



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 cultivés sur le long terme

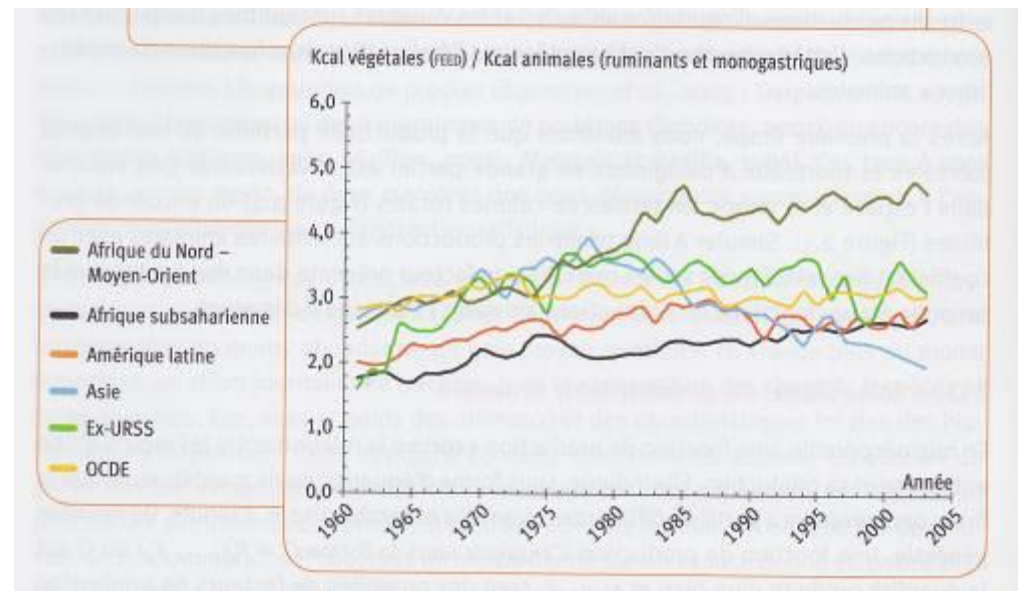
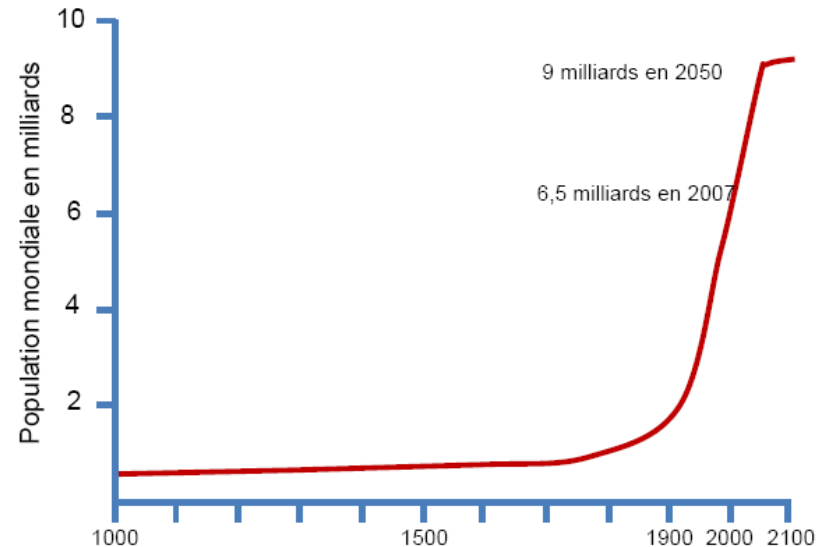
1. Le défi alimentaire

