



Pédologie III : Notions de base 2

Namur, le 5 décembre 2012

LIÉNARD AMANDINE

Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech – Unité de Science du Sol





Plan

- 1. Fertilité des sols**
2. Éléments nutritifs
3. Fertilisation
4. Biologie et biodiversité des sols
5. Menaces qui pèsent sur les sols



Fertilité

A. Complexe absorbant

B. Éléments échangeables

C. CEC – Cations basiques – Taux de saturation

D. Acidité – pH → pouvoir tampon

A. Complexe absorbant

- Complexe absorbant

Ensemble des « colloïdes » soit les composés humiques et argiles dotés de charges négatives

- L'état du complexe absorbant et ses modifications ont un rôle important sur le pH, l'activité biologique, la structure et la fertilité minérale des sols

B. Éléments échangeables

- Les ions échangeables sont en équilibre avec la solution du sol
 - Passage en solution d'ions du complexe → désorption
 - Passage de la solution au complexe → adsorption
- Deux catégories d'éléments retenus:
 - Ions générateurs d'acidité : H^+ et Al^{3+}
 - Ions dits « basiques » : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+

C. Caractérisation du complexe absorbant

1. Capacité d'échange cationique CEC ou T :

Quantité maximale de cation qu'un sol peut absorber

2. Somme des « bases » échangeables (S) soit Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} et Na^{+}

Acidité totale ou potentielle : $\text{T} - \text{S} = \text{H}^{+}$ et Al^{3+}

3. Taux de saturation en « bases » : $V = \text{S}/\text{T} \%$

C. 1. Capacité d'échange cationique

- Notion variable selon le pH

Parce que la CEC est composée de deux types de charges:
permanentes ou variables

Permanentes: indépendantes du milieu extérieur

Variables: apparaissent lorsque le pH du milieu s'élève

- Augmentation de la dissolution des groupements fonctionnels à caractère acide la M.O.
- Précipitation sous forme insoluble des ions complexes alumineux ($\text{Al}(\text{OH})^n$) → libération de charges négatives
- Apparition de charges négatives au niveau des zones de ruptures des feuillets d'argiles

C. 1. Capacité d'échange cationique

- Notion variable selon le pH
- Deux types de CEC :
 - CEC potentielle, mesurée à pH 7
 - CEC effective, mesurée au pH du sol

C.2. Cations basiques échangeables (S)

- Regroupe H^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+
- Comportement d'absorption variable
 - Fonction de la valence $\rightarrow Al^{3+} > Ca^{2+} > K^+$
 - Fonction de l'hydratation $\rightarrow K^+ > Na^+$
 - Au final classement : $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$

C. 3. Taux de saturation (V ou S/T %)

- « S » est une valeur constante, bien déterminée

Taux de saturation varie suivant que l'on prend en compte la CEC effective ou potentielle

!!! Seule la valeur $S/CECE$ rend compte de l'état actuel du complexe absorbant !!!

C. 3. Taux de saturation (V ou S/T %)

- « S » est une valeur constante, bien déterminée
- Sol saturé quand $S = T$ donc $S/T = 100\%$
- Sol désaturé quand les ions H^+ et Al^{3+} sont trop importants

