bush : « Arrière-pays peu habité, qui occupe environ 800.000 km², répartis en deux grandes écorégions de type forêts, bois et broussailles méditerranéens : les forêts, bois et broussailles du sud-ouest australien ; les mallees (arbres ou arbustes qui poussent en émettant de nombreuses tiges à partir du sol) et bois du sud australien. La formation végétale est clairsemée et organisée en deux strates, une strate arbustive de type sclérophylle (à feuilles dures) et/ou épineuse et une strate sous-arbustive représentée par des broussailles se développant en climat méditerranéen. En plus d'une végétation éparse, le bush est caractérisé par une faible densité animale » [18].

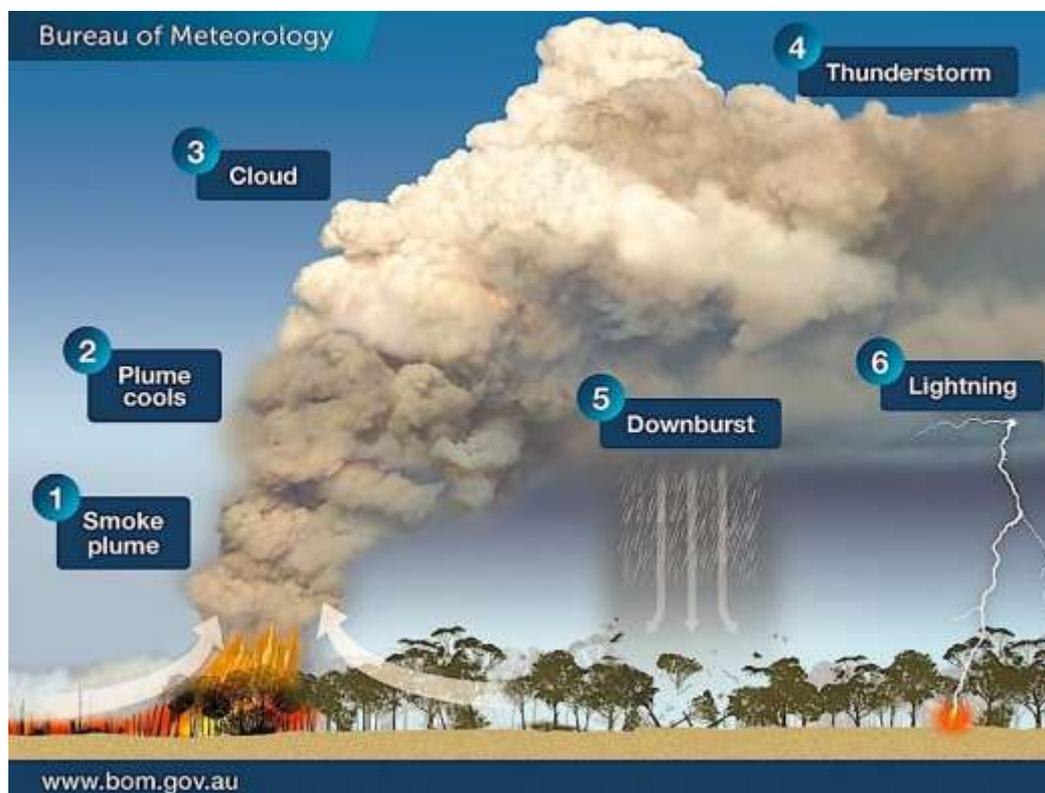
¹⁷ Les aborigènes australiens utilisaient les graines pour en faire du pain de brousse, la résine pour faire de la colle, et faisaient brûler des plantes, qui dégagent en brûlant une épaisse fumée noire, pour communiquer entre eux.

¹⁸ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Triodia_\(plante\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Triodia_(plante))

¹⁹ *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. Blady Grass, <https://vicflora.rbg.vic.gov.au/flora/taxon/5189158c-7d55-468e-b4ea-4eae4ff8cf28>

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Niaouli ou arbre de fer	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Originare de la côte sud-est de l'Australie, jusqu'à Sydney. La savane à niaouli apparaît après la destruction de la forêt sèche primaire par le défrichement et les feux répétés. Invasive : espèce envahissante, perturbant les écosystèmes marécageux.
Byblis	<i>Byblis</i>	Plantes carnivores herbacées (à mécanisme passif).
Acacia à feuilles longues (?)	<i>Acacia longifolia</i>	Invasive. Originare du sud-est de l'Australie, de l'extrême sud-est du Queensland, de l'est de la Nouvelle-Galles du Sud, de l'est et du sud du Victoria et du sud-est de l'Australie-Méridionale. C'est un arbre à croissance rapide qui peut atteindre 7 à 10 m de haut en cinq à six ans. On l'utilise pour la prévention de l'érosion des sols, l'alimentation (consommation des fleurs, des graines et des gousses), la fabrication de colorants jaune (à partir des fleurs) et vert (à partir des gousses) et la production de bois.
« Raisin » du bush, kumpurarpa	<i>Solanum centrale</i>	Source de nourriture pour les aborigènes de l'Australie centrale.
Cycas	<i>Cycas armstrongii</i>	Régions du Nord
Herbe de Mitchell	<i>Astelba pectinata</i>	Graines comestibles
Certains acacias	<i>Acacia sp.</i>	Mulga (<i>Acacia aneura</i>) Acacia de Kempe (<i>Acacia kernpeana</i>) Acacia « irkilli » (<i>Acacia coriacea</i>) A vérifier.
Etc.		

7.3 Phénomène d'auto-entretien du feu



8 Suggestions de solution contre les gigantesques feux de forêt en Australie

Voici des suggestions sur les façons de prévenir les gigantesques incendies en Australie :

Les solutions sont complexes :

- Mettre en place un maximum de retenues d'eau, coupant la plupart des vallées (en s'inspirant, par exemple, des limans israéliens),
- Planter plus d'espèces ininflammables, dans les zones forestières (diminuer la proportion des espèces pyrophytes).
- Quadriller les forêts, d'un maximum de chemins d'accès pompiers, bordés de grands coupe-feu d'au moins 100 de large,
- Installer beaucoup de grandes tours d'observation de 50 m de haut équipés de caméra de détection automatique de feux, ...

Sinon, au niveau mondial, même si cela coûtera des milliards et des milliards de dollars :

- **Initier la transition énergétique, partout sur la planète,**
- Replanter, reconstituer des forêts primaires et des haies,
- Sensibiliser les femmes des pays pauvres au planning familial, en leur offrant tous les moyens de contraception moderne ...

Ces dernières tâches restent titanesques. Pour cela, il faut un changement très profond des mentalités au niveau mondial et une vraie et ferme volonté politique mondiale.

9 La lutte contre les feux de forêt

« Quand on intervient immédiatement, un verre d'eau éteint un départ de feu. Une minute après, un seau suffit. Dans les 5 mn, 600 litres sont nécessaires. Au-delà, les grands moyens doivent être déployés (camions de pompiers, Avions ou hélicoptère largueur d'eau ...) ».

9.1 Cause de départ de feux

Lignes électriques, décharges incontrôlées, fumeurs, feux de camp ou allumés par les éleveurs, activités agricoles et forestières non maîtrisés, forêt mal entretenue, avec sous-bois non débroussaillés => et donc accumulation combustible hautement inflammable, foudre, vents chauds, canicules, très fortes chaleurs en association avec des espèces très inflammables et/ou pyrogènes (eucalyptus, certains pins, dégageant des essences et vapeurs très inflammables ...).

Ces causes dépendent souvent de l'endroit :

- a) de la texture du sol (de la structure de la biomasse),
- b) du type de peuplement forestier,
- c) des conditions atmosphériques (vent chaud et sec ...),
- d) de la densité de la foudre, e) de la densité du peuplement humain²⁰.

Le réchauffement climatique augmente aussi l'inflammabilité des forêts.

Dans beaucoup de pays, il y a peu de soucis de préservation des forêts et de prévenir les feux de forêt. On y mets le feu pour n'importe quelle raison (la culture sur brûlis, la chasse la vengeance, etc.).

²⁰ Source : Pr. Max Moritz, Université de Californie.

Souvent les campagnes de reforestation peuvent être réduites à néant, à cause d'un simple feu, d'un manque de moyen et de conscience des populations.

Parmi les causes humaines dans le sud de la France : négligence ou accident (43%), incendies criminels (34%)²¹.



Les feux de camp, souvent mal éteints après le départ des randonneurs, causes de départ de feux.



Un geste en apparence anodin
Tableau *Bergère - départ de feu* par Aimée Rapin
<http://masmoulin.blog.lemonde.fr/2010/11/09/peintres-de-la-bouche-et-du-pied-of-mouth-and-foot-painting-artists-pintor-de-la-boca-o-el-pie>



Le triangle du feu :
+ Combustible,
+ Oxygène,
+ Chaleur => donne le feu.

9.2 Plusieurs types de stratégies de lutte contre les incendies dans le monde

Dans certains pays comme les USA, on laisse les feux se développer, en les considérant que les feux de forêt font partis d'un cycle écologique naturel. Or il faut au moins 10 ans, entre deux feux, pour laisser le temps à la forêt de se régénérer. Or avec le réchauffement climatique et les incendies causés par l'homme, l'intervalle entre deux feux passe en dessous des 10 ans. Les forêts n'ont plus la possibilité de se régénérer.

Des pays, comme la France, au contraire, ont une culture d'anticipation et d'extinction des feux de forêt, au plus tôt. Ce qui nécessite la mise en place d'un système de surveillance et d'une culture de la prévention efficaces.



Tempête de feu. Source : The Impacts of the Black Saturday Bushfires,
<https://australianrotaryhealth.org.au/the-impacts-of-the-black-saturday-bushfires/>



Source : Parliamentary Committee recommends for a National Policy on Forest Fires,
<https://www.geographyandyou.com/agriculture/parliamentary-committee-recommends-national-policy-forest-fires/>

9.3 Le développement d'une culture du risque et 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).

²¹ Source : Feux de forêt dans la région méditerranéenne, www.fao.org/docrep/x1880f/x1880f07.htm

- 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
- Cartographie des zones à risque (pyro-géographie).
- Eviter les terres et forêts en friches, non entretenues
- Eviter d'assécher les tourbières.
- Disposer en permanence d'eau, de réserve d'eau, d'extincteurs, à proximité des zones à risques.

9.4 Les bons gestes et les apprendre

- Alerter immédiatement les secours (en France : 112 / 18), en cas de départ de feux,
- Eviter 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.



9.5 La prévention et les mesures visant à empêcher les feux de forêt

- Prévention des incendies accidentels, au niveau des installations (chemins de fer, décharges, lignes électriques, routes (dégagées) etc.).
- Mise en place de tours de guet confortable, pour la surveillance.
- Instauration d'une surveillance assurée par population locale (impliquée dans la lutte).
- Mise en place de :
 - De tranchées,
 - De coupe-feu,
 - De réserves d'eau.
 - De plans de préventions.
 - De tours de guet.



Tours de guet.

- Formation à la surveillance anti-incendie pour les guetteurs,
- *Caméras et systèmes automatisés à infrarouge (si les moyens financiers le permettent)*²².
- Débroussaillage manuel, pâture par les herbivores du couvert végétal (dans les sous-bois ...).
- Chemins forestiers, largement dégagés, d'accès rapides aux sites, sur les crêtes.
- Véhicule 4x4 rapide de lutte anti-incendie, camion réservoir de pompier (+ entretien).
- Brûlage dirigé (écobuage, contre-feux ...), utilisant le feu de façon planifiée et contrôlée sur une zone prédéfinie, pour créer des zones coupe-feux (cet acte dépend des conditions climatiques).
- Attention ! Les écobuages sont loin d'être anodins. Mal maîtrisés, ils peuvent conduire à des départs de feux catastrophiques, à la mort d'humains (de promeneurs...) ou d'animaux ...
- Débroussaillage manuel ou mécanique, dessouchage, pâturage et améliorations pastorales.



Débroussaillage et pâturage par les moutons, ovins etc.



Chemins de crête, largement dégagés, d'accès facile, souvent servant de coupe-feux.



Coupe-feux (Maroc)



Bulldozer pour aménager les chemins et coupe-feux.



Caméra infrarouge système Artis Fire (efficace mais coûteux)



Mais dans un pays aussi vaste, avec des forêts aussi grandes, peut-on installer des tours de guet et des systèmes de caméras infrarouges, partout ? **Le coût de ce système ne sera-t-il pas prohibitif ?**

9.6 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 débroussaillage pour les propriétaires de forêt.*
- *Peines sévères en cas d'incendies intentionnels (jusqu'à l'emprisonnement à perpétuité en France).*

9.7 Mesures durant le feu

Stratégie d'attaque immédiate des feux naissants (surtout ne pas les laisser prendre de l'ampleur !). Par exemple, apporter, avec soi, 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...

²² Sur certaines routes, à l'entrée de forêts, il a des caméras pour noter les plaques d'immatriculations, afin de repérer d'éventuels pyromanes (en France ...).

9.8 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.*

9.9 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 croissantes 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...

9.9.1 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].

9.9.2 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 / pyrophytes) (Ex.: *Grevillea banksii*, *Imperata cylindrica* ...).



Des feux contrôlés sont une stratégie préventive depuis longtemps utilisée.



Pulvérisateur individuel.

9.10 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 prévoir 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.



Réservoirs

9.11 Affiches ou images des campagnes de sensibilisation

Wildfire and Youth – Raising of Public Awareness on the Ecological Effects of Forest Fires and on Forest Fire Prevention
 by Katharina J. Goldammer, St. Ursula Gymnasium, Freiburg, Germany, July 2005
 Published on the Website of the Global Fire Monitoring Center: http://www.fire.uni-freiburg.de/Manag/CFMIM_10.htm

Increase of Destructive Forest Fires Worldwide

- Northern Boreal Forests**
- Tropical Forests**
- Smoke Pollution**
- Consequence: Climate Change**

300 Forest Fire Posters designed by a Russian Artist (1940s, 1990)

Bear running away from the fire Poster designed by a Russian Artist (1940s, 1991)

Smoky Bear - a Siberian bear found after a fire in Alaska (1940s), and an Alaskan polar bear looking for food and wounded by a fire.

Bears and other forest animals are endangered by fire. Smokey Bear was born in the USA. His mother was killed by a wildfire. Since then Smokey is asking all children in his country to help preventing forest fires.

Forest Fire Danger is Extreme on Planet Earth!

Over the last few years I have collected photographs and forest fire prevention systems through the website of the Global Fire Monitoring Center (GFMC). The GFMC is located in my home town - in Freiburg, Germany. The GFMC brings together many forest fire experts from all over the world. They are working together to reduce the damages of forests, animals and the global atmosphere. In their home countries the animal mascots bring the message to the public - especially through the children - to do everything to prevent forest fires. These animals meet in this poster and agree to work together worldwide to educate the Youth and their parents.

Only you can prevent forest fires.

There are many different mascots for forest fire prevention campaigns. On top of the poster mascots are found from Asia, Europe, Africa and America. Other fire prevention logos are found at the bottom of this poster.

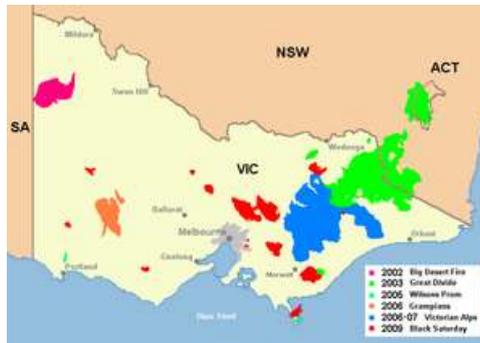
They all encourage young people to protect animals from forest fires.

Posters for public awareness raising in Africa: These posters were developed by local artists in Harare, in the frame of the Harare-Panama Forestry Programme. The posters on top show the destructibility of fires, the posters below show discussion in the villages and families. Here the young people have an important task to make the adults aware of forest fire damages.

Smoky Bear for President!

Support your local bear.

Source : CBFIM – Children, http://gfmf.online/manag/children_main.html



Principaux feux de brousse dans l'état de Victoria entre 2002 et 2009.

10 Lutte aérienne contre les incendies de forêts dans le sud de l'Australie

10.1 La flotte nationale de bombardiers d'eau

L'Australie est bien équipée en bombardiers d'eau. La flotte nationale de « pompiers aériens » comprend environ 130 aéronefs sous contrat (voir les types d'aéronefs, dans le poster ci-dessous). Ces aéronefs, contractés par NAFC pour le compte des gouvernements des États et des territoires, sont complétés par des aéronefs et autres aéronefs appartenant à l'État et sous contrat avec des États, loués pour faire face à la demande de pointe en Australie. Au total, plus de 500 avions, fournis par plus de 150 opérateurs, sont disponibles pour la lutte contre les incendies en Australie. Le nombre et les emplacements des aéronefs varient de temps en temps, le solde de la flotte étant ajusté et les cellules individuelles mises à jour ou remplacées.



National Aerial Firefighting Centre Poster, http://www.nafc.org.au/?page_id=168#AircraftTypes
<https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/nafc-arena-help/2018+National+Fleet+Poster+A3.pdf>

10.2 Le choix des avions bombardier d'eau fait par l'Australie

Le [Bombardier CL-415](#) (6140 litres d'eau) nécessite plus de 1,3 km d'eau libre, d'une profondeur minimale de 2 m, avec des entrées et des sorties dégagées. Or, contrairement au Canada, l'Australie ne dispose que d'un nombre limité de plans d'eau appropriés.

L'avion bombardier [AT-802F](#), plus [petit](#), avec [des flotteurs amphibies](#), construit par par Air Tractor Inc., aux USA, devenu disponible en 2016, capable de transporter 3 000 litres, a répondu au cahier des charges du National Aerial Firefighting Centre [Centre national des lutte aérienne contre les incendies] (NAFC)²³.

Plus, il y aura de forêts, plus il faudra renforcer cette flotte.



Canadair CL-415 (6100 litres), non retenu.



Air Tractor AT-802F (3000 litres)



Air Tractor AT-802F (3000 litres)



Air Tractor AT-802F (3000 litres)



Bell 204B – "Helitak"



La grue volante Erickson S-64 peut transporter 9 500 litres. Il consomme près de 2 000 litres de carburant/heure.



Coulson B737 airtanker – "Bomber"



Avro RJ85 airtanker – "Bomber"

Etc.
Etc.

10.3 Centre national de lutte aérienne contre les incendies (NAFC)

Alors que la responsabilité de la suppression des feux de brousse, et donc de l'utilisation des avions, incombe aux gouvernements de chacun des États et Territoires australiens, le Centre national de lutte contre les incendies aériens (NAFC) a été créé en juillet 2003 pour coordonner les arrangements nationaux en vue de contacter et de partager de précieux avions de lutte contre les incendies. La flotte nationale comprend environ 130 aéronefs à voilure fixe, hélicoptères et gros avions-citernes (LAT), qui viennent en complément de nombreux appareils appartenant à l'État et sous-traités par l'État afin de répondre à la demande de pointe en Australie, soit plus de 500 appareils fournis par plus de 150 exploitants. En 2015-2016, les avions de la flotte nationale ont été activés 5 000 fois et ont effectué près de 30 000 largages en cas d'incendie²⁴.

