

# Amélioration de la fertilité des sols

Auteur du document : Benjamin LISAN. Email : [benjamin.lisan@free.fr](mailto:benjamin.lisan@free.fr)

## Le problème : 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.



# Amélioration de la fertilité des sols

## Le problème : l'épuisement des sols dans le monde (suite)

- 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.
  - 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.
  - **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](http://www.unep.org/geo/geo3/french)).
- Un milliard de personnes ont faim (FAO,2008,Food & Agriculture Organization of the United Nations).  
La fertilisation de ces terres permettrait de nourrir plus de personnes.

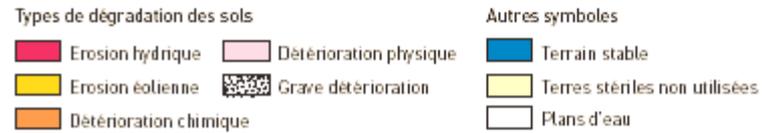
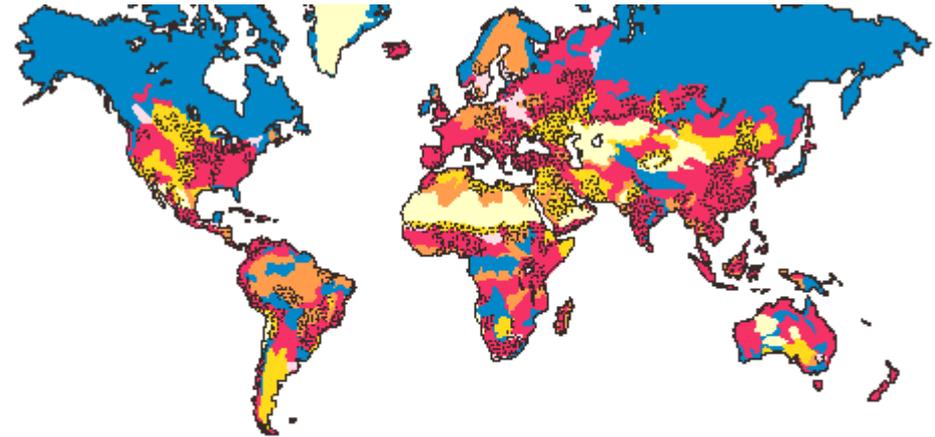
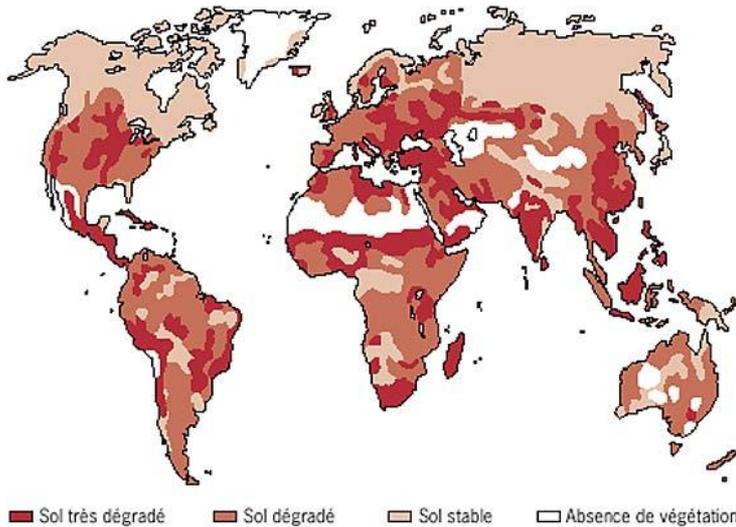
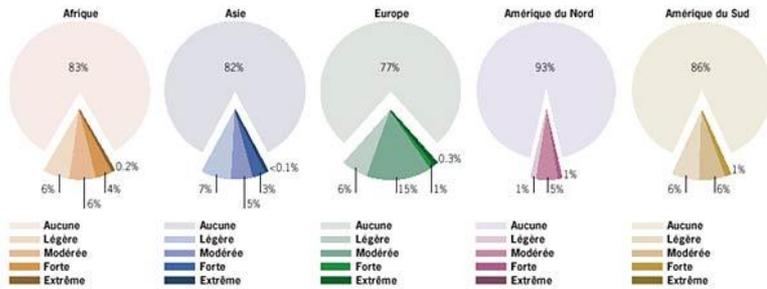


© Greenpeace

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



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

↑ 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

## 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. temps & argent)) **est faible** (par exemple, 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. 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".