2. Origine et conséquences de la diversité des sols

3. Gestion des sols cultivés sur le long terme

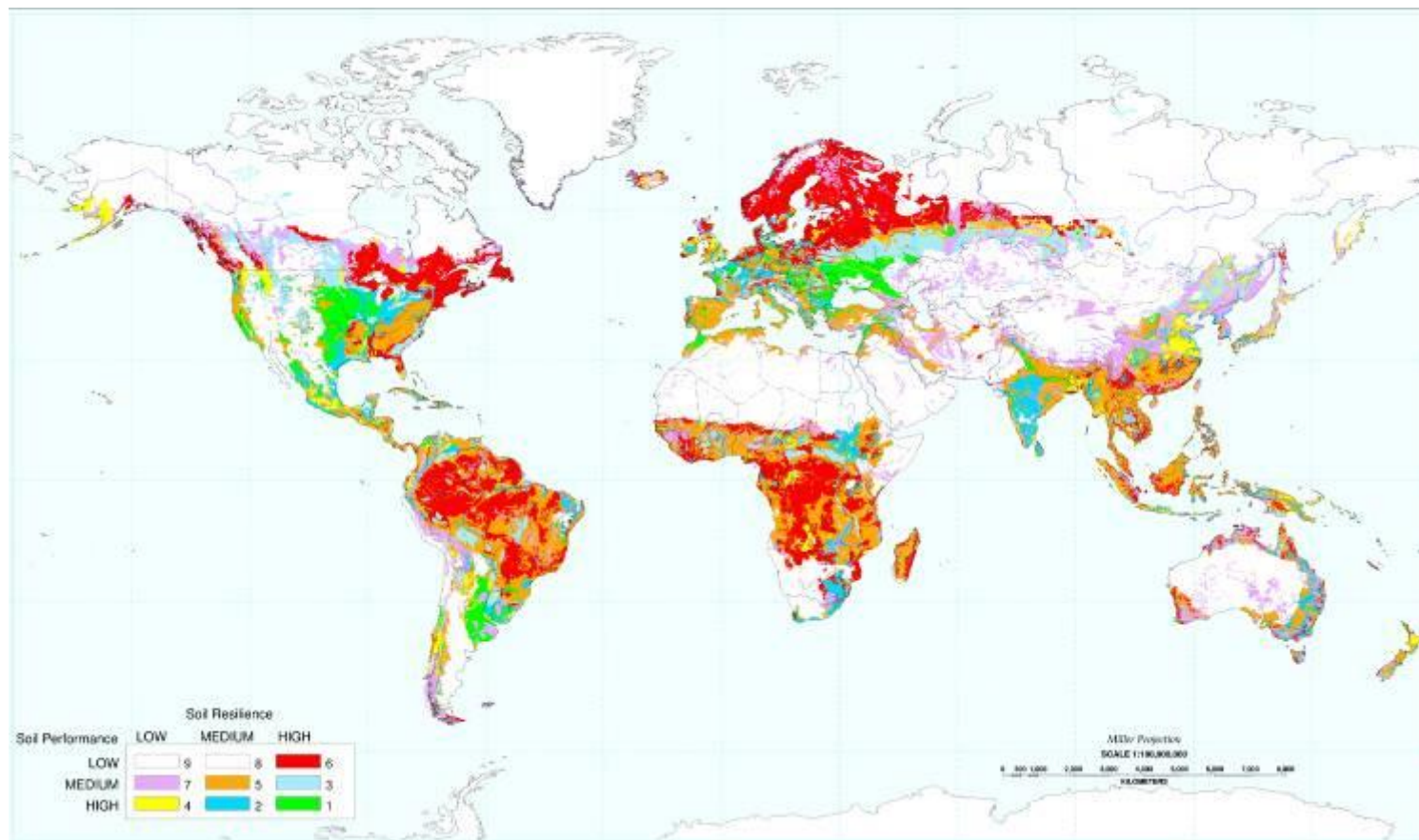
1. Le défi alimentaire

- **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