²³ Department of Sustainability and Environment and the Country Fire Authority Victoria (2008). "Fire Boss amphibious single engine air tanker. Fire and adaptive management report no. 81" [Ministère de la durabilité et de l'environnement et l'autorité de lutte contre les incendies du pays, Victoria (2008). "Avion-citerne monomoteur amphibie Fire Boss. Rapport de gestion de tir et d'adaptation n ° 81"], https://www.ffm.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0013/21109/Report-81-Fire-Boss-Amphibian-Single-Engine-Tanker.pdf

²⁴ <http://www.nafc.org.au/>

11 Causes naturelles de l'infertilité des sols australiens

11.1 Sols pauvres et totalement lessivés

Les sols de certaines régions de l'Australie sont si anciens [même s'ils étaient, à l'origine, volcaniques] qu'ils ont perdu leurs éléments nutritifs (en particulier le phosphore ...), sous l'effet de la pluie, au fil de millions ou de milliards d'années.

L'Australie est le continent le plus improductif : c'est celui dont les sols anciens sont les moins riches et qui ont le taux de croissance des plantes les plus faibles et la productivité la plus basse. C'est même le plus fragile de tous les pays riches.

Quand la couverture de végétation est retirée (par le défrichage ou le surpâturage) _ cas de l'Australie _, la terre que la végétation cachait auparavant se retrouve directement exposée au soleil, ce qui rend les sols plus chauds et plus secs, et handicape le développement des plantes de la même manière que la sécheresse naturelle ([3] page 458). [...] L'érosion des couches supérieures du sol par l'eau et le vent s'accroît dès lors que sa couverture végétale est réduite ou défrichée ([3] page 457).

Les sols pauvres en éléments nutritifs [de l'Australie] portaient souvent une végétation luxuriante en apparence, *pour la raison que la plupart des nutriments de l'écosystème sont contenus dans la végétation plutôt que dans les sols* ([3] page 485).

La faible productivité des sols en Australie n'a pas été immédiatement perceptible par les premiers colons européens. Quand ils se sont retrouvés en présence de magnifiques forêts très étendues [...], les apparences les ont induits que à penser que cette terre était extrêmement productive ([3] page 439).



Une majeure partie de l'Australie est constituée de déserts (ici le désert de Gibson)



Grandes forêts du sud de l'Australie



Grandes forêts du sud de l'Australie

11.2 Causes humaines

L'homme a apporté son grain de sel à l'équilibre de la flore : déforestation, surpâturage et importation de nouvelles espèces, souvent invasives, avec des conséquences qu'il n'avait souvent pas mesurées.

11.3 La disparition ou l'inadaptation des bousiers locaux

Les bousiers avaient disparu des pampas australiennes parce qu'en remplaçant le vermifuge naturel qu'on donnait au bétail par des produits chimiques, on a intoxiqué les bouses et tué les bousiers. Finalement, le gouvernement australien a voté un crédit de 15 milliard de \$ pour réintroduire les bousiers dans les prairies australiennes.

Dans les années 70, l'Australie a dû importer des coléoptères coprophages capables de dégrader les fèces des bovins. Les bousiers locaux, spécifiques des excréments de marsupiaux, en étaient incapables²⁵.

²⁵ Sources : 1) *Dung beetles reduce internal parasites in sheep!*, The Northern Tablelands, <http://www.snelandcare.org.au/linkedfiles/DungBeetles&InternalParasitesSheep.pdf>
2) *Improving sustainable land management systems in Queensland using dung beetles*, <http://www.dungbeetle.com.au/queenslandreport.pdf>

L'Australie compte plus de 500 espèces de dendroctones indigènes et 23 espèces de dendroctones introduites, en provenance d'Hawaii, d'Afrique et du sud de l'Europe. Les dendroctones introduits sont très utiles dans les régions agricoles australiennes²⁶.



Bousiers importés en Australie



Les bousiers, des scarabées, peuvent avoir un rôle dans la fertilisation des pâture



Source :

<https://equinepermaculture.com/blog/2017/01/27/benefits-dung-beetles-horse-properties/>

Il serait important d'élever en grand nombres les bousiers _ afin d'en inonder les zones, qui ont perdu leurs bousiers _ de ne jamais utiliser de pesticides _ privilégier l'agriculture bio _ et de vermifuges qui tuent les bousiers.

11.4 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 : la salinisation par irrigation et 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.

3) *Increasing Productivity – How Dung Beetles Can Help*, <http://www.virbac.com.au/p-virbacaupubn/pdf/Ruralbrochures/TechTalk-Dung-Beetles.pdf>

4) *Les bousiers*, Aude Coulombel (ITAB), <http://www.itab.asso.fr/downloads/bousiersl.pdf>

5) *Solutions locales pour un désordre global*, Coline Serreau, Ed. Babel / Acte sud, 2010, page 48.

²⁶ Benefits of dung beetles on horses properties [Avantages des dendroctones/bousiers sur les propriétés du cheval], 27 janvier 2017, <https://equinepermaculture.com/blog/2017/01/27/benefits-dung-beetles-horse-properties/>

Environ 20% des terres cultivées, dont environ 50% de terres irriguées, sont affectées par la salinité dans le monde (la salinisation) (Au Pakistan, en **Australie** etc. ...).

10 millions (ha) de terres cultivées abandonnés/an, par accumulation de sels (irrigation).

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

Aujourd'hui dans le monde, près de 20 % des cultures sont irriguées avec l'eau saumâtre.

Les causes de cette salinisation sont diverses : **mauvaises techniques d'irrigation, montée du niveau des mer**, due au réchauffement climatique ...

11.4.1 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'infiltrer 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.

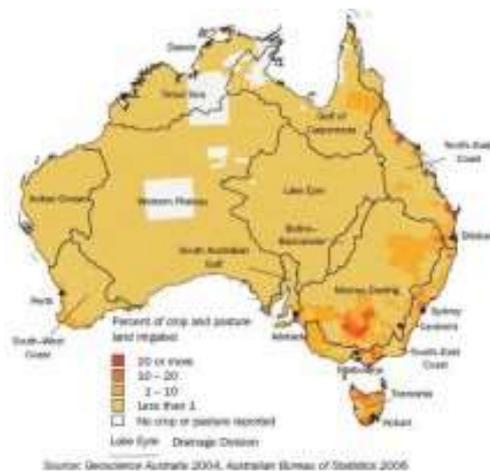


Figure 11.2: Irrigation areas in Australia (ABS 2006)

Les principales zones d'irrigation de l'Australie. Source: Land use and soil in Australia (2014), ABS 2006, <http://www.moffittsfarm.com.au/2014/01/04/land-use-australia-2005-2006-source-abares/>

11.4.2 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'infiltrer 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 ([3], 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).

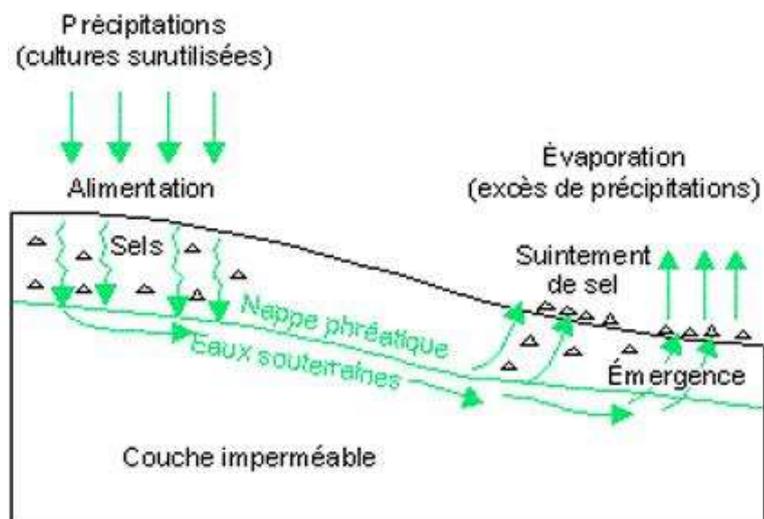
Le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute dont 3 ha (**plus de 1,5 Mha par ans**) à cause de la salinisation (Kovda, 1983).

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.

12 Solutions contre la déforestation

Une solution est de reboiser les zones déforestées (détruites), grâce à l'implantation de forêts jardinées constituées d'essences (arbres) très diverses, si possible issues du biotope local, en forêt jardinée irrégulière, avec l'accent mis sur le rétablissement de la biodiversité dans ces forêts. Puis en faisant la gestion durable et raisonnée²⁷.

Nous proposons que l'Australie donne l'exemple au monde entier.

13 Solution pour redonner de la fertilité aux sols

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 *fouage* 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.

Melilotus officinalis est apparemment **plus tolérant au sel** que le mélilot blanc (*Melilotus albus*)^[3], bien qu'elles peuvent pousser sur des sols très alcalins^[5]²⁸.

²⁷ En faisant participer les habitants locaux à la gestion & à l'exploitation durable des forêts.

²⁸ 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



Mélicot blanc (*Melilotus albus*)

14 Solutions au problème de la salinisation

(Cours d'[hydrologie](#) du Prof. Musy, EPFL, Lausanne (°))

14.1 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.

14.2 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.

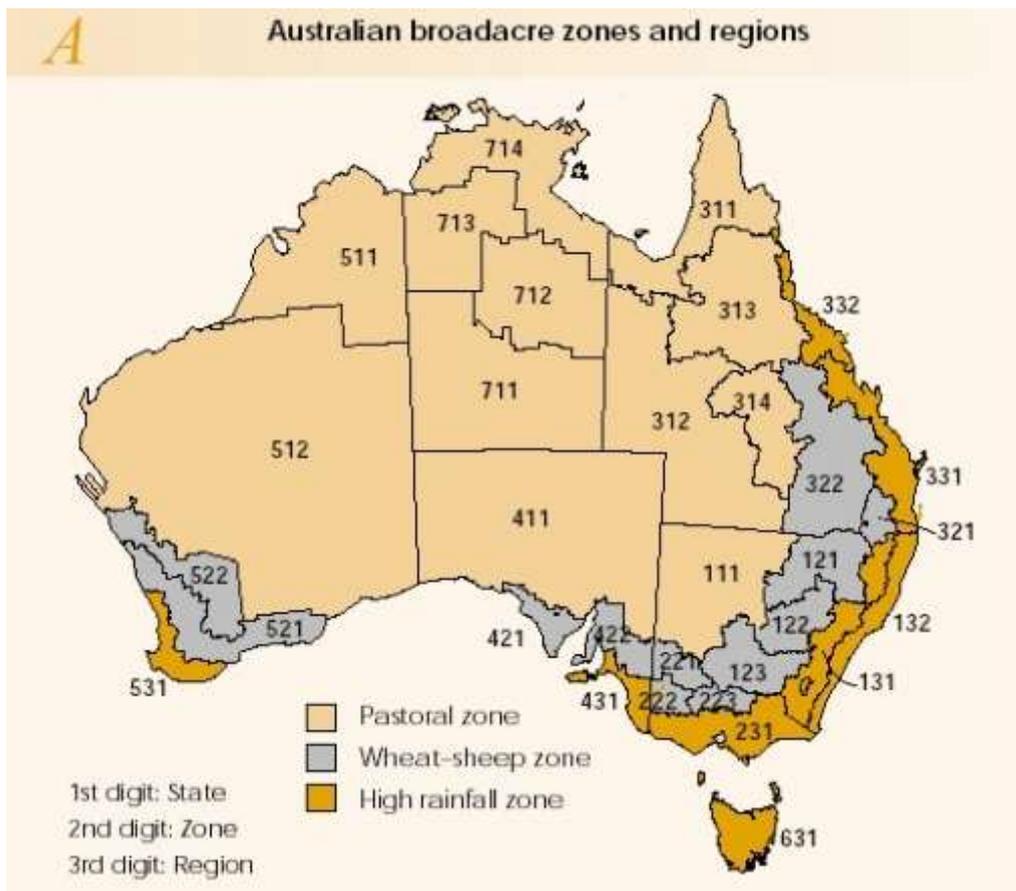
On peut empêcher l'eau de s'infiltrer dans le sol des zones d'émergence en dérivant l'eau de surface vers des étangs situés au bas des pentes. **Les cultures fourragères et les plantes vivaces, la luzerne**, peuvent jouer un rôle utile, en raison de leur saison de croissance plus longue et de leur capacité 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 où la gravité de la salinisation est raisonnable.

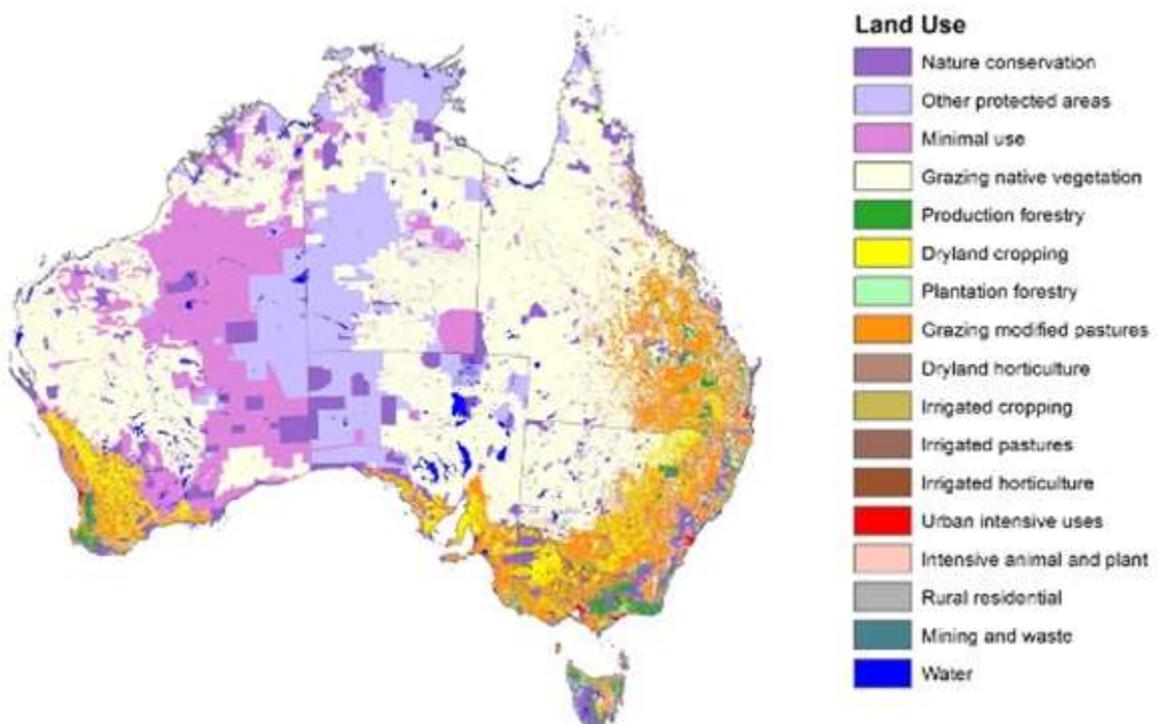
Réduire la mise en jachère par **la culture continue** (terrains peu salins) ou par l'établissement d'une couverture végétale permanente et de cultures tolérantes au sel (secteurs à risque élevé ou salinisation grave). Réduire le travail profond du sol par **l'adoption de non-labour**. Planter des **cultures 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. Éliminer 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 : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/general/tdmchapters.html>

15 Utilisation actuelle des sols



Utilisation des sols et des sols en Australie, <http://www.moffittsfarm.com.au/2014/01/04/land-use-australia-2005-2006-source-abares/>



Land use in Australia, <http://www.cra-corse.fr/agriculture-vegan/>

16 Agriculture en Australie

Les agriculteurs et les éleveurs possèdent 135 997 fermes, couvrant 61% de la masse continentale de l'Australie. Environ 64% de toutes les fermes en Australie appartiennent à l'État et 23% sont toujours la propriété de groupes ou de tribus indigènes. Dans tout le pays, il y a un mélange d'irrigation et de culture sur des terres arides. L'Australie est en tête du monde avec 35 millions d'hectares certifiés biologiques, soit 8,8% des terres agricoles australiennes.

Le CSIRO, l'agence de recherche scientifique du gouvernement fédéral en Australie, a prévu que le changement climatique entraînerait une diminution des précipitations sur une grande partie de l'Australie, ce qui aggraverait les problèmes de disponibilité et de qualité de l'eau pour l'agriculture.

Il existe trois zones principales:

- Zone à forte pluviosité de Tasmanie et une zone côtière étroite (utilisée principalement pour la production laitière et la production de viande bovine);
- Zone à blé et à ovins (cultures (principalement des cultures d'hiver), et pâturage des ovins (pour la laine, l'agneau et le mouton) plus les bovins de boucherie ;
- Zone pastorale (caractérisée par de faibles précipitations, des sols moins fertiles et des activités pastorales à grande échelle pâturage de bovins de boucherie et de moutons pour la laine et le mouton).

17 Les campagnes de reforestation en Australie

À Adélaïde, en Australie-Méridionale (une ville de 1,3 million d'habitants en juin 2016), le premier ministre Mike Rann (2002 à 2011) a lancé une initiative de foresterie urbaine en 2003 visant à planter 3 millions d'arbres et arbustes indigènes d'ici 2014 sur 300 sites de projet dans la région métropolitaine. Les projets vont de grands projets de restauration d'habitats à des projets locaux de biodiversité. Des milliers de citoyens d'Adélaïde ont participé aux journées de plantation communautaires. Les sites comprennent les parcs, les réserves, les corridors de transport, les écoles, les cours d'eau et le littoral. Seuls les arbres indigènes de la région sont plantés pour assurer l'intégrité génétique. Le Premier ministre Rann a déclaré que le projet visait à embellir et à rafraîchir la ville et à la rendre plus vivable, à améliorer la qualité de l'air et de l'eau et réduire les émissions de gaz à effet de serre d'Adélaïde de 600 000 tonnes de CO₂ par an. Il a ajouté qu'il s'agissait également de créer et de conserver un habitat pour la faune et d'éviter les pertes d'espèces²⁹.

Il n'y a pas beaucoup de projets de reboisement écologiques, ayant été lancés en Australie. Citons quand même ;

Le projet GREENING AUSTRALIA est mené en collaboration avec l'ONG Greening Australia, dans 4 haut-lieux de la biodiversité mondiale en Australie, des zones mondialement reconnues pour leur richesse et la diversité de leur faune et de sa flore. Des espèces primaires sont plantées pour préserver et régénérer ces écosystèmes uniques tout en encourageant la prise de conscience du grand public³⁰.

