

# Le sol, un invisible omniprésent

Marc-André SELOSSE

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive  
CNRS & Univ. Montpellier II



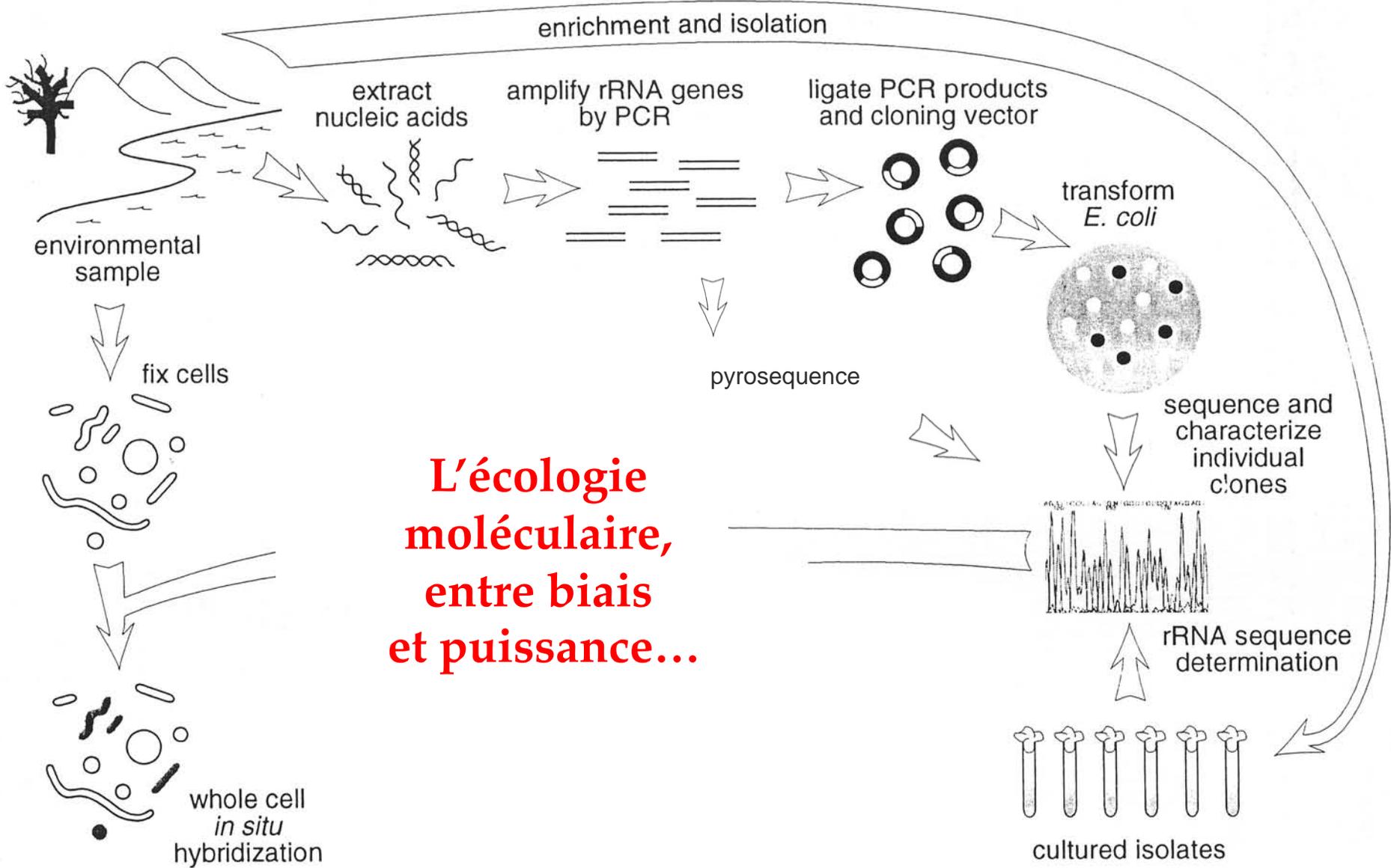


1.

Le lieu de la diversité  
taxonomique terrestre

1a.

Méthodes...



Dans un gramme de sol forestier tempéré (sec)...

$10^5 - 10^7$  bactéries (de  $10^3$  à  $10^5$  espèces)

$10^3 - 10^5$  espèces de champignons

$10^3$  protozoaires d'espèces variées

des algues en surface...

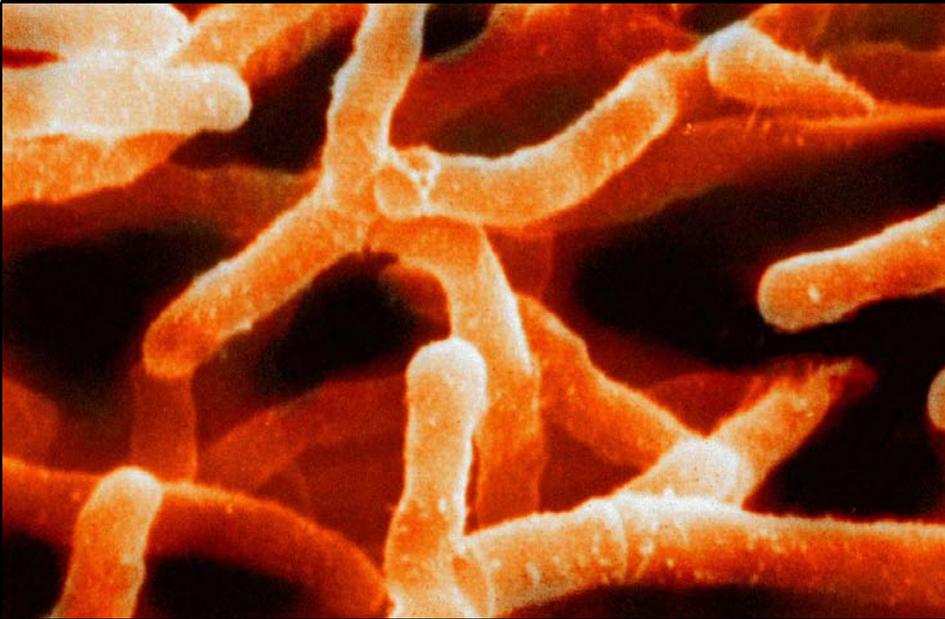
... des animaux et des racines,  
soit 6,4 t/ha de biomasse,

... et env. 50% du carbone (mort  
ou vif) des écosystèmes terrestres !

1b.

Diversité cultivable  
ou observable...



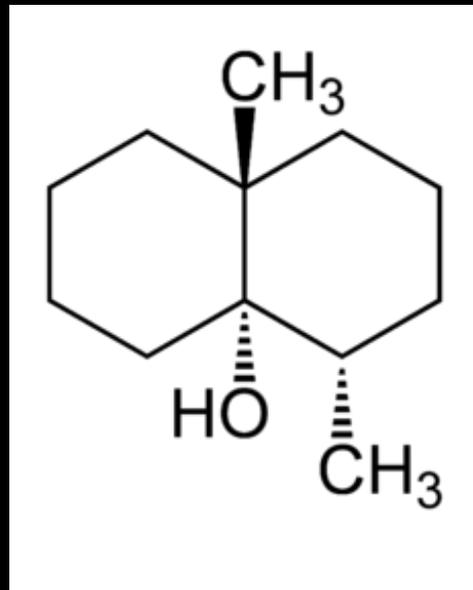


*Actinomyces*



*Streptomyces*

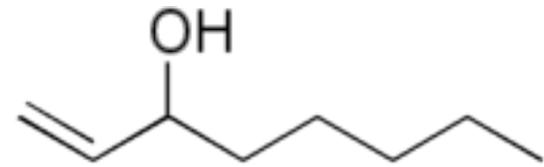
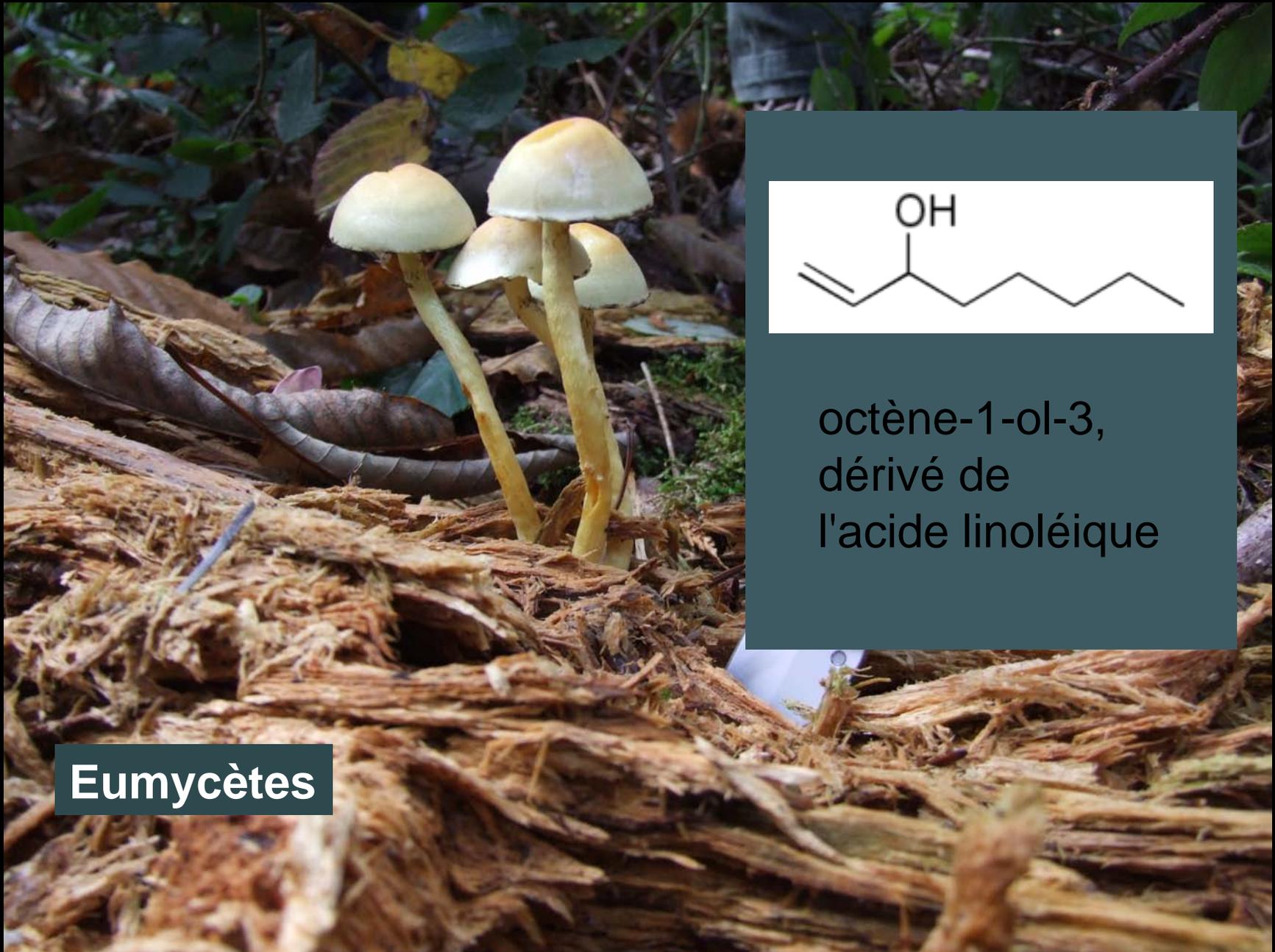
**Actinomycètes =  
Actinobactéries**



La géosmine :  
l'odeur de terre  
(et de pluie !)



Eumycètes



octène-1-ol-3,  
dérivé de  
l'acide linoléique

**Eumycètes**

Le ratio bactérie/champignon dépend du pH...



Mor



Moder



Mull

Richesse des plantes en N, P...



*Entre deux extrêmes....*

Richesse des plantes en N, P...  
forte (C/N=10-40), production  
primaire forte



Disponibilité  
en éléments  
biogènes  
forte  
(peu de  
litière)

Champignons  
peu riches  
en N, P, peu exigeants

Roche  
mère

Acidi-  
fication  
pH 5-7

Bactéries  
riches en N, P,  
compétitives  
C/N=5-10

Vitesse de  
minéralisation  
rapide

Mull → agrosystèmes et forêts productives

Richesse des plantes en N, P...  
faible (C/N=50-100), production  
primaire faible



Disponibilité  
en éléments  
biogènes  
faible  
(importante  
litière !)

Champignons  
peu riches  
en N, P, peu exigeants  
C/N=10-20

Roche  
mère

+

Acidi-  
fication  
pH 3-5

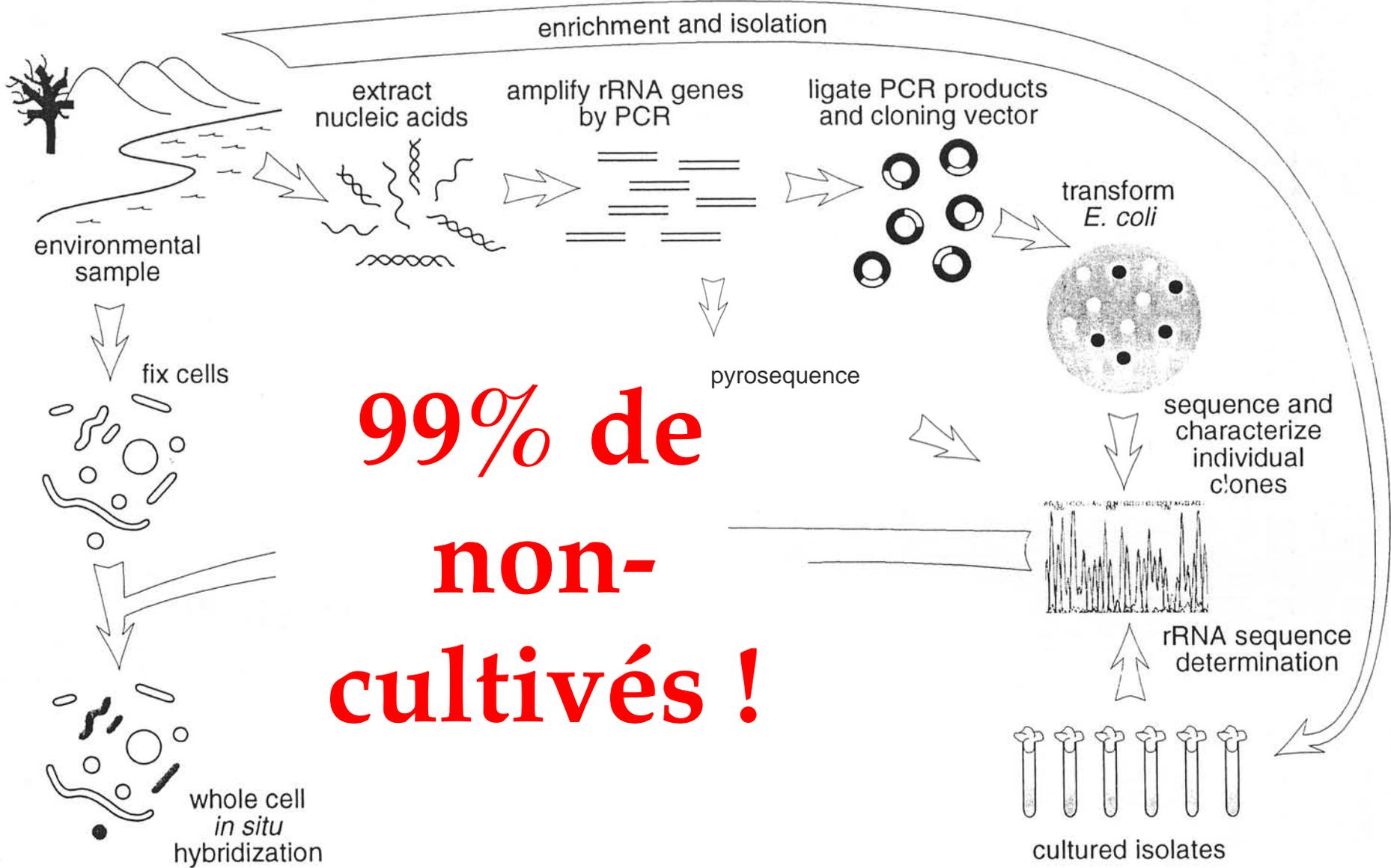
Bactéries  
riches en N, P,  
compétitives

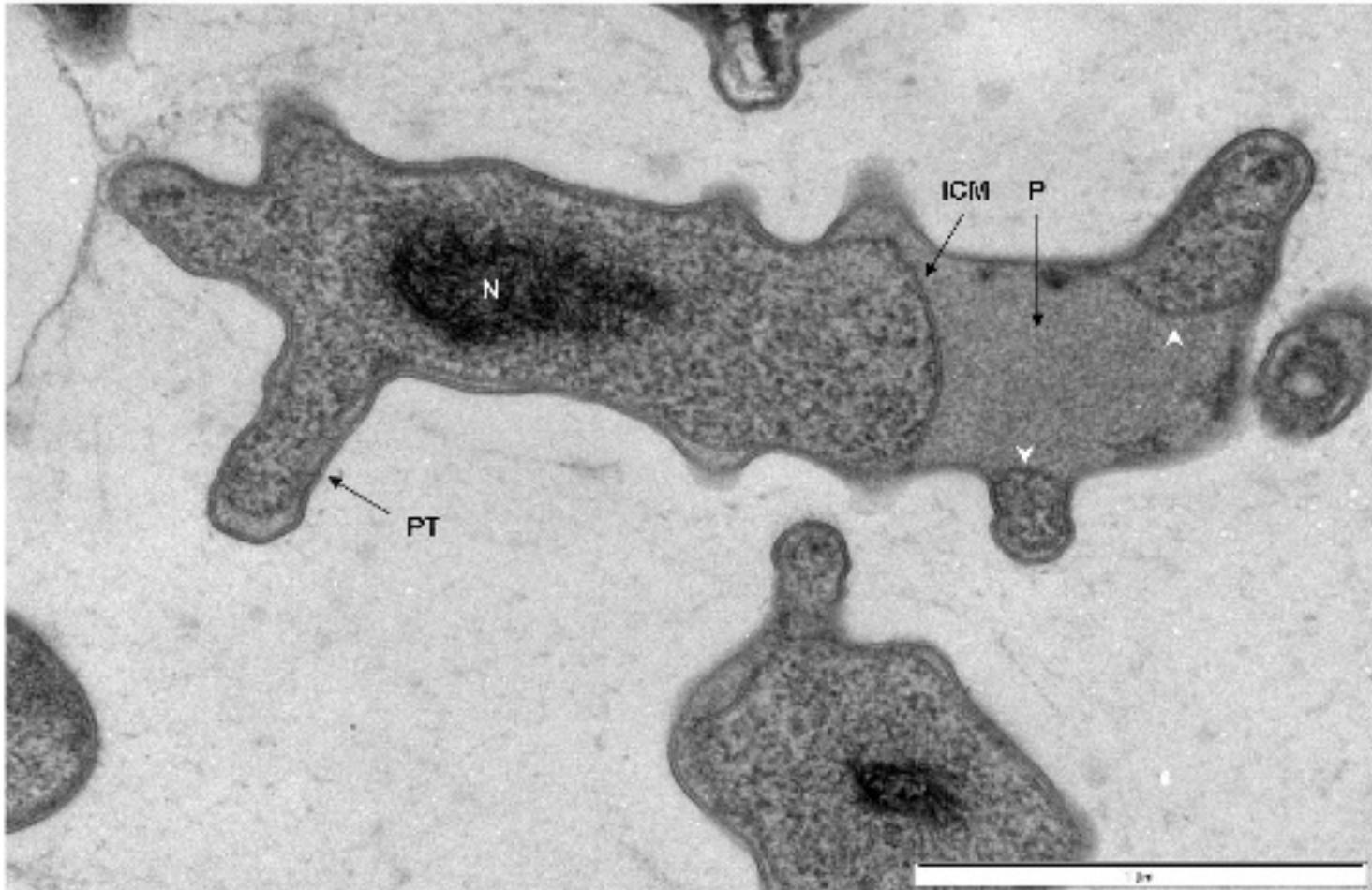
Vitesse de  
minéralisation  
lente

Mor & moder → nos landes et forêts  
(plantes à litières 'acidifiantes')

1c.

Diversité non-  
cultivable...





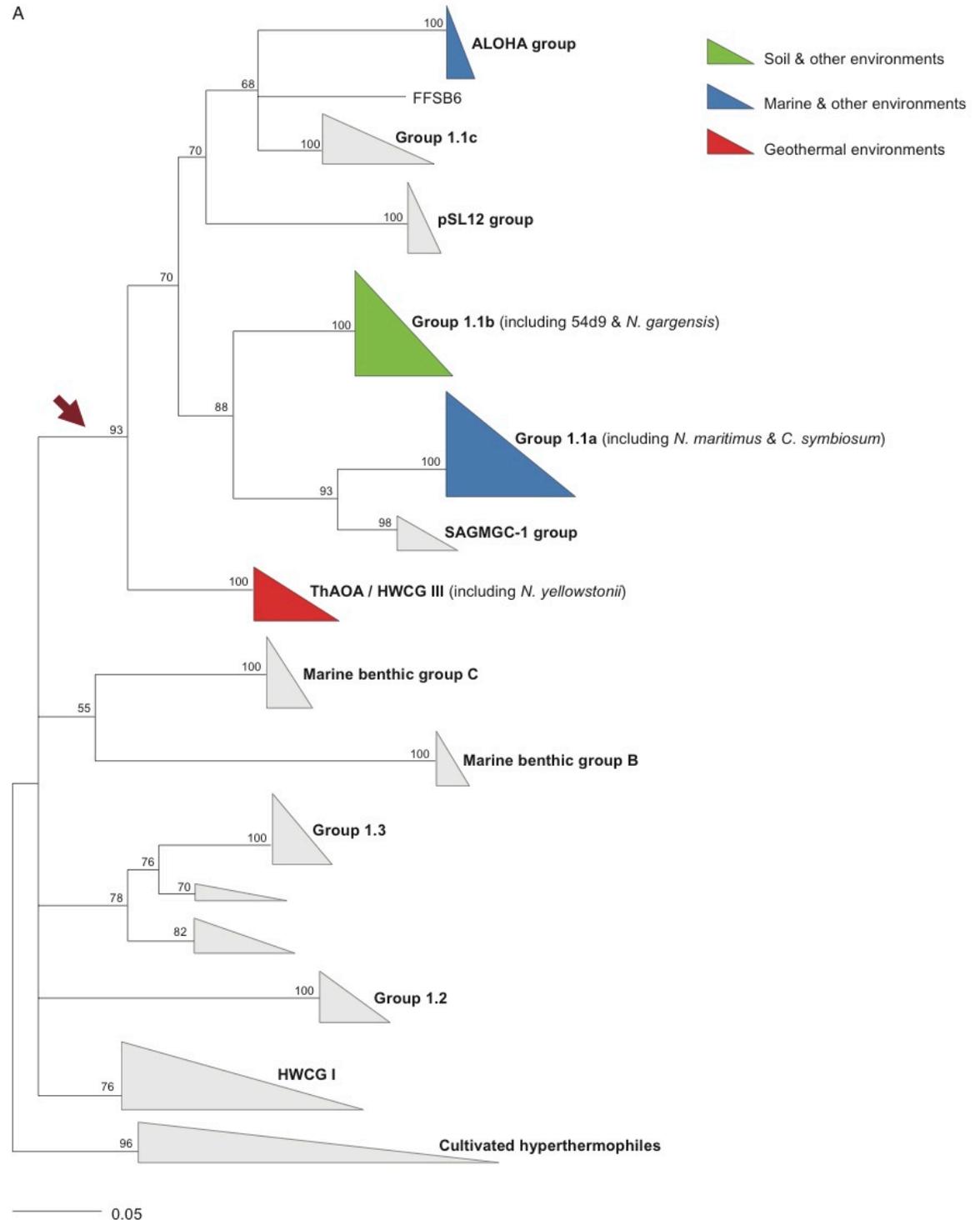
**Verrucomicrobia,**  
1-10% des bactéries du  
sol... mais seulement 80  
isolats cultivés, dont 17  
issus des sols !