C. 3. Taux de saturation (V ou S/T %)

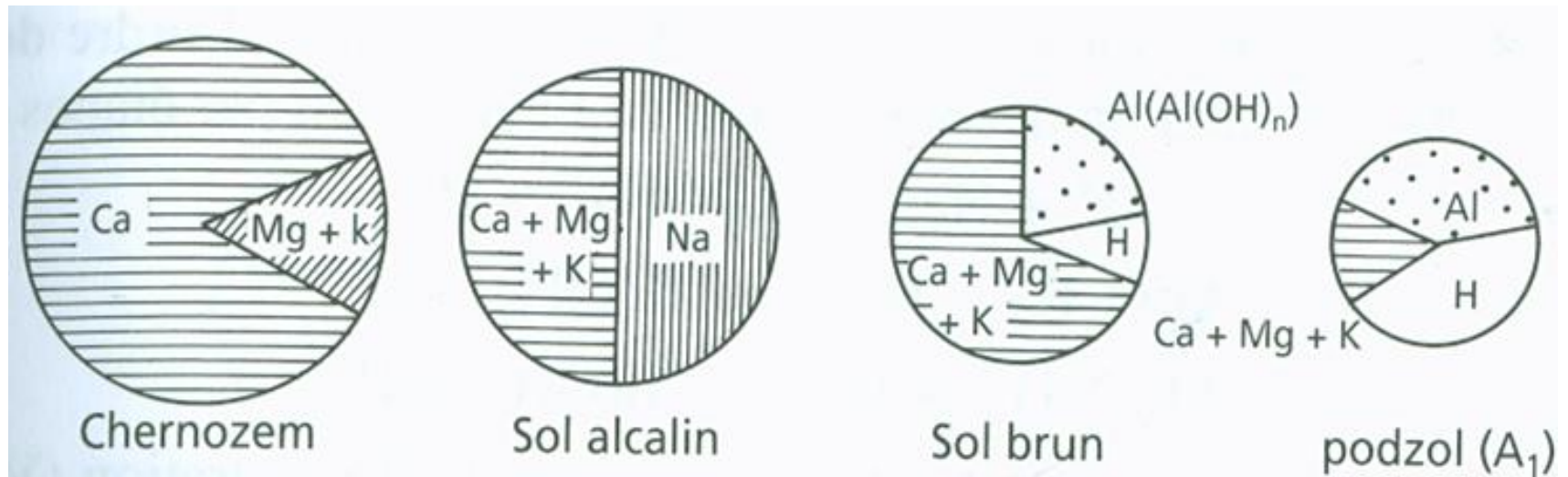


Figure 6.2 État du complexe absorbant de quelques types de sol.

P. Duchaufour, 2001

D. Acidité et pH

- Acidité : concentration en ions H^+
 - Acidité actuelle : concentration en ions H^+ libres
 - Acidité potentielle : somme des ions H^+ échangeables → réserve potentiellement disponible

D. Acidité et pH

- Le pH exprime l'acidité actuelle

Concentration en ions H^+ de la solution du sol

- Valeur pH s'étant le long de la gamme : 0 – 14

pH neutre = 7

pH basique > 7

pH acide < 7

D. pH et complexe absorbant

- Le pH permet d'estimer le taux de saturation

Comparaison entre un sol saturé (Ca^{2+}) et un sol désaturé (H^+ et Al^{3+})

- pH et taux de saturation : relation variable mais toujours en forme de S

D. pH et complexe absorbant

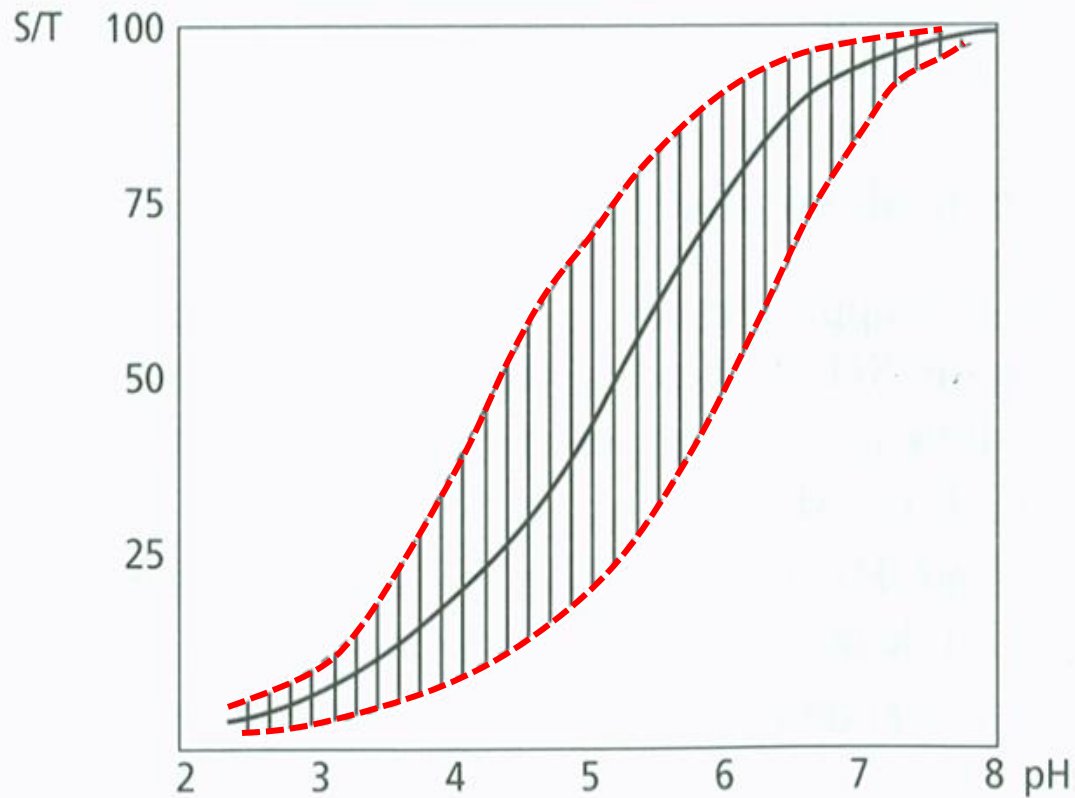


Figure 6.3 Relations entre le pH et le taux de saturation (S/T % effective).