# Amélioration de la fertilité des sols

## A) 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). (c.f. sous-solage plus loin).

## B) 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, larves, rotifères etc.), bactéries (nématodes ...).

### **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

## A) Les facteurs directs contribuant à améliorer la fertilité des sols

⇒ Toutes ces techniques essaient de faire appel uniquement à des organismes ou être vivants sources de nitrate naturelle, 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 →



Acarien du sol :  
Collembole →



# 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.

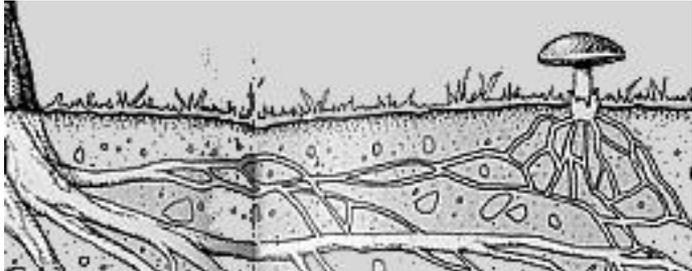
⇒ Les végétaux mycorhizés se développent mieux et résistent mieux à la sécheresse.



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



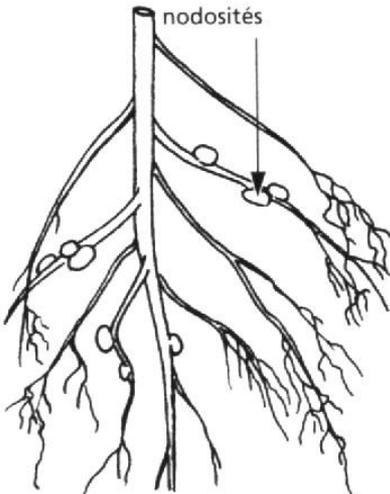
Mycorhization © [www.ird.nc](http://www.ird.nc)