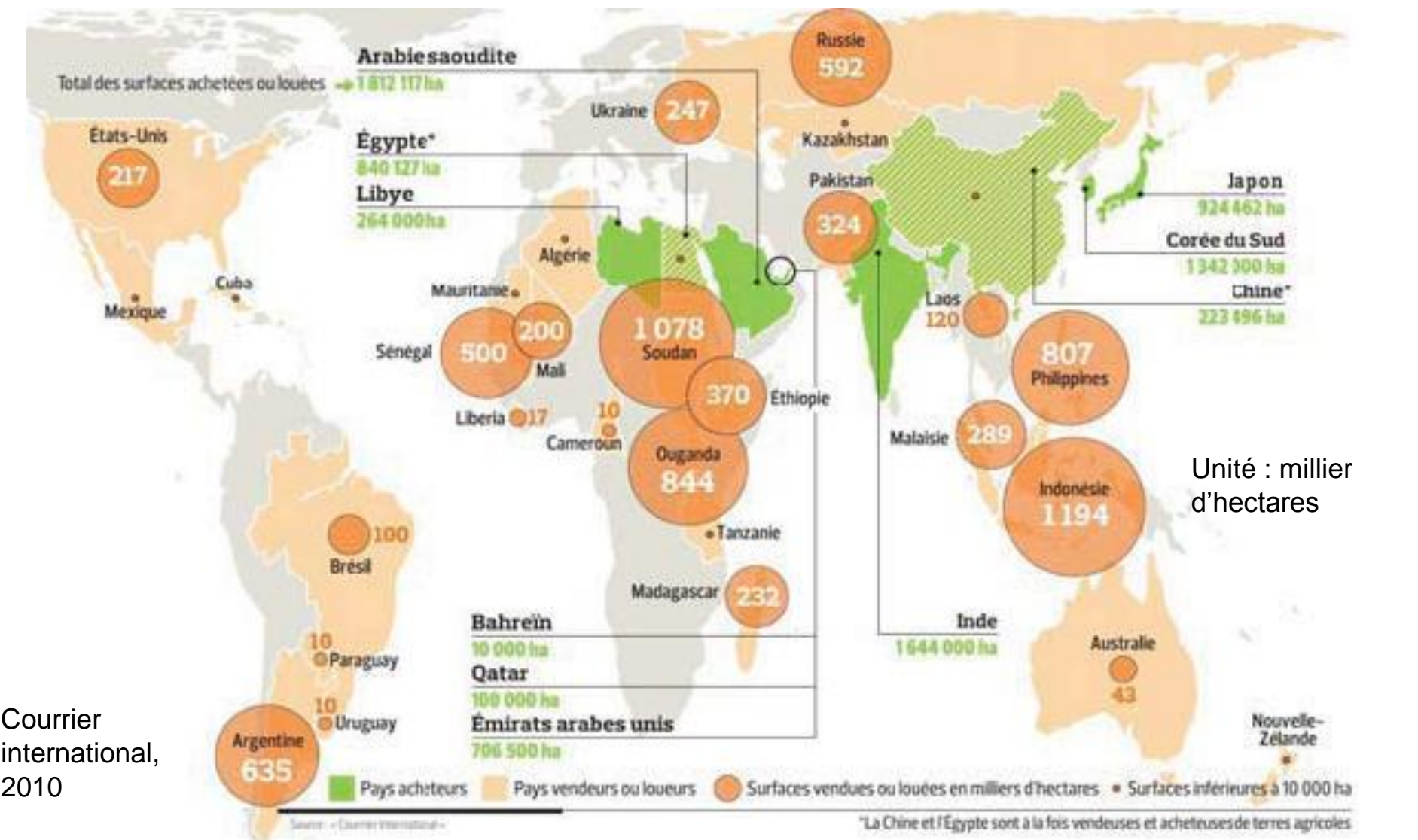
1. Le défi alimentaire



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 cultivés 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.