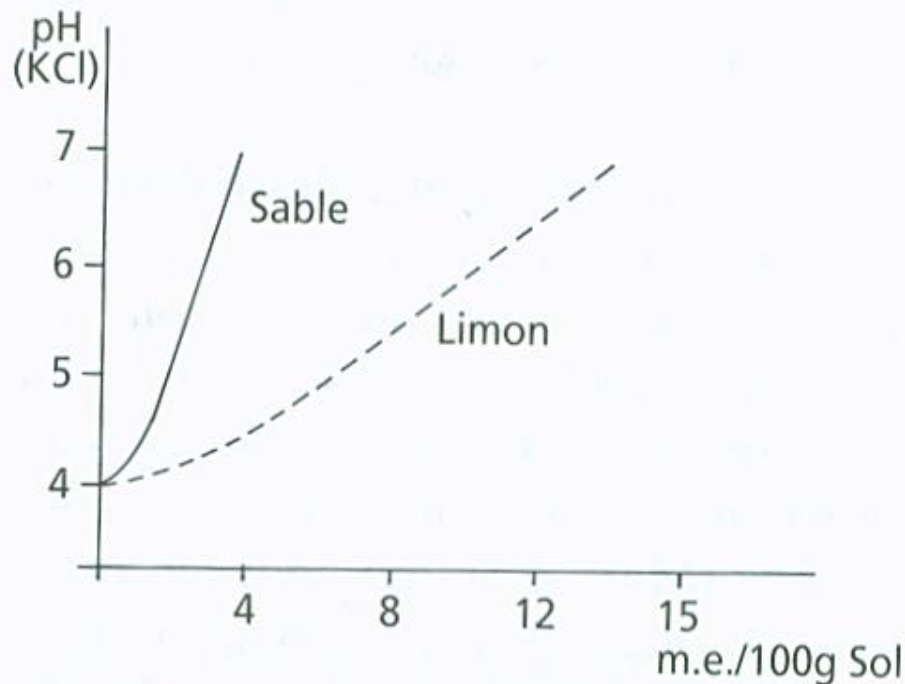
P. Duchaufour, 2001

D. Le pouvoir tampon

- Le pouvoir tampon des sols est cette faculté de contrecarrer plus ou moins efficacement les variations brutales du pH
 - Sols les plus efficacement tamponnés → sols riches en M.O. et calcaire actif
 - Sols bien tamponnés à l'égard des acides → contiennent d'abondante réserve en calcium et en magnésium
 - Les sols acides tamponnés aussi bien à l'égard des bases que des acides

D. Le pouvoir tampon

- Modification du pH par des pratiques agricoles influencée par la texture du sol



Complexe absorbant et nutrition des plantes

- Le pH joue un rôle essentiel à l'égard de la nutrition des plantes, en azote, phosphore, cations et oligo-éléments.
- Tenir compte du type d'espèces: acidophiles ou neutrophiles

Ex: Céréales, orge neutrophile, mais toutes les autres sont tolérantes par rapport à une acidité modérée