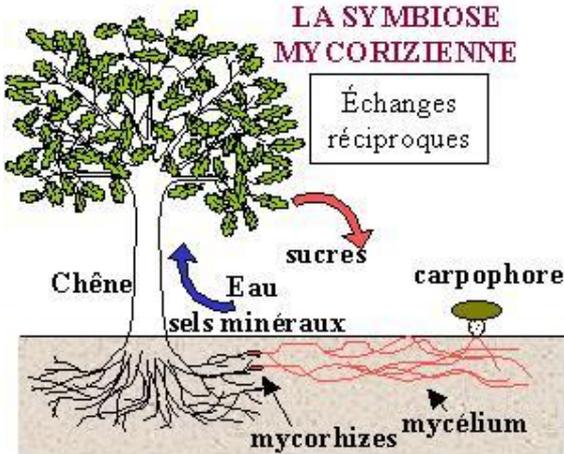
Mycorhization



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

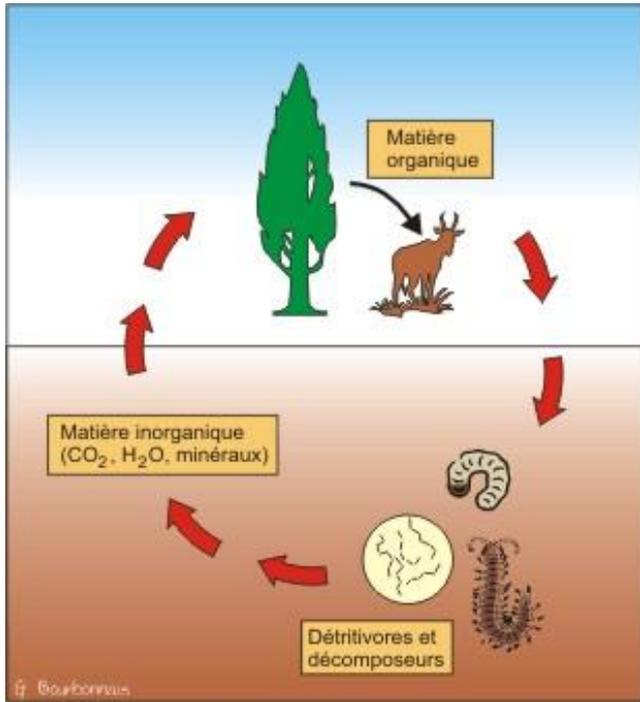


Nodosités sur les racines  
Liées à la présence de mycorhizes →



© <http://lescepes.free.fr>

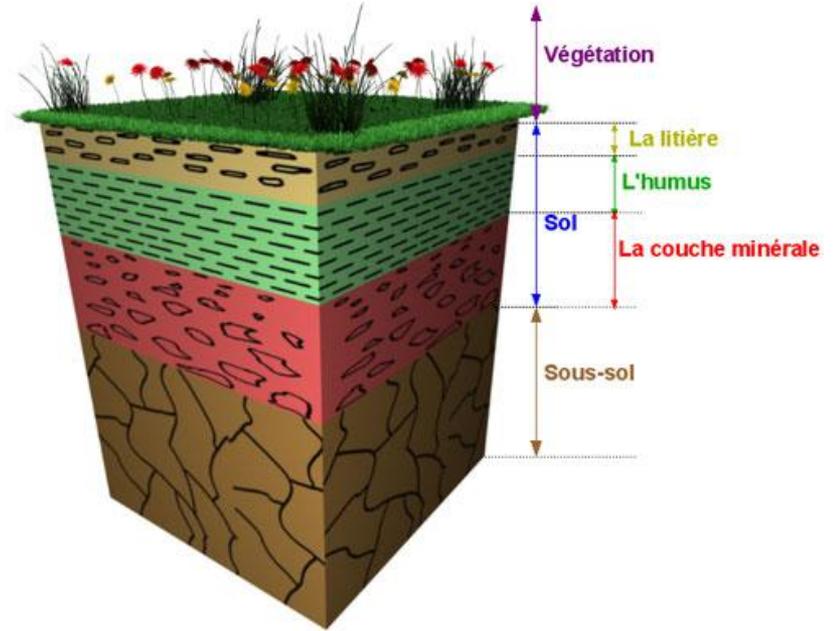
# Amélioration de la fertilité des sols



Cycle de dégradation des matières organiques dans le sol.

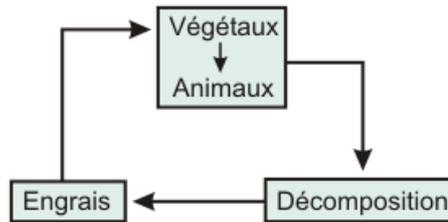
Source : [http://www.cegep-ste-](http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/botanique/notesnutrition/notesnutrition3.htm)

[foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/botanique/notesnutrition/notesnutrition3.htm](http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/botanique/notesnutrition/notesnutrition3.htm)



Titre: Schéma d'une coupe de sol

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



# Amélioration de la fertilité des sols

## C) 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 ...

## D) 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-crués.
- 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](http://www.agrireseau.qc.ca)



Érosion des sols à Madagascar ↑  
© WWF-Canon / Olivier LANGRAND

# Amélioration de la fertilité des sols

## Quelles techniques seront présentes par 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

## Quelles techniques seront présentées dans ce document ?

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 Zaï** (technique africaine des zones sahéliennes).
6. *Divers : a) La jachère + rotations des cultures (comme en agriculture biologique), b) le sous-solage.*

# Amélioration de la fertilité des sols

## 2) Techniques du semis-direct

- 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 arrachage, à la main, des plantes servant au paillis ) et on sème la plante sur 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** ». On peut aussi tuer ce couvert par un déserbant 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

