

Amélioration de la fertilité des sols

Par des moyens naturels



Culture en semis direct. Source : www.la-ferme-du-hourcot.com

Auteur du document : Benjamin LISAN. Email : benjamin.lisan@free.fr
Version V3, mise à jour du 11/05/2014.

Amélioration de la fertilité des sols

Sommaire

- 0) Introduction
- 1) Le problème de la dégradation et de l'épuisement des sols dans le monde
- 2) Causes de la fertilité des sols
- 3) Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols
- 4) Le problème de la culture sur brûlis
- 5) Des difficiles changements de mentalité pourtant nécessaires
- 6) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols
- 7) Ce qui contribue à ces facteurs fertilisants
- 8) Ce qui contribue à retenir l'azote et les sels minéraux
- 9) Ce qui contribue à la perte de l'azote et des sels minéraux
- 10) Quelles techniques sont présentées dans ce document ?
- 11) Techniques du semis direct sous couvert végétal permanent
- 11bis) L'avis du LAMS
- 11ter) Images sur la technique du semis direct
- 11quarter) Techniques du paillage naturel (ou mulch)
- 11quinqies) Plantes couvre-sols tropicales pour le semis direct
- 12) Techniques du bois raméal fragmenté (ou B.R.F.)
- 12bis) Technique du « slash and mulch »
- 12ter) Fertilisation par l'enfouissement de feuilles sources d'azote
- 13) Technique du Zai
- 14) Techniques de la Terra preta
- 14 bis) Technique de l'écobuage du sol suivi de paillage
- 14ter) Les bousiers.
- 11sexies) Le problème des limaces.



Ruissellement de la terre, quand celle-ci n'est pas protégée par un couvert végétal permanent ↑.

Amélioration de la fertilité des sols

Sommaire (suite)

- 15) Exemples de techniques indigènes locales pour la fertilisation des sols
- 16) Jachère, rotation des cultures et agriculture biologique
- 17) Cultures intercalaires
- 18) Le sous-solage (pour sols argileux compacts)
- 18bis) Le seau de bokashi
- 18bis) Le panchakavia
- 19) Vraies et fausses bonnes idées
- 20) Pour la réussite du projet
- 21) Conclusion sur l'idéal à atteindre
- 22) Annexe : processus de salinisation des terres
- 23) Annexe : cartes des types de sols dans le monde
- 24) Annexe : principaux types de sols dans le monde
- 25) Annexe : Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols
- 26) Annexe : facteurs influençant sur la fertilité et la qualité des sols
- 27) Annexe : Le compostage
- 28) Annexe : quelques chiffres
- 29) Annexe : glossaire
- 30) Annexe : bibliographie
- 31) Annexe : Associations, contacts et conseils (en France)
- 32) Annexe : Comparaison coûts labour et semis direct (évaluation)
- 33) Annexe : Avantages-inconvénients du semis direct
- 34) Annexe : liste des substrats
- 35) Annexe : Clé simplifiée de détermination des animaux du sol
- 36) Annexe : Régime alimentaire des animaux du sol
- 37) Annexe : Bactéries et champignons
- 38) Annexe : Les ressources en sols du monde (carte FAO)
- 39) Annexe : Le potentiel agricole des sols.

Amélioration de la fertilité des sols

Sommaire (suite)

- 38) Annexe : Les ressources en sols du monde (carte FAO)
- 39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert
 - 39.1. Luzerne brésilienne ou Luzerne tropicale (*Stylosanthes guianensis*)
 - 39.2. Crotalaire effilée ou Chanvre du Bengale (*Crotalaria juncea*)
 - 39.3. *Tephrosia sp.*
 - 39.4. Pois d'Angole (*Cajanus cajan*)
 - 39.5. Fenugrec ou Trigonelle fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*)
 - 39.6. Mélilot blanc (*Melilotus albus*)
 - 39.7. Mélilot jaune (*Melilotus indicus*)
- 39bis) Annexe : Légumineuses tropicales à ne pas utiliser comme engrais vert
 - 39bis.1. Sainfoin du Bengale (*Flemingia sp.*)
- 40) Annexe : Le potentiel agricole des sols.
- 41. Annexe : Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M.
- 42. Annexe : Théorie de la fertilisation des sols de prairies par la migration d'herbivores.
- 43. Annexe : cycle de l'azote
- 44. Annexe : cycle du carbone
- 45. Annexe : cycle de l'oxygène
- 46. Annexe : cycle du phosphore
- 47. Annexe : cycle du soufre
- 48. Annexe : cycle de l'eau

Amélioration de la fertilité des sols

0) Introduction

Les mécanismes de la dégradation et de l'épuisement des sols sont multiples (conservatismes, sous-développement, manque d'éducation, ...).

L'amélioration de la fertilité des sol est loin d'être simple, comme nous le verrons plus loin.

Dans ce document, nous verrons tous les aspects de cet important problème :

- 1) Son ampleur,
- 2) Ses causes,
- 3) Les possibles solutions pour lutter contre.

• Dans la suite dans document, les parties traitant globalement des sujets seront en gros caractères. Ceux traitant en détail ces sujets, seront en petits caractères. Vous pouvez éventuellement sauter ces pages ou diapositives en petits caractères.

• Dans le glossaire ou le lexique à la fin de document, vous trouverez la définition de certains termes technique.

Amélioration de la fertilité des sols

1) Le problème de la dégradation et de l'épuisement des sols dans le monde

- L'épuisement et la dégradation des sols contribuent à la faim et à la pauvreté dans un bon nombre de régions dans le monde (Afrique subsaharienne, Madagascar, Haïti ...).
- Depuis les années 1970, dans de nombreux pays, la production alimentaire n'a pas suivi l'augmentation de leur population. Et la productivité des systèmes agricoles traditionnels tels que la *culture sur brûlis* a chuté, tout comme l'accès aux subventions (par ces états ou par l'ONU) pour l'achat de produits chimiques agricoles.
- L'appauvrissement de ces populations les pousse à émigrer vers les pays riches, en allant jusqu'à risquer leur vie, pour tenter d'obtenir de meilleures conditions de vie.
- Un milliard de personnes souffre de la faim (FAO, 2008, Food & Agriculture Organization of the United Nations).



Amélioration de la fertilité des sols

1) Le problème de la dégradation et de l'épuisement des sols dans le monde (suite)

- Près de 40% des terres cultivables de notre planète sont dégradées (Source : UNEP (United Nations Environnement Programme), ISRIC World Soil Information, www.unep.org/geo/geo3/french).
- En milieu semi-aride, les techniques mécanisées de travail du sol (avec le **labour**) engendrent l'émiettement excessif, le tassement et la compaction des sols, l'érosion, le ruissellement, l'appauvrissement et le dessèchement des terres.
- Ces terres en danger nécessitent d'autres techniques agricoles, en particulier de fertilisation des sols.
- La fertilisation de ces terres permettrait de nourrir plus de personnes.
- Si l'on pourrait augmenter la productivité agricole _ par des techniques d'amélioration de la fertilité des sols, l'utilisation d'espèces nourricières productives, de meilleurs techniques de cultures __, une partie de cette émigration dramatique se tarirait.



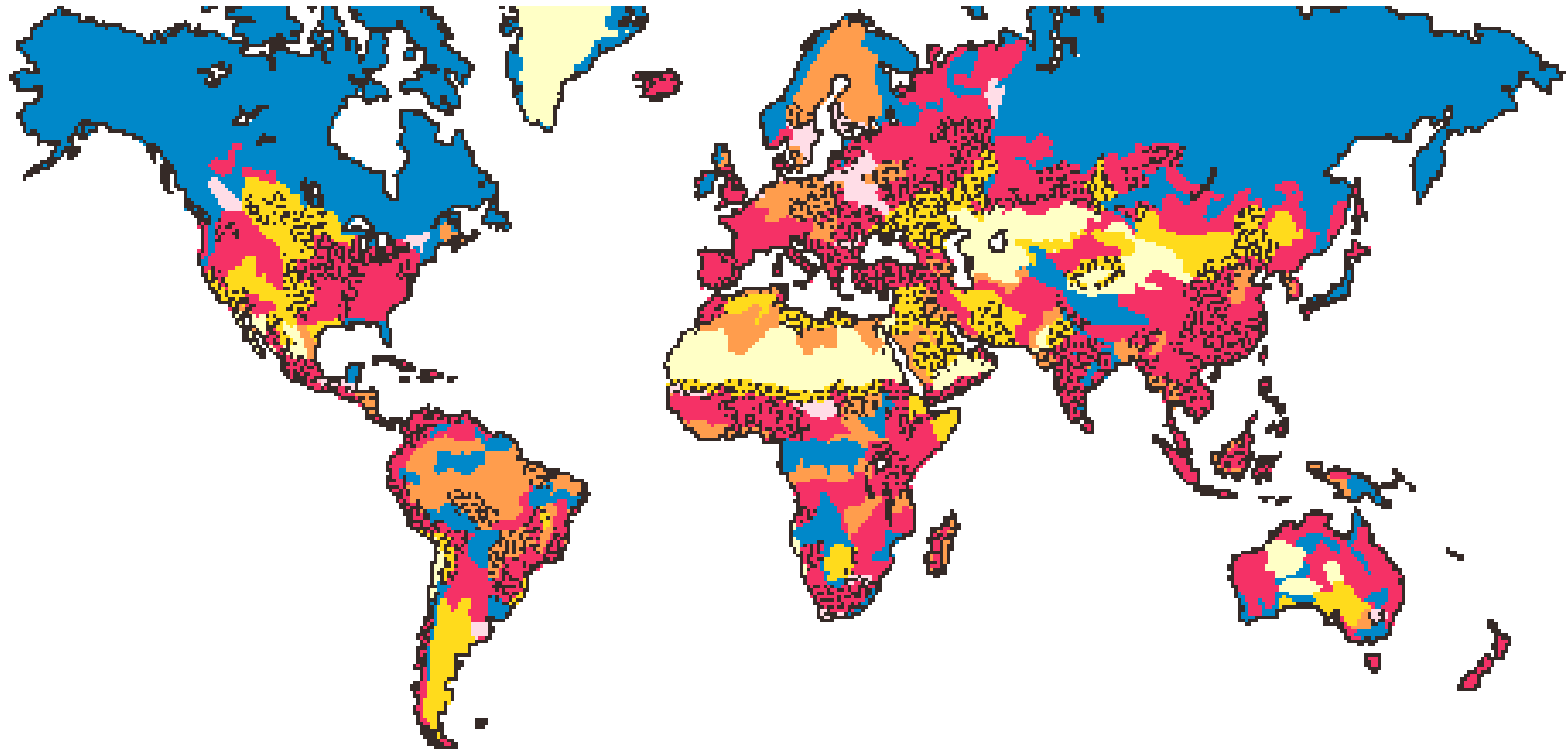
© Greenpeace

← Sol résultat d'une intense déforestation.

Malgré un travail pénible de lutte contre l'érosion, le paysan n'obtient que de faibles rendements, à cause de la dégradation des sols →



Amélioration de la fertilité des sols



Types de dégradation des sols

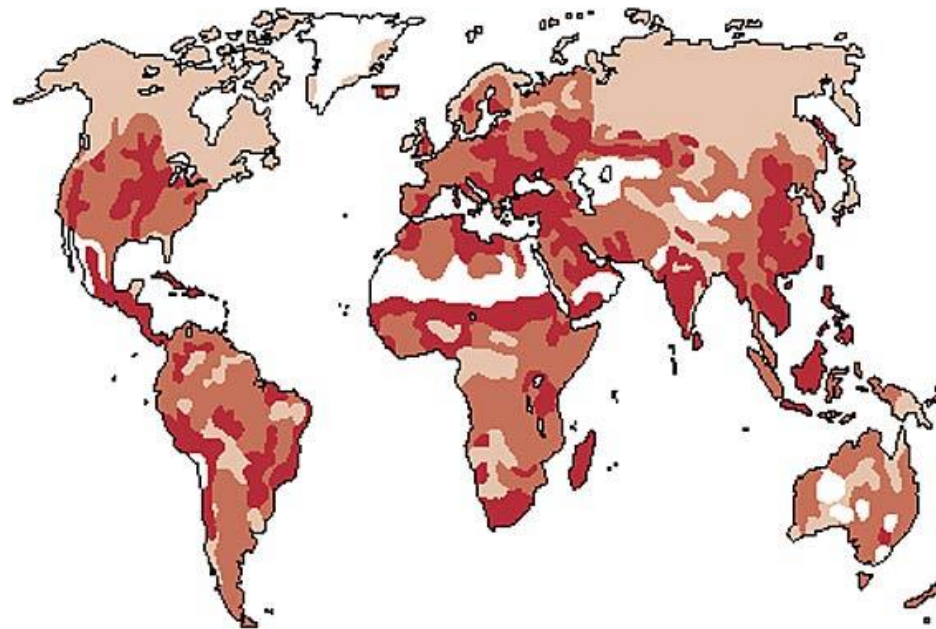
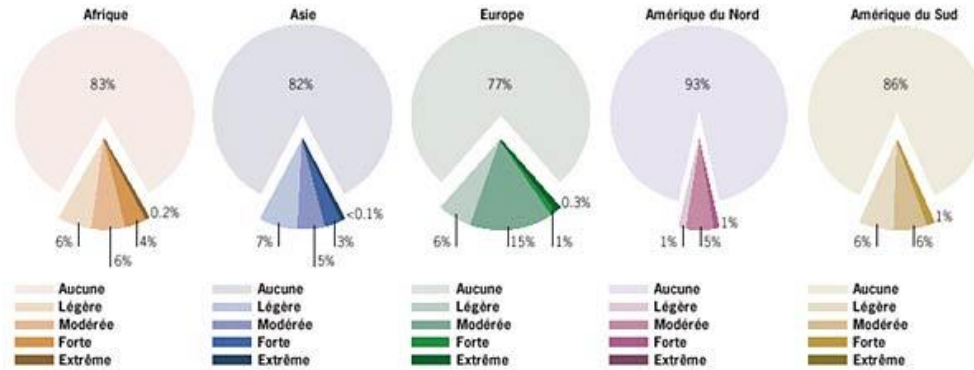
- Erosion hydrique
- Erosion éolienne
- Détérioration chimique
- Détérioration physique
- Grave détérioration

Autres symboles

- Terrain stable
- Terres stériles non utilisées
- Plans d'eau

Dégradation des sols causée par les activités humaines (FAO)
<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3557F/y3557f08.htm>

Amélioration de la fertilité des sols

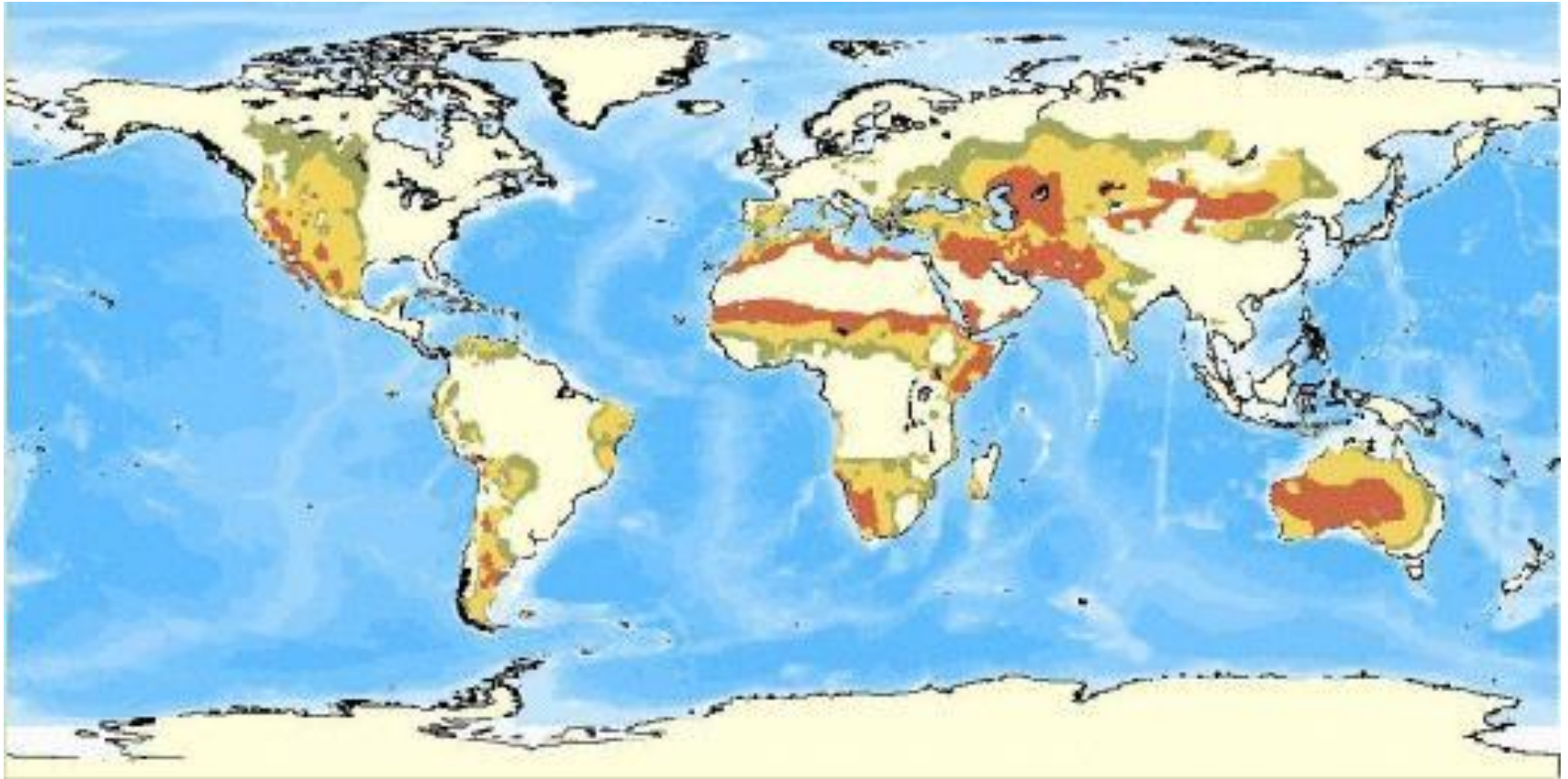


■ Sol très dégradé
 ■ Sol dégradé
 ■ Sol stable
 Absence de végétation

↑ Les graphiques à secteur et la carte ci-dessus montrent l'étendue des zones, partout dans le monde, où les sols sont dégradés, avec leur localisation. Source : PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement), 1992 et GRID Arendal, 2001.

Attention dans ce graphique, il n'y a pas distinction, au niveau appellation « sol dégradé » (en fait « sol moyennement dégradé »), entre a) sols ayant perdu sa microfaune du fait des insecticides (pays riches) et b) sols dégradés par l'érosion éolienne etc. Ce graphique a semble-t-il surtout pour but d'alerter.

Amélioration de la fertilité des sols



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

L'[ONU](#) et la [FAO](#) alertent depuis plusieurs décennies sur la dégradation de nombreux sols tropicaux, avec notamment de graves phénomènes de désertification et de salinisation (voir chapitre « chiffres » à la fin de ce document).

Amélioration de la fertilité des sols

2) Causes de la fertilité des sols

1) Nutriments apportés par les éruptions volcaniques :

Tout d'abord, les éléments nutritifs peuvent se renouveler sous l'effet d'éruption volcanique ramenant de la matière jeune de l'intérieur de la Terre à la surface (cas Java, Japon, Hawaï, ...).



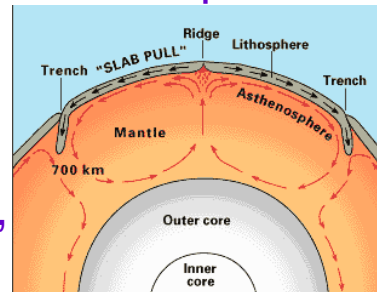
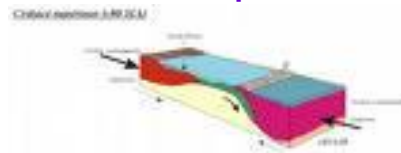
2) Rôle des glaciers :

Les avancées et les retraits de glaciers raclent, arrachent, pulvérisent et redéposent la croûte terrestre, et les sols redéposés par les glaciers _ ou apportés par le vent à partir de dépôts glaciaires _ sont plutôt fertiles (moitié Amérique du Nord ...).



3) Remontée de sols jeunes :

La lente poussée de la croûte terrestre fait remonter des sols jeunes [de l'océan] et a contribué à la fertilité de vastes parties de l'Amérique du Nord, de l'Inde et de l'Europe.



Source : *Effondrements*, Jared Diamond, Gallimard, 2006, page 437.

Amélioration de la fertilité des sols

2) Causes de la fertilité des sols

4) l'action positive de l'homme :

=> voir les chapitres, plus loin, sur le semi-direct et celui sur la « terra preta ».



← ↑ techniques du semi direct (direct seeding) →



← ↑ techniques de la terra preta →

Amélioration de la fertilité des sols

3) Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols

Il faut plusieurs milliers ou millions d'années pour que les sols se mettent en place.

À [Madagascar](#) des épaisseurs de 3 à 4 m de sol peuvent être ainsi emportés après déforestation, en une saison des pluies là où le sol forestier avait mis des millions d'années à se constituer.



Toundra →

1) Influences climatiques :

- Dans des climats très froids (toundras de l'Arctique, Islande ...) ou très secs (steppes ou déserts au Sahara, ...), les sols sont très lents à se régénérer ...
- Dans les sols infertiles, le taux de croissance des plantes y sont les plus faibles.
- Les traces des pneus d'un véhicules y persister durant des dizaines d'années.
- L'humidité permanente des sols, en été, en climat froid, rend les sols acides (tourbeux) et donc peu fertiles.



Latérite →

1) Lessivage des sols, de leurs nutriments :

- Les sols de certaines régions sont si anciens [même s'ils sont à l'origine volcaniques] qu'ils ont perdu leurs éléments nutritifs, sous l'effet de la pluie, au fil de millions ou de milliards d'années (Australie ...).
- Les sols tropicaux recevant de fortes précipitations sont aussi souvent lessivés et donc aussi peu fertiles (cas des sols latéritiques tropicaux).



Amélioration de la fertilité des sols

3) Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols (suite)

Cas de l'Australie :

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 défrichement 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 (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 (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* (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 à penser que cette terre était extrêmement productive (page 439).

Source : *Effondrements*, Jared Diamond, Gallimard, 2006.

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



←Grandes forêts du sud de l'Australie →



=> D'autres causes de fragilités des sols sont exposés en annexe 24 (cas de l'Islande et du Groenland).

Amélioration de la fertilité des sols

4) Le problème de la culture sur brûlis

- La culture sur abattis-brûlis, employée dans beaucoup de pays pauvres, provoque un effondrement dramatique des rendements agricoles, après cinq à six années de son utilisation, à cause de l'appauvrissement des sols et de l'invasion des mauvaises herbes qu'elle provoque.
- L'agriculteur se trouve contraint d'abandonner sa parcelle au profit d'une nouvelle défriche (souvent en zone forestière) et ainsi de suite, provoquant petit à petit l'appauvrissement de toutes les surfaces des terres cultivables et la déforestation.
- La persistance de cette pratique néfaste, pour le pays, est culturelle, se transmettant de génération en génération.
- On pourrait l'éradiquer par un travail d'éducation et surtout par l'exemple édifiant de récoltes abondantes obtenues avec les nouvelles techniques. ...

Les techniques présentées dans ce document ont pour but d'éviter que les paysans y recourent.

Culture sur brûlis ou « tavy », à Madagascar
(source : Comité Jean Pain Madagascar - CJPM).



Amélioration de la fertilité des sols

5) Des difficiles changements de mentalité, pourtant nécessaires

Difficulté à convaincre les agriculteurs des avantages des plantes de couverture car devant renoncer à planter des cultures vivrières & adopter les cultures de couverture.

=> Les petits agriculteurs sont plus enclins à adopter les plantes de couverture si :

- elles sont cultivées sur des terres dont le **coût d'opportunité** (c'est-à-dire le sacrifice maximum que l'on supporte en les travaillant (i.e. le temps & l'argent)) **est faible** (par exemple, cela peut être le cas avec des champs où les cultures intercalaires comprennent des cultures vivrières et commerciales, des parcelles en jachère, des cultures arbustives ou encore des terres cultivées, durant des périodes où l'on s'attend aux sécheresses, aux inondations ou au gel).

- leur culture requiert très peu de main-d'œuvre supplémentaire** ou en nécessite moins parce qu'elles ont à moins lutter contre les mauvaises herbes (i.e. les adventices).

- les semences sont facilement accessibles [faciles à produire], sans frais supplémentaires, pour les agriculteurs.

- leur biomasse (graines, feuilles, tiges) procure des avantages (nourriture, fourrage...), outre l'amélioration de la fertilité du sol.

⇒ Comme ressource alimentaire & technique d'amélioration des sols, **l'utilisation des plantes de couverture est rentable et bénéfique**, pour bien des "systèmes culturaux".

⇒ Le conservatisme, les tabous, les traditions s'opposent, le plus souvent, aux innovations techniques et à la réduction de la pauvreté.

Amélioration de la fertilité des sols

6) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols

- L'azote assimilable par la plante (les nitrates) et d'autres sels minéraux (phosphates, potassium, ...).
- L'aération du sol en permettant aux racines des plantes de respirer, par exemple, en cassant une croûte superficielle imperméable (comme dans le cas de sols latéritiques). (cf. sous-solage plus loin).

7) Ce qui contribue à ces facteurs fertilisants

Ce qui apporte l'azote et les sels minéraux :

- Les plantes productrices d'azote _ en général les légumineuses _ et les déchets de plantes ou d'animaux, les copeaux de bois, les branches broyées et fragmentées.
- Certains arbres remontent les sels minéraux enfouis profondément, jusqu'au niveau du sol (comme les acacias ...).

Les « Décomposeurs » du sol ou/et qui oxydent les composés organiques :

- microfaune (acariens, collemboles, larves, rotifères, nématodes utiles etc.), bactéries utiles.

Ce qui aère le sol et permet son drainage :

- Les vers de terre (lombrics), ...

Ce qui facilite l'assimilation de l'azote :

- Certains champignons symbiotiques utiles (mycorhizes se liant aux racines etc.),

Amélioration de la fertilité des sols

6) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols (suite)

⇒ Toutes ces techniques essaient de faire appel uniquement à des organismes ou être vivants sources de nitrate naturel, grâce à l'aide « d'auxiliaires vivants » tels que :

- saprophages ou détritivores (mangeant des débris végétaux et animaux),
- nécrophages (mangeant des cadavres),
- coprophages (mangeant des excréments),
- carnivores (mangeant des animaux vivants).

Lombrics :
(vers de terre)
Les laboureurs
de la terre →



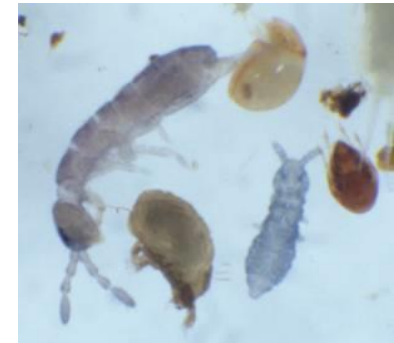
Acarien du sol :
Acari Aranea →



Nématode ↑
Photo C. Laumond, INRA



Acarien du sol ↑
Photo M. Fouchard,, INRA



Collembole, Photo INRA ↑

Amélioration de la fertilité des sols

6) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols (suite)



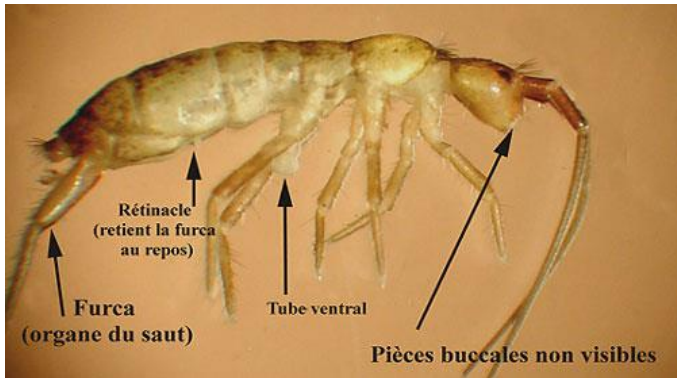
Collembole (°) ↑
photos INRA



Collembole (°) ↑



Collembole (°) ↑
Isotoma sp., habitus



Collembole (°) ↑



Pseudoscorpions
Chelifer cancrivorus.



Citons encore les bousiers, des scarabées, qui peuvent avoir un rôle dans la fertilisation des pâtures ↑ et les cloportes ↓



Source : *Recyclage naturel : qui sont les décomposeurs ?*
Claire König, www.futura-sciences.com

(°) Les collemboles sont des animaux différents des acariens proches des crustacées.

Pour en savoir plus sur ces animaux, voir la partie « 19. Annexe : glossaire » de ce document.

Note : Il en existe beaucoup d'autres, encore peu connus.

Amélioration de la fertilité des sols

6) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols (suite)



Microfaune du sol

Source :

http://raymond.rodriquez1.free.fr/Documents/Biodiversite-popul/Sol_microfaune/vue.jpg

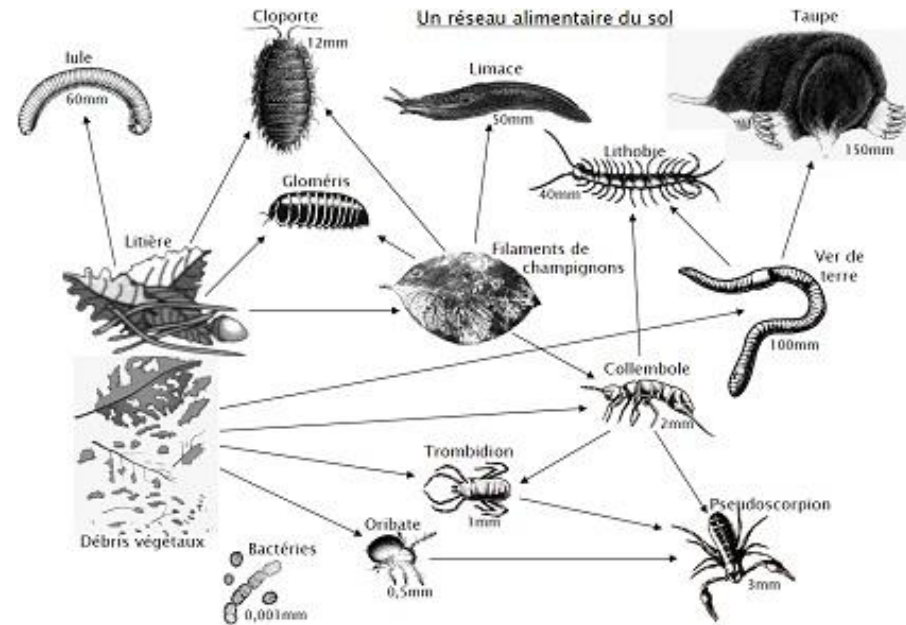


Schéma d'un réseau trophique présent à la surface du sol.

Source : <http://fish-dont-exist.blogspot.fr/2013/02/plus-imposant-que-facebook-et-surtout.html>

Amélioration de la fertilité des sols

⇒ Certains champignons apportent aussi des nutriments (sels minéraux ...) à certaines plantes (légumineuses, arbres ...), dans le cadre d'une symbiose appelée *mycorhization*.

La jonction entre les racines de l'arbre et le mycélium du champignon s'appelle une Mycorhize. c'est par ce manchon que se font les échanges de nourritures, d'eau et de sels minéraux entre l'arbre et le champignon.

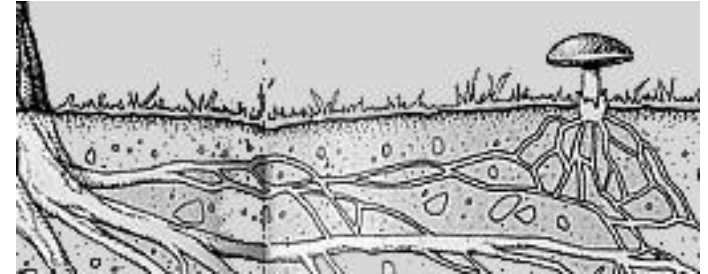
⇒ Les végétaux mycorhizés se développent mieux et résistent mieux à la sécheresse.



Mycorhizes (jonctions Champignons – racines)
(source : station truffe)



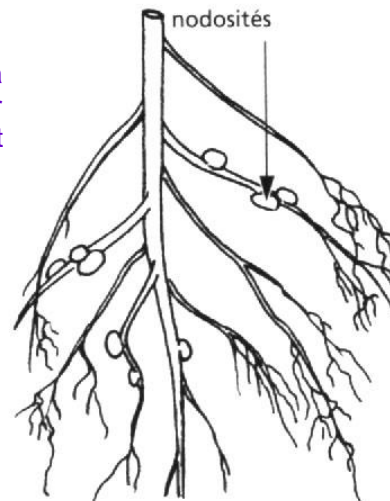
Mycorhization © www.ird.nc



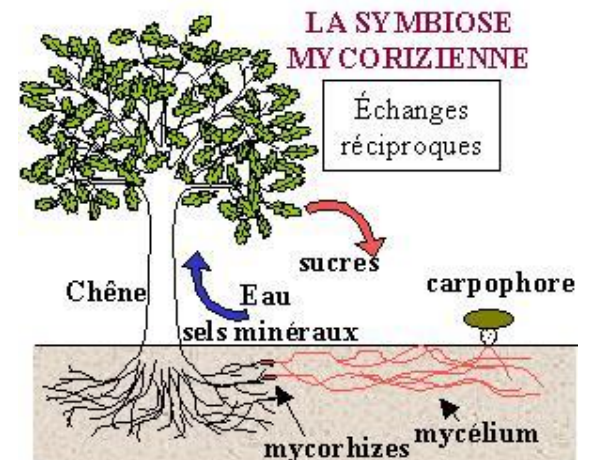
Mycorhization



← On peut aider à la mycorhization par l'apport d'amendement organique mycorhizé

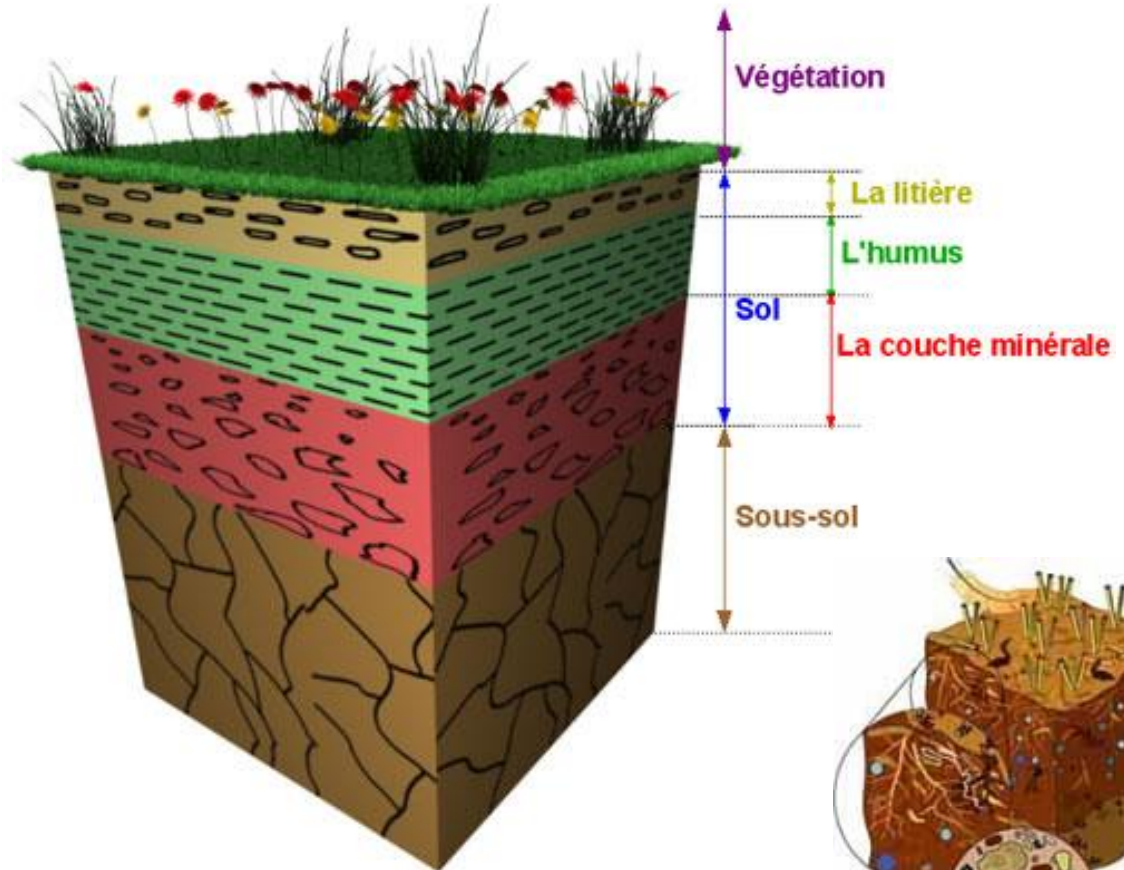
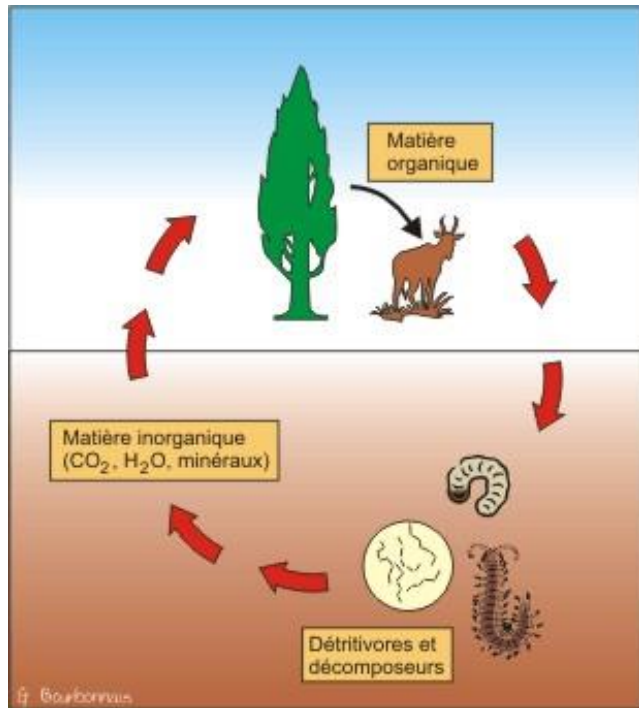
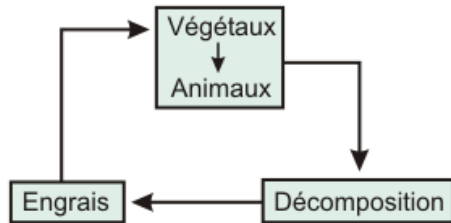


Nodosités sur les racines
Liées à la présence de mycorhizes →

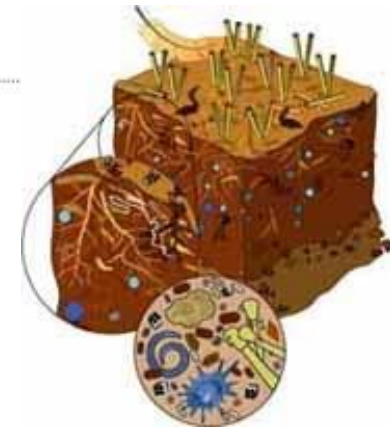


© <http://lescepes.free.fr>

Amélioration de la fertilité des sols



Titre: Schéma d'une coupe de sol



Cycle de dégradation des matières organiques dans le sol.
Source : <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/botanique/notesnutrition/notesnutrition3.htm>

Source : <http://www.ac-grenoble.fr/college/jastres.aubenas/spip.php?article449>

↑ Microfaune. Source : <http://www.directseed.org/sustainablefarming.html>

Amélioration de la fertilité des sols

8) Ce qui contribue à retenir l'azote et les sels minéraux

- Tout ce qui protège le sol contre l'impact des gouttes de pluies tropicales _ plantes couvre-sol, canopée, feuillage, forêt, paillage (technique Jean Pain), copeau de bois ...
- Tout ce qui protège contre le ruissellement, le ravinement, le lessivage des sols (forêt, haies, ouvrages (ouvrages anti-chutes d'eau et ravinement ...), terrassements ...