Plan

1. Fertilité des sols

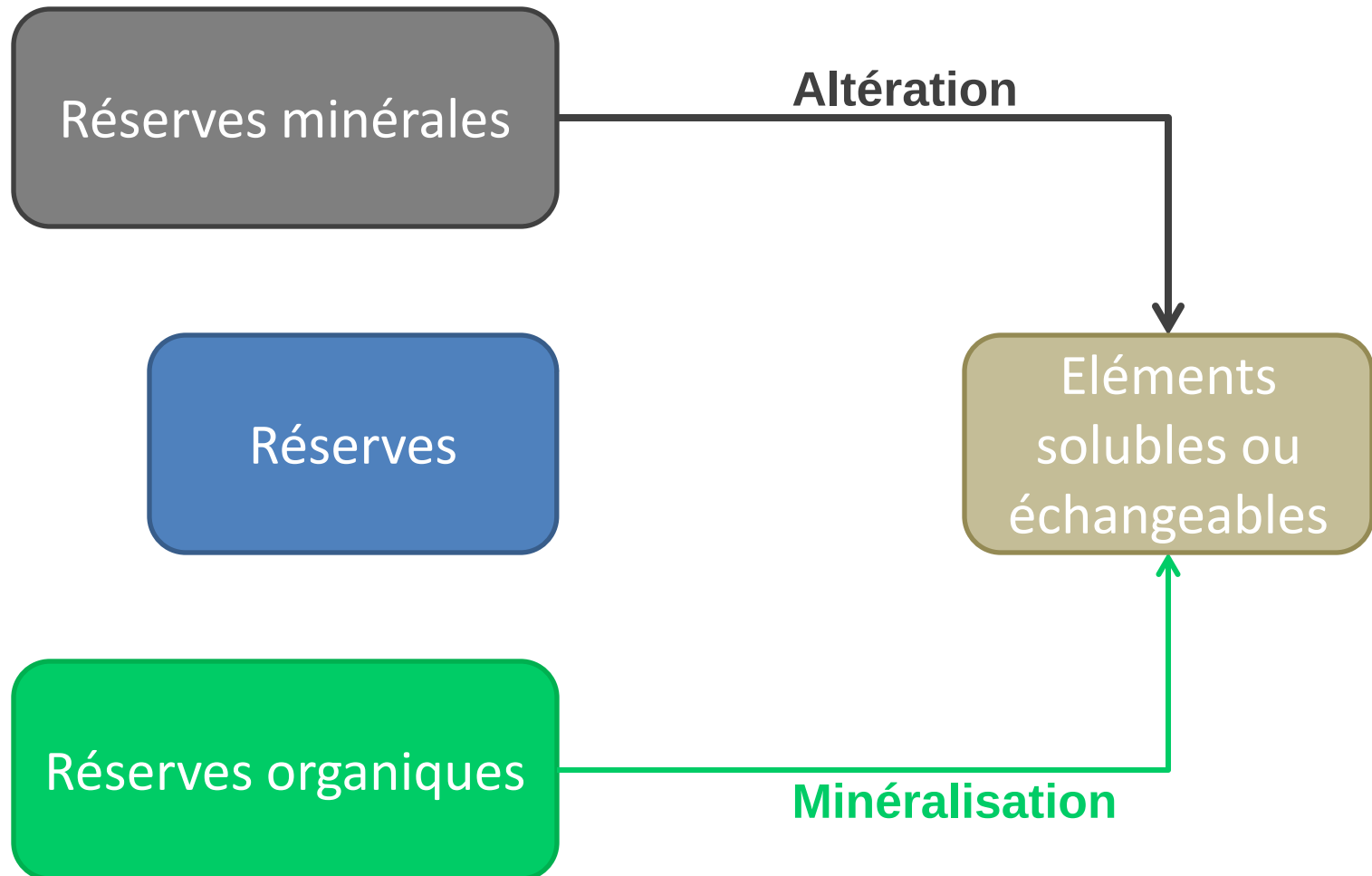
2. Éléments nutritifs

3. Biologie et biodiversité des sols

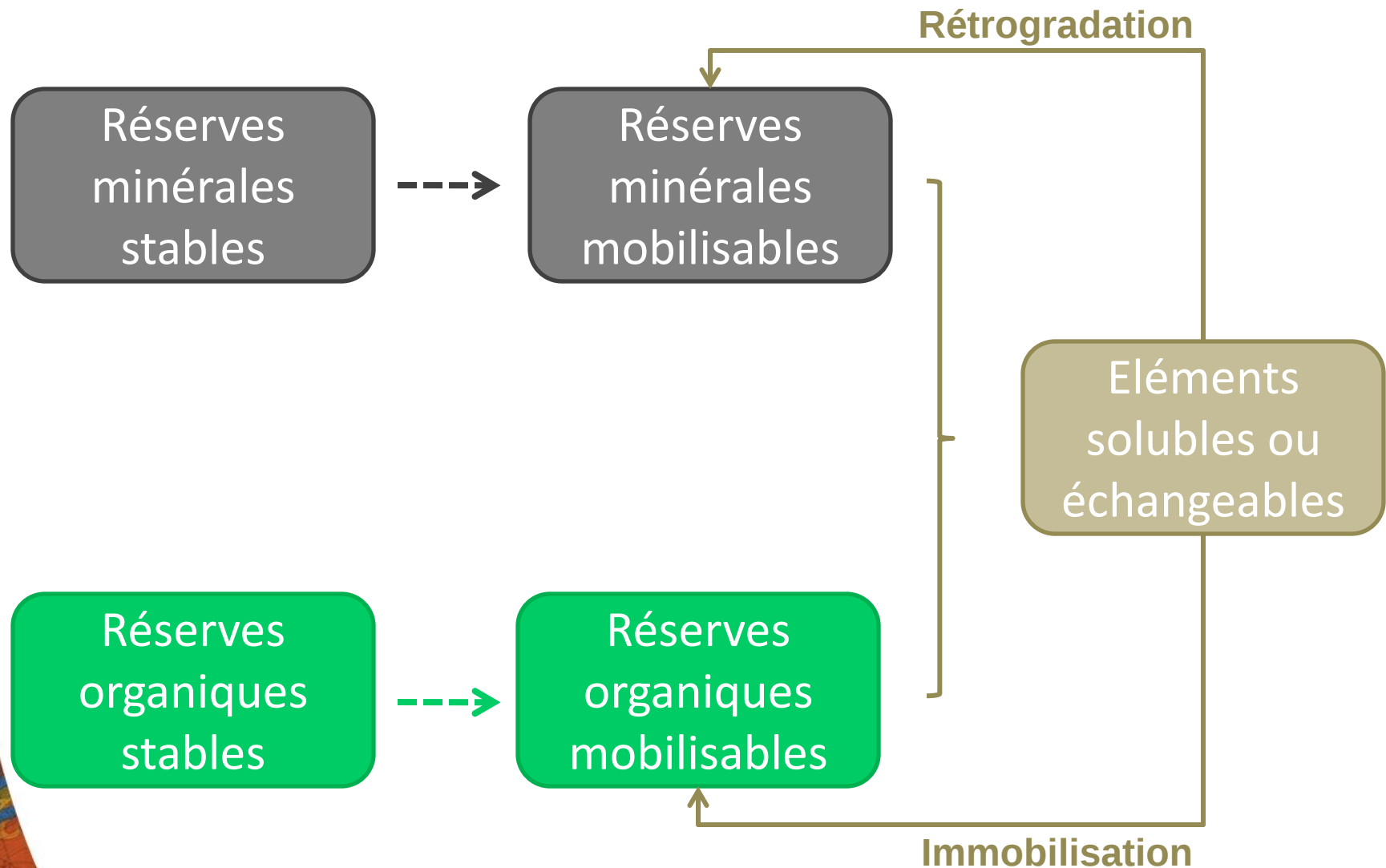
4. Menaces qui pèsent sur les sols



Formes des nutriments dans le sol



Formes des nutriments dans le sol



Réserve minérale et organique

- En culture:
 - Réserve organique maigre
 - Réserve minérale la plus importante mais dépend du matériau parental, évolution pédogénétique
→ besoin d'analyses de fertilité

L'azote – N

- Assimilable sous deux formes
 - Cationique NH_4^+ → échangeable
 - Anionique NO_3^- → soluble
 - Réserve d'azote est toujours sous forme organique