## 1) Techniques du semis-direct sous couvert végétal permanent (ou mulch) (suite)

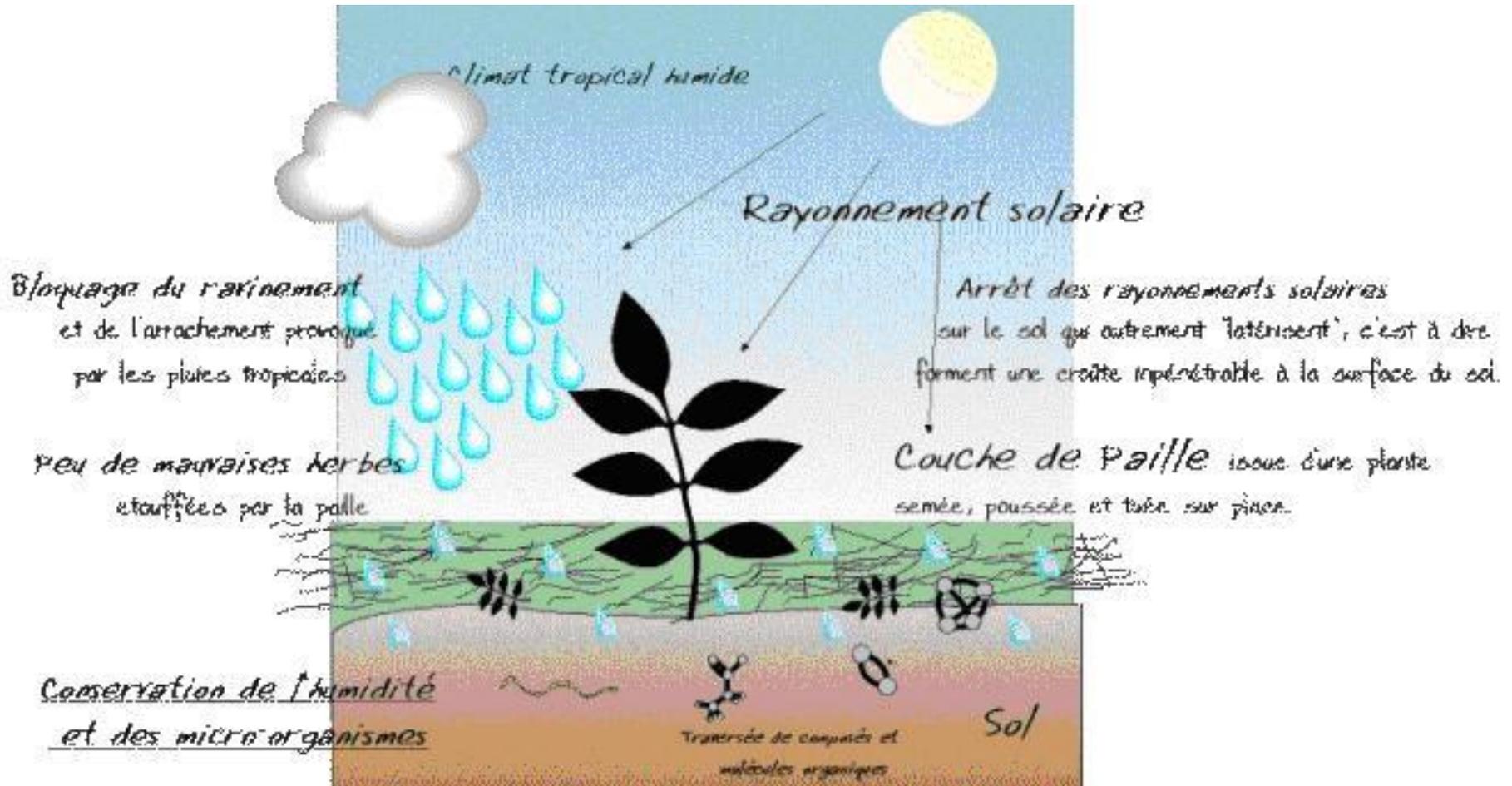
Utilisation de paillis (ou mulch) une couche de matériau protecteur \_ en général, un paillis organique en décomposition (biodégradable) \_ posée sur le sol, principalement dans le but de modifier les effets du climat local.

**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 déchiqueté, BRF (BRF ... voir plus loin) etc.

2) Les plantes de couvertures, à croissance rapide qui inhiberont le développement des adventices (i.e. mauvaises herbes) et feront office de paillis.

# 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

## 1) Techniques du semis-direct (ou mulch) (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.

# Amélioration de la fertilité des sols

## 1) 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 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 (si elles existent), dont les œufs ne sont plus enfouis par le labour, et 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 page 14).**

# Amélioration de la fertilité des sols

## 2) Techniques du semi-direct (ou mulch) (suite )

- épaisseur du paillis : 10 à 15 cm, laissé durant toute la saison.
- un broyeur peut être utile pour améliorer le matériau.