9) Ce qui contribue à la perte de l'azote et des sels minéraux

- Le ruissellement due à l'absence de plante couvre-sol, de forêt, d'ouvrage anti-crues.
- La déforestation, quant à elle, elle est due : a) à la culture sur brûlis, destinée à obtenir une amélioration temporaire (!) de la fertilité des sols, b) à la trop forte pression humaine pour le prélèvement de bois (bois de chauffage, d'œuvre ...), c) à la trop forte pression des animaux herbivores (bovins, ovins ...), d) l'acidification des sols due aux engrais chimiques.
- La culture de plantes (céréales, coton ...) absorbant trop ces sels et l'azote. Ces dernières n'apportant rien (en retour) aux sols & les appauvrissant.

Ruissellement ↓



Ravinement ↓



© [CAMARO10](#) août 2007 →

Madagascar, RN1

← Source :

www.agrireseau.qc.ca



Érosion des sols à Madagascar ↑

© WWF-Canon / Olivier LANGRAND

Amélioration de la fertilité des sols

10) Quelles techniques sont présentées dans ce document ?

De nouvelles méthodes permettent d'améliorer la fertilité du sol, sans engrais chimiques.

Toutes ces techniques sont peu coûteuses, ne nécessitant pas ou peu d'investissement pour les agriculteurs pauvres.

Elles évitent le recours à de mauvaises techniques peu efficaces, destructrices de l'environnement (comme la *culture sur brûlis*, contribuant à la déforestation galopante observée partout autour du monde, en particulier dans les pays pauvres).

Nous allons examiner, une par une, chaque technique, en recensant à chaque fois, les avantages et inconvénients de celles-ci. Puis nous concluons par une synthèse comparative entre celles-ci.

Il existe beaucoup de techniques, sur la Terre, plus ou moins complexes, comme :

le recours au compost, aux débris végétaux, aux engrais organiques, à la biomasse, aux copeaux de bois (B.R.F ...), aux cultures intercalaires en couloirs (ou cultures en bandes) et aux plantes de couverture, à l'instar de certaines variétés de légumineuses (par ex. employées dans la technique du semis direct).

Amélioration de la fertilité des sols

10) Quelles techniques seront présentées dans ce document ? (suite)

Nous nous limiterons aux techniques ci-dessous :

1. **Semis direct** (sous couvert végétal permanent) ou « **mulch** » (°),
2. **Compostage et paillage** (technique proche de la précédente),
3. **Bois raméal fragmenté (B.R.F.)**,
4. **Terra preta** (technique utilisant le résultat de la combustion incomplète de ressources ligneuses et de déchets organiques afin de le mélanger avec la terre du sol).
5. **Le Zai** (technique africaine des zones sahéliennes).
6. *Divers :*
 - a) *La **rotation des cultures** + La jachère (comme en agriculture biologique),*
 - b) *le sous-solage.*

(°) Dans ce document, on parle de « semis direct » pour désigner la « technique du semis direct ».

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct sous couvert végétal

- Le semis-direct consiste à ne pas labourer sa terre, a) à semer une plante couvre-sol, qui va fixer l'azote de l'air, stabiliser le sol, garder l'humidité des pluies et protéger le sol des rayonnements durs du soleil vertical (Pas de formation de latérite).
- On tue ensuite ce couvert végétal (par fauchage et/ou arrachage, à la main etc., des plantes servant au paillis) et on sème la plante alimentaire, par des trous, pratiqués dans cette couche de paille humide. La plante va germer et s'élever au-dessus de cette pellicule protectrice, qui va céder au sol pauvre ses substances minérales et organiques en pourrissant, formant la couche de « **mulch** » (ou paillis). On peut aussi tuer ce couvert par un désherbant sélectif. Mais cette dernière solution est à éviter, ne serait qu'à cause de son coût et de son caractère peu écologique.



Exemple de paillis ↑



Matériel (semoir) utilisé pour l'agriculture en semis direct industriel ↑ →



Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct sous couvert végétal (ou mulch) (suite)

Le semis direct est basé sur quatre principes :

- La suppression totale du travail, du sol, y compris le labour (+),
- La couverture permanente du sol, par des résidus de récolte (*).
- Le semis avec des semoirs spéciaux à travers cette couverture de résidus.
- *L'éventuel contrôle des mauvaises herbes par des herbicides (avec rotation et utilisation de variétés compétitives) (°).*

(°) ce dernier point, le plus contestable, l'éloigne de l'agriculture biologique et d'un objectif de protection totale de l'environnement. Des recherches seraient menées pour l'intégrer avec les techniques de « luttés biologiques » (voir le document « luttés contres les parasites », sur le même site).

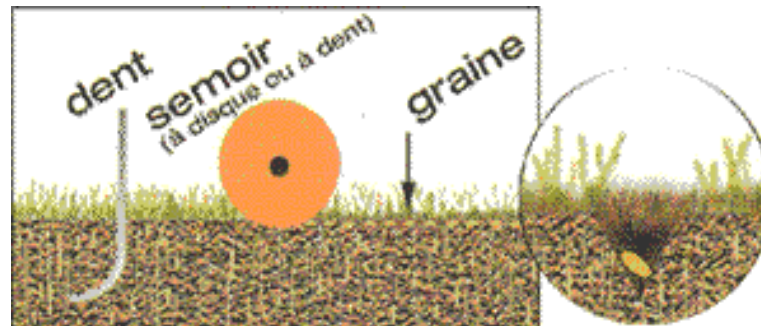
Mais on peut le rendre compatible avec l'agriculture biologique, si l'on fait le choix du désherbage manuel (++)), OU une agriculture qui reste partiellement environnementale, si l'on fait le choix du désherbage à la vapeur d'eau chaude.

(+) C'est la microfaune du sol et les lombrics qui s'en chargent.

(*) en général, le pallis (paillage) ou « mulch ».



(++) Binette Sneeboer® pour le désherbage manuel.



← Principe de semilles et d'enfouissement de la graine en semis direct

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct sous couvert végétal (ou mulch) (suite)

Principe du semis direct, dans les pays en voie de développement (suite) :



↑ 1) Semis manuel



↑ 1) Semis mécanique de la plante couvre-sol



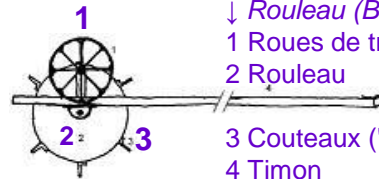
↑ 2) pousse de la plante couvre-sol (luzerne ...) productrice d'azote



↑ "Valse à couteaux" (© H. Schmitz) (source : FAO)



← rouleau pour paysans pauvre (source : ONG FAFABI (Madagascar), © Benjamin Lisan



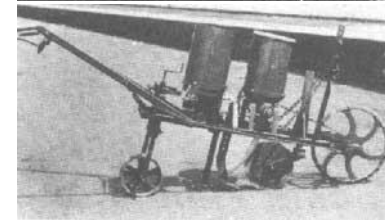
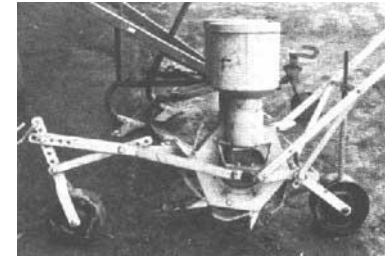
↑ 3) Passage au rouleau pour écraser la plante couvre-sol



↑ 4) Paillis obtenu après pourriture de la plante couvre-sol



↓ semoirs ↓ (pays pauvres)



↑ 5) Semer la céréale



↑ Maïs poussant au travers du paillis



↑ 6) Pousse de la plante alimentaire consommable d'azote (céréale ...).

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct sous couvert végétal (suite)

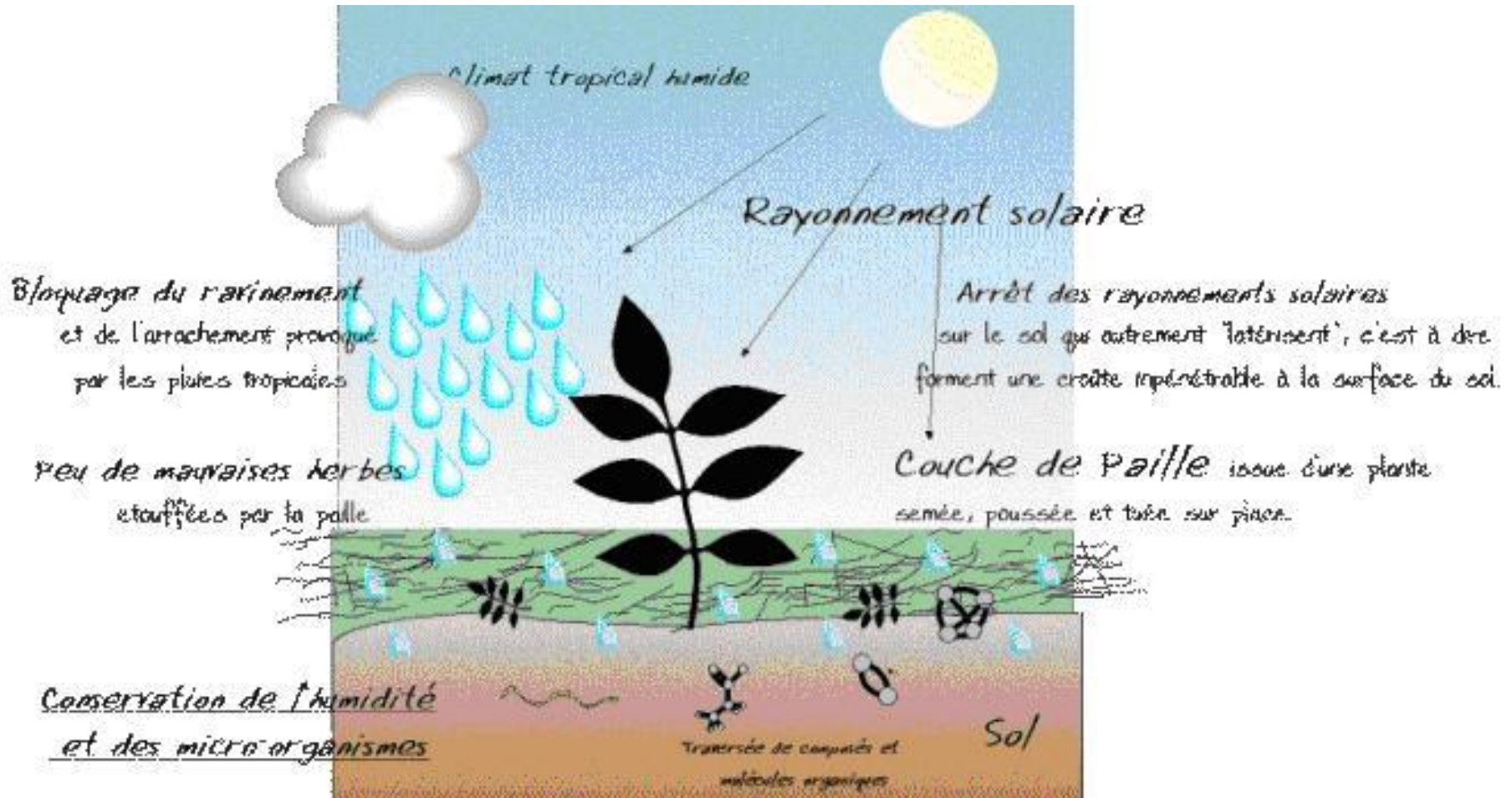
1) Utilisation de **paillis** (ou **mulch**) une couche de matériau protecteur _ en général, un paillis organique en décomposition (biodégradable) _ posée sur le sol, principalement dans le but de modifier les effets du climat local.

But : réguler la température du sol, maîtriser le développement des mauvaises herbes (adventices), ralentir l'évaporation de l'eau et maintenir l'humidité dans le sol, enrichir le sol en matière organique et en nutriments, repousser certains insectes et abriter une faune utile...

Matériaux utilisés : 1) déchets organiques : copeaux de bois, tontes de gazon séchées, feuilles mortes, foin, paille, sciure, papier journal ou cartons déchiquetés, BRF (BRF ou bois raméal fragmenté ... voir plus loin) etc.

2) Utilisation des plantes de couvertures, à croissance rapide qui inhiberont le développement des adventices [i.e. mauvaises herbes] et feront office de paillis [comme dans la technique amérindienne de la milpa (ou technique des trois sœurs) où la courge sert de plante couvre-sol protégeant les plants de maïs contre les adventices. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Trois_s%C5%93urs_%28agriculture%29].

Amélioration de la fertilité des sols



Technique du «mulch»

Source : site « Déforestation à Madagascar ».

<http://membres.lycos.fr/deforestmada/le%20semis%20direct.htm>

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct (suite)

Avantages :

- graine directement introduite dans le sol, sans passer par le labour.
- adaptée aux sols vulnérables ayant subi de graves problèmes d'érosion.
- diminue fortement la consommation de carburant et d'intrants (engrais, pesticides ...).
- diminue la fatigue de l'agriculteur et le nombre d'heure de travail ainsi que les besoins de main d'œuvre,
- allonge la durée de vie du matériel. Nécessite moins de matériel.
- Moins coûteuse que la technique du labour et l'utilisation des engrais chimiques.
- production est plus stable, donc favorable à la sécurité alimentaire.
- sol est plus résistant face aux aléas climatiques (sécheresse en particulier). Le milieu (écologique, naturel) a une meilleure « résilience », c'est à dire une meilleure capacité à se reconstituer, à retrouver un fonctionnement et un développement normal, après avoir subi une perturbation importante (sécheresse...).
- rendements au moins aussi élevés qu'avec la technique du labour (à vérifier).

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct (ou mulch) (suite)

Inconvénients :

- Plus grande difficulté à limiter le développement des mauvaises herbes (?). Ce qui obligerait à utiliser plus de désherbants (tels que les glyphosates ...).
- un délai de 2 à 5 ans, voire plus, pour retrouver un sol vivant normal, après l'arrêt du labour et sous-solage.

Normalement, les mauvaises herbes ne poussent pas sur le sol recouvert d'un vrai tapis dense (au moins 10 cm d'épaisseur du paillis) qu'est le couvert végétal. Mais dans certains cas, on observe :

- *Le développement de buissons, et de jeunes arbres, dans les cultures proches de forêts, poussant les agriculteurs, à réutiliser de nouveau, les pesticides.*
- *Le développement des limaces sous le paillis (si elles existent), dont les œufs ne sont plus enfouis par le labour, les oiseaux ne les voyant plus, et/ou si les prédateurs (oiseaux, carabes..) n'existent plus à cause de la déforestation. Ce qui pousse les agriculteurs à utiliser des anti-limaces.*
- *Donc la technique serait moins écologique que l'on le dit (voir paragraphe « **11 sexes) Le problème des limaces** »).*

Amélioration de la fertilité des sols

11) Techniques du semis direct (suite)

- épaisseur du paillis (ou mulch) : 10 à 15 cm, laissé durant toute la saison.
- un broyeur peut être utile pour améliorer le matériau (et le rendre plus compact).

Un semis-direct peut aussi être fait :

- à la machine, directement dans la couverture végétale (morte) de la culture précédente, laissée en place pour protéger le sol (souvent sans désherbage ...).
- à la main, dans une couche de petits branchages et de feuilles ou de bois raméal fragmenté (BRF). C'est à dire un mélange de résidus de broyage (fragmentation) de rameaux de bois (diamètre < 7 cm) (en évitant d'utiliser comme bois, le bois des résineux, trop acides).

Cultures couvre-sol : mélange de vesce, de radis et d'avoine pour sols humides ↓



↓ Phacelia engrais vert et résistante aux maladies ↓



Moutarde ↓



Luzerne ↓



Amélioration de la fertilité des sols

11bis) Techniques du semis direct : l'avis du LAMS (suite)

- La technique du semis-direct (sous couvert permanent ou non) nécessite, normalement, moins de traitements (phytosanitaires...), moins d'apport d'engrais, moins de pesticides etc., à partir du moment où l'on retrouve un équilibre biologique dans son sol.
- Il y a une perte en rendement, au départ, par rapport à la technique du labour + engrais chimiques, si au départ on a une mauvaise structure de sol et/ou des couverts mal adaptés à son sol _ la technique repose sur les plantes de couvertures qui doivent structurer le sol à la place des travaux mécaniques.
- Mais on gagne au niveau de la diminution du nombre de passages (sur le champ avec le tracteur). Par exemple, on ne passe plus que 3 fois, au lieu de 10 fois. Donc, on obtient une réduction sur la consommation du gasoil du tracteur (100 litres/ha en labour à moins de 40 litres/ha).
- La 1ère année, on rentre juste dans ses frais (si, du moins, le sol est vraiment mal structuré, c'est pour cela que parfois il y a une transition par les TCS (techniques culturales simplifiées)).
- En suite au bout de la 3ème à la 4ème année, on peut investir...
- Cette technique nécessite un semoir spécial de semis direct, souvent se sont des semoirs à disques qui ouvrent un sillon à travers la végétation et y placent la graine. Ces semoirs ne labourent pas. Si vous grattez ou griffez légèrement le sol, on est en TCS.
- L'agriculteur n'a plus besoin de labourer... Il lui faut se défaire de l'habitude de labourer (!).

(La suite page suivante →)

Amélioration de la fertilité des sols

11bis) Techniques du semis direct : l'avis du LAMS (suite & fin)

- Comme *plante couvre-sol*, on peut utiliser, suivant certains types de sol et en climats chauds ou méditerranéen, du millet, du sorgho, parce que ces plantes poussent vite (mais pas dans d'autres types de sol). Dans d'autres type de sols ou de climats, il faut alors utiliser d'autres plantes... On parle de **plantes de couvertures** adaptées à son sol, et à son climat.
- Cette technique est difficilement compatible avec l'agriculture biologique du fait du manque de recherche sur des couverts adaptés à cette technique (couverts gélifs, destruction mécanique...)
- Cependant avec cette technique on peut diminuer fortement les doses habituellement utilisées de glyphosates (type Roundup...). Car cette technique, bien utilisée, stoppe «naturellement» la prolifération des mauvaises herbes (adventices). On peut diminuer les doses de quasiment toutes les molécules utilisées, mais ce n'est pas lié à la technique du semis direct sous couvert, même si souvent elle sont menées conjointement. En effet les réductions de doses et traitement bas volumes peuvent être traités dans un sujet à part. Par contre il est vrai qu'au cours du temps la pression, des mauvaises herbes diminue. Une nuance à faire.
- Importance de la densité, de l'homogénéité et de la qualité du couvert végétal de protection (avoine, vesce velue, stylosanthes, sarrasin, sorgho, féverole, ...), couvrant totalement le sol, pour éviter les adventices et donc l'utilisation d'herbicides.
- Sinon, cette technique développe la microfaune du sol : les vers de terres (qui sont les vrais laboureurs), acariens, collemboles...). Et plus cette microfaune est développée, plus la fertilité des sols s'accroît.

⇒ Source : Sébastien Laprévotte, **LAMS**, 5 rue de Charmont, LAMS, 21120 MAREY SUR TILLE, France.

⇒ Le LAMS est un laboratoire indépendant d'analyse des sols. Site : <http://www.lams-21.com/artc/1/fr/>

Amélioration de la fertilité des sols

11bis) Techniques du semis direct : l'avis de la chambre d'Agriculture de Charente Maritime

Quelques précautions à prendre pour réussir les cultures intermédiaires avec légumineuses :

➤ **Privilégier une date de semis précoce (fin juillet - début août).**

Les légumineuses ont une vitesse de croissance plus lente que les autres types de cultures intermédiaires et nécessitent des « jours longs » et des températures clémentes (plus élevées).

➤ **Soigner la technique d'implantation**

Un semis du couvert à la « volée » est possible mais il est alors conseillé de le faire suivre par un déchaumage ou un roulage pour enfouir légèrement les semences. Les techniques du semis direct ou du semis « en ligne » classique permettent de mieux maîtriser la profondeur, la densité et l'homogénéité du semis mais sont moins économiques.

➤ **Ne pas détruire le couvert trop tôt (pas avant décembre)**

Il est conseillé de maintenir le couvert au moins jusqu'en décembre pour favoriser son développement, bénéficier de ses avantages le plus longtemps possible (en particulier la capacité des légumineuses à fixer de l'azote) et éviter tout risque de lixiviation dû à une minéralisation rapide des résidus (risque environnemental et non valorisation de l'azote capitalisé par le couvert). Une destruction trop anticipée combinée à la vitesse de minéralisation rapide des résidus de légumineuses peut provoquer la libération d'azote minéral trop précocement et conduire à un risque de lixiviation.

Source : http://www.charente-maritime.chambagri.fr/fileadmin/publication/CA17/17_Grandes_Cultures/Documents/Legumineuses_comment_les_utiliser.pdf

Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (en France)



↑ Féverole



Ecrasement de la Féverole, par le semoir Aurensan, dans une vigne, située à Vic-Fenezac (Gers), le jeudi 23 avril 2015 (Photos B. Lisan).

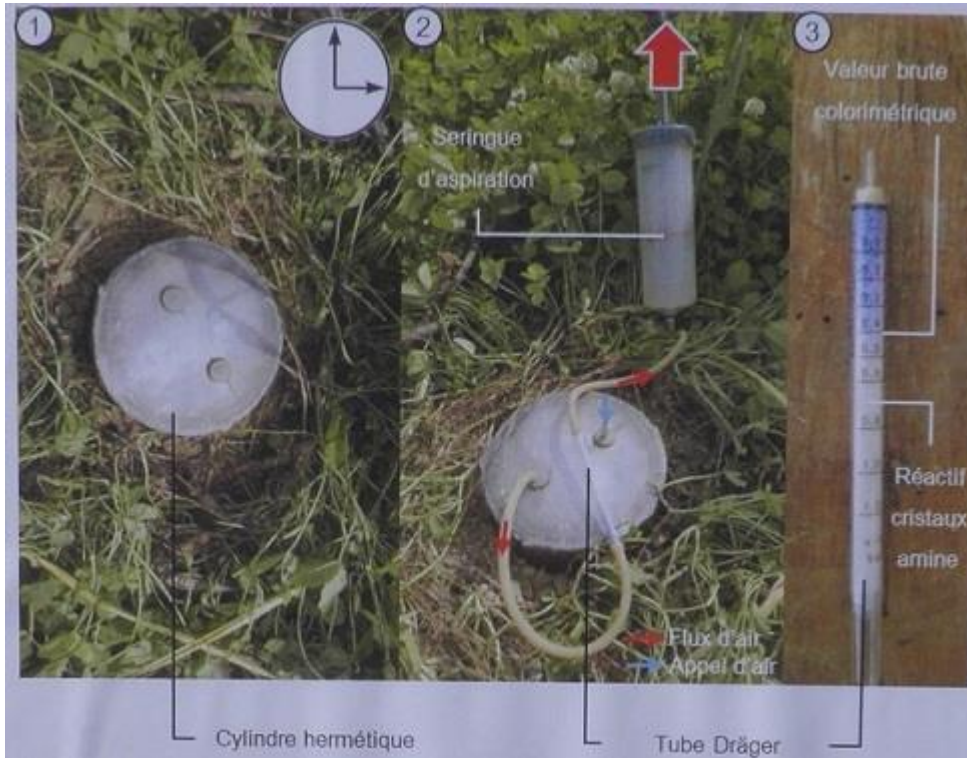


↑ Semoirs **Aurensan** pour le semis-direct ↗ → : <http://www.aurensan.com>



Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (en France)



Respiration du sol : indicateur de l'activité biologique ↑

Techniques de mesures de l'activité biologique du sol, de sa capacité d'absorption de l'eau ...

Plus un sol est vivant, plus ce sol est, en général, léger, drainant et poreux.



Mesure de l'activité du sol (photo B. Lisan).

Test de l'infiltration de l'eau: indicateur de la capacité du sol à infiltrer un volume d'eau donné ↓



Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (en France)



↑ La densité apparente, la porosité, le % de porosité, le % de pores remplis par l'eau... du sol. Source images page précédente et page courante : Konrad Schreiber, IAD (Institut de l'Agriculture Durable), www.agridurable.fr



↑ De gauche à droite : distributeur de granulés anti-limaces monté sur un cover-crop pour semer à la volée des petites graines lors du déchaumage, épandeur pneumatique (DP 12) pour le semis « à la volée », *outil de semis direct pour un semis plus soigné*. Source image : Chambre d'Agriculture de Charente Maritime.



Estimation de la densité apparente, la porosité, le % de porosité, le % de pores remplis par l'eau... du sol (photo B. LISAN) ↑



(photo B. LISAN)



(photo B. LISAN)

Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (en France)

Calcul de la quantité d'azote dans le sol par la méthode MERCI (°) →

(°) Méthode MERCI (Méthode d'estimation des éléments restitués par les cultures intermédiaires). À partir de la biomasse mesurée de chaque espèce présente dans le couvert, sont calculées les quantités d'éléments présents dans le couvert. L'outil MERCI est adaptable à tous les mélanges d'espèces, qu'il s'agisse d'un couvert, d'une culture ou d'un mélange fourrager et quelle que soit sa complexité. On estime la fiabilité de la méthode de calcul à plus ou moins 15 kg/ha d'azote. Source : <http://agriculture-de-conservation.com/MERCI-mesurez-les-elements.html>

Source image : Konrad Schreiber, IAD (Institut de l'Agriculture Durable), www.agridurable.fr →

The image shows the 'SAISIE DES DONNEES' (Data Entry) screen of the MERCI application. It is designed for inputting data for different plant species in a cover crop. The interface includes a header with the MERCI logo and a 'Régionaliser' button. Below the header, there are fields for 'Méthode par mesure de' (set to 'biomasse verte') and 'Nom parcelle' (set to 'Ag 200').

The main data entry section is organized into three rows, one for each species (Espèce 1, 2, and 3). Each row contains the following fields:

- Date mesure de biomasse:** A date selector set to '20-avr'.
- Spécification de l'espèce:** Two dropdown menus for species selection. For Espèce 1, the selected species are 'turnepsol' and 'compsojar'. For Espèce 2, they are 'regnumera de culture d'hiver' and 'crucliflar'. For Espèce 3, they are 'flourula (hiver & printemps)' and 'regnumera'.
- Date de semis (ou de levée):** A date selector set to '20-jul' for all species.
- Biomasse aérienne verte (t/ha):** Three input fields for biomass values. For Espèce 1, values are 2150, 450, and 1250. For Espèce 2, values are 0, 250, and 750. For Espèce 3, values are 750, 0, and 250.
- Surface de prélèvement (m²):** Three input fields for surface area, all set to 1.

At the bottom of the form, there are buttons for 'Ajouter espèces' and 'Supprimer la dernière espèce'.

Below the data entry section, a summary box titled 'Biomasse du couvert' displays calculated values:

- Matière sèche totale (t/ha):** 2,9
- Azote piépié total (kg/ha):** 75

Below this, a section titled 'Restitution du couvert' shows the nitrogen (N) and phosphorus (P) and potassium (K) and oxygen (O) content of the cover crop:

- N:** 30
- P, O:** 15
- K, O:** 105

There is an illustration of a calculator and a bag of fertilizer labeled 'NPK'. To the right of the summary box are three buttons: 'Afficher détails +', 'Masquer détails -', and 'Enregistrer le calcul'.

Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (en France)

Bilan humique et carbone en fonction des pratiques culturales →

Source image :
Konrad Schreiber, IAD
(Institut de
l'Agriculture Durable),
www.agridurable.fr →

Parcelle	Surface (ha)	Système	Texture	T ¹ moyenne annuelle	Taux de MO	
	1	Sd	sable limoneux	14	2,50%	
Culture principal	Type	Rendement MS (t/ha)	Restitution des résidus	Rendement grain (t/ha)		
	Mais grain	13,9	Complète	14		
Double culture	Type	Rendement MS (t/ha)	Restitution des résidus	Rendement grain (t/ha)		
	Métail	8	Null	8		
Couvert végétal	Type	Rendement MS (t/ha)	Restitution des résidus			
	CIPAN		5 Complète			
Amendements	MO fraîche	m3/ha	t/ha			
	Compost					
	digestat					
	engrais verts jeunes					
	engrais verts matures					
	Fumier bien décomposé					
	Fumier décomposition moyenne					
	Lisier bovin					
	Lisier porc					
Lisier volaille						
Résultat	MO minéralisé (t/ha)	MO humifié	Bilan	MO minéralisé (t)	MO humifié	Bilan
	1,96	4,57	2,61	1,96	4,57	2,61
Résultat	Carbone minéralisé (t/ha)	Carbone humifié		Carbone minéralisé (t)	Carbone humifié	
	1,12	2,47		1,12	2,47	
Résultat	Azote minéralisé (t/ha)	Azote humifié				
	0,11	0,27				

Analyse de l'impact du changement de pratique culturales entre deux années sur :

- le "temps de travail tracteur" à la parcelle
 - l'économie : poste de dépenses et chiffre d'affaire
 - la production de carbone/ha
- 2000 - Labour => 2014 - SCV

Amélioration de la fertilité des sols

11ter) Images sur la technique du semis direct (à Madagascar)



Importance des vers de terre ↑

↑ En haut semis direct après écobuage
En bas, technique du semis ↓

↑ A gauche, sol non paillé. ↑ Sol paillé.
A droite, sol paillé.



Différents type de semoirs (manuels, mécaniques ...). Fauchage de bozaka (Faire un trou dans le paillis, avec un bâton suffit aussi).



Haricots paillés de bozaka



← Maïs + niébé



← passage d'un rouleau à cornières pour tuer la plante de couverture.






Amélioration de la fertilité des sols

11quarter) Techniques du paillage naturel (sorte de semis direct)

- Le paillage naturel utilise de nombreux déchets végétaux : paille, foin, tontes de gazon, écorces (écorces broyées et copeaux de bois ...) et petits branchages broyés.
- Le sol est préalablement débarrassé des mauvaises herbes vivaces par griffages répétés en périodes sèches,
- puis, avant la plantation, il faut préparer le sol 6, 8 à 12 mois avant la plantation, non par l'action de machines, mais par l'ameublissement et l'enrichissement qu'assurent les vers de terre sous une couche de paille très épaisse (10 à 15 cm).
- Après la plantation, on commence par entourer chaque plant (arbuste etc. ...), d'une fourchée de compost ou de fumier décomposé.
- Puis on recouvre cette couche nourricière, d'un épais paillage de paille ou de foin, de 10 à 15 cm d'épaisseur, à raison de 2,5 à 3 kg au m².
- En cours de saison, on pourra renforcer ce paillage soit par une nouvelle couche de paille ou de foin, soit par fauchages en couches fines, si possibles sèches, en évitant les grosses couches de tontes humides, qui donne une pourriture grasse très nuisible.
- **Paillage sur compost ou "méthode Jean Pain"** : Il consiste à couvrir le sol par une couche de compost protégée, elle-même (du soleil), par un épais paillage. Il permet des cultures de légumes sans arrosage, **sous climats très chauds et secs.**

Amélioration de la fertilité des sols

11quinquies) Plantes couvre-sols tropicales pour le semis direct

Plantes	Photos	Commentaires (dont ceux de Gilles Gautier (°))
<i>Tephrosia</i>		<p><i>Tephrosia</i> est un genre de <u>plantes à fleurs</u> de la famille des <u>pois (Fabaceae)</u> [en général des petits arbres]. De nombreuses espèces du genre sont toxiques, en particulier pour <u>les poissons</u> , pour leur forte concentration de <u>roténone</u> . espèce <i>Tephrosia</i> ont été historiquement utilisés par les cultures indigènes comme <u>les toxines de poissons</u> .^[3] Au siècle dernier, plusieurs espèces de <i>Tephrosia</i> ont été étudiés dans le cadre de la l'utilisation de <u>la roténone</u> comme <u>insecticide</u> et <u>pesticide</u> . Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Tephrosia A Madagascar, on utilise : a) <i>Tephrosia vogelii</i> (Amberivaty vazaha), pour la gestion de la fertilité du sol et les Haies vives (espèce à croissance rapide, fertilisant le sol sur les hauts plateaux). b) <i>Tephrosia candida</i> <u>Commentaire de Gilles Gautier</u> : Légumineuse à répandre largement. Très rustique, cette plante fournit une biomasse importante, tant en surface qu'au niveau racinaire. Planté de façon dense, les sols sont littéralement labourés par la masse racinaire. Après deux ou trois ans, et une coupe à ras, le sol gagne réellement en qualité grâce à l'Azote libérée dans le pourrissement des racines.</p>
<i>Flemingia</i>		<p><i>Flemingia</i> [ou sainfoin du Bengale] est un <u>genre de plantes à fleurs</u> avec 88 <u>espèces</u> appartenant à la famille des <u>Fabaceae</u> (ou <u>légumineuse</u>). L' <u>espèce type</u> est <u><i>Flemingia strobilifera</i> (L.) WTAiton</u> (ou <i>F. strobiliferum</i>) Source : http://es.wikipedia.org/wiki/Flemingia <u>Commentaire de Gilles Gautier</u> : Encore un légumineux qui permet d'établir des haies rapidement tout en apportant biomasse et fixation de l'azote. Attention, cette plante peut devenir envahissante principalement dans les zones perturbées.</p>
<i>Crotalia</i>		<p>En fait, cette herbe fourragère est nommée <i>Crotalaria juncea</i> _ ou Crotalaire effilée ou Chanvre du Bengale. Cultivé comme une source d' <u>engrais vert</u>, comme biocarburant , <u>comme fourrage</u> et pour la <u>fibre</u> lignifiée obtenue à partir de sa tige, elle porte des fleurs jaunes et des feuilles allongées, alternées. Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Crotalaria_juncea <u>Commentaire de Gilles Gautier</u> : Légumineuse à répandre largement. Très rustique, cette plante fournit une biomasse importante, tant en surface qu'au niveau racinaire. Planté de façon dense, les sols sont littéralement labourés par la masse racinaire. Après deux ou trois ans, et une coupe à ras, le sol gagne réellement en qualité grâce à l'Azote libérée dans le pourrissement des racines.</p>

(°) volontaire de l'association « Wood en stock », qui expérimentait des plantes fourragères et autres plantes (alimentaires etc.), dans le nord de Madagascar.

Amélioration de la fertilité des sols

11sexies) Le problème des limaces

Dans les régions à climats humides (Bretagne ...), ceux qui pratiquent le SVC (semis-direct sous couvert) observent une **explosion des limaces, qui se dissimulent sous le mulch (le paillis)**.

11sexies.1) Lutte naturelle (pour les petites exploitations, non industrielles)

Note : **ces méthodes restent empiriques.**

1) *Favoriser les prédateurs des limaces* : Les prédateurs des œufs et adultes des limaces :

- Insectes : Carabes, staphylin, Nématode 'Phasmarhabditis, perce-oreilles ou forficules, Vers luisants (lampyres), Chilopode, Lithobie
- Animaux : hérisson, grenouille, salamandre et crapaud, taupe, lézard, orvet, oiseaux : canard, poule, grive musicienne, étourneau, merle, corbeau, pigeon.
- Prapaud : il appréciera lui aussi les planches ou tuiles "pièges" pour se cacher au frais le jour.
- Poules : elle consomment certaines limaces, elles sont aussi très friandes de leurs œufs. Les lâcher au moment de leur sortie.

2) *Plantes attractives* : Les limaces peuvent être éloignées en plaçant une plante qu'elles apprécient particulièrement (consoude, œillet d'Inde) qui fera qu'elles délaisseront les plantes à protéger.

3) *Plantes répulsives* : On entoure les plantes à protéger (salades, choux-fleurs,...) de plantes barrière (ail, civette, géranium, digitale, fenouil, oignons, moutarde, trèfle, cerfeuil, capucine, bégonias, cassis...) nettement moins appréciés des limaces.

4) *Collecte manuelle* : les collecter après une pluie ou un arrosage, deux heures après la tombée de la nuit, à la lampe frontale, sur les plantes ou l'herbe humide. Puis les donner aux poules (avec du pain).

Amélioration de la fertilité des sols

11sexies) Le problème des limaces (suite)

11sexies.1) Lutte naturelle (pour les petites exploitations, non industrielles) (suite)

5) *Les planches en bois* : celles que l'on met au sol, entre les rangs de culture, permettent de récolter les limaces et limaçons tôt le matin, en retournant les planches de bois, refuge des limaces. Lâcher les poules à ce moment là. Mais il faut faire vite.

6) *Barrière physique au sol* : a) purin ou simple paillage de fougère aigle, marc de café, pouzzolane.

Coquilles d'œufs : en miettes autour des jeunes plants transplantés ou des semis en terre ameublie font un bon rempart contre les limaces et ne posent pas de problème écologique.

7) *Le piège à son* : Mettre du son de blé ou d'avoine dans une assiette, avec un seau par-dessus qui a des petites encoches ou petits orifices, afin que les limaces puissent y entrer. Et le placer bien à l'ombre. Récolter les limaces 2 fois par jour et les donner à manger aux poules.

8) *Piège à bière* : enterrer des récipients au niveau du sol dans lesquels on verse de la bière (l'odeur de houblon ou de chicorée attirent les limaces). **Cette solution coûte cher et tue aussi des insectes dont les précieux auxiliaires.**

9) *Pulvérisation d'ail* : jus de 3 gousses d'ail + 20 ml alcool ménager + 2 ml de savon liquide : cette méthode marcherait très bien pour protéger les plantes attaquées.

10) *L'huile pimentée* : piment macéré, dans de l'huile de lin, badigeonné sur la tige du plant à protéger (attention il faut que la tige soit ligneuse (marron), si elle est verte, le piment risque d'affaiblir la plante).

Limaces →



Amélioration de la fertilité des sols

11sexies) Le problème des limaces (suite)

11sexies.2) Lutte naturelle (pour les petites et grandes exploitations) :

11) *Phosphate de fer (Ferramol ...)* : Il existe sur le marché des produits biologiques à base de phosphate de fer, qui bloque l'appétit des limaces, mais aussi des vers de terre (effet indésirable). Cette méthode coûte cher.

12) *L'Alun* : diluer deux cuillères à soupe de poudre d'alun dans un peu d'eau bouillante puis mélanger à 10 litres d'eau, assez efficace contre les chenilles, limaces et pucerons et de longue durée. Solution coûteuse (si appliquée à grande échelle).