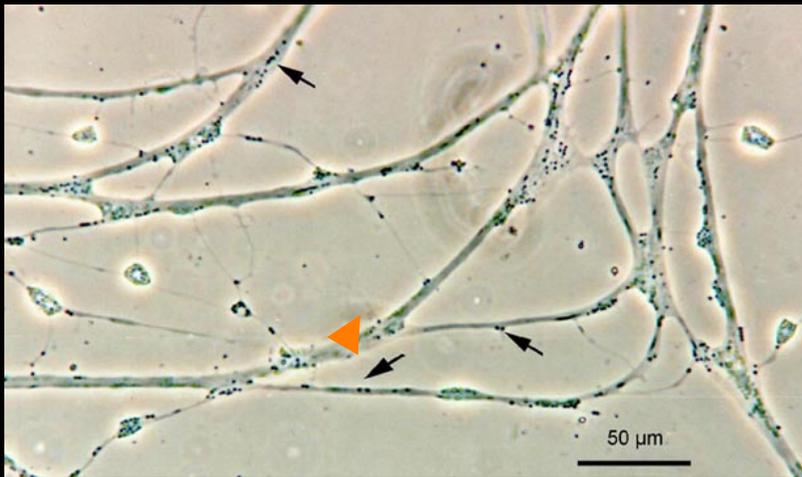
0.5  $\mu\text{m}$

*Verrucomicrobium*  
*spinosum*

Archées,  
par exemple  
dominantes  
parmi les  
nitrifiantes

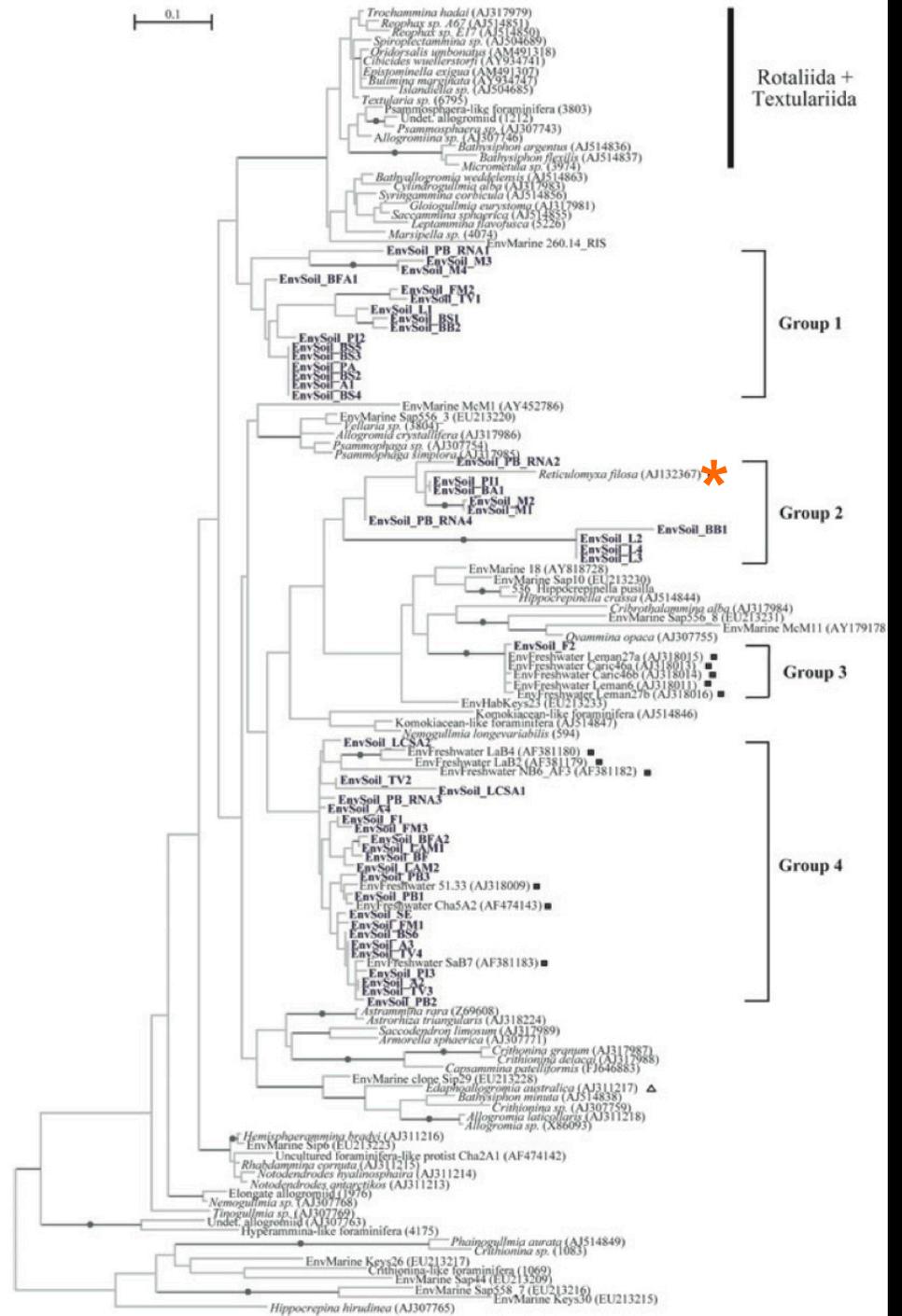
... et donc, pas  
seulement  
extrémophiles !





*Reticulomyxa filosa* (\*)

Foraminifères,  
sans test  
probablement





2.

Le lieu de la diversité  
fonctionnelle terrestre

2a.

Des métabolismes  
exotiques (ex. du fer)









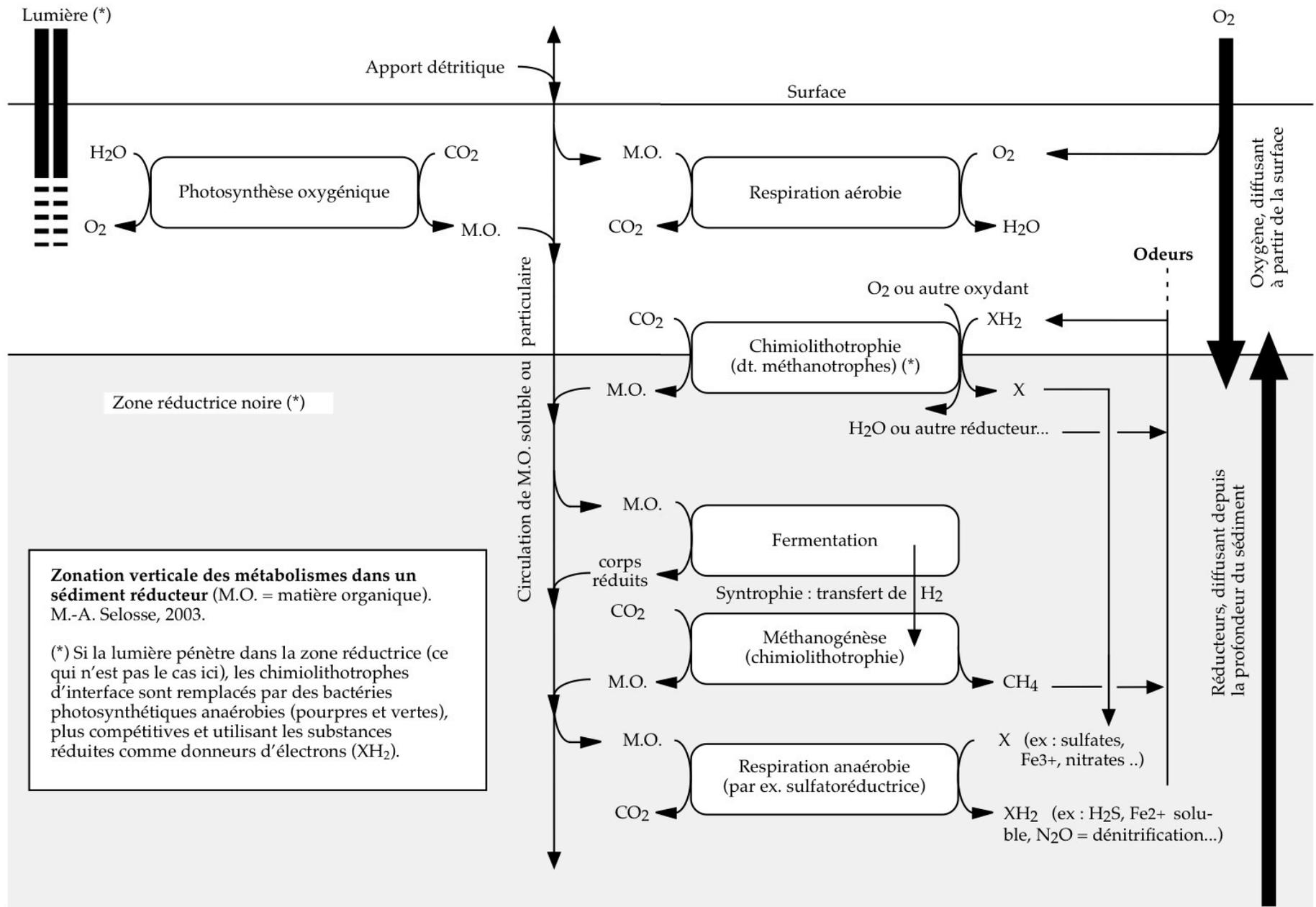


(respiration anaérobie  
dans les sols inondés,  
exacerbée dans les gleys)





(chimiolithotrophie)

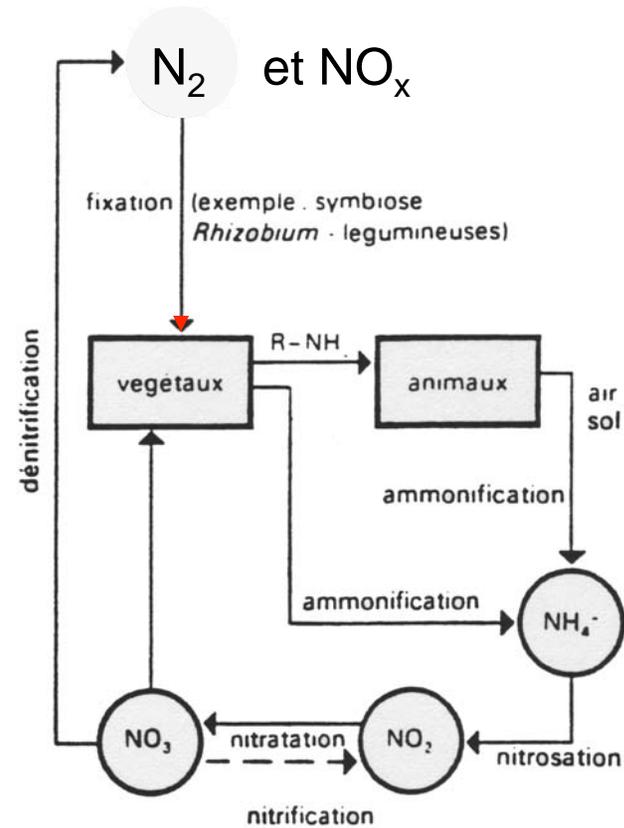


... une colonne de Winogradsky / un éloge de la diversité

2b.

Le cycle de l'azote  
'tourne' dans le sol

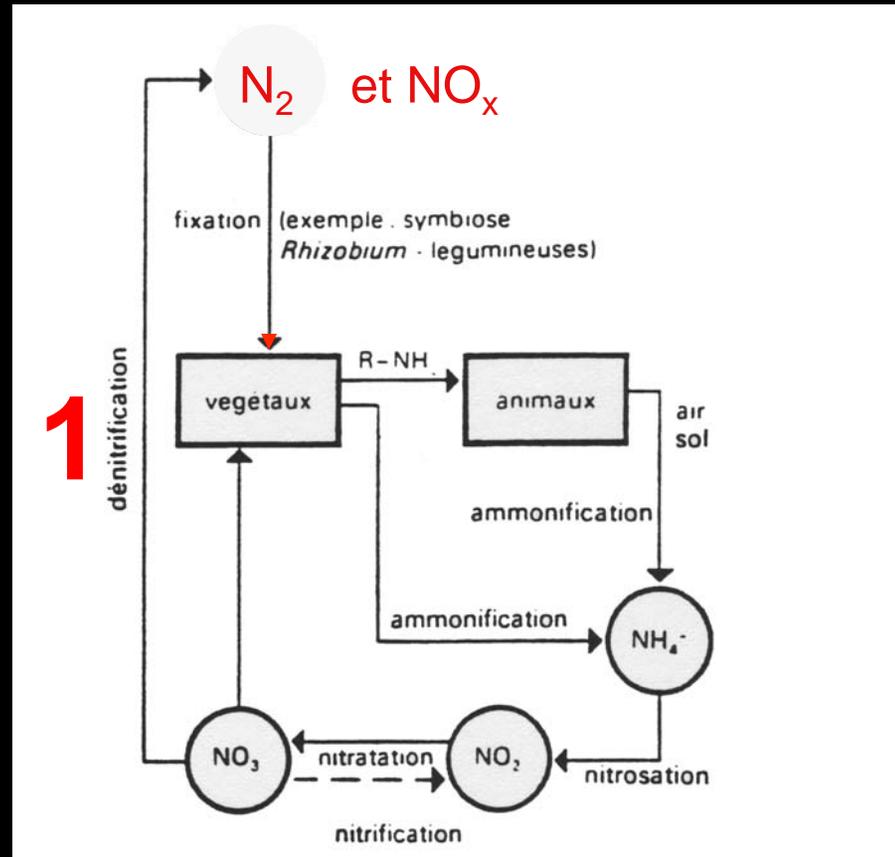
# Le cycle de l'azote



Cycle de l'azote : principales réactions et relations biologiques.

La triste monotonie de la surface...

# Le cycle de l'azote



## 1 - dénitrification :

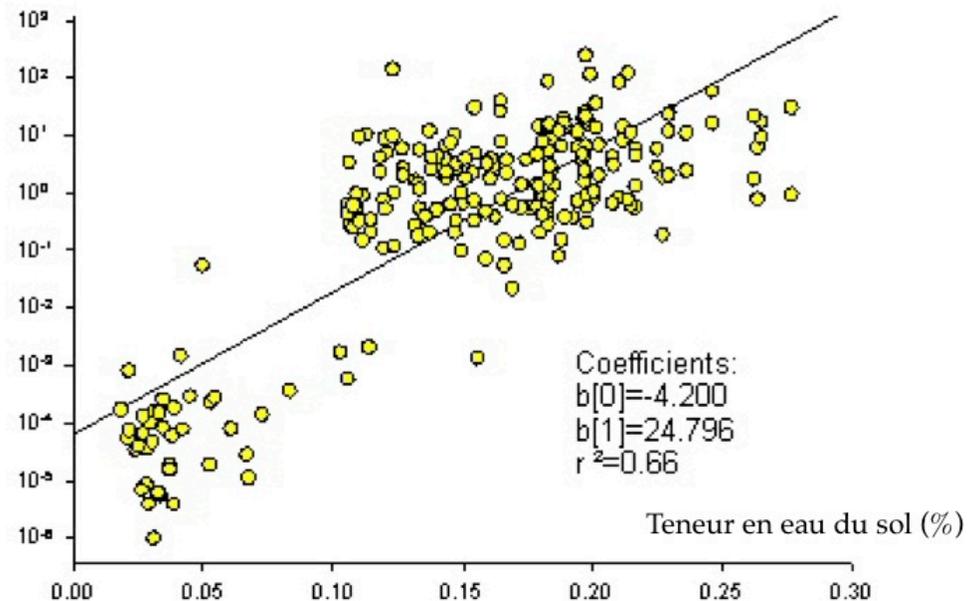
- présence de matière organique (c'est une respiration)
- anoxie : nitrates comme accepteurs d'électrons

# Le cycle de l'azote

## 1 - dénitrification :

- présence de matière organique (c'est une respiration)
- anoxie : nitrates comme accepteurs d'électrons

Taux de dénitrification ( $\text{ngN.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$ )



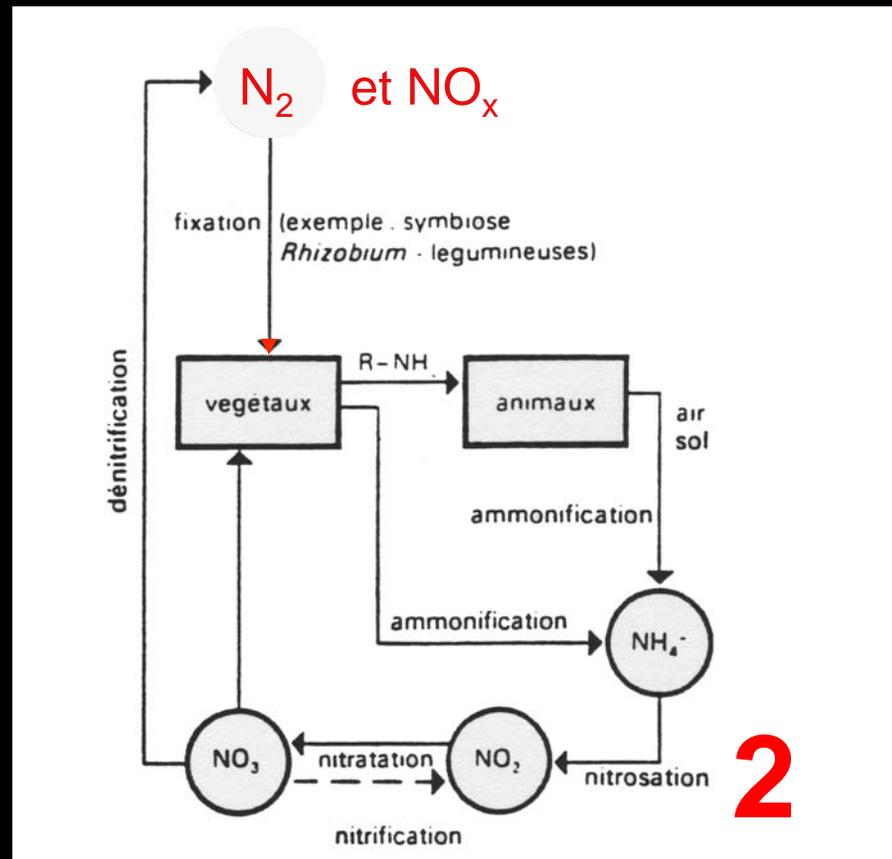
Dénitrification dans un champ du Comté de Monterey (Californie) durant un an : les valeurs des deux paramètres ont été relevées à différents moments au cours d'une année. (d'après [www.gis.ucsc.edu/Labdocs/mlh/nitrogen.html](http://www.gis.ucsc.edu/Labdocs/mlh/nitrogen.html))

# Le cycle de l'azote



## 2 - nitrification :

- pH neutre avec pHstats
- pas trop de M.O. (compétition avec les hétérotrophes)
- de l'oxygène = c'est une chimiolithotrophie

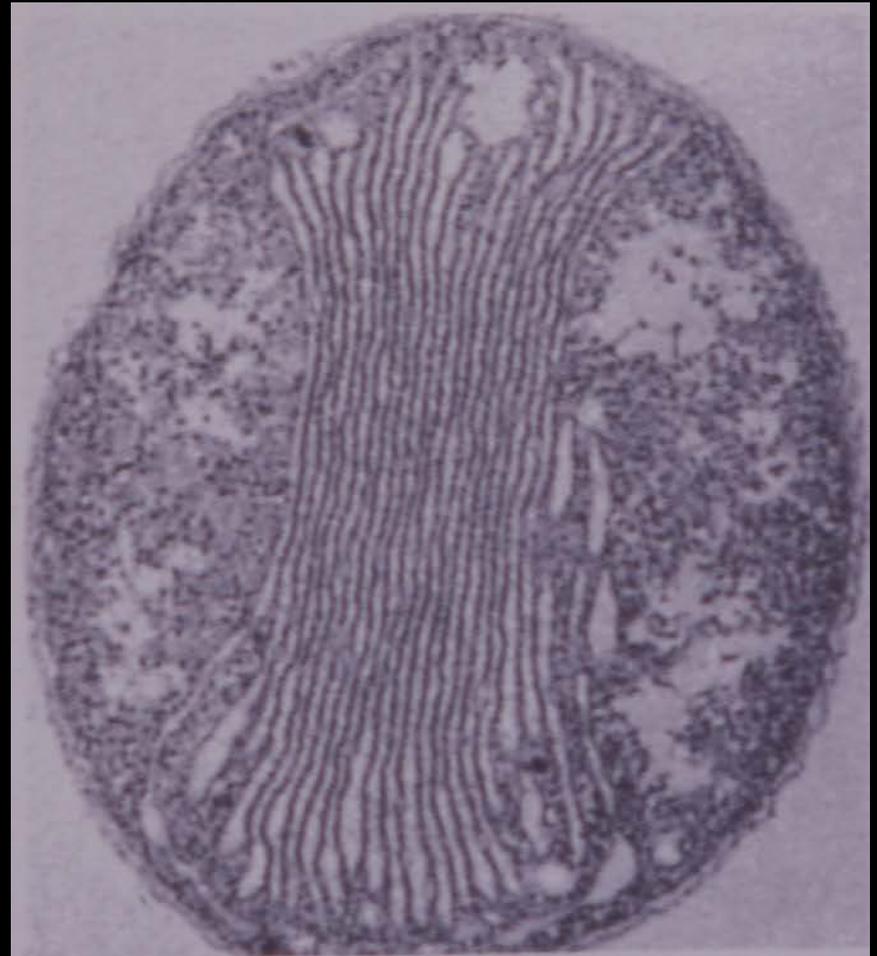


# Le cycle de l'azote

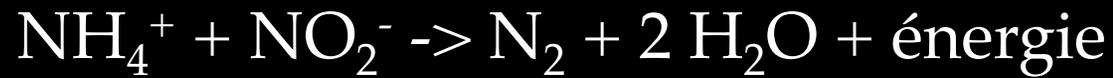


## 2 - nitrification :

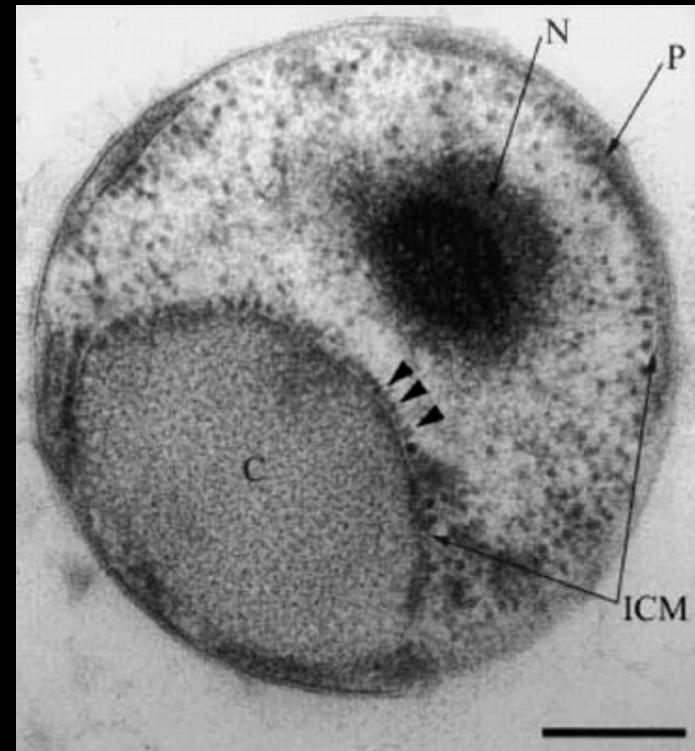
- pH neutre avec pHstats
- pas trop de M.O. (compétition avec les hétérotrophes)
- de l'oxygène = c'est une chimiolithotrophie



# Les planctomycètes "anammoxes"

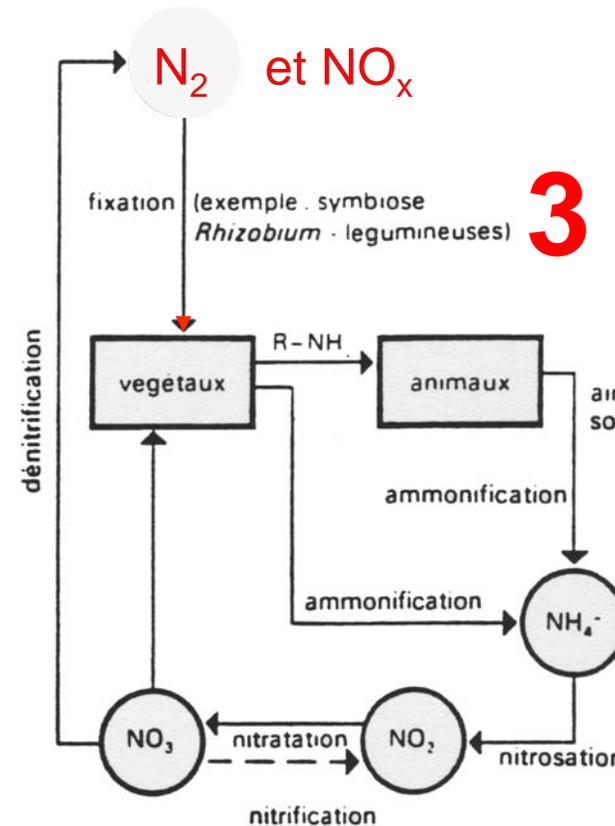


Anaerobic ammonium oxidation... avec dénitrification !



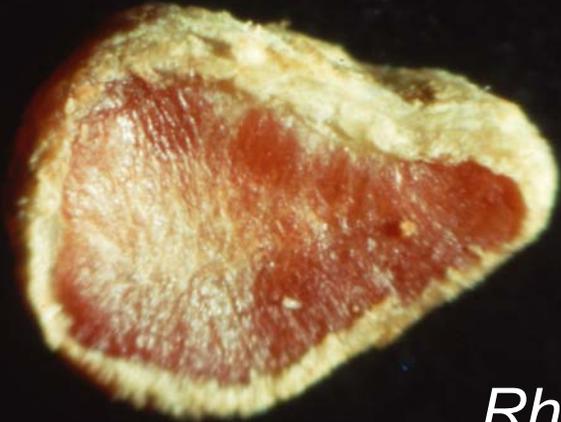
*Planctomyces maris*

# Le cycle de l'azote



## 3 - fixation : tj. bactérienne

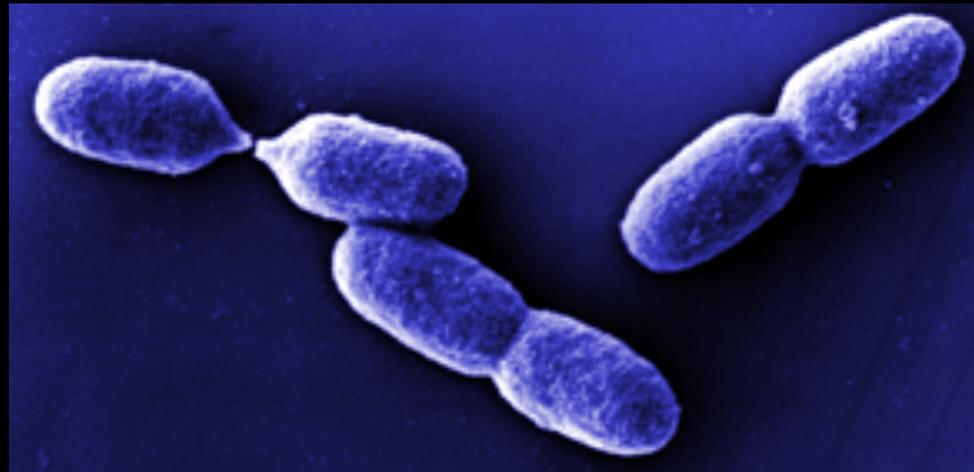
- de la matière organique (besoin d'énergie !)
- pas trop d'oxygène, mais un peu quand même (...)



*Rhizobium*



*Azospirillum*



*Azotobacter*

2c.