Avec des banques de semences à divers endroits en Australie et le propriétaire de Nindethana, l'un des négociants en semences les plus importants et les mieux établis en Australie, GREENING AUSTRALIA fournit une gamme diversifiée de semences indigènes de haute qualité pour une grande variété de projets de restauration³¹.

²⁹ a) "Dix années de croissance: les points chauds de la population de l'Australie", Bureau australien, 2017-09-30, <https://web.archive.org/web/20170930073403/http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Latestproducts/3218.0Media%20Release12016?opendocument&tabname=Summary&prodno=3218.0&issue=2016&num=&view=>

b) <http://www.milliontrees.com.au/>

³⁰ a) <https://www.purprojet.com/fr/projet/greening-australia/>, b) <https://www.greeningaustralia.org.au/>

³¹ a) www.nindethana.net.au ou contactez Pete Nash pour plus d'informations : pnash@nindethana.net.au

b) Contactez le Dr Paul Gibson-Roy, écologiste en chef chargé de la restauration, chez Greening Australia, pour plus d'informations : PGibson-Roy@greeningaustralia.org.au

c) Greening Australia, siège social, Level 3, 349 Collins Street, Melbourne VIC 3000, email : info@greeningaustralia.org.au, Tel : 1300 886 589, PO Box 470, Flinders Lane VIC 8009.

Projet de grande ampleur : L'Australie va planter un milliard d'arbres d'ici 2030 pour lutter contre le réchauffement climatique, 21/02/2019, <https://www.bfmtv.com/international/l-australie-va-planter-un-milliard-d-arbres-d-ici-2030-pour-lutter-contre-le-rechauffement-climatique-1637153.html>

18 Le projet

Nous privilégions de reboiser les zones les plus désertiques (centre et ouest). Mais on ne se désintéresse pas de zones de fortes déforestation comme la Tasmanie, le Queensland³² ...

Nous proposons aussi l'installation de zones de reforestation et des pépinières, dans le sud, centre et ouest de l'Australie, aux botanistes australiens :

- 1) Créant des pépinières,
- 2) En cultivant et plantant les espèces d'arbres déjà plantées Australie, si possible endémiques,
- 1) En cultivant et plantant de nouvelles espèces d'arbres, si possible utiles, fruitiers, endémiques, non pyrophytes (type Nérés [*Parkia biblobosa*], Baobab africain, karité ...). En évitant les espèces très inflammables, Eucalyptus, spinifex, les plantes du genre *Triodia* dont « l'herbe porc-épic » (*Triodia irritans*), ... et invasives pyrophytes comme *Nassella trichotoma* etc.), en relations avec les botanistes australiens.
- 3) En proposant les mêmes retenues ou levées sur les oueds, que les « limans » israéliens (inspirés des barrages et autres ouvrages hydrauliques à Pétra).
- 4) En créant des bassins de récolte d'eau pluviale (avec des géotextiles), connectés à un système de goutte à goutte vers les arbres.
- 5) En utilisant des systèmes d'irrigation de type cocoon **Groasis** ou **Land Life company**.
- 6) Il faut que les nouvelles forêts soient constituées d'un maximum de biodiversité (en arbres et plantes).

Au départ, on doit favoriser les « arbres clés » (ceux qui favorisent la biodiversité) _ selon la techniques des « framework trees » de Stephen Elliott [8].

Note : les Forêts Semi-Aride pourraient avoir une influence positive mesurable sur le climat et aider à contrebalancer une part significative du réchauffement global induit par l'activité humaine³³.

On peut envisager de créer des parcs agroforestiers, comme dans les exemples ci-après :



Parc agroforestier à *Faidherbia albida* au Burkina Faso.
(© Depommier/Cirad). Source : Les arbres hors forêt ...
, Fonctions et importance pour le développement,
<http://www.fao.org/docrep/005/y2328f/y2328f04.htm>



[Parc agroforestier à *Adansonia digitata*, au Sénégal](http://www.fao.org/docrep/x3989f/x3989f04.htm) - R. FAIDUTTI FAO,
<http://www.fao.org/docrep/x3989f/x3989f04.htm>

³² Nous nous intéressons à l'abattage excessif de l'*Eucalyptus regnans* (Tasmanian oak), un eucalyptus _ le plus grand arbre du monde et un arbre clé pour la biodiversité _ , originaire de Tasmanie et de l'État de Victoria, dans le sud-est de l'Australie.

³³ Arides mais Fertiles : les Forêts Semi-Aride Pourraient Contrebalancer le Changement Climatique, <https://www.weizmann-france.com/2018/05/29/arides-mais-fertiles-les-forets-semi-aride-pourraient-contrebalancer-le-changement-climatique/>



Environs de Yirrkala ; Ulpundu cueille des baies d'émeu sur un *Giewia retusifolia*. Photo Jennifer Isaac.

Ces travaux et projets seront d'une échelle inégalée, ces forêts faisant des millions de km².

19 L'importance de faire participer les populations aborigènes au projet

Il faut les passionner au projet, leur demander leurs suggestions, si possibles les faire choisir les espèces ; gérer les pépinières et les plantations et leur surveillance. Il faut les rémunérer pour le travail fourni.

Il faut, si possible, respecter leur tabous et leurs lieux sacrés. Chaque tribu a ses coutumes, à respecter.

En vue de test, certaines nouvelles forêts ne devront pas être soumises à la culture sur brûlis ou l'écobuage. Un travail d'explication préalable doit être prévu.

20 Liste des espèces proposées

20.1 Planter les espèces déjà plantées

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Pin de Wollemi	<i>Wollemia nobilis</i>	
?		

Il faut que le rare pin de Wollemi (*Wollemia nobilis*), endémique à l'Australie, soit protégé (au maximum).

20.2 Planter de nouvelles espèces

20.2.1 Espèces arbustives endémiques

En particulier, en s'inspirant des espèces décrites dans cet ouvrage : *Aliments naturels du bush australien. Médecine et alimentation traditionnelles des aborigènes*. Jennifer Isaac, Ed. Könemann, 2000.

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Cyprès du désert australien	<i>Callitris tuberculata</i> ou <i>Callitris preissii</i>	Arbuste persistant, atteignant jusqu'à 8 m, originaire du sud de l'Australie occidentale (désert de Victoria ...). Il pousse principalement sur les collines et les plaines de sable du désert rouge et sur les dunes côtières . Selon l'INRA, il est l'arbre le plus résistant du monde à la sécheresse.

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Palmier à sable Sand palm	<i>Livistona humilis</i>	Palmier fruitier. Résistant au feu. Présent dans les forêts claires et les zones boisées jusqu'à environ 240 m au-dessus du niveau de la mer, le plus souvent dans les sols sableux profonds et les sols sableux latéritiques, mais on le trouve dans divers sols et zones rocheuses. Il se développe fréquemment sous un sous-étage d'eucalyptus.
Palmier chou d'Australie centrale	<i>Livistona mariae</i>	Palm Valley, dans le Territoire du Nord d'Australie centrale.
millstream palm ou millstream fan palm	<i>Livistona alfredii</i>	Palmier haut de 20 à 25 m poussant naturellement qu'en Australie-Occidentale. Il est menacé par la perte de son habitat ³⁴ .
Livistona	<i>Livistona sp.</i>	Certaines espèces sont rustiques, et tolèrent des températures négatives de l'ordre de - 8 °C/- 10 °C. Certaines dans des zones marquées par des périodes de sécheresses ³⁵ .
?	<i>Livistona drudei</i>	Palmier endémique du Queensland, où il pousse dans des habitats forestiers humides. Il est mis en danger par la perte d'habitat. C'est une espèce menacée selon la Liste rouge de l'UICN, classée en danger.
« Mangue » du Bush	<i>Planchonia carcyra</i>	Clairière de forêts du Queensland et du territoire du Nord. Arbre fruitier.
« Prune » sauvage	<i>Buchania obovata</i>	Nord du pays. Comestible
Santal lancéolé Mukaki (Warlpiri)	<i>Santalum lanceolatum</i>	Prune sauvage du centre de l'Australie. Arbre fruitier, 1 m dans zones désertiques, 2 m dans les zones à mulga.
Rhodomyrte à gros fruits	<i>Rhodomyrtus macrocarpa</i>	Dangereux si sa peau du fruit route est colonisé par un champignon.
Câprier de Mitchell	<i>Capparis mitchelli</i>	Arbre fruitier du désert.
« Prune » de Burdekin	<i>Pleiogynium timorese</i>	Manguier fruitier jusqu'à 20 m.
Figuier des roches (wijirrki)	<i>Ficus platypoda</i>	Fruitier des régions arides entre l'Australie occidentale et la Nouvelle Galle du Sud.
Figuier « papier-de-verre »	<i>Ficus opposita</i>	Figues appétissantes. Les feuilles de cet arbre sont extrêmement rugueuses, d'où son nom vernaculaire ; les Aborigènes s'en servaient autrefois pour affûter lances et boomerangs. Dans le Nord.
Konkleberry	<i>Carissa lanceolata</i>	Gros buisson vivace se couvrant de fruits après la pluie.
« banane » du désert Yuparli	<i>Leichhardtia australis</i>	Plante grimpante du centre de l'Australie (à fruit à cuire)
« baie d'émeu »	<i>Grewia retusifolia</i>	Arbrisseau dans forêts clairsemés.
Santal « quadong »	<i>Santalum acuminatum</i>	Arbre fruitier du désert.
Lillypilly	<i>Acmena spp., Syzygium spp.</i>	Ses fruits en grappes, semblables à des baies, coriaces, moelleux et parfois aigres, offrent une couleur crème teintée de rose ou de rose foncé, voire de pourpre. On les consomme crus. Autrefois, les colons en faisaient des confitures. Ces arbres peuvent exceptionnellement atteindre jusqu'à 20 m. Victoria, Nouvelle-Galles-du-Sud
« Prunier » de Davidson	<i>Davidsonia pruriens</i>	Petit arbre tropical (12 m de haut pour les plus grands). Ses « prunes », d'environ 5 cm de long, sont pourpres et extrêmement acides. Ses gros fruits, pourpres à l'extérieur, violets à l'intérieur, font d'excellentes gelées.

³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Livistona_alfredii

³⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Livistona>

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
« Prune » nonda	<i>Parinari nonda</i>	Queensland nord. Arbre relativement imposant. Les prunes brun miel se ramassent en principe à terre. Quand elles sont encore fermes, leur pulpe laisse une sensation amère et désagréable sur la langue, un peu comme une banane verte ; mais après quelques jours au soleil, ce fruit tendre est un véritable délice bien qu'il soit étonnamment peu juteux.
Pandanus	<i>Pandanus spp</i> <i>Pandanus spiralis</i>	Plages du Nord. Source importante de nourriture. Des études menées à l'université de Sydney ont démontré la teneur élevée en protéines (entre 24 et 34 %) et lipides (44 à 49 %) des amandes de pandanus.
Noix de Zamier	<i>Macrozainia macdonnellii</i>	Un certain nombre de zamiers peuplent les monts Macdonnell, au centre de l'Australie. Ce sont les seules cycadacées que ne consomment pas les Aborigènes.
Sterculia « arbres à Arachides »	<i>Sterculia quadrifida</i>	Connu dans l'est de la terre d'Arnhem (Nord) sous le nom de <i>balk-balk</i> , l'arbre produit l'une des noix les plus savoureuses du continent ; aucune préparation n'est nécessaire avant consommation.
Araucaria d'Australie (ou bunya)	<i>Araucaria bidwillii</i>	Il peut atteindre 80 m de haut. Il peuple les montagnes du sud-est du Queensland et du nord de la Nouvelle Galles-du-Sud. L'arbre porte d'énormes cônes chargés de noix.
Kurrajong rouge	<i>Brachychiton paradoxum</i>	On récolte les cosses vertes et à maturité, ou lorsqu'elles sont brunes. Vertes, ces cosses sont collectées en quantité et cuites sous la cendre. Une fois les cosses ouvertes, on s'attèle à la corvée de pluches des noix avant de passer à table. La garniture interne de la cosse, extrêmement toxique, se retire entièrement ; mieux vaut se laver abondamment les mains après tout contact.
Kurrajong du désert	<i>Brachychiton gregorii</i>	
Kurrajong noir	<i>Brachychiton populneum</i>	Versants rocheux de Nouvelle-Galles-du-Sud et dans le Victoria ; les agriculteurs s'en servent comme de pâture en période de sécheresse. Jadis, c'étaient les peuples du désert qui les consommaient. Selon l'analyse de l'université de Sydney, ces graines possèdent une teneur en lipides de 25 % et en protéines de 18 %, ce qui en fait un aliment extrêmement énergétique.
Noix de baobab	<i>Adansonia gregorii</i>	L'arbre porte le nom de baobab dans la région du Kimberley, Nord de l'Australie-Occidentale. Ses caractéristiques : un tronc bulbeux immense et de grosses noix de la taille d'un œuf d'émeu. Ces noix se récoltent à maturité, avant de devenir trop coriaces. Les Aborigènes consomment graines et moelle soit crues, soit, après macération dans l'eau, nappées d'un peu de miel. D'anciens témoignages évoquent graines et moelle pilées, cuites sous forme de pain. La moelle séchée a une saveur acidulée.
Mulga ou acacia mulga	<i>Acacia aneura</i>	Vingt espèces d'acacia du désert produisent des graines comestibles. Mais les principales ressources alimentaires restent l'acacia mulga (<i>Acacia aneura</i>) et l'acacia de Kempe (<i>Acacia kernpeana</i>) tous deux poussant en formations denses dans les régions du désert central. Le

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		mulga ne donne des graines à profusion que lorsque la pluie est suffisante.
Acacia de Kempe, « buisson à larve »	<i>Acacia kernpeana</i>	Ces buissons, plus bas et étalés que les mulga, peuplent les plaines à spinifex. La plante doit son surnom aux larves de cossus logées dans ses racines, mets populaire chez les Aborigènes du désert. On prépare les graines de l'acacia de Kempe comme celles du mulga. Chez les Pitjantjatjara, ces graines, ou wintalka, sont pilées en une pâte additionnée d'eau, consommée crue.
Acacia « irkilli »	<i>Acacia coriacea</i>	3 à 4 m de hauteur ; on reconnaît l'espèce à sa profusion de cosses (30 cm de long) renfermant chacune une douzaine de grosses graines vertes à capuchon orange. Une fois écosées, les graines sont consommées crues, comme des petits pois, ou cuites sous la cendre.
Xanthorrhée australienne, « blackboy » pour les Australiens blancs	<i>Xanthorrhoea australes</i>	Jadis une plante comestible polyvalente dont les Aborigènes du Victoria et de Nouvelle-Galles-du-Sud consommaient aussi bien le nectar des fleurs que les feuilles basses et les pousses. La plante prospère essentiellement sur les landes à bruyère sablonneuses. Espèce protégée.
Nitre du bush	<i>Nitraria billardierei</i>	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 salés, et ont été mangés par les Australiens autochtones ^[3] . 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 ^[4] . En Australie, sa propagation et sa germination sont facilitées, grâce à la consommation de fruits par les émeus ^[5] .
Arbre bouteille australien, kurrajong, bottle tree Arbre bouteille rupestre	<i>Brachychiton populneus</i> et <i>Brachychiton rupestris</i>	Grand arbre fourrager des climats chauds et secs, adapté à l'agroforesterie. Il a de profondes racines pivotantes; ne rentre pas en compétition avec d'autres cultures ou une prairie. Son tronc prolongée est un dispositif de stockage de l'eau pour la survie dans un climat chaud et sec. Les jeunes plants poussent à partir d'une racine-tubercule pivotante résistante à la sécheresse et au feu. <u>Usages</u> : Fourrage de feuilles, surtout comme <i>ration en cas de sécheresse pour les ovins et les bovins</i> .
« Citron caviar »	<i>Microcitrus australasica</i> Famille des <i>Rutaceae</i>	Buisson épineux qu'on trouve en plaine, <i>dans les sous-bois des forêts humides de l'est de l'Australie</i> . La plante atteint de 2 à 7 m de hauteur. Les fruits, cylindriques de 4 à 8 cm de long, contiennent de petites vésicules qui se détachent naturellement les unes des autres dégageant leur acidité lorsqu'elles sont mâchées.

20.2.2 Espèces herbacées endémiques

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
« Raisin » du désert, yalzajiri	<i>Solanum ellipticum</i>	
« Raisin » du bush, kampurarpa	<i>Solanum centrale</i>	Pyrophyte

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
« Tomate » du bush, wanakidji	<i>Solanum chippendalei</i>	
« Tomate » du désert, ngaru	<i>Solanum petrophilum</i>	
« Fruit jaune », albaraji, yipirtiri	<i>Solanum cleistogamum</i>	
« Fruit jaune »	<i>Solanum esuriale</i>	Sud-Est australien
Framboisier à petites fleurs	<i>Rubus parviflorus</i>	Petits fruits rouges consommés crus, courants dans les forêts sclérophylles humides du Victoria et de Nouvelle-Galles-du-Sud. Le buisson reste peu productif, mais ses fruits viennent agrémente et enrichir en vitamines le régime des Aborigènes au cours de la chasse ou de la cueillette.
Yala, liseron du désert	<i>Ipomoea costata</i>	L'une des ressources alimentaires de base du centre de l'Australie. Le tubercule, difficile à localiser sous terre, peut atteindre jusqu'à 90 cm ; on le repère à ses stolons, ou tiges dormantes. Près des cours d'eau, l'igname prend des dimensions monstrueuses. Les tubercules ronds mesurent entre 12 et 20 cm de long et 5 à 18 cm de large ; un seul plant peut porter jusqu'à vingt ignames. Déserts du centre.
« igname »-crayon, linibuk ou gingin	<i>Vigna lanceolata</i>	Ce petit tubercule effilé a le goût de la patate douce. La plante porte des feuilles ovales réunies par bouquets de trois. Dans les régions désertiques du centre, les espèces du genre <i>Vigna</i> sont considérées comme des ignames. Ici, la variété se présente sous forme de plante rampante et colonise les sols souples, modérément humides, des berges des cours d'eau.
Souchet bulbeux, janniarda, yelka et nyiri	<i>Cyperus bulbosus</i>	Ce petit oignon de carex développe des tubercules de la taille d'une échalote, fixés à des racines superficielles. L'arrivée de la pluie marque la pousse des tubercules. Consommés crus ou cuits, les tubercules peuvent se conserver longtemps, à condition d'être stockés sous terre. Leur enveloppe coriace se retire avant consommation.
Pourpier	<i>Portulaca oleracea</i> <i>Portulaca intraterranea</i>	Plantes herbacées courantes sur le littoral et jusqu'à l'intérieur des terres désertiques, où elles poussent sur les berges sablonneuses des rivières. Feuilles et graines comestibles.
Arroche nummulaire, old man saltbush, bluegreen saltbush ou giant saltbush	<i>Atriplex nummularia</i>	Buisson vivace au feuillage gris-bleu et à tiges frêles, très productif, pouvant atteindre 3 m de haut. Dans les régions les plus arides de l'intérieur des terres, y compris au Victoria et en Nouvelle-Galles-du-Sud, ses graines sont pilées en une farine pétrie sous forme de galettes. Cette arbustive fourragère pousse généralement sur les sols argileux et salins des basses terres, comme les plaines inondables. 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. Elle résiste très bien aux températures élevées, avec une photosynthèse optimale entre 30 et 35 °C. Elle résiste également bien au feu et supporte la sécheresse ; elle

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		peut survivre avec des précipitations annuelles apportant seulement 50 mm d'eau ³⁶ .