13) *Anti-limaces à base de nématodes* : Certains produits sont à base de nématodes qui parasitent et tuent les limaces comme phasmarhabditis hermaphrodita, mais ces parasites s'attaquent aussi aux escargots dont se nourrissent les hérissons.

14) *Bacillus Thuringiensis* : il s'agit d'un bacille (bactérie) naturellement présent dans le sol qui s'attaque aux limaces et aux escargots. Mais à éviter, car il s'attaque aussi à de nombreux coléoptères auxiliaires (dont leurs larves ou chenilles) et à d'autres insectes précieux à l'équilibre.

10) *Métaldéhyde* : Les granulés à base de métaldéhyde permettent d'éliminer les limaces par application sur les zones infestées. Mais ces granulés sont très toxiques pour l'homme ou les animaux domestiques (chats, chiens) attirés par les granulés ou ceux qui consomment les limaces intoxiquées qui les avalent et s'empoisonnent à leur tour, notamment les hérissons.

Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Limace>

Note : il serait intéressant d'essayer aussi un **mulch à base de plantes répulsives de limaces (moutarde, fenouil)**.

Sources infos : a) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Limace>, b) *Permaculture en climat tempéré*, Franck Nathié, Ass. Forêt nourricière, p. 161, Réguler les limaces.

Amélioration de la fertilité des sols

12) Techniques du bois raméal fragmenté (ou B.R.F.)

- B.R.F. = mélange non-composté de résidus de broyage (fragmentation) de rameaux de bois (branches) cherchant à recréer un sol de type "forestier".
- Le BRF favorise la pédogénèse nécessaire à la création de l'humus.
- **L'utilisation de BRF n'est rapidement efficace que sur sol vivant**, c'est à dire un sol où l'on cultive et protège la vie biologique qu'il héberge. Son épandage se fait en automne.

Avantages :

- Le BRF permet de reconstruire durablement un écosystème au niveau du sol.
- Utilisable par toutes les formes de culture, potagers privés, maraîchage, agriculture, nouvelles plantations et établissements de haies, sylviculture, arboriculture...
- *Production de biogaz à partir d'un composteur et de la méthode Jean Pain, par exemple.*

Inconvénients :

- Les apports de BRF "vampirisent" l'azote disponible, pendant les deux à six premiers mois, car les champignons notamment en ont besoin pour s'installer.
- Pour compenser ce manque, on peut installer la première année avant l'épandage du BRF, un engrais vert de la famille des légumineuses ou 150 à 200 mètres cubes de BRF frais par hectare sur une couche d'environ 1 à 2 cm.
- **Nécessite l'emploi d'un broyeur (toutes exploitations). Elle consomme beaucoup de biomasse.**
- **Nécessité la proximité d'une forêt bien gérée (dans le sens de la gestion durable de celle-ci).**

Amélioration de la fertilité des sols

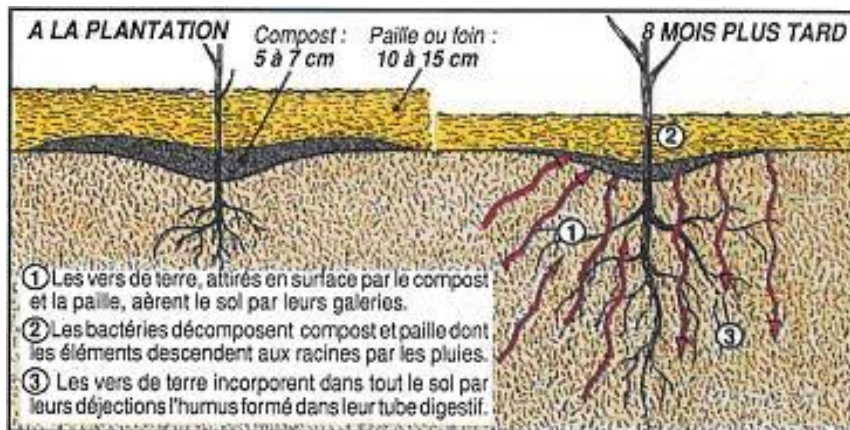
12) Techniques du bois raméal fragmenté (ou B.R.F.)

La technique Jean Pain (une technique de B.R.F.) :

Sol couvert de BRF →



- Elle consiste à extraire des broussailles, fraîchement prélevées et broyées, pour en faire un compost de qualité.
- Dans la méthode manuelle, on utilise exclusivement les petites branches.
- Dans la méthode mécanisée, des branches plus grosses (ou bois raméal fragmentée ou B.R.F.), broyées en machine.
- Ensuite, on d'arrose abondamment le broyat avant et pendant sa mise en tas.
- Après environ neuf mois et un à deux retournements, le broyat devient un compost riche en matières organiques en voie de minéralisation grâce à une abondante vie microbienne.



Technique du paillage (méthode J. Pain)



broyage ↑



Fig. 2. Exemple de Broyeur Jean Pain (source : www.jean-pain.com).

Amélioration de la fertilité des sols

12bis) Technique du « slash and mulch »

La technique, qu'on peut traduire par « **défriche organique** », utilise pour le défrichage des parcelles de forêt consiste à couper progressivement et précautionneusement la végétation en laissant ses résidus sur place, de telle sorte que les sols finissent par se trouver fertilisés par cet apport de matière organique. Elle comporte des avantages pour l'environnement, en particulier le fait que les grands arbres ou les arbres utiles sont préservés. Elle remplace avantageusement la culture sur brûlis (en Anglais, « slash and burn »).

Sources : 1) *Mentawai, l'île des hommes-fleurs*, Hubert Forestier (IRD), Dominique Guillaud (IRD), Koen Meyers (UNESCO), Truman Simanjunkak (Ruslitbang Arkenas), Anne Clopet (photos), IRD Ed. & Romain Pages Ed., 2008.

2) *Slash/Mulch Systems: Sustainable Methods for Tropical Agriculture*, H.David Thurston, Westview Press Inc, 1997.



Source : *Quesungual Slash & Mulch Agroforestry System: An Eco-Efficient Option for the Rural Poor*, International Center for Tropical Agriculture (CIAT), <http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/12/qsmas1.pdf>

Amélioration de la fertilité des sols

12ter) Fertilisation par l'enfouissement de feuilles sources d'azote

Le World Agroforestry Centre (ICRAF) (Nairobi) a développé la technique de l'enfouissement des feuilles de **Gliricidia sepium** (ou bien de [Leucaena leucocephala](#), de **Faidherbia albida**, d'**Acacia senegal**, d'**Acacia mangium** ...). On creuse des trous, on enfouit les feuilles, on rebouche et on plante du maïs ou des pois, au-dessus. *L'ICRAF annonce la multiplication des rendements du maïs et du pois (pigeon pie ou pois d'Angole) par deux.*

Sources : 1) Chirwa, P.W. (2003) *Tree and Crop Productivity in Gliricidia/Maize/Pigeonpea Cropping Systems in Southern Malawi*, Ph.D thesis, University of Nottingham, Nottingham.

2) *Sustainable maize production using gliricidia/maize intercropping*, F. K. Akinnifesi, W. Makumba & F. R. Kwesiga, Expl. Agric. (2006), volume 42, pp. 1–17, <http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/JA06107.pdf>

Evergreen Agriculture: The use of fertilizer trees in maize production in Malawi, TECA-FAO, <http://teca.fao.org/read/7847>

Akinnifesi, F.K., T.M. Cullen and J. Nyirongo (2005) *Extension Guide for Agroforestry Practices In Malawi: Simultaneous Intercropping with Gliricidia sepium and maize*, International Centre for Research in Agroforestry, Publication No. 2003-02, Makoka, Malawi.

Sileshi G., Ajayi, O.C., Akinnifesi, F.K. and Place F., *Green fertilizers can boost food security in Africa*. Policy Brief No. 02, 2009. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya.

Sileshi G., Akinnifesi F.K., Ajayi O.C., Place F. (2008) *Meta-analysis of maize yield response to planted fallow and green manure legumes in sub-Saharan Africa*. Plant and Soil 307:1-19.



Préparation du sol les trous de plantation



Maïs planté dans les trous



Résultat



Gliricidia →

Amélioration de la fertilité des sols

13) Technique du Zai

- A l'origine pratiquée par les Mossis du Yatenga (Burkina Faso).
- Elle est adaptée aux zones arides (sahéliennes, subsahariennes ...).
- Elle consiste à creuser des cuvettes pour retenir l'eau de pluie. Il permet au sol, après une forte pluie, de rester humide pendant une quinzaine de jours.
- On creuse des trous d'un diamètre compris entre 20 à 40 cm & de 10 à 15 cm de profondeur, pour piéger le peu d'eau de pluie, à l'aide d'une daba (piochette).
- La densité des trous 10.000 à 15.600 trous à l'hectare, espacés de 80 à 100 cm.
- La trouaison a lieu après les récoltes (en octobre-novembre en zone sahéliennes).
- L'enrichissement des trous consiste à remplir au tiers les trous de matière organique tout venant et/ou issue d'une compostière (d'un composteur).
- Le fumier est apporté à la main à raison de 2 poignées par trou.
- Les trous (poquet) enrichis (et repérable pour les prochains semis) sont aussitôt rebouchés avec du sable.
- Les semis sont effectués après la première grande pluie.
- Le premier sarclage, effectué 2 à 3 semaines après le semis, consiste à enlever les mauvaises herbes à l'hilaire.
- Le démarrage, se faisant en même temps que le sarclage, consiste à diminuer le nombre de pieds de mil à 3 à 4 plants vigoureux par poquet.
- Le 2ème sarclage intervient 2 à 4 semaines après le 1^{er} (au stade de la montaison).

Amélioration de la fertilité des sols

13) Technique du Zaï (suite)

- La terre retirée est déposée en croissant en aval des trous (et leur pente conduit au trou).
- Superficie cultivée/homme/jour = 0,25 ha.
- Nombre trous creusés & enrichis par h/j = 500 trous.
- Le coût à l'hectare est estimé à 18 000 frs CFA / ha.
- Rendement moyen zaï : 960 kg/ha (6 fois + que la parcelle témoin donnant 174 kg/ha).
- Généralisation de la technique fonction de la disponibilité a) de bétail pour le fumier, b) de terres cultivables et c) voire de moyens de transports.

Source : *Lutte contre l'érosion hydrique et amélioration de la fertilité du sol par la technique du zaï amélioré*, Moussa AMADOU, conseiller forestier, BP 102 Dosso, Niger, Programme de Développement Agro-forestier et d'Aménagement des Terroirs (PDAAT)) : www.sist.sn/gsdli/collect/bre1/index/assoc/HASHdcd8.dir/14-030-037.pdf

Avantages :

Economies en semence & amendement car apports protégés du vent & ruissellement.
Réhabilite la fertilité du sol au bout de 5 ans. Rendement multipliés par 5 ou 6.

Inconvénients :

Pénibilité du travail surtout en saison sèche (temps travail très long : 300h/hom/ha).



Amélioration de la fertilité des sols

13) Technique du Zaï (suite)

Au Burkina Fasso, l'agriculteur **Yacouba Sawadogo** a récupéré le sol dégradé à l'aide de diguettes antiérosives associées à la technique du « zaï ». Son but au départ, en 1980, était de récupérer et reverdir une terre dégradée, aride, sur un espace appelé « zipèlga » en langue mooré. Il enfouit des grains de mil, mais aussi une graine de plante, dans chaque zaï, d'une taille plus grande que sa taille traditionnelle, rempli avec du fumier et autres déchets biodégradables, afin de fournir une source de nutriments pour végétaux. Le fumier attire les termites, dont les tunnels aident à briser le sol. Des cordons pierreux constitués de lignes fines de pierres de la taille d'un poing, traversent les champs. Leur but est de former un bassin versant. Quand la pluie tombe, elle pousse le limon, sur la surface du champ, ensuite récupéré contre le cordon. En ralentissant le débit de l'eau, elle lui donne plus de temps pour s'infiltrer dans la terre. Le limon accumulé fournit également un sol relativement fertile pour les semences de plantes locales à germer. Les plantes ralentissent, à leur tour, l'eau et leurs racines ameublissent le sol compacté, facilitant l'absorption de l'eau.

Chaque année, Yacouba sème entre 2000 à 10000 plants. Il estime que dix arbres environ prospèrent sur un m² de son domaine. Il a reconstitué une forêt, afin d'empêcher l'avancée du désert, déjà en réduisant la vitesse du vent. Sa sylve, créée de toute pièce, s'étend entre 25 et 27 ha, transformant un sol inculte en une épaisse forêt abritant actuellement une faune abondante.

Yacouba Sawadogo et Mathieu Ouédraogo, un autre fermier innovateur, se sont engagés dans les efforts de vulgarisation et de sensibilisation pour diffuser leurs techniques dans toute la région, par exemple, par le biais d'un "jours de marché" biannuel organisé dans la ferme de son village de Gourga. Les participants de plus de cent villages viennent y partager des semences _ au travers d'une banque de graines _, des conseils, et apprendre les uns des autres.

Mais aujourd'hui, cette forêt est menacée, par un projet d'extension la ville voisine de Ouahigouya. Car Yacouba ne possède pas de documents de propriété du domaine, qui n'est toujours pas borné. Et si les choses restent en l'état, une partie de son œuvre devrait disparaître pour faire place à des lotissements.

Sources : 1) *Lutte contre la desertification au sahel : Yacouba, le « fou » qui arrête le désert*, de Boureima SANGA (bsanga2003@yahoo.fr), 15/06/2011, <http://www.lefaso.net/spip.php?article42515&rubrique3>
2) http://en.wikipedia.org/wiki/Yacouba_Sawadogo & <http://www.worldbank.org/afr/ik/french/friknt77.htm>
3) Leonard, Andrew. "How to help Yacouba Sawadogo". "Comment aider Yacouba Sawadogo", 2008, http://www.salon.com/tech/htww/2008/09/11/helping_sawadogo/index.html
4) film 'The Man Who Stopped the Desert', 1080 Films, UK, 2010.

Yacouba Sawadogo →



Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta

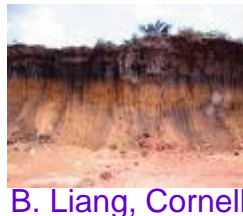
- La « [terra preta](#) » ou **terre noire** (en Portugais) est une terre ou sol noirs, d'origine humaine (précolombienne), **d'une fertilité exceptionnelle**, due à des concentrations particulièrement élevées en charbon de bois, en matière organique et nutriments tels que azote, phosphore, potassium, calcium, soufre ... (Source : Dirse Kern du Musée Goeldi de Belem (Brésil)).
- Sa fertilité est due à sa haute teneur en charbon de bois _ qui retient les nutriments, par sa structure très poreuse et alvéolée _ et en résidus de combustion incomplète.
- Cette combustion consiste en des brûlis de fonds de terre contrôlés (incendies de parcelles et du matériel restant sur la parcelle après récolte, tant en protégeant les arbres et la forêt), de rondins de reste et des branches, des mauvaises herbe, des restes de récolte, de végétation de croissance de deuxième abattage, de proches détritiques de forêt, de charbons de bois et de cendre du feu de cuisine et des cheminées.
- Une expérience de reconstitution de Terra preta, menée près de Manaus (Brésil), par Christoph Steiner, Wenceslau Teixeira du Centre de Recherche Agricole Brésilien et Wolfgang Zech de l'Université de Bayreuth, ont montré un rendement 800 fois supérieur (!), aux parcelles ayant seulement reçus de l'engrais (*à vérifier*).
- La technique pourrait se pratiquer sous le couvert végétal d'une forêt (primaire ?).



www.amazonat.org



www.carbolea.ul.ie/biochar.html



B. Liang, Cornell University
www.agiweb.org



← www.novis.de/?p=116

Couche de « terra preta »
au Brésil © Bruno Glaser →



Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta (suite)

Avantages :

- Cette technique serait adaptée aux climat tropicaux & équatoriaux. Ce sol est indestructible.
- Elle produirait de forts rendements (à vérifier).
- Elle permettrait la culture des plantes, au niveau de la litière végétale du couvert forestier (?).
- Elle stocke le carbone (Ref. : http://en.wikipedia.org/wiki/Terra_preta).
(et <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/research/terra%20preta/terrapretamain.html>).

Inconvénients :

- Nécessite d'être prudent et de contrôler les brûlis incomplets, à l'étouffé (recouverts de terre), pour éviter qu'ils ne se propagent (périodes sèches à éviter).
- Nécessite un forêt à proximité.
- Consomme beaucoup de bois.



Cultures sur terra preta

Dr. K.C. Das, University of Georgia



Lemann Cornell University



<http://greenoptions.com>

Amazonian dark earth - terra preta



Left a nutrient-poor oxisol; right an oxisol transformed into fertile terra preta - photo courtesy of Bruno Glaser

Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta

L'idée serait donc de produire de la "terra preta" de la façon suivante :

- Avoir une forêt cultivée (?) à pousse rapide à proximité dont on coupe régulièrement les branches d'une façon raisonnée et économe, mais sans créer de « trouées » (de clairières).
- Produire du charbon de bois, grâce à des installations en métal, au meilleur rendement (voir la page « *produire du charbon de bois* » de la FAO, indiquée à la fin de ce document).
- *Voire alimenter des feux de bois de branches, à la faible combustion lente à l'étouffée (recouverts de terre), placés entre les rangées d'arbre (ou ailleurs), sans brûler les arbres.*
- *Voire recourir au système "de cercle de cendre", des amérindiens (°), obtenu par élagage de branches, par leur empilement et leur combustion partielle, contrôlée, sur les parcelles cultivées, après le moissonnage. Prévoir récipient d'eau, à proximité, pour contrôler le feu.*

(La suite page suivante →)

↓ Fabriquer de la terra preta. Source : <http://terrapreta.bioenergylists.org/>



Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta (suite)

Les mystères de la terra preta :

Dans la TERRA PRETA, la proportion d'humus reste par contre stable pendant des siècles, sous les tropiques, où pourtant l'humus est pratiquement inconnu. Car normalement en milieu tropical, la chaleur, l'humidité, les pluies diluviennes et l'activité réductrice du sol ne permettent pas la constitution de l'humus.

La TERRA PRETA a été [ou aurait été] élaborée à partir de matières fécales, d'os, de poissons et de la viande et toutes sortes de détritiques organiques mélangées à du charbon de bois [qui aurait été écrasé au pilon ?] dans des vases d'argile spéciaux (?). Cette technique ne pourrait être applicable [ou nécessaire ?] que dans des régions où l'on a besoin de lutter contre la pauvreté des sols due à une forte percolation des éléments minéraux (par les pluies tropicales) et où une quantité de bois suffisante est disponible pour assurer l'apport de charbon à la terre. Donc, seules les terres des forêts tropicales humides pourraient accueillir cette technique (Conversation privée avec M. Roland Rinnert, éco-agronome ou agro-écologue). Selon ce dernier, les anciens amazoniens pratiquaient l'agrosylviculture, seule à même de limiter notablement la lixiviation des sols (la perte progressive de ses minéraux par lessivage de ses sols, par les fortes pluies tropicales). Car normalement, on pourrait accroître rapidement la proportion de substance organique, par le mulch. Mais selon lui, surtout en terrain sablonneux, la matière organique va fondre comme du beurre au soleil. Après deux ou trois ans tout aurait disparu et seulement une petite proportion d'humus resterait Les collemboles et les asticots ont tout mangé et respiré (On contestera cet argument du fait que le mulch doit être annuellement renouvelé).

Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta (suite)

- Incorporer, intimement, le charbon de bois dans le sol _ en mélangeant bien le charbon avec la terre _ et renouveler l'opération chaque année, avant les cultures.
- **Avec cette technique, il est essentiel que la terre soit sans interruption couverte par de la végétation (pas de trouée), pour éviter le lessivage du sol par les pluies tropicale.**

=> Renforcer l'amélioration de la fertilité, par l'effet « éponge à nutriments » du charbon de bois :

- *Puis étaler sur le sol, des déchets organiques retournés _ fanes, déchets de légumes, de ménage, de palmiers, de manioc, de paillis organiques et de ce que les villageois jetteraient à la décharge ..._, afin d'augmenter la fertilité et le taux de nutriment dans le sol.*
- *Étaler aussi, sur le sol, les excréments et déchets animaux _ excréments humains (système chinois), des poules, des cochons, crottins ... (extraire aussi ces déchets et les terreaux azotées, autour des points d'eau, en général riches en nitrates, utilisés par le bétail) .*
- *Utiliser aussi, si c'est possible, le paillage et le compostage _ technique du compost facile à mettre en œuvre _, et toute autre technique de fertilisation.*
- *Enfin éventuellement, utiliser aussi la combustion incomplète à l'étouffé (?) (recouvert de terre), de mauvaises herbes, voire de termitières, voire de pailles, dans les champs de millet, sorgho, maïs, riz, après moissonnage (il existe des projets faisant tourner et alterner culture du riz en saison humide, et du blé en saison sèche)...*

(°) équivalent africain du "citememe", consistant en l'élagage, l'empilement & la combustion de branches.

Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta (suite)

La fabrication du charbon de bois (travail préparatoire à la fabrication de la terra preta) :

Fabrication traditionnelle de charbon de bois en [Forêt-Noire](#) en Allemagne vers 1900



Constitution de la cheminée centrale



Empilage des morceaux de bois



La meule avant d'être recouverte de terre



La combustion



Le démontage de la meule



Le chargement du charbon de bois

Amélioration de la fertilité des sols

14) Techniques de la Terra preta (suite & fin)

La fabrication du charbon de bois (suite et fin):

Technique plus performante utilisant une cuve métallique



Le dispositif en métal



Empilage des morceaux de bois



Empilage des morceaux de bois (suite)



L'allumage



La combustion



Le démontage de la cuve

Amélioration de la fertilité des sols

14 bis) Technique de l'écobuage du sol suivi de paillage

- Technique consistant à brûler le sol par des matières végétales sèches introduites dans des fosses, recouvertes ensuite de terre (combustion lente et incomplète).
- La culture est ensuite installée sur la butte de terre, recouverte de paillage.
- Effet libérateur des minéraux contenus dans la matière organique du sol.
- Joue le rôle d'une fertilisation minérale de fond (REBOUL 1999).

Sources : a) *Stratégie paysanne améliorée pour l'accroissement de la fertilité du sol et de sa résistance à l'érosion. (Région centre des Hauts – Plateaux de Madagascar), Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007, Marie Antoinette RAZAFINDRAKOTO, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/presentations/AJSIR_pwt_3-4_Razafindrakoto.pdf*

b) Rebol J.L., 1999. *Systèmes de cultures sans labour par semis direct sur couvertures permanentes des sols, adaptation et diffusion à Madagascar. CIRAD, Madagascar. Bull. Réseau Erosion 19 : 441-455.*



(c) Marie Antoinette
RAZAFINDRAKOTO



Amélioration de la fertilité des sols

14 ter) Les bousiers

- Les **bousiers** sont des insectes coléoptères coprophages, se nourrissent presque exclusivement d'excréments et de résidus de parturitions, appartenant aux sous-familles des Scarabaeinae (*vrais bousiers*), des Aphodiinae _ de la famille Scarabaeidae _ et à la famille de Geotrupidae (avec le *scarabée tunnelier*).
- Ils se trouvent quasiment partout sur le globe et dans des habitats très variés : savanes, terres cultivées, forêts ou prairies. Les bousiers jouent un rôle agronomique et écologique majeur dans les écosystèmes pâturés. **Ils recyclent les excréments, participent à l'aération, à la fertilisation et au nettoyage des sols. Ils ont une action antiparasitaire, pour les bovins et ovins.**
- Il y a les fousseurs _ pondant dans les excréments ou stockant des réserves pour eux ou leurs larves dans des terriers creusés directement sous les bouses _ souvent nocturnes et les pilulaires plutôt diurnes _ des Scarabaeidae rouleurs confectionnant une pilule (boule d'excrément) qu'ils roulent à distance avant de l'enterrer.
- L'accumulation de bouses est favorable à la prolifération de mouches, responsables de retard de croissance chez les bovins et vectrices de germes pathogènes, à l'origine de mammites ou de conjonctivites et de parasites comme les helminthes pulmonaires et intestinaux.

Amélioration de la fertilité des sols

14 ter) Les bousiers (suite et fin)

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.

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>

3) *Increasing Productivity – How Dung Beetles Can Help*, <http://www.virbac.com.au/p-virbacaupuben/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.

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 incapables.



Un scarabée pilulier à l'œuvre.
(Source : Wikipedia Fr).



Aphodius fossor. 8 à 11 mm. très commun. D'avril à octobre sur bouses fraîches (Europe ...).



Aphodius luridus. 6 à 9 mm. de juin à juillet, dans les bouses et crottins de chevaux et moutons (Europe ...).



Geotrupes mutator - 14 à 26 mm. Visible d'avril à octobre dans les crottins et les bouses fraîches (Europe ...).



Deux bousiers s'affrontant pour la propriété d'une pelote fécale (Source : Wikipedia Fr).

Amélioration de la fertilité des sols

15) Exemples de techniques indigènes locales pour fertiliser les sols

•Les mélanésiens des hautes terres de Nouvelle-Guinée fertilisent les sols en y ajoutant **un compost fait de mauvaises herbes, de graminées, de vieilles lianes et d'autres matières organiques** (dans des proportions pouvant atteindre 2,5 tonnes / are). Ils utilisent les déchets domestiques, les cendres de foyers, les débris végétaux récupérés dans des champs laissés en jachère, des bûches pourries et les fientes des poulets utilisés comme mulchs et fertilisants afin d'enrichir la couche arable. Ils creusent des fossés autour des champs afin de faire baisser le niveau hydrostatique et d'empêcher l'engorgement des sols et récupèrent la boue organique de ces fossés pour l'épandre sur la surface des sols. Les cultures de légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique, comme les haricots, sont cultivés en alternance avec d'autres cultures, selon une technique de rotation des sols. Sur les terrains très pentus, les Néo-Guinéens construisent des terrasses, érigent des barrière destinées à retenir les sols et évacuent les excès d'eau par des drains verticaux.

•Les indiens Kayapos d'Amazonie centrale allume des **feux constants de faible biomasse et de faible température, à base de mauvaises herbes, de déchets alimentaires et végétaux, de palmes et de termitières** (Selon Susanna Hecht, géographe à l'UCLA. Source : Hecht S., 2004, "Indigenous Soil Management and the Creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayako Practises", in Lehmann et al. 2004, 355-71. in Lehmann et al. 2004, *Amazonia Dark Earths: Origin, Properties, Management*. The Netherlands: Kluwer Academic).



← Foyer Kayapo



Indien Kayapo →

Amélioration de la fertilité des sols

16) Jachère, rotation des cultures et agriculture biologique

(pour mention)

• Par exemple, avec elle, on alternera, dans le temps : a) céréales, b) cultures fournissant de l'azote _ telles que petits pois...

• Voire on fera une rotation entre 3 parcelles, dont l'une étant en jachère (+).

(+) Jachère : pratique qui consiste à laisser périodiquement un champ non cultivé pour permettre à la terre de se reconstituer _ on dit qu'elle se repose (En Europe, c'était une technique traditionnelle des grandes plaines céréalières, remise au goût du jour par la C.E. (°)).

Note diverse : **La jachère fleurie** est un espace composé de fleurs (source d'azote), dans un but paysager (enrichir la beauté d'un paysage monotone) et alimentaire pour les abeilles et autres pollinisateurs (afin de leur assurer une ressource alimentaire minimum, toute l'année).

• Avantage : cette agriculture n'utilise pas d'intrants (pas de pesticides & d'engrais chimiques).

• **Inconvénient** : l'agriculture biologique a des rendements moindres que ceux de l'agriculture intensive.



↑ Jachères fleuries ↑

Rotations pour les cultures maraichères



Source : <http://jardin-familiaux-brunoy.over-blog.com/2013/10/qu-est-ce-que-la-rotation-des-cultures-au-potager.html>

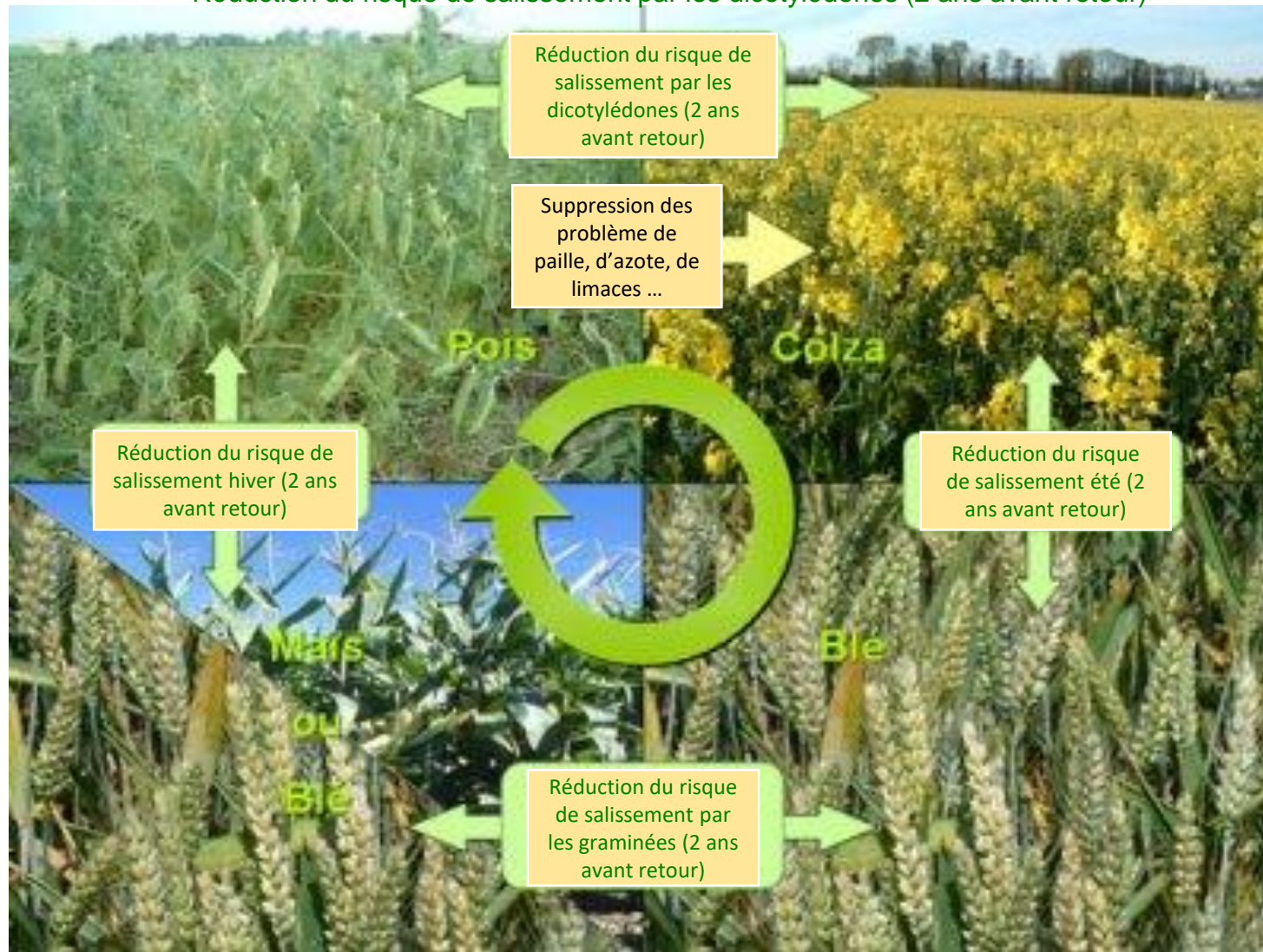


(°) Par la Communauté Européenne et la Politique Agricole Commune (PAC).

Amélioration de la fertilité des sols

16) Jachère et agriculture biologique (suite et fin)

Réduction du risque de salissement par les dicotylédones (2 ans avant retour)



Suppression des problèmes de paille, d'azote, de limaces ...

Réduction du risque de salissement été (2 ans avant retour)

Source : <http://agriculture-conservation.com/Rotation-et-salissement.html>

Réduction du risque de salissement par les graminées (2 ans avant retour)

Amélioration de la fertilité des sols

17) Cultures intercalaires

Associer différentes plantes qui se renforcent mutuellement.

Par exemple, associer : a) **plantes alimentaires** (céréales ...), b) **plantes fixatrices d'azote**.

Par exemple, associer : a) **niébé** (source d'azote) + **maïs** + **sorgho** (sorghum, une plante résistante à la sécheresse), b) niébé + sorgho fourrager, c) mil (*Pennisetum americanum*) + sorgho bicolore + niébé, haricot rouge et ravintsara (cultivé pour ses huiles essentielles) etc.

• Solution agroforestière :

• Intercaler entre des plantations d'arbres fournissent d'azote, suffisamment espacés, des cultures (champs) de plantes alimentaires ou/et elles-mêmes fixatrices d'azotes tels que :

• A) **Arbres** : en bord de mer ou non (régions tropicales) : *Filao* (*Casuarina equisetifolia*), *Leucaena diversifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Flemingia macrophylla* ...

• En régions tropicales sèches : *Acacia aneura*, *Acacia holosericea*, *Albizia lebeck*, *Alnus glutinosa*, *Casuarina cunninghamina*, *Pithecellobium dulce* etc. Etc.

• En régions tempérées : robinier (*Robinia pseudoacacia*) etc.

Sources : 1) Intercropping coconuts with nitrogen-fixing trees, Agroforestry for the Pacific Technologies, N° 6, July 1993.

2) Selecting and testing nitrogen fixing trees for acid soils, Agroforestry for the Pacific Technologies, N° 10, Dec 1994.

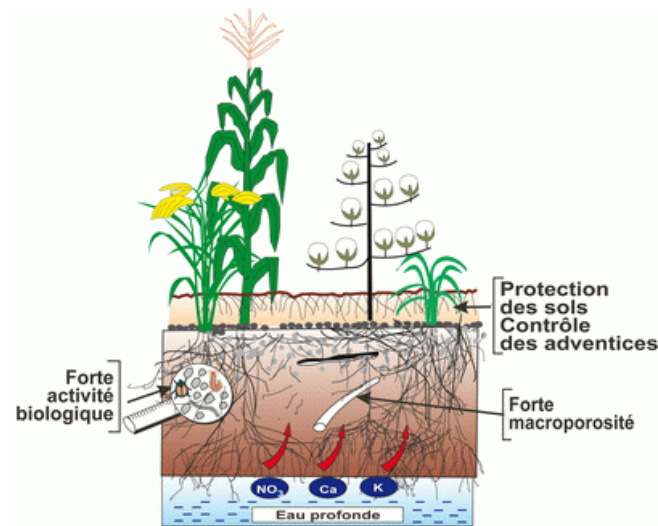
• B) **Plantes alimentaires** : fixatrices d'azote : haricot rouge (*Phaseolus vulgaris* ...), niébé ...

• **Avantages & buts** : a) améliorer naturellement la fertilité des terres, b) les rendements agricoles (cela sans l'introduction d'intrants artificiels, tels qu'engrais chimiques etc. ...et donc réduire les coûts d'exploitations, en particulier dans les *pays du Sud*, là où les intrants chimiques sont coûteux), c) lutter contre le ruissellement, d) avec des arbres apporter des revenus complémentaires etc.

Amélioration de la fertilité des sols

17) Cultures intercalaires (suite)

Attention ! Dans le cas de la solution agroforestière : a) à ce que les arbres ne recouvrent pas totalement (de leur ombre) le sol où sont cultivés les plantes alimentaires (celles ayant besoin de soleil). b) à ce que les arbres fixateurs d'azote ne se transforment pas en pestes végétales, b) enfin bien étudier les interactions *allélopathiques* entre toutes les plantes, afin de trouver les meilleurs *compagnonnages* entre elles.



Des travaux de recherche ont démontré que le *cernage racinaire* (p.ex., à l'aide d'une *sous-soleuse*) peut limiter la compétition souterraine entre les arbres et les cultures (mais en général, cette concurrence est négligeable).

Source : *Les systèmes de cultures intercalaires avec arbres feuillus*, http://publications.gc.ca/collections/collec tion_2011/agr/A42-108-2010-fra.pdf

Voir page suivante →

Cultures intercalaires en semis direct sur couverture végétale permanente, in *Les techniques agro-écologiques*, CIRAD Madagascar, <http://www.cirad.mg/fr/anx/scv001.php>

Voir aussi *Engrais verts et cultures intercalaires*, www.agrireseau.gc.ca/agriculturebiologique/documents/Engvert_couleur_basse.pdf

Amélioration de la fertilité des sols

18) Le sous-solage (pour sols argileux compacts)

(pour mention) (pour des sols très peu fertiles)

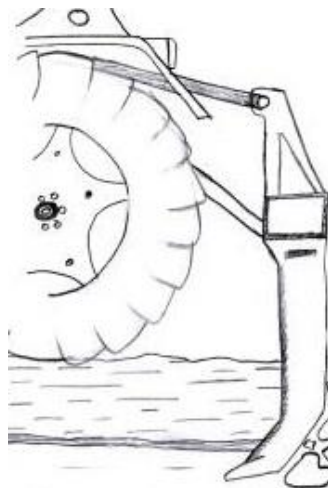
- Technique agricole servant à redonner de la perméabilité au sol en perfectionnant le drainage naturel & la circulation capillaire horizontale de l'eau sur les sols labourés. Il sert à lutter contre les semelles de labour (lissage et compactage du fond du labour, exacerbé par un travail en condition trop humide).
- Sur les terrains lourds (argileux), un sous-solage est indispensable. Il permet de décompacter et de travailler le sol sur des profondeurs importantes (40 à 60cm).
- Il nécessite un instrument aratoire nommé **sous-soleuse** ou décompacteur.

Exemple : à Ndiamane, au Sénégal, on utilise des lignes tracées par le sous-solage, dans les champs, pour éviter la stagnation de l'eau & « capturer » tous les résidus poussés par le vent.