... recycler le C n'est  
pas l'apanage du sol





**Eumycètes**  
(ligninolytiques, notamment)



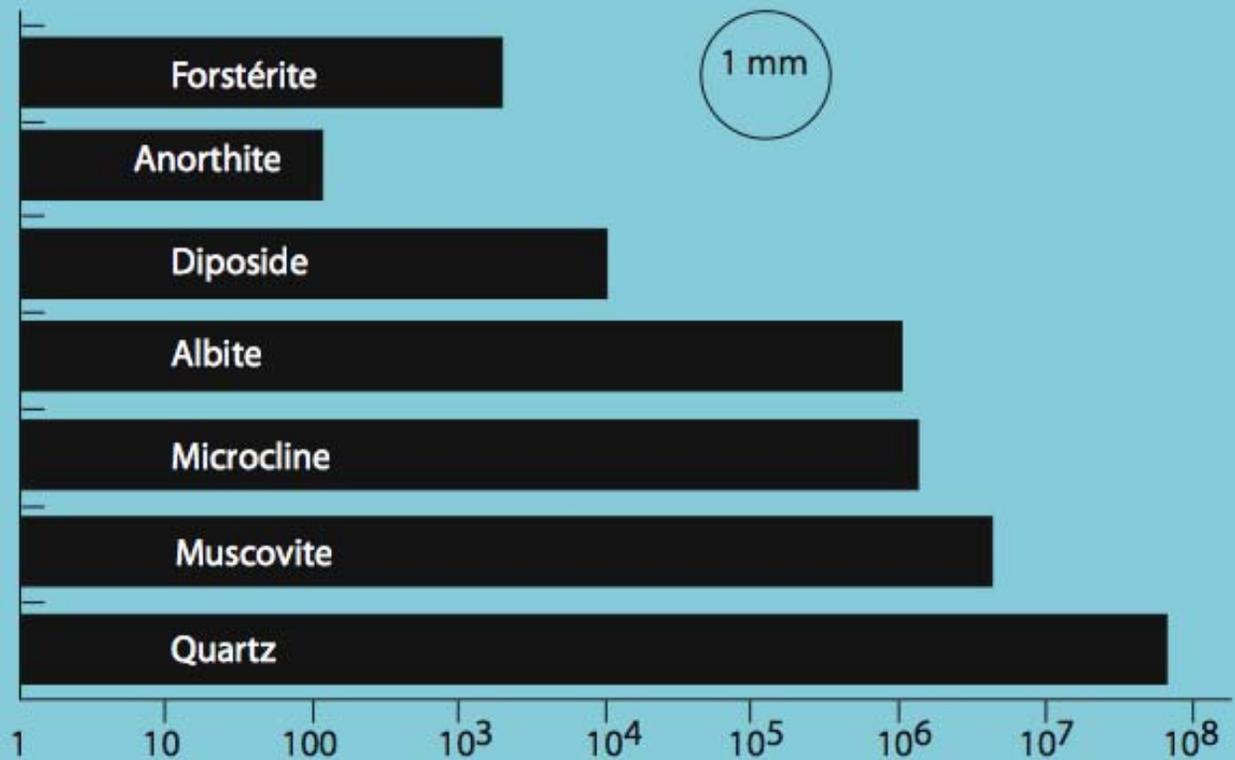
**Décomposition, minéralisation, re-organisation**

3.

Le lieu d'une diversité  
d'interaction

3a.

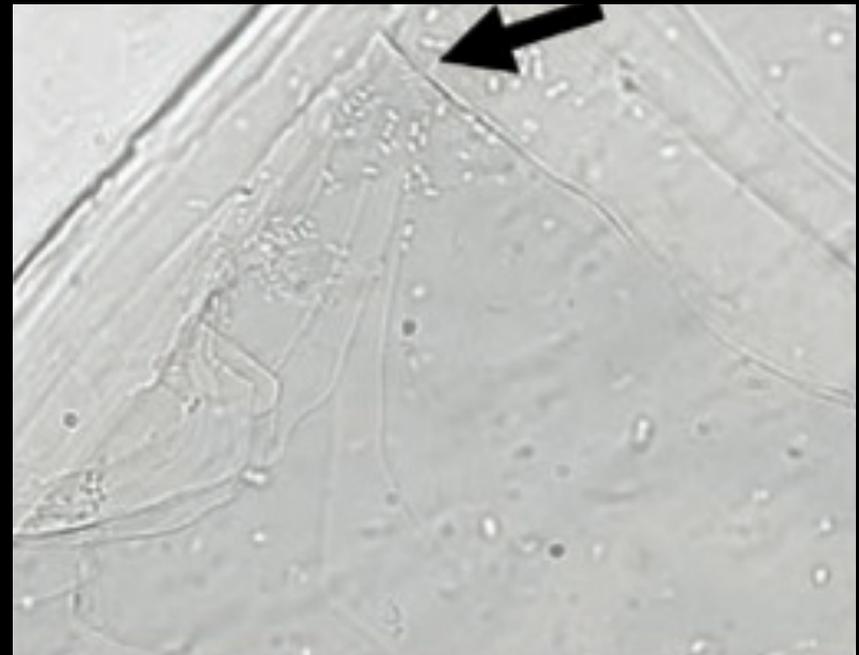
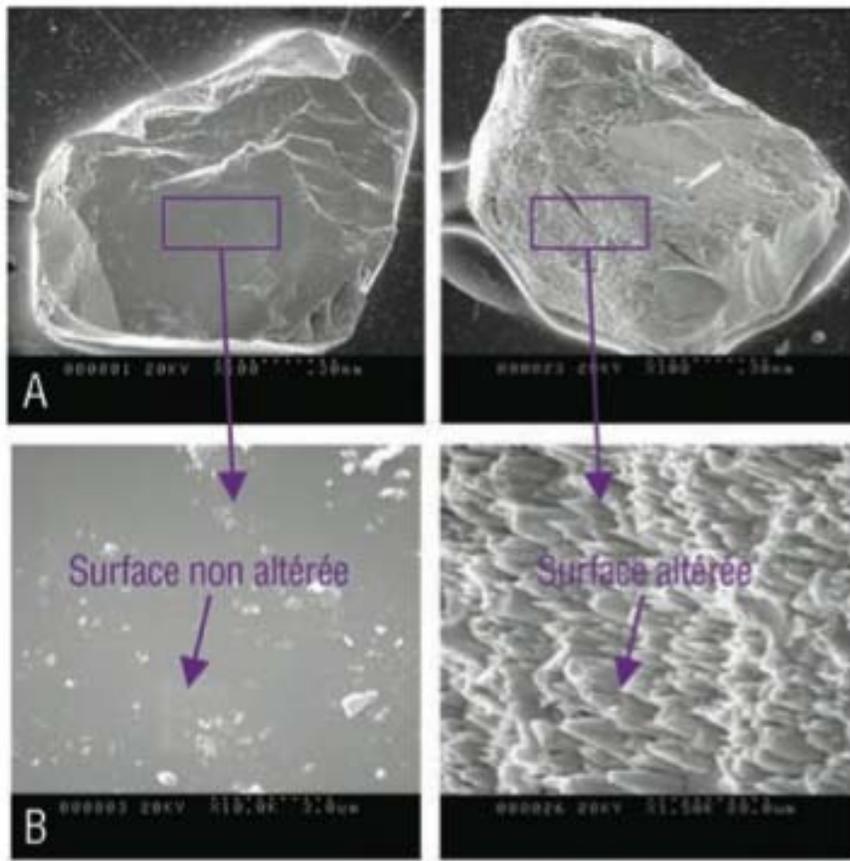
*Nihil nudum :*  
des biofilms partout...

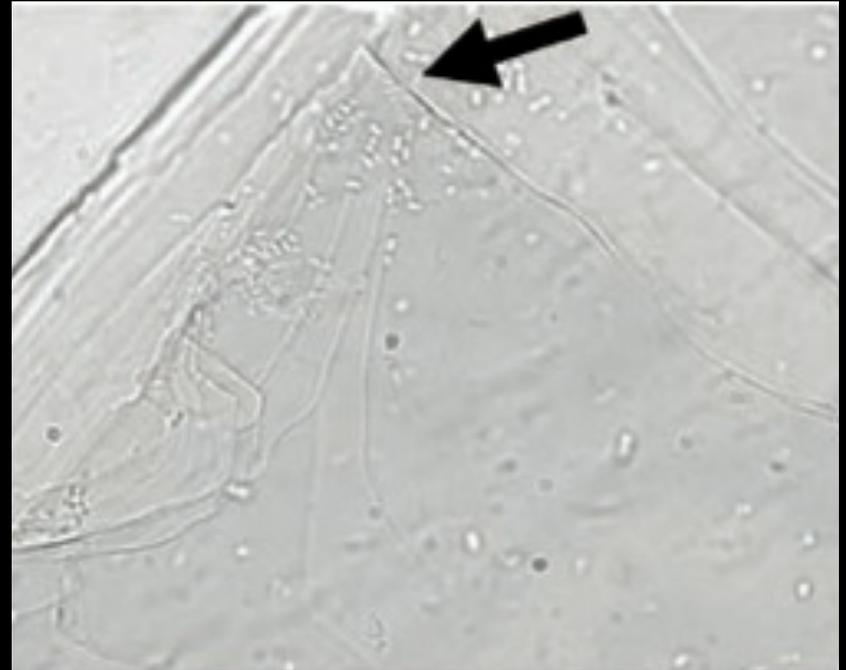
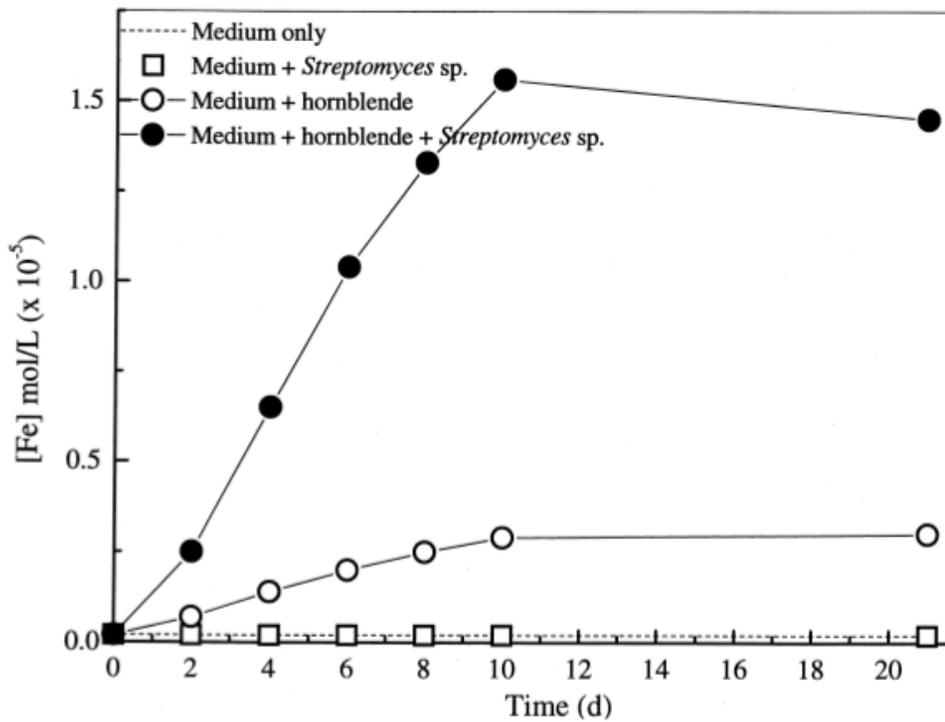


Durée de vie (en années) d'un cristal de 1 mm de diamètre à pH = 5, en solution diluée, selon les estimations des taux de dissolution expérimentaux.

# Apatite $\nabla$ Biotite $>$

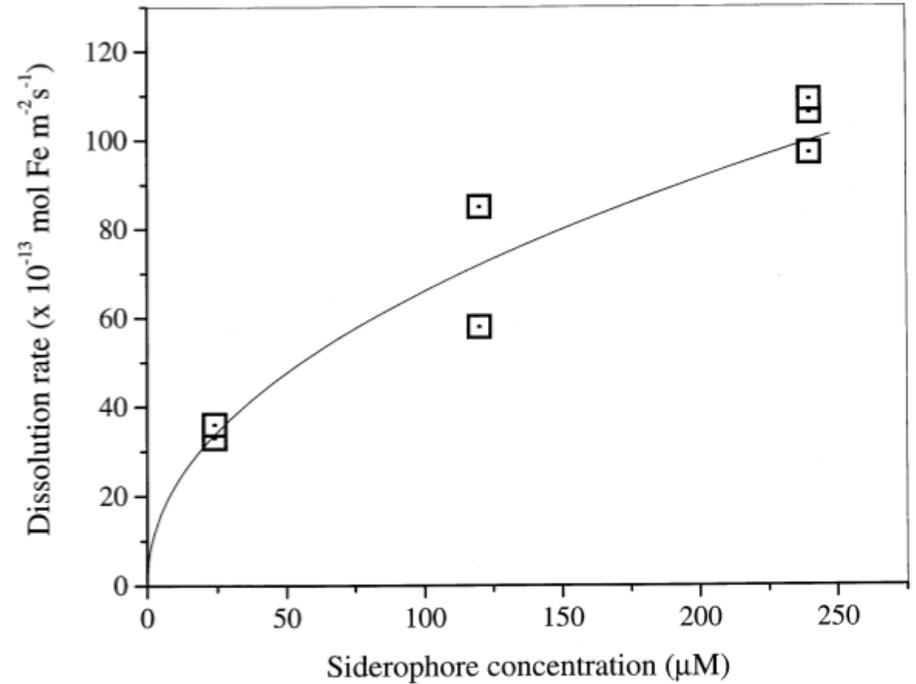
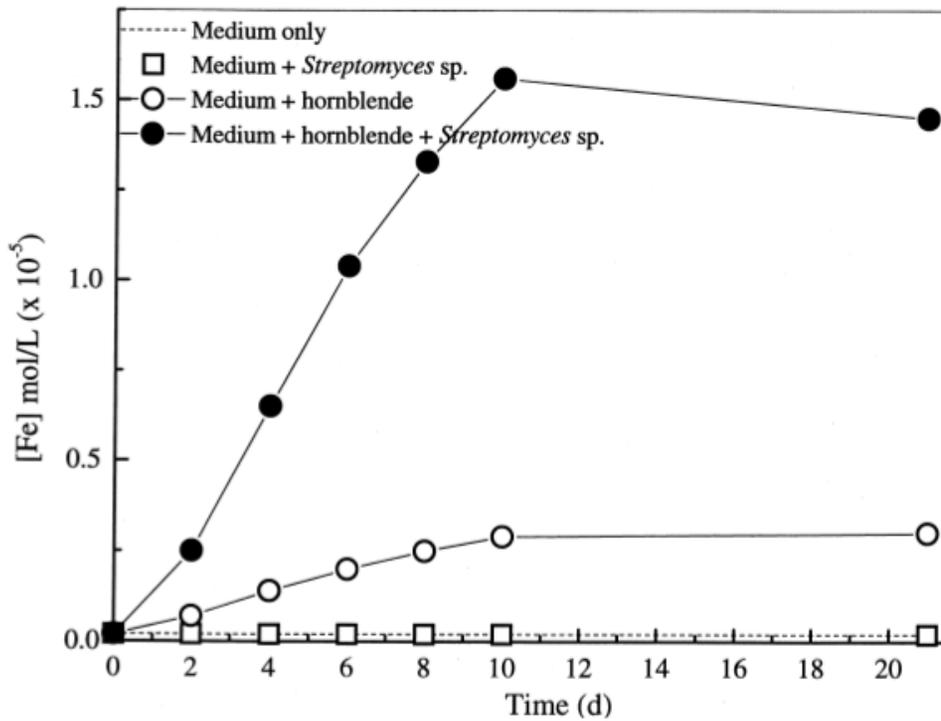
Sans action biologique      Avec action biologique





Lierman *et al.* 2000





Lierman *et al.* 2000



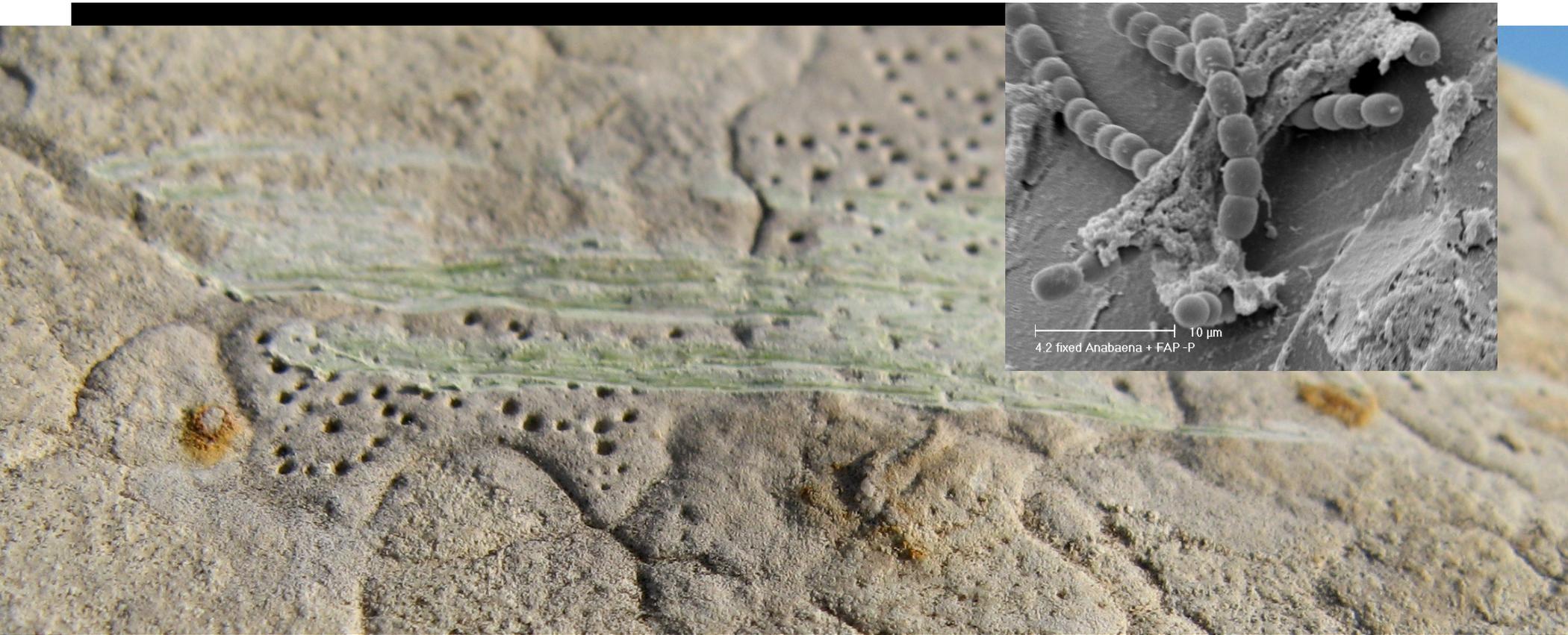
- catalyse acide

- complexation (ex. sidérophores pour Fe)









## Rôle des biofilms :

- création d'acidité (catalyse acide)
- rétention d'eau (hydrolyse, dissolution)
- rétention physique des produits

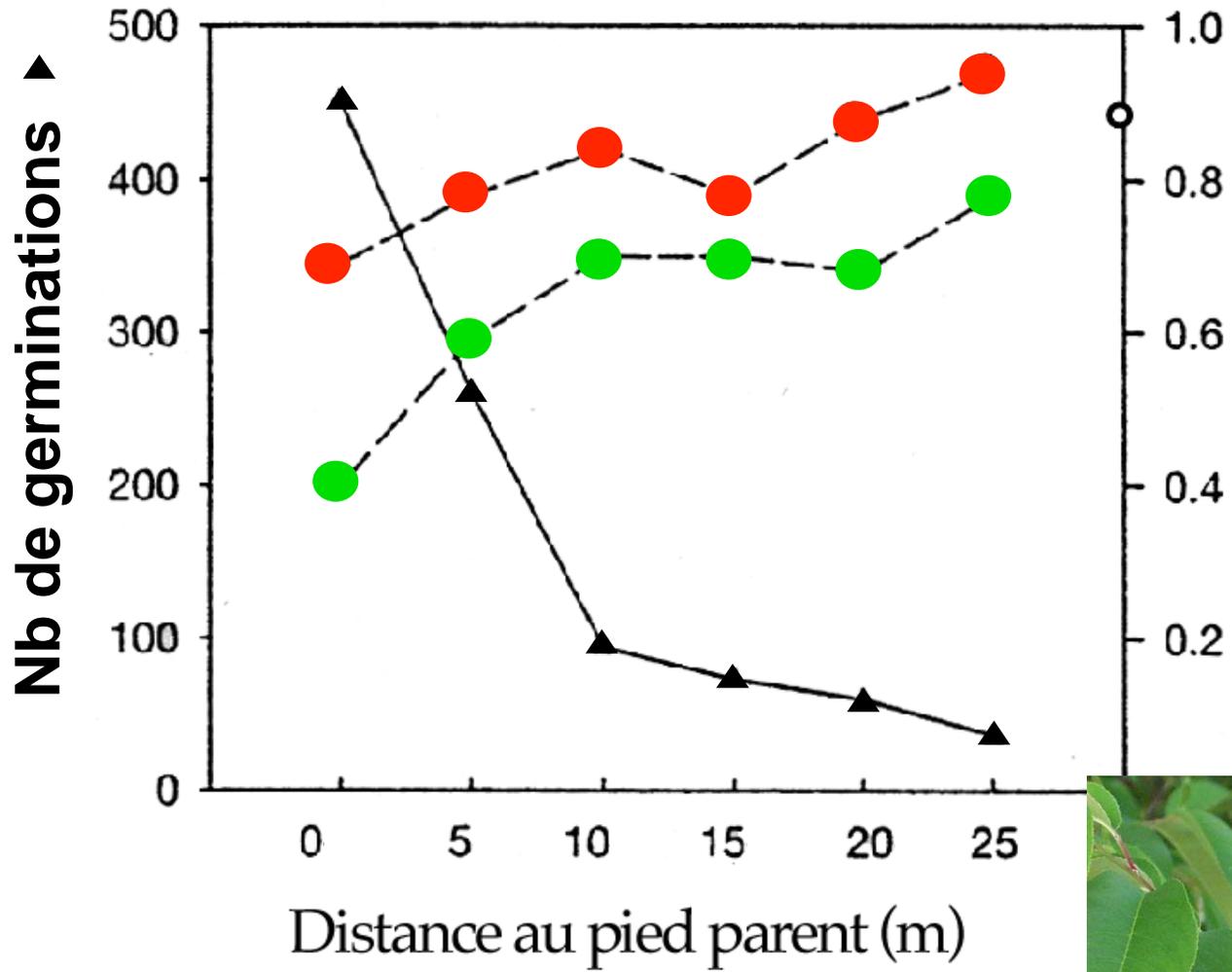


3b.

Pathogènes et densité-  
dépendance négative



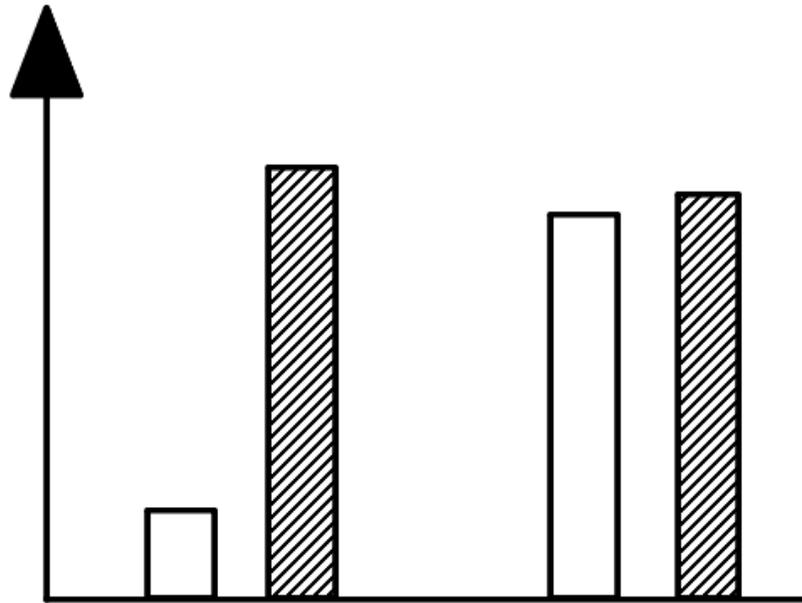
100 m



*Prunus serotina* recrute ses pathogènes souterrains...