Attention !
sol \neq roche

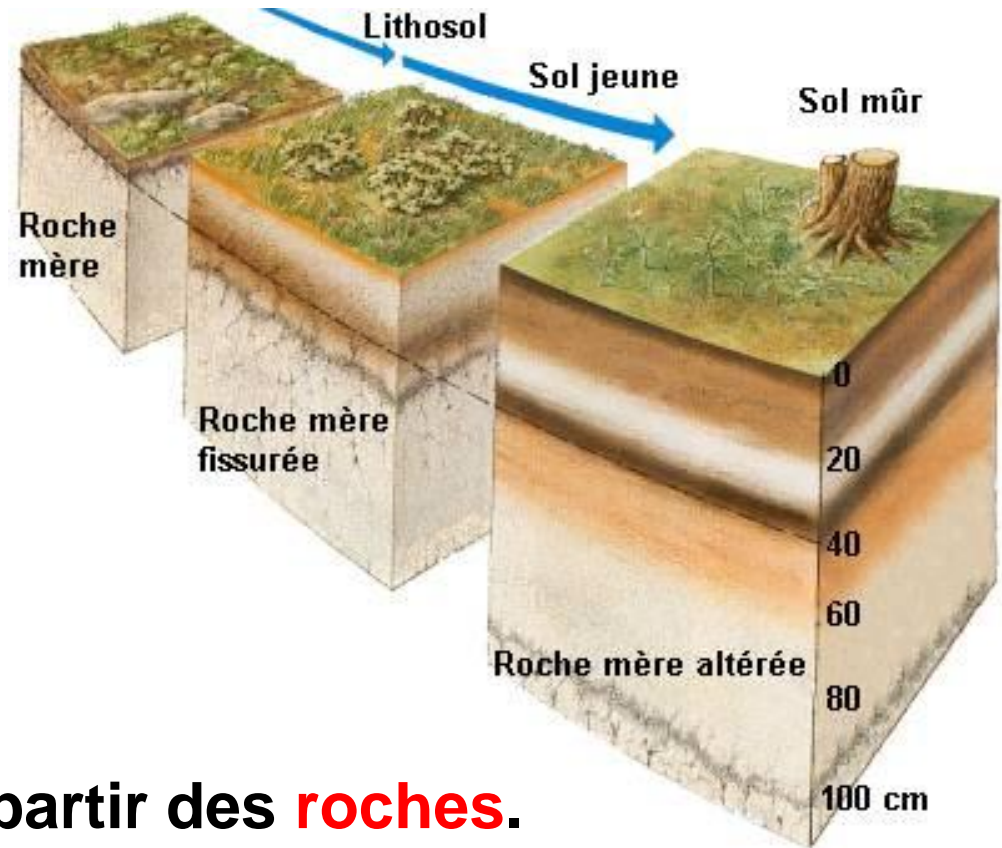


Photo A.L. Le Bris

2. Origine et conséquences de la diversité des sols

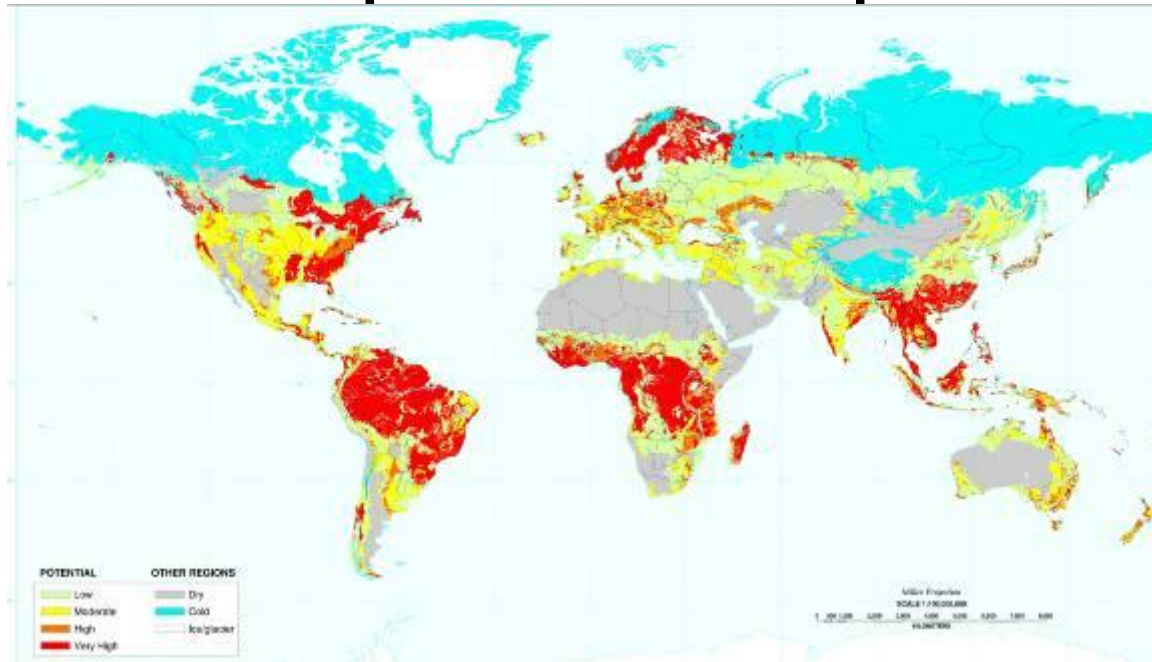


Photo D. Schwartz



- 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
 - Illites et smectites sous climat tempéré

Conséquences de la durée de formation



Ferralsol au Cameroun

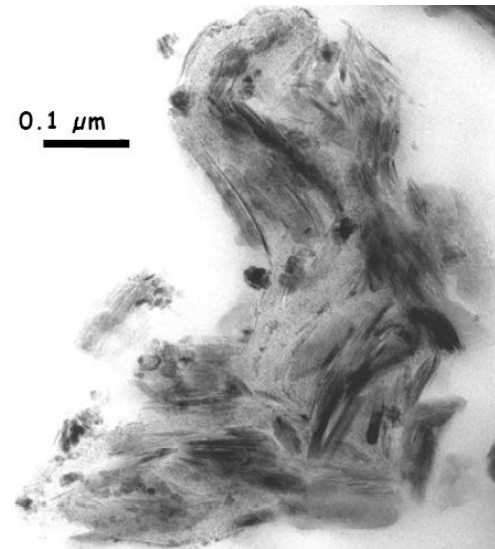
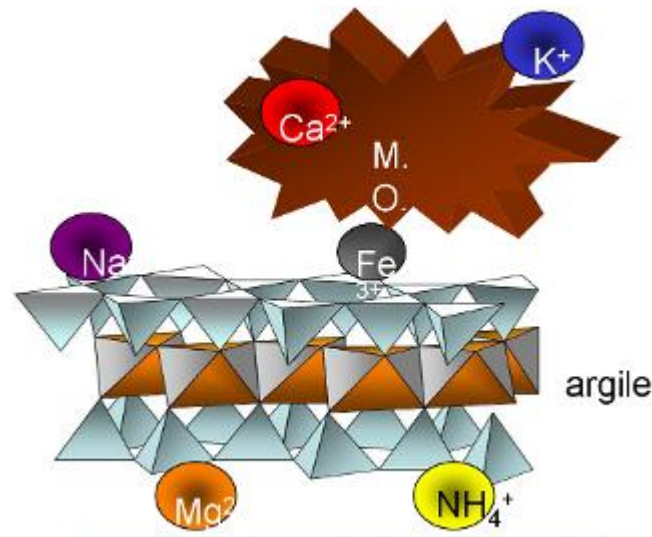


Podzosol géant au Congo

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



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

D'après D. Tessier

- **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
 - Illite 10 à 40 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.**