Source : *Sahel. Agroécologie et développement rural : Les oasis de prospérité arrivent*, <http://www.temoust.org/sahel-agroecologie-et,12451>



Dent de sous-soleuse

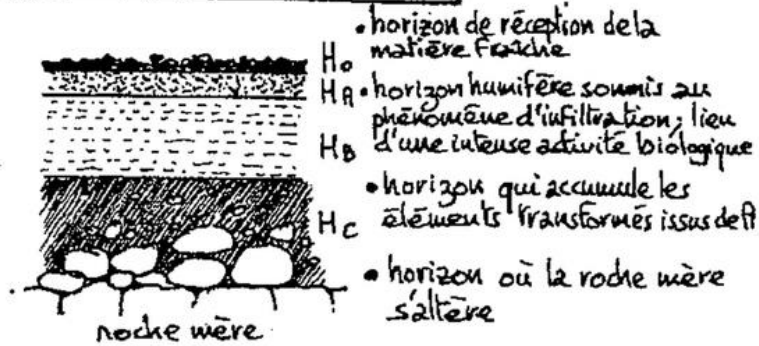


sous-soleuse

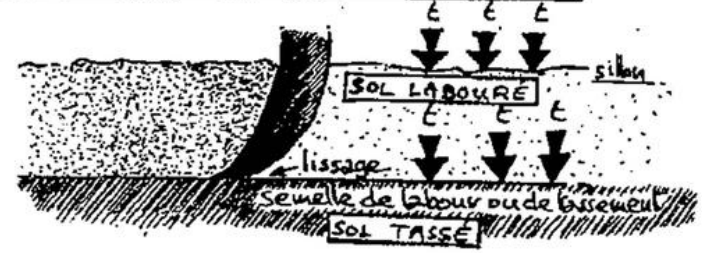
Amélioration de la fertilité des sols

18) Le sous-solage (pour sols argileux compacts) (suite et fin)

① le sol s'organise en couches appelées horizons:

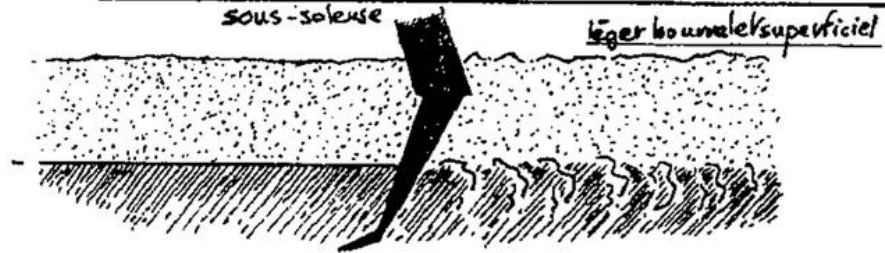


② cette structure est modifiée par les labours successifs



E : le tassement du sol imputable au poids des machines se répercute en profondeur, là où le labour n'agit plus, suite à ce tassement et au lissage de la lame il se forme une semelle de labour ou de tassement que les racines des arbres ont du mal à franchir

③ avant de planter il est important d'effectuer un décompactage



opération à entreprendre en fin d'été quand la terre est encore sèche

les racines vont pouvoir aller chercher l'eau et les minéraux plus en profondeur

Amélioration de la fertilité des sols

18bis) Le seau de bokashi

Le mot **bokashi** veut dire, simplement, *matières organiques fermentées*. C'est un peu comme un compost à la seule différence que *les matières fermentent comme pour une choucroute*. Cela ne produit donc aucun gaz à effet de serre, ne chauffe pas, la valeur énergétique s'en voit donc augmentée; il n'y a plus de pourriture : information essentielle aux limaces qui viennent alors en grand nombre pour la décomposition de vos matières. De plus on fabrique cette fermentation directement et immédiatement à la maison, on ne perd pas de temps. Les déchets sont utilisés frais après l'épluchage des légumes. On peut faire de même pour un tas d'adventices (mauvaises herbes) et ce directement sur le sol ...

Les **dangos** : Ce sont des boulettes qui diffusent les microorganismes EM. Leur fabrication est simple à partir d'argile, de poudre de roche, de poudre de céramique et d'EMa.

Sources : 1) *MICRO-ORGANISMES EFFICACES, Renouer avec le vivant*, Christine Gatineau, article réalisé pour le magazine Génération Tao n°60, mars 2011.

2) *Les micro-organismes efficaces, au service de la terre, des animaux et des hommes*, Anne Lorch, Editions Le Souffle d'Or, 2011, 27 euros, http://www.souffledor.fr/boutique/produits_micro-organismes-efficaces-au-quotidien-em-les_3337.html

3) <http://association-em-france.blogspot.fr/>

Note: Cette technique découle de la pratique de japonais agriculteurs il y a des siècles, à couvrir les déchets alimentaires avec un sol riche et local qui contenait les micro-organismes qui fermentait les déchets.

Source : <http://en.wikipedia.org/wiki/Compost#Bokashi>

Ces ferments EM (ou Ema) sont souvent commercialisés et sélectionnés avec soin, parmi souvent des ferments lactiques.



Le seau de bokashi. Source : <http://vermicomposters.ning.com>



Conditionnement des ferments pour le Bokashi. Source : <http://agrotterra.eu>

Amélioration de la fertilité des sols

18bis) Le panchakavia

En Inde, le panchakavia signifie "*les cinq produits de la vache*" en langage local. C'est une préparation très simple à base de **boisse de vache, d'urine**, de beurre clarifié, de lait, de yaourt, ainsi que de lait de coco, de bananes et de sucre — des éléments que les fermiers ont tous chez eux. Cette recette provient de textes sanscrits très anciens et a été retrouvée il y a huit ans. Il faut d'abord mélanger la boisse de vache au beurre clarifié. Ensuite on ajoute l'urine de vache, le yaourt, le lait puis de la mélasse de canne à sucre. On rajoute du sucre de banane et de noix de coco qu'on mélange au tout. Et c'est prêt ! Dans la recette d'origine, on n'utilise que les cinq produits de la vache. Mais on a rajouté des ingrédients sucrés parce que le sucre accélère la multiplication des microbes. Il faut attendre trois semaines pour verser le panchakavia sur les plantes. On le remue une minute le matin et une minute le soir. Il peut se conserver jusqu'à six mois. Ensuite, pour les cultures, on le dilue de 3 à 10 %, 10 % correspondant à une application pour le sol.

Sources : a) in "*Recettes faciles pour l'agro-écologie chez soi ou dans les champs, expériences d'Inde*", Stéphane Fayon, directeur d'**Annadana** (ONG antenne de **Kokopelli** en Inde, situé à Auroville), in *Solutions locales pour un désordre global*, Coline Serreau, Babel, 2010.

b) <http://www.wikipediatia.org/Panchakavia>

c) <http://www.henduonnet.com/seta/2003/06/05/storeis/2003060500180300.htm> (Teh Hendu)

d) http://agritech.tnau.ac.iin/org_farm/orgfarm_panchakavia.html

e) <http://www.agrobazaarendia.com/agricultuer/panchakavia.html>

Amélioration de la fertilité des sols

19) Vraies et fausses bonnes idées

- Parmi les fertilisants naturels, on peut utiliser des déjections animales (d'animaux domestiques, lisiers _ de cochons ...), crottes humaines (employées en Chine).
- Mais de trop de lisiers industriels déversés dans les prairies artificielles bretonnes ou normandes (en France) conduit aux marées vertes des côtes bretonnes ...
- Un japonais Takao Furuno (°) a obtenu de meilleurs rendements des rizières (6,4 T de riz/hect.), en y faisant patauger des canards mangeant les insectes parasites, les mauvaises herbes, tout en ne mangeant pas le riz qu'ils n'aiment pas. Ces canards oxygènent l'eau. Leurs déjections servent d'engrais.
- Ce « *duck rice* » biologique est très demandé par les japonais.
- Cette technique en apparence simple nécessite malgré tout des précautions *contre les maladies aviaires, les prédateurs* (nécessité éventuellement, de placer des clôtures électriques autour ...). Sinon, ce type d'agriculture apparaît comme le modèle d'agriculture biologique compétitive.

Note : ce japonais a même introduit la pisciculture des poissons dans ces rizières pour augmenter les revenus des paysans.

(°) *Power of duck [Le pouvoir du canard]*, Takao Furuno, Ed. Tagari, 2000 (en anglais). www.tagari.com/store/12



← Marée verte



← Riz + canards

Amélioration de la fertilité des sols

19) Vraies et fausses bonnes idées (suite & fin)

L'utilisation des excréments humains, comme engrais, en Chine, peut donner l'idée de les proposer comme solution de fertilisation des rizières en Afrique.

Or une maladie tropicale, nommée schistosome ou bilharziose, est causée par un ver parasite pénétrant, sous l'eau, par les lésions de la peau, piqûre, égratignure.

Le fait de patauger dans des rizières humides et l'emploi d'excréments humains comme engrais représentent un degré d'exposition élevé à ces parasites dangereux. (*... à moins d'utiliser des bottes dans les rizières et/ou marais et de se protéger les mains avec des gants étanches ...*).

Question posée : peut-on utiliser les bagasses de cannes à sucre comme mulch ? Il faudrait que la couche de mulch soit vraiment couvre-sol et retienne bien son humidité. Il faudrait donc la broyer et la fragmenter afin qu'elle couvre bien le sol sur une épaisseur suffisante et qu'elle soit suffisamment « imperméable ».

Amélioration de la fertilité des sols

20) Pour la réussite du projet

- **L'adhésion de la population au projet (avec son appropriation) doit être nécessaire** (le projet ne doit pas être parachuté d'en haut, sans consultation de la population bénéficiaire).
- Il faut démontrer que les nouvelles techniques apportent plus d'avantages que d'inconvénients (plus de rendement sur le long terme, moins de pénibilité du travail), par rapport à celle existantes.
Note : Les initiateurs du projet doivent a) prévoir que les discussions peuvent déboucher sur un projet initial différent ou bien plus ou moins « aménagé » par rapport au projet initial, b) anticiper tous ses aspects & sa complexité : absence de conscience écologique _ écologie perçue comme luxe d'occidentaux _ passif colonial..
- **Durant la phase de discussion & lors de sa réalisation, il faut se faire aider par des experts agronomes** mais aussi de bons communicants.
- Le projet doit être **suivi** sur le long terme (le suivi = majeure partie du coût du projet).
- Pour la diffusion du projet, l'écoute attentive, la prise en compte des doléances, idées, l'histoire locale, la patience, la persévérance, l'éducation (essaimage des nouvelles connaissances dans la population par des techniciens locaux nouvellement formés) sont nécessaires.
- Un projet de fertilisation durable des sols devrait s'intégrer dans un ensemble global de projets liés, pour améliorer le niveau & la qualité de vie des habitants (comme des projets de développements de nouvelles cultures agricoles, nouvelles techniques agricoles intégrées, reforestation, nouvelles sources d'énergies durables, microcrédit, éducation, construction de maisons autonomes à bas coûts, irrigation + pompes, production d'eau potable etc....).
- Il faut de l'argent mais **il faut éviter de donner l'argent en direct et toute forme d'assistanat**. Les solutions peuvent être le microcrédit (avec avance sur revenus sur 3 ans), l'apport de matériel, une formation et un suivi continu (pour être sûr que la formation a été bien comprise).

Amélioration de la fertilité des sols

21) Conclusion sur l'idéal à atteindre

L'idéal serait d'atteindre l'objectif d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement (une agriculture durable), comme par exemple l'agriculture bio.

Mais cette agriculture, dont les rendements sont plus faibles que ceux de l'agriculture intensive, permettra-elle de nourrir l'humanité si elle était la seule source de nourriture d'origine agricole ?

Amélioration de la fertilité des sols

22) Annexe : 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 demeurerait, 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.

Salinisation par irrigation :

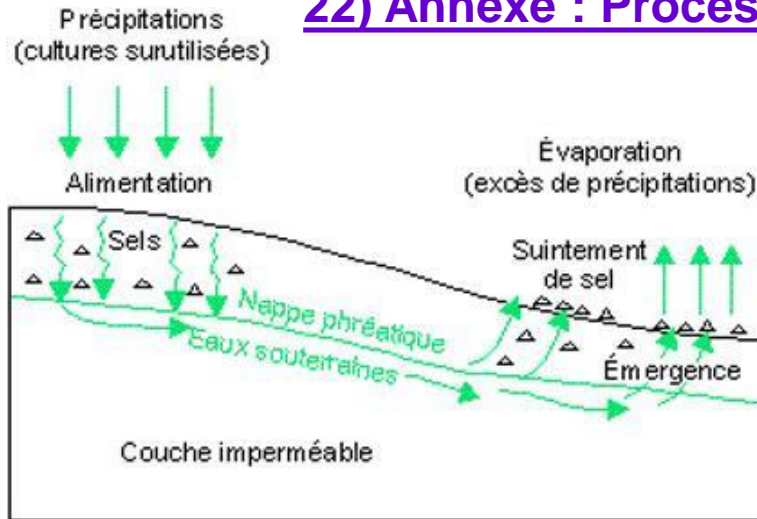
- La salinisation par irrigation peut survenir dans les régions sèches ou les pluies sont trop faibles ou trop peu fiables pour l'agriculture ; l'irrigation y est nécessaire.
- Si un agriculteur pratique le « goutte à goutte », de sorte que coule seulement l'eau que l'arbre ou les racines de la culture 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.

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. Source : *Effondrements*, J. Diamond, Gallimard, 2006, page 459.

Amélioration de la fertilité des sols

22) Annexe : Processus de salinisation des sols (suite)



↑ 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.

- 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

Amélioration de la fertilité des sols

22) Annexe : Processus de salinisation des sols (suite et fin)

Solutions au problème de la salinisation (cours d'[hydrologie](#) du Prof. Musy, EPFL, Lausanne (°))

1) Bonne gestion des eaux et des écoulements

- Une bonne gestion des ressources en eau implique à la fois que l'on empêche l'eau reçue dans les aires d'alimentation de percoler (diffuser) dans les eaux souterraines et que l'on maintienne à un niveau bas et sûr la nappe phréatique dans la zone d'émergence.
- Les coûteuses solutions mécaniques, tel l'aménagement de réseaux de drainage souterrains, doivent être réservées aux terrains les plus touchés.

2) Bonnes techniques culturales

Le choix de **méthodes culturales**, visant la restauration de sols salinisés, dépend de la gravité de la salinisation, de son étendue et des caractéristiques locales. Il faut généralement privilégier **une approche biologique**, en faisant appel à des régimes particuliers d'assolement et de travail du sol.

On peut empêcher l'eau de s'infiltrer dans le sol des zones d'émergence en dérivant l'eau de surface vers des étangs situés au bas des pentes. **Les cultures fourragères et les plantes vivaces, la luzerne**, peuvent jouer un rôle utile, en raison de leur saison de croissance plus longue et de leur capacité d'absorber une plus grande quantité d'eau que les plantes annuelles et ce, à une plus grande profondeur. Ainsi, les cultures fourragères empêchent l'accumulation d'eau souterraine, abaissent la nappe phréatique et assèchent le sous-sol. En outre, elles accroissent la teneur en matière organique du sol et en améliorent la structure, ce qui réduit le risque d'érosion.

Ensemencer des cultures tolérantes au sel dans les terrains où la gravité de la salinisation est raisonnable.

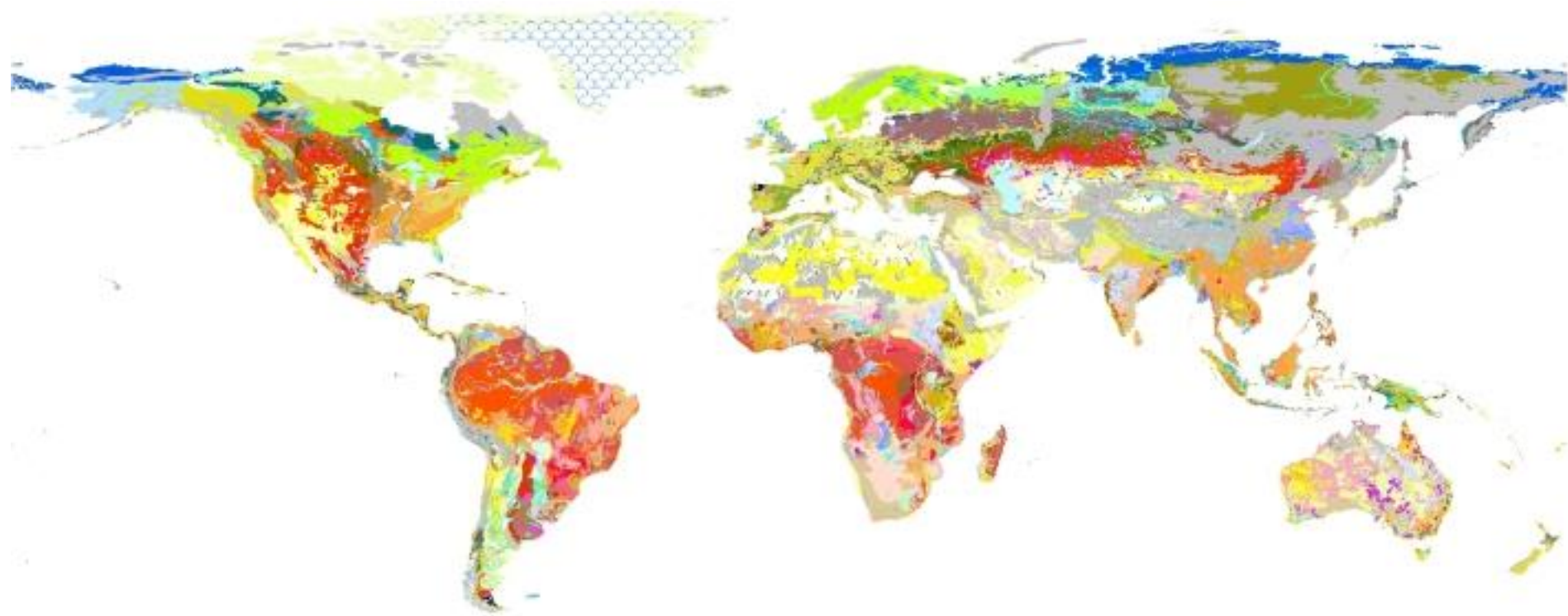
Réduire la mise en jachère par **la culture continue** (terrains peu salins) ou par l'établissement d'une couverture végétale permanente et de cultures tolérantes au sel (secteurs à risque élevé ou salinisation grave). Réduire le travail profond du sol par **l'adoption de non-labour**. Planter des **cultures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

Amélioration de la fertilité des sols

83

23) Annexe : cartes des types de sols dans le monde (suite)



Source: FAO-UNESCO Soil Map of the World (Cartes des sols du monde), Geographic Projection AGL-2007.
(voir commentaires sur cette carte, page suivante).

Amélioration de la fertilité des sols

23) Annexe : cartes des types de sols dans le monde (suite & fin)



Legend

A -ACRISOLS	D- PODZOLUVISOLS	Hh- Haplic Phaeozems	Mg- Gleyic Greyzems	R- REGOSOLS	Wm- Mollic Planosols
Af-Ferric Acrisols	Dd - Dystric Podzoluvisols	HI- Luvic Phaeozems	Mo- Orthic Greyzems	Rc- Calcaric Regosols	Ws- Solodic Planosols
Ag-Gleyic Acrisols	De- Eutric Podzoluvisols	I- Lithosols	N- NITOSOLS	Rd- Dystric Regosols	Wx- Gelic Planosols
Ah-Humic Acrisols	Dg- Gleyic Podzoluvisols	J- FLUVISOLS	Nd- Distric Nitosols	Re- Eutric Regosols	X- XEROSOLS
Ao- Orthic Acrisols	F-FERRALSOLS	Jc- Calcaric Fluvisols	Ne- Eutric Nitosols	Rx- Gelic Regosols	Xh- Haplic Xerosols
Ap-Plinthis Acrisols	Fa- Acric Ferrisols	Jd- Dystric Fluvisols	Nh- Humic Nitosols	S- SOLONETZ	Xk- Calcic Xerosols
B- CAMBISOLS	Fh-Humic Ferralsols	Je - Eutric Fluvisols	O- HISTOSOLS	Sg- Gleyic Solonetz	Xl- Luvic Xerosols
Bc- Chromic Cambisols	Fo-Orthic Ferralsols	Jt- Thionic Fluvisols	Od- Dystric Histosols	Sm- Mollic Solonetz	Xy- Gypsic Xerosols
Bd- Dystric Cambisols	Fp - Plinthic Ferralsols	K- KASTAZNOZEMS	Oe- Eutric Histosols	So- Orthic Solonetz	Y-YERMOSOLS
Be- Eutric Cambisols	Fr-Rhodic Ferralsols	Kh- Haplic Kastanozems	Ox- Gelic Histosols	T-ANDOSOLS	Yh- Haplic Yermosols
Bf- Ferralic Cambisols	Fx- Xanthic Ferralsols	Kk- Calcic Kastanozems	P- PODZOLS	Th- Humic Andosols	Yk- Calcic Yermosols
Bg- Gleyic Cambisols	G-GLEYSOLS	Kl- Luvic Kastanozems	Pf- Ferric Podzols	Tm- Mollic Andosols	Yl- Luvic Yermosols
Bh- Humic Cambisols	Gc- Calcaric Gleysols	L- LUVISOLS	Pg- Gleyic Podzols	To-Ochric Andosols	Yt- Takyrlic Yermosols
Bk- Calcic Cambisols	Gd- Dystric Gleysols	La- Albic Luvisols	Ph- Humic Podzols	Tv- Vitric Andosols	Yy- Gypsic Yermosols
Bv- Vertic Cambisols	Ge- Eutric Gleysols	Lc- Chromic Luvisols	Pl- Leptic Podzols	U- RANKERS	Z- SOLONCHAKS
Bx- Gelic Cambisols	Gh- Humic Gleysols	Lf- Ferric Luvisols	Po- Orthic Podzols	V- VERTSOLS	Zg- Gleyic Solonchaks
E- RENDZINAS	Gm- Mollic Gleysols	Lg- Gleyic Luvisols	Pp- Placic Podzols	Vc- Chromic Vertisols	Zm- Mollic Solonchaks
C- CHERNOZEMS	Gp- Plinthic Gleysols	Lk- Calcic Luvisols	Q- ARENOSOLS	Vp- Pellic Vertisols	Zo- Orthic Solonchaks
Cg- Glossic Chernozems	Gx- Gelic Gleysols	Lo- Orthic Luvisols	Qa- Albic Arenosols	W- PLANOSOLS	Zt- Takyrlic Solonchaks
Ch- Haplic Chernozems	H- PHAEOZEMS	Lp- Plinthic Luvisols	Qc-Cambic Arenosols	Wd- Dystric Planosols	Water Bodies (WA)
Ck- Calcic Chernozems	Hc- Calcaric Phaeozems	Lv - Vertic Luvisols	Qf- Ferralic Arenosols	We- Eutric Planosols	Water bodies (WA)
Cl- Luvic Chernozems	Hg- Gleyic Phaeozems	M- GREYZEMS	Ql- Luvic Arenosols	Wh-Humic Planosols	Glaciers (GL)
					Salt flats (ST)
					Rock debris (RK)
					Dunes/Shifting sand (DS)
					No data (ND)

Amélioration de la fertilité des sols

24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde

Il existe plus de 130 types de sols, selon la classification USDA. Nous en donnerons ici les 11 principaux.

<p><u>Sols des climats humides:</u> Oxisols, Ultisols, Alfisols :</p> <p>a) sols +/- altérés en fonction de leur âge, b) associés aux zones boisées.</p>	<p><u>Oxisols</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">• Climat: la forêt tropicale (Af) [tropicales humides et sèches (Aw)].• Végétation: forêt tropicale (à feuilles larges et tropicales semi-décidues, toujours vertes).• Lieu: régions tropicales et subtropicales.• Très fortement altérée, riche en argile; pauvres en éléments nutritifs• Horizons pas très distinctif.• Riche en aluminium et en fer; formation de latérite. <p>http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/oxisols.html</p>	
	<p><u>Ultisols</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">• Climat: subtropical humide (Cfa) [forêt tropicale (Af), tropicales sèches et humides (Aw)].• Végétation: les forêts tropicales et tempérées à feuilles larges, toujours vertes et feuillus à feuilles larges).• Lieu: Afrique équatoriale et en Amérique du Sud, sud-est de États-Unis.• Comparable à oxisols, mais pas aussi fortement altérés ou pauvre en éléments nutritifs.• Pauvre en éléments nutritifs; riches en argile, le fer et l'aluminium riche.• Horizons plus distinctifs que les oxisols. <p>http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/ultisols.html</p>	

Amélioration de la fertilité des sols

24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde (suite)

Sols des climats humides (suite & fin).

Alfisols :

- Climat: tropical humide et sec (Aw), de la Méditerranée ou de l'été subtropical sec (Cs), subtropical humide (Cfa), continental humide (DFAE, DFB).
- Végétation: forêt tempérée (feuillus à feuilles larges).
- Lieu: sud des Grands Lacs au sud dans le Golfe du Mexique.
- Modérément lessivés; relativement fertiles.
- Horizon O mince, bien plus développés que dans les ultisols.
- Éluviation d'argile des horizons A & E.
- Illuviation d'argile dans l'horizon B.

<http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/alfisols.html>



Amélioration de la fertilité des sols

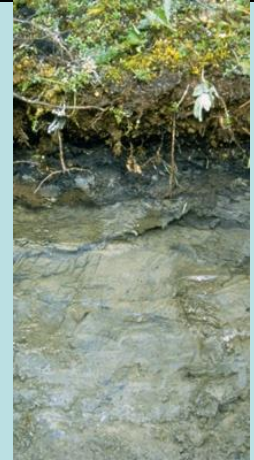
24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde (suite)

Sols des climats froids:
Spodosols, Gelisols (suite & fin)

Gelisols :

- Climat: la toundra (HE) [continental froid et humide (PLC), subarctique (DW)].
- Végétation: plantes basses; végétation de la toundra.
- Lieu: sous les hautes latitudes.
- Permafrost / pergélisol.
- Horizon A sombre due à la présence de la décomposition d'une litière végétale.
- Cryoturbation: mélange vertical à cause des cycles de gels & dégels.

<http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/gelisols.html>



Spodosols :



- Climat frais continental humide (DFB, DFC).
- Végétation: forêt de conifères (sols forestiers acides).
- Lieu: Nouvelle-Angleterre, dans le nord des Grands Lacs.
- Horizon O sableux, épais, acide.
- Horizon A mince.
- Horizon E sableux, gris cendre.
- Horizon B rouge, riche en argile & en fer,

<http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/spodosols.html>



Amélioration de la fertilité des sols

24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde (suite)

<p><u>Sols des climat sec:</u> mollisols, Aridisols : a) Aridisols sont plus secs que mollisols. b) Associés avec les prairies et la végétation du désert.</p>	<p><u>Mollisols :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Climat: subtropical humide subhumide (CFA), subhumide continental humide (DFAE, DFB), steppe des latitudes moyennes (BSK).• Végétation: prairie.• Lieu: latitudes moyennes, du centre des Etats-Unis du Texas au Canada et à l'intérieur du Canada..• Horizon A Épais, riches en matière organique.• Pas d'éléments nutritifs lessivés.• Formation de carbonate de calcium dans l'horizon B. <p>http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/mollisols.html</p>	
	<p><u>Aridisols :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Climat: désertique subtropicale (BWH), désert des moyennes latitudes (BWK).• Végétation: végétation du désert.• Lieu: subtropicales, côté sous le vent des montagnes, l'intérieur des continents, côtes ouest sèches.• Horizon A faible.• Très peu altérée.• Très peu lessivés.• Accumulation de sels. <p>http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/aridisols.html</p>	



Amélioration de la fertilité des sols

24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde (suite)

<p><u>Sols avec des horizons peu développés:</u> entisols, Inceptisols:</p>	<p>Entisols, Inceptisols: a) Sols ayant eu un temps insuffisant pour se développer, b) Matériau fortement résistant, c) environnements actifs.</p>	
<p><u>Sols de formations localisés:</u> Histosols, vertisols, Andisols</p>	<p>Histosols: sols des tourbières. • milieux gorgés d'eau / tourbières. • Continental froid et humide (DFC). • Pourcentage élevée de matière organique. http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/histosols.html</p>	

Amélioration de la fertilité des sols

24) Annexe : Principaux types de sols dans le monde (suite & fin)

<u>Sols de formations localisés:</u> Histosols, vertisols, Andisols (suite & fin).	Vertisols: sols gonflants : <ul style="list-style-type: none">• matériau originel: argiles gonflantes.• régime plus développé dans les climats avec un régime hydrique saisonnier.• profil d'inversion du à un mélange de fissures s'ouvrant & se refermant. http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/vertisols.html	
	Andosols: sols volcaniques : <ul style="list-style-type: none">• matériau originel: cendres volcaniques et pyroclastiques.• riche en humus.• En général des sols fertiles, s'ils sont jeunes.	 <p>Umbric andisol (FAO) / eutric pachic fulvidand (ST) profile at 3200 m asl.</p>

Amélioration de la fertilité des sols

25) Annexe: Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols

Exemples de régions dans le monde aux sols infertiles et/ou fragiles :



24.1)

Cas de l'Islande :

Près de la moitié du pays est désert aride, où la nature n'offre ni nourriture ni abri aux vents violents de l'Atlantique Nord. Mais nous savons, avec certitude, que cela n'a pas toujours été ainsi. Le livre (saga) des Islandais écrit par l'historien *Ari le Savant*, au début du XIIe siècle, décrit la terre trouvée par les colons comme étant « *couverte de forêts de la montagne à la côte [...] il y a des arbres partout. Les gens pouvaient s'y cacher de leurs ennemis pendant des jours, dans tout le pays, certains de ces bois étaient trop denses, pour pouvoir y pénétrer* ».

Cendres volcaniques légères, froid, fortes pluies, vents forts → l'Islande est prédisposée à l'érosion : En Islande, de fréquentes éruptions volcaniques propulsent dans l'air des nuages de cendres, lesquels contiennent de légères particules que les vents forts propagent sur une grande partie du pays, créant une couche de cendre (le tephra) qui peut être aussi légère que du talc. Sur cette couche fertile de cendres, des végétaux finissent par pousser _ mais très lentement, en raison de la situation septentrionale du pays, de son climat froid et sa courte saison végétative _, couvrant la cendre et la protégeant de l'érosion. Mais lorsque cette végétation disparaît (broutée par les moutons ou brûlée par les agriculteurs), la cendre est de nouveau exposée, ce qui la rend sensible à l'érosion. Suffisamment légère, la cendre peut être apportée mais aussi emportée loin, par le vent. A cette érosion éolienne, de fortes pluies s'ajoutent : elles emportent également la cendre par ruissellement, en particulier sur les pentes abruptes (Jared Diamond, *ibid*, page 234).

Amélioration de la fertilité des sols

25) Annexe : Causes de l'infertilité et de la fragilité des sols

Exemples de régions dans le monde aux sols infertiles et/ou fragiles (suite)

24.1) Cas de l'Islande (suite) :

Depuis le début de la colonisation humaine [Viking], la majeure partie des arbres et des végétaux [de l'Islande] initialement présents a été détruite, et environ la moitié des sols des origines ont été érodés par l'océan. Ce qui fait que de vastes zones du pays qui, à l'arrivée des Vikings, étaient verdoyantes sont aujourd'hui transformés en un désert brunâtre sans vie [...] (Jared Diamond, *ibid*, page 231).

24.2) Cas du Groenland :

Comme pour l'Islande, la végétation y pousse très lentement et le sol est donc plus sensible à l'érosion. Les arbres y sont rares (saules et bouleaux nains). Dans le sud, dans des fjords abrités, on trouve actuellement de grasses prairies hautes de 30 cm. Le territoire est fréquemment sujet à de fortes pluies, des vents forts et au brouillard.

La lente croissance des végétaux a pour conséquence une faible teneur, des sols, en humus organique et en argile, éléments retenant l'eau et son humidité. Les sols sont alors facilement asséchés par les vents forts fréquents (page 301).

Dans le cas où de la tourbe est utilisé comme combustible, comme elle se renouvelle lentement, son extraction du sol diminue d'autant la surface des pâturages fertiles (page 304).

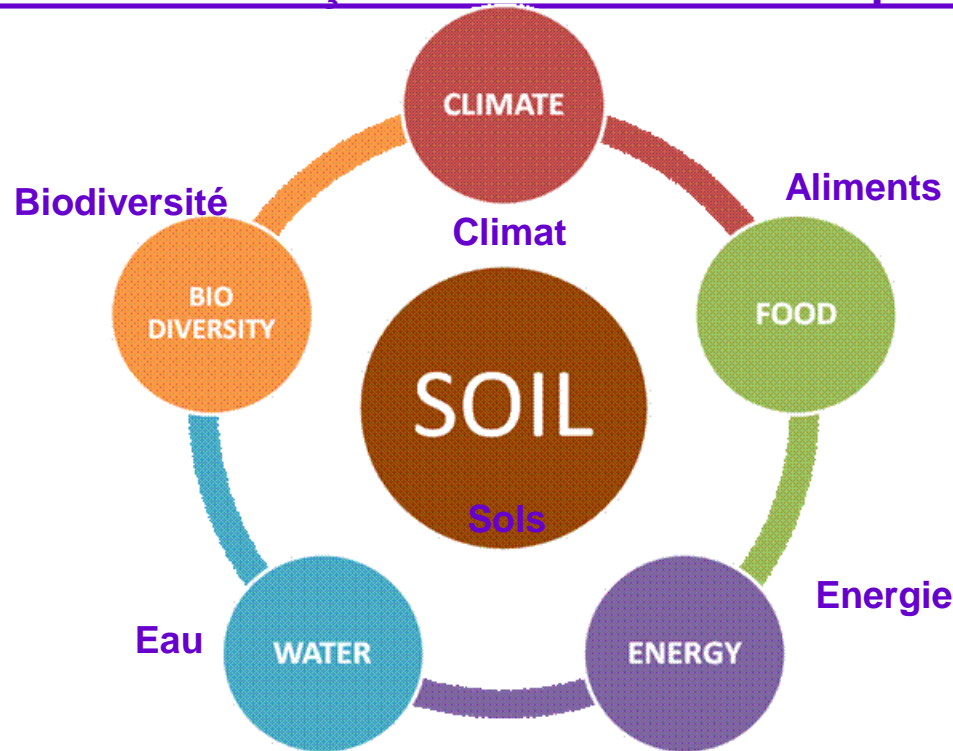
Le martellement des fortes pluies, les vents forts et la faible vitesses de pousse des végétaux sont autant de conditions favorables à l'érosion des sols au Groenland.

Source : *Effondrements*, Jared Diamond, Gallimard, 2006.



Amélioration de la fertilité des sols

26) Annexe : Facteurs influençant sur la fertilité et la qualité des sols



Biodiversité : La biodiversité de la microfaune (& microflore) peut améliorer la fertilité du sol. La biodiversité des essences d'une forêt, d'une prairie... peut améliorer les sols.

Climat : Un climat chaud et humide peut rendre la transformation chimique d'un sol rapide. Un climat sec peut contribuer à augmenter l'érosion éolienne.

Aliments : Le type de culture peut influencer sur la qualité des sols. Certaines apportent leur propre azote. L'apport en nutriments minéraux et organiques y contribue aussi.

Eau : L'eau peut contribuer à lessiver les sols de ses nutriments ou à l'érosion et au ravinement. Le climat et elle peuvent combiner leurs actions.

Energie : L'énergie solaire, combiné au climat peut renforcer certains processus d'altérations physico-chimiques.

Source : www.globalsoilmap.net ("Global issues and impact").

Amélioration de la fertilité des sols

27) Annexe : Le compostage

Le compostage est un procédé de dégradation naturelle de matières organiques, activé par l'air. Le compostage aboutit à la production d'un amendement organique, structurant pour le sol et à libération lente d'éléments minéraux : le *compost*.



↑ Poubelle à compost.



Le compost (sorte de terreau brun) ↑



↑ Compostage de déchets de jardin en récipient aéré.



← Composteur commercial.



Amélioration de la fertilité des sols

27) Annexe : Le compostage (suite)

Résidus organiques compostables

Qu'est ce que je peux composter ?

Les déchets de jardin

- Les fleurs et plantes fanées
- Les feuilles mortes, tontes, taille de haies



Les déchets de cuisine

- Épluchures
- Restes de repas sauf poisson, viandes et os
- Coquilles d'œufs et de noix,
- Marc de café, infusettes de thé



Les autres déchets

- Fumiers d'animaux
- Cendres de bois
- Sciures - copeaux (non traités)
- Serviettes en papier (essuie tout) papier non coloré
- Paillage d'animaux domestiques
- Restes de viandes, os, poissons, fromage, produits laitiers (à intégrer en mélange aux autres déchets et avec parcimonie pour éviter les odeurs).

Attention ! : certaines matières comme les marcs de café se décomposent très lentement. Les matières telles que la viande, le poisson les os ne sont pas recommandées dans la plupart des méthodes de compostage domestique.

Sont interdits de compostage

- Matières synthétiques
- Plastiques
- Métaux, verre
- Litières non dégradables d'animaux
- Poussières des sacs d'aspirateurs
- Terre, sable, pierres, gravats, coquillages
- Morceaux de bois et branches (> 10 mm de diamètre)



- Pour ne pas polluer une partie du compost, il faudrait éviter d'utiliser des bois toxiques, tels que bois créosotés (tels que des traverses de chemin de fer récupérées etc.).

Amélioration de la fertilité des sols

27) Annexe : Le compostage (suite)

Comment fabriquer mon compost ?

Retournez et humidifiez régulièrement votre tas de compost afin d'activer la décomposition (ajout d'oxygène et d'eau). Bien aérer. En fonction du type de matières incorporées, du nombre de retournements et des conditions climatiques de la saison, votre compost peut être utilisé dès le 3e mois, si vous y ôtez les branches et trognons encore non décomposés (compost jeune). Votre compost sera réellement mûr et utilisable entièrement au bout de 6 mois (compost mûr à particules fines, ayant une apparence de terre). Si vous souhaitez utiliser des activateurs, choisissez des activateurs naturels : *solution de levure, purin d'ortie, du fumier, de la terre du jardin ou un vieux compost.*

Résidus organiques compostables

Déchets dits carbonés

- branches broyées, feuilles mortes, paille (on stockera précieusement ces matières pour toujours en avoir à sa disposition pour les mélanger avec les matières azotées) ;
- coquilles d'œuf, coquilles de noix ;
- litières biodégradables des animaux herbivores ;
- papier en évitant ceux qui sont imprimés, carton (il sert de refuge aux vers de terre) ;
- morceaux de tissus en matières naturelles (laine, coton), etc.
- déchets de maison (mouchoirs en papier, essuie-tout, cendre de bois, sciures, copeaux, plantes d'intérieur non malades).

Déchets dits azotés

- déchets végétaux, de jardinage (tailles de haies, tontes de pelouse...), feuilles vertes,
- déchets ménagers périssables (déchets des légumes et de fruits).

Il est ainsi possible de diminuer de 30-50 % sa quantité d'ordures ménagères et de diminuer d'autant la taille des décharges et les volumes de déchets transportés vers les incinérateurs

En pratiquant le compostage de proximité, vous pouvez diminuer près de 100 kg/pers/an (donnée ADEME) la quantité de déchets de votre foyer.