Un semis direct peut aussi être fait:

- à la machine, directement dans la couverture végétale 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

## 2) Techniques du semis-direct (suite & fin) : l'avis du LAMS

- La technique de semis-direct (sous couvert permanent) nécessite moins de traitements (phytosanitaires ...). Moins d'apport, moins de pesticides etc.
- **Il y a une perte en rendement, au départ, par rapport à la technique du labour+engrais chimiques.**
- Mais on gagne au niveau de la diminution du nombre de passage (sur le champs, 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.
- La 1ère année, on rentre juste dans ses frais.
- Ensuite au bout de la 3<sup>ème</sup> à 4<sup>ème</sup> année, on peut investir ...
- Cette technique nécessite un **semoir spécial**, éventuellement muni de fourches (de herse) permettant de griffer (« gratouiller ») la terre, et d'enfouir les restes de fauchage. Ces semoirs griffent la terre, sans labourer.
- L'agriculteur n'a plus besoin de labourer ... Il lui faut se défaire de l'habitude de labourer (!).
- Comme plante couvre-sol, on peut utiliser du millet ou du sorgho, parce que ces plantes poussent vite.
- Cette technique est compatible avec l'agriculture biologique.
- Sinon, sans passer au biologique, on peut continuer à utiliser les glyphosates (type Roundup ...). Mais avec cette technique, on peut diminuer les doses (on se rend compte qu'on a l'habitude d'utiliser trop de dose de glyphosates). Car cette technique, bien utilisée, stoppe « naturellement » la prolifération des mauvaises herbes (adventices).
- Importance épaisseur (> 10 cm), homogénéité & qualité couvert végétal de protection (avoine, vesce velue, stylosanthe, sarrasin, sorgho...), couvrant totalement le sol, pour éviter adventices & utilisation herbicide.
- Sinon, cette technique développe la **microfaune** du sol (les vers de terres, qui sont les vrais laboureurs, certains acariens ...). Et plus cette microfaune est développée, plus la fertilité des sols s'accroît.
- (Source : LAMS).

# Amélioration de la fertilité des sols

## 2) Techniques du semis-direct (suite & fin)



Importance des vers de terre ↑

↑ En haut semi-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

## 2bis) Techniques du paillage naturel (sorte de semi-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 m<sup>2</sup>.
- 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

## 2) 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

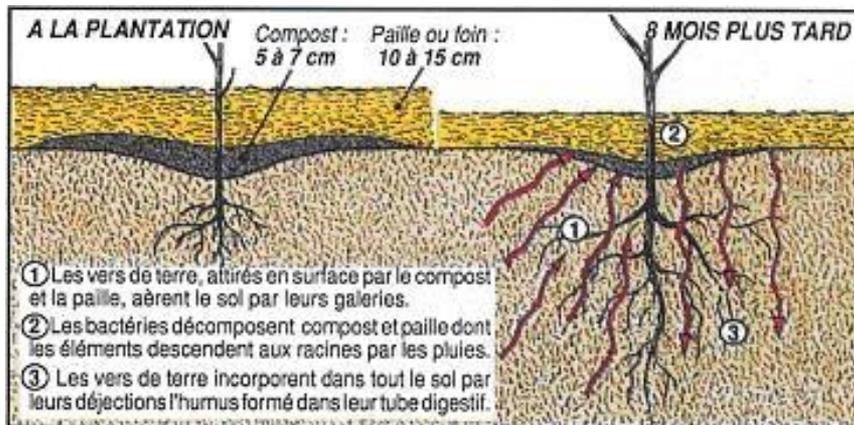
## 2) Techniques du bois raméal fragmenté (ou B.R.F.)

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](http://www.jean-pain.com)).