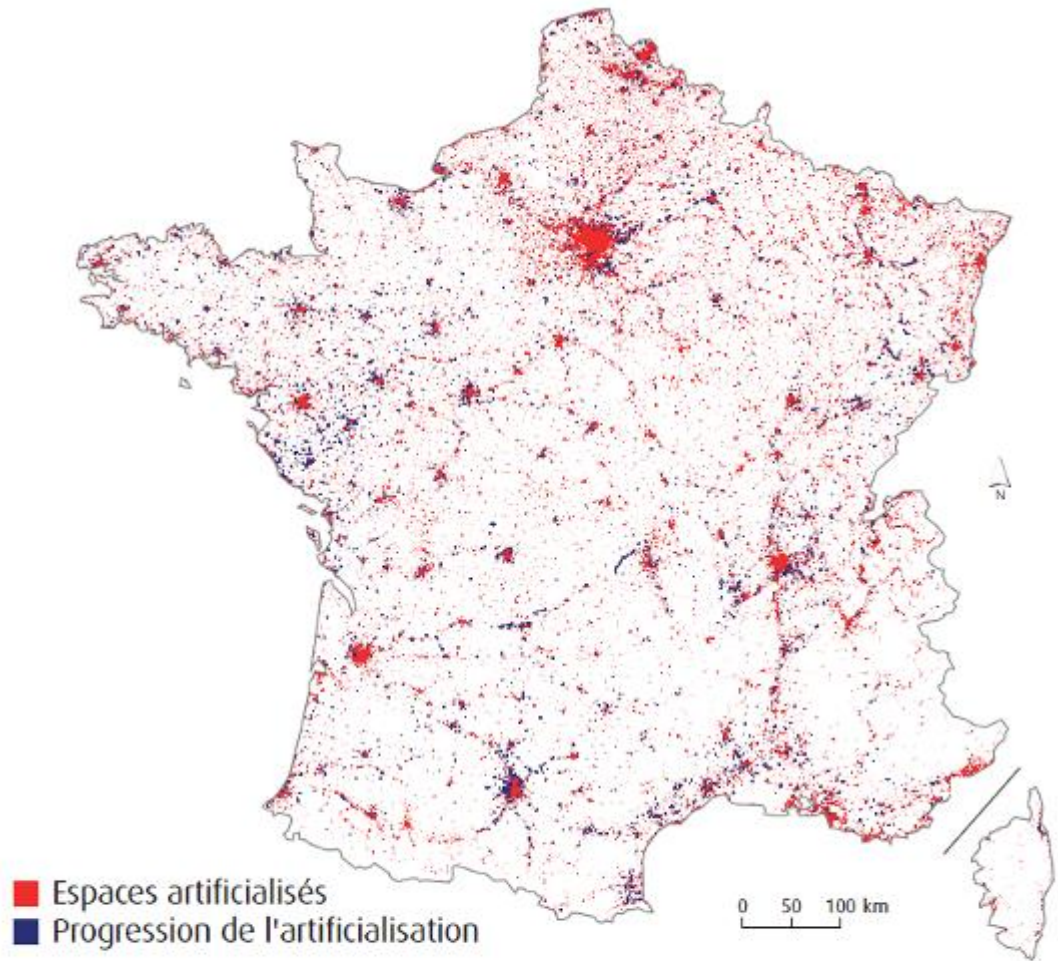
1. Le défi alimentaire

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.

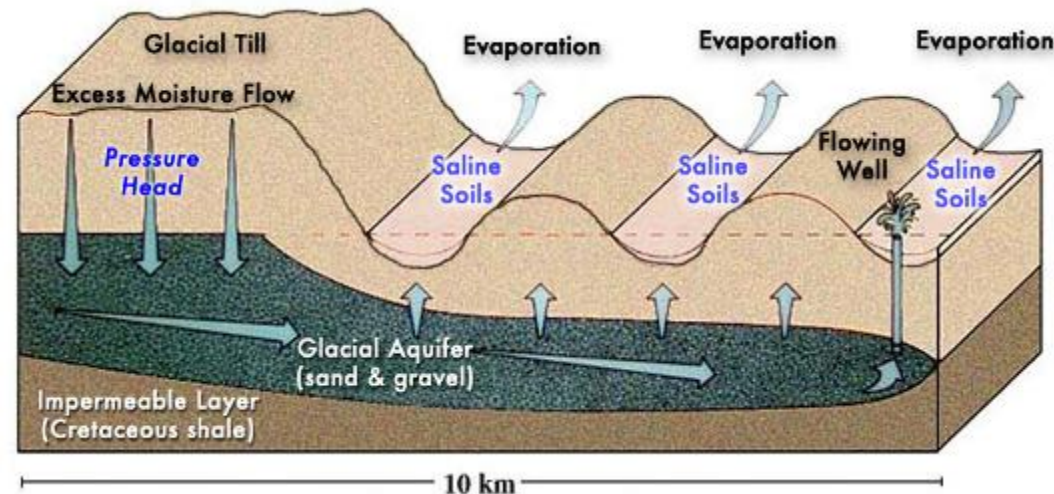
Source : UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006.