Amélioration de la fertilité des sols

97

27) Annexe : Le compostage (suite)

Pour réussir son compostage :

Symptômes	Causes possibles	Remèdes
Odeur désagréable	Manque d'air (trop d'herbe fraîche par exemple) Trop d'eau	Retourner le tas et ajouter des matériaux grossiers ou riches en carbone Diminuer l'arrosage et protéger des fortes pluies
Le tas et le cœur du compost sont secs	Pas assez d'eau	Retourner le composte et ajouter de l'eau
Le tas de compost est froid	Volume trop petit Surface exposée à l'assèchement Manque d'azote Manque d'oxygène, trop humide Excès de porosité, l'air y circule trop bien	Ajouter de la matière et retournez le tas Fermer le toit et recouvrir d'une toile de jute Ajouter des matériaux verts, riches en azote Brasser et ajoutez des matériaux secs ou un peu de terre Rajouter des fractions fines ou retirer les fragments trop grossiers, et humidifiez
Le cœur du compost est compact	Manque d'aération	Mélanger en incorporant des matériaux grossiers
Les insectes nuisibles (petites mouches et autres) et les animaux sont attirés	Mauvais recouvrement des déchets de cuisine ou présence de matières non recommandées	Recouvrir constamment les déchets de cuisine avec une couche de terre ou du vieux compost, ou encore avec des feuilles et ôtez les matières non recommandées
Odeur d'éther	Peaux d'agrumes et chaleur	Recouvrir les peaux d'agrumes avec d'autres déchets ou mélangez le compost
Odeur d'ammoniaque	Mélange trop riche en matières azotées Température excessive (> 70°C) Ajout de chaux	Rajouter des matières carbonées Brasser le compost La chaux n'est pratiquement jamais nécessaire
Des mauvaises herbes poussent sur mon compost	Température insuffisante	Ne pas mettre de plantes ou de graines malades et mélangez et arrosez le compost

Amélioration de la fertilité des sols

28) Annexe : quelques chiffres

- D'après une étude du professeur d'écologie américain David Pimentel, dix millions d'hectares de terres cultivables sont emportés par l'érosion chaque année. Source : *Frédéric Lewino*, « *La grande menace de l'érosion* », dans *Le Point web*, 06/04/2006 n°1751, Source: <http://www.lepoint.fr/societe/document.html?did=176723> (voir aussi Pimentel, dans le chapitre « bibliographie » dans ce document).
- **78 % des terres émergées ne sont pas cultivables** pour des raisons climatiques (42 %) ou topographiques (17 %). Les contraintes spécifiques liées à la qualité des sols (sols trop minces, trop pauvres, trop humides...), ne concernent que 18 % des terres émergées.
- Ces terres non cultivables sont occupées par des déserts (40 %), des forêts (25 %), des prairies (35 %). **Les terres cultivables représentent 22 % des terres émergées, soit 3 278 millions d'hectares dans le monde. La grande majorité a une fertilité potentielle faible, seuls 3 % ont une fertilité élevée.**
- **La superficie actuellement cultivée (1 460 millions d'hectares) représente la moitié de cette étendue.** Sur les plans surface et technologie, l'alimentation de 12 milliards d'hommes semblerait sans problème...mais cette réserve est inégalement répartie. Elle apparaît importante en Afrique et en Amérique du Sud (forêts équatoriales), mais très faible en Asie Centrale (Inde) ou l'Asie du Sud-est (Chine, Indonésie).
- **On doit également tenir compte des pertes en terres agricoles, entre 6 et 12 millions d'hectares par an, dont 8 millions d'ha transformés en villes ou routes..., et 4 millions perdus par érosion, salinisation, etc.**
- On doit encore tenir compte du fait **que l'extension des zones cultivées se fait au détriment des forêts, dont la fertilité des sols constituant ces réserves peut être faible** et pour lesquels les progrès technologiques pour augmenter les rendements de ces sols ont atteint un plafond maximum (Evans, 1998, voir aussi Evans, dans le chapitre « Bibliographie » de ce document).

Amélioration de la fertilité des sols

28) Annexe : quelques chiffres (suite)

•La perte de productivité du sol et la diminution du couvert végétal sont dus aux activités humaines (et aux variations de climat). Elle touche un quart de la [planète](#). La surface perdue ces vingt dernières années correspond à l'ensemble des terres agricoles des Etats-Unis.

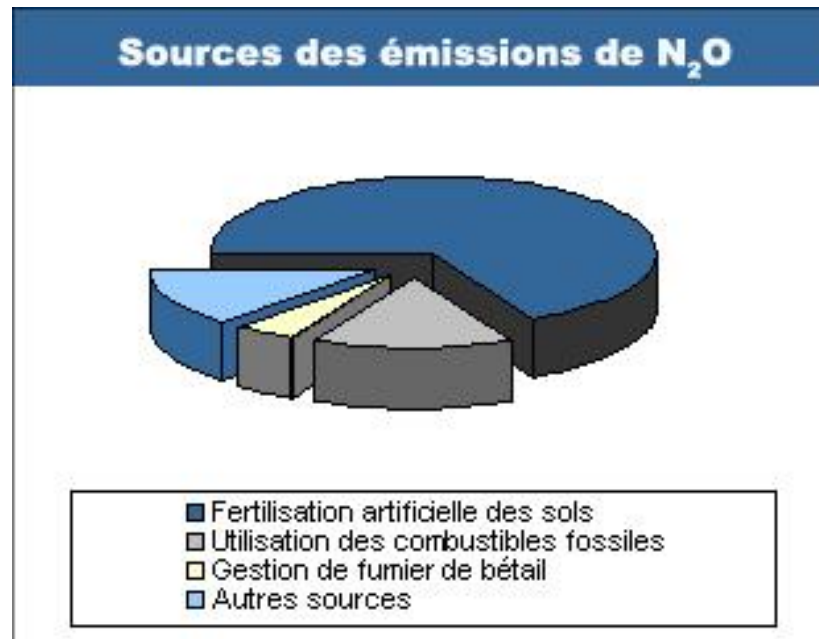
•On prévoit qu'en 2025, elle s'étendra au tiers de la superficie des terres émergées du globe. Et la menace concerne les moyens de subsistances d'environ un milliard de personnes, ce qui entraînera des flux migratoires importants.

Sources : cours d'[hydrologie](#) du Professeur Musy, EPFL, Lausanne.

<http://echo2.epfl.ch/e-drologie/general/tdmchapitres.html>

http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/geologie/d/la-route-du-sel-historique-geologie-alimentation_645/c3/221/p7/

•Les humains sont responsables de 96 % des émissions de protoxyde d'azote. Presque toutes de ces émissions proviennent de 3 sources : 1) fertilisation artificielle des sols, 2) utilisation de combustibles fossiles, 2) gestion de fumier de bétail :



← Source: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2004, EPA. <http://www.votreimpact.org/sources-de-protoxide-azote.php>

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire

Auxiliaires :

Acariens : **Arachnides** les plus représentés dans le sol. Groupe extrêmement diversifié, aussi bien en ce qui concerne la morphologie que la biologie ou les régimes alimentaires de ses représentants. Les acariens occupent principalement les premiers centimètres des sols, mais il existe des espèces des strates profondes. Ces dernières présentent des adaptations morphologiques à l'absence de lumière et à la faible porosité : dépigmentées, portant moins de soies, appendices plus courts, taille réduite. Deux ordres principaux d'acariens, dans le sol :

1) Les Oribates : essentiellement saprophages, participant très activement à la dernière étape de fragmentation de la matière organique. 2) Les Gamasides : surtout carnivores, prédateurs d'autres microarthropodes et de petits vers.

Annélides : Embranchement des vers de section plus ou moins cylindrique, dont le corps est segmenté, ou métamérisé, c'est à dire que chaque segment présente un organisme identique (le lombric est un annélide).

Bactérie : être vivant unicellulaire, microscopique (disposant d'un noyau cellulaire contenant des gènes à base d'ADN).

Bousiers : insectes coléoptères coprophages. La plupart de ces espèces appartiennent aux sous-familles des Scarabaeinae et des Aphodiinae de la famille des Scarabaeidae. Ils se nourrissent exclusivement d'excréments. La sous-famille des Scarabaeinae est parfois vulgairement appelée vrais bousiers. On trouve aussi des bousiers dans d'autres familles, comme les Geotrupidae (le scarabée tunnelier). La seule famille des Scarabaeinae comprend plus de 5 050 espèces.

Cloporte : il est le seul des crustacés terrestre avec un exosquelette rigide, segmenté, calcaire, de couleur jaunâtre-brun pâle (plutôt chez les jeunes) à noirâtre en passant par le gris ardoise. Sa carapace est parfois presque transparente. Ils forment le sous-ordre des **oniscides** (*Oniscidea*) dans l'ordre des isopodes, avec plus de 3 000 espèces connues dont plus de 160 en France (Vandel, 1962). Il possède sept paires de pattes marcheuses. Il est lucifuge et habituellement nocturne. C'est un détritophage qui s'alimente seulement de la matière végétale morte, contribuant ainsi au recyclage de la nécromasse.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Auxiliaires (suite) :

Collemboles : Petits invertébrés, fuyant la lumière (lucifuges), souvent sauteurs, proches des crustacés. Avec les acariens, principaux représentants des **microarthropodes**. On en connaît actuellement environ 3 000 espèces décrites. Longtemps considérées comme des insectes primitifs de la sous-classe des **Aptérygotes**, les collemboles sont maintenant placés dans une classe à part, celle des **Entognathes**. Comme les acariens, les collemboles sont répartis dans tout le sol et présentent des adaptations morphologiques à la profondeur (quelques espèces descendent jusqu'à 30 cm de profondeur). Ils possèdent plusieurs organes spécifiques dont le plus visible est la furca, une sorte de levier post-abdominal permettant le saut. La furca est très réduite, voire absente, chez les espèces les plus caractéristiques des sols profonds. Ils jouent un rôle essentiel dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol et participent donc indirectement à la transformation de la matière organique et au cycle des nutriments. Là où la matière en décomposition (feuilles mortes surtout) est abondante, en forêt par exemple, on en trouve en Europe de 50 000 à 400 000 individus par mètre carré^[3]. On les trouve depuis les forêts tropicales humides aux limites des glaces polaires et jusqu'à la limite des glaciers en altitude. Certaines espèces vivent dans des fourmilières. En zone tempérée ils sont actifs en hiver (hors période de gel), au printemps et à l'automne.

Lombrics : Le sous-ordre des **Lumbricina**, sous-division de l'ordre des haplotaxida des annélides, regroupe l'ensemble des **vers de terre**, soient 13 familles et plus de 5 000 espèces décrites (et de très nombreuses non encore connues, surtout dans les régions tropicales). Le ver de terre, aussi appelé *lombric* est un animal fousseur. Son activité et son écologie en font un acteur majeur dans la structuration des sols. En France, Bouché (°) a recensé 140 espèces de lombriciens (dans son ouvrage de 1972) qu'il a classé en trois catégories écologiques, basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse). (°) Bouché, M.B., 1972. *Lombriciens de France*. Écologie et systématique. Institut national de la recherche scientifique (Ed.), 671 p.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Auxiliaires (suite) :

Nématodes : dans le monde vingt mille espèces de Nematoda, ou Métazoaires Némathelminthes, mais il en existe certainement près de cent mille. Ces tout petits vers sont extrêmement abondants partout dans le monde. Dans le sol, on en trouve par millions. **Microphytophages, saprophages** ou prédatrices d'autres microorganismes, les formes libres vivent dans l'eau interstitielle des sols. Compte-tenu des conditions variables d'hygrométrie, les nématodes ont dû trouver une parade : en cas de sécheresse, ils forment des kystes. La reviviscence (reprise d'activité après une période de vie latente) peut avoir lieu des années plus tard, après réhydratation. De nombreuses espèces de nématodes sont **parasites d'animaux ou de végétaux**, soit pendant toute leur vie, soit durant une période de leur développement. **Ravageurs de cultures**, les parasites phytophages forment des kystes ou des galles dans les racines des plantes. Vous risquez ainsi de rencontrer dans votre potager le Nématode doré (ou *Heterodera rostochiensis*), en réalité deux espèces distinctes (*Globodera rostochiensis* et *G. pallida*). Les larves de ce nématode sont issues d'œufs enkystés dans le sol. Elles percent la cuticule des radicelles de pomme de terre, tomate ou aubergine et se frayent un chemin entre les cellules, provoquant leur gonflement et une mauvaise circulation de la sève. Pour lutter contre ces minuscules mais redoutables parasites, on utilise de (trop ?) puissants nématicides, ou bien, dans la lutte biologique, des champignons prédateurs.

Mais les nématodes peuvent également être des **auxiliaires** : certains sont des **parasites d'insectes ravageurs**. Ainsi *Steinernema feltiae* serait efficace contre les larves de **Sciaridés** (mouches de terreaux), qui s'introduisent dans les racines de plantes annuelles et de plantes en pot, et *Heterorhabditis bacteriophora* protégerait les gazons des redoutables **vers blancs** (larves de **Scarabéidés**).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Auxiliaires (suite) :

Pseudoscorpions (ou *Pseudoscorpiones* ou *Chelonethida*) ou « faux scorpions » : arachnides, ressemblant à des scorpions, avec un corps en deux parties, aplati et en forme de poire. Ils possèdent huit pattes de cinq segments et des yeux simples. La couleur du corps peut aller du jaune foncé au brun sombre, avec une paire de pinces de couleur très différente de celle du corps. Ils ont de très longs pédipalpes qui ressemblent aux pinces des scorpions, mais contrairement aux scorpions ils ne possèdent pas de queue terminée par un dard : l'arrière du corps étant court et arrondi chez les pseudoscorpions. La partie mobile des pinces contient une glande à venin servant à immobiliser leurs minuscules proies. Pour digérer leurs proies, ils injectent par la bouche un liquide contenant des enzymes digestives puis aspirent le liquide obtenu. Ils sont utiles car prédateurs des arthropodes commensaux (larves d'acariens, de psocoptères et de mouches). Prédateur aussi de larves d'acariens sous les élytres de certains coléoptères. près de 3500 espèces de pseudoscorpions recensées. Présents partout dans le monde (pays tempérés, zones tropicales et inter-tropicales). On peut les trouver dans les maisons, sous l'écorce des arbres, sous les feuilles, dans la litière des aiguilles de pin, dans le sol, sous les cailloux et dans les fentes des roches.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Auxiliaires (suite et fin) :

Nom de l'animal	Ce qu'ils mangent
Cloporte	feuilles mortes, bois pourri
Collembole	débris organiques, mycélium de champignon, excréments d' invertébrés
Diploure	débris organique, larves d'insectes , collemboles
Larves de coléoptères	bois morts, écorces
Larves de diptères	débris végétaux et animaux
Acariens Oribates	débris végétaux partiellement décomposés
Pseudo-scorpion	collemboles, acariens
Staphylin	insectes, myriapodes
Tysanoure	débris végétaux
Lombric	débris organiques du sol
Nématodes	fines particules organiques, bactéries

Source : *Recyclage naturel : qui sont les décomposeurs ?* Claire König, www.futura-sciences.com
http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/zoologie-1/d/recyclage-naturel-qui-sont-les-decomposeurs_695/c3/221/p2/

29) Annexe : glossaire (suite)

Arborloo : Voir *Toilettes sèches*.

Accumulation : dans un *horizon*, augmentation de la proportion d'un constituant quelconque (sable, limon, argile, humus, calcaire, silice, électrolyte, etc.) par suite de processus divers : *insolubilisation* ou *floculation* des substances migratrices, entraînement dans les fissures du sol.

Adventice(s) : mauvaises herbes.

Adsorption : phénomène physique consistant en la fixation réversible de particules électriquement chargées sur la surface d'éléments de charge électrique de signe contraire; dans les sols, elle permet la rétention temporaire de certains ions minéraux par les *colloïdes*, prévenant ainsi leur *lixiviation*.

Agrégat : fraction de sol présentant une certaine cohésion, définie par sa forme quelquefois géométrique, et résultant de l'agglomération des particules élémentaires du sol par un liant argilo-humique.

Alios : *Horizon B podzolique* BP cimenté, ou *horizon placique Femp* (voir *horizon*). C'est un horizon peu ou pas franchissable par les racines et par l'eau, qui limite la profondeur utilisable par les plantes. On en trouve, en France, dans les sols de la région des Landes.

Allélopathie : ensemble de plusieurs interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (micro-organismes inclus) au moyen de métabolites secondaires (substances allélochimiques) tels les acides phénoliques, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les alcaloïdes. Ces composés allélochimiques jouent un rôle important dans la compétition aux ressources environnementales que sont l'eau, la lumière et les substances nutritives ; dans l'armement chimique de défense des plantes contre leurs prédateurs, et dans la coopération intra- et interspécifique. L'incorporation de ces substances *allélopathiques* dans la gestion de l'agriculture peut réduire l'utilisation d'herbicides, de fongicides et d'insecticides ; aussi diminuer la détérioration de l'environnement (voir **Culture associé** ou **Compagnonnage végétal**).

(Pour en savoir plus, lire l'article : *Qu'est-ce que l'allélopathie ?*, <http://www.leca.univ-savoie.fr/tmp/Rech/Allelo/alelof.htm>).

Alluvions : a) Dépôt de sédiments charriés par les eaux d'une rivière, d'un fleuve... b) Dépôts constitués par des matériaux solides transportés et déposés par les eaux courantes (cailloux, graviers, sables limons). c) Sédiment des cours d'eau et des lacs composé, selon les régions traversées et la force du courant, de galet, de gravier et de sable en dépôts souvent lenticulaires. La fraction fine correspond à des argiles et des limons. d) particules terreuses, généralement de *texture* fine, entraînées par l'eau parfois sur de grandes distances, puis redéposées.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Altération : décomposition, au contact de l'atmosphère, par voie physique (désagrégation), chimique, biologique, des minéraux constitutifs de roches qui entraîne la formation d'autres substances minérales, oxydées, réduites, carbonatées, etc.

Altérite : Issue de la décomposition physique et/ou chimique du substrat, l'altérite a une composition minéralogique très variable qui dépend du substrat. Matériau sans *structuration pédologique*, l'altérite peut avoir conservé la structure apparente de la roche (*isaltérite*) ou non (*allotérite*).

Amendement : opération destinée à améliorer les propriétés physiques d'un sol (en général, par l'apport de sels minéraux et de sédiment(s)).

Anmoor : Type d'humus formé en anaérobiose non permanente, constitué d'un mélange intime de matière minérale (à dominante argileuse) et de matière organique bien humifiée, noir, très plastique et assez épais.

Argile : 1) Terre blanchâtre, douce au toucher, composée principalement de silice et d'alumine (Source : Wiktionnaire). 2) roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée (phyllosilicates) qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption.

3) On appelle également Argile l'ensemble des fractions minérales inférieure à 2µm dans une roche. 4) Le terme argile a par la suite été plus largement utilisé pour décrire les phyllosilicates et plus particulièrement les minéraux argileux. (Source : Wikipedia). (Voir aussi **Latérite**).

Azote : a) gaz diatomique diazote N₂, constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, représentant presque les 4/5^e de l'air (78,06 %, en volume). b) Les « *minéraux* » contenant de l'azote sont essentiellement les nitrate : nitrate de potassium KNO₃ (constituant du salpêtre) ou « *nitre* » qui servait autrefois à faire des poudres explosives ; nitrate de sodium NaNO₃ (constituant du salpêtre du Chili). (Voir **Fixation de l'azote**, **Masse organique** et **Sels Minéraux**).

Azotobacter : Genre de bactéries de la famille des Gammaproteobacteria. Elles sont dites nitrifiantes car elles fixent l'azote atmosphérique et participent à la fertilisation du sol.

Battance: destruction de la structure d'un sol sous l'effet de la pluie, surtout en cas d'orages, avec formation d'une pellicule ou d'une mince couche superficielle, continue et consistante, dite *croûte de battance*.

Billon (Agriculture) : a) Ados plus ou moins large et bombé qu'on forme dans un terrain avec la charrue. b) Exhaussement de terre fait en labourant. c) Remblai de terre entre les sillons.

Biomasse : quantité totale de matière (masse) de toutes les espèces vivantes présentes dans un milieu naturel donné (écologie).

Bioturbation : Modification de l'organisation d'un horizon, ou d'une terre par les déplacements d'organismes vivants.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Bouillie bordelaise : fongicide composé de sulfate de cuivre additionné à de la chaux.

Brunification : processus caractérisé par une activité biologique forte favorisant la liaison entre les argiles et le fer, on aboutit à des complexes « argile-humus-fer » stables.

Calcique: se dit d'un sol ou d'un horizon dans lequel les cations calcium sont abondants et constituent la presque totalité des ions adsorbés sur le complexe argilo-humique.

Calcaricole : Se dit d'une espèce ou d'une végétation qui se rencontre exclusivement sur des sols riches en carbonate de calcium (calcaire).

Calcicole : Se dit d'une espèce ou d'une végétation se rencontrant exclusivement ou préférentiellement sur les sols riches en calcium.

Capacité au champ : quantité d'eau retenue par le sol après la fin d'une période de pluie et un ressuyage partiel d'une durée conventionnelle de 48 heures, et correspondant à la capacité rétention augmentée d'une partie de l'eau gravitaire.

Capacité d'échange cationique : quantité de *cations*, quelle que soit leur nature, que peut absorber le complexe absorbant d'un sol ou plus généralement les substances *colloïdales* électronégatives ; cette valeur s'exprime en milliéquivalents pour 100 g de sol ou de colloïde (meq %) ; souvent désignée par l'abréviation CEC, CEB ou anciennement par la lettre.

Capacité de rétention : quantité d'eau retenue dans le sol quand celui-ci est complètement ressuyé par *succion* et correspondant aux phénomènes d'attraction intermoléculaire.

Carottage : prélèvement d'un échantillon du sous-sol terrestre ou marin obtenu à l'aide d'un tube appelé tarière que l'on fait pénétrer dans le sous-sol ^[1]. L'échantillon ainsi obtenu s'appelle une **carotte** (par analogie avec la racine de la plante du même nom, la carotte).

Carottier (ou **carotteur**) à main : sonde, composé d'un tube, pour l'extraction de carottes de sols, sur un terrain (voir *tarière*).



← carottier →



29) Annexe : glossaire (suite)

Cernage racinaire (des arbres ...) : maîtrise mécanique des racines des arbres pour les empêcher de pousser vers l'allée cultivée (Voir : **Culture intercalaire**).

Chéluviation : dans un sol, entraînement en profondeur des cations lourds (Al^{3+} et Fe^{3+}) à l'état de *complexes organométalliques* ou *chélates* consécutif à l'*altération* et à la *décomposition* des minéraux du sol par des acides organiques *complexants*; ce processus intervient, en particulier, lors de l'évolution des sols *podzolisés*.

Classification des sols Dans le monde : on utilise de multiples classifications des sols, qui, pour la plupart sont adaptées au pays dans lequel elles ont cours. On peut cependant signaler la classification de la F.A.O. qui est souvent prise en référence dans les régions où n'existent pas de classifications spécifiques, en particulier dans les pays intertropicaux. La classification américaine « Soil taxonomy » est assez souvent employée en dehors des frontières des USA. Elle sert de référence dans un très grand nombre de publications scientifiques. En France, l'ancienne classification des sols de 1967, (dite C.P.C.S.) a été entièrement renouvelée par le Référentiel Pédologique (RP), dans ses versions de 1992 puis 1995. Il se base sur des fonctionnements, des comportements, des situations *paysagiques* et des *solums* diagnostics, eux même définis à partir d'un ensemble d'horizons de référence. Les REFERENCES (écrites en majuscules) sont définies à partir de la morphologie des *solums*, de propriétés de comportement et de fonctionnement, et des processus pédogénétiques. Le second niveau hiérarchique est constitué par le Types : subdivisions des REFERENCES obtenues par un ajout de qualificatifs dont les définitions ont été reprises et coordonnées (voir chapitre « **23) Annexe : principaux types de sols dans le monde** ». Et voir aussi *Code Munsell*).

Climax : stade d'équilibre d'un écosystème relativement stable, conditionné par les seuls facteurs climatiques et/ou *édaphiques*.

-cline** : qui préfère légèrement.

Code Munsell : Charte de couleur utilisée internationalement par les pédologues pour décrire la couleur du sol. Le code comporte trois variables : la teinte qui va du rouge (10R) au brun (10 YR) puis au jaune (Y) et au bleu (B), la clarté qui va du noir (0) au blanc (10) et la pureté qui va du terne (0) au vif (8). La couleur d'un horizon LA issu d'un limon des plateaux est par exemple 10YR 4/3 : teinte = 10YR, clarté = 4, pureté = 3. Une couleur rouille est par exemple 7,5 YR 5/6, et une couleur blanche est 10 YR 8/2. Des formules mathématiques permettent de passer de ce système au système international des couleur (Rouge-Vert-Bleu).

-cole** : qui préfère fortement.

Colluvion : a) accumulation de terre, de cailloux, abandonnés par les eaux de ruissellement sur les pentes ou au bas des versants; à la différence des alluvions, les *colluvions* ne subissent qu'un court transport. b) formations superficielles de versants résultant de l'accumulation progressive de matériaux pédologiques, d'altérites ou de roches meubles arrachées plus haut dans le paysage. Substantif : *colluvionnement*.

29) Annexe : glossaire (suite)

Complexe absorbant : ensemble des substances électronégatives, à propriété colloïdales (principalement l'argile et l'humus) qui ont le pouvoir *d'adsorber* de manière réversible les cations par leurs valences acides, ou de les relâcher dans la solution du sol selon la concentration et la composition ionique de celle-ci.

Concrétion : dans un sol ou une roche, *cimentation* et *induration* localisées des constituants, qui s'effectuent à partir d'un noyau central, en augmentant par couches successives, en faisant parfois apparaître des zones d'accroissement concentrique et prenant des formes et des noms variés.

Compagnonnage végétal : voir **Culture associée**.

Compost : Mélange de matières organiques et végétales utilisé comme engrais.

Compostage : procédé biologique de conversion et de valorisation des matières organiques (sous-produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique...) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques, le *compost*.

Composteur : bac, récipient destinée à fabriquer du compost.

Coprophage (ou **scatophage**) : Se dit des animaux se *nourrissant d'excréments*. Ils jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de métabolisation et de recirculation de la matière organique morte (feuilles mortes, animaux morts, excréments). Ce sont, la plupart du temps, des insectes coléoptères ou diptères (tels que bousiers, mouches, cafards, ...) mais aussi des animaux de la *microfaune* du sol tels qu'*acariens* du sol, *collemboles*, *cloportes* ... etc.

Courbes de niveau : courbe joignant les points ayant une altitude égale.

29) Annexe : glossaire (suite)

Culture associée ou Compagnonnage végétal : a) système de culture consistant à cultiver plusieurs espèces végétales ou variétés sur la même parcelle en même temps (Andrews & Kassam 1976). b) technique d'horticulture consistant à associer, au sein de mêmes cultures, des plantes compagnes l'une de l'autre. Ces plantes peuvent s'échanger divers services (fertilisation, action répulsive ou toxique sur des insectes spécifiques et/ou des mauvaises herbes). Ces interactions s'appellent l'allélopathie. Par extension, dans un jardin potager, on veille à ne pas cultiver côte à côte des plantes du même genre (pomme de terre et aubergine par exemple) qui risquent de se faire concurrence en recherchant les mêmes éléments dans le sol et en devenant une cible facile pour les mêmes maladies cryptogamiques et prédateurs.

Culture intercalaire : 1) Système *agroforestier* consistant à cultiver entre des rangées d'arbres ou d'arbustes (ou d'autres dispositifs de plantation), des plantes cultivées ou des espèces forestières devant croître en plein soleil (en Anglais : *Intercropping*). Source : <http://www.rfq.uqam.ca/dictionnaire/DictionnaireListeFr.asp> , 2) système consistant à faire pousser plusieurs plantes, sur la même parcelle en rangs de proportion et schéma prédéfinis, pour : a) obtenir des rendements plus élevés par unité de surface via un meilleur usage des ressources naturelles, b) offrir une plus grande stabilité de production en cas de mauvaises conditions météorologiques, de maladie ou d'infestation de ravageurs, c) satisfaire les besoins domestiques de l'agriculteur, d) distribuer équitablement les ressources agricoles. Source : <http://agropedia.iitk.ac.in/?q=content/cultures-intercalaires-avec-le-sorghum>

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Culture sur brûlis : a) Technique consistant à brûler les herbes et les broussailles, voire les arbres, sur une étendue de terrain pour en améliorer la fertilité du sol (technique agricole non durable). b) Système agricole qui consiste à essarter et brûler une surface de forêt avant la mise en culture. Cette technique contribue à détruire les forêts primaires et à appauvrir les sols à terme.



← Culture sur brûlis à Madagascar (Tavy).

Source photo : « *Analyse de la problématique du Tavy en vue de promouvoir l'adoption par les paysans des alternatives plus adaptées à la région de Beforona,* » CDE-ESAPP, Janvier 2007, www.cde.unibe.ch/CDE/pdf/E616_product.pdf

Cryoclastie ou **gélifraction** : mode géomorphologique d'altération de sol rocheux, causé par les cycles de gel et de dégel de l'eau à l'intérieur du sol. L'eau ayant une expansion de 9% approximativement entre son état liquide et son état solide, elle force les faiblesses géomorphologiques où elle s'infiltré, à s'ouvrir de plus en plus. La cryoclastie aboutit à la rupture de la roche en morceaux de forme plus ou moins lamellaires, selon sa structure interne initiale. L'étendue des conséquences de la cryoclastie dépend moins de l'intensité du froid que de l'alternance gel/dégel.

Décarbonatation : appauvrissement d'un sol en carbonates par entraînement de ces composés dans les eaux de percolation.

Dégradation (des sols/ des terres) : a) Processus résultant de certaines activités humaines, perturbant une, plusieurs ou toutes les fonctions essentielles du sol (selon Brabant & al., 1996). b) Diminution de la capacité d'une terre à atteindre un certain rendement pour un type de sol (Douglas cité par Steiner, 1996). Elle s'accompagne d'une diminution de la productivité des terres, se présentant sous plusieurs formes : épuisement des éléments nutritifs, perte des matières organiques et érosion du sol.

c) processus des phénomènes dus à l'homme et/ou à l'agressivité climatique abaissant la capacité actuelle et/ou future à supporter la vie humaine. C'est en quelque sorte une situation où l'équilibre entre l'agressivité climatique et le potentiel de résistance du sol a été le plus souvent rompue par l'action de l'homme. La dégradation des sols a des effets visibles sur l'environnement physique et des conséquences socio-économiques négatives.

Désaturation : état d'un sol dont les cations retenus par le complexe *absorbant* sont, en tout ou en majorité, des ions hydrogène.

Désertification : Dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides, issue des différents facteurs comprenant les variations climatiques et les activités humaines (définition de la Convention de l'ONU sur la désertification).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Drainage naturel ou **interne** [du sol] : faculté du sol à éliminer l'eau vers la profondeur.

Eau capillaire : eau contenue dans les pores les plus petits du sol (micropores) et soumise aux forces capillaires.

Eau de gravité : eau qui occupe les pores les plus gros du sol (macropores), à travers lesquels elle s'écoule sous l'action de la pesanteur.

Eau utile : quantité effectivement absorbable par les racines et correspondant à la différence des teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement.

Ecobuage (Agriculture) : a) Opération qui consiste à enlever la couche superficielle du terrain et à brûler sur place les matières organiques qu'elle renferme. b) opération consistant « à brûler par petits tas les végétaux tels que les bruyères, avec leurs racines et leurs mottes, afin d'en répandre les cendres sur le sol », c) « technique agricole traditionnelle consistant à brûler la couche superficielle du sol d'une friche ou d'un champ et à répandre uniformément les cendres sur le terrain pour le fertiliser avant une mise en culture », d) « destruction de la végétation, par le feu pour fertiliser le sol, aménager des terres de culture ou de parcours ». e) action de « peler » (la terre), en arrachant les mottes, avec les herbes et leurs racines, que l'on brûle ensuite pour fertiliser le sol avec les cendres. f) Technique agricole ancestrale aussi appelée "*Débroussaillage par le feu*", qui consiste à arracher la végétation et la couche superficielle de l'humus, d'*incinérer* ces éléments en petits tas, puis d'épandre les cendres sur le terrain afin de l'enrichir en éléments nutritifs. g) Action de couper la végétation d'un sol, de la brûler et d'en répandre les cendres qui servent d'engrais. *Note : Est considéré comme une manière archaïque de fertiliser les terres. Il ne peut être pratiqué n'importe quand, n'importe où et par n'importe qui.* (voir aussi Feu pastoral).



↑ Photo de F. Debaisieux
<http://boiteaoutil.blogzoom.fr/730135/L-ecobuage>



↑ Source photo :
www.ruziere.com/des%20valeurs%20Durables.html



Campagne contre l'écobuage mal contrôlé ↑, cause de feux de brousse ou de forêts, surtout en période sèche ou/et de grands vents.
Source : www.campagnepublique.com/visuels/theme/54-affiches-ecobuage

29) Annexe : glossaire (suite)

Ecosan : Voir *toilette sèche*.

Edaphique : a) relatif aux rapports entre les êtres vivants (leurs répartitions ...) et les sols (leurs caractéristiques ...). b) influence que le sol peut avoir sur le développement de végétaux. Les exigences édaphiques d'une plante concernent essentiellement les facteurs inhérents au sol, et non pas ceux liés au climat, ou à la morphologie. (~ Synonyme de *pédologie*).

Eluviation : Processus de transfert de matériau d'un horizon à un autre horizon de la couverture pédologique engendrant une perte d'éléments fins (par exemple, horizon E) dans l'horizon éluvié (ou appauvri).

Emblaver : *Ensemencer* une terre en blé, ou en toute autre graine.

Engorgement : Processus par lequel toute la porosité accessible à l'eau est saturée (voir : ressuyé).

Engrais : fertilisant.

Ensemencer : (Agriculture) Répandre des semences en vue de les cultiver.

Erosion : processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des roches, qui est causé par tout agent externe (donc autre que la tectonique). Les facteurs d'érosion sont : le climat, la pente, la physique (dureté) et la chimie (solubilité par ex.) de la roche, l'absence ou non de couverture végétale et la nature des végétaux, l'histoire tectonique (fracturation par exemple), l'action de l'homme (pratiques agricoles, déforestation, urbanisation ...). Des phénomènes naturels violents tels qu'une avalanche, un raz de marée (tsunami), un lahar ou un orage peuvent modifier considérablement et rapidement le paysage.

Erosion (lutte contre l') : par la reforestation _ par exemple utilisation de vétiver pour consolider le terrain ..._, par la création de terrasses, d'ouvrages anti-érosion, anti-ravinement _ déversoir empierré ... _ etc.

Eutrophisation : Destruction de la vie animale dans des eaux stagnantes riches en substances nutritives responsables d'une prolifération végétale qui provoque la désoxygénation des eaux (ces substances nutritives pouvant être des engrais répandus d'une manière excessive sur le terre à fertiliser et qui se trouvent dans les nappes phréatiques puis les cours d'eau).

Fertilisation : processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Ces éléments peuvent être de deux types, les engrais et les amendements. La fertilisation est pratiquée soit en agriculture, en jardinage et également en sylviculture. (**Fertilité** : voir page suivante →).

Feu pastoral : pratique ancestrale destinée à favoriser la repousse de l'herbe et à entretenir les paysages pastoraux (cf. *écobuage*).

29) Annexe : glossaire (suite)

Fertilité du sol : a) aptitude des sols à fournir (en quantité optimale et au moment opportun), aux plantes cultivées, tous les facteurs nécessaires à leur croissance et à leur production. b) Combinaison de toutes les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, conditionnant la croissance des plantes, en général, et des cultures en particulier (Adjétey-Bahun,1991). c) Capacité du sol à fournir des nutriments aux plantes. La fertilité du sol traite seulement des aspects nutritifs du sol, et plus souvent seulement des macroéléments, habituellement l'azote et le phosphore et parfois le potassium. d) « Capital d'éléments nutritifs », se définissant comme les stocks d'azote, de phosphore et d'autres éléments essentiels du sol qui deviennent disponibles aux plantes (Wopereis et Maatman, 2002). e) Aptitude d'un sol à produire des récoltes en fonction de ses qualités intrinsèques et des techniques culturales utilisées (Agboh,1994). Agboh identifie deux types de fertilités : la *fertilité actuelle* qui est l'aptitude à produire dans des conditions actuelles de culture. Elle se mesure sur le rendement obtenu. La *fertilité potentielle*, par contre, est cette aptitude à produire dans les conditions optimales de nutrition (par suite de l'activité humaine sur les facteurs modifiables de la fertilité). Elle mesure le rendement maximum.

La couleur du sol est un important facteur pour déterminer le niveau de fertilité d'un sol. La couleur des sols vient le plus souvent des oxydes de fer ou de la matière organique qui recouvrent les surfaces de particules du sol. Les sols riches en MO sont de couleur brune à noire. Les sols noirs sont, en général plus fertiles que les sols qui ont une couleur moins foncée, à cause d'un taux de MO plus élevé (Defoer et al., 2002), sauf cas des *histosols* (sols très acides des tourbières) et *gelisols* (voir annexe 23 principaux types de sols dans le monde).

d) État ordinaire du sol du point de vue de sa capacité à être le support de la croissance végétale. La productivité du sol est sa capacité à fournir un rendement dans les conditions ordinaires; et la productivité potentielle du sol, sa capacité à fournir un rendement dans des conditions optimales (par exemple en faisant intervenir les engrais, les pesticides, l'irrigation, le travail du sol, etc.).

(Voir aussi **Texture** [d'un sol], **Azote**, **Fixation de l'Azote**, **Sels minéraux**, **Matière organique du sol (MO)**).

Fixation de l'azote : La **fixation biologique de l'azote** est un processus qui permet à un organisme de produire des *substances organiques* ou protéiques à partir de l'azote gazeux présent dans l'atmosphère et l'environnement. La fixation de l'azote ambiant n'est réalisée que par certaines espèces de bactéries et d'algues cyanophycées. Toutefois, de nombreuses plantes, principalement de la famille des Fabacées (légumineuses), la réalisent de façon indirecte, en symbiose avec des bactéries de leur rhizosphère, qui se localisent généralement dans des nodosités situées sur leurs racines.

(Voir aussi **Azote** et **Azotobacter**) (Source : Wikipédia).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Fluvisols : Sols occupant les lits mineur ou majeur des rivières (mais pas les terrasses), ils sont développés dans des matériaux récents : les *alluvions fluviales*.

Fongicide : qui détruit les champignons parasites.

Fumier : matière organique (excréments d'animaux additionnés de pailles) utilisée comme produit fertilisant dans l'agriculture. Les fumiers contribuent à enrichir la terre en y ajoutant des matières organiques et des nutriments, comme l'azote. Mais par extension, on utilise aussi ce terme pour tout fertilisant organique naturel, qu'on divise en quatre catégories de fumiers dans la gestion du sol : les fumiers végétaux (engrais verts), les fumiers animaux, le contenu de la panse des ruminants abattus et les déchets de houblon de l'industrie de la bière.

Pour limiter tout *risque sanitaire*, le fumier devrait toujours avoir suffisamment chauffé (~70 °C) avant épandage sur les cultures alimentaires (mais ce chauffage doit être contrôlé régulièrement pour éviter des *feux de fumier*).

Les espèces (insectes, champignons) se nourrissant du fumier sont dites *fimicoles* ou coprophages.

Fumure : amendement d'une terre par incorporation d'engrais.

Gélifraction : voir *cryoclastie*.

Géomorphologie : discipline de la géographie physique et des géosciences décrivant les formes de la surface de la Terre (relief) et explique leur formation et leur évolution, sous l'effet de la tectonique et de l'érosion, ayant comme objet, le relief. On distingue deux sous-branches de la géomorphologie :

- La géomorphologie structurale s'intéresse aux formes dues au géodynamisme interne du globe, c'est-à-dire à la tectonique.
- La géomorphologie climatique (appelée également géomorphologie zonale ou dynamique) se spécialise dans les processus externes qui contribuent à la formation et à l'évolution du relief, l'érosion, l'altération, le transport, le dépôt, etc...