Kampurarpa : Tomate ou raisin de brousse, *Solanum centrale*, plante de la famille des Solanacées originaire des régions les plus arides de l'Australie. Elle a été longtemps une source alimentaire pour les aborigènes du centre du pays. Comme beaucoup de plantes de cette famille, c'est un petit buisson épineux. Il a une croissance rapide et une bonne fructification après un incendie ou de bonnes pluies. Les fruits, riches en vitamine C, mesurent 1 à 3 centimètres de diamètre et sont jaunes à maturité. Ils séchent sur la plante et ressemblent à des raisins secs. Les fruits ont un goût fort, âcre de tamarillo et de caramel qui les rend très appréciés des amateurs de sauces et condiments. (voir aussi « Kutjuta » et « Tomate de brousse ») ([18], pages 66-68).

Kutjata : Mot aborigène utilisé par le peuple Anmatyerre du centre de l'Australie pour désigner les tomates de brousse. Ces plantes sont de petits arbustes à croissance rapide, qui produisent des fruits en abondance l'année qui suit un incendie ou de bonnes pluies. Les fruits ont été utilisés comme source de nourriture par les peuples aborigènes depuis des milliers d'années. Les tomates de brousse ont une saveur très forte et elles exhalent leur odeur aussi bien mûres que fraîches, de sorte que l'on peut réellement sentir d'assez loin un spécimen bien pourvu en fruits. (voir aussi « Kampurarpa » et « Tomate de brousse ») [18].



« Raisins » du bush ou kampurarpa (*Solanum centrale*). Se consomment secs ou piles en une pâte grenue, sous forme de boulettes séchées.
Photo Reg Morrison / Weldon Trannies



Tomates du désert. Les fruits de solanacées sont très prisées dans les régions arides. Selon qu'ils sont consommés crus ou secs, ces fruits portent le nom de « raisin » du bush, « tomate » ou « raisin » du désert. Certains sont toxiques ; mieux vaut interroger un Aborigène avant de les consommer



Fleurs mauve pâle de la « tomate » verte (*Solarium chippenclalei*).
Photo : Leo Meier / Weldon Trannies

« TOMATES » DU BUSH, « RAISINS » DU BUSH *Solarium spp* : De nombreuses espèces de solanacées sont apparentées à la belladone ; certaines renferment de la solanine, un alcaloïde toxique présent dans les pommes de terre vertes (également de la famille de la belladone). Ces variétés représentent une ressource alimentaire vitale dans le désert. Le peuple Pitjantjatjara se montre particulièrement friand de deux espèces particulières de solanacées : kampurarpa, ou « raisins » du bush et du désert, (*Solarium centrale* ou *S. ellipticum*) et ngaru, ou « tomate » du désert, (*S. petrophilum*). Une fois mûrs, les fruits de ces espèces font penser à de petites tomates vertes ; le ngaru offre cependant une saveur légèrement plus amère. Ces fruits présentent l'avantage de mûrir à des périodes différentes de l'année — de décembre à janvier pour le ngaru, de juillet à août pour le kampurarpa. Le ngaru finit par pourrir sur le buisson ; en se desséchant, le kampurarpa prend des allures de raisins secs, cueillis tout au long de l'année. On récolte les deux variétés aussi bien fraîches que sèches. Le ngaru se cueille tout simplement à même le buisson une fois mûr ; par

³⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Atriplex_nummularia

contre, on ramasse les kampurarpa à terre après avoir secoué le buisson. Avant de consommer le ngaru, on le débarrasse de ses graines à l'aide d'un petit bâton acéré et aplati, sorte de spatule, d'environ 15 cm de long. Un simple mouvement du poignet suffit à séparer le fruit des graines pour ne garder que la chair et la peau. Au cours des battues, les chasseurs consomment de grandes quantités de ngaru ; à leur retour, ils en rapportent quelques poignées au campement. Les Pitjantjatjara préparent les kampurarpa, ces raisins secs du désert, de la même façon que les Warlpiri du Nord, sous forme de boulettes. À l'aide d'une pierre à moudre, on pile les fruits secs imprégnés d'eau sur une pierre plate. On obtient ainsi une purée de graines brunâtre, modelée ensuite en boulettes éventuellement séchées au soleil pour une meilleure conservation. Les ngaru se consomment crus ou déshydratés, après séchage près d'un feu ou au soleil. C'est l'un des principaux aliments stockés par les communautés du désert. Attachés à des bâtons, les fruits sont entreposés dans les arbres ou transportés en guise d'en-cas dans le bush. Quand elles ne sont pas stockées, ces « tomates » du désert déshydratées sont pilées et modelées en boulettes, comme les kampttrarpa

Plus au nord dans la zone aride, chez les Warlpiri, la wanalziciji (*S. chippendalei*), ou « tomate » verte, se consomme soit crue (débarrassée de ses graines noires) soit déshydratée. Les peaux séchées au soleil sont conservées en « chapelets » et viennent améliorer l'ordinaire hors saison. Les brûlis stimulent la pousse de *Solanum centrale*. De plus, les Aborigènes irriguent les parcelles fruitières en canalisant les cours d'eau après de fortes pluies. Les femmes du désert cueillent encore les fruits de différentes espèces de solanacées au cours de leurs expéditions ; mais, leur gourmandise n'y résistant pas, elles n'en ramènent que quelques poignées au campement (à l'exception des « tomates » du désert). Dans les régions plus arides du Victoria, les baies jaunes d'une espèce proche, *Solanum esuriale*, se consomment crues ou cuites. Les analyses des fruits de ces solanacées ont révélé une bonne teneur en glucides et des taux variables de protéines, vitamine C et thiamine.

20.3 Espèces exotiques arbustives

20.3.1 Espèces exotiques arbustives méditerranéennes

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Caroubier	<i>Ceratonia siliqua</i>	Il est adaptable à une large gamme de sols, sols sablonneux et pauvres, coteaux rocheux, les sols profonds. Préfère les terreux [en Anglais « loams »] sableux bien drainés. Les sols calcaires à haute teneur en chaux conviennent également. Il semble bien tolérer la salinité. Il ne tolère pas les sols gorgés d'eau. Le caroubier ne résiste que très peu au froid (~ - 5 °).
Arganier	<i>Argania spinosa</i>	Il fournit l'huile d'argan, extraite de ses amandes. 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. L'arganier supporte les températures élevées (50°C à Taroudant), mais pas les basses temp. On l'a vu résister à 7°C à Agadir. Les feuilles, vert sombre et coriaces, sont consommées par les dromadaires et les chèvres .
Olivier Olivier cultivé Oléastre, olivier sauvage	<i>Olea europaea</i> <i>Olea europaea europaea europaea</i> <i>Olea europaea europaea silvestris</i>	Il produit les olives , un fruit consommé sous diverses formes et dont on extrait une huile alimentaire , l' huile d'olive . 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. Entre 450 et 600 mm/an. 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

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		endommagent l'appareil foliacé, pouvant provoquer la chute des fruits, surtout si l'irrigation est insuffisante. Il existe cinq autres sous-espèces d' <i>Olea europaea</i> ³ : 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).
Pistachier commun ou pistachier vrai	<i>Pistacia vera</i>	Arbuste fruitier (fournissant les pistaches) 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.
Pistachier lentisque	<i>Pistacia lentiscus</i>	Arbre au mastic ne dépassant pas 6 m, à feuillage persistant, poussant dans les garrigues et les maquis des climats méditerranéens. Il résiste bien aux feux.
Pistachier térébinthe	<i>Pistacia terebinthus</i>	Le pistachier térébinthe est rustique et tolérant à la sécheresse. Plante des garrigues, il nécessite un sol parfaitement drainé, <i>souvent calcaire</i> , et se plaira là où pousse le chêne vert, une exposition abritée (du vent) et ensoleillée. Jusqu'à une altitude de 500 m. Il est plus exigeant en humidité et plus résistant au froid (au gel) que le pistachier lentisque. Son mastic est comestible.
Grenadier	<i>Punica granatum</i>	Arbre fruitier pouvant vivre 200 ans. L'espèce tolère bien les sols calcaires et salins , une légère sécheresse (qui pourra modifier la qualité des fruits) et peut supporter de courtes périodes de gel (jusqu'à -15 °C). Il préfère les climats secs. Le grenadier est un arbre robuste qui ne nécessite que peu de soins (même s'il peut avoir des maladies). 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.
Amandier	<i>Prunus dulcis</i>	Arbre fruitier pouvant atteindre 6 à 12 mètres de haut. 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 <i>sauf un sol profond et perméable</i> . Il s'accommode même des sols légèrement salés et se plaît sur les sols calcaires. L'amandier qui préfère un <i>sol calcaire et sec</i> (ph 7,5), très perméable

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		pour évacuer les excès d'eau. Il craint la pluie quand cela dure trop longtemps, surtout si le sol est lourd et non drainé. 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).

20.3.2 Espèces exotiques arbustives des régions tropicales sèches

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Tamarinier	<i>Tamaridus indica</i>	Arbre fruitier atteignant 20 m de haut, à <i>croissance lente</i> et à longue durée de vie., gousses comestibles, usages médicaux et culinaires. Il 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. Ne supporte pas le gel.
Arbre de Josué	<i>Yucca brevifolia</i>	A croissance rapide pour le désert. Il tolère les sols pauvres, alcalins et salins. Il résiste à des températures entre 4 & 46°C. 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. Fruits comestibles.
"Palmier porcelaine"	<i>Yucca filifera</i>	Yucca, très ramifié, originaire des zones arides du Nord-est du Mexique, pouvant atteindre 15 m de hauteur. 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.
Dattier du désert	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Arbre fruitier, fixateur d'azote, très épineux, atteignant 8 m de haut. Son 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 ⁶ . Il peut survivre à de grandes sécheresses, jusqu'à deux ans en l'absence de précipitations ⁶ . Il pousse lentement. Il sert aux haies vives. tolère une grande variété de types de <u>sols</u> , du <u>sable</u> à fortement <u>argileux</u> et des niveaux d'humidité allant d' <u>aride</u> à subhumide. Il est relativement tolérant aux inondations, à l'activité de l'élevage, et aux <u>feux</u> .
Mopane ou Mopani	<i>Colophospermum mopane</i>	Arbre caduque d'Afrique australe, de 4 et 18 m de haut. 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. Il pousse dans

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		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 ...). Son écorce résiste aux feux. Il ne supporte pas le gel.
Baboab africain	<i>Adansonia digita</i>	Toutes les parties de l'arbre sont utilisées. C'est l'arbre typique de l'Afrique tropicale sèche, où on le rencontre en compagnie d'acacias, tamariniers et albizias. Il peut atteindre 25 mètres de hauteur et peut vivre pendant des milliers d'années. Il est sans feuilles pendant neuf mois de l'année. Les fruits du baobab sont comestibles. Leur goût acidulé plaît aux humains. "). On extrait des graines une huile alimentaire. La pulpe des fruits frais ou séchés mêlée à de l'eau fournit une boisson rafraîchissante appelée bouye ou jus de bouye. Le fruit, les feuilles, l'écorce sont utilisées en médecine traditionnelle.
Mûrier du Sénégal, Difou	<i>Morus mesozygia</i>	Les fruits sont des petits mûres noires comestibles
Henné	<i>Lawsonia inermis</i>	Arbuste épineux, tinctorial, pouvant atteindre 6 m de haut.
Bael ou Bili	<i>Aegle marmelos</i>	Arbre fruitiers, aromatique et épineux, à croissance lente, d'une taille de 8-12 m mais pouvant occasionnellement atteindre 18 mètres de haut.
Pomme cannelle du Sénégal, <i>corossol sauvage</i>	<i>Annona senegalensis</i>	Arbuste, de deux à six mètres de haut (parfois 11 m). Les fruits de <i>A. senegalensis</i> ont le potentiel d'améliorer la nutrition, d'accroître la sécurité alimentaire , de favoriser le développement rural et de soutenir les soins durable des terres .
Pomme caffre, Kei-Apple, Umkokola	<i>Dovyalis caffra</i> ou <i>Aberia caffra</i>	arbre de petite et moyenne taille, arbre à feuilles persistantes, atteignent 6-8 m de haut, originaire d' Afrique australe et présent habituellement dans les bois secs. Les fruits mûrs, une baie mousseuse, comestible jaune ou orange de 2,5-4 cm de diamètre, avec la peau et la chair d'une couleur uniforme et contenant plusieurs petites graines , rappelant une petite pomme sont savoureux, juteux, savoureux mais très acides . On en fait une délicieuse confiture.
Prunier de Natal - Natal Plum	<i>Carissa macrocarpa</i>	Le Prunier de Natal nécessite très peu d'eau, se développe bien près de la côte. Il a quelques ravageurs, se développe dans la plupart des sols et a un délicieux fruit sucré / acide. Il se développe à environ 2 mètres de haut. La plante est <i>épineuse</i> , les feuilles caoutchouteuses et la sève est toxique.

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
	<i>Bauhinia rufescens</i>	Arbuste épineux 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. Sols : peu exigeant, sur des sites (sols) secs et sablonneux, pierreux, également sur des sols argileux et latéritiques. C'est un arbuste fourrager important.
Palmier rônier, Palmier de Palmyre ou Borasse éthiopien	<i>Borassus aethiopum</i>	Palmier répandue dans une grande partie tropicale et australe Afrique . Les fruits sucrés sont comestibles.
Aizen ou Hanza	<i>Boscia senegalensis</i>	Arbuste, originaire de la région du Sahel, de 2 à 4 m. Cet arbuste, capable de pousser dans les zones les plus arides, est reconnu comme une solution potentielle à la faim et un tampon contre la famine dans la région du Sahel en raison de la variété de produits utiles qu'il fournit, destinés à la consommation, aux besoins du ménage, et aux usages médicaux et agricoles.
Colatier ou Kolatier	<i>Cola acuminata</i> <i>Cola nitida</i>	Le kolatier est un arbre à croissance lente qui peut atteindre 30 mètres de hauteur et un diamètre de 50 à 60 cm à la hauteur de la poitrine. Ses fruits sont rugueux, tacheté et jusqu'à 8 pouces de long et contiennent de grandes, planes et lumineuses graines de couleur rouge, communément appelés noix de cola. Nécessite humidité
Kinkéliba	<i>Combretum micranthum</i>	Arbuste épineux, touffu pouvant atteindre 4 ou 5 mètres. Usages : médicaux et haie défensive.
Poirier du Cayor	<i>Cordyla pinnata</i>	Arbre de petite taille atteignant 15(-20) m de haut. C'est véritablement un arbre à usages multiples, surexploité, qui non seulement produit du bois mais donne aussi des fruits comestibles et est source de remèdes traditionnels. Il fertilise les sols. On a proposé de planter <i>Cordyla pinnata</i> dans les zones sahéennes et sahélo-soudanaises en vue de leur reboisement.
Arbre à vernis, Copal du Bénin	<i>Daniella oliveri</i>	Arbre de taille moyenne, à feuilles caduques, atteignant 25 (-35) m de haut. Habitat : savane arborée, savane et de brousse dans les prairies plus ouvert, sur tout type de sol, mais souvent sur des sols sableux, de l'Afrique de l'Ouest et du centre, et aussi au Soudan et en Ouganda. Il est souvent l'un des arbres dominants dans la savane plus humide (Sahel ...). La résine ou gomme, dénommée « copal », est parfumé et est utilisée comme torche ou comme encens.
Détar sucré ou Détar doux	<i>Detarium microcarpum</i>	Arbre, jusqu'à 15 m de haut, pouvant atteindre 25 m, poussant naturellement dans les régions sèches de l'Ouest et du Centre de l' Afrique , dans les zones humides, à usages multiples, avec une large gamme d'utilisations en raison de ses propriétés médicinales, de ses fruits comestibles (Ditah) (consommés crus, cuits ou transformés en farine avec de nombreuses utilisations propres). Bois utilisés comme bois de chauffage.
Grand détar	<i>Detarium senegalense</i>	Fruit à jus sucré.
Ebène d'Afrique, ébène de Mozambique, kaki de brousse - jackalberry	<i>Diospyros mespiliformis</i>	grand arbre dioïque, à feuilles caduques , se rencontrant principalement dans les savanes de l' Afrique . Adulte, il atteint en moyenne 4 à 6 mètres de hauteur, mais parfois 25 mètres. Le fruit mûr a une pulpe sucrée et acidulée,

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		est comestible pour les humains; sa saveur a été décrite comme celui du citron , avec une consistance farineuse.
	<i>Feretia apodanthera</i>	Arbuste à feuilles caduques avec des branches sinueuses ou tordues, de 2 à 6 mètres de haut. La plante est recueillie à partir de la nature pour une utilisation locale en tant que nourriture, médicaments et cosmétiques. Aire : Afrique tropicale. La pulpe rouge et charnue des fruits mûrs est mangée crue comme une collation et, en particulier par les éleveurs et les enfants, sert à éteindre la faim et la soif. Usages médicinaux.
Oseille de guinée, roselle, bissap	<i>Hibiscus sabdarifla</i>	Afrique de l'ouest. Arbuste. Le <i>karkadé</i> - parfois orthographié « carcadet » -, ou bissap, est la boisson préparée à partir des fleurs de cet hibiscus à fleurs rouges.
Raisinier	<i>Lannea acida</i> Et <i>Lannea microcarpa</i>	petit arbre dioïque, atteignant 4-6 (1,5 à 10) mètres de haut, que l'on retrouve en zone soudanienne - au sud du Sahel , du Sénégal au Cameroun . Les fruits (d'une belle couleur mauve à maturité, de la taille d'une lentille et au goût sucré à acidulé), au goût acide à résineux, sont comestibles. Les feuilles servent au fourrage pour les chèvres.
Néré	<i>Parkia biglobosa</i>	Arbre à feuilles caduques pérenne avec une hauteur allant de 7 à 20 m, mais il peut atteindre 30 m dans des conditions exceptionnelles. Il préfère des sols bien drainés, profonds, les sols cultivés, mais pousse également sur sols peu profonds (superficiels), pauvres. Précipitations annuelles moyennes : 400-700 mm. Sahel (climat sec) mais aussi humide. Héliophile. Il a une importance socio-économique considérable. La farine de Néré apporte la totalité des acides aminés essentiels à l'organisme, du fer (de l'ordre de 15,5 mg/100 g), mais aussi de la vitamine C pour limiter les risques de scorbut .
Marula ou prunier d'Afrique	<i>Sclerocarya birrea</i>	Arbre généralement dioïque, de petite à moyenne taille, généralement 9–12 m de haut mais parfois jusqu'à 18 m (principalement en basses latitudes et forêts ouvertes). Une fois mûrs, les fruits ont une peau jaune-clair et une chair blanche. Ces fruits charnus _ drupe obovoïde jaune de 3–3,5 cm de diamètre, jaune à maturité _ ont un goût âpre avec une forte saveur de térébenthine . La chair du fruit cru est consommée, la peau étant jetée, ou bien le jus est sucé. Le prunier d'Afrique a une <i>longue racine pivotante</i> qui lui permet de survivre dans des environnements semi-arides. Sol : Peu de besoins spécifiques; sols sec et sableux, profond et bien drainé ou rocaillieux et sur croûtes latéritiques.
Arbre aux serpents, Joro, Securidaca, Arbre aux hachettes	<i>Securidaca longepedunculata</i>	Arbre médicinal jusqu'à 5 m de haut. . On la trouve principalement sous des biotopes de type sahélien, au Burkina Faso , Sénégal, au Mali, en RCI et au Soudan , dans les zones sableuses où la pluviométrie se situe entre 500 et 1 000 mm par an. Plante protégée en Afrique du Sud.
Karité	<i>Butyrospermum parkii</i> ou <i>Vitellaria paradoxa</i>	Cet arbre pousse dans les savanes arborées d' Afrique de l'Ouest . Il peut atteindre <i>une quinzaine de mètres de haut et le diamètre de son tronc peut faire plus d'un mètre</i> . Il