3. Gestion des sols cultivés sur le long terme

La salinisation des périmètres irrigués

- 2000 : 40% de la production agricole provient des zones irriguées
- Surtout pays semi-arides. France : seulement Camargue.
- 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^{-1}

Champ de blé 20 t ha^{-1}

Front pionnier d'Amazonie orientale
(Brésil)

Photo M. Grimaldi

Amazonie : érosion sous prairie



Sols argileux

Photos M. Grimaldi

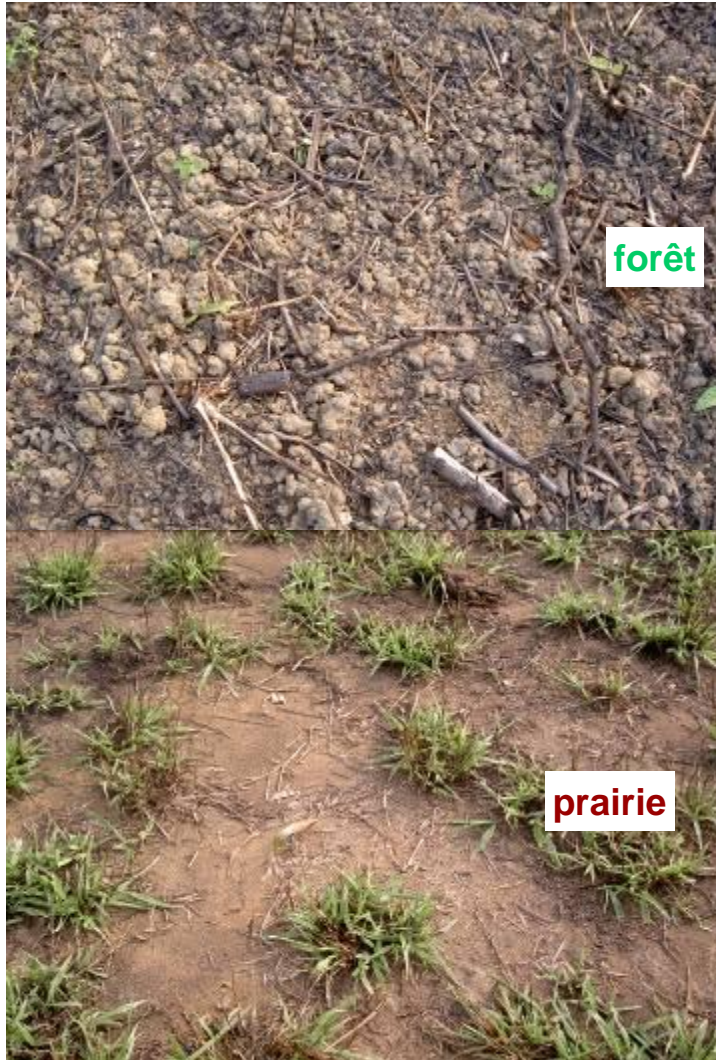


Sols sableux

- 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

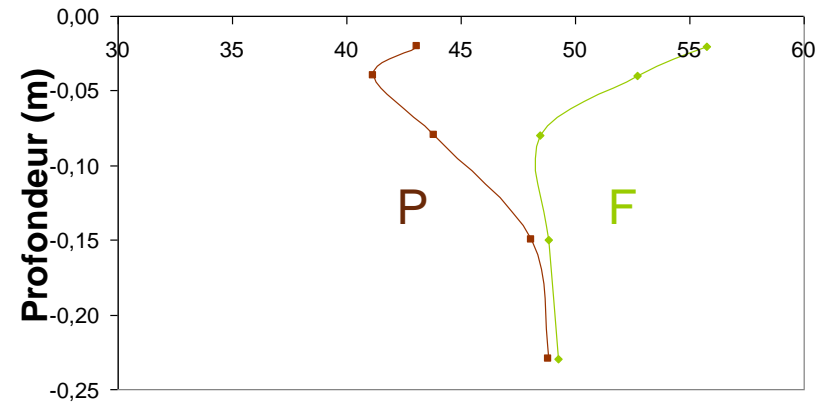