Gestion conservatoire des terres : voir *Gestion intégrée de la fertilité du sol* ci-après.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Gestion intégrée de la fertilité du sol (GIFS) : Plusieurs définitions sont proposées pour définir ce concept complexe :

a) Dans un sens plus large, la gestion intégrée de fertilité du sol (GIFS) se réfère à la meilleure utilisation des stocks d'éléments nutritifs du sol, des amendements localement disponibles et des engrais minéraux dans le but d'augmenter la productivité des terres tout en maintenant (voire en augmentant) la fertilité du sol (Wopereis et Maatman, 2002).

b) La FAO (2000) parle plutôt de *Integrated Soil Nutrients Management (ISNM)* ou *Gestion Intégrée des Nutriments du Sol*, un terme voisin de la GIFS et propose une définition qui semble beaucoup plus vaste. ISNM est défini dans un sens holistique beaucoup plus large du concept de « *gestion conservatoire des terres* », qui embrasse le sol, les aliments, l'eau, les récoltes et les procédés de gestion de la végétation adaptés à un système particulier d'*emblavage* et d'exploitation des terres, entrepris dans le but d'améliorer la fertilité du sol et d'augmenter leur productivité. L'ISNM vise à optimiser l'état du sol, en ce qui concerne ses propriétés physiques, chimiques, biologiques et hydrologiques, afin d'augmenter sa productivité tout en réduisant au mieux la dégradation des terres.

c) Selon Janssen (1993), la gestion intégrée de la fertilité des sols comprend l'emploi combiné des engrais minéraux et organiques de façon à appliquer les nutriments nécessaires et à maintenir la MO du sol. Ceci relève du fait que ces deux formes d'engrais ne sont pas concurrentes mais complémentaires.

d) La GIFS est une stratégie regroupant un certain nombre d'options technologiques : 1) l'amendement du sol à travers l'amélioration du taux de matière organique (engrais vert, agroforesterie, résidus de récolte, ...), du capital du phosphore (phosphates naturels, engrais phosphatés solubles) et/ou du pH du sol (dolomies, gypse, ...). 2) Les méthodes d'élévation de la fertilité des sols à des niveaux de production agricole plus intensive à travers une combinaison optimale des fertilisations organiques et minérales, 3) les méthodes complémentaires pour améliorer la productivité des terres, de la main d'œuvre et du capital investi (méthodes de conservation des eaux et des sols, variétés améliorées, traction animale, ...).

Gestion Intégrée des Nutriments du Sol : voir *Gestion intégrée de la fertilité du sol* ci-avant.

Granulométrie : a) étude de la répartition en lots ou fractions dimensionnelles des particules d'un sol et mesure pondérale de ces lots ou fractions. b) Détermination de l'importance pondérale relative des différentes classes de particules, identifiées par leur taille, constitutives du squelette d'un horizon de la couverture pédologique.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Horizon : (géologie) a) couche caractérisée par des fossiles identiques. b) strate géologique élémentaire caractérisée par sa constitution lithologique et/ou son contenu paléontologique. Dans un sol, les horizons représentent des couches dont la structure, la *texture* et la composition varient selon la profondeur.

La norme **NF X 31-003** définit ce qui doit être décrit pour un *horizon* : son numéro (en allant du haut vers le bas), la transition avec les autres horizons, son état d'humidité, les couleurs de la matrice, des faces des agrégats et des taches éventuelles (abondance des taches, dimensions, contrastes avec la matrice, netteté des limites, forme et orientation, distribution dans l'horizon), la matière organique (fragmentation, décomposition, proportion de débris et résidus), effervescence à l'acide chlorhydrique, éléments secondaires (pseudomycélium, efflorescences, nodules, concrétions, accumulations), éléments grossiers, structure de l'horizon (type, taille, netteté, fentes, surface des agrégats : faces, revêtements), *texture* de l'horizon, compacité, plasticité, adhésivité, consistance, Vides (types, abondance et dimensions des pores), enracinement (abondance, dimensions, orientation, localisation, pénétration, nature des racines, contact sol-racine), traces d'activité biologique, dénomination de l'horizon.

Horizon de transition : horizon faisant le lien entre les horizons sus- et sous-jacents à celui-ci et présentant des propriétés de chacun d'eux ; un niveau qui fait transition entre la zone de départ et le profil altéré.

Humus (parfois nommé **terre végétale**) : couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique, essentiellement par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol. L'humus est une matière souple et aérée, qui absorbe et retient bien l'eau, de pH variable selon que la matière organique est liée ou non à des minéraux, d'aspect foncé (brunâtre à noir), à odeur caractéristique, variant selon qu'il s'agit d'un humus forestier, de prairie, ou de sol cultivé. L'humus est différent du compost par son origine naturelle, mais partage avec lui beaucoup de propriétés, notamment sa capacité à retenir l'eau et les nutriments. Dans le compartiment de la biosphère qu'est le sol, l'humus est la partie biologiquement la plus active. Il est le plus présent en zone tempérée, mais on a récemment redécouvert et étudié une sorte d'humus ancien et d'origine humaine en Amazonie: la terra preta ou terre noire. L'humus est absent des déserts et plus généralement de tout milieu dépourvu de végétation (hautes montagnes par exemple).

Hydrique (*bilan*) : donne la répartition de l'eau ayant pénétré dans un sol en eau perdue par *drainage*, eau retenue par le sol, eau évaporée, eau utilisée par les plantes. Le bilan est dit *favorable* quand l'eau utilisable par les plantes est importante.

Hydromorphe : qualifie un sol évoluant dans un milieu engorgé par l'eau de façon périodique ou permanente.

Hydrolyse : Mécanisme d'altération des aluminosilicates individualisant l'aluminium sous forme de composé insoluble, la silice restant en solution à l'état d'acide non dissocié.

Hygro : relatif à l'humidité.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Insecticide : qui tue, détruit les insectes.

Illuviation : enrichissement d'un horizon du sol en substances colloïdales ou sels minéraux par suite de leur mobilisation et de leur migration à partir des horizons supérieurs.

Isohypse : a) Qui a la même altitude. b) Autre nom des *courbes de niveau*.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Latérite : sol, en général rougeâtre, riche en hydroxydes de fer et d'aluminium (sol ferrallitique), se développant sur des granites ou des gneiss, sous climat tropical humide. **Ce sont souvent des sols pauvres**, déjà lessivés par les fortes pluies tropicales (voir aussi **Argile**).

Lessivage : a) dans un sol, entraînement en profondeur des particules d'argiles dispersées provoquant ainsi leur accumulation dans un *horizon illuvial argilique*; ce terme s'applique souvent, et de façon impropre, aux mouvements descendants de l'ensemble des constituants du sol. b) Transport vertical ou latéral de particules d'argile dans le *solum* vers des *horizons* sous-jacents ou situés en aval. Cette argile est transportée mécaniquement par l'eau. Cette argile *illuviale* se dépose sur les faces des agrégats ou dans les fentes en formant des revêtements (ou *cutanes*).

Lessivé : qualifie un type de sol proche du sol brun, plus ou moins acide, généralement formé sur des matériaux meubles, non calcaires, du moins en surface (*loess décarbonaté*, alluvions anciennes par exemple); sa *pédogénèse* est caractérisée par un entraînement mécanique des argiles en profondeur où elles constituent un *horizon argilique*.

Litière (Pédologie) : Ensemble des *horizons* [hol]organiques. Terme utilisé le plus souvent par les forestiers.

Lixiviation : a) dans un sol, entraînement en profondeur des ions les plus mobiles, dissous ou adsorbés, présents dans la solution du sol; ce processus qui intéresse essentiellement les *cations alcalins* et *alcalinoterreux* est responsable, par exemple, de l'acidification naturelle des sols non calcaires ou de la pollution des nappes phréatiques par les nitrates. b) Mouvement de substances dissoutes causé le transfert de l'eau ou d'autres liquides dans le sol.

Fig.2 Position des latérites en Afrique. (1) Domaine des bauxites et des latosols, (2) domaines des « cuirasses » ferrugineuses (D'après Y. Tardy et C. Roquin, *Dérive des continents. Paléoclimats et altérations tropicales* (in French). Editions BRGM, BP 6009, 45060 Orleans cedex 2, 1998.) →

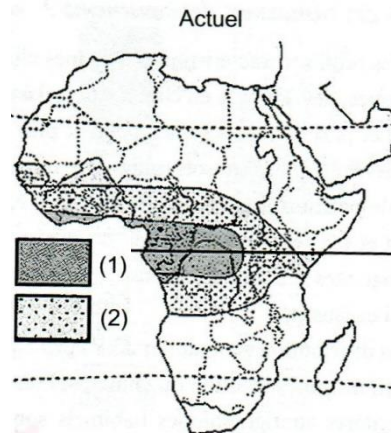
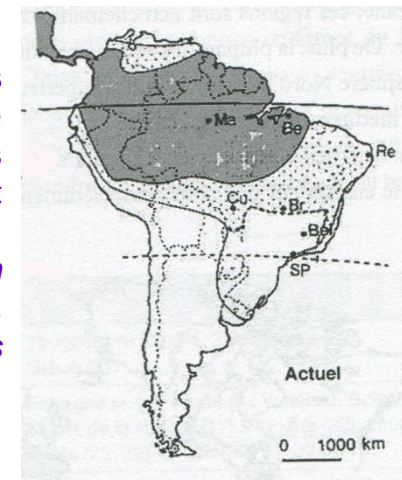


Fig.3 Positions des latérites en Amérique du Sud. En grisé : bauxite; en pointillé : latosols rouges. (D'après Y. Tardy et C. Roquin, *ibid*).

Les sols latéritiques sont en général des sols peu fertiles, car lessivés de tous leurs nutriments.



Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Limon : En géologie et en pédologie, un **limon** est une formation sédimentaire dont la taille des grains est intermédiaire entre les argiles et les sables (entre environ 2 et 50 micromètres, les limites précises peuvent varier quelque peu suivant les laboratoires). Un dépôt majoritairement limoneux peut être qualifié de limon. Les limons caractérisent les dépôts éoliens de loess et sont fréquents dans des dépôts alluviaux. Dans ce dernier cas, ils ont un intérêt majeur pour le renouvellement de la fertilité des sols et donc pour leur exploitation agricole.

Lœss ou loess : roche sédimentaire détritique, en général une terre meuble, fertile, formée par l'accumulation de limons issus de l'érosion éolienne (déflation) (d'origine éolienne), dans les régions désertiques et périglaciaires. Le lœss est formé principalement de silice (quartz détritique) et de carbonate de calcium (Ca CO₃). Il contient, en proportion moindre, des feldspaths, de la biotite (deux minéraux qui, avec le quartz, entrent dans la composition des sables) et des argiles, souvent de la kaolinite (ces argiles pouvant être agglomérées et former des grains de limon fin). Il sont, en général, **très fertiles (riches)**.

Autre définition ; Dépôts éolien beige-jaune clair, très poreux, pulvérulents, formé de quartz, avec des traces de feldspath et d'argile, dont le diamètre des grains varie entre 20 et 40 µm. Il est presque toujours calcitisé secondairement. Il affleure sur environ 10 % de la surface des continents (voir figure ci-dessous), sous la forme de placages dont l'épaisseur est généralement d'ordre métrique à décamétrique. Ce sont un témoin des froids secs (ils sont nés dans un contexte semi-désertique froid).



←Fig. 1. Les loess sont bien localisés dans le monde. Dans l'hémisphère Nord, ils se trouvent à des latitudes de l'ordre de 30 à 50°. (D'après Heller et Evans, *Loess magnetism*, Rev. Geophys., 33, 211240, 1995).

←Les loess sont des sols fertiles.

29) Annexe : glossaire (suite)

Lombricompost (appelé aussi **vermicompost**) : amendement organique, entièrement naturel, issu de la transformation des fumiers de cheval et bovin ou de déchets organiques domestiques en lombricompost par des vers de terre des espèces Eisenia fetida ou Eisenia andrej. Le produit est inodore et tamisé. Son pH est de 7-8 (neutre à alcalin).

Lutte contre l'érosion: voir *Erosion (lutte contre l')*.

Macroporosité : porosité occupée par l'air après ressuyage du sol.

Marmorisation : dans un sol, répartition d'une coloration différente de celle de la masse, le long de fissures, de veines ou sous forme de tâches.

Marne : roche argilocalcaire tendre.

Matière organique du sol : ensemble des substances carbonées provenant des débris végétaux, des déjections et des cadavres d'animaux ainsi que des apports méthodiques de l'agriculteur -épandage de fumier, incorporation d'engrais organiques, en vue d'améliorer la qualité du sol. etc (Lawson, 1993).

Méso** : Moyen.

Mésophile : Qualitatif utilisé ici pour caractériser les conditions moyennes dans un gradient sécheresse – humidité.

Mésotrophe : Moyennement riche en éléments nutritifs, modérément acide et permettant une activité biologique moyenne.

Méthanisation : processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène, grâce à l'action concertée de microorganismes. Voir *compostage*.

Météorisation : altération des roches par exposition aux agents atmosphériques (également dénommés "météores"). Le principal agent de météorisation physico-chimique est l'eau atmosphérique qui agit à la fois comme un réactif chimique, comme un vecteur de transmission d'autres réactifs (le transport de dioxyde de carbone par exemple), et comme un agent d'évacuation des produits libérés par la météorisation (solutés).

Micromorphologie : Etude des sols au travers de lames minces de sol (20 mm d'épaisseur) qui sont examinées au microscope avec ou sans lumière polarisée. Il est ainsi possible d'observer les structures fines sans perturber leurs organisations.

Microporosité : ensemble des vides de moins de 10 micromètres : capable de retenir l'eau et de restituer aux plantes en partie.

Minéralisation : passage des substances organiques du sol à l'état minéral, sous l'action des microorganismes aboutissant à une simplification moléculaire ; la vitesse du phénomène dépend des conditions du milieu : température, humidité, aération, pH, conditions culturales, etc.

MO : matière organique.

29) Annexe : glossaire (suite)

Morphologie : Description et analyse du relief terrestre actuel et ancien pour étudier son passé et son devenir, en prenant en compte les énergies qui ont permis les mises en place des diverses formes morphologiques et en dégagant les principaux agents qui en sont la cause de son évolution.

Mouillère : Terre humide ou marécageuse due à une circulation d'eau libre dans la couverture pédologique et occupant toute la porosité d'un horizon de surface. Cette eau émerge temporairement, le plus souvent, ou d'une manière permanente. Quand la parcelle ayant des mouillères est cultivée, on draine les mouillères. Les méthodes varient avec l'origine et la dynamique de la mouillère. On peut capter la « source », ou aménager une galerie drainante et des drains pour intercepter les écoulements préférentiels qu'il faut rechercher.

Mulch : Voir *Paillage*. Opération consistant à recouvrir le sol, au pied des plantes cultivées, avec des matières végétales opaques mais laissant passer l'air et l'eau. Cette pratique protège la structure de la terre et limite les pertes d'eau et la croissance des mauvaises herbes.

Mulch lithique : Historiquement, certaines cultures situées dans des zones semi-désertiques (Ile de Paques, Néguév, Pérou, Sud-ouest américain) ont utilisé la technique du "mulch lithique", qui consistait à ajouter des graviers à la couche superficielle de la terre cultivée. Cela permet de réduire l'évaporation d'eau due au soleil et au vent, diminue le ruissellement des pluies et réduit les variations de températures (moins chaud durant la journée, plus chaud la nuit). Certaines pierres peuvent même avoir un effet fertilisant, par diffusion lente de sels minéraux. Des expériences modernes effectuées dans le sud-ouest américain à partir des plantes utilisées dans la civilisation Anasazi ont montré que les rendements étaient nettement améliorés par cette technique¹. Ce type de mulch permet de consacrer toute l'eau disponible à la plante. Dans un paillis organique, le paillis absorbe une quantité plus ou moins importante de l'eau disponible. C'est une technique harassante.

Sur l'île de Pâques où l'on utilisait le mulch lithique, on ajoutait au sol des pierres sur une profondeur d'environ 30 cm, qui étaient soit prélevées sur des affleurements rocheux environnants soit obtenues en creusant jusqu'au substratum rocheux pour briser les roches qui les composaient.

Nappe perchée: eau interstitielle saturant une couche interne du sol pendant des périodes plus ou moins longues, située à une profondeur variable et surmontant une couche peu perméable.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Orogenèse : terme scientifique désignant les mécanismes de formation des montagnes (par extension ou compression des plaques tectoniques).

Oxisol : sol des régions tropicales et subtropicales, apparaissant dans les forêts tropicales, par 15-25 degrés nord et sud de l'équateur. Certains oxisols ont déjà été classés comme sols latéritiques. Ils sont composés d'un mélange de quartz, de kaolin, d'oxydes (Fer ...) et de matière organique. La plupart de ces sols sont caractérisés par une fertilité extrêmement faible. La plupart des éléments nutritifs dans les écosystèmes oxisol sont contenues dans la végétation permanente et matière végétale en décomposition. Les oxisols occupent ~ 7,5% de la superficie des terres mondiales (voir aussi *latérite*).

Paillage : action qui consiste à disposer de la paille sur le sol, autour du pied de l'arbre, afin d'éviter le développement des mauvaises herbes, retenir l'humidité du sol et protéger des fortes gelées.

Paléosol : a) Sol qui s'est constitué à des époques où la végétation et les conditions climatiques étaient différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui. b) Sol constitué à des époques géologiques anciennes, recouvert ou encore visible. c) Sol formé anciennement dont il reste tout ou partie des horizons, ce qui permet d'en définir la pédogenèse.

Pédogénèse : a) processus de formation et d'évolution (de transformation) d'un sol. b) processus d'évolution des sols sous l'action des facteurs climatiques et biologiques.

Les facteurs de différenciation de la couverture pédologique sont : 1) les formations superficielles et le matériau dans lesquels la pédogenèse se développe, 2) le relief et la géomorphologie, 3) la végétation, la faune et les diverses actions de l'homme sur elle, 4) l'énergie apportée au système principalement par : le soleil (chaleur), la terre (la gravité) et l'atmosphère (les apports d'eau et de particules), 5) la durée d'évolution. En fonction du temps, et de ces facteurs se différencient les horizons qui vont intervenir dans l'évolution de la couverture pédologique, dans les flux d'eau et de particules en constituant, en particulier des écrans ou des transferts privilégiés.

Pédologie (du grec *Pedon, sol*) : a) est avec l'édaphologie (ou agrologie), une des deux branches principales de la science des sols, de leur formation et de leur évolution. C'est une discipline qui s'appuie sur l'étude des réactions réciproques entre les différentes phases (liquide, gazeuse, solide) composant le sol. On y étudie aussi l'influence des êtres vivants sur les sols (voir *édaphique*). b) Science qui étudie les sols et les horizons dans leurs relations réciproques (c'est à dire la couverture pédologique), ainsi que leurs caractères physiques, chimiques, hydriques, biologiques en lien avec leur position dans le paysage.

Pédologue : Personne dont le travail ou les études portent sur les sols et la couverture pédologique.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Pelosols : Ce sont des sols très riches en argiles, et comportant beaucoup de limons fins, qui sont peu différenciés de la roche mère. En été apparaissent des fissures profondes et larges, qui se referment en période humide ; les horizons de surface s'engorgent et l'horizon Sp devient imperméable. Les labours provoquent une prise en masse en période humide de l'horizon travaillé, et une tendance à durcir après évaporation. Ces sols sont donc difficiles à travailler.

Percolation : Ecoulement dans les fissures, les galeries d'animaux, les pores les plus grands, de l'eau dans la couverture pédologique, sous l'effet de la gravité. Il s'agit d'une eau qui passe rapidement, soit parce que la couverture pédologique est très perméable (*texture* et surtout structure favorables), soit parce qu'étant saturée, les forces de liaison n'interviennent pas.

Pergélisol (en [anglais](#) : permafrost, en [russe](#) : вечная мерзлота, *vetchnaïa merzlota*) : sous-sol gelé en permanence, au moins pendant deux an.

Périglacière : Régions, entourant les zones glaciaires, dans lesquelles la couverture pédologique est dégelée durant une période de l'année. La partie toujours gelée s'appelle le pergélisol (ou permafrost). Dans la partie dégelée en été, se développent les CRYOSOLS qui se caractérisent par : 1/ une ségrégation de la glace en lentilles ou en réseaux réticulés, 2/une agrégation lamellaire du matériau, 3/ une gélifraction : désagrégation du matériau en lien avec la glace, la présence de sols, les matière organiques, 4/ un lessivage des particules inférieures à 50 mm, 5/ un engorgement printanier, 6/ l'apparition de fentes de retrait.

Permafrost : voir *Pergélisol*.

Permaculture : terme provenant de l'expression anglaise « *permanent agriculture* », sous-entendant des méthodes culturales permettant aux terres de maintenir leur fertilité naturelle ... i.e. par des moyens naturels (voir *culture intercalaire* et *culture associée*).

Perméabilité : C'est une propriété de la couverture pédologique à être traversée plus ou moins facilement par l'eau. On peut l'évaluer par un volume d'eau circulante par unité de terre traversée par ce liquide. On utilise souvent un coefficient de perméabilité K, reposant sur la loi de Darcy relative à l'écoulement de l'eau dans une colonne de sable. K est mesuré en cm/h. Sont considérées comme imperméables les terres ayant un K= 0,01 à 0,036 et très perméables celles ayant un K=100 à 360. Il existe plusieurs méthodes et test de terrain pour évaluer K (méthodes Müntz, Bürger, Porchet, Vergière, etc.) qui consistent à mesurer la quantité d'eau qui s'infiltré dans une terre ressuyée. Les terres peuvent être imperméables car leur texture est argileuse, ou parce qu'il existe un écran à la descente des eaux (semelle de labour, horizon argileux, horizon placique, etc.). Il peut ainsi se produire une hydromorphie de surface, qui ne dure pas forcément tout l'année, c'est le cas de certaines nappes perchées. Certaines terres imperméables peuvent être améliorées par amendement calcaire ou/et humifère, d'autres par drainage.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

-phile** : qui aime, favorisé par.

Pouzzolane : roche naturelle constituée par des scories (projections) volcaniques basaltiques ou de composition proche, ayant une structure alvéolaire. Elle est généralement rouge ou noire, avec toutes les teintes intermédiaires, exceptionnellement grise. Elle sert dans la composition du substrat^[3] de certaines cultures, assurant un bon drainage au niveau racinaire.

Podzolisation : a) Formation d'un podzol, par la destruction des argiles par des acides organiques. b) processus de pédogénèse consistant en la destruction des aluminosilicates, sous l'influence des acides organiques, avec libération de l'aluminium à l'état d'ions et d'hydrates, et donnant naissance aux podzols.

Podzosol ou podzol, série podzolique : a) type de sol au pH très acide, lessivé dans sa partie supérieure, infertile pour l'agriculture. Ce sont des sols où l'horizon B est composé d'une accumulation de matières organiques (acides fulviques, principalement), appauvri en fer et aluminium, plutôt siliceux. Le mot est d'origine russe et signifie « cendré », couleur de l'horizon Ahe. C'est un sol des régions froides et humides, on le retrouve notamment sous les Taïgas, il accompagne également - mais plus rarement - certaines forêts tempérées de conifères. Ce sol occupe près de 4% des terres émergées (et non gelées). b) sol présentant un phénomène de podzolisation, avec systématiquement un horizon d'immobilisation des constituants organiques et de complexes organo-minéraux d'aluminium et/ou de fer (donnant une couleur plus ou rouge à cet horizon) ; se traduit par des sols très pauvres chimiquement et très acides, avec souvent des réserves en eu très faibles en périodes estivales dues à des textures souvent grossières. Voir aussi Tourbe.

Point de flétrissement : c'est lorsque le sol a puisé toute l'eau utilisée par les plantes

Poquet : trou dans lequel on dépose plusieurs graines (voir zaï).

Potentiel hydrique : quantité d'énergie qu'il faut fournir pour libérer de l'eau retenue dans le sol.

Pouvoir absorbant: faculté que présente un sol de fixer sur le complexe absorbant, les cations dissous dans la solution du sol.

Pouvoir tampon : aptitude d'une solution à s'opposer aux variations de pH lors de l'addition d'un acide ou d'une base.

Pouvoir tampon du sol : aptitude d'un sol à s'opposer aux brusques variations de pH (PASQUIER); il est fonction de la valeur de la CEC; faible en sol sableux, il est élevé en sol argileux ou humifère.

Pralinage : action qui consiste, avant la plantation, à enduire les racines d'un arbre d'un mélange qui va former une gangue et éviter le dessèchement.

Profil (d'un sol) : Il s'agit d'une séquence d'informations concernant un solum, ordonnée de haut en bas. Ces informations sont relatives à des caractères visuels (profil structural), ou analytiques (profil calcaire, profil hydrique, etc..) ou à des entités synthétiques (profil cultural, profil d'altération,...). Le lieu où sont effectuées les observations est un site d'observation. La succession d'horizons conceptuel est un solum conceptuel (voir solum).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Produits phytosanitaires : produits destinés à soigner les végétaux (à soigner des maladies ...).

Purin : a) déchet liquide produit par les élevages d'animaux domestiques. Il est constitué principalement d'urines complétées éventuellement de la phase liquide s'écoulant d'un tas de fumier. b) en agriculture biologique, produits issus de la macération, de l'infusion ou de la décoction de certains végétaux. Ces purins peuvent servir, selon leur stade de maturation et le végétal utilisé, d'insecticides, de fongicides (lutte biologique), d'engrais ou d'activateur de compost^[1]. Exemple, le purin d'ortie, servant d'insecticide et de fertilisant (dans les climats chauds et humides (tropicaux ..), le purin de « Lilas de Perse » (*Melia Azedarach*), utilisé comme insecticide peut avantageusement remplacer le *purin d'ortie* (en région tropicale). Il existe encore d'autres recettes ou type de *purins*, tels que, par exemple, le purin de *bourrache*, de *consoude*, de *prêle*, de *fougère* ...

Rapport carbone-azote : rapport de la teneur en carbone organique à celle de l'azote total, indiquant le degré d'humification d'une matière organique, d'un type d'humus, d'un horizon, ou d'un sol ; il constitue un indice global de qualité de l'humus (terre de culture où l'humification est satisfaisante : 10 - 12).

Rendzine : sol très peu évolué, climatique ou constamment rajeuni par l'érosion, formé sur roche mère calcaire, dont l'humus, très foncé est un *mull* carbonaté à structure grenue ou grumeleuse très nette.

Ressuyé : Etat d'une couverture pédologique ou d'une terre, dont l'eau excédentaire a été drainée (il n'y a plus d'eau gravitaire) après un engorgement maximum. Cet état peut être équivalent à la mesure, au laboratoire, de l'humidité équivalente.

Rhizosphère : Partie de la couverture pédologique correspondant au volume dans lequel les interactions racines - micro-organismes (bactéries, champignons, mycorhizes, etc.) sont importantes qualitativement et quantitativement.

Roche-mère : On parle de roche-mère uniquement lorsque la roche sous-jacente à la couverture pédologique constitue le matériau dans lequel s'est développé le sol, par altération physique et chimique de cette roche.

RUM : capacité de rétention en eau libre du sol.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Sable : 1) Substance pulvérulente due à la désagrégation de certaines roches. 2) matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres [roches](#) dont la dimension est comprise entre 0,063 ([silt](#)) et 2 mm selon la définition des matériaux granulaires en [géologie](#). Sa composition peut révéler jusqu'à 180 minéraux différents ([quartz](#), [micas](#), [feldspaths](#)) ainsi que des débris [calcaires](#) de [coquillage](#) et de [corail](#). Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sable>

Salinisation : Processus d'enrichissement de la couverture pédologique par des sels solubles. On a alors des horizons saliques Sa dont la structure n'est pas dégradée et qui ont des valeurs assez fortes en conductivité électrique. Les solums de SALISOLS (sols salés) se situent dans les régions côtières (apport du sel par la mer) ou dans les régions arides ou semi-arides avec une forte évaporation qui conduit à une concentrations des sels.

Saturation : état d'une solution qui ne peut plus dissoudre une quantité supplémentaire d'une substance; état d'un sol dont la *porosité* est entièrement occupée par l'eau.

Sapropel /sapropèle : Sédiment limoneux qui se trouve au fond de l'eau, d'origine largement organique.

Sédiment : a) Dépôt naturel formé par les eaux, le vent, etc. b) Dépôt laissé par la glace, le vent ou l'eau. C) Matière solide minérale et organique, déposant au fond de l'eau, par sédimentation, quand les conditions hydrologiques ne la maintiennent plus en suspension dans la couche d'eau. Les *alluvions*, les *limons*, etc., sont des sédiments. Accumulation par dépôt de particules de taille variable ayant subi, indépendamment les unes des autres un transport, ou provenant de la précipitation des minéraux d'un liquide. Ces matériaux proviennent soit de l'érosion de roches anciennes, soit résultent d'une activité biologique (accumulation de coquilles). Après avoir été transportés et déposés, les sédiments gorgés d'eau subissent des transformations ou diagenèses, sous l'effet du poids des épaisseurs accumulées au dessus, ils perdent alors leur eau, les particules se lient entre elles, le sédiment meuble devient une roche sédimentaire dure. Source : www.aquaportail.com/definition-5915-sediment.html

Sels minéraux : Substances provenant de roches qui entrent dans la composition des [organismes](#) et qui sont présents dans l'alimentation [animale](#) et végétale. Ils se présentent sous forme [ionique](#) ([anions](#) ou [cations](#)), exemple : Ca^{2+} pour le [calcium](#), Cl^- pour le [chlore](#) (Voir aussi **Azote**). (Source Wikipedia).

Semer : [Répandre](#) de la [graine](#) ou du [grain](#) sur une [terre préparée](#), afin de les faire [produire](#) et [multiplier](#).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Semis direct : technique culturale simplifiée utilisée en agriculture ou en sylviculture basée sur l'introduction directe de la graine dans le sol, sans passer par le labour dans le cas de l'agriculture, ni par la mise en culture en pépinière dans le cas de la sylviculture.

Semis direct sous couverture végétale permanente : technique culturale basé sur un non-labour du sol, la conservation des résidus de récolte _ servant de couche couvre-sol conservant l'humidité _ et l'implantation de couverts végétaux entre deux cycles de culture (ce couvert végétal sera ensuite fauché pour servir de mulch ou palli). C'est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul un petit trou ou un sillon est ouvert, de profondeur et de largeur suffisantes, avec des outils spécialement conçus à cet effet, pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée et l'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis, est faite avec des herbicides les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert ou par arrachage manuel. Un paillis suffisamment épais et couvrant évite le développement des mauvaises herbes.

Sol : a) Surface sur laquelle on se tient. b) Partie superficielle de la terre. c) Terrain considéré par rapport à sa nature, à sa production. d) En agriculture, c'est la couche la plus superficielle de l'écorce terrestre, qui s'est transformée lentement par la dégradation sous l'action des agents atmosphériques, de la végétation et de l'homme et qui peut servir de support et de source de nutriments aux plantes. Le sol est le support essentiel à la majeure partie de la production agricole dans le monde.

Sa composition est souvent complexe : selon les types de sols, on y trouve de la silice, des carbonates, des sels minéraux, de la matière organique (MO) ... Sa dégradation _ par l'érosion, le ruissellement etc. _ est souvent irréversible, à moins de reconstituer totalement le sol disparu (techniques de reconstitution des sols dégradés plus ou moins complexes).

Solum : Tranche verticale d'une couverture pédologique observable dans une fosse ou une tranchée (voir figure A). On y intègre une épaisseur suffisante de la roche sous-jacente pour en permettre la caractérisation. Les dimensions du *solum* sont de quelques dm de largeur, quelques cm d'épaisseur et de quelques cm à plusieurs m de profondeur. Selon les normes ISO 11259 et NF X31-003 on étudie un *solum* entre autre par une « *Description des propriétés de la couverture pédologique visible dans une fosse ou sur une coupe, et de son environnement en utilisant pour les décrire un système ou une terminologie spécifique* ». On peut représenter schématiquement les *solums* et leurs horizons (voir figure C). *L'épisolum* est l'ensemble des horizons supérieurs d'un *solum* contenant de la matière organique et dont l'organisation est sous la dépendance essentielle de l'activité biologique. (Voir aussi **Sondage, Transect**).

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Sondage : Pénétration verticale dans la couverture pédologique avec enlèvement de matériau (sol, roche) à l'aide d'un outil creux, le plus souvent en forme de tube (tarière). Classiquement on étudie la couverture pédologique avec dix fois plus de sondages que de fosses pour établir une carte pédologique (voir **Carottier**, **Tarière**, **Solum** et **Transect**).

Sous-solage : technique agricole permettant de redonner de la perméabilité au sol en améliorant le drainage naturel et la circulation capillaire horizontale de l'eau sur les sols labourés. Il permet de lutter contre les semelles de labour (lissage et compactage du fond du labour, exacerbé par un travail en condition trop humide ou par une charrue usée).

Stabilité structurale: intensité de la résistance opposée par les agrégats d'un sol aux agents qui tendent à les détruire (pluie, tassement, etc.).

Structure (pédologie) : 1) Ensemble d'agrégats, organisés spatialement entre eux dans un horizon ou une partie d'un horizon. On définit les types de structure à partir de leur forme, ainsi que de leur taille et de la netteté du développement. On donne les tailles des structures en mesurant, en cm, le diamètre moyen, ou la largeur ou l'épaisseur. 2) disposition des éléments constitutifs du sol, en agrégats ou en unités structurales. Source : http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/Texture_du_sol (voir aussi **Texture** [des sols]).

Stratification (géologique) : Arrangement des matériaux géologiques par couches dans les terrains sédimentaires.

Stratigraphie : discipline des sciences de la Terre ayant pour objet l'étude des couches sédimentaires qui se sont déposées à la surface de la Terre (c'est à dire la succession des différentes couches géologiques ou strates).

Il s'agit d'une approche intégrée, en ce que des résultats apportés par la géochimie, la paléontologie, la pétrographie, l'astronomie... sont réunis et exploités à travers différentes méthodes : biostratigraphie, chimiostatigraphie, lithostatigraphie, magnétostatigraphie, cyclostratigraphie...

Substrat : a) matériaux (en général *organique*, tel que le *terreau* ...) permettant la fixation des racines d'une plante (synonyme de support de culture en horticulture). b) matériaux servant de support.

Substratum : formation géologique constituant le socle d'une forêt ou d'une région.

Surrection : soulèvement progressif d'une portion de l'écorce terrestre (exemple, surrection des Alpes).

Taux de saturation: rapport, exprimé en %, de la quantité S d'ions (en meq/100g) adsorbés sur le complexe argilo-humique sur la quantité T d'ions métalliques susceptibles de l'être ; la différence T-S représente principalement les ions H⁺ et Al³⁺, responsables de l'acidité du sol.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Tarière : en pédologie, outil permettant de percer le sol, pour en sortir des échantillons à fins d'[analyses pédologiques](#) (voir aussi **carottier**).

Tavy : Appellation de la *culture sur brûlis* à Madagascar (voir *Culture sur brûlis*).

Tectonique : étude des structures [géologiques](#) d'échelle kilométrique et plus, telles les chaînes de [montagnes](#) ou les [bassins sédimentaires](#), et des mécanismes qui en sont responsables. Cette discipline est directement rattachée à la [tectonique des plaques](#).

Techniques culturales simplifiées / Technique de Conservation des Sols (TCS) : Elles préconisent de laisser dans les champs les débris végétaux, [chaumes](#) et [pailles](#), pour limiter l'[érosion](#) des sols. Cela favorise le développement de la [microfaune](#), et notamment les [vers de terre](#), qui ameublissent la terre à la place de l'agriculteur. Un travail superficiel du sol avant le [semis](#) sera, selon les cas, plus ou moins nécessaire. Cela peut aller d'une préparation très sommaire juste sur la ligne de semis, le [semis direct](#), jusqu'à un [déchaumage](#) complet sur l'intégralité de la surface.

Tectonique des plaques : ensemble des [mouvements](#) et des dislocations agissant sur les plaques plus ou moins rigides qui constituent la surface de la terre appelée [lithosphère](#).

Terre (dite) de bruyère : Terre acide et pauvre, sableuse que l'on prélève en forêt, à des endroits favorables au développement de la bruyère, et que l'on utilise pour la culture de plantes calcifuges et acidophiles. Suivant les cas, la terre de bruyère peut être à prédominance siliceuse, humifère ou tourbeuse.

Terra rossa : **FERSIALSOL** dont le matériau est des argiles de décarbonatation issues de calcaires durs. Ces argiles subissent une rubéfaction, déshydratation des sels de fer. On les trouve dans les régions à climat très contrasté, en particulier dans les régions méditerranéennes. Dans certains cas, s'étant formés anciennement, ils peuvent servir de matériaux pour la pédogenèse actuelle, donnant lieu à des paléosols.

Terra preta (*Terre noire* en [portugais](#)) : [sol](#) anthropogénique (c'est-à-dire d'origine humaine) d'une [fertilité](#) exceptionnelle due à des concentrations particulièrement élevées en [charbon de bois](#), matière organique et [nutriments](#) tels que [azote](#), [phosphore](#), [potassium](#), et [calcium](#).

Terre végétale : voir *Humus*.

Tarière manuelle →



Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Terreau : support de culture naturel formé de terre végétale enrichie de produits de décomposition (fumier et débris de végétaux décomposés). Le terreau doit avoir une porosité en air et en eau permettant à la fois l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur contact avec les solutions nécessaires à leur croissance (engrais)^[1]. Il doit aussi permettre un bon drainage, ce qui est rarement le cas des terreux commerciaux auxquels il faut donc souvent ajouter du sable de granulométrie moyenne (2 à 3 mm).

La norme NF U 44-551 définit six dénominations en fonction du pH, de la teneur en matière organique et du rapport entre teneur en matière organique et teneur en azote (MO/N). Il s'agit de terreau, de terre de bruyère, de tourbière, de tourbe et de substrat végétal non fermenté (paille fraîche, sphagnum, racines, écorces).

Terroir : Le terroir est la résultante de la combinaison de facteurs du milieu (biologiques, minéral, hydrique et énergétique) et du comportement des hommes (individu, groupe social, s'exprimant par des aspects juridiques et politiques, économiques) à son égard durant les années et les siècles. Le terroir influe sur l'homme, le façonne, car celui-ci doit s'adapter aux contraintes de milieu du terroir. L'homme en retour, façonne le terroir pour l'adapter à ses besoins à une production spécifique (label terroir). Par ces adaptations dues aux contraintes du milieu et de l'homme il se dégage divers aspects culturels et des modifications sur l'étendue du terroir. Pour cette raison les limites d'un terroir, variables dans la durée, sont souvent difficiles à tracer d'une manière rationnelle.

Texture [d'un sol] (pédologie) : Composition d'un sol en **sables**, **limons** et **argile** (elle classe les éléments constitutifs du sol selon leur dimension). On distingue la texture argileuse, limoneuse, sableuse et équilibrée _ celle-ci correspondant à l'optimum, présentant la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts. Exemple de granulométrie favorable à la culture : **20 à 25 % d'argile, 30 à 35 % de limons, 40 à 50 % de sables.**

Source : http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/Texture_du_sol . Répartition dans ce sol des minéraux par catégorie de grosseur (en fait, diamètre des particules supposées sphériques) indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. La texture du sol ne tient pas compte du calcaire et de la matière organique. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Texture_du_sol (Voir aussi **Structure** [des sols] et **Triangle des textures**).

Selon la Norme ISO 11259, la texture, déterminée au champ pour chaque horizon par essai tactile et en fonction de caractéristiques visibles, permet de caractériser le comportement de l'horizon, entre autres vis-à-vis des travaux aratoires, et de la circulation de l'eau ou de l'implantation des racines, etc.. La texture permet d'émettre des conclusions quant aux propriétés des horizons. Elle se différencie donc de l'analyse granulométrique qui s'effectue au laboratoire dans des conditions normalisées, et qui détruit les agrégats, la matière organique, les carbonates et les divers ciments.