Taux de survie des germinations



sol auprès des parents

sol éloigné des parents

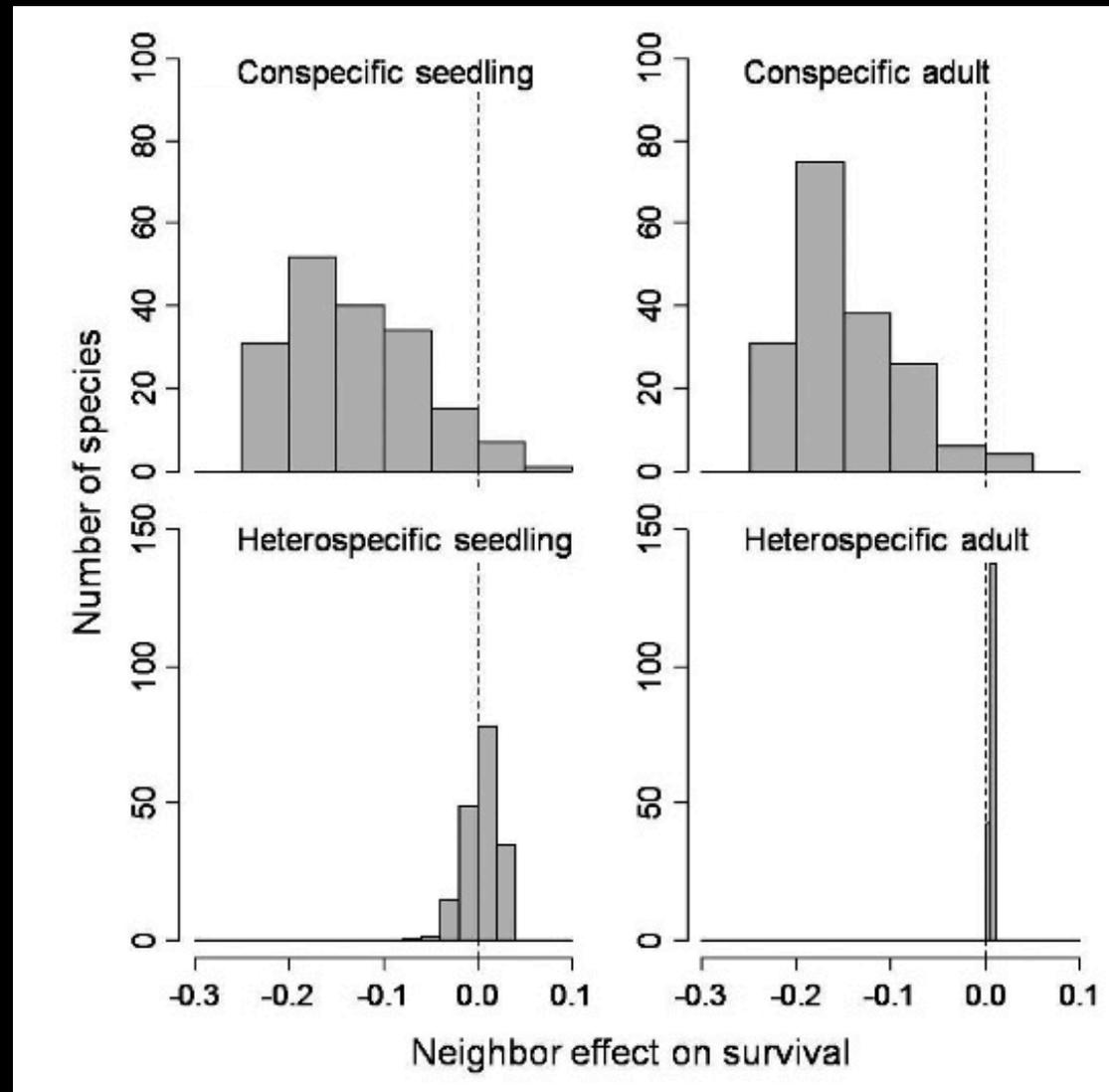
 sol stérilisé

 sol non stérilisé

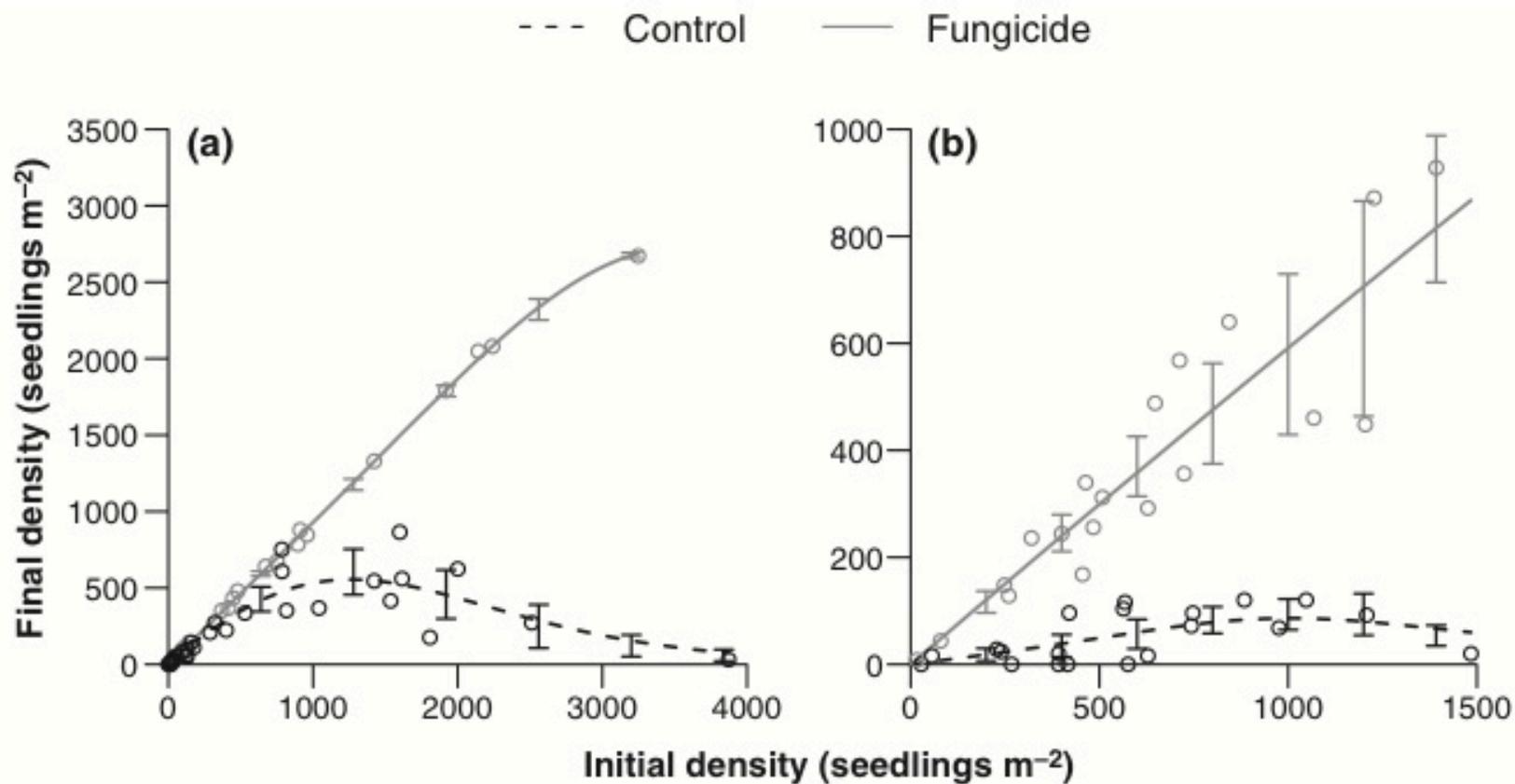
*Prunus serotina* recrute ses pathogènes souterrains...



Comita *et al.* (2010), sur 31 000 plantules de 180 espèces d'arbres des forêts du Panama



Bagchi *et al.* (2010), sur *Pleradenophora longicuspis* (Euphorbiacée) en ombrière (a) ou *in situ* (b), au Belize



A photograph of a lush tropical forest. The foreground is dominated by a dense thicket of plants with large, dark green, palmately lobed leaves and numerous bright red flowers. The background shows a vast expanse of green forest extending up a hillside, with varying shades of green and some taller trees visible in the distance.

*La densité-dépendance négative, une cause microbienne potentielle pour*

- *la rareté de certaines espèces*
- *l'hyper-diversité végétale tropicale*
- *les successions de colonisation*

3c.

Les réseaux  
mycorhiziens





6400 m<sup>2</sup> de forêt Corse (Fango)

Richard *et al.*, 2006. *New Phytologist* 166: 1011

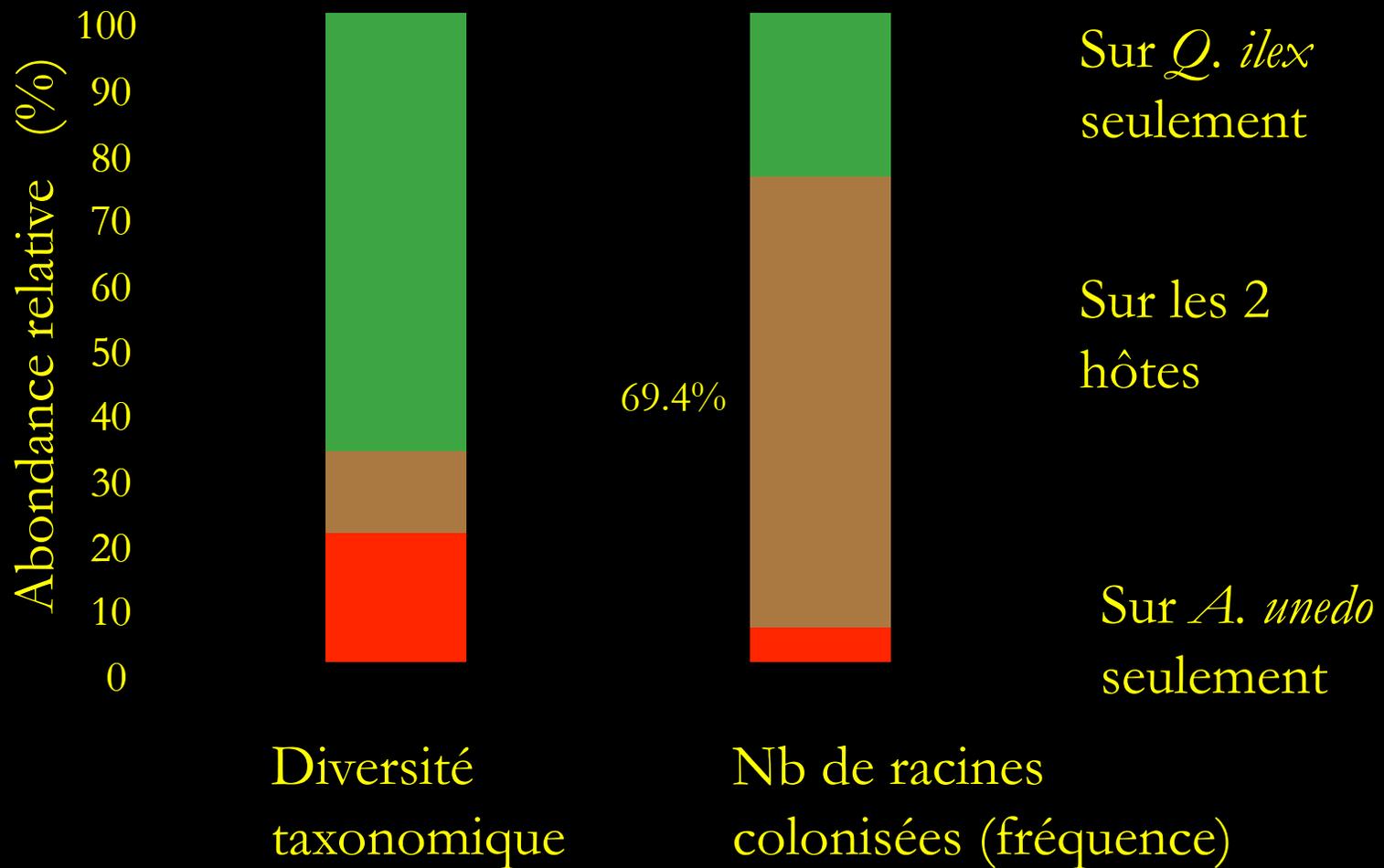
✓ 228 arbousiers



✓ 105 chênes verts



15 000 mycorhizes typées –  
Richard *et al.*, 2006. *New Phytologist* 166: 1011



Plus de 500 espèces de champignons mycorhiziens :  
 la diversité n'est pas ce qu'on voit...  
 ... et la symbiose mycorhizienne est un réseau



*Neottia  
nidus-avis*



... associé avec des *Sebacina*...



... elles-mêmes associées aux arbres voisins

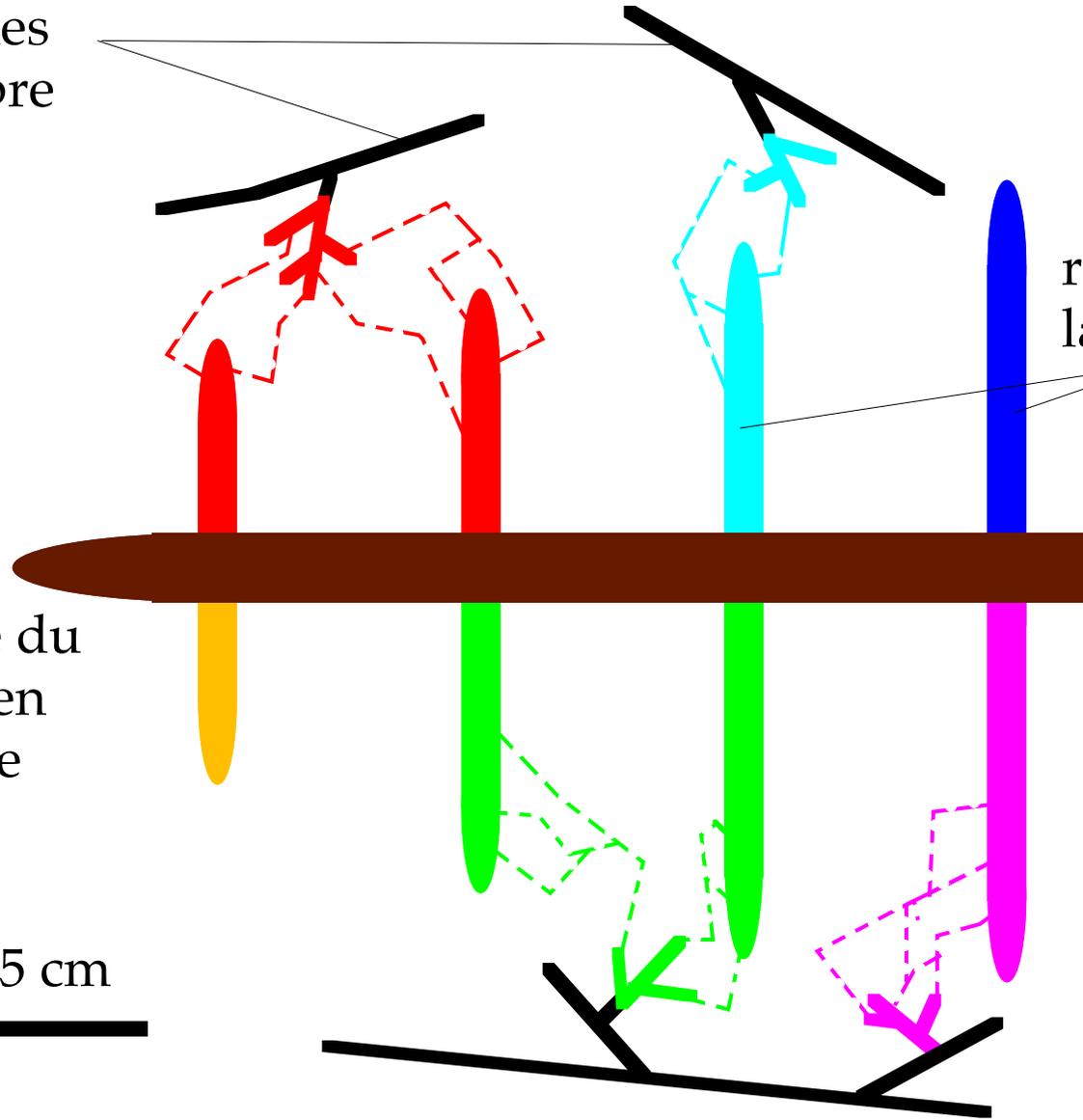
racines  
d'arbre

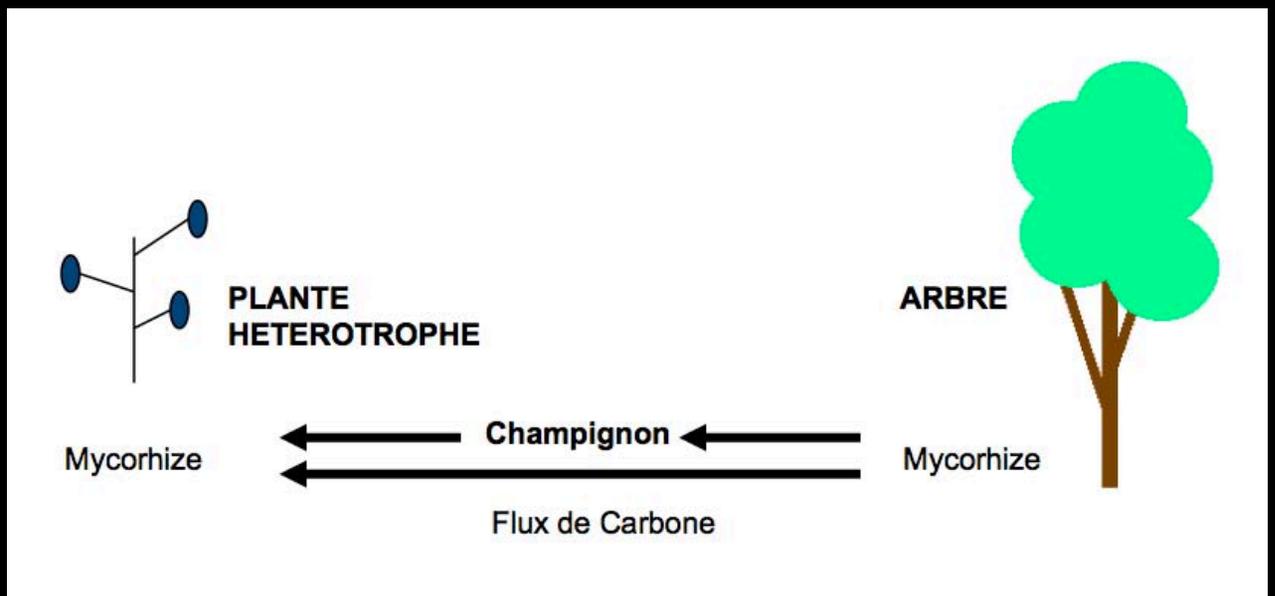
extrémité du  
rhizome en  
croissance

0,5 cm

racines de  
la Néottie

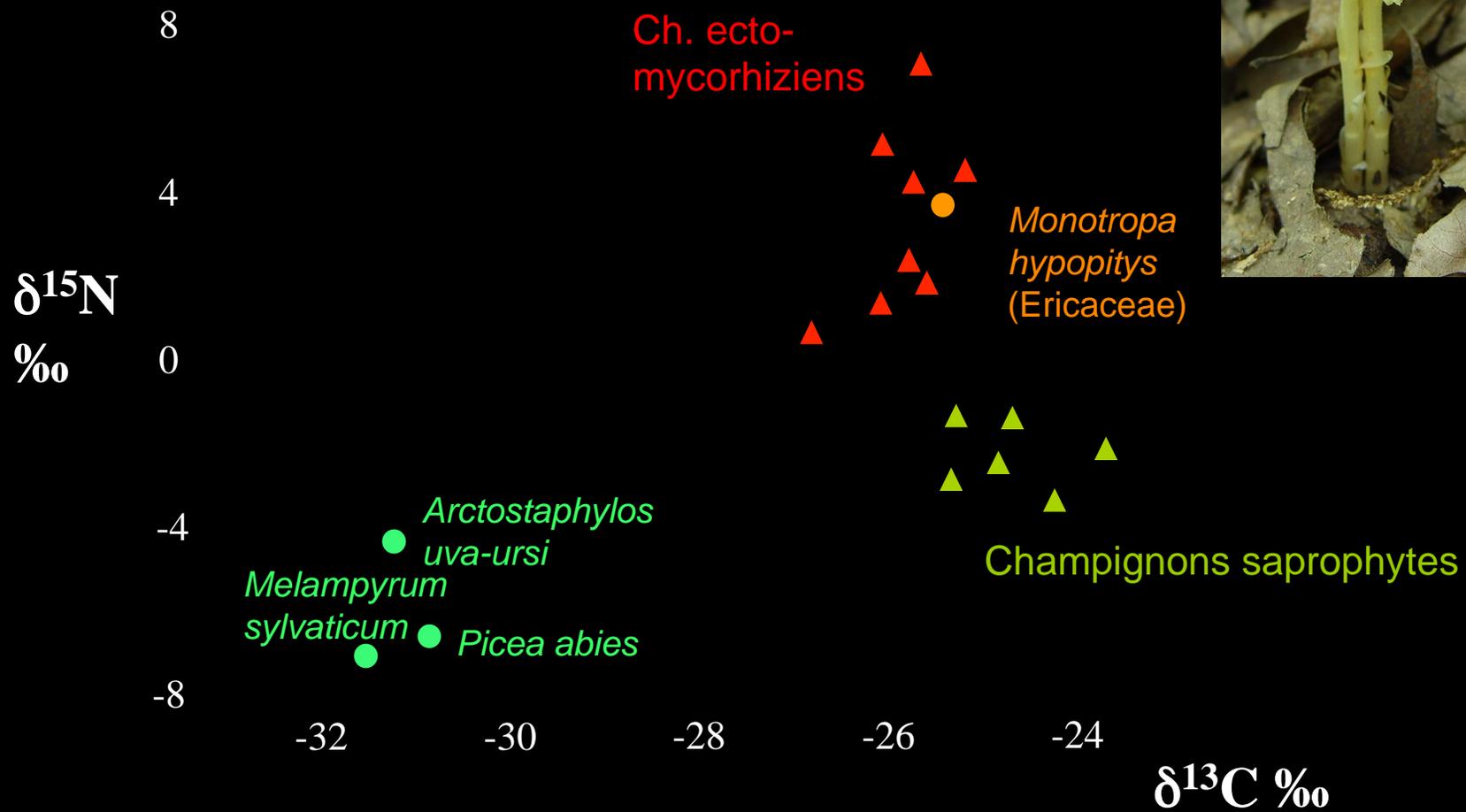
rhizome  
de la  
Néottie







Une évolution originale, grâce aux réseaux mycorhiziens – chez les Orchidées, mais aussi des Ericacées, des Gentianacées et des Polygonacées (tropicales), etc.

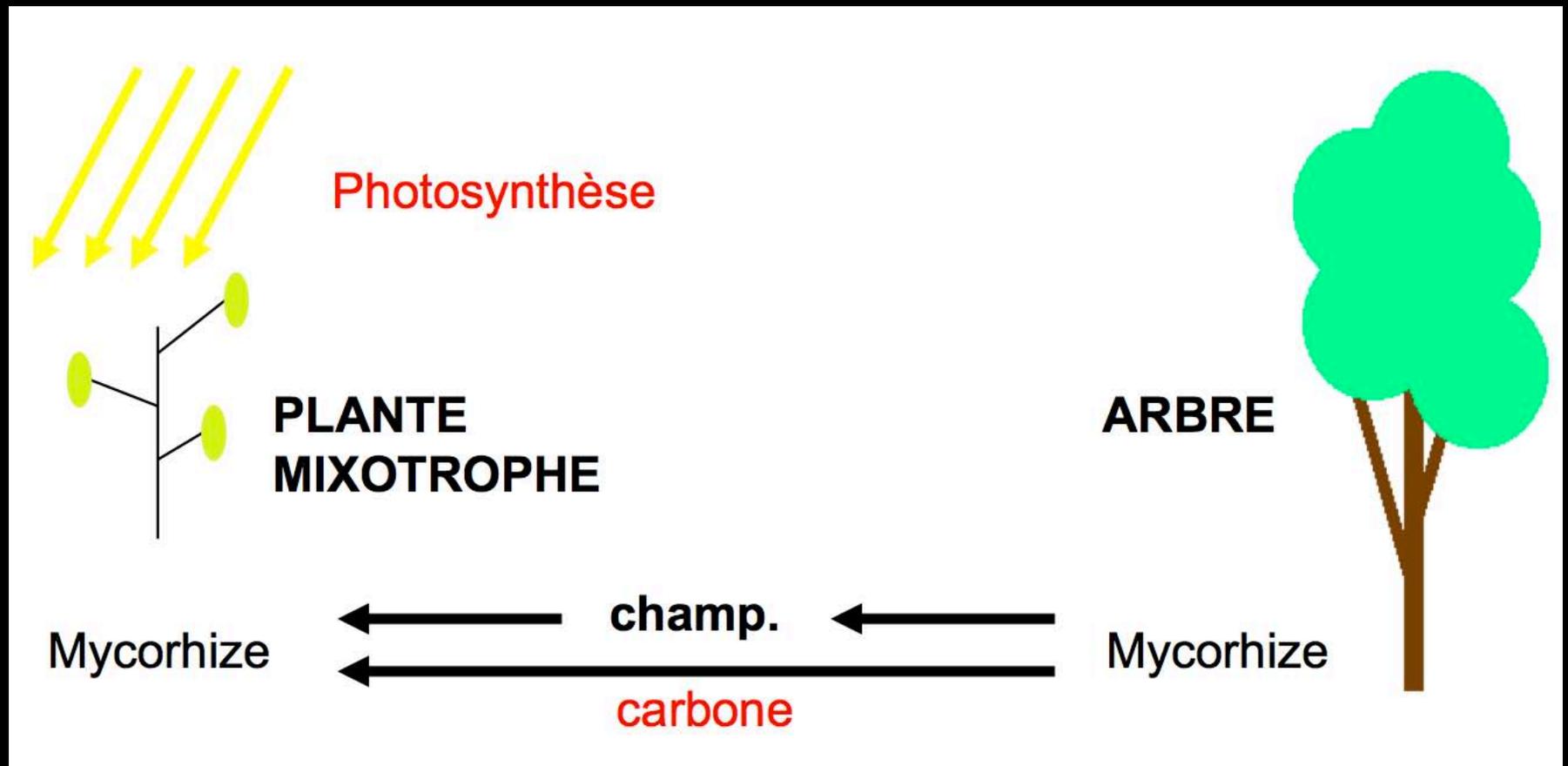


Tedersoo et al., 2007, *Oecologia* 151: 206-217





# Les plantes mixotrophes, une adaptation nouvelle à la vie en forêt



conclusion...





conclusion...

Trop petit

Trop « sale »

Trop opaque

conclusion...

observable "au quotidien"  
et de par ses fonctions

COLLOQUE  
« LE SOL : UN CONCEPT  
AUX MULTIPLES VISAGES »

MARDI 8 FEVRIER 2011

# MERCI À L'IUFM DE PARIS ET ALAIN FRUGIÈRE



# MISE EN LIGNE DES CONFÉRENCES

□ <http://www.paris.iufm.fr/video/svt/>



## Menu

### Conférences en ligne

#### 15 novembre - Interventions

- Ouverture de la journée
- Gabriel Gohau
- Siegfried Lallemant
- Denise Orange Ravachol
- Pierre Savaton

#### 16 novembre - Interventions

- Ouverture de la journée
- Gérard Bonhoure
- Benoît Urgelli
- Yvette Veyret
- Jean-Marc Lange
- Emmanuelle Porcher

## Colloque

15 & 16 novembre 2010



<http://www.afpsvt.fr/>

**Autour de la  
Tectonique des Plaques**

**Autour du  
Développement Durable**

# ORGANISATION SCIENTIFIQUE

- Merci à **Juliette ROCHET** (Université Paris Est Créteil) **Vincent CHASSANY** (Université Paris Diderot) pour l'organisation scientifique de la journée
- Merci à **Murielle CAUCHIES** (Université Paris Diderot)
- Merci à nos cinq conférenciers!