Photos M. Grimaldi

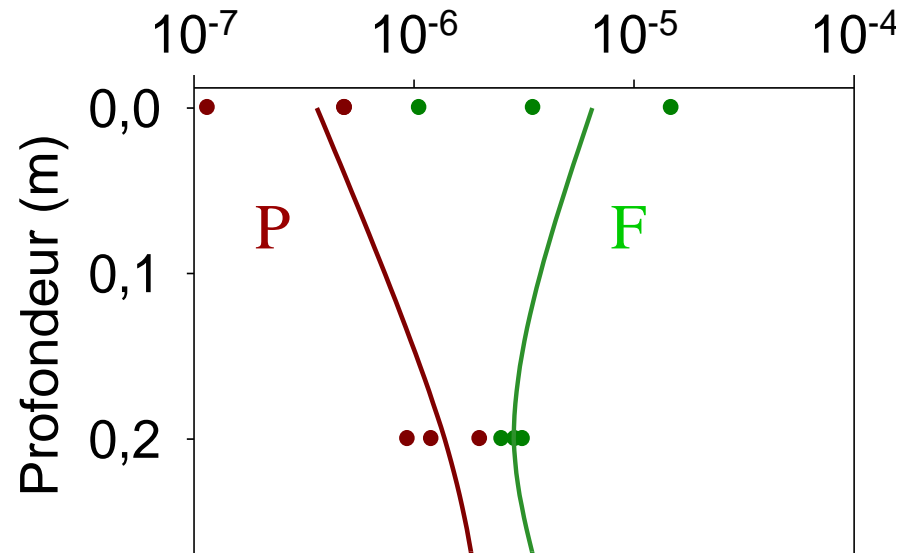
Colloque AFPSVT

8 février 2011

Porosité totale (%)



conductivité hydraulique (m.s^{-1})



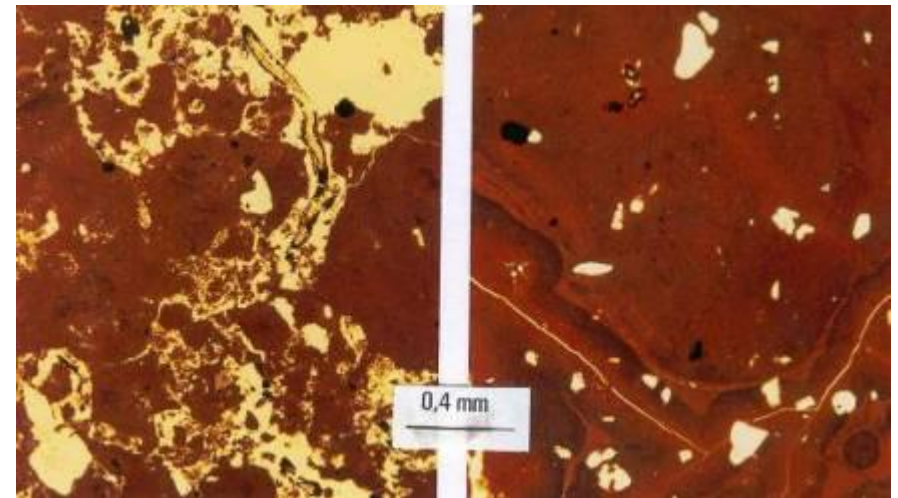
(d'après Renaudin, 2002)

Conséquence d'un travail du sol inapproprié

→ Nécessité d'adapter les pratiques culturales aux sols



Déforestation en Guyane (photo M. Grimaldi)



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 de nombreuses 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 cmol _c kg ⁻¹	2,4	5,0

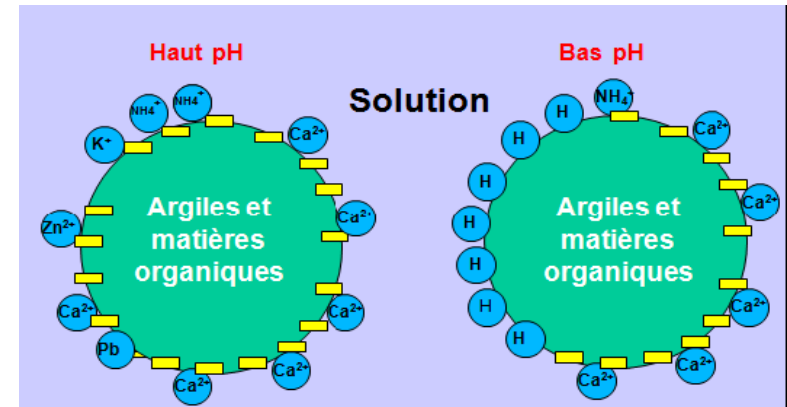
Sol sableux de France (Perche, d'après D. Tessier)