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite)

Toilette sèche : aussi appelées *toilettes à compost*, *toilettes à litière (sèche)* ou *TLB (Toilettes à Litière Biomaîtrisée)* : a) *toilettes* n'utilisant pas d'eau, avec lesquelles il est possible de récupérer les *excréments* pour en faire du *compost* ou de la *biométhanisation*. b) toilette dont on récolte les fesses et l'urine humaines, utilisées à des fins de fertilisation des sols.

Tourbe : a) Ce terme présente des sens divers en géologie et écologie. En conséquence, en Pédologie on a retenu le terme de HISTOSOLS pour caractériser les sols se trouvant dans une tourbière. La tourbe, en tant que matériau peut servir pour améliorer les qualités physiques de certaines terres en en augmentant la réserve en eau. Elle sert aussi dans la composition de certains amendements. Elle est encore utilisée comme combustible, de qualité médiocre. b) humus _ apparaissant sur la forme d'une matière combustible en général noirâtre _ formé en conditions anaérobies dans un milieu humide et gorgé / saturé d'eau, suite à l'accumulation sur de longues périodes de temps de matière organique morte, essentiellement des végétaux. Son épaisseur peut atteindre plusieurs mètres. On distingue deux types de tourbe :

- La tourbe acide (oligotrophe) _ la plus courante _ qui se forme dans les cuvettes où s'accumulent les eaux pauvres en calcium (d'origine atmosphérique). Le pH est fortement acide (entre 4 et 5) et le *rapport C/N* est de l'ordre de 40.
- La tourbe calcique qui se forme dans les bas-fonds constamment saturés d'eau sur substrat *calcaire*, l'alimentation en eau provenant d'une nappe d'eau alimentée en permanence. Le pH est neutre (ou légèrement alcalin) et le *rapport C/N* inférieur à 30.

Tourbière : Gisement de tourbe. De nos jours, on exploite moins les tourbières. (voir HISTOSOLS).

Transect : Zone d'échantillonnage de forme linéaire ou allongée, choisie comme base pour étudier la couverture pédologique ou une caractéristique particulière du sol (voir aussi **Sondage**, **Solum**).

Transfert : Migration de substances en solution ou en suspension ou autre dans la couverture pédologique, causée par l'eau, l'air, les organismes du sol ou les activités de l'homme.

Turricule : Déjection des vers de terre.

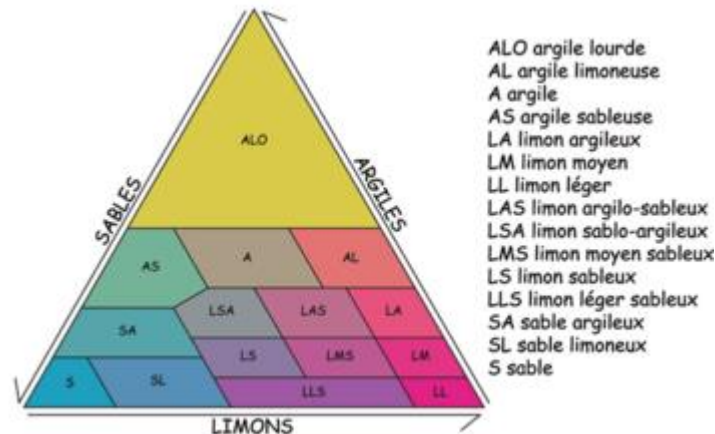
Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite & fin)

Triangle des textures : a) La classification des textures [des sols] est représentée à l'aide d'un triangle, appelé **triangle des textures**, dont les trois côtés correspondent respectivement aux pourcentages de sable, de limon et d'argile.

B) Les classes de texture sont généralement données dans des diagrammes triangulaires, équilatéraux ou rectangles, divisés en zones de texture déterminée. Différents diagrammes ont été proposés. Ils réduisent les compositions granulométriques à trois fractions (argile, limon, sable) dont la somme fait 100 %. Le principe est toujours le même : on positionne la composition granulométrique selon 2 des 3 fractions. La troisième est forcément égale au complément de la somme des deux premières à 100 %. Par exemple, pour un sol à 35 % d'argile et à 50 % de limon, la proportion de sable est égale à 15 % car $[100 - (35 + 50)] = 15$. Parmi les référentiels existants, on peut citer le diagramme USDA (12 classes), le diagramme FAO-UNESCO (3 classes), le diagramme belge (7 classes), ainsi que les triangles anglais (11 classes), suisse (10 classes), néerlandais (10 classes), ISSS (12 classes), etc. En France, deux diagrammes sont couramment utilisés :

- celui du **GEPPA** (1963), qui comporte 17 classes.
- celui du Service de la carte des **sols de l'Aisne**, qui comporte aujourd'hui 15 classes (voir exemple ci-après).



Triangles de texture représentant la carte des sols de l'Aisne à 15 classes

(voir aussi **Texture [des sols]**). Source : http://wiki.laboratoirrelca.com/index.php/Texture_du_sol

Amélioration de la fertilité des sols

29) Annexe : glossaire (suite & fin)

Xéro** : relatif à la sécheresse.

Zai : technique d'intensification et de récupération des sols dégradés consistant à concentrer l'eau et les nutriments dans des poquets (voir *poquet*).

Zéolithe : Alumino-silicate hydraté. Minéral formé naturellement dans des eaux alcalines ou dans les sédiments, les zéolithes ont la propriété de gonfler sous l'effet de la chaleur. Chimiquement, elles s'hydratent et se déshydratent de façon réversible. Comme transporteur de potassium, certaines font office *d'engrais pour l'agriculture*.

(source d'information sur les zéolithes : http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/chimie-2/d/zeolithe_4645).

Sources de ce lexique ou de ce glossaire pédologique :

Lexique de science de la vie et de la Terre : <http://www.didier-pol.net/6LEXIQUE.html>

Lexique de pédologie : http://cmoi51100.free.fr/Foret/pdf+cours/Biologie/lexique_pedo.PDF

Note : Le *glossaire de pédologie* de Michel Claude Girard (AgroParisTech) est assez complet, <http://138.102.82.2/cours/science-du-sol/glossaire-de-pedologie=article13.html>

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie

a) Livres sur les techniques d'amélioration de la fertilité des sols et la pédologie :

- *La fertilisation azotée des légumes sous abris*, Christiane Raynal , Serge Le Quillec , Dominique Grasselly, du Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), www.ctifl.fr
- *BRF vous connaissez ?*, Jacky Dupety, Bernard Bertrand, Éditions de Terran , 2007, 128p.
- *Les bois raméaux fragmentés*, Eléa Asselineau et Gilles Domenech, Éditions du Rouergue.
- *Le sol, la terre et les champs: Pour retrouver une agriculture saine*, Claude & Lydia Bourguignon, Sang de la Terre, 2008.
- *Les mycorhizes, la nouvelle révolution verte*, J. André Fortin, Christian Plenchette, Yves Piché, Quae éditions, 2008.
- *Parole de terre : Une initiation africaine*, Pierre Rabhi, Albin Michel, 1996.
- *L'Analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation : Le contrôle de la qualité des fruits*, Jean Gagnard, Claire Huguet, Jean-Pierre Ryser, et Section régionale ouest paléarctique Organisation internationale de lutte biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles, ACTA, 1988.

En anglais :

- *Advances in Agronomy*, de Donald L., Ph. D. Sparks, Academic Press Inc, 2007.
- *Towards Holistic Agriculture - A Scientific Approach - R.W. Widdowson, Pergamon; 1st edition, 1987 (Ensemble de techniques intégrées. A vérifier).*

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite)

b) Ouvrages sur la pédologie

- *Le sol vivant : Bases de pédologie - Biologie des sols*, Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, et Willy Matthey, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2003.
- *Soil Classification: A Global Desk Reference*, Hari Eswaran, etc., Robert J. Ahrens, et Thomas J., CRC Press, Boca Raton, 2002.
- *La pédologie. que sais-je ?*, Aubert G. et Boulaire J., PUF, 1967.
- *Le monde secret du sol*, Patricia Touyre, Delachaux & Niestlé, 2001.
- *Le Sol – Propriétés et fonctions*, Raoul CALVET, Dunod :
- Tome 1: Constitution et structure, phénomènes aux interfaces.
- Tome 2: Phénomènes physiques et chimiques.
- *Les pesticides dans le sol, Conséquences agronomiques et environnementales*, Raoul CALVET, Éditions France Agricole.
- *La science du sol. Bibliographie, lexique et dictionnaire pédologiques*, Bernard Kayser, Annales de Géographie, 1959, Volume 68 Numéro 368 pp. 350-351.
- *Petit lexique pédologique*. Denis BAIZE, INRA Éditions.
- *Guide des analyses en pédologie*, Denis BAIZE, INRA Éditions.

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite)

c) Ouvrages et articles sur la fertilisation ou dégradation des sols

- BRABANT P., DARRACQ S., EGUE, K. et SIMONNEAUX V. 1996. *Etat de dégradation des terres résultant des activités humaines* (Notice explicative de la carte), ORSTOM, Paris, 1996, 57 p.
- FAO 2000. *Guidelines on integrated soil and Nutrient Management and conservation for Farmer Fields Schools*, vol. AGL/MIS/27/2000, Land and plant Nutrition Management service and Land and Water Development Division, Rome, 164 p.
- GROS, A. 1979. Engrais : *Guide pratique de la fertilisation*, La maison rustique, Paris, 7e édition, 542 p.
- STEINER, K.G 1996. *Causes de la dégradation des sols et approches pour la promotion d'une utilisation durable des sols* (version française : GUENAT, D et LAURENT, F.), Acade, Bussigny, Suisse, 97 p.
- SAUTIER D., O'DEYE M., Bricas N., Faure J., MUCHNIK J., 1989. Mil, Sorgho : *Techniques et alimentation au Sahel*, Edition harmattan, Paris, 142 p.
- STRUIF-BONTKES, T, LAMBONI, D. et ANKOU, A. K. 2002. *QUEFTS pour une fertilisation équilibrée*. In : Atelier sur l'utilisation des modèles et des SIG en agriculture, 02-06 décembre 2002, Lomé. IFDC-Division Afrique, 2002, 3p.
- Michel Mustin, *Le compost : Gestion de la matière organique*, Eds: François Dubusc, Paris, 1987
- Le bois raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe*, par Gilles Lemieux, Professeur au Département de Sciences du Bois et de la Forêt, Faculté de foresterie et de géomatique, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux; et Alban Lapointe, Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts), Québec.
- Un Autre Jardin ou les Méthodes Jean Pain*, Jean Pain, 1972.
- "*The Power of Duck - Integrated Rice and Duck Farming*", Takao Furuno, édition Tagari (Australie), 2001, toujours disponible en vente en ligne sur cette page <http://www.tagari.com/store/12>, au prix de \$39.00 AUD (incl. GST) ou \$35.45 AUD (excl. GST) (dollars australiens). Une méthode de fertilisation du riz avec des canards.

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite)

d) Ouvrages sur l'érosion

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

e) Articles et revues

1) Articles de l'INRA dans *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* :

- Cayrol J.C., Djan-Caporalino C., Panchaud-Mattei E., 08/1992. **La lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites**. CE, 17, 31-44. (L). Laboratoire de Biologie des Invertébrés INRA, BP 2078, 06606 Antibes, <http://www.inra.fr/dpenv/cayroc17.htm>
- Pascal M., 1998. **Lutte chimique, Campagnol terrestre, bavures et états d'âme : mise au point**. CE, 35, 61-64. (L)
- Ramousse R., Le Berre M., Giboulet O., 1999. **La Marmotte alpine**. CE, 36, 39-52. (L)
- Deprince Aline, 2003. **La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives**. CE, 49. <http://www.inra.fr/dpenv/faunedusol.htm>
- Bouché M., 1996. **Lombricidés**. CE, 30, 1-2. (L)
- Geoffroy J.-J., 2001. **Lithobius drescoi**. CE, 44, 1-2. (L)
- Guilbot R., 2003. **Les bousiers**. CE, 48, 1-2. (L)

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite)

f) Sites web et doc web :

- www.cirad.fr Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, organisme scientifique spécialisé en agriculture des pays du sud.
- www.agrireseau.qc.ca (voir rubriques [Agriculture biologique](#), [Agroenvironnement](#)), www.agritechnique.com
- <http://www.nlsd.fr/> non labour & semis direct.
- www.afd.fr : AFD (Agence française de développement) : participe au financement du développement des pays pauvres.
- www.lesjardinsdebrf.com
- www.inra.fr : INRA (Institut de recherche agronomique).
- <http://soco.jrc.ec.europa.eu>
- http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas
- http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_et_d%C3%A9gradation_des_sols
- World Soil Resources : <http://soils.usda.gov/use/worldsoils>
- <http://www.globalsoilmap.net/>
- <http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/wrbmaps/htm/soilres.htm>
- <http://www.fao.org/nr/land/sols/soil/cartes-des-sols-brm/fr/>
- <http://www.fao.org/nr/land/soils/maps/en/>
- World reference base for soil resources, FAO, 2006, <http://www.fao.org/nr/land/sols/soil/documents-brm/fr/>
- System of Rice intensification (SRI) http://en.wikipedia.org/wiki/System_of_Rice_Intensification
- Produire la Terra Preta : <http://jardinons.wordpress.com/2008/03/15/terra-preta-comment-et-dans-quelle-condition-la-faire> et <http://terrapreta.bioenergylists.org/>

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite)

f) Sites web et doc web (suite) :

- <http://www.isric.org/UK/About+Soils/Introduction+to+Soils/Distribution.htm>
- <http://www.isric.org/NR/exeres/545B0669-6743-402B-B79A-DBF57E9FA67F.htm>
- <http://www.soils.umn.edu>
- <http://www.soils.umn.edu/academics/classes/soil2125/doc/s5chp2.htm>
- Soil Conservation Approaches (World Overview of Conservation Approaches and Technologies) : <http://www.wocat.net/databs.asp>
- Semi direct (présentation) : www.vulgarisation.net/76.pdf
- Le semis direct sous mulch dans les petites exploitations du Sud-brésilien, <http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5455b/x5455b10.htm>
- Simple technologies for charcoal making / produire du charbon de bois (pour l'utiliser pour la technique de la terra preta (bio-charbon) _, <http://www.fao.org/docrep/X5328e/x5328e00.HTM>
- www.fao.org/docrep/T395F/T395F01.htm
- www.ihsi.ht
- www.marndr.gouv.ht
- www.usaid.org
- Compostage, <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=1079>
- compostage (Wikipedia), [http://fr.wikipedia.org/wiki/Compostage_\(biologie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Compostage_(biologie))
- The soil, FAO, <http://www.fao.org/docrep/u8480e/u8480e0b.htm>

Amélioration de la fertilité des sols

30) Annexe : bibliographie (suite & fin)

Agriculture et jardinage sans labour et travail du sol :

f) Sites web et doc web (suite & fin) :

Livres sur le paillage, mulch, jardinage sans travail du sol, semis direct sous couvert végétal :

Guide du nouveau jardinage - Sans travail du sol, sur couverture 2015, Dominique Soltner, 26.00 €,

http://www.soltner.fr/images_prod/1369997510soltner_2013_GNJ.pdf

http://www.soltner.fr/images/files/brochures2013/soltner_2013_GNJ.pdf Voir aussi sur <http://www.soltner.fr/>

g) DVD & vidéos :

Un jardin sans travail du sol, Dominique Soltner & Stéphane Aissaoui, 29,00 € TTC,

http://www.agrovideotop.com/category.php?id_category=13

Extraits Autres jardins.avi, <https://www.youtube.com/watch?v=kg50ljsV8Xo>

Autres jardins, autres tours de mains, Dominique Soltner & Stéphane Aissaoui, 29,00 € TTC,

http://www.agrovideotop.com/product.php?id_product=24 (épuisé).

Jardinage sans travail du sol, <https://www.youtube.com/watch?v=t69-kZ8zCXo>

jardinage sans travail du sol sur mulch et compost vert de déchets végétaux, Benoit Olivo,

<https://www.youtube.com/watch?v=mtV0M1jFwec>

Le paillage et les plantes couvre-sol pour un jardin naturel, https://www.youtube.com/watch?v=a1Wz_dnFO5I

Amélioration de la fertilité des sols

31) Annexe : Associations, contacts et conseils (en France)

- **LAMS**: Laboratoire d'Analyses Microbiologiques des Sols spécialisé dans la restauration de la biodiversité des sols de terroir. Conseils sur la gestion des sols : utilisation de BRF, semis direct sous couvert, travail du sol ...

5 Rue de Charmont, 21120 MAREY sur TILLE, France, Tel. 03.80.75.61.50, Fax. 03.80.75.60.96, Site : www.lams-21.com

- **INRA**, 147 rue de l'Université 75338 Paris Cedex 07 - tél : +33(0)1.42.75.90.00, www.inra.fr
- [AISS \(Association internationale de la science du sol\)](#)
- [AFES \(Association française pour l'étude des sols\)](#)
- **CIRAD**, www.cirad.fr

Amélioration de la fertilité des sols

32) Annexe : Comparaison coûts labour et semis direct (évaluation)

Type de coûts	Détails
Coût pratique avec labour	Labour : 2 h à 40€/h soit 80 €/ha Vibroculteur : 2 h à 33€/h soit 66 €/ha Semis : 1 h à 40€/h soit 40 €/ha Roulage : 1 ½ h à 45 €/h soit 72 €/ha soit un total d'environ 260 €/ha
Coût du semis direct sans labour	Semis direct (tracteur + équipement) 1 ½ h à 48€/h soit 73 €/ha Désherbage supplémentaire (tracteur + pulvérisateur) ½ h à 36€/h = 18€/ha désherbant : 65 €/ha Anti-limace (tracteur + épandeur) ¾ h à 18/h soit 28 €/ ha produit antilimace : 35 €/ha Perte de rendement : 5 Quintaux/ha 5 x 80 F/Quintal 61 €/ha soit un total de 280 €/ha
Ordre de grandeur du surcoût de la technique sans labour	20 € / ha

Amélioration de la fertilité des sols

33) Annexe : Avantages-inconvénients du semis direct

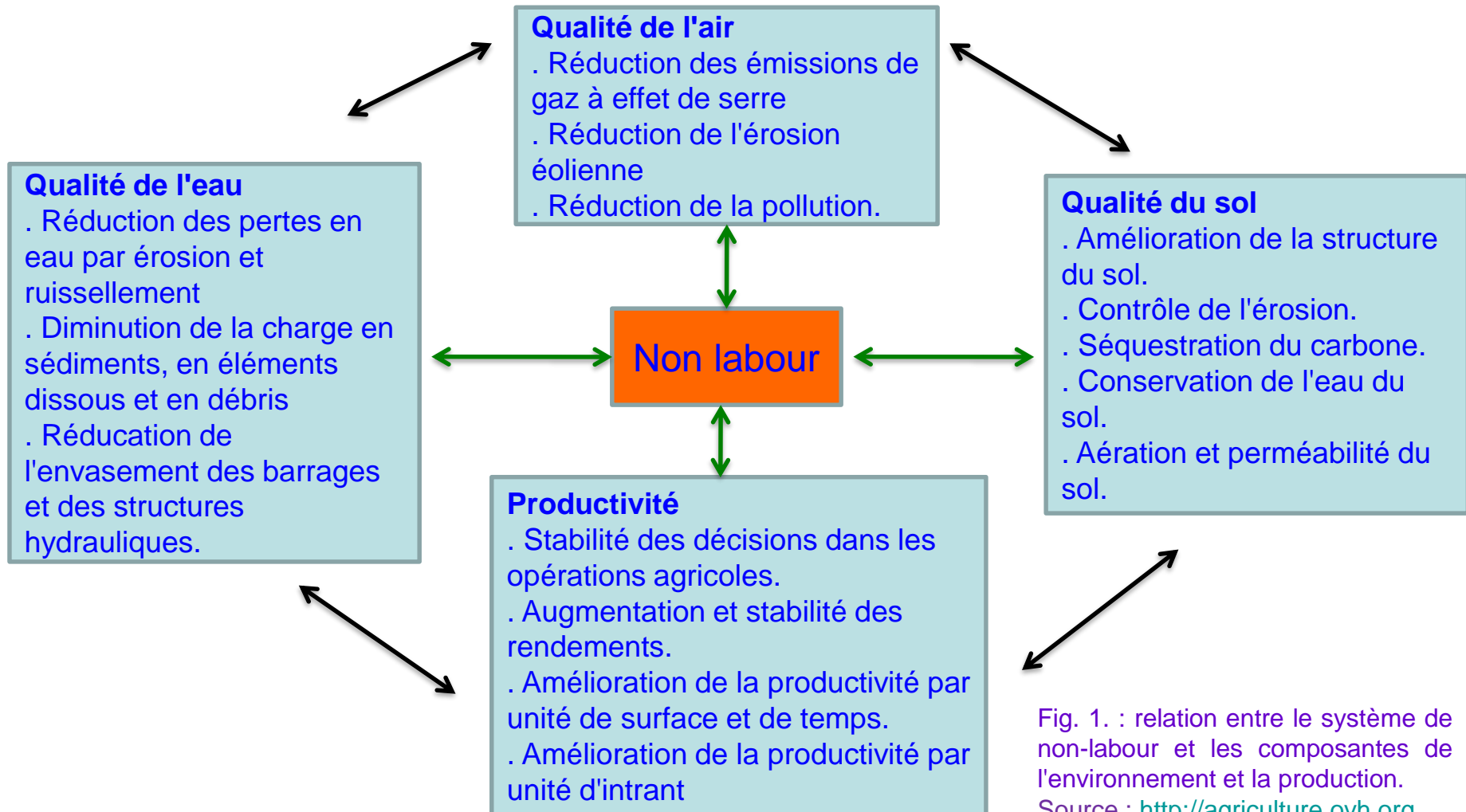


Fig. 1. : relation entre le système de non-labour et les composantes de l'environnement et la production.
Source : <http://agriculture.ovh.org>

Amélioration de la fertilité des sols

Cliquez sur les entêtes de colonne pour plus de détails	% porosité	pH	CEC (capacité d'échange cationique)	densité	% rétention en eau	durabilité	C/N (rapport azote/carbone)	indice des vides	asphyxie	% air	Action chimique
tourbe blonde	90 à 95	4,5	115	0,08 à 0,16	45 à 50	moyen	49 à 54	11,5 à 19	faible	12,5	++
tourbe brune	85	5	200 à 400	0,2 à 0,5	45 à 50	moyen	20 à 25	5,7 à 7,3	forte	4,3	++
gravier >2mm	42	6 à 8	0	1,5	<15	très bonne	0	0,72	faible	33,8	0
sable >5 mm	88	6 à 8	0	1,5 à 1,8	15	très bonne	0	0,61	faible	<20	0
sphaigne	95 à 97	3,9 à 4,9	150 à 250	0,05 à 0,07	1200 à 1500	très bonne	125 à 135	0,5	forte	<15	+++
pouzzolane	60 à 70	6,5 à 7	0	0,8 à 0,13	6 à 10	très bonne	0	1,9 à 2,3	faible	46	0
perlite	96 à 97	6,9 à 7,5	5 à 10	0,08 à 0,12	35 à 50	variable	0	24	faible	61,8	0
vermiculite	95,4	7,5	27	0,09 à 0,12	45 à 50	faible	50 à 55	21	forte	45	++
grains argile (seramis)	86	7,2	sans norme	0,86	37	très bonne	0	0,9	faible	49	++
argile expansée (argex)	96	8,5	0	0,08	15	très bonne	0	24	faible	61,8	0
pierre ponce	75	7,5	0	0,8 à 1,36	35	très bonne	0	0,28 à 0,81	faible	40	++
charbon de bois	88	5,7 à 9,7	> 200	0,2 à 0,6	5 à 10	très bonne	0	0,6	faible	10	++
fibres de coco	95 à 96	5,4 à 6,7	350	0,11 à 0,13	25 à 40	bonne	110 à 220	19	faible	45	+
écorce de pin	85	4 à 5,1	95	0,3 à 0,4	15	bonne	300	5,7	faible	30 à 58	+
écorce compostée	85 à 86	4 à 4,5	< 80	0,2 à 0,4	30	bonne	200 à 300	5,6	faible	55 à 63	+
copeaux épicéa	90 à 95	5,8 à 6,5	5 à 20	0,23	35 à 40	bonne	250	20	faible	55 à 60	++
laine de roche	95 à 97	7,5	0	0,07 à 0,09	85	bonne	0	19 à 32	moyen	14 à 15	+
polystyrène	< 40	7,9	1,9	0,7 à 0,9	< 10	très bonne	0	40 à 45	nulle	< 25	0
mousse polyuréthane	80	6,6	0	0,08	monte avec temps	très bonne	0	2,75	faible	élevé	0
polyuréthane (foam)	80	6,2	0,9	0,08	15	bonne	0	???	faible	< 65	0
plantigel	20	6,5 à 7	0	0,8	5	très bonne	0	25	faible	15	++
quartz	40	7	0	2,65	15	bonne	0	0,62	faible	25	0
zeolite	65	7,4	220	2,1	68	très bonne	0	1,8	faible	> 30	0

Amélioration de la fertilité des sols

35) Annexe : Clé simplifiée de détermination des animaux du sol

MAJUSCULES : embranchement, *Italique* : classe, sinon autre groupe

Pattes articulées : ARTHROPODES

3 paires de pattes : *Insectes*
avec ailes

ailes membraneuses, pattes postérieures adaptées au saut : Grillon

ailes antérieures durcies en élytres : Coléoptères

sans ailes (aptères)

sans antennes, 12 segments abdominaux, taille <2 mm : Protoures

1 paire d'antennes

abdomen terminé par 1 appendice unique adapté au saut : Collemboles

abdomen terminé par 2 filaments ou une pince : Diploures

abdomen terminé par 3 filaments : Thysanoures

4 paires de pattes et pas d'antennes : *Arachnides*

plus une paire de pinces (pédipalpe) : Pseudoscorpions

pas de pédipalpes

longueur < 1 mm, corps sans division nette : Acariens

longueur > 1 mm, corps nettement divisé en deux parties : Araignées

plus de 4 et moins de 15 paires de pattes, deux paires d'antennes : Crustacés Cloporte

plus de 15 paires de pattes et une paire d'antennes : Myriapodes

1 paire de pattes par segment : Géophile, Lithobie

2 paires de pattes par segment

corps très allongé : lule

corps noir pouvant s'enrouler : Gloméris

Source : http://raymond.rodriquez1.free.fr/Documents/Biodiversite-popul/Sol_microfaune/cle.htm

Amélioration de la fertilité des sols

147

35) Annexe : Clé simplifiée de détermination des animaux du sol (suite)

MAJUSCULES : embranchement, *Italique* : classe, sinon autre groupe

Pas de pattes articulées

Corps non annelé

2 paires de tentacules sur la tête : MOLLUSQUES Gastéropodes

pas de tentacules sur la tête : NEMATHELMINTHES Nématodes

Corps annelé

ni pièces buccales, ni antennes, ni orifices respiratoires : ANNELIDES

longueur < 2 cm, couleur blanche : Enchytréides

longueur > 2 cm, couleur brune ou rouge : Lombric

tête avec pièces buccales et/ou antennes, orifices respiratoires : larves d'Insectes

Source : http://raymond.rodriquez1.free.fr/Documents/Biodiversite-popul/Sol_microfaune/cle.htm

Amélioration de la fertilité des sols

36) Annexe : Régime alimentaire des animaux du sol

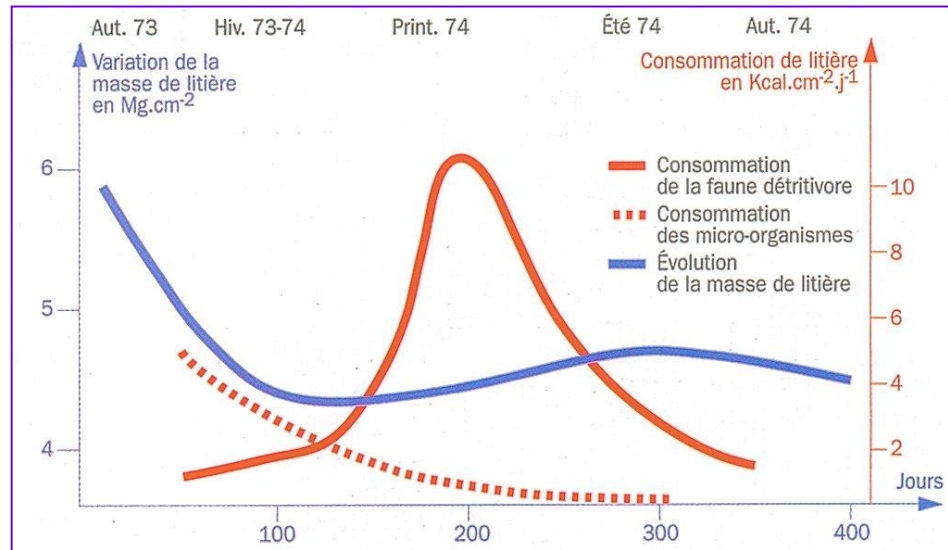
animaux	régimes alimentaires
Araignée	Isectes divers, myriapodes
Carabe	Mollusques, vers insectes
Charençon du sol	Débris végétaux
Cloporte	feuilles mortes, bois pourri
Collembole	Fins débris organiques, mycéliums (= filaments) de champignons, excréments de divers invertébrés
Diploure	Débris organiques, larves d'insectes, collemboles
Enchytréides	Débris organiques du sol
Gamaside	Petits arthropodes (collemboles, acariens...)
Géophile	Insectes, vers et araignées
Gloméris	Feuilles en décomposition, mycéliums (= filaments) de champignons,
Iule	Feuilles et cadavres d'invertébrés
Larve de coléoptère	Bois morts, écorces
Larve de diptère	Débris végétaux et animaux
Limace	Lichen, champignons, bois pourri
Lithobie	Limaces, vers, insectes
Lombric	Débris organiques du sol
Opilion	Insectes et leurs larves, myriapodes
Oribate	Débris végétaux partiellement décomposés par des microorganismes
Protoure	Divers invertébrés de petite taille
Pseudo-scorpion	Collembole, acariens
Scarabée	Matière organique plus ou moins décomposée (champsignons, excréments)
Thysanoure	Débris végétaux
Annélides	Débris organiques du sol
Nématodes	Fines particules organiques, bactéries

37) Annexe : Bactéries et champignons



Feuille en cours de décomposition

Les nervures, essentiellement constituées de lignine, sont encore intactes alors que le reste de la feuille, riche en amidon et cellulose, a été dégradé.



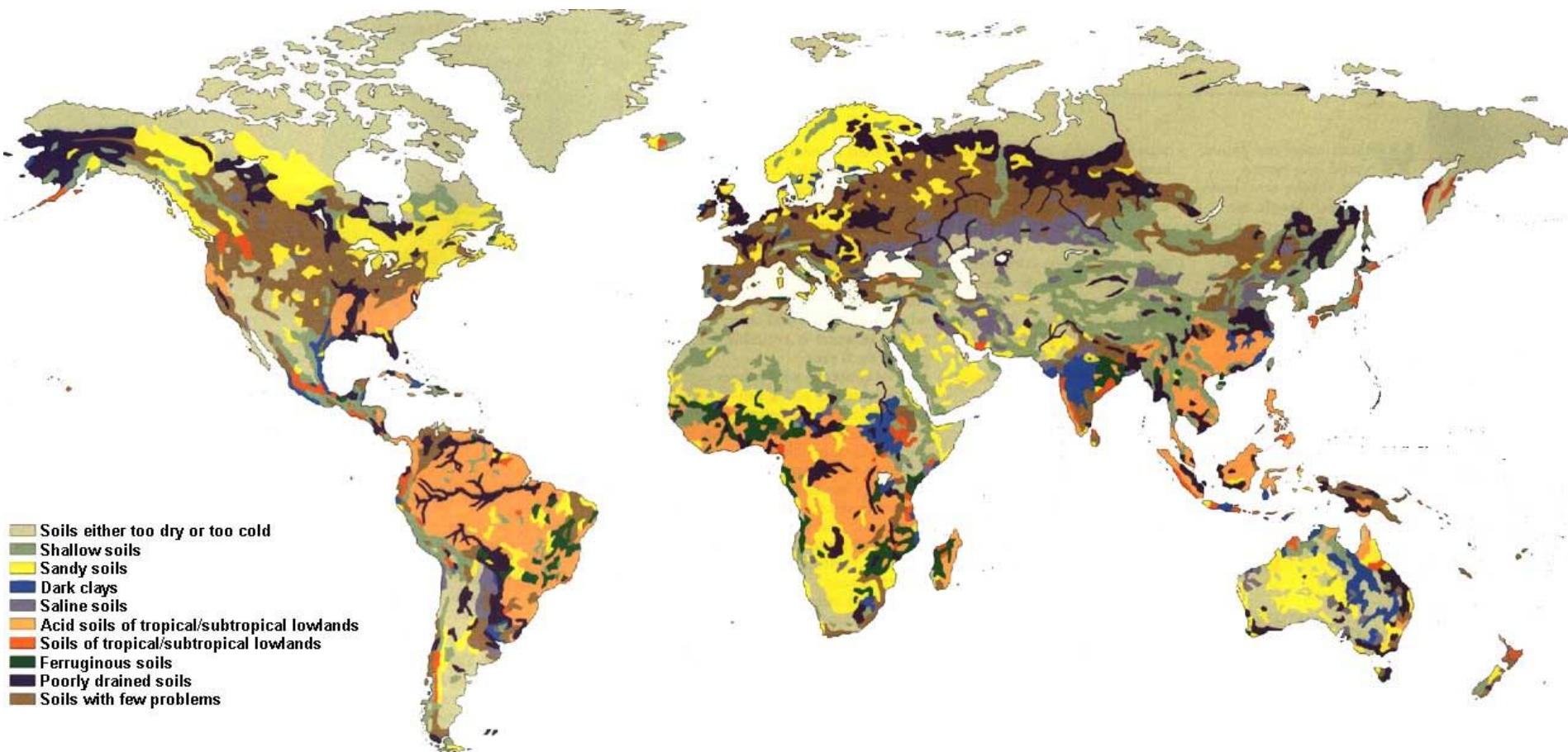
Évolution comparé de la masse de la litière et de la consommation quotidienne des micro-organismes du sol



Feuilles mortes envahies par des filaments de champignons (mycéliums)

Amélioration de la fertilité des sols

38) Annexe : Les ressources en sols du monde (carte FAO)



En gris foncé, apparaissent les sols salins ↑

Source de la carte : The soils, FAO, <http://www.fao.org/docrep/u8480e/u8480e0b.htm>
<http://www.fao.org/docrep/u8480e/U8480E3f.jpg>

Amélioration de la fertilité des sols

39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert

Ces légumineuses rustiques (Famille des Fabaceae) fournissent une biomasse importante, tant en surface qu'au niveau racinaire. Planté de façon dense, les sols sont littéralement labourés par la masse racinaire. Après deux ou trois ans, et une coupe à ras, le sol gagne réellement en qualité grâce à l'Azote libérée dans le pourrissement des racines. **Attention, certains sont toxiques pour les animaux et les hommes.**

Culture de pois d'Angole →
Source : <http://stipulae.johnvanhulst.com/DOCS/sitemap.htm>

- Plantes invasives, à éviter →



- Plantes toxiques, soit pour l'homme, soit pour les animaux →



Nous indiquerons les plantes à pousse rapide, par ce sigle → ↗

Nous indiquerons les plantes très utiles à l'homme par ce sigle → U

Nous indiquerons les plantes résistantes aux conditions arides, par ce sigle →



Nous indiquerons les plantes résistantes aux conditions salines, par ce sigle →



En danger critique d'extinction → CR





Amélioration de la fertilité des sols



39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

152

39.1. Luzerne brésilienne ou Luzerne tropicale (*Stylosanthes guianensis*)



C'est une herbe vivace ou un petit arbuste poussant jusqu'à 1,2 m (rarement à 2,5 m).

Les feuilles trifoliolées et lancéolées et les jeunes tiges glabres sont densément poilues ou avec des poils épars. Fleurs jaunes à orange. En Colombie, elle pousse du niveau de la mer jusqu'à 2 000 m (Crowder, 1960). Elle se reproduit dans des zones où les précipitations vont de 700 à 5,000 mm/an, mais surtout à partir de 1000 à 2500 mm/an. Bien que les cultivars peuvent survivre à de longues périodes sèches, elles sont généralement mieux adaptées aux régions avec des précipitations annuelle moyenne > 1500 mm. Elle préfère les sols à texture ouverte et bien drainés. Elle peut tolérer les sols très acides (Davies et Hutton, 1970). On la trouve dans des sols ayant des pH 4,0 à 8,3. Elle pousse moins bien dans les sols argileux lourds. **Elle n'est pas très tolérante à la salinité. Elle ne résiste pas au feu. Elle est sensible au gel et est tuée à -2,5 ° C (Bœlcke, 1964).** **Elle a une bonne tolérance à la sécheresse.** Elle tolère l'engorgement temporaire (Rijkebusch, 1967), mais ne pousse pas dans les marais (Gilchrist, 1967). Elle fournit un bon foin, contenant 14 à 16 pour cent de protéines brutes, mais tend à devenir ligneuse. **La coupe abusive ou le pâturage intensif par les bovins, quand la plante devient haute et ligneuse, peuvent la tuer, permettant la pénétration des mauvaises herbes.** Le pâturage par les moutons fait moins de dégâts à la plante car ils ont tendance à arracher des feuilles (Tuley, 1968). Lorsqu'elle est établie, **elle peut envahir les prairies naturelles, en raison de sa production intense de semences (Horrell, 1963).** Elle s'est naturalisée dans beaucoup de régions tropicales et subtropicales. Elle peut supprimer les mauvaises herbes, si elle est correctement gérée. Elle est utilisée pour le pâturage (à brouter et à faucher), comme culture intercalaire dans le riz, couverture du sol (lutte contre l'érosion), dans les vergers, engrais vert, plante mellifère etc. Elle possède un système racinaire puissant. **Elle peut être toxique pour le coton (effets allélopathiques).**

Sources : a) <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000070.htm>,

b) http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Stylosanthes_guianensis_var._guianensis.htm,

c) <http://agroecologie.cirad.fr/content/download/7196/35153/file/1205643257.pdf> ,

d) <http://en.wikipedia.org/wiki/Stylosanthes>





Amélioration de la fertilité des sols

39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

39.2. Crotalaire effilée ou Chanvre du Bengale (*Crotalaria juncea*)



Il est cultivée comme engrais vert, biocarburant, foufrage et pour la fibre lignifiée obtenue à partir de sa tige et la culture intercalaire du riz pluvial.

La plante annuelle à croissance rapide, pouvant atteindre 2 à 3 m, porte des fleurs jaunes et des feuilles allongées, alternées. L'ombre de son couvert dense réduit la population des mauvaises herbes. **Elle résiste à la sécheresse** et est adaptée aux zones chaudes, arides et semi-arides, mais peut tolérer de légères gelées. **Elle ne tolère pas le sel, ni l'engorgement soutenue**. Son foin peut être incorporé en toute sécurité jusqu'à 45% dans les rations de moutons, sous un système d'alimentation intensive.

La plante est toxique (surtout par ses graines) pour le cheval, à cause de la présence d'alcaloïdes de type pyrrolizidine typique du genre *Crotalaria*.

Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Crotalaria_juncea,

b) <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/DATA/PF000475.HTM>

c) <http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Figur-Tropic/chapitre3/plantes-61-CrotalariaJuncea.htm>



39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

39.3. *Tephrosia* sp.