# COLLOQUE

## « LE SOL : UN CONCEPT AUX MULTIPLES VISAGES »

**B.O.** Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010

---

**PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE EN CLASSE DE  
SECONDE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIQUE**

**MARDI 8 FEVRIER 2011**

# COLLOQUE

IUFM de Paris  
10, rue Molitor  
75016 Paris

**AMPHI 2**

**08 Février 2011**

## **Le sol: un concept aux multiples visages**

Conférences/Débats

**Le sol, un invisible omniprésent**

**10h15-11h15: Marc-André SELOSSE**  
*Professeur des Universités, Université Montpellier II*

**Réflexions d'épistémologie historique  
à propos du concept biologique de sol**

**11h15-12h15: Guy RUMELHARD**  
*Professeur agrégé et Chercheur en didactique*

## Préambule

« **Thème 2: Enjeux planétaires contemporains : énergie, sol**

L'Homme a besoin de matière et d'énergie. La croissance démographique place l'humanité face à un enjeu majeur : **trouver et exploiter des ressources (énergie, sol) tout en gérant le patrimoine naturel.** »

« Il s'agit de montrer comment la discipline participe à **l'appréhension rigoureuse de grands problèmes auxquels l'humanité d'aujourd'hui se trouve confrontée.** Au-delà de la préoccupation citoyenne qui prépare chacun à l'exercice de ses responsabilités individuelles et collectives, la perspective utilisée ici conduit aux métiers de la gestion publique, aux professions en lien avec la dynamique de **développement durable** et aux métiers de l'environnement (agronomie, architecture, gestion des ressources naturelles). »

## Thème 2: Enjeux planétaires contemporains : énergie, sol

### *Le sol : un patrimoine durable ?*

Pour satisfaire les besoins alimentaires de l'humanité, l'Homme utilise à son profit la photosynthèse.

**L'agriculture a besoin pour cela de sols cultivables et d'eau : deux ressources très inégalement réparties à la surface de la planète, fragiles et disponibles en quantités limitées.** Elle entre en **concurrence avec la biodiversité naturelle.**

La biomasse végétale produite par l'agriculture est une source de nourriture mais aussi une source de combustibles ou d'agrocarburants. Ces deux productions entrent en **concurrence.**

Modéliser, recenser, extraire et organiser des informations de façon à

- comparer la part de production de biomasse utilisée par l'homme et le total de cette production ;
- établir l'inégale répartition de ces deux ressources.

**Comprendre la responsabilité humaine en matière d'environnement.**

Comprendre les éléments d'un débat. Manifester un intérêt pour la vie publique et les grands enjeux de la société à l'échelle planétaire.

Modéliser, recenser, extraire et organiser des informations afin de comprendre comment l'homme intervient sur les flux naturels de biomasse et les détourne partiellement à son profit.

## Thème 2: Enjeux planétaires contemporains : énergie, sol

### *Le sol : un patrimoine durable ?*

Un sol résulte d'une longue interaction entre les roches et la biosphère, conditionnée par la présence d'eau et la température. Le **sol est lent à se former, inégalement réparti à la surface de la planète, facilement dégradé et souvent détourné de sa fonction biologique. Sa gestion est un enjeu majeur pour l'humanité.**

Manipuler, recenser, extraire et organiser des informations, si possible sur le terrain, pour :

- comprendre la formation d'un exemple de sol
- relier végétation, climat, nature de la roche mère et nature d'un exemple de sol.

Comprendre la responsabilité humaine en matière d'environnement.



**AFPSVT**  
Association pour la formation des professeurs  
en Sciences de la Vie et de la Terre

## Le sol, un enjeu planétaire

**14h-15h: Roland POSS**  
*Directeur de Recherche*  
*à l'Institut de Recherche pour le Développement*



### Origine de la matière des êtres vivants

#### Objectifs scientifiques

L'étude concerne la production de matière par les êtres vivants et leur **interdépendance alimentaire**. Il s'agit de montrer **la place particulière des décomposeurs du sol dans le recyclage de la matière organique**.

L'étude des fonctions n'est pas au programme de sixième. Les explications, toujours simples, ne nécessitent pas le recours à l'explicitation des phénomènes biologiques tels que la digestion, l'assimilation, la photosynthèse, la minéralisation de la matière organique.

Le travail reste centré sur des activités essentiellement pratiques, insérées dans la démarche suivie, articulées aux observations faites sur le terrain et au matériel vivant récolté.

#### Objectif éducatif

Il s'agit de faire prendre conscience aux élèves de la réalité du recyclage de la matière dans leur environnement, afin d'en tenir compte dans une **perspective de développement durable**.

### Origine de la matière des êtres vivants

L'activité des êtres vivants du sol assure la transformation de la matière organique.

Le sol abrite des êtres vivants qui, au travers de réseaux alimentaires, transforment la matière organique en matière minérale : ce sont des décomposeurs.

Le sol est composé :

- de restes d'êtres vivants,
- de matière minérale provenant de la transformation de la matière organique et des roches du sous sol.

*-[Français : formulation questions, réponses]*

*[Mathématiques : proportionnalité, pourcentage, organisation des données]*

Relier la transformation de la matière organique à l'activité des êtres vivants.

Repérer la décomposition de la matière.

Schématiser un réseau alimentaire dans le sol.

Repérer des matières biodégradables.

# COLLOQUE

IUFEM de Paris  
10, rue Molitor  
75016 Paris

**AMPHI 2**

**08 Février 2011**

## **Le sol: un concept aux multiples visages**

Conférences/Débats

### **Le sol, un invisible omniprésent**

**10h15-11h15: Marc-André SELOSSE**  
*Professeur des Universités, Université Montpellier II*

### **Réflexions d'épistémologie historique à propos du concept biologique de sol**

**11h15-12h15: Guy RUMELHARD**  
*Professeur agrégé et Chercheur en didactique*

### **Le sol, un enjeu planétaire**

**14h-15h: Roland POSS**  
*Directeur de Recherche  
à l'Institut de Recherche pour le Développement*

### **Le devenir de la matière organique dans le sol**

Apprentissages et obstacles autour des transformations  
de la matière dans le sol en classe de 6ème et de seconde

**15h-16h: Brigitte PETERFALVI**  
*Chercheur à l'Institut National de Recherche Pédagogique*  
et **Yann LHOSTE**  
*Maître de Conférences en didactique des SVT, Université de Caen*

# Le concept biologique de sol

1. **Le langage** : la monosémie impossible, la polyphonie créatrice
  2. **Les vers de terre** : une révolution inaperçue, les vivants créent leur milieu
  3. **Le complexe argilo-humique** : les vivants s'opposent au lessivage et à la dégradation. Ils synthétisent, et créent des liaisons entre des éléments étrangers les uns aux autres
  4. **Le développement durable**. Le sol une ressource, objet de destructions irréversibles
- « **les** vivants », « **le** vivant », « la vie »

Le projet d'une didactique n'est pas :

- D'augmenter le rendement de la pensée,
- Ni de former des ingénieurs agronomes ou des médecins
- Mais de construire une **culture scientifique**,
- A l'aide d'une réflexion d'épistémologie historique, et de philosophie biologique, éthique, politique,
- Prenant en compte les pratiques sociales, institutionnelles, politiques.

Les programmes des lycées français depuis le « basculement » de 1965 (*prix Nobel Lwoff, Jacob, Monod*)

- Création de la première D en Septembre 1966
- Création de la seconde en Septembre 1982. Programme du 26 janvier 1982. Manuels de 1983, puis 1985
- Seconde : programme du 5 Février 1987
- Seconde : programme du 24 Septembre 1992, manuels de 1993
- Seconde : programmes de 1999 : pas de sol
- Seconde : programme de 2010

# Les sens du mot histoire

- Histoire naturelle, histoire des animaux (Aristote)
- Histoire des sciences (suite linéaire de découvertes, et de précurseurs)
- Histoire épistémologique des sciences (concepts, obstacles, ruptures, conditions de possibilité, etc.)
- Histoire idéologique, instrumentalisée,
- Petite histoire *versus* grande histoire,
- Récits, mythes,
- Story telling
- Ontogénèse, Phylogénèse, récapitulation, etc.

# Définitions du sol

- Surface **support** de constructions, POS (plan d'occupation des sols), PLU,
  - Support d'**enracinement** de la végétation,
  - **Ressource** (eau, gaz, ions, azote, carbone, etc.),
  - **Facteur édaphique** de répartition (abiotique ?),
  - **Milieu**
  - **Système** (réseaux trophiques, etc.),
  - **Ecosystème** (productivité primaire ?),
  - **Ressource** : Puits de carbone, biodiversité, effet de serre
- >>Tension entre le sol comme écosystème et comme ressource.

# Quatre sens du mot milieu

- Le milieu physique qui préexiste et est indifférent aux vivants : aquatique, terrestre, souterrain, aérien, etc.
- Le milieu référé à un vivant, projection des ses besoins fixes,
- Le milieu comme relation dynamique, fonctionnelle, changeante, réciproque, entre vivants et avec les conditions physico-chimiques,
- Le milieu organisé, créé, recréé par les vivants.

Rumelhard Guy (2007) Milieu physique universel, indifférent, milieu référé aux organismes vivants, milieu référé à l'homme : environnement. *Biologie-Géologie n°3*

Canguilhem Georges (1965) *Le vivant et son milieu* In *Connaissance de la vie*. Paris : Vrin

Rumelhard Guy (1989) *Biologie-Géologie n°1* ;

# Anne Marie MOULIN,

Agrégée de philosophie, médecin consultant en parasitologie, historienne des sciences, arabisante, CNRS, IRD, CEDEJ (Caire)

- 1991. *Le **dernier langage** de la médecine. Histoire de l'immunologie de Pasteur au SIDA.* Paris : PUF
- 1996. (dir) ***L'aventure** de la vaccination.* Paris : Arthème Fayard.
- 1990 Le récepteur en immunologie, polysémie, **polyphonie**. *ASTER* n°10 p. 155-170

# Deux sciences « en attente » dans la microbiologie pastoriennne

- L'immunologie
- La pédologie

# Condensation et déplacement (Freud)

- Pedon (grec) : **pédologie** (pédo sans le n)
- Ped (grec avec o, a, i, e, dérivé de paidos = enfant) : **pédophilie** (pédo), **pédopsychiatrie** (pédo), **pédagogie** (péda), **pédérastie** (pédé), **pédiatrie** (pédi).
- Pédis (latin), **pédicure** ; podo (grec) : **podologie**

La pédérastie est l'attirance sexuelle d'un homme adulte pour un enfant. Elle désigne **abusivement** l'homosexualité masculine (pédé) dans le but d'atténuer le caractère criminel de la pédophilie, ou de dévaloriser l'homosexualité.

# Niche écologique

- « La combinaison de la localisation de l'animal dans son biotope et de sa place, c'est-à-dire de ses relations dans la biocénose avec les autres êtres vivants, forme ce qu'on appelle la niche écologique de l'espèce, en somme l'ensemble des conditions requises pour la vie de l'espèce »

*Biologie-Géologie Première D 1966, coll. Campan, Paniel. Hachette page 105*

# Charles Darwin and the worms

- 1837. On the formation of the mould. *Proceeding of the geological Society of London* 5; 505-509
- 1838, 1840, 1844, 1869,
- 1881. *La formation de la terre végétale par l'action des vers de terre avec des observations sur leurs habitudes*. Deuxième traduction 2001. Institut Charles Darwin International. Préface de Patrick Tort.

# Le concept d'hormone : une révolution inaperçue

- En 1884 Moritz Schiff publie le résultat d'une expérience en vue de décider si le rôle de la thyroïde dépend de sa **position** et de ses **relations** anatomiques ou bien s'il est lié à la sécrétion d'une substance versée dans le sang. Il **déplace** la glande dans une autre partie du corps au lieu d'en faire l'ablation.
- En 1849 Berthold avait fait la même chose sur des testicules de poulet.

Canguilhem G. (1968) *Pathologie et physiologie de la thyroïde au XIXème siècle* In *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie* Paris : Vrin p. 274-294 7<sup>ème</sup> édition augmentée 1994

# Sciences du sol

- **Agriculture** (pratiques empiriques, routines, faible rendement) ; **agronomie** (organisation administrative, comptage, statistiques, calculs de rendement) ; **agrochimie, microbiologie, pédologie, génétique, etc.**
- Demolon A. (1952) *Principes d'agronomie. Tome 1. La dynamique du sol.* Paris : Dunod
- Pochon J., Barjac H. de (1960) *Traité de microbiologie des sols.* Paris : Dunod
- Duchaufour Philippe (1965) *Précis de pédologie.* Masson
- Soltner D.(1979) *Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol.* 8<sup>ème</sup> éd. Sciences et techniques agricoles.

# Obstacles à l'observation des vers de terre

- Monde invisible et détruit en surface par les brûlis et les labourages,
- Répugnance et fascination,
- Domination de la chimie : NPK,
- Domination de la microbiologie,
- Résistances au dénombrement, aux études statistiques, à la dynamique des populations.

# Faire des mathématiques, modéliser

- Lamotte Maxime (1962) *Initiation aux méthodes statistiques en biologie*. Paris : Masson.
- Lamotte M. Bourlière F. (1967) *Problèmes de productivité biologique*. Paris : Masson
- Schwartz Daniel (1963) *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Paris : Flammarion ;  
(1994) *Le jeu de la science et du hasard* Paris  
Flammarion
- Bertrandias Jean Paul, Françoise (1997) *Mathématiques pour les sciences de la nature et de la santé*. Grenoble : PUG
- Coquide M. (dir.) (2006) *épidémiologie. Pour une éducation raisonnée à l'incertitude*. Paris : Vuibert  
ADAPT

# Répulsion, attraction

## Les animaux coupés, décapités

- Vigarello Georges (1985) *Le propre et le sale*. Le Seuil

# Les promoteurs des vers de terre

- Bouché Marcel (1971) *Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes illustrées par le rôle des vers de terre*. In Pesson *La vie dans les sols*. Paris : Gauthier-Villars
- Bouché M. 1972, 1977, 1983, 1983 bis,
- Bouché Marcel (1984) *Les vers de terre*. *La Recherche n° 156*
- Bouché M. 1984, 1986, 1997, 1996, 1997, 1998, 2003.
- Dajoz Roger (1966) *Des animaux qui fertilisent les sols*. *Sciences Progrès La Nature*. P. 12-18
- Delamare Deboutteville Claude. (1969) *La biologie des sols*. *Atomes n° 267*

# Les sept concepts cruciaux de la biologie selon F. Jacob (1970, La logique du vivant, Paris Gallimard

- Structure, fonction, milieu, histoire (au double sens de développement et d'évolution),
- Système, information, régulation

Bien évidemment il y en a beaucoup d'autres !

# Histoires de la pédologie en écologie

- Deléage Jean Paul (1991) *Une histoire de l'écologie*. Paris : La découverte.
- Acot Pascal (1988) *Histoire de l'Ecologie* Paris : PUF
- Dajoz Roger (1984) Eléments pour une histoire de l'écologie. La naissance de l'écologie moderne au XIXème siècle. *Histoire et Nature* n° 24-25
- Dagognet François (1973) *Des révolutions vertes*. Paris : Hermann

# Protection, destruction des sols

- Les plans d'occupation des sols, plan local d'urbanisme,
- Loi d'orientation agricole (LOA),
- Agro-carburants, effet de « terre »,
- L'INRA,
- L'IRD (ORSTM),
- Le CEMAGREF,
- CIAT,
- ASIS.

Ramade F. (1987) *Les catastrophes écologiques*. Paris :  
Mac Graw Hill

# Plusieurs renversements

« L'idéologie c'est le rapport renversé au réel »

Rumelhard Guy (2010) Sciences et idéologies *RDST* n°1

- Remettre au premier plan les vers de terre oubliés,
- Les vers créent le sol *versus* une pédologie sans vers de terre, sinon sans faune, mais avec des microbes,
- Les vivants structurent, relient, synthétisent, s'opposent à la décomposition, à la minéralisation, à la dégradation, au lessivage, aux cycles,
- Les mises en réserve ne sont pas un simple retard à la décomposition
- Le sol utilisé par l'homme *versus* l'homme au service du sol,
- Ecologie sans l'homme *versus* centrée sur l'homme

# Une biologie du sol pose des limites à l'agro-industrie

- A l'exploitation brutale ou empirique de l'agriculture ou de l'agrochimie, ou de l'agro-industrie, sous contrainte de destructions irréversibles,
- Elle dénonce quelques idéologies,
- Elle récuse tout retour en arrière.

*Ce qui est contestable, c'est d'imaginer, comme la mode s'en répand, que la correction du désordre consiste à retrouver un ordre antérieur malheureusement aboli, qu'on croit « plus naturel » ou « plus humain » de la relation de l'homme à la nature. Toute solution de simple retour ou de paisible régression relève non pas de l'utopie, en la matière indispensable, mais du mythe, en la matière fallacieux ». Georges Canguilhem.*



# La gestion durable des sols, un enjeu planétaire

**Roland Poss**

***Directeur de recherche honoraire à  
l'Institut de Recherche pour le  
Développement (IRD)***

## 1. Le défi alimentaire

---

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

---

## 3. Gestion des sols agricoles

---

## 1. Le défi alimentaire

---

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

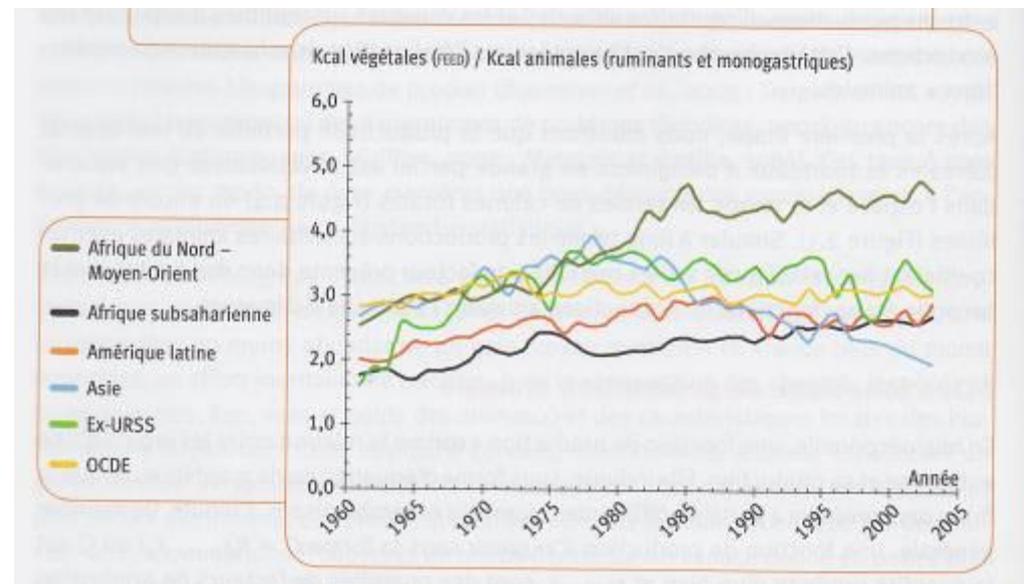
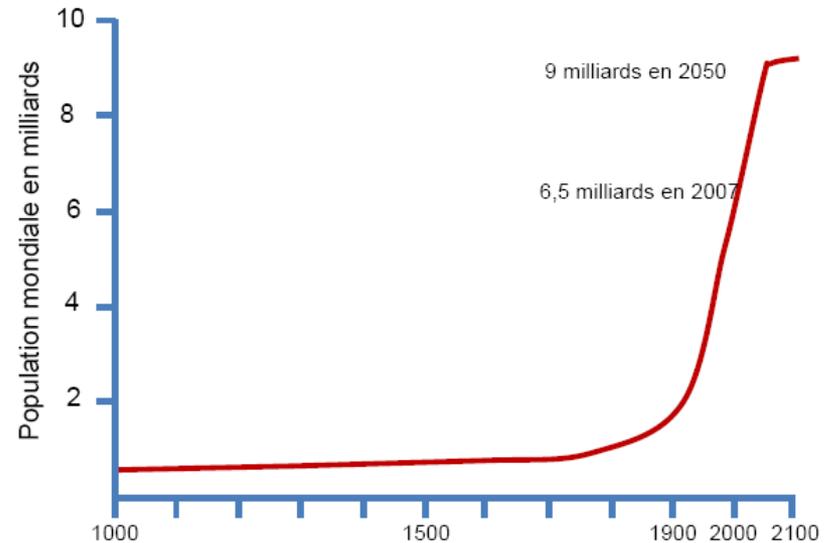
---

## 3. Gestion des sols agricoles sur le long terme

---

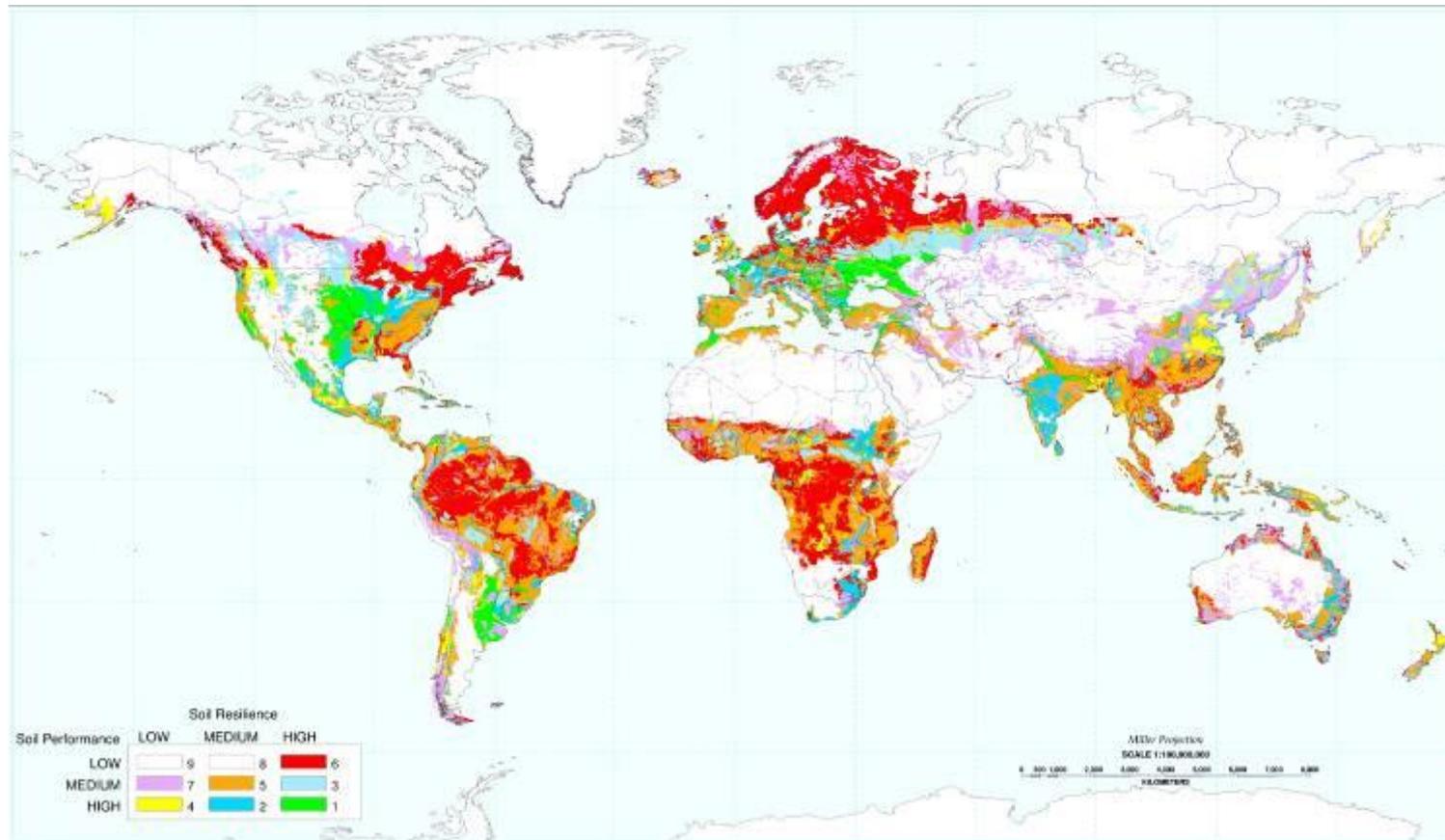
# 1. Le défi alimentaire

- **D'ici à 2050**
  - **Augmentation de la population**
  - **Amélioration du niveau de vie**
  - **Augmentation de la consommation de viande**
- **→ augmentation de 70% des besoins de produits alimentaires**
- **De plus, concurrence des agro-carburants**
- **Comment faire ?**



Agrimonde, 2010

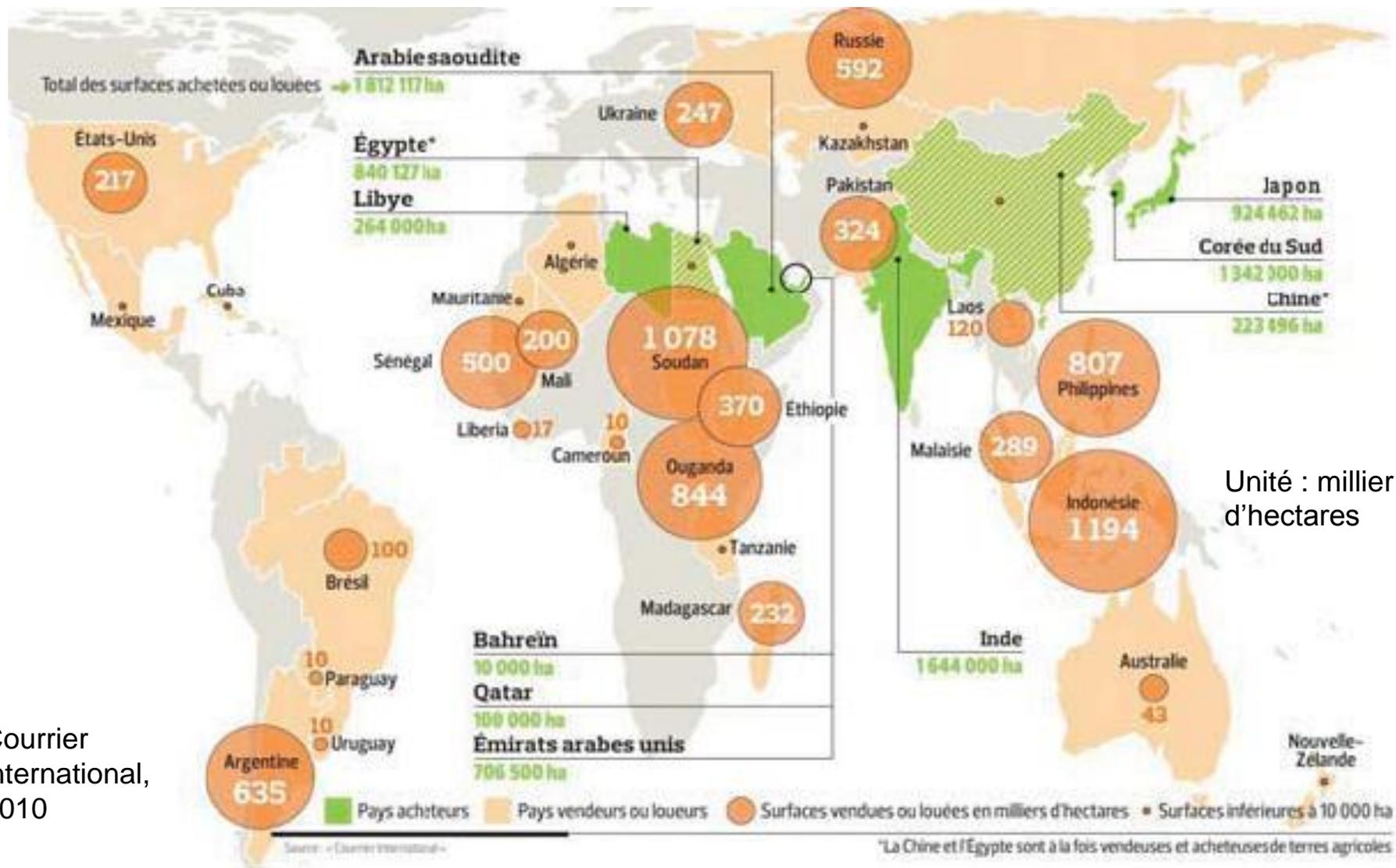
# 1. Le défi alimentaire



Qualité  
« inhérente »  
des sols (US  
Department of  
Agriculture,  
1998)

- **2050 : production insuffisante surtout en Asie et dans les pays semi-arides (Afrique du nord, Moyen Orient)**
- **Augmentation des rendements par intensification**
- **Extension des surfaces dans certains pays (avec enjeu de biodiversité)**
- **Développement des échanges internationaux vers les pays déficitaires.**

# 1. Le défi alimentaire



Courrier international, 2010

- Développement des transactions foncières internationales
- Quelle gestion des terres : vertueuse ou coloniale ?