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		peut vivre de deux à trois siècles. Il existe deux sous-espèces de karité: le karité Nilotica (Afrique de l'Est) et le karité Paradoxa (Afrique de l'Ouest). Les fruits de cet arbre servent à la fabrication du beurre de karité .
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	C'est une espèce de petit arbre pouvant mesurer jusqu'à 10 m. Il est maintenant acclimatée dans presque toutes les régions tropicales, elle résiste bien à la sécheresse et a une croissance rapide. Beaucoup de programmes utilisent les feuilles de <i>Moringa oleifera</i> contre la malnutrition et ses maladies associées (cécité , etc.). Les graines comestibles de Moringa contiennent un polyélectrolyte cationique qui a montré son efficacité dans le traitement des eaux (élimination de la turbidité), en remplacement du sulfate d'alumine ou d'autres floculants .
Jojoba	<i>Simmondsia chinensis</i>	Cet arbuste dioïque pousse habituellement à 1-2 mètres (3.3-6.6 ft) de haut (3 mètres (9,8 pi) max). Le jojoba forme une racine pivotante qui pénètre profondément dans le sol (jusqu'à 10 mètres) jusqu'à 30 m ou plus, ce qui lui permet d'aller chercher l'humidité très loin et très profondément dans le sol. La plante est cultivée pour la cire (appelée communément « huile de jojoba ») contenue dans ses graines. On en extrait l'huile de jojoba, une sorte de cire liquide comparable au sébum et qui ne rancit pas. Cette huile est utilisée dans l'industrie des cosmétiques pour diluer les huiles essentielles.
Gommier blanc	<i>Acacia senegal</i> ou <i>Senegalia senegal</i>	Cet arbre épineux peut atteindre une hauteur de 5-12 m et un tronc de 30 cm de diamètre. Il peut être multiplié par semis ou boutures. <i>S. Senegal</i> est la source de la gomme arabique de la plus haute qualité dans le monde. On tire de l'exsudat de l'acacia Sénégal 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).
Faidherbia	<i>Faidherbia albida</i> <i>syn Acacia albida</i>	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 profondeur) le rend très résistant à la sécheresse. Il pousse dans des zones recevant 250-600 mm de précipitations annuelles. Le <i>Faidherbia albida</i> 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.

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Fruit miracle ou fruit miraculeux ³⁷	<i>Synsepalum dulcificum</i>	Arbre originaire d'Afrique de l'Ouest, à croissance de lente, de 1,8 et 4,5 mètres de hauteur et dont le feuillage est dense. Son fruit, le « fruit miracle », a pour effet de supprimer les sensations de l'acidité et de l'amertume pendant 30 à 60 minutes. Le nom de "fruit miracle" est aussi donné à <i>Gymnema sylvestre</i> et au <i>katemfe</i> (<i>Thaumatococcus daniellii</i>), qui sont deux autres espèces de plantes utilisées pour modifier la douceur perçue des aliments. Il pousse mieux dans les sols acides (pH aussi bas que 4,5 à 5,8), dans un environnement exempt de gel et à l'ombre partielle avec une humidité élevée. Il tolère la sécheresse, le plein soleil et les pentes.

On pourrait aussi essayer l'implantations d'autres espèces utiles d'Afrique du Sud et d'Afrique de l'Ouest. Voir :

- *Field guide to trees of southern Africa*, Braam van Wyk & Piet van Wyk, Struik Nature, 1997-2013.
- *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*, Michel Arbonnier, Ed. Quae, 2009.
- *Plantes du Sahel à intérêt alimentaire, Liste d'espèces adaptées aux milieux arides*, http://objectifterre.over-blog.org/pages/Plantes_du_Sahel_a_interet_alimentaire-26292.html

20.3.3 Espèces arbustives exotiques des régions tropicales sèches, mais avec des risques invasifs

(Toutefois fournissant des services écosystémiques).

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Jujubier commun	<i>Ziziphus jujuba</i>	Possède une bonne résistance au feu. Cet arbre fruitier se développe, à la faveur des feux de brousses. Arbuste épineux, de 6 à 10 m de haut. Risque invasif.
Jujubier commun	<i>Ziziphus mauritania</i>	Sa température minimum de survie est 7-13 ° et la t. maximale est de 50 °C. Pluviométrie annuelle de 300 à 500 mm (150 à 2225 mm). Cet arbre fruitier 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] Cet arbre fruitier a une grande tolérance à la fois à l'engorgement et à la sécheresse. Il résiste bien aux feux. Risque invasif élevé. 15 m de haut
Jujubier épine du Christ	<i>Ziziphus spina-christi</i>	Arbre fruitier atteignant 20 m de haut. Très robuste, très résistant à la chaleur et peut être trouvé dans les zones désertiques, même avec 100 mm précipitations par an. Risque invasif élevé (colonisateur agressif).
Khejri ou Ghaf (arbre de vie)	<i>Prosopis cineraria</i>	Ce petit arbre, fixateur d'azote, 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. Il a démontré une tolérance pour les environnements fortement alcalins et salins. L'arbre se rencontre dans des conditions extrêmement arides, an jusqu'à deux ans de sécheresses, avec des précipitations aussi faibles que 150 mm par; dans ces conditions, sa présence est indicative d'une nappe d'eau profonde. En environnements

³⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Synsepalum_dulcificum

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		subhumides où il peut devenir un colonisateur agressif et se propager rapidement.
Palmier à jupon ou palmier de Californie	<i>Washingtonia filifera</i>	Il a une croissance très rapide, jusqu'à 23 m de hauteur, et se développe en colonies, dans les gorges et les canyons humides des régions arides. Sa bonne résistance au froid avoisine les - 10°/-12 °C. Ses fruits (drupes), dont les Amérindiens en font de la farine, sont comestibles et présentent de bonnes qualités nutritives. L'espèce est considérée comme envahissante en Australie dans la région de Perth (sud-ouest de l'Australie) ³⁸ .
Karanj ou arbre de pongolote	<i>Millettia pinnata</i>	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 <i>Jatropha curcas</i> dans les zones impropres aux cultures traditionnelles, ceci dans l'optique de produire de l'huile végétale.
Flacourtie d'Inde, prunier malgache - Governors plum	<i>Flacourtia indica</i>	C'est un arbre ou un arbuste dioïque, fruitier, tropical, caduque, généralement 3-5 m de haut, parfois 10 m. De nombreuses variétés ont de grandes épines acérées. Tolérance à la sécheresse : modérée à élevée. L'arbre tolère une large gamme de conditions de sol, et pourrait également tolérer un certain brouillard (embruns) salin léger (?). Les fruits sont excellents consommés frais, quoique, à maturité, ils peuvent être utilisés dans la confection de gelées ou de confitures, de grande qualité. Invasif.

20.3.4 Espèces herbacées exotiques

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
Melon d'eau ou pastèque ³⁹ du Kalahari	<i>Citrullus lanatus ssp. Mucospermus</i> <i>Citrullus mucospermus</i>	Originaire de la région occidentale du Kalahari, en Namibie et au Botswana, où il se trouve encore à l'état sauvage, sous une grande variété de formes, associé à d'autres espèces de <i>Citrullus</i> . Dans cette région, il en existe deux types principaux : le premier, appelé "melon tsama" (<i>C. lanatus subsp. Cordophanus</i>), donne de petits fruits généralement amers, et surtout

³⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Washingtonia_filifera

³⁹ [https://uses.plantnet-project.org/fr/Citrullus_lanatus_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Citrullus_lanatus_(PROTA))

Nom français / anglais	Nom botanique / latin	Qualités / propriétés
		utilisés pour leurs graines ; c'est probablement l'ancêtre de la pastèque égousi. Le second possède des fruits utilisés surtout comme source d'eau en période de sécheresse ou comme pastèques à cuire. Le melon tsama existe en Australie ⁴⁰ .
Melon nara ⁴¹	<i>Acanthosicyos horridus</i>	Il pousse dans la région côtière du désert du Namib en Namibie, où l'eau souterraine est disponible, colonisant dunes de sables mouvantes. De nombreux (environ 250) de délicieuses graines de couleur crème sont noyées dans une pulpe riche en protéines jaune-orange. La racine pivotante ligneuse épaisseur peut atteindre 40m. En Afrique du Sud les graines sont consommées comme les noix et le goût similaire à amandes; ou utilisés dans la confiserie. La chair sucrée et fruitée du fruit frais peut être mangé cru, mais il peut brûler la bouche. Il est traditionnellement séché pour former des galettes qui peuvent être mâchés ou ajoutés à la bouillie. Cette préparation peut être stockée et mangée sur plusieurs mois. Les noix du fruit sont l'aliment de base des populations autochtones de Namibie. Les graines sont très nutritives, contenant 57% d'huile et 31% de protéines
Sorgho commun	<i>Sorgho bicolor</i>	
Éleusine, coracan, mil rouge, mil africain, ou « raji » - finger millet, coracan millet	<i>Eleusine coracana</i>	
Millet commun, vrai millet - Proso millet	<i>Panicum miliaceum</i>	
Fonio blanc ou « mil africain »	<i>Digitaria exilis</i>	
Fonio noir ou « mil africain »	<i>Digitaria iburua</i>	
Fonio à grosses graines	<i>Brachiaria deflexa</i>	
Amarante paniculée, hypocondriaque ou élégante	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Des régions tempérées aux tropiques sèches d'altitude. Elle tolère relativement bien des conditions édaphiques et climatiques difficiles.
Amarante «tête d'éléphant»	<i>Amaranthus gangeticus</i>	C'est une des rares espèces à résister à la chaleur intense.

21 Les ouvrages hydrauliques

21.1 Définitions

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.

⁴⁰ A) https://uses.plantnet-project.org/fr/Citrullus_lanatus

b) https://uses.plantnet-project.org/fr/Citrullus_lanatus (PROTA)

⁴¹ <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/gbase/Safricadata/acanthorr.htm>

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 »⁴².

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, voire 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 (voir images ci-dessous, plus bas).

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.

L'alignement de pierres : 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.

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.

21.2 Les liman : digues de stockage

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

⁴² 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>,

le [tamarin](#), la [gomme arabique](#) [l'acacia Sénégal], le [prosopis](#), le [pistachier](#), l'[eucalyptus](#), le [palmier dattier](#) et le [caroubier](#)⁴³.

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-sableuses⁴⁴.

Malgré une entrée en sel relativement élevée, les données obtenues montrent que les limans ne souffrent pas de la salinisation. Dans tous les limans examinés, le sol, jusqu'à une profondeur de 3 m, a été trouvé non salin⁴⁵.



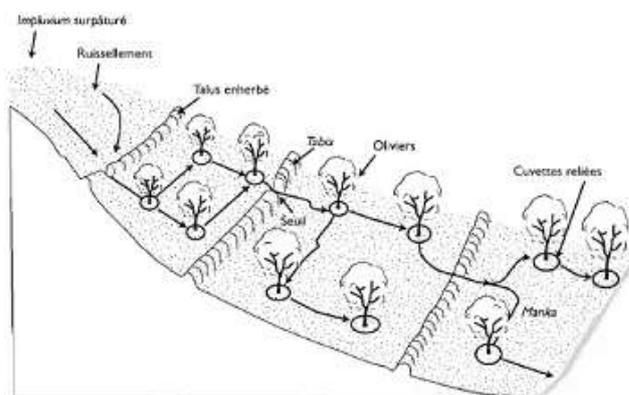
Succession de petits barrages (WOTR) (Inde)



Système de limans israéliens. En gris vert, l'arrivée de l'inondation d'un orage, retenue par les cuvette en demi-lune. Source : Water Harvesting in the Negev, <https://www.youtube.com/watch?v=tjBugtV8GHc>



Lavogne, une petite retenue collinaire (Causse de Sauveterre, Lozère, France).



Système Meskat

Légende :

- Impluvium surpâturé
- Ruissellement
- Talus enherbé
- Tabia (levée de terre)
- Oliviers
- Cuvettes reliées
- Manka



Exemples de limans israéliens (hors eau)

⁴³ 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/>

⁴⁴ Source : *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

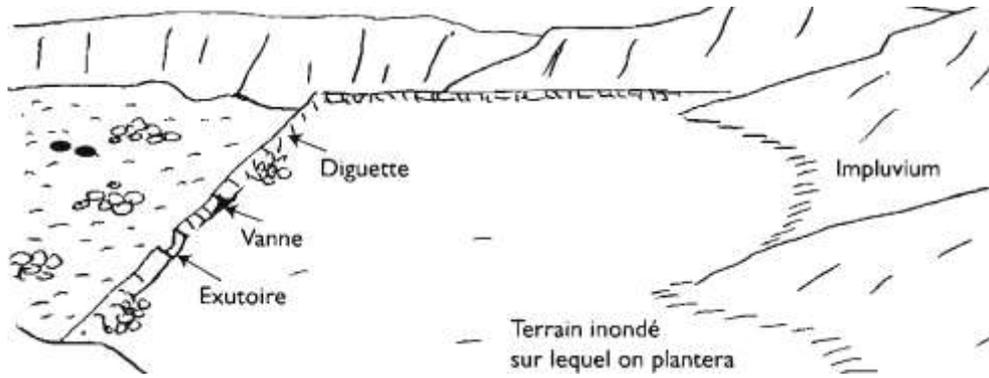
⁴⁵ Source : *Soil Salinization Induced by Runoff Collected in Small Forested Earthen Dams in the Negev Desert*, <http://cals-cf.calsnet.arizona.edu/ialc/ialc4.asp?proj=93R-507>



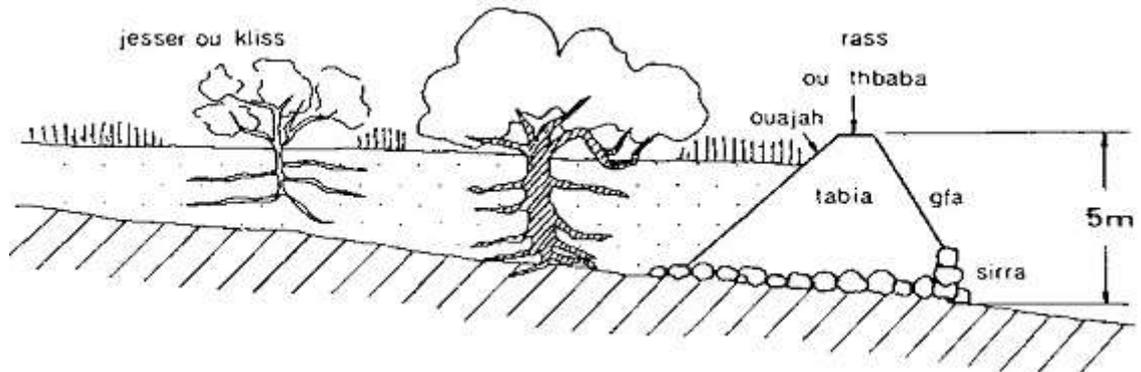
Exemples de limans israéliens (en eau)



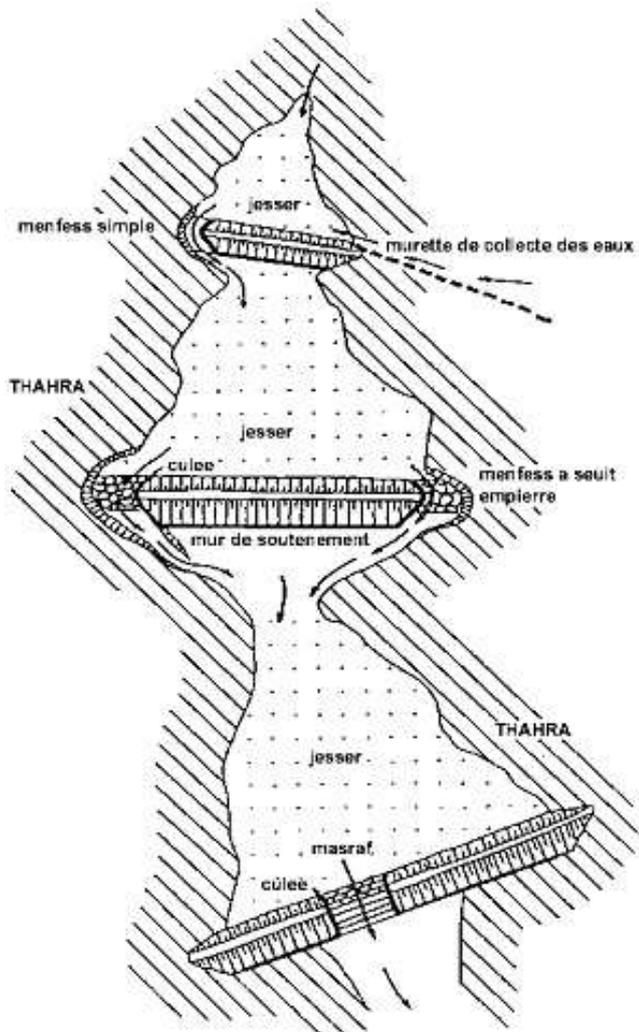
Exemples de limans israéliens (en eau)



Exemples de limans israéliens



Tabia et déversoir



Petit muret de pierre pour retenir l'eau
Exutoire en pierre, à gauche sur le 2nd barrage



Digues filtrantes, lignes de contours

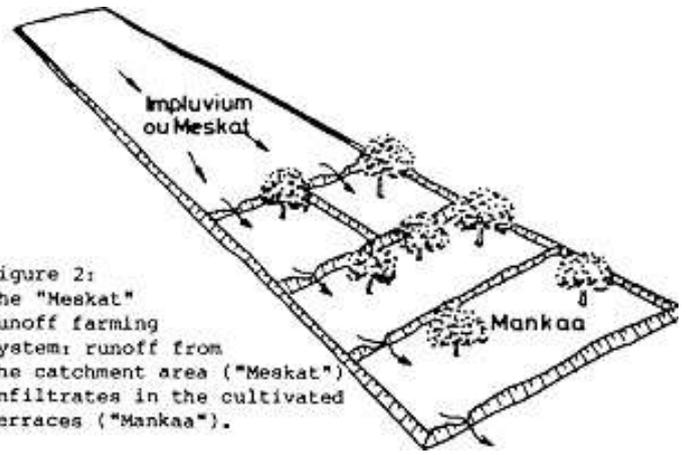
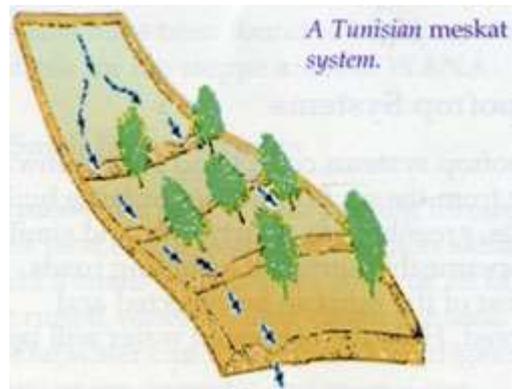


Figure 2:
the "Meskat"
runoff farming
system: runoff from
the catchment area ("Meskat")
infiltrates in the cultivated
terraces ("Mankaa").