	Forêt	Culture
pH	5,3	4,3
C org %	1,6	0,58
CEC cmol _c kg ⁻¹	4,5	1,5

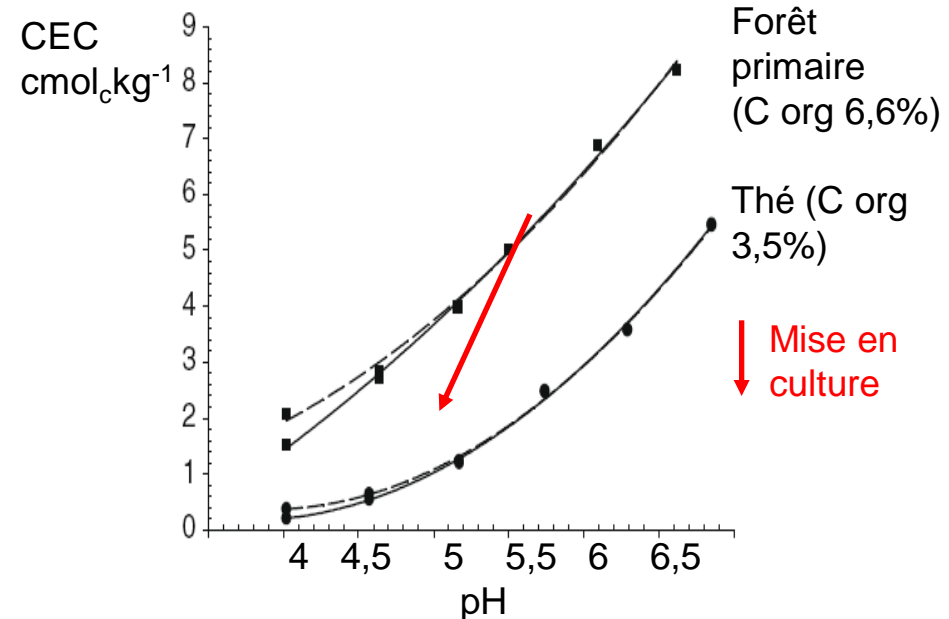
Sol sableux de Thaïlande (A. Noble *et al.*, 2000)

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.



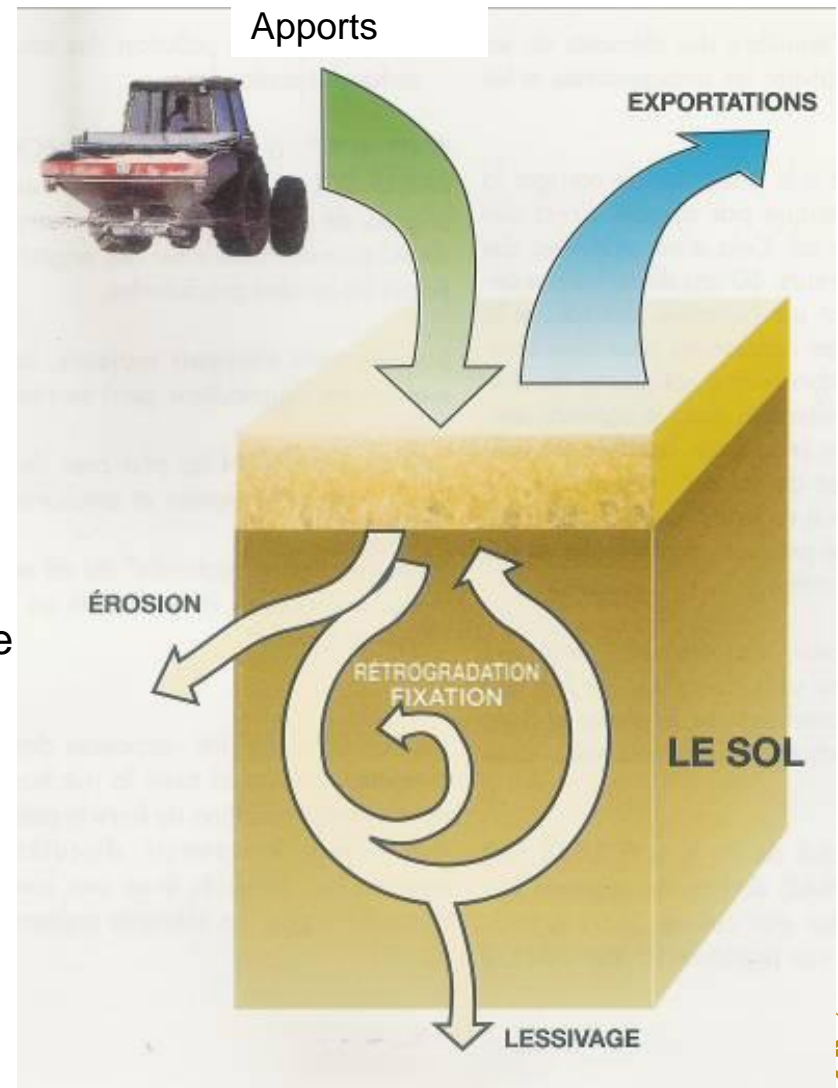
D'après D. Tessier



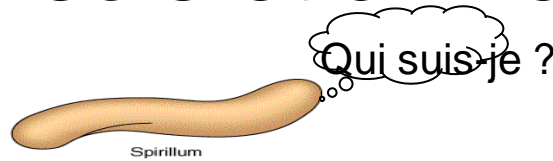
Sol du nord Queensland
(Noble *et al.*, 2001)

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)
- ➔ Attention ! engrais ≠ pesticides



Biodiversité des sols et alimentation des plantes



- Milieux « naturels » :
 - Les bactéries contrôlent les cycles des éléments minéraux.
 - 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

Un résumé 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.
- Eléments 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