# Des sols fertiles demain : un besoin absolu...

- ... pour satisfaire les besoins en quantité et qualité
- Augmenter la productivité des sols
- Préserver les sols
  - fonctions de production agricole
  - autres fonctions (régulation du cycle de l'eau, des GES, réserves génétiques du sol...)
- Pourquoi n'est-il pas possible de gérer de la même manière tous les sols de la planète ? → formation des sols
- Quelques points clé de la gestion des sols sur le long terme → propriétés physiques, chimiques et biologiques



## 1. Le défi alimentaire

---

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

---

## 3. Gestion des sols agricoles sur le long terme

---

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

- Le sol est la couche externe de la croûte terrestre caractérisée par la présence de nombreux **êtres vivants**.
- Il s'étend de la surface jusqu'à la roche saine.
- Il est composé de différentes couches appelées horizons.



**sol ≠ roche**

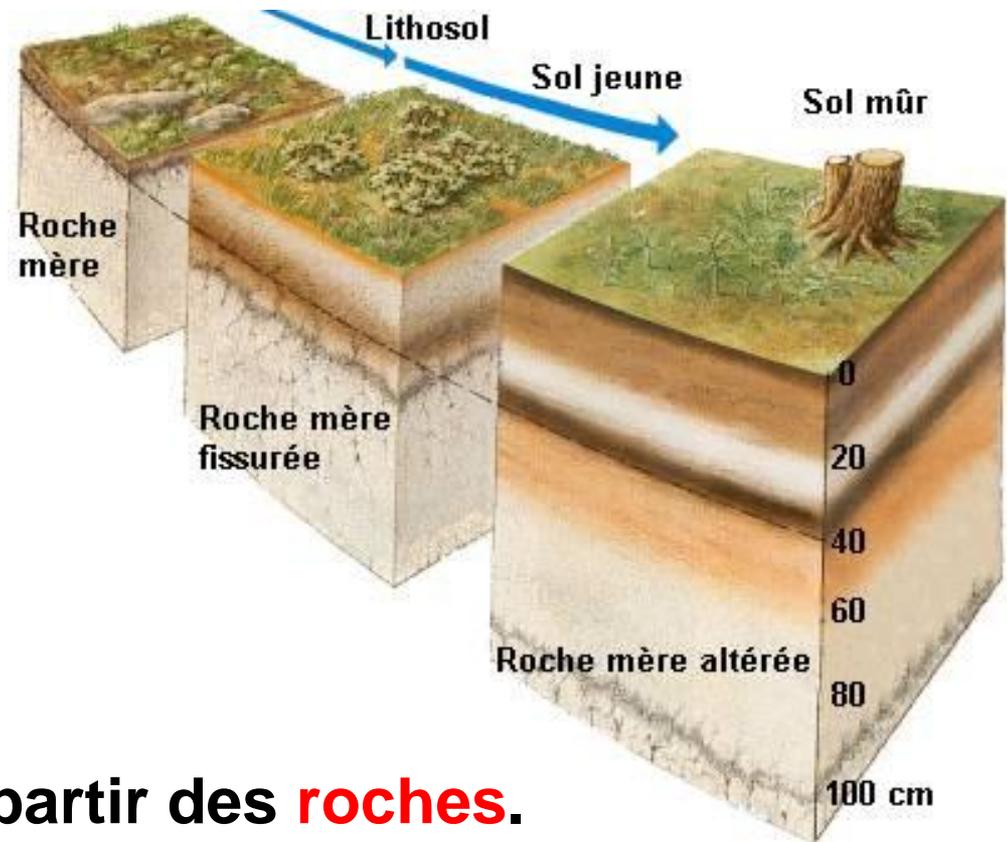


Photo A.L. Le Bris

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

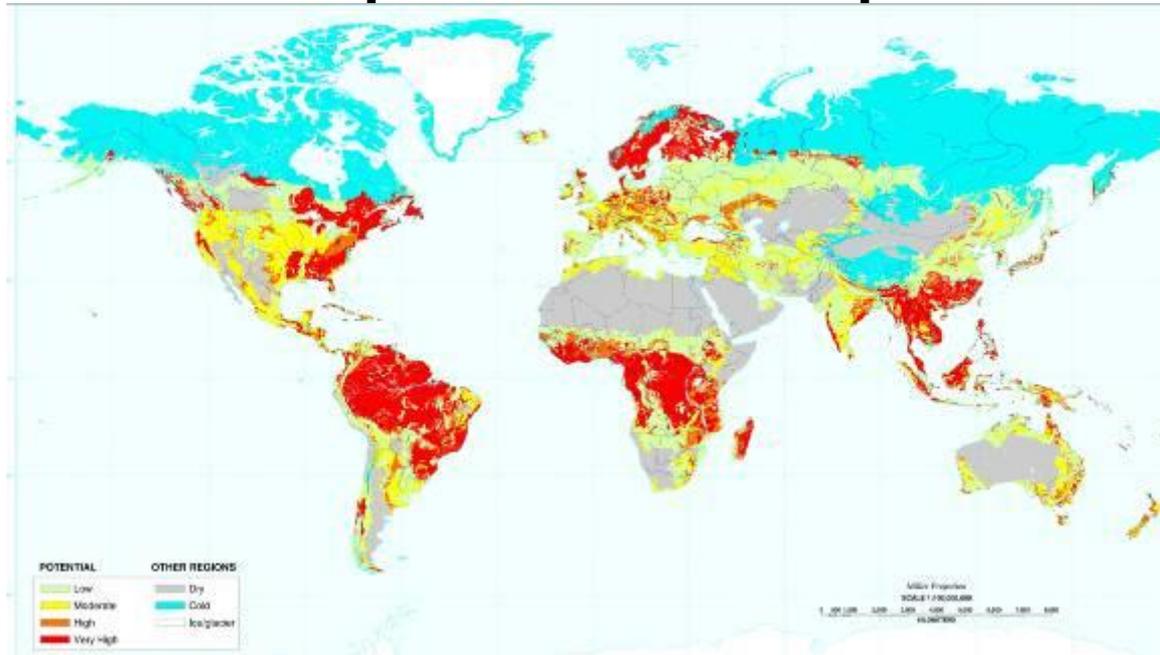


Photo D. Schwartz



- Les sols se forment à partir des **roches**.
- Leur formation est lente (1 mm à 1 cm par siècle) : c'est une **ressource très faiblement renouvelable**.

# Quelques conséquences du climat



Rétention du P (US  
Department of Agriculture,  
1998)

- **Climat froid : altération limitée et minéralisation de la matière organique ralentie (sols sableux riches en matière organique : tourbe)**
- **Climat tropical : altération très active et minéralisation de la matière organique très rapide (sols argileux pauvres en matière organique, présence d'hydroxydes de fer et d'aluminium)**
- **Formation de types d'argiles différentes**
  - Kaolinite sous climat tropical
  - Smectites sous climat tempéré

# Conséquences de la durée de formation



Ferralsol au Cameroun

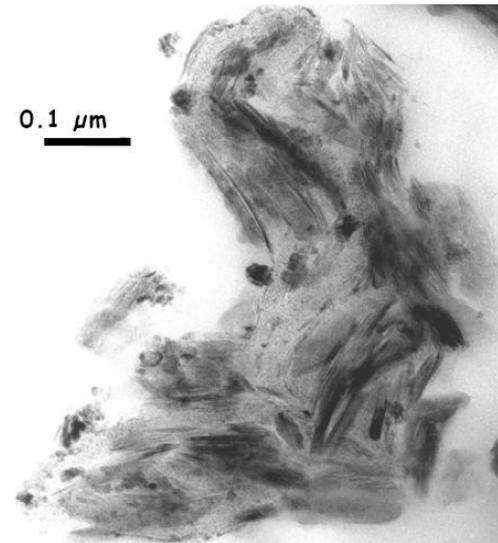
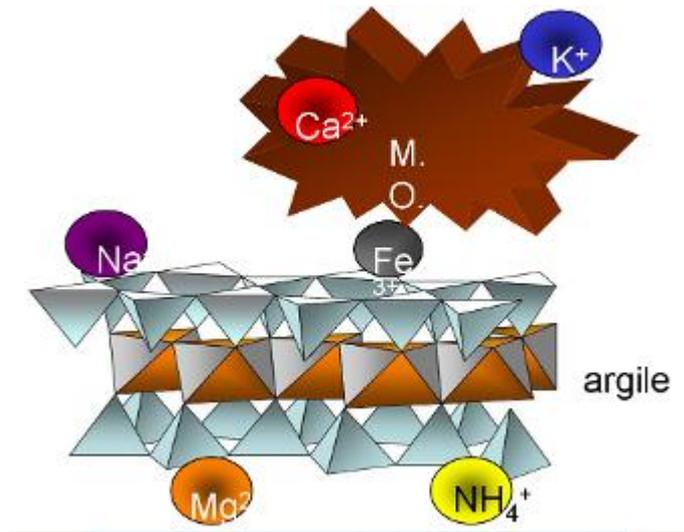


Podzosol géant au Congo

Photos D. Schwartz

- **Zones tempérées : formation des sols depuis les dernières glaciations**
  - profondeur inférieure à 1,5 m
  - Influence de la roche mère sur la richesse en éléments minéraux
- **Zones tropicales : formation des sols sur des millions d'années**
  - Profondeurs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres
  - Appauvrissement en éléments minéraux et acidification sous l'influence de la pluie (d'où carences et toxicités).

# Rétention des éléments minéraux



Microagrégat avec des oxydes associés à la matière organique (Chenu, 2001)

- **Cations** : à la surface des argiles et de la matière organique (complexe argilo-humique). Capacité d'échange cationique CEC :
  - Kaolinite 1 à 15  $cmol_c kg^{-1}$
  - Smectite 70 à 120  $cmol_c kg^{-1}$
  - Matière organique : environ 200  $cmol_c kg^{-1}$
- **Tous les éléments** : inclus dans la matière organique (libération lors de sa minéralisation).
- **→ Par leur formation et par le climat, les sols des régions tempérées retiennent beaucoup mieux les éléments minéraux que les sols des régions tropicales : leur fertilité chimique est meilleure.**

## 1. Le défi alimentaire

---

## 2. Origine et conséquences de la diversité des sols

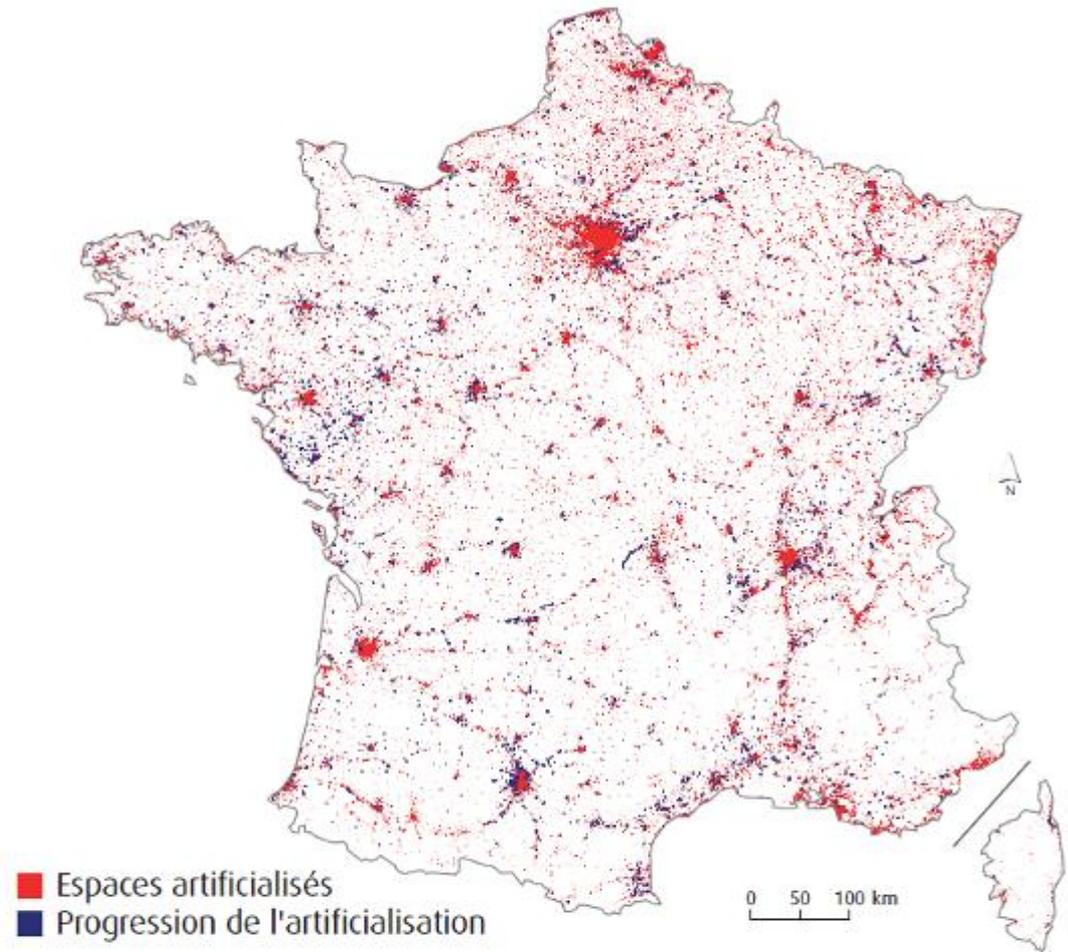
---

## 3. Gestion des sols cultivés sur le long terme

---

# L'artificialisation des sols

- 2000-2006 :  
espaces  
artificialisés +0,3%  
sols agricoles -0,2%
- Artificialisation de  
80 000 ha de  
surface agricole par  
an (1 département  
tous les 7 ans)
- Généralement  
les sols les plus  
fertiles.
- Sacraliser  
les sols agricoles ?



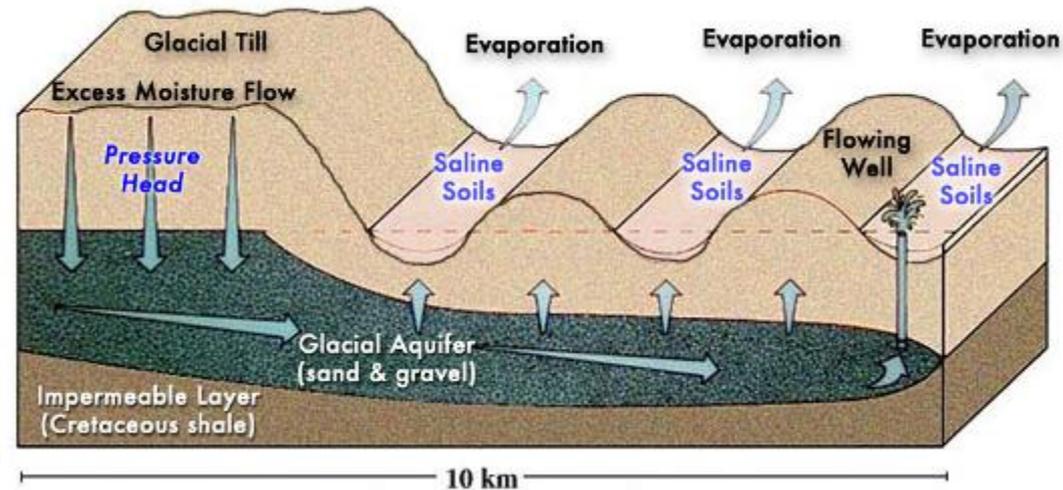
*Note : Les polygones de changement (bleu) ont été épaissis pour une meilleure lisibilité.*

Source : UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006.

### 3. Gestion des sols cultivés sur le long terme

# La salinisation des périmètres irrigués

- 2000 : 40% de la production agricole provient des zones irriguées
- Salinisation des sols :
  - spectaculaire
  - phénomène mondial
  - touche 10% des périmètres irrigués en Inde du nord
  - réhabilitation difficile
- Salinisation des sols : conséquences économiques immédiates
- Lutte : apporter plus d'eau que l'évapotranspiration pour provoquer du drainage. Problème des conflits d'usage.





Production annuelle de biomasse

Forêt amazonienne 10 t ha<sup>-1</sup>

Champ de blé 20 t ha<sup>-1</sup>

Front pionnier d'Amazonie orientale  
(Brésil)

Photo M. Grimaldi

# Amazonie : érosion sous prairie



**Sols argileux**



**Sols sableux**

Photos M. Grimaldi

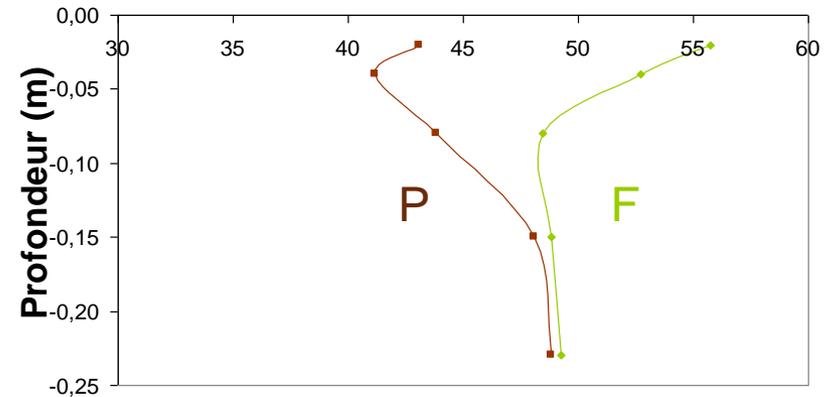
- L'érosion : la plus grande menace à l'échelle mondiale.
- Le ruissellement lié à l'engorgement des sols, déjà présent sous forêt, augmente considérablement sous prairie.

# Evolution physique du sol

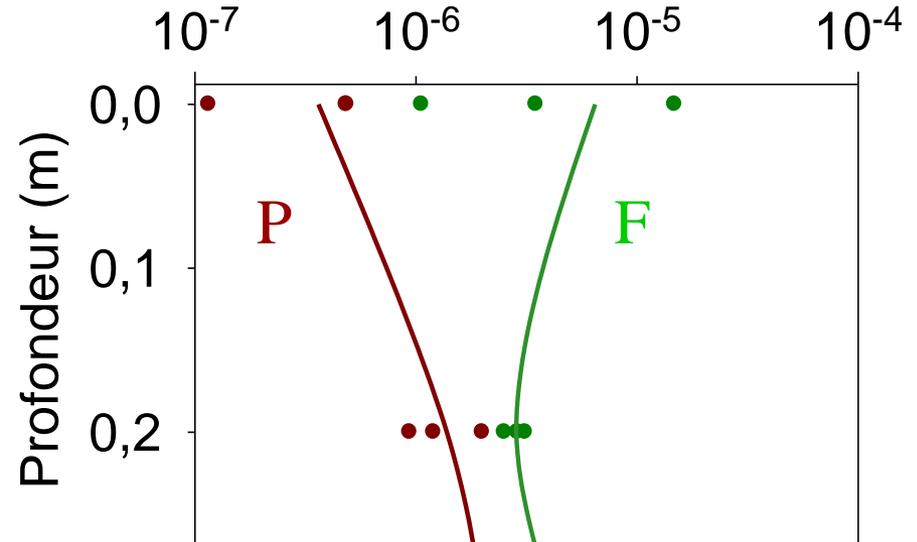
Etat de surface du sol



Porosité totale (%)



conductivité hydraulique ( $m.s^{-1}$ )



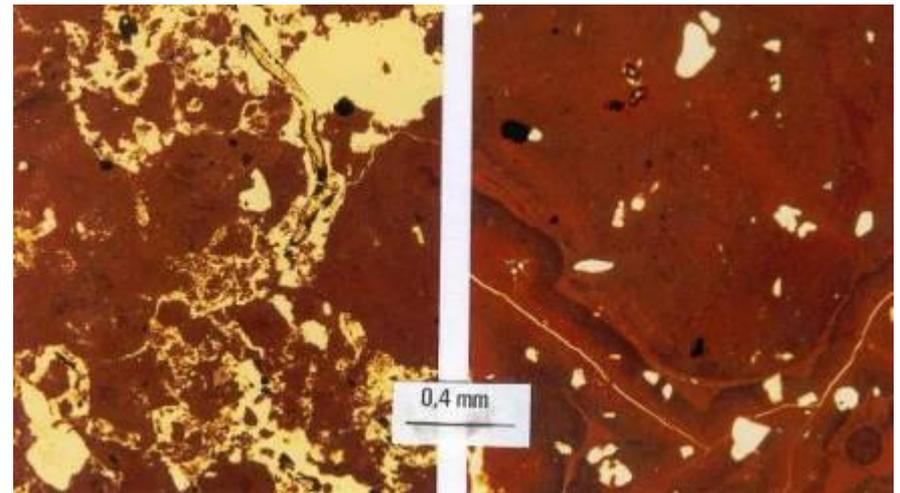
Photos M. Grimaldi

# Conséquence d'un travail du sol inapproprié



Déforestation en Guyane (photo M. Grimaldi)

→ Nécessité d'adapter les pratiques culturales aux sols



Sol sous forêt

Sol sous culture

Evolution de l'espace poral de sols argileux  
(Manaus, photos A. Chauvel)

# Mise en culture des sols d'Amazonie

- Enjeu de biodiversité
- Sols de faible valeur agronomique
  - Propriétés physiques limitantes
  - Propriétés chimiques défavorables
- → La mise en valeur de l'Amazonie pose des questions.