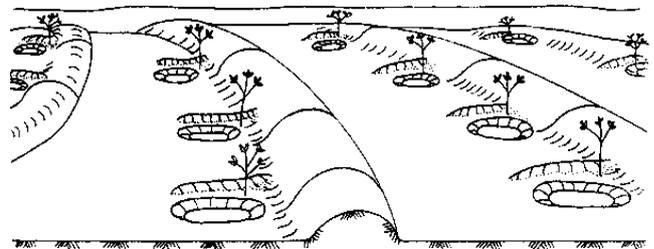
Le "Meskat", système d'exploitation des eaux de ruissellement: les eaux de ruissellement de la zone de capture ("Meskat") s'infiltrate dans les terrasses de culture ("Mankaa").



Digues filtrantes, lignes de contours



Digues filtrantes, lignes de contours



Digues filtrantes, lignes de contours



Digues filtrantes, lignes de contours



Digues filtrantes, lignes de contours



Digues filtrantes, lignes de contours



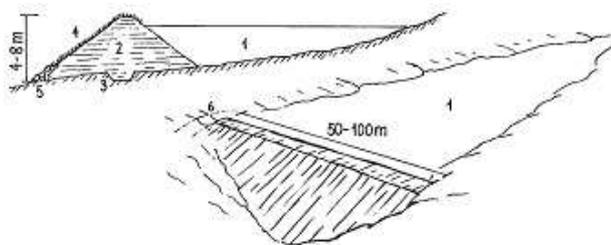
Digues filtrantes, lignes de contours



Barrages, Jessours, Tabia

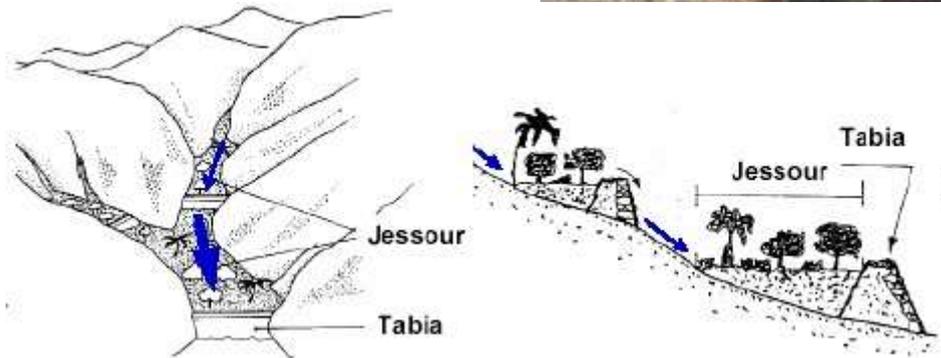
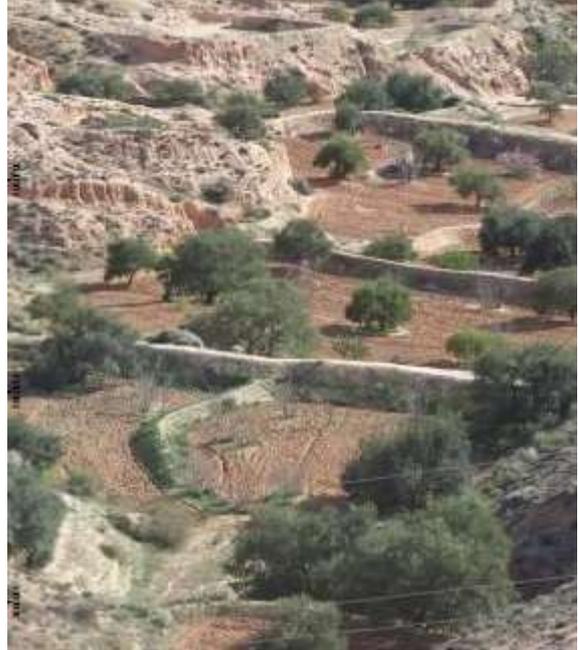


Jessour rudimentaire

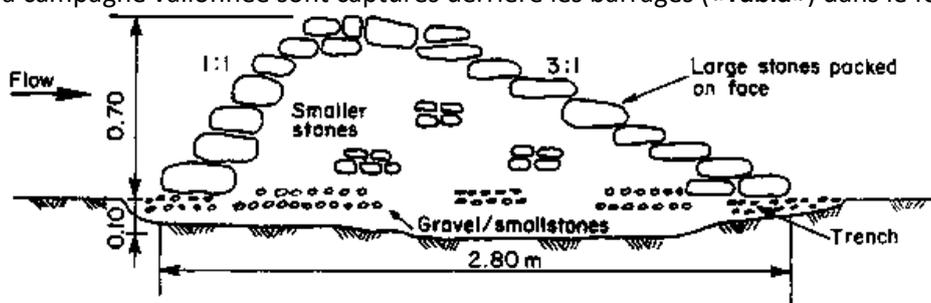


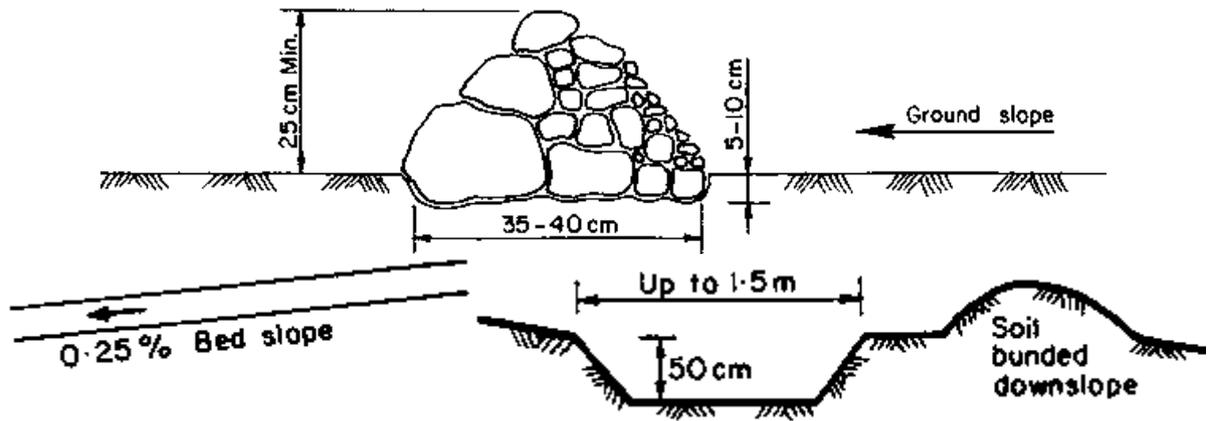


Barrage détruit à cause d'un déversoir [« spillway »] insuffisant.



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.





Tabia à large digue



Johad (Inde)



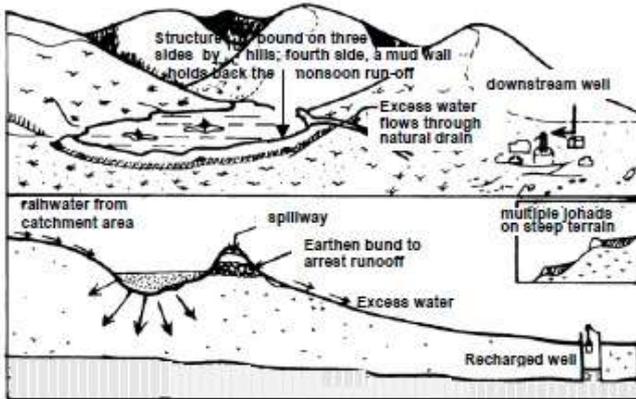
Johad (Inde)



Johad (Inde)



Barrage Trust (WOTR) (Inde)



- 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

- Structure of bound on three sides by hills, fourth side, a mud wall holds back the monsoon run-off
- downstream well
- Excess water flows through natural drain
- Rainwater from catchment area
- Spillway
- Earthen bund to arrest runoff
- Excess water
- Recharged well
- Multiple johada on steep terrain



Retenues collinaires



Retenues collinaires



Retenues collinaires

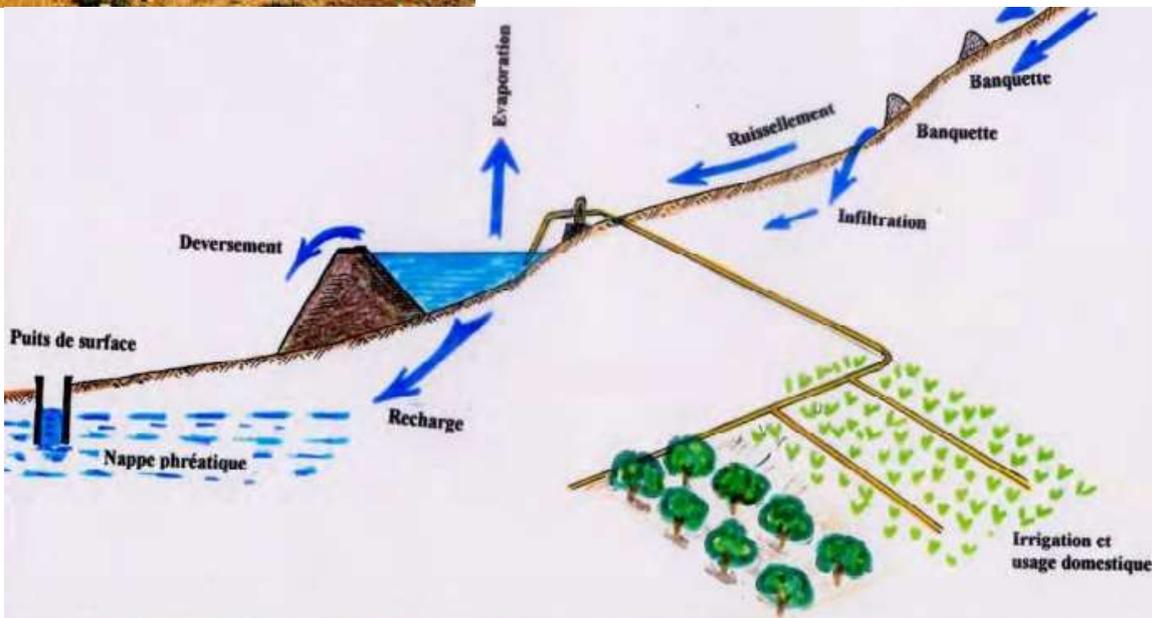
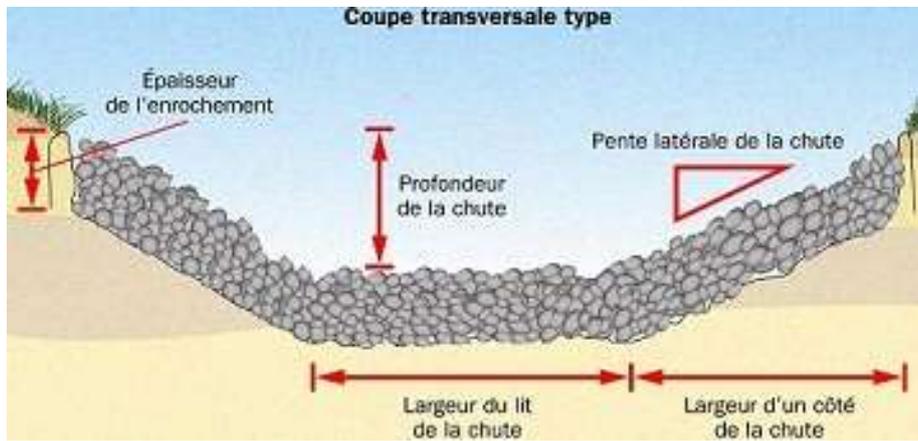


Schéma d'un lac collinaire (très semblable à un johad)



Déversoir enroché (coupe longitudinale).

Source : <http://www.omafr.gov.on.ca/french/engineer/facts/13-036>



Déversoir enroché (coupe transversale).

Source : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/13-036.htm>



Le déversoir empierré absorbe l'énergie de l'eau en mouvement. Source : Ministère de l'agriculture de l'Ontario (Canada).

<http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/96-118.htm>



La chute en arc de cercle fait franchir à l'eau une dénivellation importante sans provoquer d'érosion. Source : Ministère de l'agriculture de l'Ontario (Canada).
Idem.

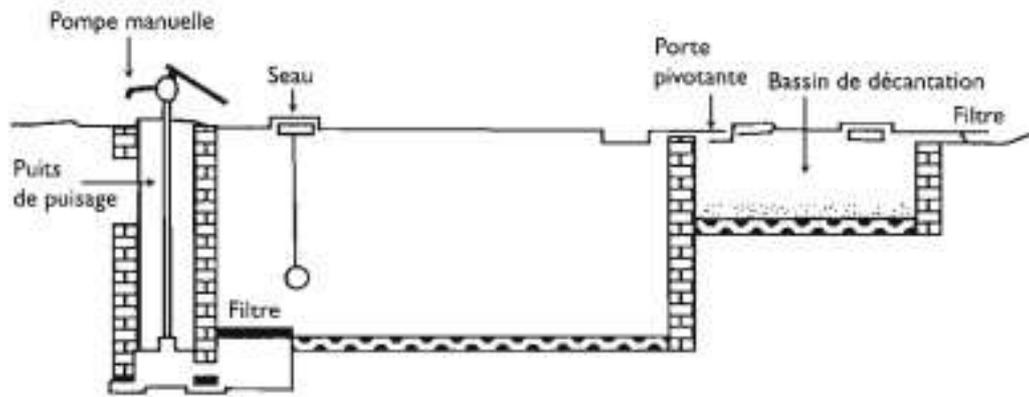


Fabrication des cages en grillages, n'oubliez pas les grillages intercalaires. Source Milkwood Permaculture
Gabion et piège à silt.



Remplissage avec des cailloux, source Milkwood Permaculture. **Gabion et piège à silt**⁴⁶.

⁴⁶ source : <http://www.permaculturedesign.fr/terrassement-en-permaculture/>



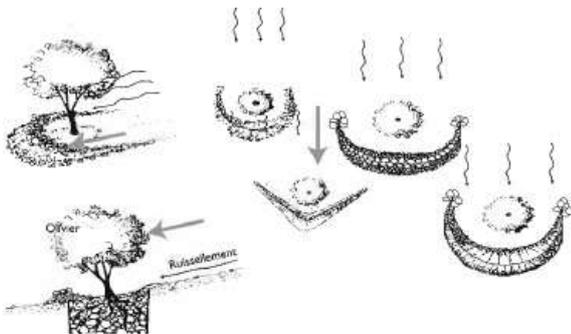
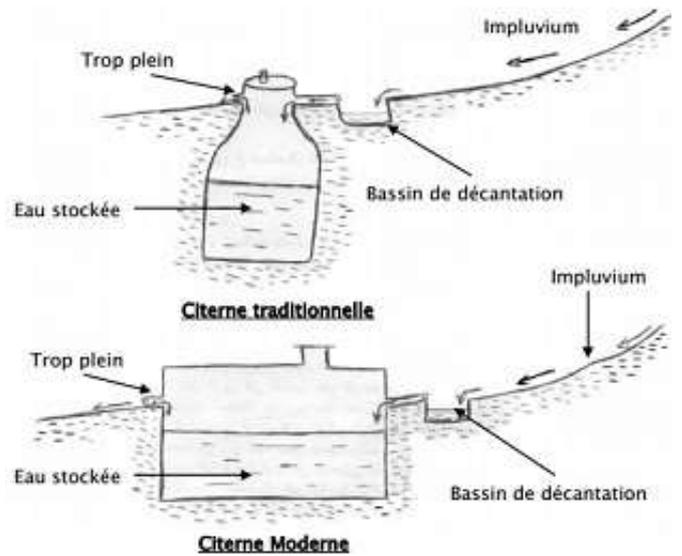
Une *matfia* étatique (makhzen) (d'après EL FASSKAOUI, 2007) (citerne couverte)

Sources : a) Les techniques traditionnelles de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols, Mohamed SABIR, Éric ROOSE & Jomol AL KARKOURI, Chapitre 6, page 139, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010054917.pdf

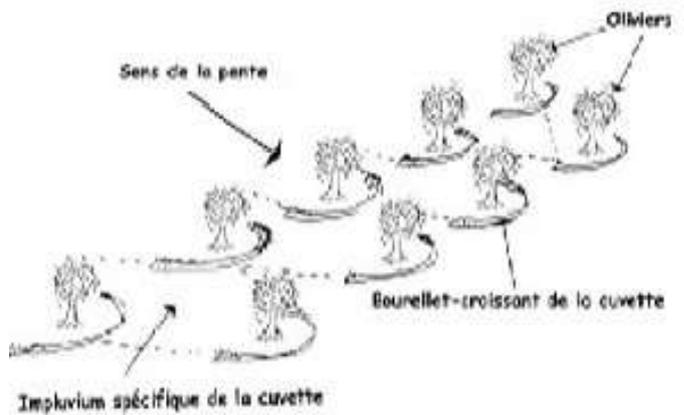
b) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Citerne>