C'est un genre de plantes à fleurs, des arbustes, à croissance rapide, servant de plantes d'ombrage pour d'autres plantes dans les pépinières, pour les haies vives, limiter l'érosion et comme fixatrice d'azote dans le sol. **De nombreuses espèces du genre sont toxiques, en particulier pour les poissons, pour leur forte concentration de roténone.** On ne doit pas les planter au bord des points et cours d'eau. Plusieurs espèces de *Tephrosia* ont été étudiées dans le cadre de la l'utilisation de la roténone comme insecticide et pesticide. Rendement jusqu'à 15 T à l'hectare.

Tephrosia vogelii, arbuste de de 0,5-4 m de haut, n'est pas approprié pour le bétail ou la consommation humaine, n'étant pas très nutritif et **pouvant être toxique pour les poissons et d'autres animaux** [3]. Les extraits de ses feuilles sont utilisés comme un **acaricide à faible coût**. Il pousse bien sur andosols **non sujet aux inondations** et les limons bien drainés avec un pH de 5-6,5 et est également tolérant à sols pauvres à faible pH.

Tephrosia candida est cultivé comme plante de pâturage pour les ruminants, mais les bovins les évitent parfois, peut-être parce **qu'au moins une partie de la plante est toxique**. Les vieilles tiges sont utilisées comme bois de feu. Il tolère un pH de 3,5-7. Il peut être cultivé jusqu'à 1650 m d'altitude, dans les régions tropicales.

Sources : a) <http://en.wikipedia.org/wiki/Tephrosia>, b) <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=2056>,

c) http://en.wikipedia.org/wiki/Tephrosia_vogelii, d) <http://fr.terabona.com/technique>,

e) http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Tephrosia_vogelii.pdf



← *Tephrosia candida* → *Tephrosia vogelii* →

Amélioration de la fertilité des sols



39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)



39.4. Pois d'Angole (*Cajanus cajan*)

Encore appelée pois cajan, pois-congo, pois pigeon ou ambrevade, c'est une légumineuse à graine cultivée en agriculture pluviale, dans les régions tropicales semi-arides.

Ses fleurs sont généralement jaunes. **Elle est très résistante à la chaleur.** Elle ne tolère pas le gel. Elle préfère des conditions chaudes et humides. Elle tolère une large gamme de sols, des sols sables aux sols argileux lourds. Elle tolère une large gamme de pH, mais la plage la plus favorable est un pH de 5,0 à 7,0. Elle est sensible au brouillard salin, à une forte salinité et à l'engorgement. Le pois d'Angole est cultivé dans plus de 25 pays tropicaux et sub-tropicaux, soit en monoculture, soit en rotation avec des céréales telles que le sorgho (*Sorghum bicolor*), le millet perle (*Pennisetium glaucum*), ou le maïs (*Zea mays*), ou avec d'autres légumineuses comme l'arachide (*Arachis hypogaea*). Le pois d'Angole est à la fois une culture vivrière (pois secs, farine, pois frais ou légumes verts), une culture fourragère de couverture et un engrais vert fournissant jusqu'à 40 kg d'azote par hectare. Les pois contiennent des niveaux élevés de protéines et d'importants acides aminés (méthionine, lysine et tryptophane). La germination des pois améliore leur digestibilité. La matière ligneuse des tiges de pois d'Angole peut également être utilisée comme bois de chauffage, matériau pour clôture ou chaume. En Thaïlande, il est cultivé pour servir d'hôte aux cochenilles qui produisent de la laque. Les feuilles en infusion sont anti diarrhéique et fortement diurétiques. En décoction, elle fait baisser très rapidement la tension. La plante a une valeur élevée pour l'alimentation des vaches laitières et des bovins, des porcs, des moutons et des chèvres. Lorsqu'elle bien établie, elle peut supprimer les mauvaises herbes.

Sources : a) <http://www.afriquebio.com/pages/plantes-medicinales-d-afrique/cajanus-cajan.html>,

b) http://fr.wikipedia.org/wiki/Pois_d'Angole,

c) <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000150.htm>,





➤ Amélioration de la fertilité des sols



39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

39.5. Fenugrec ou Trigonelle fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*)

Le Fenugrec ou Trigonelle fenugrec, aussi appelé Trigonelle ou Sénégrain, est une plante annuelle aux feuilles composées de trois folioles ovales, semblables à celles du trèfle, qui peut atteindre 60 centimètres de hauteur, à usages principaux médicaux et condimentaires (épice).

Les fleurs d'un blanc jaunâtre donnent des fruits qui sont des gousses de huit centimètres de long renfermant dix à vingt graines anguleuses de couleur brun clair, à forte odeur caractéristique. Il est cultivé dans le monde entier dans les régions semi-arides. Son activité hypoglycémiante (réduction de la glycémie) dans certains diabètes^{2,3,4}, suivie de son activité hypocholestérolémiant (réduction du taux de cholestérol et des triglycérides)⁵ la rend très intéressante dans le traitement des facteurs de risques cardiovasculaires. Son action galactogène (lactation) est reconnue dans les pays du tiers monde^{6,7}. La graine et la feuille sont des ingrédients de la cuisine indienne et sont utilisées en poudre dans le masala. Les feuilles de fenugrec fraîches sont un ingrédient dans certains currys indiens. Le fenugrec est utilisé en viticulture et agriculture biologique comme engrais vert. En Inde il est utilisé comme fourrage. Le fenugrec est également une plante tinctoriale qui permet de teindre les textiles en un très beau rouge incarnat. Il contient de la sotolone, une lactone, un composé aromatique responsable de son odeur distinctive. Il a un système racinaire pivotant. **Il a une croissance très rapide et une très bonne résistance à la chaleur.** Il est résistant aux insectes **mais appétant pour le gibier.** Il ne résiste pas au gel (-5°C). Les sols les plus favorables sont les sols calcaires.

Sources : a) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fenugrec>, b) <http://en.wikipedia.org/wiki/Fenugreek>, c) http://www.supagro.fr/ress-pepites/PlantesdeCouverture/co/3_2_7_1_1_fenugrec.html





? ↗

Amélioration de la fertilité des sols ¹⁵⁷

39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

39.6. Mélilot blanc (*Melilotus albus*)



?

Plante herbacée assez haute aux fleurs blanches (famille des Fabacées), originaire d'Europe et d'Asie. C'est une excellente plante mellifère, atteignant 2 m de hauteur.

Il a été utilisé en phytothérapie. Il contient du dicoumarol, un anticoagulant. Il a également une forte teneur en sucre.

Il a été introduit en Amérique du Nord au 17^e siècle, comme plante fourragère pour les bovins et **est maintenant répandu à travers le Canada et les États-Unis**, où il est devenu envahissant, en particulier dans les zones riveraines, et peut supplanter les espèces de plantes indigènes. Aux USA, les mélilots font partie d'une communauté d'espèces exotiques envahissantes

Il est favorisé pour la production de miel et pour sa capacité à fixer l'azote dans la préparation des sols agricoles.

Il produit des quantités abondantes de graines qui flottent facilement et se dispersent dans l'eau.

Un cultivar mélilot annuel (*Melilotus albus* Medik.) nommé "Jota" a été mis au point en Australie. Il est destiné aux sols neutres à alcalins où il peut être utilisé comme un légume d'accompagnement pour le blé ou comme *fourrage* pour les moutons. **La zone cible doit être des sols salins** qui reçoivent plus de 500 mm de précipitations annuelles et ont un pH de 6 ou plus.

M. officinalis est apparemment **plus tolérant au sel** que *M. alba* ^[3], bien qu'elles peuvent pousser sur des sols très alcalins ^[5].

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





Amélioration de la fertilité des sols¹⁵⁸

39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite)

39.7. Mélilot jaune (*Melilotus indicus*)



Plante herbacée assez haute aux fleurs jaunes (famille des Fabacées), originaire d'Europe et d'Asie. Le mélilot jaune est une plante annuelle ou bisannuelle de 10 à 50 centimètres de hauteur (rarement un mètre), avec des fleurs jaunes ^[4]. On le trouve dans les jardins, les bords de routes, les champs, les lieux incultes, les lieux perturbés, les marais salants côtiers, les zones humides d'eau douce, les habitats riverains et les champs cultivés. Il a une aire de répartition naturelle large, allant de la Macaronésie et le nord de l'Afrique, à travers l'Europe, et en Asie tempérée et tropicale. Elle est naturalisée dans la plupart du reste du monde, y compris le Royaume-Uni, le Etats-Unis, Amérique du Sud, l'Australie et la Nouvelle-Zélande ^[1].

Il est utilisé comme une source de nectar pour les abeilles, comme fourrage, et comme amendement de sol. Il est également utilisé dans la médecine traditionnelle. **Il est toxique pour certains mammifères (chiens ...). Les feuilles séchées peuvent être toxiques, bien que les feuilles fraîches sont tout à fait sûr [76, 218]. Cela est dû à la présence de coumarine.**

En tant qu'adventice, il a un potentiel contaminant dans les cultures de semences ^[1].

Melilotus indicus (L.) All., ou mélilot jaune, qui se reproduit comme une mauvaise herbe dans les différents habitats en Egypte, **pousse dans les zones modérément salins**, où les légumineuses fourragères traditionnelles ne peuvent pas être cultivées. Des cultivars à faible teneur en coumarine ont été développés [218] et sont souvent cultivées comme plante fourragère.

Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Melilotus_indicus, b) https://www.kau.edu.sa/Files/857/Researches/58292_28460.pdf

c) <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Melilotus+indicus>

d) <http://www.feedipedia.org/node/273>



Melilotus indicus

Photos: G. Byrne & J.F. Smith

39bis) Annexe : Légumineuses tropicales à ne pas utiliser comme engrais vert

39bis.1. Sainfoin du Bengale (*Flemingia* sp.)



C'est un genre de plantes à fleurs comprenant 88 espèces.

Flemingia strobilifera est un arbuste pouvant atteindre 2 mètres de haut.

Cultivée comme plante ornementale, l'espèce peut devenir envahissante principalement dans les zones perturbées et agricoles. Elle est capable de former des peuplements denses qui concurrencent la végétation indigène [tout comme le *Leucaena leucocephala*]. Cette légumineuse n'est pas consommée par les bovins. Elle fait partie des 300 espèces envahissantes majeures de l'Australie tropicale, de l'Océan Indien et de l'Océanie dont la Nouvelle-Calédonie. A éviter.

Elle a des activités anti-inflammatoires, antibactérienne et d'autres propriétés médicinales.

Sources : a) <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1292&fr=1&sts=&lang=FR>,

b) http://idao.cirad.fr/content/advenpac/especes/f/flest/flest_fr.html;

c) http://fr.gardening.eu/arc/plantes/Arbres/Moghania-strobilifera-L.-St-Hil.-ex-Kuntze/29694/index_a.asp



39) Annexe : Légumineuses tropicales utilisées comme engrais vert (suite et fin)

Sources :

- *Cultures fourragères tropicales*, Guy Roberge, Bernard Toutain, Editions Quae, 2004.
- *Handbook of legumes of world economic importance*. Duke, J. A., Plenum Press. New York and London, 1981, <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4684-8151-8>

Amélioration de la fertilité des sols

40) Annexe : Le potentiel agricole des sols

Principale associations de sol	Les sols trop secs	Les sols trop froids	Sols peu profonds	Les sols sableux	Argiles sombres	Les sols salins
Les composants de sols	Les déserts chauds Calcisols, Gypsisols et dunes de sable	Régions très froides pergélisol, Gelic unités de sol, les glaciers	Leptosols et phases lithiques d'autres sols. Terrain rocheux	Arenosols, régosols, podzols, d'autres sols à texture grossière	Vertisols, les unités de sol vertique	Solonchaks, solonetz, phases sodiques et salines d'autres unités de sol. Plaines salines [saline flats].
Le potentiel agricole	Nul pour l'agriculture pluviale; moyen à élevé localement lorsque l'irrigation est possible	Nulle ou très faible	Généralement faible. Certains potentiel pour le pâturage	Faible à moyenne en fonction de nutriments au niveau de la gestion de l'humidité fourni	problèmes de maniabilité, mais moyen à élevé lorsqu'elles sont bien gérées	Généralement faible. Terres récupérées a faible potentiel de production moyen

Principale association de sol	Les sols acides des sous / basses terres tropicales	Les sols de sous / hautes terres tropicales	Ferrugineux (fer riches sols)	Les sols mal drainés	Les sols avec quelques problèmes
Les composants de sols	Ferralsols, Acrisols, ALISOLS, dystriques et humiques Nitisols, phases pétroferrique d'autres sols	Andosols, Nitisols euric	Ferrique Luvisols, Lixisols, Cambisols ferraliques	Gleysols, Fluvisols, Histosols, Planosols gleyiques unités de sol	Luvisols, Cambisols, Chernozems, Kastanozems, Phaeozems; Podzoluvisols, Greyzems
Le potentiel agricole	Moyen à élevé (Nitisols) avec la sélection des cultures adaptées et de gestion	Moyen à élevé si des problèmes de fixation du phosphore sont surmontés	Seulement un potentiel moyen, même avec une bonne gestion	Moyen à fort potentiel avec un contrôle adapté de l'eau et du drainage. Faible en Histosols, Planosols et Fluvisols sulfatés acides	Élevé à très élevé avec une gestion modérée à bonne; faible (mais avec du potentiel forestier) pour Podzoluvisols, Greyzems

Source : The soil, FAO, <http://www.fao.org/docrep/u8480e/u8480e0b.htm>

41. Annexe : Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. :

41.1. Sols zymogènes

-Ils contiennent des organismes *zymogènes* comme les **bactéries** (bactéries lactiques productrices d'acide lactique ...) et les **levures**. Quand les matières organiques avec une forte teneur d'azote sont fournies, le sol développe une odeur aromatique.

-la population des champignons de fermentation tels que *aspergillus* et *rhizopus* augmente tandis que ceux qui causent des maladies aux organismes comme le *fusarium* diminuent.

- Les microorganismes bénéfiques dans ces sols produisent de l'acide aminé, du sucre, des vitamines et d'autres substances bioactives qui favorisent la croissance des cultures.

41.2. Sols synthétiques

Sols habités par a) d'autres microorganismes bénéfiques tels que pour la photosynthèse et b) les bactéries fixatrices d'Azote

41.3. Super sols

Un ensemble de sol *zymogènes* et de sol synthétiques constituent la base du super sol. Avec une texture de 30% du sable, 30% de l'argile, 30% de la boue et 10% cette base (synthétique et zymogène), les autres microorganismes se donnent le plaisir de créer des agrégats ou structures qu'on appelle « Super Sol ». Ces sols sont bons pour la croissance des cultures et créent des conditions qui favorisent la santé des plantes tout en créant des éléments bioactifs comme les *enzymes* etc. et des conditions défavorables aux maladies.

41. Annexe : **Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. (suite) :**

42.3. **Les micro-organismes efficaces (E.M.) :**

Les EM sont des micro organismes sains et non nuisibles à l'homme :

1. *Bactérie lactique* (BAL)
2. *Levure*
3. *Bactérie phototrophique*.

Les *BAL* décomposent la matière organique par la fermentation et la *barrière d'acide lactique* éloigne les microbes nuisibles.

La levure décompose les matières organiques et produit la substance **bio active** telles que les *hormones* et *enzymes*.

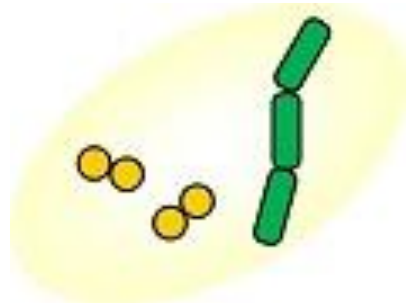
Les *Bactéries phototrophiques* décomposent des gaz nuisibles tels que l'ammoniaque, le sulfure d'hydrogène (+) et les transforment en des gaz inodores.

(+) Produits par les déchets de cuisine, les déjections animales, les boues etc.

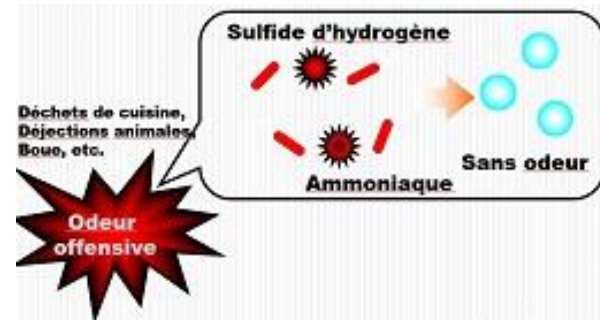
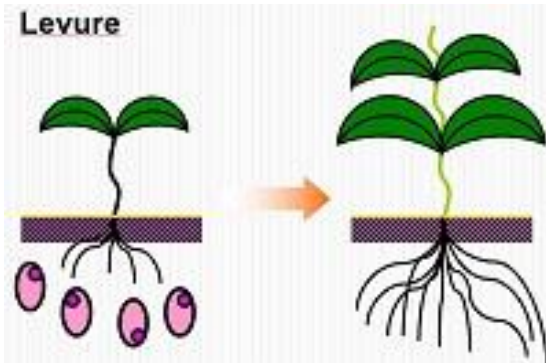
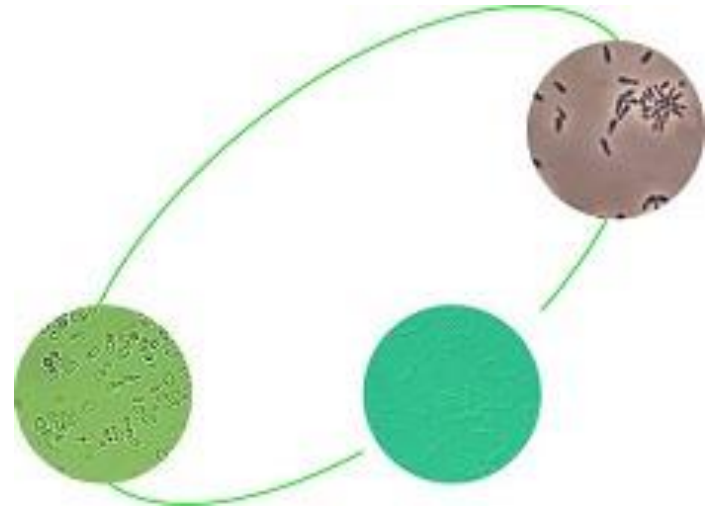
La combinaison **Lacto Bacillus + Bactérie phototrophique + Levure + microbes indigènes** peut produire des EM puissants.

Amélioration de la fertilité des sols

41. Annexe : Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. (suite) :



Bactérie lactique



Bactérie phototrophique

Amélioration de la fertilité des sols

41. Annexe : Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. (suite) :

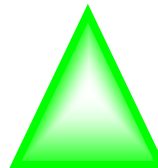
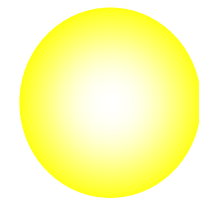
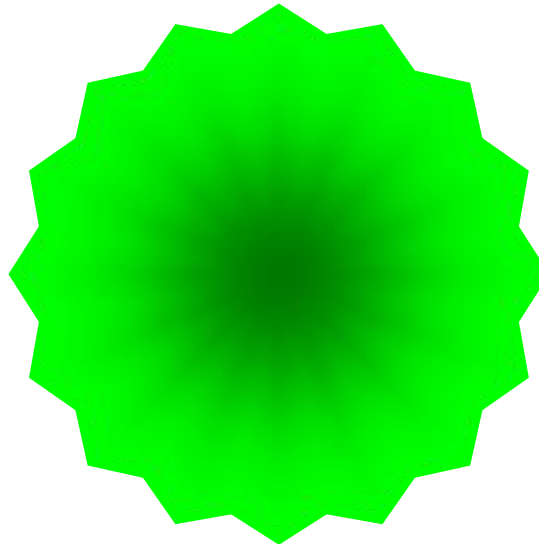
LE CONCEPT DE LA TECHNOLOGIE DES EM

EM

Microbes
opportunistes

Microbes
Nuisibles

Microbes
utiles



LES MATÉRIAUX DE BASE POUR LA PRODUCTION D'EM

41. Annexe : **Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. (suite) :**

166

EM-1 (solution Originale)

© Songhai



Avec mélasses et Eau



Avec matières organiques



Solution d'EM activée (EM multipliée)



**EM Bokashi (fertilisant
biologique fermenté)**

Moins coûteux et facile à utiliser n'importe où !!

41. Annexe : Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M. (suite) :



Augmente le rendement et améliore la qualité de la production



Déchets organiques peuvent être transformés en fertilisant

Amélioration du sol

41. Annexe : **Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M.** (suite):



Pulvériser EM dans les élevages

Mettre dans l'eau de boisson



Introduire l'EM Bokashi dans l'alimentation

EM peut aussi :

- Contrôler les odeurs nauséabondes et les mouches
- Prévenir les maladies et améliorer le système immunitaire
- Améliorer la qualité des produits (oeuf, lait, viande)
- Réduire les coûts de gestion des déchets (compostage, traitement des eaux usées)

Amélioration de la fertilité des sols

41. Annexe : **Fertilité des sols par les « super sols » et les E.M.**
(suite et fin):

PARAMETRE	L'AGRICULTURE CONVENTIONNELLE	L'AGRICULTURE TRADITIONNELLE	AGRICULTURE INTEGREE, NATURELLE ET AUTHENTIQUE UTILISANT LES EM.
Rendement	Moyen - Elevé	Faible - Moyen	Moyen - Elevé
Quantité	Faible - Moyen	Moyen - Elevé	Moyen - Elevé
Coût	Elevé	Faible	Faible
Toxicité	Elevé	Aucune	Aucune
Environnement	Endommagé	Protégé	Protégé et amélioré
Durabilité	Pas Durable	Durable	Durable

Amélioration de la fertilité des sols

42. Annexe : Théorie de la fertilisation des sols de prairies par la migration d'herbivores.

Selon Allan Savory, un biologiste et écologiste zimbabwéen, la migration d'herbivores, sur des pâturages _ à condition, qu'ils n'y restent pas trop longtemps (au même endroit), et qu'ils ne les sur-pâturent pas _, par leurs piétinements (qui cassent et, en même temps, tassent le sol, et par leurs bouses, amélioreraient la fertilité de ces pâturages. Donc, il prône la *rotation des pâturages*.

Cette théorie est critiquée par d'autres biologistes et n'est pas validées scientifiquement. => Nous présentons donc sa théorie, juste pour mention.

Sources : a) http://en.wikipedia.org/wiki/Allan_Savory, b) How Cows Could Repair the World: Allan Savory at TED, <https://www.youtube.com/watch?v=oBEFx0R1QK8>,

c) <http://www.arpentnourricier.org/portrait-allan-savory/>

d) *EARTH A New Wild, plains*, PBS videos, <http://www.pbs.org/earth-a-new-wild/episode-plains/> [En Français : *L'homme au coeur de la nature : Les plaines*, National Geographic Wild, <http://www.natgeotv.com/fr/homme-coeur-nature/description>].

Selon Allan Savory : « La surface du sol est piétinée, ce qui lutte contre l'embroussaillage, et permet aussi un contact intime entre les graines et le substrat. Quand le troupeau est un peu stressé, les sabots servent aussi à émietter le sol, ce qui facilite l'infiltration des pluies. L'urine piégée dans l'humus et la bouse sèche en surface font une réserve d'azote immédiatement disponible pour la germination et la croissance rapide dès la prochaine pluie. ».



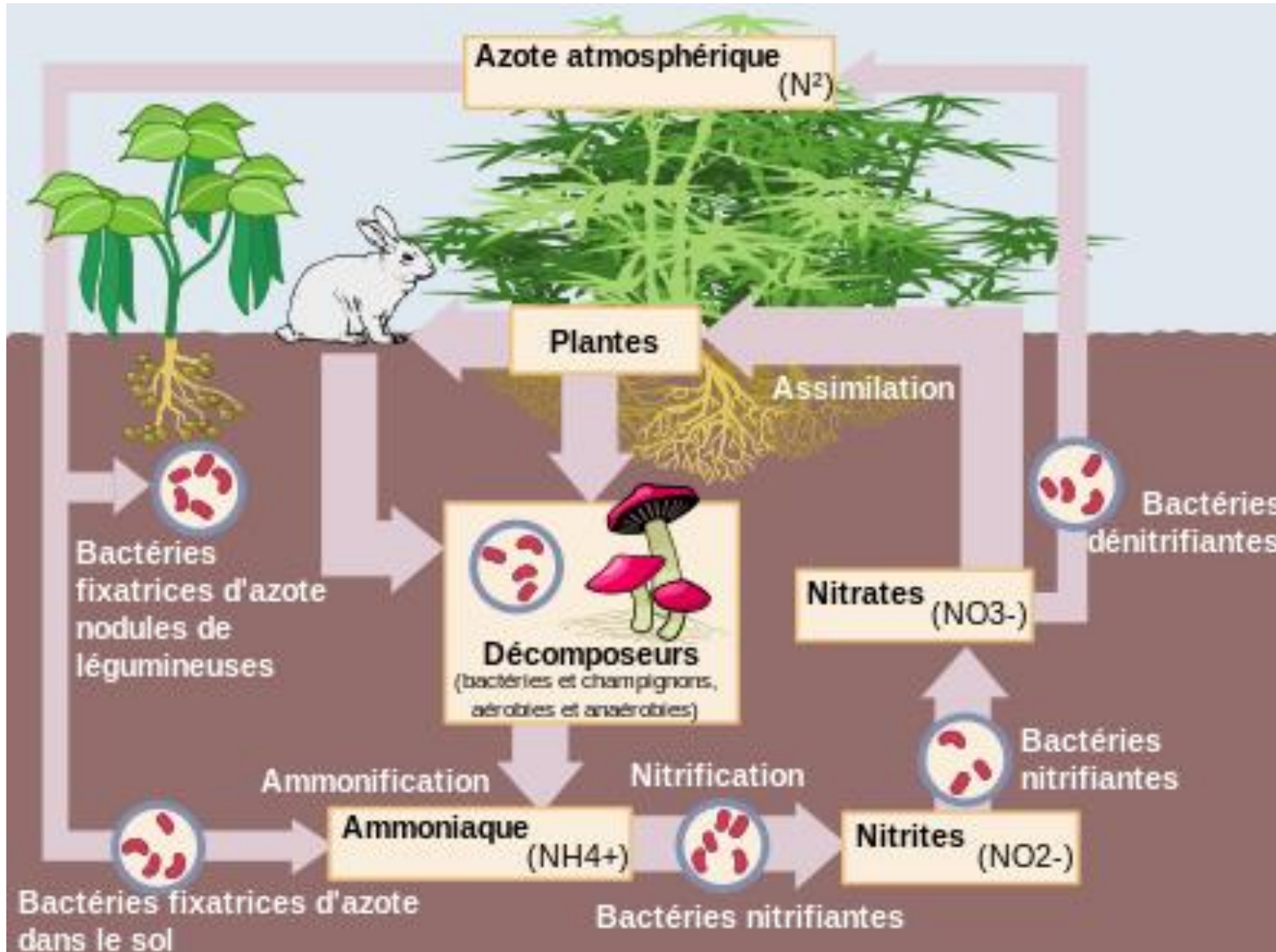
La bouse de vache sur l'herbe fraîchement broutées.



Gnous et zèbres dans la savane

Amélioration de la fertilité des sols

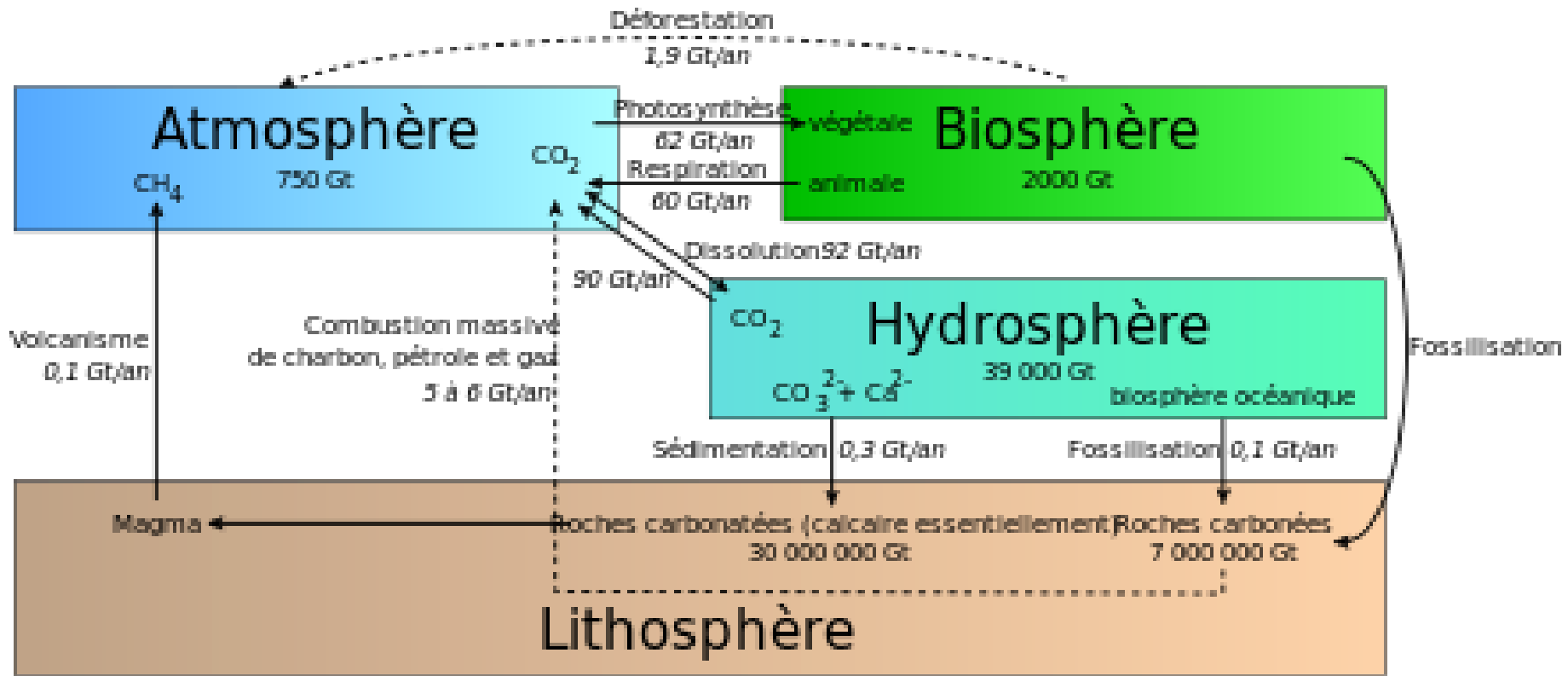
43. Annexe : cycle de l'azote



Amélioration de la fertilité des sols

44. Annexe : cycle du carbone

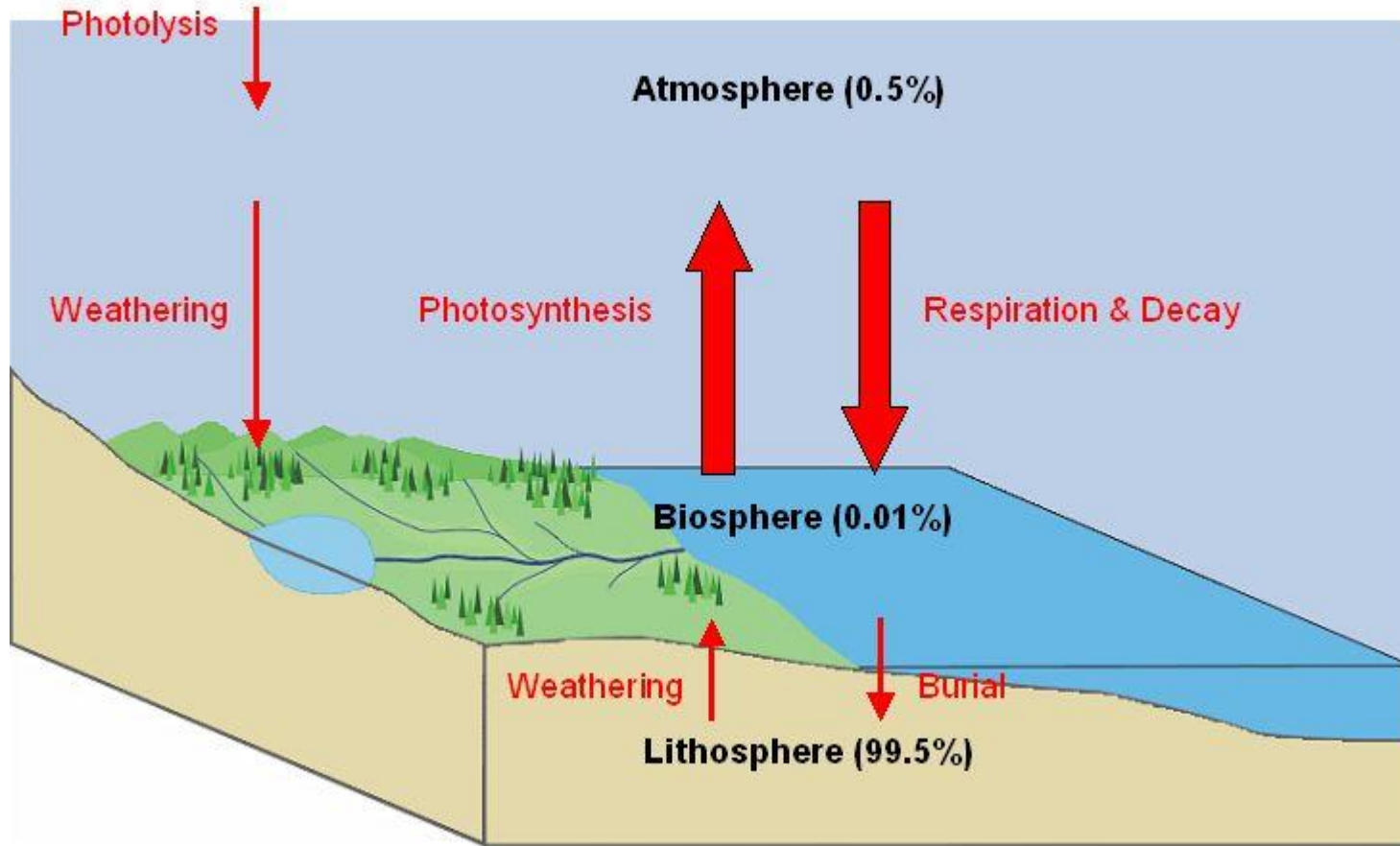
Cycle du carbone



-----> intervention humaine

44. Annexe : cycle de l'oxygène

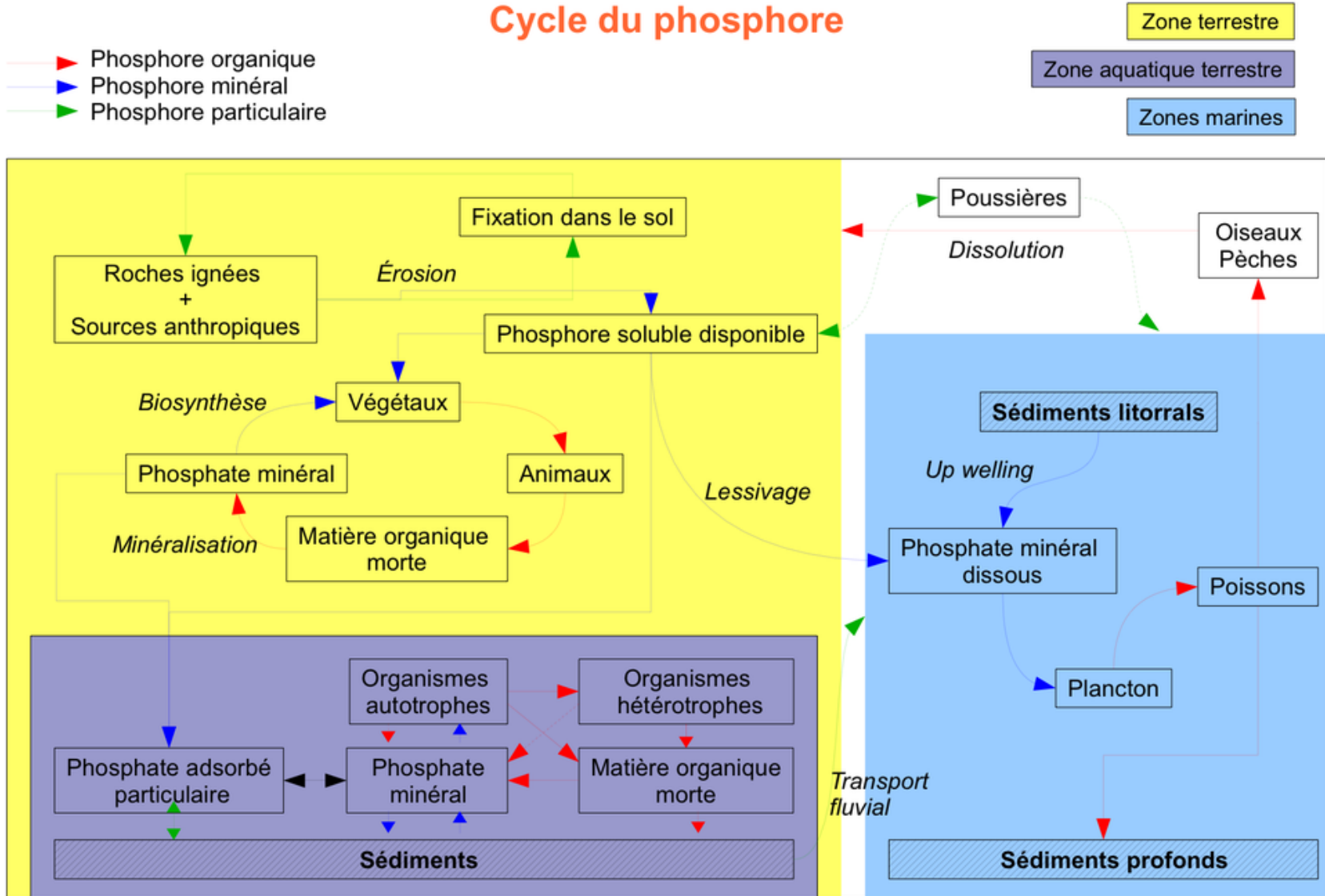
Oxygen Cycle Reservoirs & Flux



Amélioration de la fertilité des sols

46. Annexe : cycle du phosphore

Cycle du phosphore



48. Annexe : cycle de l'eau

Amélioration de la fertilité des sols

177

Fin du diaporama.

En espérant que cet exposé vous aura intéressé et vous aidera.

Pour toute question à l'auteur de ce diaporama, contacter :

Benjamin LISAN

16 rue de la Fontaine du But, 75018 PARIS, France.

Tél. +(33).6.16.55.09.84

Email : benjamin.lisan2@aliceadsl.fr

Pouvez retrouver ce document à télécharger sur ces sites :

- <http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/menuDevDurable.htm>
- www.developpementdurable.asso.st
- www.habiter-autrement.org au niveau de ce lien : [Amelioration Fertilite Des Sols](#) (au format pdf-36 pages- Taille 2.474ko) :
- http://www.habiter-autrement.org/31_sud-nord/contributions-31/AmeliorationFertiliteDesSols.pdf
- www.projetsreforestation.co.nr

Nous remercions M. Sébastien Laprêvotte, du LAMS, pour sa contribution à ce document.