### 3. Gestion des sols cultivés sur le long terme



Photo J.L. Maeght

## Défrichement : effet sur les propriétés chimiques

- Climat tempéré : amélioration
- Climat tropical : dégradation rapide
- Interprétation
  - Chaulage en France
  - Apport de fumier et d'engrais en France
  - Minéralisation rapide de la matière organique sous les tropiques

	Forêt	Culture
pH	4,1	6,5
C org %	0,52	1,2
CEC $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	2,4	5,0

Sol sableux de France (Perche, d'après D. Tessier)

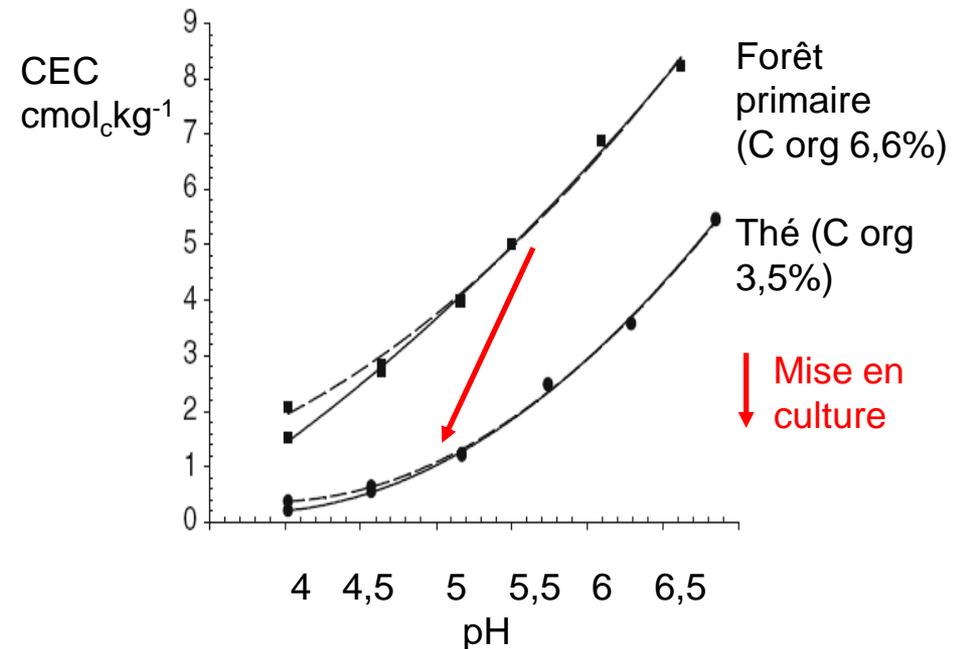
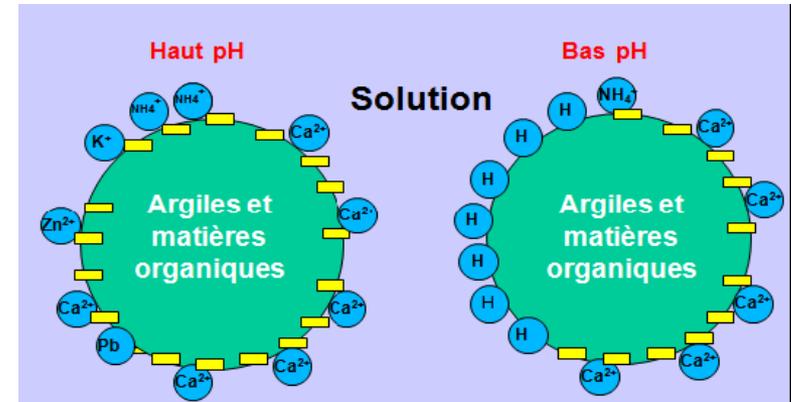
	Forêt	Culture
pH	5,3	4,3
C org %	1,6	0,58
CEC $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	4,5	1,5

Sol sableux de Thaïlande (A. Noble *et al.*, 2000)

### 3. Gestion des sols cultivés sur le long terme

# Evolution de la CEC dans les sols cultivés

- Diminution pH → diminution CEC
- Diminution de taux de matière organique → diminution CEC
- Sols tropicaux : forte diminution de CEC par diminution conjointe de pH et matière organique.
- En sol tempéré la diminution est moindre.
- → Sols tempérés : CEC élevées et relativement constante
- → Sols tropicaux : faibles CEC qui tendent à diminuer à la mise en valeur.

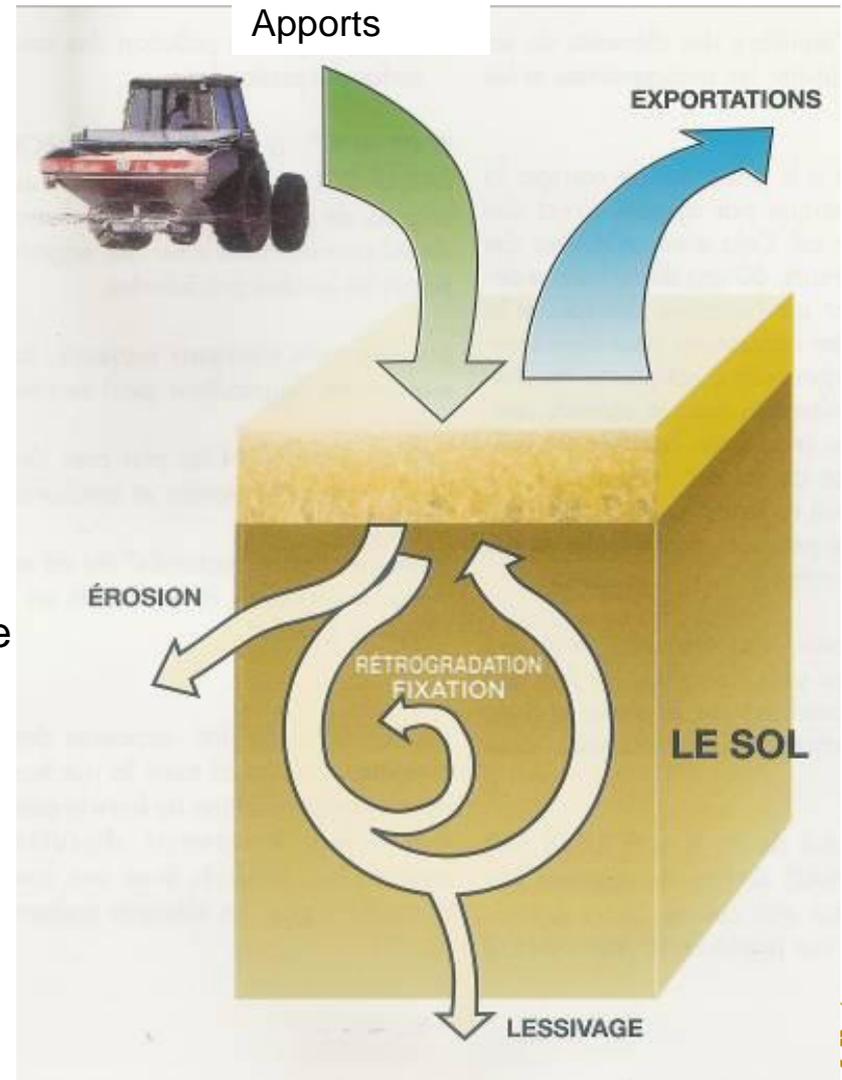


Sol du nord Queensland  
(Noble *et al.*, 2001)

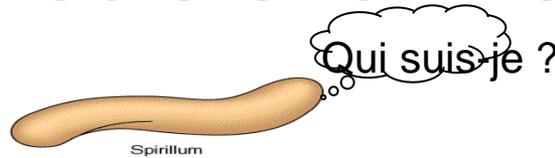


# Gestion des éléments minéraux

- **Redressement** : augmenter la quantité d'éléments minéraux dans les sols carencés. Besoin de « recapitaliser » les sols tropicaux dégradés (financement ?).
- **Entretien** : maintenir le stock des éléments nécessaires à la plante
  - Compenser les exportations
  - Compenser les pertes par drainage
  - Compenser les pertes par érosion
  - Compenser les éléments qui passent sous une forme non assimilable par les plantes
- Minéral, organique, tout est bon à prendre !
- Sans apport le sol est utilisé comme une mine : il s'épuise au cours du temps.
- → Apport indispensable d'engrais ou amendements organiques
- → Gestion différente selon le type de sol (CEC différente)
- → Engrais ≠ pesticides



# Biodiversité des sols et alimentation des plantes



- Milieux « naturels » :
  - Les bactéries contrôlent les cycles des éléments minéraux.
  - Libération d'éléments minéraux par minéralisation de la matière organique
  - Symbiose racines – champignon : extension de la zone de prélèvement et prélèvement de phosphore par le champignon.
- Enjeux actuels
  - Mieux gérer la matière organique dans les sols cultivés, surtout en régions tropicales.
  - Mieux utiliser les potentialités de la biodiversité des sols (agriculture biologique et intensification écologique).



Photo C. Plassard

# Fixation symbiotique de l'azote

- Certaines plantes sont capables de fixer l'azote atmosphérique.
- Nodules sur les racines des Fabacées (haricot, petits pois, trèfle, luzerne, Acacia...).
- Bactérie symbiotique : utilise le C de la plante, fournit du N organique.
- Evite d'apporter de l'azote.
- **Espoir pour l'après-pétrole.**



Photo J.J. Drevon

# En guise de conclusion...

- Accroissement des besoins → intensification de l'agriculture + mise en culture de nouvelles terres + échanges internationaux.
- Sols ressource peu renouvelable : gestion sur le long terme.
- Variabilité des sols : modes de gestion fondamentalement différents.
- Sols tropicaux : faible taux de matière organique et faible CEC.
- Éléments minéraux : les apports doivent compenser les pertes.
- Nécessité de mieux gérer la matière organique. Espoirs dans les méthodes d'intensification écologique.



Photo A. Devouard © REA



Colloque SOL  
8 février 211

Le devenir de la matière organique dans le sol.  
Apprentissages et obstacles autour des transformations de la matière dans le sol en classe de 6<sup>e</sup> et en seconde

Yann Lhoste, maître de conférence en didactique des SVT, université de Caen-Basse-Normandie, IUFM, CERSE; université de Nantes, CREN; [yann.lhoste@unicaen.fr](mailto:yann.lhoste@unicaen.fr)

Brigitte Peterfalvi, ingénieur de recherche honoraire, docteur en sciences de l'éducation, INRP; [brigitpeter@hotmail.com](mailto:brigitpeter@hotmail.com)

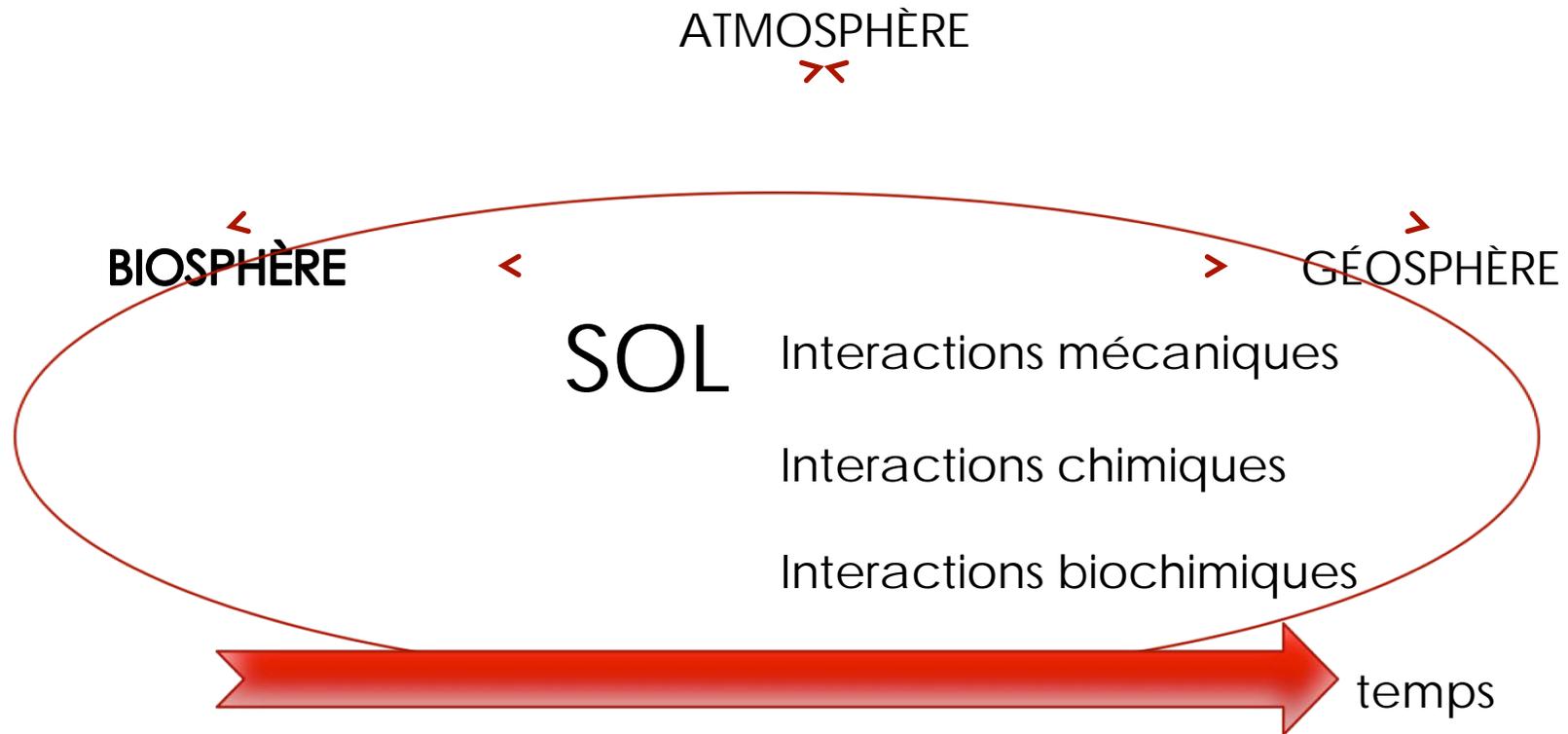
# Objectif

- Nous cherchons à comprendre comment des élèves peuvent construire des savoirs problématisés autour du devenir de la matière organique dans le sol.
- Centration sur les processus d'apprentissage des élèves en prenant en compte les spécificités des savoirs en jeu
- Pour avancer sur les questions d'enseignement

# La question du devenir de la matière organique dans le sol

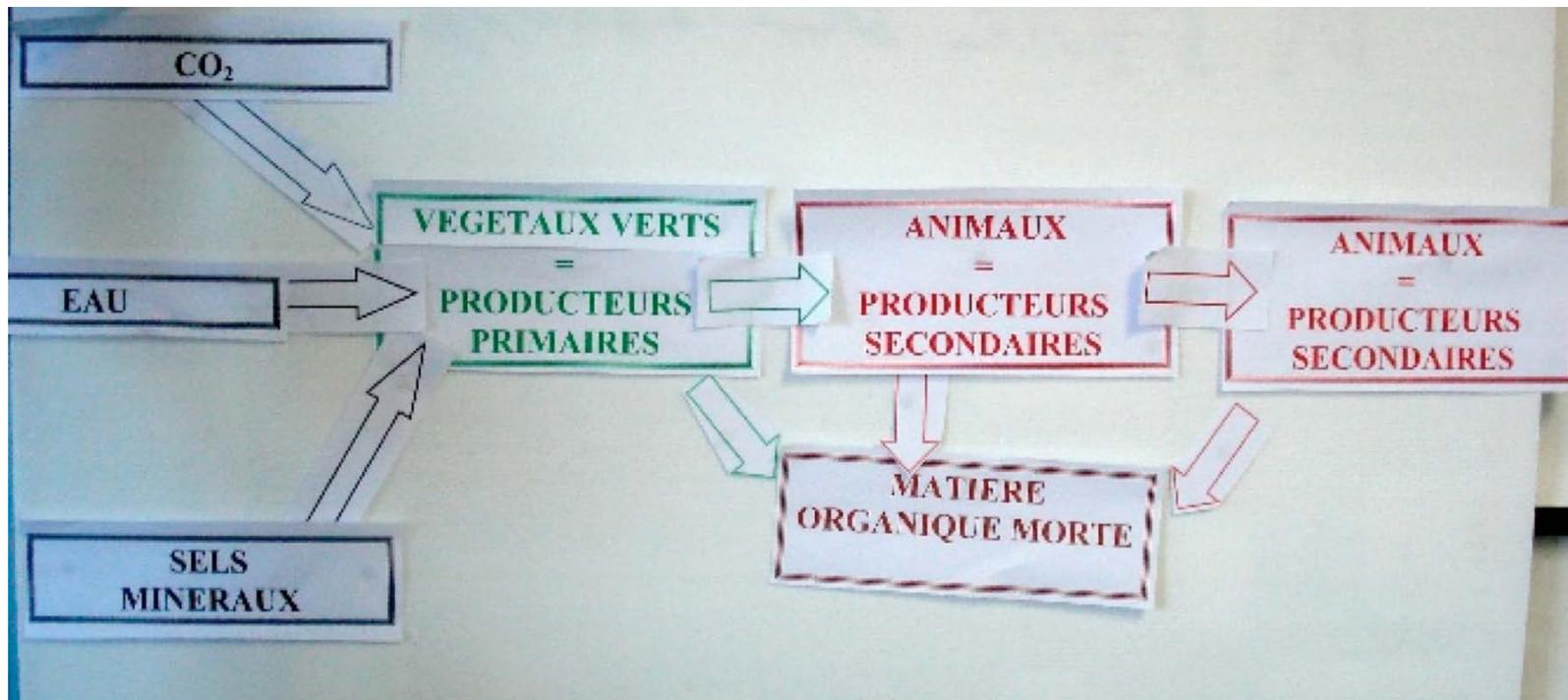
- Instructions officielles :
  - En 6<sup>e</sup>, « il s'agit aussi de montrer "la place particulière des décomposeurs du sol" dans le recyclage des restes des organismes vivants » (BO, HS spécial, n°6, 28 août 2008, p. 17).
  - En 2<sup>nd</sup>, il est fait référence à cela par la négative : « une faible proportion de la matière organique échappe à l'action des décomposeurs... »
  - Sol comme interaction entre roche et la biosphère

# Le concept de sol



En 6<sup>e</sup>, la question du sol est dans la partie « *Origine de la matière des êtres vivants* »

- Schéma bilan de la séquence précédente : tous les êtres vivants sont des producteurs de matière



## Questions que nous allons chercher à éclairer

- À quelles conditions les élèves de 6<sup>e</sup> peuvent construire cette première relation au niveau des transferts de matière dans les interactions sol <-> biosphère <-> atmosphère
- Pour une reprise au niveau de la classe de 2<sup>de</sup>
- En quoi certains obstacles que nous pourrions identifier vont rejouer lorsque l'on va passer à la prise en compte d'autres interactions

# Cadre théorique que nous allons mobiliser

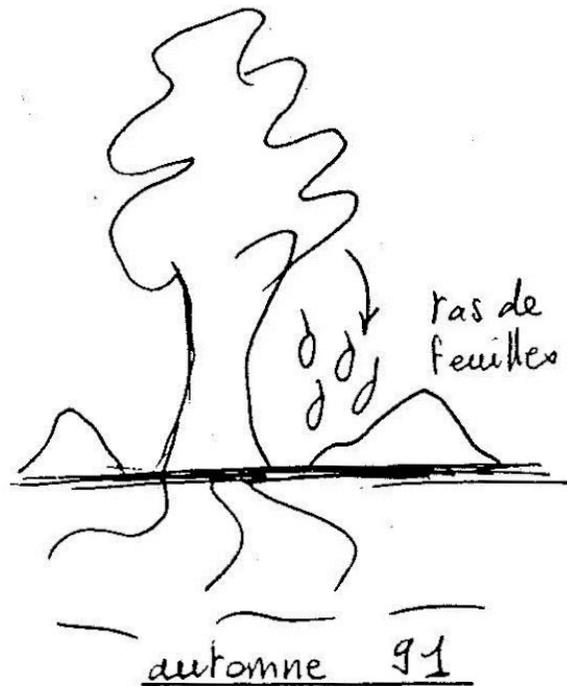
- Apprentissage par problématisation (Orange, 2002) construit contre
  - Une approche empiriste de l'activité scientifique (au niveau épistémologique)
  - Une approche propositionnelle du savoir scolaire (au niveau didactique)
- De ce point de vue, ce qui est important dans l'apprentissage scientifique, c'est que les élèves puissent poser, construire et résoudre des problèmes scientifiques,
  - les savoirs construits n'ont de sens que par rapport au problème auxquels ils viennent répondre
  - Les savoirs acquièrent leur fonctionnalité dans leur caractère nécessaire
- Les obstacles seront donc à chercher relativement à leur fonction par rapport à ce processus de problématisation

## Corpus support à la présentation

- Travaux sur le devenir de la MO dans le sol en 6<sup>e</sup> et en 2<sup>nd</sup> (recherche : objectifs-obstacles et situations d'apprentissage autour du concept de transformation de la matière – ROOSA; dir. B. Peterfalvi)
- Travaux sur les processus de mise en texte des savoirs – Étude de cas dans une classe de 6<sup>e</sup> (équipe de Caen – dir: Y. Lhoste)

# 1. Position du problème

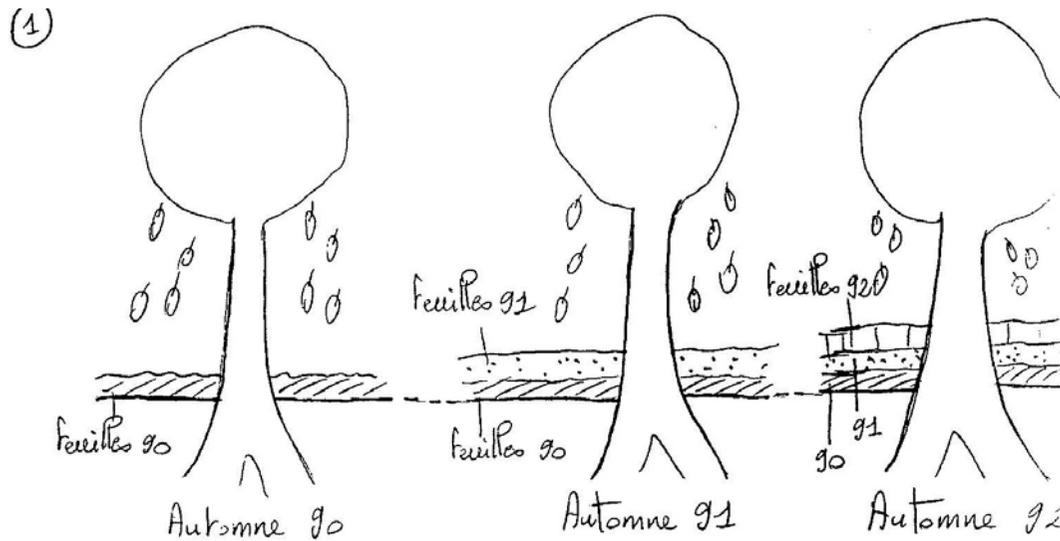
- Une situation de départ : Dessine l'état de l'arbre et du sol en 90 et 92. Explique ce qui se passe (tu peux utiliser la couleur pour préciser les différences)



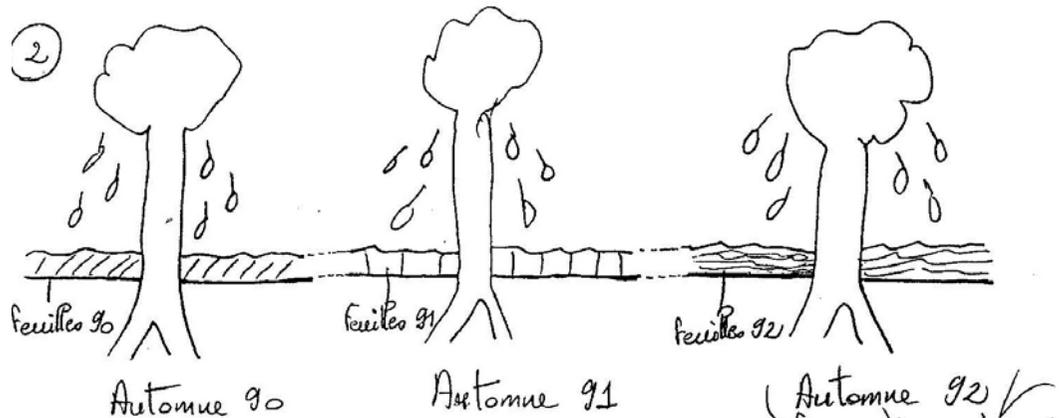
automne 90

automne 91

automne 92.



« chaque année, le niveau du sol augmente un peu, car les feuilles tombent se décomposent et forment de la terre, ce qui monte le niveau du sol » (élève de 3<sup>e</sup>)



« les feuilles tombent, alimentent le sol et nourrissent les racines » (élève de 6<sup>e</sup>)



« les feuilles à force ça se détériore, ça disparaît, donc c'est comme si ça rentrait dans la terre, mais ça reste pas tout le temps sur le sol » (élève de 6<sup>e</sup>)

## Résultats obtenus (1/2)

	Dessin 1 : le sol augmente d'épaisseur	Dessin 2 : le sol garde la même épaisseur	Dessin 3 : même niveau mais la terre augmente
6e	36%	23%	41%
3e	23%	77%	
2de	12%	46%	42%

Ce qu'indique une première interprétation de ces résultats, c'est que la situation de départ ne permet pas de faire apparaître de façon automatique le problème visé par l'enseignant.