Matfia dans l'Atlas



Les micro-bassins : demi-lunes et cuvettes



Les micro-bassins : demi-lunes et cuvettes



demi-lunes et cuvettes



demi-lunes et cuvettes



Cuvette

demi-lunes et cuvettes



demi-lunes et cuvettes



Banquettes antiérosives et les impluviums



demi-lunes et cuvettes



Banquettes antiérosives et les impluviums



Cuvette



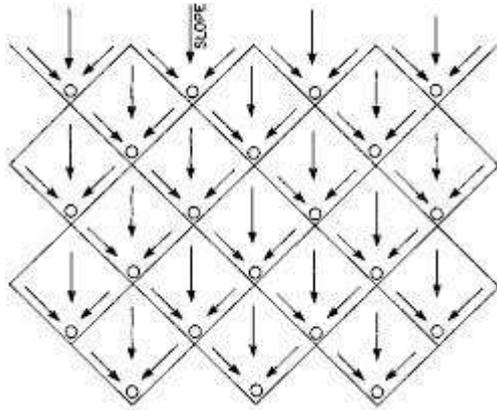
Banquettes antiérosives et les impluviums



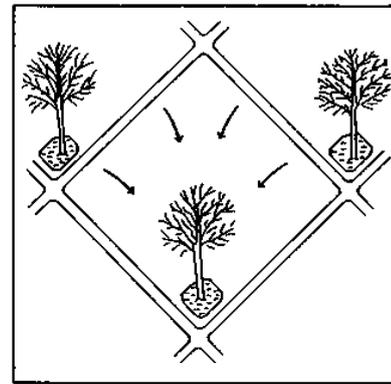
Cuvette



Banquettes antiérosives et les impluviums



Negarim



Negarim



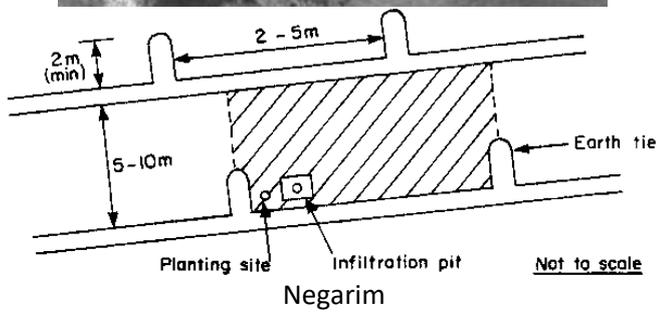
Negarim



Negarim



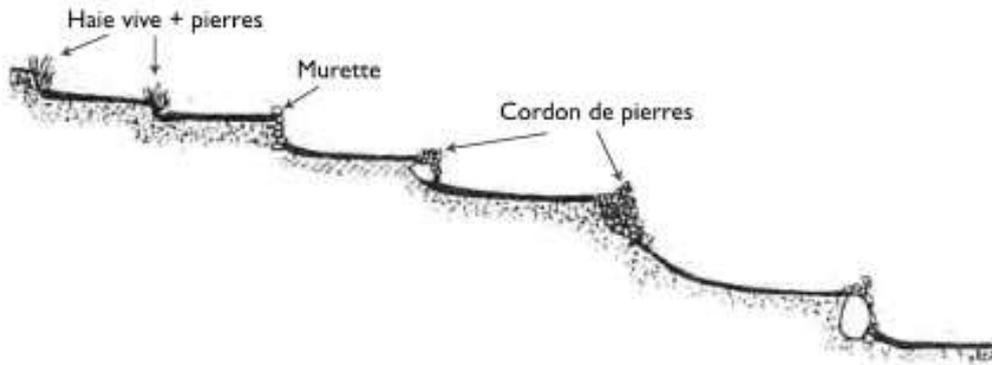
Negarim



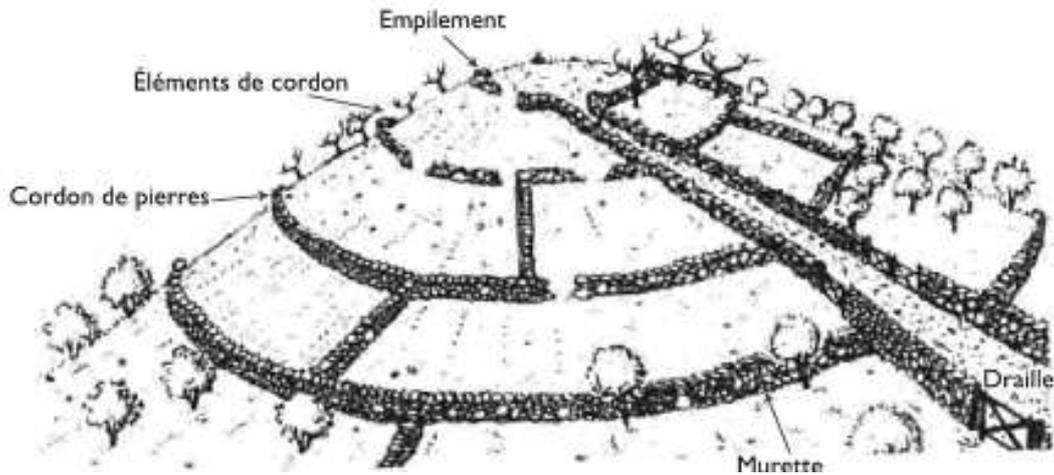
Negarim



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,



Alignement de pierres, cordons pierreux et murettes



Alignement de pierres, cordons pierreux et murettes



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. Source : *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>



Cordons pierreux



Murette permettant l'irrigation par gravité de la parcelle aménagée



Blocs métriques à la base de la murette, permettant sa stabilité et l'évacuation des eaux en excès



Bandes de ruissellement



Bandes enherbées constituées d'*Andropogon sp.* : été



Bandes enherbées constituées d'*Andropogon sp.* : hiver

Dans certains cas, on cherchera à créer des billabongs⁴⁷ artificiels.

22 Utilisation du grand aquifère de l'Australie central ?

Le **Grand bassin artésien**, en [anglais](#) *The Great Artesian Basin, GAB*, est la seule réserve importante et sûre d'eau de tout le [continent australien](#).

Ce bassin est l'un des plus grands et des plus profonds [aquifères artésiens](#) du monde. Il couvre 23 % du continent, occupant la plus grande partie du [Queensland](#), le nord de la [Nouvelle-Galles du Sud](#), la partie sud-est du [Territoire du Nord](#), le nord-est de l'[Australie-Méridionale](#). Son épaisseur, d'une centaine de mètres en périphérie, est estimée à 3 km à certains endroits au centre et la réserve en eau serait de 64 900 km³.

⁴⁷ C'est un point d'eau (sorte de lac) qui ne s'assèche jamais. Toute la vie animale se regroupe autour des billabongs en saison sèche pour survivre dans un climat difficile de la même manière qu'autour d'une oasis. Un billabong est aussi une étendue d'eau constitué d'un méandre mort qui se forme généralement quand le cours d'une rivière change. C'est un hydronyme typiquement australien.

Les couches qui emprisonnent l'eau sont formées de grès quartzique déposé par l'érosion des montagnes environnantes au Mésozoïque, il y a entre 248 et 65 millions d'années, recouvertes d'une couche de sédiment marin imperméable à l'époque où la région était au-dessous du niveau de la mer. La bordure est du bassin est due à la Cordillère australienne, la bordure ouest aux *Central Eastern Lowlands* et au *Great Western Plateau*. Le renouvellement en eau vient pour la plus grande part des précipitations sur le Queensland et la Nouvelle-Galles-du-Sud. **L'eau s'écoule vers le sud et l'est en cheminant tout doucement (entre 1 et 5 m par an) entre les grains de sable.**

L'eau ressort spontanément de terre par des sources ou des fissures dans le sol, surtout dans la partie sud du bassin. **Il faut jusqu'à 2 millions d'années pour que de l'eau tombée dans le Queensland ressorte par les sources de la région du lac Eyre.**

Cette eau est la principale origine de l'eau utilisée dans la région notamment pour élever le bétail. **Impropre pour l'irrigation en raison de son pH trop élevé et de sa forte teneur en sel (0.5 à 1,5 g/l)**, on l'utilise — après traitement — pour abreuver les animaux et pour les besoins domestiques. Pour se la procurer, il suffit de forer un trou jusqu'à la nappe phréatique et l'eau jaillit du sol sans avoir à pomper. À sa sortie de terre, sa température varie selon les endroits entre 30 et 100°C et cette énergie est utilisée à Birdsville pour alimenter un générateur de 150 kW. En 1983, il y avait près de 18 000 forages en service fournissant quotidiennement 1,575 milliard de litres d'eau. Sur ces 18 000 forages, 2 000 étaient des puits artésiens et plus de 9 000 demandaient une énergie mécanique pour remonter l'eau à la surface⁴⁸. **On ne peut pas l'utiliser, sauf pour les plantes qui résistent au sel.**



Carte du Grand bassin artésien

23 Bassin de rétention, avec fond en géotextile

Facultatif. Si le réchauffement d'accélérait, on pourrait prévoir des bassins de rétention et impluvium (en amont), avec fond en géotextile étanche, pour stocker l'eau de rivières et de pluies, qui seraient reliées aux plantations par un système de goutte à goutte (?).



⁴⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Grand_bassin_art%C3%A9sien

24 Apport en terreau ?

En région sèche, le processus de compostage ne fonctionne pas et il n'y a pas ou peu de vers de terre⁴⁹.

25 Systèmes d'irrigation

25.1 Le cocoon "Groasis Waterboxx Plant"



↳ Le cocoon "Groasis Waterboxx Plant" un moyen de planter, en étant économe en eau. Source : <https://www.groasis.com>

25.2 Le système Cocoon (Land Life company)



Au Nord de la Chine



Au Pérou



Le système Cocoon est conçu pour fournir de l'eau et un abri à la plantule (avec un taux de survie élevé), tout le long de sa première année. Il nécessite seulement 25 litres à la plantation. Il est 100% biodégradable. Source :

<https://www.landlifecompany.com/technology/>

⁴⁹ Le Giant Gippsland earthworm, « Ver géant de Gippsland » (*Megascolides australis*), le plus grand vers de terre au monde, n'a qu'une aire de répartition extrêmement limitée et confinée à la vallée de Bass River, dans la région de South Gippsland (région du Victoria - Sud-est, à climat subtropical). C'est une espèce protégée.

25.3 Système de goutte à goutte

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 enterré⁵⁰.

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.

Les techniques israéliennes d'irrigation au goutte-à-goutte sont constamment partagées avec d'autres pays par le biais du Centre de coopération internationale MASHAV du ministère des Affaires étrangères (Sociétés israéliennes spécialisées dans l'irrigation : Plastro, Netafim et NaanDan Jain). La technologie moderne d'irrigation par goutte à goutte a été inventée en [Israël](#) par [Simcha Blass](#) et son fils Yeshayahu.

Source : *10 top ways Israel fights desertification* [10 moyens par lesquels Israël lutte contre la désertification], Karin Kloosterman, 15 Juillet 2012, <https://www.israel21c.org/top-10-ways-israel-fights-desertification/>



Système de goutte à goutte israélien



Goutte à goutte en Inde.



Goutte à goutte dans une vigne du Nouveau-Mexique, 2002.

⁵⁰ Sources : a) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Micro-irrigation>, b) http://en.wikipedia.org/wiki/Drip_irrigation

26 Le matériel

Engins de chantier :

Image de l'outil	Nom	Rôle / Usage	Observations / Commentaires	Marque / Référence	Coût (€)	Nb
	4x4 à plateau arrière			A trouver d'occasion	150000 ?	
 	Micro-pelle Inférieure à 6T	Pour les chantiers de taille réduite (ex de 680 à 840 mm de large). Pour creuser les tranchées du système d'irrigation.	A la fois des machines à déport réduit « SV » et des machines à déport arrière nul « ViO » (la partie supérieure reste totalement dans la largeur des chenilles). Elles ont besoin d'une maintenance soignée. (CASES conduite catégorie 1).	ProtoMicroTP Mygale 500 ST 500kg Yanmar SV08-1AS	Mini neuf 8000 ttc	1
	Chenille Caoutchouc pour Micro-pelle			Chenille Caoutchouc De Mini-pelle Yanmar Sv08 1a - Chenille Yanmar	143,94	2
 	Mini Chargeur/se 4 roues directrices type « bobcat » Inférieure à 4,5T	 https://www.machineryzone.fr/occasion/mini-chargeuse/1/3360/bobcat.html Ces machines sont souvent maltraitées alors qu'elles ont besoin d'une maintenance soignée.	Compacte. (A essayé). Bobcat T190 d'occasion (1313h, 2012) : 23 000 € HT Bobcat 463 d'occasion (2017h, 2007) : 7500 € HT (CASES conduite catégorie 1).	Caterpillar Komastu Bobcat New Holland Volvo	Mini neuf 15000	

Pour la plantation des arbres (tuteurage, arboriculture, pépinières) :

Image de l'outil	Nom	Rôle / Usage	Observations / Commentaires	Marque / Référence	Coût (€)	Nb
	Tuteurs en bois		En bois traité. Différentes tailles		2 10	50
 	Colliers plastique pour tuteurage		 A retirer au bout de 2 à 3 ans, selon la vigueur de l'arbre.	  	9 A 10	50

27 Bibliographie

27.1 Le climat australien et le réchauffement climatique

- [1] Géographie de l'Australie, https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_de_l%27Australie
 [2] Climat de l'Australie, https://fr.wikipedia.org/wiki/Climat_de_l%27Australie
 [3] Le climat en Australie, <http://www.guide-australie.fr/laustralie/le-climat-en-australie/>
 [4] Influence de l'homme sur le climat, Benjamin LISAN, 3/10/05, <http://benjamin.lisan.free.fr/jardin.secret/EcritsScientifiques/climat/InfluenceHommeSurClimat.htm>
 [5] Effondrement, Jared Diamond, Folio, 2005-2009.

27.2 techniques de reforestation

- [10] Turvey, N.D. 1994. *Afforestation and rehabilitation of Imperata grasslands in Southeast Asia: identification of priorities for research, education, training and extension*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) et Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR), Canberra, Australie.
 [11] *Restauration des forêts tropicales. Un guide pratique*. Stephen Elliott, David Blakesley, Kate Hardwick, Kew Publishing, 2013.
 [12] *Importance des arbres et des forêts*, Benjamin LISAN, <http://www.doc-developpement-durable.org/documents-pedagogiques-de-sensibilisation/Importance-des-arbres-et-des-forets.pptx>

27.3 Sur l'érosion des sols

- [20] *Ecology of Soil Erosion in Ecosystems*, David Pimentel & Nadia Kounang, Springer-Verlag, 1998.
 [21] *World Soil Erosion and Conservation (Cambridge Studies in Applied Ecology and Resource Management)*, David Pimentel, Cambridge University Press, 1993.

27.4 Processus de salinisation et la lutte contre

- [30] *Stress Salin, Adaptation des plantes à l'environnement*, Mehdi JABNOUNE, www.supagro.fr/theses/extranet/08-0043_JABNOUNE.pdf
 [31] *Planter en conditions arides et salines*, B. Lisan, <http://www.doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/Planter-en-conditions-arides-salines.pptx>

27.5 L'étendue de la déforestation en Australie

- [41] Benson, J.S 1991, The effect of 200 years of European settlement on the vegetation and flora of New South Wales, Cunninghamia.
- [42] Cogger, H, Ford, H, Johnson, C, Holman, J and Butler, D 2003, Impacts of Land Clearing on Australian Wildlife in Queensland, World Wildlife Foundation Australia, Sydney
- [43] Little left to lose: deforestation and forest degradation in Australia since European colonization, Corey J. A. Bradshaw, Oxford Journals, 2011, <http://ipe.oxfordjournals.org/content/5/1/109.full>

27.6 Sur les feux de bush

- [50] Burning Bush: A Fire History of Australia, Stephen J. Pyne, University of Washington Press, 2017, 548 pages.
- [51] *Les incendies de forêt et la diversité biologique*, R. Nasi, R. Dennis, E. Meijaard, G. Applegate et P. Moore, <http://www.fao.org/3/y3582f/Y3582F07.htm>

27.7 Sur les plantes du bush

- [60] *Aliments naturels du bush australien. Médecine et alimentation traditionnelles des aborigènes*. Jennifer Isaac, Ed. Könemann, 2000.
- [61] *Glossaire sur l'art Aborigène*, <http://www.aboriginalsignature.com/glossaire-art-aborigene>
- [62] *Flore de l'Australie*, https://fr.wikipedia.org/wiki/Flore_de_l'Australie
- [63] *Flora of Australia Online*, <http://www.anbg.gov.au/abrs/online-resources/flora/main-query-styles.html>

27.8 Sur la lutte contre les feux de forêt en Australie

- [70] Aerial firefighting and forestry in southern Australia [Lutte aérienne contre les incendies et la foresterie dans le sud de l'Australie], https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_firefighting_and_forestry_in_southern_Australia
- [71] Aerial firefighting [Lutte aérienne contre les incendies], https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_firefighting

27.9 Sur les feux catastrophiques de la fin de l'année 2019

- [80] *À cause des incendies en Australie, les glaciers de Nouvelle-Zélande virent marron*, Organe Guillou, 02/01/2020, https://www.huffingtonpost.fr/entry/incendies-australie-nouvelle-zelande_fr_5e0dcf6fc5b6b5a713b62b7d
- [81] *La fumée des incendies en Australie atteint la Nouvelle-Zélande*, AFP, 02/01/2020, <https://la1ere.francetvinfo.fr/fumee-incendies-australie-atteint-nouvelle-zelande-785933.html>
- [82] *Australia's bushfires have pumped out half a year's CO2 emissions* [Les feux de brousse en Australie ont réduit les émissions de CO2 de six mois], Douglas Broom, 17 Dec 2019, <https://www.weforum.org/agenda/2019/12/australia-bushfires-co2-emissions-climate-change>
- [83] *KILLER INFERNO Australia fires map: Where are the bushfires in Australia now?* [Carte des incendies en Australie: Où sont les feux de brousse en Australie maintenant?] Aletha Adu, 3 Jan 2020, <https://www.thesun.co.uk/news/10317573/where-are-australia-fires-map-bush-fires/>
- [84] *Australie : les incendies sont maintenant si importants qu'ils génèrent un micro-climat empirant la situation*, Thomas Boisson, 02/01/2020, <https://trustmyscience.com/australie-incendies-sont-si-importants-generent-micro-climat-empirant-situation/>
- [85] *Incendies en Australie : «Notre écosystème s'effondre»*, Valentine Sabouraud, 03/01/2020, https://www.liberation.fr/planete/2020/01/03/incendies-en-australie-notre-ecosysteme-s-effondre_1771581?utm_medium=Social&utm_source=Facebook#Echobox=1578057529
- [86] *Australian Bushfires: Extraordinary Satellite Images Show Devastating Scene* [Incendies de brousse en Australie: des images satellites extraordinaires montrent une scène dévastatrice], Ryan Northover, 01/01/2020, <https://sydneynews.sydney/sydney-news/australian-bushfires-extraordinary-satellite-images/5544/>