# Amélioration de la fertilité des sols

## 3) Technique du Zai

- A l'origine pratiquée par les Mossis du Yatenga (Burkina Faso).
- Elle est adaptée aux zones arides (sahéliennes, subsahariennes ...).
- 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.
- 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 démarriage, 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<sup>er</sup> (au stade de la montaison).
- Superficie cultivée/homme/jour = 0,25 ha.
- Nombre trous creusés & enrichis par h/j = 500 trous

# Amélioration de la fertilité des sols

## 3) Technique du Zaï (suite)

- La terre retirée est déposée en croissant en aval des trous (et leur pente conduit au trou).
- 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/gsd/collect/bre1/index/assoc/HASHdcd8.dir/14-030-037.pdf](http://www.sist.sn/gsd/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 :

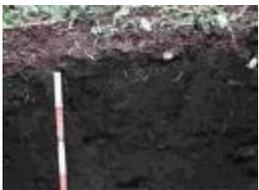
**Pénibilité du travail** surtout en saison sèche (temps travail très long : 300h/hom/ha).



# Amélioration de la fertilité des sols

## 4) 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 détritrus 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](http://www.amazonat.org)



[www.carbolea.ul.ie/biochar.html](http://www.carbolea.ul.ie/biochar.html)



B. Liang, Cornell University  
[www.agiweb.org](http://www.agiweb.org)



← [www.novis.de/?p=116](http://www.novis.de/?p=116)

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



# Amélioration de la fertilité des sols

## 4) Techniques de la Terra preta (suite et fin)

### 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](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 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

## 4) Techniques de la Terra preta (suite)

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,
- alimentant des petits feux de bois de branches, à la faible combustion inachevée, placés entre les rangées d'arbre (ou ailleurs) et sans brûler les arbres.
- Recourir au système "de cercle de cendre", des amérindiens (°), obtenu par élagage de branches et 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.
- Etaler le charbon de bois, sur le sol et renouveler l'opération chaque année, avant les cultures.
- 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.
- Etaler 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 azotés, 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 \_,
- Enfin éventuellement, utiliser la combustion incomplète des 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), de mauvaises herbes, voire de termitières ... (°) & équivalent africain du "citememe" : élagage, empilement & combustion de branches.

# Amélioration de la fertilité des sols

## Jachère et agriculture biologique

(pour mention)

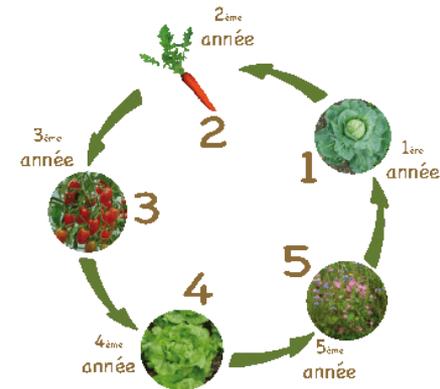
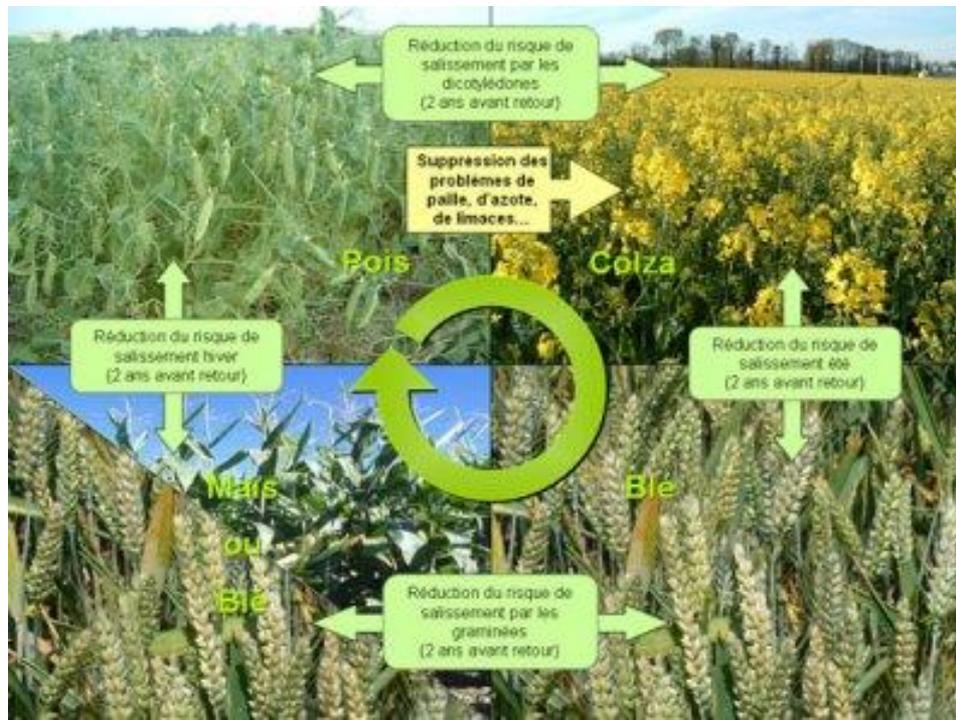
- Avec cette agriculture, on n'utilise pas d'intrants (pas de pesticides+engrais chimiques).
- Par exemple, on alternera a) céréales, b) cultures fournissant de l'azote \_ telles que petits pois...
- Voire on fera une rotation entre 3 parcelles, dont l'une étant en jachère (°).