# Une nouvelle situation de départ

- Question posée
- « En une année, les feuilles morte qui tombent des arbres en forêt constituent une couche d'environ 20 cm. Certaines forêts ont 100 ans. On devrait donc marcher sur 20 m de feuilles mortes. Ce n'est pas le cas. Que sont devenues les feuilles mortes, la matière organique morte ? »

# Analyse de cette situation de départ en termes de problématisation

## Espace contraintes et nécessités pour le problème du devenir de la matière organique du sol

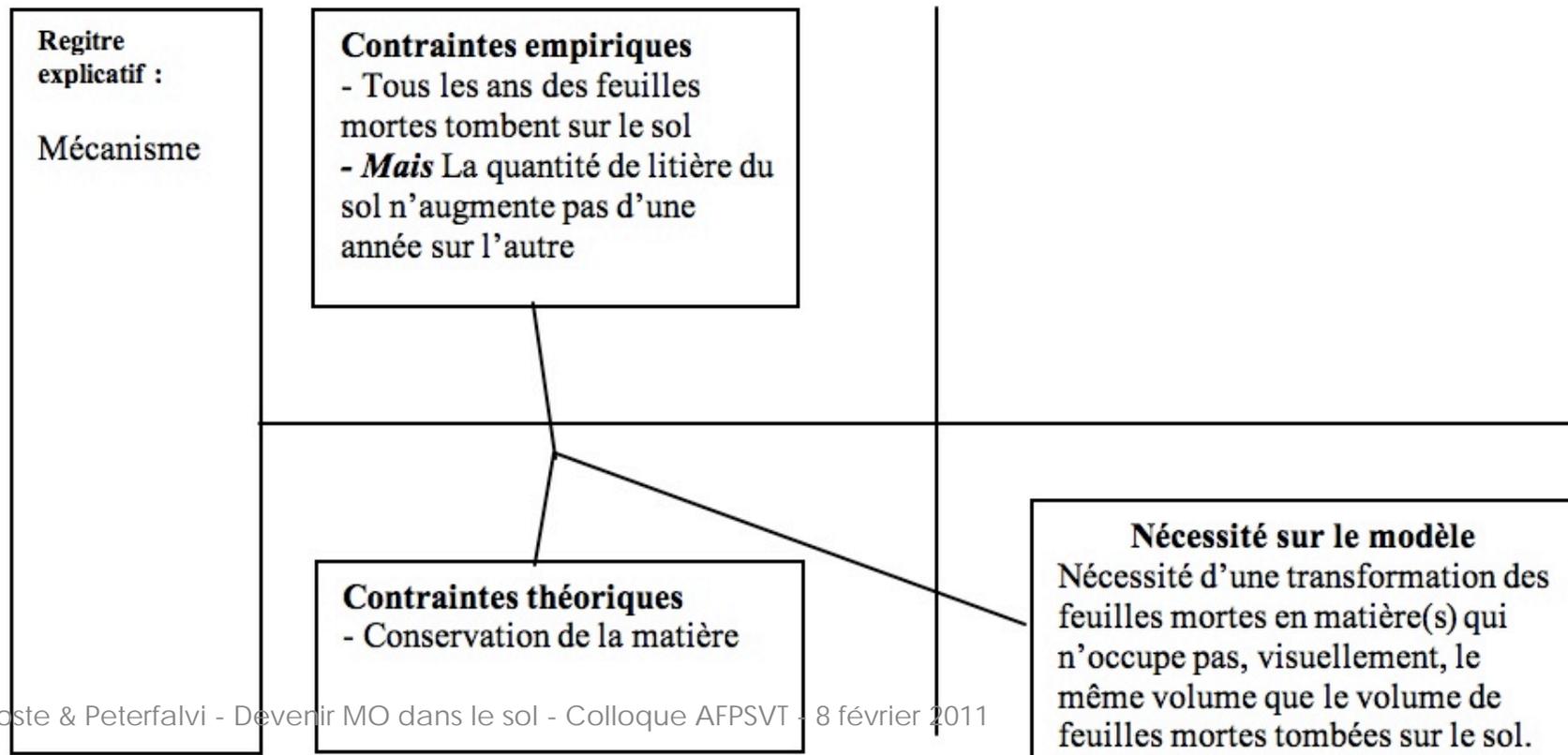
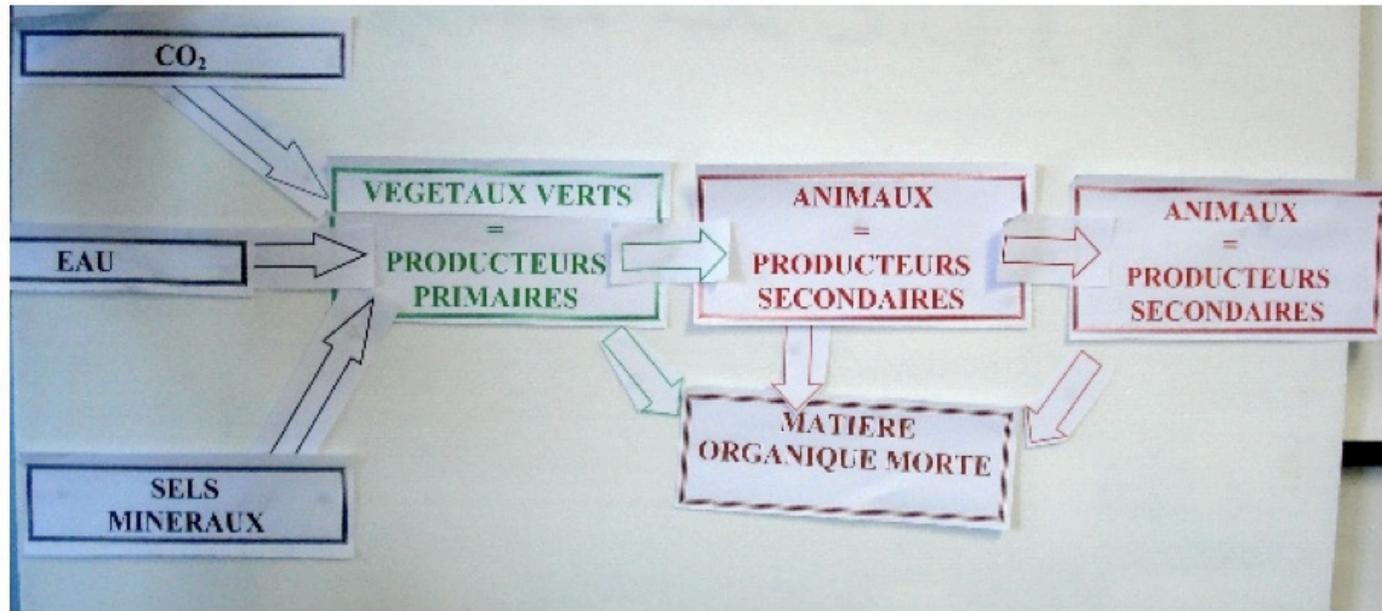


Figure 4. Le schéma bilan de la séquence précédente : tous les êtres vivants sont des producteurs de matière



Les êtres vivants sont des

1	P :	Alors si on part d'ici / ici c'est quoi
2	E ?	C'est ce que mangent les plantes
3	P	Ce que <u>mangent</u> les plantes // Pourquoi on a mis tout ça en noir
4	E1	Parce que c'est de la matière minérale
5	P	Parce que c'est de la matière minérale // alors cette matière minérale là / elle rentre ici
6	E	Dans les végétaux
7	P	Dans les végétaux / elle sert à faire quoi //
8	Es	De la matière organique

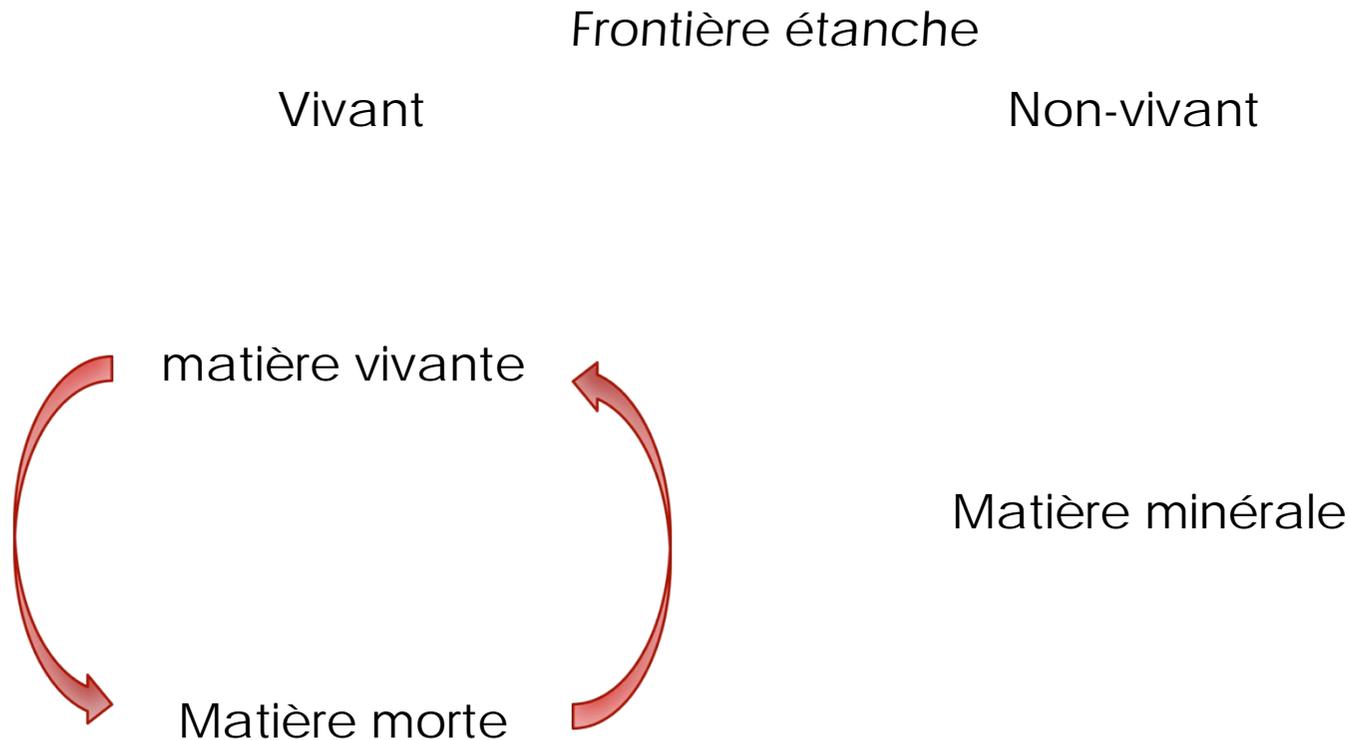
# Analyse

- Centration des élèves sur les êtres vivants et pas sur les questions de circulation de matière
- La matière minérale correspond à eau, sels minéraux et  $\text{CO}_2$  figurant sur le schéma et à la couleur noire. À ce niveau de classe, les élèves ne sont pas initiés aux concepts chimiques fondamentaux, tels que corps simple / corps composé, atomes / molécules. A priori, le symbole  $\text{CO}_2$  ne peut pas avoir un sens chimique pour eux. Matière organique / matière minérale fonctionnent en « boîte noire ».
- « Elle rentre » -> « elle sert à quoi ? » : glissement du descriptif vers l'explicatif. Cependant cela renvoie peut-être aussi à une surdétermination utilitariste, liée à l'emploi du mot « recyclage » (connotation sociale)

31	P	Toutes les feuilles qui tombent par terre/ est-ce que c'est toujours de la <b>matière vivante</b>	
32	Es	Nan / si ...	Problème potentiel : discussion sur la nature de la matière vivante / matière morte et de ses relations avec matière organique et matière minérale. <b>Obstacle vitaliste</b>
33	P	Alors est-ce que c'est toujours de la <b>matière organique</b> / les feuilles mortes par exemple	
34	E	Oui	Le problème potentiel est aplati par l'intervention 33 de l'enseignante qui déplace la discussion « <i>matière vivante / matière morte</i> » -> « <i>matière organique / matière minérale</i> ». C'est en même temps un effet de « tension didactique » : le déplacement qu'elle opère tire les élèves vers un registre plus spécifique aux SVT
35	P	Oui / mais une fois qu'elles sont par terre <b>c'est plus de la matière vivante</b> // tout ça à un moment donné ça peut devenir de la <b>matière organique morte</b> // la question que l'on va se poser c'est <b>qu'est-ce qui arrive</b> à cette <b>matière organique morte</b> / une fois qu'elle est là (place le rectangle MO morte sur la grande affiche)	<b>Statut de la matière ici : vivante / organique.</b>
36	E	<b>Elle se décompose</b>	<b>Obstacle de la transformation facile : il empêche les élèves de poser le problème potentiel du devenir de la matière organique qui constitue les êtres vivants morts</b>

# L'obstacle vitaliste

- L'idée de vie suggère l'existence de quelques substance ou de quelque force spéciale qui distingue le vivant du non vivant (pensée catégorielle).
- Caractérisation de cet obstacle : comme on considère que la matière vivante se forme à partir de matière vivante exclusivement, la fermeture des cycles biologiques est conçue sur le modèle de la décomposition mécanique du vivant en petits fragments microscopiques, fragments dont se nourrissent les végétaux qui les aspirent avec leurs racines « comme avec des pailles ». Les phénomènes de minéralisation restent ainsi impensés, de telle sorte qu'il faudrait plutôt parler d'un « recyclage » (sur le mode du recyclage industriel du verre) que d'un véritable cycle (Astolfi et al., 1985) : « les feuilles tombent et repoussent chaque année. Le niveau du sol est le même. Les feuilles mortes forment de nouveaux arbres ».

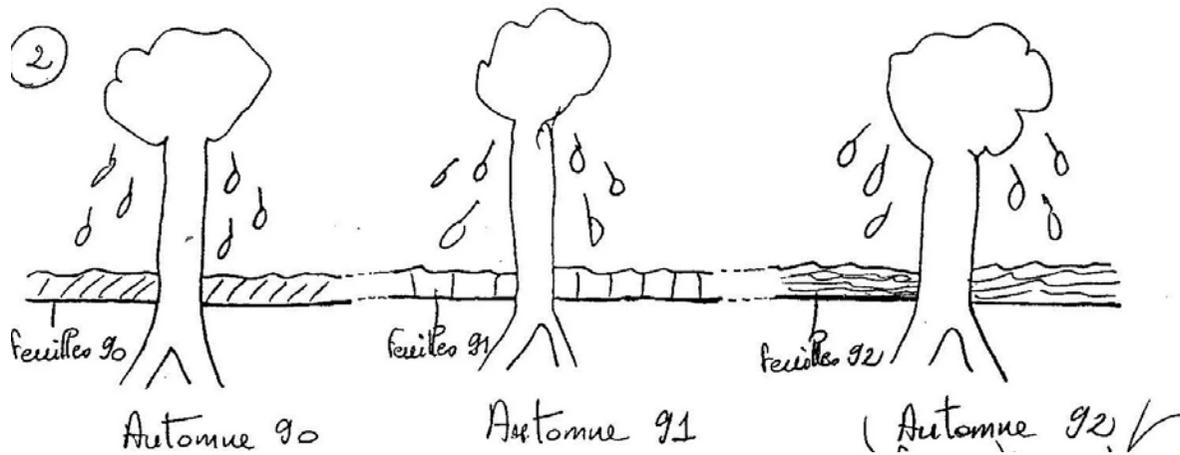


Evelyne (2de) : « Les feuilles se décomposent en humus (riche en minéraux) qui nourrit le sol et les plantes. L'humus aidera les plantes à pousser, les plantes repoussent, puis elles retombent, donc forment de l'humus, etc. c'est un cycle... »

Coraline(2de) : « La litière avec l'humidité et le froid se décompose et devient de la terre. L'arbre se nourrit et les feuilles qui meurent remplacent ce qu'il a consommé. »

## L'obstacle de la transformation facile

- L'idée d'une transformation généralisée sans contraintes



- « Les feuilles se dissolvent dans la terre tous les ans »
- « Les feuilles à force ça se détériore, ça disparaît, donc c'est comme si ça rentrait dans la terre »
- « Les feuilles se désintègrent dans la terre »

Idée de décomposition

# Fonction de ces deux obstacles / problématisation

- Obstacle de la transformation facile fonctionne comme un « *obstacle facilité* » (Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 113-114)
  - Donne l'impression de comprendre. Puisque les élèves acceptent l'idée d'une transformation généralisée sans contrainte, la question du devenir de la matière organique ne se pose pas pour eux.
  - L'obstacle facilité empêche de poser le problème
- L'obstacle vitaliste pourrait jouer plutôt comme un « *obstacle difficulté* » (ibid.)
  - Si l'on fait un raisonnement qui conduit à penser que l'une se transforme en l'autre alors que l'on pensait MV / MM comme deux catégories étanches, on se trouve face à une énigme : comment cela peut-il être possible ?
  - L'obstacle difficulté peut permettre de poser le problème

## Discussion

- On ne peut pas faire comme si cela allait de soi qu'à partir d'une question de départ, les élèves pouvaient automatiquement s'approprier un problème biologique (distinction enseigner / apprendre), même si la situation de départ contient potentiellement le problème biologique que l'on veut traiter.
- Rôle important de l'enseignant et des moments de controverse pour assurer *la dévolution du problème aux élèves*.

113	P	Toi Baptiste tu m'as dit tout alors que les bêtes elles font quoi	
114	Baptiste	Elles les mangent	C'est la nutrition qui explique la transformation « en petit » des feuilles mortes. Il y a uniquement prise en compte de la dimension mécanique de la transformation. Le problème ne peut toujours pas être posé.
115	P	Elles les mangent / alors si elles les mangent ça devient quoi	
116	Es	Bah // de la matière organique	
117	P	Ouais alors Brice // donc tu dis ça devient de la matière organique // est-ce que s'en est déjà	
118	E	Bah oui	
119	P	ça devient de la matière de bête en fait //	
120	E	C'est la matière organique	
121	P	d'accord / de la matière de bête	
122	E	Quand on marche souvent les feuilles elles sont les côtés //	
123	P	Elles sont sur les côtés / c'est-à-dire que pour manger 20 mètres de feuilles / moi je vous dis ça / pour manger 20 mètres de feuilles // t'es pas d'accord avec le fait que ce soit mangé // pour manger 20 mètres de feuilles / c'est-à-dire qu'il faudrait combien / il faut beaucoup de bêtes non //	La reprise du raisonnement des élèves qui fait intervenir la possibilité que la « matière organique morte » soit mangée par des bêtes nous semble constituer un « dérapage didactique » par rapport à l'intention de l'enseignante, qui voulait faire construire l'idée que la matière organique morte devient de la matière minérale avant d'être réabsorbée par les végétaux. Nous reprendrons ce point dans la discussion.

137	Baptiste	Ça peut devenir de l'engrais	Baptiste réintroduit l'idée de cycle en déplaçant l'intervention de Kévin (terre -> engrais). Ce déplacement est important car il provoque un changement de niveau dans la façon de considérer les êtres vivants en se centrant non plus sur eux-mêmes, mais sur la matière dont ils sont constitués.
138	P	Alors Baptiste il dit les feuilles ça devient de l'engrais // mais alors // du compost	
139	E	C'est comme quand // je sais pas // si on fait du compost ça devient de la terre	
140	E	Bah oui	
141	P	Alors les feuilles ça devient de l'engrais // Elisa tu dis // du compost // ça devient du compost // mais alors ça sert à quoi l'engrais et le compost	L'idée de cycle est reprise ici par l'enseignante, sur le modèle du compost, qui correspond à une pratique connue des élèves: le compost se fait avec des fragments d'êtres vivants (morts). Le fait de s'en servir (pratique humaine) pour nourrir les végétaux peut faire oublier le passage par la « matière minérale ». cette pratique peut très bien conforter l'idée que le vivant se nourrit du vivant.

146	P	L'engrais ça sert à quoi // Pierre tu dis ça fait de l'engrais // moi je vous demande c'est quoi l'engrais // on s'en sert pour faire quoi	
147	E	Pour faire pousser les plantes	
148	P	Alors on s'en sert pour faire pousser les plantes	Jusqu'ici la matière minérale est oubliée, on est dans le vivant se nourrit du vivant. Pour le coup, il n'y a pas de problème.
149	E	Pour que la terre elle soit plus euh // <u>xxxx</u>	
150	P	Stop <u>stop stop</u> / j'écris / pour faire pousser des plantes / si votre engrais il sert à faire pousser des plantes / ça veut dire que c'est quoi // c'est quoi qui fait pousser les plantes / on le sait ça	
151	Baptiste	C'est de la matière minérale	L'élément perturbant est réintroduit par un rappel de connaissances apprises antérieurement, suscité par l'enseignante, mais amené par un élève ; ici un problème peut naître.
152	P	Voilà / Baptiste il dit c'est de la matière minérale // bon mais les feuilles mortes c'est quoi	L'enseignante est satisfaite, parce qu'on entre maintenant dans ce qu'elle se proposait de faire traiter par les élèves. Nous pensons pouvoir dire que le problème a été dévolu aux élèves.

## Extrait 2 (résultats)

161	P	Bah si c'est pour enrichir la terre / t'es d'accord que c'est pour que les plantes poussent mieux / et qu'est-ce qui fait mieux pousser les plantes	
162	Es	L'engrais (x2)	
163	P	Oui mais ça mange quoi les plantes	
164	Hugo	De l'eau des sels minéraux	
165	P	De l'eau des sels minéraux //	
166	E	Et du CO2	
167	P	Et du CO2 / et le CO2 il est où // est-ce qu'il est dans la terre	
168	Es	Il est dans l'air (x2)	
169	P	D'accord alors ça veut dire que // si vos feuilles mortes quand elles se décomposent ça peut faire de l'engrais pour faire pousser les plantes / ça veut bien dire que // à un moment donné / y a de la matière minérale // mais les feuilles mortes c'est de la matière organique alors // comment c'est possible ça // ça veut dire quoi finalement ça se décompose / Gwénaël	L'enseignante suggère une piste de solution ?
170	Gwénaël	Bah / quand ça se décompose / c'est que ça se // c'est que ça / comme je l'ai dit tout à l'heure / ça devient une autre euh / une autre matière / et ça se mélange avec l'air	Est-ce que ça veut dire que cette matière redevient de l'eau, des sels minéraux et du CO2 qui ont constitué la plante au départ ? « ça se mélange avec l'air » suggère que quelque chose de cette décomposition redonnera le CO2 de départ qui était dans l'air (cf.168) ? L'obstacle sur les gaz est-il dépassé ici par cet élève ?

# Le dérapage didactique

Objectif du travail : travailler sur l'idée d'un cycle matière minérale – matière organique est nécessaire pour construire la nécessité, dans le cadre du devenir de la matière dans le sol, d'une transformation de la matière organique en matière minérale



L'enseignant oriente la discussion sur la consommation de la matière organique par des « bêtes ». On reste alors dans le vivant en court-circuitant la passage par la matière minérale.

# Le court-circuit de la matière minérale

- Court-circuit de la matière minérale (123, 141, 148)
- Évite de prendre en compte la simultanéité production / dégradation de matière organique
- Obstacle : centration sur un seul processus et exclusion de la simultanéité de deux processus « inverses »

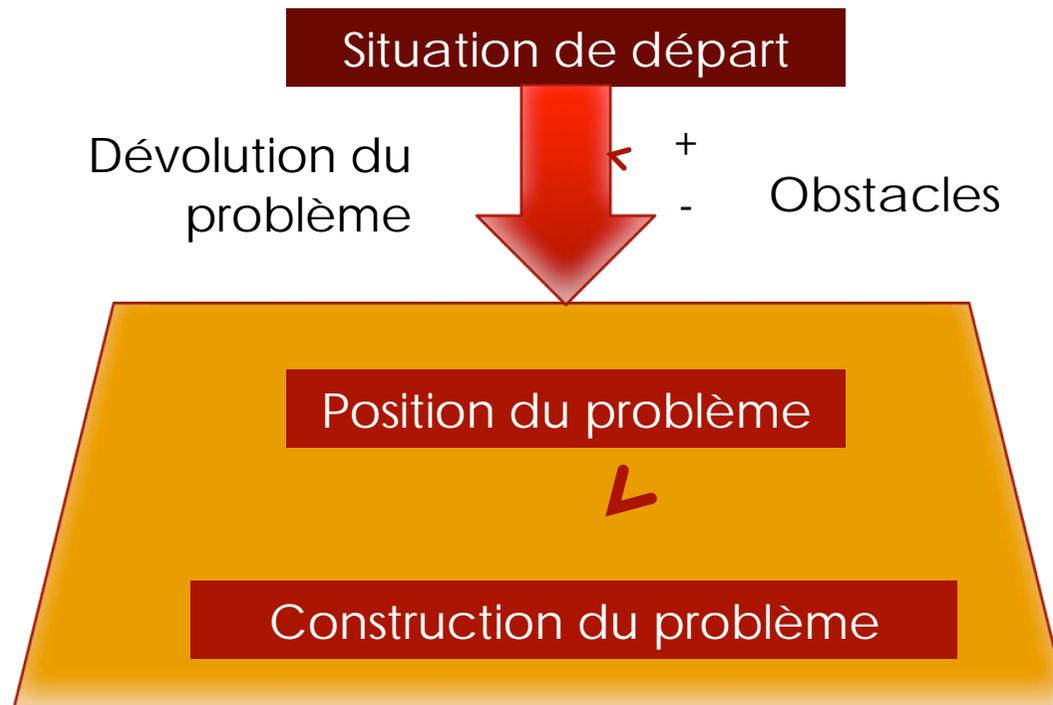
# La dévolution finale du problème

- La dévolution est permise par
  - - la réintroduction de l'idée d'un cycle en 137 par Baptiste et en 141 par l'enseignante ;
  - - l'utilisation du modèle analogique du devenir compost en engrais permet de provoquer un changement de niveau dans la façon de considérer les êtres vivants en se centrant non plus sur eux-mêmes, mais sur la matière dont ils sont constitués;
  - - la référence au modèle de la chaîne alimentaire qui permet de mobiliser des savoirs disponibles sur la nutrition des végétaux : les plantes ne mangent pas de matière organique, mais de l'eau, du CO<sub>2</sub> et des sels minéraux, comme matière minérale
- Si ces éléments sont mis en relation dans un contexte problématique où fonctionne le principe de conservation de la matière (idée d'introduire du quantitatif, masse par exemple)

# Les obstacles repérés

- Centration sur les êtres vivants en tant qu'acteurs (mangent), plutôt que sur les problèmes de circulation de matière à l'échelle de l'écosystème
- Surdétermination utilitariste, liée à l'emploi du mot « recyclage »
- Matière organique et matière minérale comme catégories étanches
- Obstacle symétrique de la transformation sans contraintes
- Centration sur un seul processus et exclusion de la superposition de deux processus
- On ne pense pas aux décompositions qui se font chez les êtres vivants tant qu'ils sont vivants
- Les gaz ne sont pas vraiment considérés comme de la matière
- On ne pense aux décompositions (transformations) que sur un mode mécanique

# Obstacle et problématisation



# Bibliographie

- Astolfi J.-P. (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF Éditeur.
- Astolfi J.-P. & Peterfalvi B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, p. 103-141.
- Astolfi J.-P. & Peterfalvi B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts, *Aster*, n° 25.
- Collectif (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris : INRP.
- Lhoste Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissage dans les sciences de la vie. Étude de quelques débats scientifiques dans la classe dans deux thèmes biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Lhoste Y. & Peterfalvi B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, n°49, p. 79-108.
- Lhoste Y., Peterfalvi B. & Decussy C. (2011, à paraître). Expérience de la problématisation et obstacles chez des élèves de sixième. Recyclage de la matière organique dans le sol ? In M. Fabre, A. Dias de Carvalho & Y. Lhoste (éd.). *Expérience et problématisation en éducation. Aspects philosophiques, sociologiques et didactiques*. Porto : Ed. Afrontamento ; Lyon : INRP.
- Peterfalvi B. (dir.) (1992). Recherche obstacle et situations d'apprentissage autour du concept de transformation de la matière. Document 2. Rapport de recherche. Paris : INRP.
- Peterfalvi B. (2001). *Obstacles en situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, université de Rouen, Rouen.
- Peterfalvi B. (2006). Problématisation et travail sur les obstacles en sciences. In M. Fabre & E. Vellas (éd.). *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck, p. 91-106.