- [87] The Shocking Size of the Australian Wildfires [La taille choquante des incendies de forêt en Australie], Katharina Buchholz, 02/01/2020, <https://www.statista.com/chart/20387/recent-wildfire-events-by-acreage-burned/>
- [88] *Incendies en Australie : des chercheurs estiment à un demi-milliard le nombre d'animaux tués*, AFP, 02.01.20, https://www.liberation.fr/direct/element/incendies-en-australie-des-chercheurs-estiment-a-un-demi-milliard-le-nombre-danimaux-tues_107203/
- [89] *En Australie, les incendies détruisent une forêt datant du Gondwana*, 04/12/2019, Julie Kern, <https://www.futura-sciences.com/planete/breves/incendie-australie-incendies-detruisent-foret-datant-gondwana-1622/>
- [90] *Let's tell the burning truth about bushfires and the ALP-Greens coalition* [Disons la vérité brûlante sur les feux de brousse et la coalition ALP-Verts] [Interdiction de nettoyer les sous-bois au nom de l'écologie. Or les aborigènes savaient que l'écobuage était nécessaire], Miranda Devine, 13/01/2013, <https://amp.dailytelegraph.com.au/news/opinion/lets-tell-the-burning-truth/news-story/ae30e22c69a0a9a7fe4141bc4e9442a8>
- [91] *Extreme heat wipes out almost one third of Australia's spectacled flying fox population* [La chaleur extrême anéantit près d'un tiers de la population australienne de renards volants à lunettes], Sharnie kim, Adam Stephen, 19/12/2018, <https://mobile.abc.net.au/news/2018-12-19/heat-wipes-out-one-third-of-flying-fox-species/10632940>
- [92] *Incendies en Australie : des chercheurs estiment à un demi-milliard le nombre d'animaux tués*, AFP, 02/01/20, https://www.liberation.fr/direct/element/incendies-en-australie-des-chercheurs-estiment-a-un-demi-milliard-le-nombre-danimaux-tues_107203/
- [93] *Incendies : Plus que le vent et la canicule, « l'Australie paie la sécheresse de l'hiver dernier »*, Propos de Dominique Morvan [spécialiste de la physique des feux] recueillis par Fabrice Pouliquen, 02/01/20, <https://www.20minutes.fr/planete/2686075-20200102-incendies-plus-vent-canicule-australie-paie-secheresse-hiver-dernier>
- [94] *Australie : plus de 100 000 personnes évacuées face aux incendies*, AFP, 04/01/2020, https://www.lepoint.fr/monde/australie-plus-de-100-000-personnes-evacuees-face-aux-incendies-04-01-2020-2356086_24.php

28 Annexe : La déforestation dans le monde

28.1 Ampleur de la déforestation dans le monde

Quelques chiffres :

- **Rythme actuel du déboisement : 130 000 km² par an (« net » : 80 000 km²) (Source FAO 2004).**
- 250 000 hectares de forêts tropicales / semaines (Source FAO et WWF).
- **40 pays affichent des reculs supérieurs à 1% l'an (FAO).**
- 50% du bois coupé est laissé et pourri sur place.

Le déboisement concerne aussi des *pays au niveau de vie supposé plus élevé, tel que l'Argentine, Australie. En Tasmanie (Australie), on déforeste des forêts primaires au napalm.*

28.2 Conséquences de la déforestation dans le monde

- **Responsable de 18 à 20% des émissions de gaz à effet de serre**, un des facteurs importants du [réchauffement climatique](#) (info Greenpeace et WWF).
- Accélération du réchauffement climatique (source : GIEC).
- Augmentation du nombre de paroxysmes de sécheresses sur Terre (°) et d'épisodes climatiques violents ou paroxysmiques (tempêtes, cyclones, désertifications, grandes sécheresses ...).
- Risques d'augmentation des famines sur terre, des risques de conflits liés à l'accès aux ressources _ eau, aliment, bonnes terres ... _ voire cause de grands flux migratoires (i.e. « réfugiés climatiques »).
- Mise en danger ou disparition de milliers d'espèces végétales et animales.
- Disparition d'espèces vivantes => perte pour la connaissance médicale etc.
- Destruction du cadre de vie de centaines de millions de personnes vivant de la forêt.
- Disparition de la Couverture Végétale.

- Erosion et Ravinement.
- Appauvrissement des terres de culture.
- Dérèglement du Cycle Hydrologique (épisodes sécheresses & inondations en augmentation).
- Pollution des Eaux de Rivières (diminution de la faune aquatique).
- Pollution des Eaux du Littoral par les terres érodées.
- Disparition des Espèces Endémiques (faune et flore).

(°) en particulier du fait de la diminution ou la disparition du phénomène **d'évapotranspiration** _ c'est à dire du rejet de vapeur d'eau par les arbres. L'évapotranspiration contribuant à créer un microclimat local favorisant les pluies (ou précipitations) locales.

29 Annexe : la sensibilisation au réchauffement climatique et à la protection de l'environnement

Les empires Mayas, khmer ... n'avaient pas conscience qu'une déforestation à très grande échelle change le climat vers plus de sécheresse. Nous avons la science qui prouve ce fait. Nous avons moins d'excuses.

Le problème est souvent de changer les priorités des préoccupations humaines. Il faudrait moins de religieux (moins d'attente dans une vie dans l'autre monde), mais plus de science, plus de préoccupations pour les choses concrètes, plus de lucidité sur les grands enjeux mondiaux actuels (réchauffement climatique, bombe démographique, le nationalisme, le danger de certaines idéologies et religion, les facteurs potentiels de guerres ...).

Il faut faire comprendre aux gens, aux politiques que la surface des terres agricoles et les rendements agricoles, y compris dans les pays en voie de développement, n'est pas extensible à l'infini.

Il faut lutter avec détermination pour résoudre ces problèmes sur le long terme, et former plus les gens à l'esprit critique et scientifique et les former à des valeurs morales rationnelles, laïques, dans le monde.

Dans les pays en voie de développement, on ne peut reconstituer des forêts primaires, sauf à planter des forêts secondaires avec des espèces à pousse rapide, si la population locale, dont la démographie est galopante, détruit, en même temps, ensuite ces forêts pour le bois de feu, le charbon de bois, et par la culture itinérante sur brûlis. Une solution, que l'on peut imaginer, est d'entourer les forêts primaires à protéger par un cordon ou premier anneau impénétrable d'espèces défensives très épineuses, puis par un second et énorme anneau de forêt secondaire à base d'espèces à pousse rapide (*Acacia mangium*, *Acacias auriculoformis*, neems ou margousier (*Azadirachta indica*), lilas de Perse (*Melia azedarach*), rotra ou prunier de Java (*Syzygium cumini*), jambosier rouge (*Syzygium malaccense*) ...).

Le manque de conscience écologique dans les pays en voie de développement :

Dans les pays en voie de développement, un des graves problèmes le dramatique bas niveau d'éducation. Dans ces pays, la conscience écologique y est voisine de zéro. Il faut apprendre à leurs habitants à gérer les forêts, comme une rente, à faire des plans de coupes prévisionnelles, à ne pas couper n'importe comment.

On a pu constater, par exemple, à Madagascar, que dès que certaines forêts étaient replantées, elles étaient de nouveau rebrûlées (mêmes des pépinières avaient été incendiées). Donc tout un travail pour rien (car la conscience écologique y est nulle et le travail de sensibilisation écologique insuffisant). Tant que les Occidentaux payent, les habitants locaux ne se préoccupent de rien. Ceux-ci prennent tant qu'il y a prendre. Tout cela conduit à leur déresponsabilisation totale !!!!

Autres suggestions :

Une solution économiquement viable est le développement d'une agriculture en équilibre avec le milieu. L'agriculture construira gratuitement les coupe feux et les entretiendra sur le long terme. La mise en valeur de la forêt permettra aussi de créer et d'entretenir gratuitement les pistes ... Toutes les solutions, indiquées ci-avant, sont des coûts secs, c'est pour cela qu'ils ne peuvent pas être mis en œuvre sur une large échelle. Ils sont généralement réservés aux zones situées près des agglomérations.

Agriculture et mise en valeur de la forêt sont les solutions contre les incendies. Elles peuvent cependant détruire l'équilibre naturel. Il faut donc faire des choix (si possibles respectueux) et des plans territoriaux qui les reflèteront. Il est clair que ce type de gestion est très loin de la culture anglosaxonne où la légitimité des activités économiques est liée à l'initiative individuelle privée.

Peut-on arrêter les incendiaires ? :

Ils sont souvent difficiles à retrouver. Avec le feu allumé de nuit avec une seule allumette, difficile à retrouver. En France, des caméras cachées sont installées le long des routes conduisant aux massifs forestiers, souvent sujets aux incendies, dans le sud de la France. Grâce aux images enregistrées, en particulier des plaques d'immatriculations des véhicules empruntant ces routes, les policiers peuvent remonter aux incendiaires et pyromanes.



Photo d'habitants obligés de se réfugier sur une plage, à cause des gigantesques brasiers, en Australie (2019).

30 Annexe : Les racines protéoïdes, une adaptation des plantes aux sols sans nutriments

Les **racines protéoïdes**⁵¹ sont des racines de plantes qui forment des groupes denses de courtes radicules latérales très rapprochées. Elle peuvent constituer un épais tapis de deux à cinq centimètre d'épaisseur situé juste sous la litière de feuilles mortes. *Elles améliorent l'absorption des nutriments du sol, probablement en modifiant chimiquement leur environnement dans le sol pour améliorer la solubilisation des nutriments¹. Il en résulte que les plantes à racines protéoïdes sont capables de pousser dans des sols très pauvres en nutriments, comme les sols naturellement carencés en phosphore d'Australie.*

⁵¹ Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Racine_prot%C3%A9o%C3%AFde

Le cas du Grevillea de Banks

Par exemple, les **Grevillea de Banks** ou **Byfield waratah** (*Grevillea banksii*)⁵², originaire du Queensland, qui, par ses racines protéoïdes, au très fin chevelu, très ramifié, peuvent pousser dans des sols très pauvres en nutriments, comme les sols naturellement carencés en phosphore d'Australie.

Système racinaire du Grevillea de Banks

« Selon la disponibilité des éléments nutritifs sur chaque type de sol, le développement de *Grevillea banksii* a été accompagné ou non d'une formation de haut de racines protéoïdes. Nos résultats montrent également que l'occupation du sol par *Grevillea banksii* a diminué les activités microbienne totale et la phosphatase de la terre, surtout sur le sol dans une forte densité de racines protéoïdes. Légèrement mycotrophe, *Grevillea banksii* perturbe la structure et la dynamique de la microflore symbiotique comme *endomycorhizes* (MA) et *rhizobia* associées à deux espèces d'arbres indigènes »⁵³.

Certaines espèces de *Grévilléas* sont drageonnantes, ce qui est peut-être une adaptation dans les zones soumises au feu. Certains individus sont aussi interconnectés par leurs racines⁵⁴.

Utilisation

Cette espèce a été utilisée pour la reforestation, car elle colonise rapidement les terrains dégradés, et comme coupe-vent.

Espèce invasive

Mais, toujours cultivée dans de nombreux jardins tropicaux (car très ornementale), elle s'est révélée très invasive (score 8 selon la base PIER). *Grevillea banksii* forme des peuplements mono-spécifiques. Les fleurs et les gousses contiennent du cyanure d'hydrogène toxiques ^[1]⁵⁵. Les résorcines alkyle du *G.banksii* sont responsables de dermatite de contact ^[2]. Très inflammable, elle favorise les feux sauvages.

⁵² Sources : a) <http://benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Fiche-presentation-Grevillea-banksii.pdf>

b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Grevillea_banksii, c) http://en.wikipedia.org/wiki/Grevillea_banksii

d) *Grevillea banksii*, Base PIER des plantes invasives du Pacifique, http://www.hear.org/pier/species/grevillea_banksii.htm

e) Adolphe Lehavana, *Initiative sur les espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer*. Atelier de travail "région Océan Indien", Mayotte, 23-26 janvier 2012, http://www.especes-envahissantes-outremer.fr/pdf/atelier_ocean_indien_2012/plantes_conflits_d%27interets_Madagascar.pdf

f) *Propagation of Grevillea banksii, an invasive exotic plant species: impacts on structure and functioning of mycorrhizal community associated with natives tree species in eastern part of Madagascar*, Martial Doret ANDRIANANDRASANA, Henintsoa Volatiana RAKOTONIAINA, Marson RAHERIMANDIMBY, Heriniaina RAMANANKIERANA, Rondro H. BAOHANTA, R. DUPONNOIS, <http://www.wsl.ch/epub/ewrs/sessions/download?p=1130/2-185-final-ANDRIANANDRASANA.pdf&o=ANDRIANANDRASANA.pdf&sid=13223490097471044619184986568>

⁵³Source: *Propagation of Grevillea banksii, an invasive exotic plant species: impacts on structure and functioning of mycorrhizal community associated with natives tree species in eastern part of Madagascar*. Martial D. ANDRIANANDRASANA et al.

⁵⁴ "Grévilléas : généralités", Christophe Berger, <http://www.plantesdusud.com/spip.php?article1117>

⁵⁵ Par ses effets allélopathiques (interactions biochimiques) au niveau racinaire et du sol (guerre chimique), elle a tendance à évincer les espèces locales.



Photo des racines protéoides du *G. banksii*. © Martial Doret Andrianandrasana, Université d'Antananarivo-Madagascar.



Photo des racines protéoides du *G. banksii*. © Martial Doret Andrianandrasana, Université d'Antananarivo-Madagascar.



Photo des racines protéoides du *G. banksii*. © Martial Doret Andrianandrasana, Université d'Antananarivo-Madagascar.

Système racinaire très dense du *Grevillea banksii*



Invasion de *Grevillea banksii*, au Nord de Fort-Dauphin (Madagascar). Photo © Benjamin LISAN (sept. 2009).



Grevillea banksii



Grevillea banksii



Fleur de *Grevillea banksii*

Table des matières

1	De incendies récurrents de plus en plus gigantesques, en Australie.....	1
2	Le réchauffement climatique.....	2
3	Couverture forestière de l'Australie.....	4
4	La déforestation en Australie.....	4
5	Rôle des forêts.....	5
6	Climat en Australie.....	6
6.1	Moyennes et maximums climatiques à Sidney (sud).....	7
6.2	Cartes des températures et de la pluviométrie en Australie.....	8
6.3	Températures, canicules, El Niño.....	10
6.4	Qu'est-ce qu'El Niño et ce que cela pourrait signifier pour l'Australie?.....	12
6.5	Qu'est-ce qui cause un El Niño?.....	13
6.6	Pluie réduite, déficit hydrique.....	13
6.7	Températures plus chaudes.....	15
6.8	Changement de température extrême.....	15
6.9	Apparition tardive de la mousson.....	15
6.10	Augmentation du danger d'incendie dans le sud-est de l'Australie.....	16
7	Les incendies de végétation en Australie.....	16
7.1	Les feux déclenchés par les aborigènes.....	17
7.2	Les espèces pyrophytes.....	17
7.3	Phénomène d'auto-entretien du feu.....	19
8	Suggestions de solution contre les gigantesques feux de forêt en Australie.....	20
9	La lutte contre les feux de forêt.....	20
9.1	Cause de départ de feux.....	20
9.2	Plusieurs types de stratégies de lutte contre les incendies dans le monde.....	21
9.3	Le développement d'une culture du risque et de la prévention.....	21
9.4	Les bons gestes et les apprendre.....	22
9.5	La prévention et les mesures visant à empêcher les feux de forêt.....	22

9.6	La loi (?).....	23
9.7	Mesures durant le feu.....	23
9.8	Remise en état de la forêt après un incendie	24
9.9	Pare-feu (coupe-feu).....	24
9.9.1	Valorisation des coupe-feux.....	24
9.9.2	Inconvénient des feux contrôlés	24
9.10	Réservoirs.....	24
9.11	Affiches ou images des campagnes de sensibilisation	25
10	Lutte aérienne contre les incendies de forêts dans le sud de l'Australie	27
10.1	La flotte nationale de bombardiers d'eau	27
10.2	Le choix des avions bombardier d'eau fait par l'Australie.....	28
10.3	Centre national de lutte aérienne contre les incendies (NAFC)	28
11	Causes naturelles de l'infertilité des sols australiens	29
11.1	Sols pauvres et totalement lessivés	29
11.2	Causes humaines.....	29
11.3	La disparition ou l'inadaptation des bousiers locaux.....	29
11.4	Processus de salinisation des sols.....	30
11.4.1	Salinisation par irrigation	31
11.4.2	Salinisation par assèchement des sols	31
12	Solutions contre la déforestation	32
13	Solution pour redonner de la fertilité aux sols	32
14	Solutions au problème de la salinisation	33
14.1	Bonne gestion des eaux et des écoulements.....	33
14.2	Bonnes techniques culturales	33
15	Utilisation actuelle des sols.....	34
16	Agriculture en Australie	35
17	Les campagnes de reforestation en Australie.....	35
18	Le projet	36
19	L'importance de faire participer les populations aborigènes au projet	37
20	Liste des espèces proposées	37
20.1	Planter les espèces déjà plantées	37
20.2	Planter de nouvelles espèces.....	37
20.2.1	Espèces arbustives endémiques	37
20.2.2	Espèces herbacées endémiques	40
20.3	Espèces exotiques arbustives.....	43
20.3.1	Espèces exotiques arbustives méditerranéennes.....	43
20.3.2	Espèces exotiques arbustives des régions tropicales sèches.....	45
20.3.3	Espèces arbustives exotiques des régions tropicales sèches, mais avec des risques invasifs	50

20.3.4	Espèces herbacées exotiques.....	51
21	Les ouvrages hydrauliques.....	52
21.1	Définitions.....	52
21.2	Les liman : digues de stockage.....	53
22	Utilisation du grand aquifère de l’Australie central ?.....	67
23	Bassin de rétention, avec fond en géotextile.....	68
24	Apport en terreau ?	69
25	Systèmes d’irrigation	69
25.1	Le cocoon "Groasis Waterboxx Plant"	69
25.2	Le système Cocoon (Land Life company).....	69
25.3	Système de goutte à goutte.....	70
26	Le matériel	71
27	Bibliographie	72
27.1	Le climat australien et le réchauffement climatique.....	72
27.2	techniques de reforestation	72
27.3	Sur l’érosion des sols.....	72
27.4	Processus de salinisation et la lutte contre	72
27.5	L’étendue de la déforestation en Australie	73
27.6	Sur les feux de bush	73
27.7	Sur les plantes du bush	73
27.8	Sur la lutte contre les feux de forêt en Australie.....	73
27.9	Sur les feux catastrophiques de la fin de l’année 2019	73
28	Annexe : La déforestation dans le monde	74
28.1	Ampleur de la déforestation dans le monde	74
28.2	Conséquences de la déforestation dans le monde.....	74
29	Annexe : la sensibilisation au réchauffement climatique et à la protection de l’environnement	75
30	Annexe : Les racines protéoïdes, une adaptation des plantes aux sols sans nutriments.....	76