(°) Jachère : pratique qui consiste à laisser périodiquement un champ non cultivé pour permettre à la terre de se reconstituer \_ qu'elle se repose. (En Europe, c'était une technique traditionnelle des grandes plaines céréalières).

Note diverse : **La jachère fleurie** est un espace composé de fleurs (source d'azote) : un de ses principaux atouts est donc paysager (enrichir la beauté d'un paysage monotone).



Jachères fleuries



Rotations pour les Cultures maraichères.

# Amélioration de la fertilité des sols

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

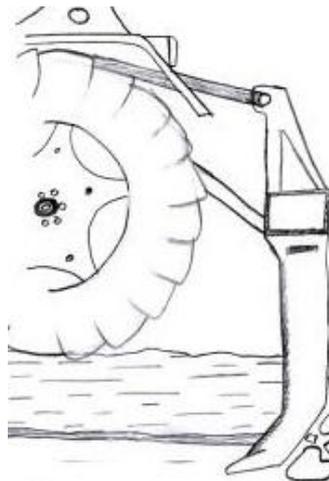
(pour mention)

- 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.

Note : 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

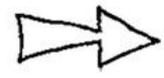
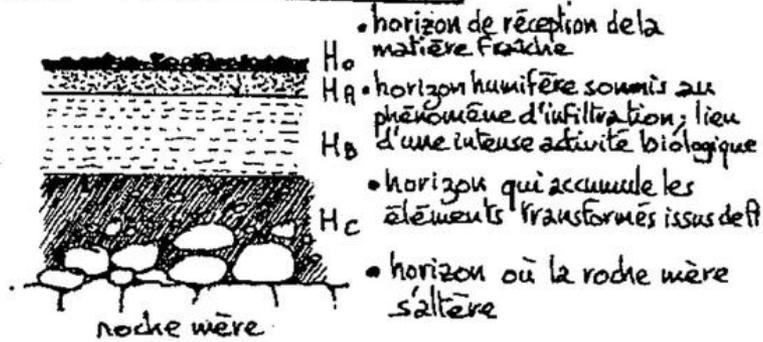


sous-soleuse

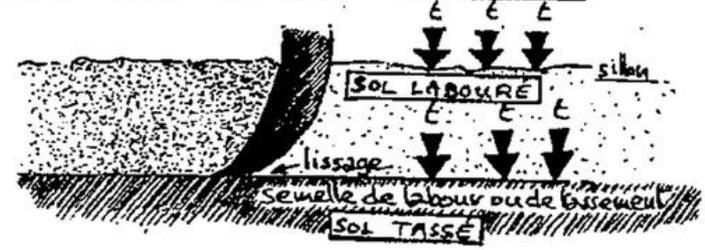
# Amélioration de la fertilité des sols

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

1 le sol s'organise en couches appelées horizons:

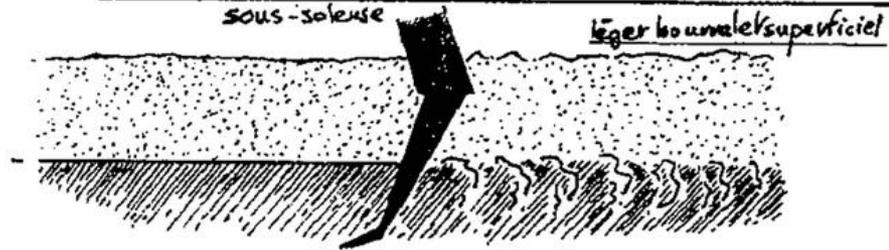


2 cette structure est modifiée par les labours successifs



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

## 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).



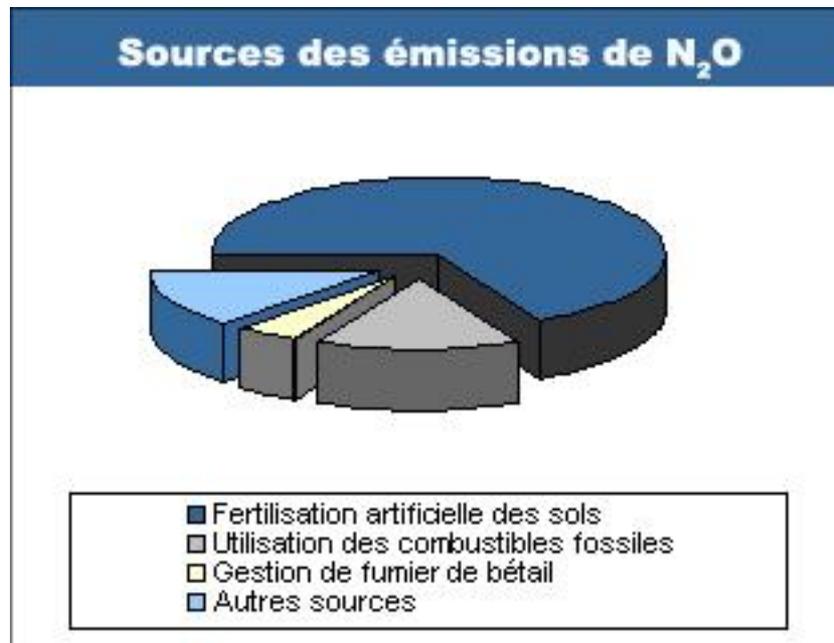
Marée verte



Riz + canards

# Amélioration de la fertilité des sols

Les humains sont responsables de 96 % des émissions de protoxyde d'azote. Presque toutes de ces émissions proviennent de 3 sources:



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

# Amélioration de la fertilité des sols

## 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

## 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 précédemment 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

## Annexe : bibliographie

### **Livres sur ces nouvelles techniques** (note : peu de livres en français) :

- *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](http://www.ctifl.fr)
- *Advances in Agronomy*, de Donald L., Ph. D. Sparks, Academic Press Inc, 2007.
- *BRF vous connaissez ?*, Jacky Dupety, Bernard Bertrand, Éditions de Terran , 2007, 128p.
- *Les bois raméaux fragmentés*, Eléa Asselineau et Gilles Domenech, Éditions du Rouergue.
- *Towards Holistic Agriculture - A Scientific Approach - R.W. Widdowson*, Pergamon; 1st edition, 1987 (*Ensemble de techniques intégrées. A vérifier*).
- *Parole de terre : Une initiation africaine*, Pierre Rabhi, Albin Michel, 1996.
- *Les mycorhizes, la nouvelle révolution verte*, J. André Fortin, Christian Plenchette, Yves Piché, Quae éditions, 2008.

### **Sites web :**

[www.cirad.fr](http://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](http://www.agrireseau.qc.ca) (voir rubriques [Agriculture biologique](#), [Agroenvironnement](#)), [www.agritechnique.com](http://www.agritechnique.com)  
<http://www.nlsd.fr/> non labour & semis direct.

[www.afd.fr](http://www.afd.fr) : AFD (Agence française de développement) : participe au financement du développement des pays pauvres.

[www.lesjardinsdebrf.com](http://www.lesjardinsdebrf.com)

### **Contacts et conseils (en France) :**

• **LAM**: laboratoire d'analyses de sol 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 Chemin de Charmont, 21120 MAREY sur TILLE, France, Tel. 03.80.75.61.50, Fax. 03.80.75.60.96, Site : [www.lams-21.com](http://www.lams-21.com)

# *Amélioration de la fertilité des sols*

## **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](mailto:benjamin.lisan2@aliceadsl.fr)