 - Réserve à minéralisation rapide: < 1an , C/N de 15 à 25
 - Réserve à minéralisation progressive: ≈ 25ans
 - Réserve à minéralisation lente ou très lente: > 100ans
- faible utilité pour la nutrition, liée aux microagrégats

L'azote – N

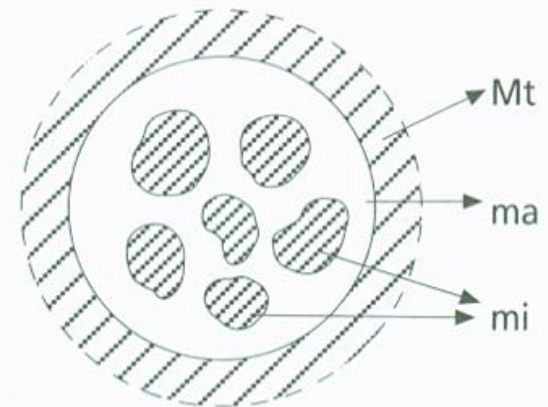
- Disponibilité des réserves azotées dépend de:
 - Nature de la réserve
 - Localisation à des niveaux différents des unités de structures

Figure 7.2 Schéma de la répartition des réserves azotées dans un agrégat construit (d'après Smucker *et al.*, 1998).

Mt : matière organique transitoire, turnover rapide

ma : macroagrégats, turnover moyen

mi : microagrégats, turnover lent ou très lent



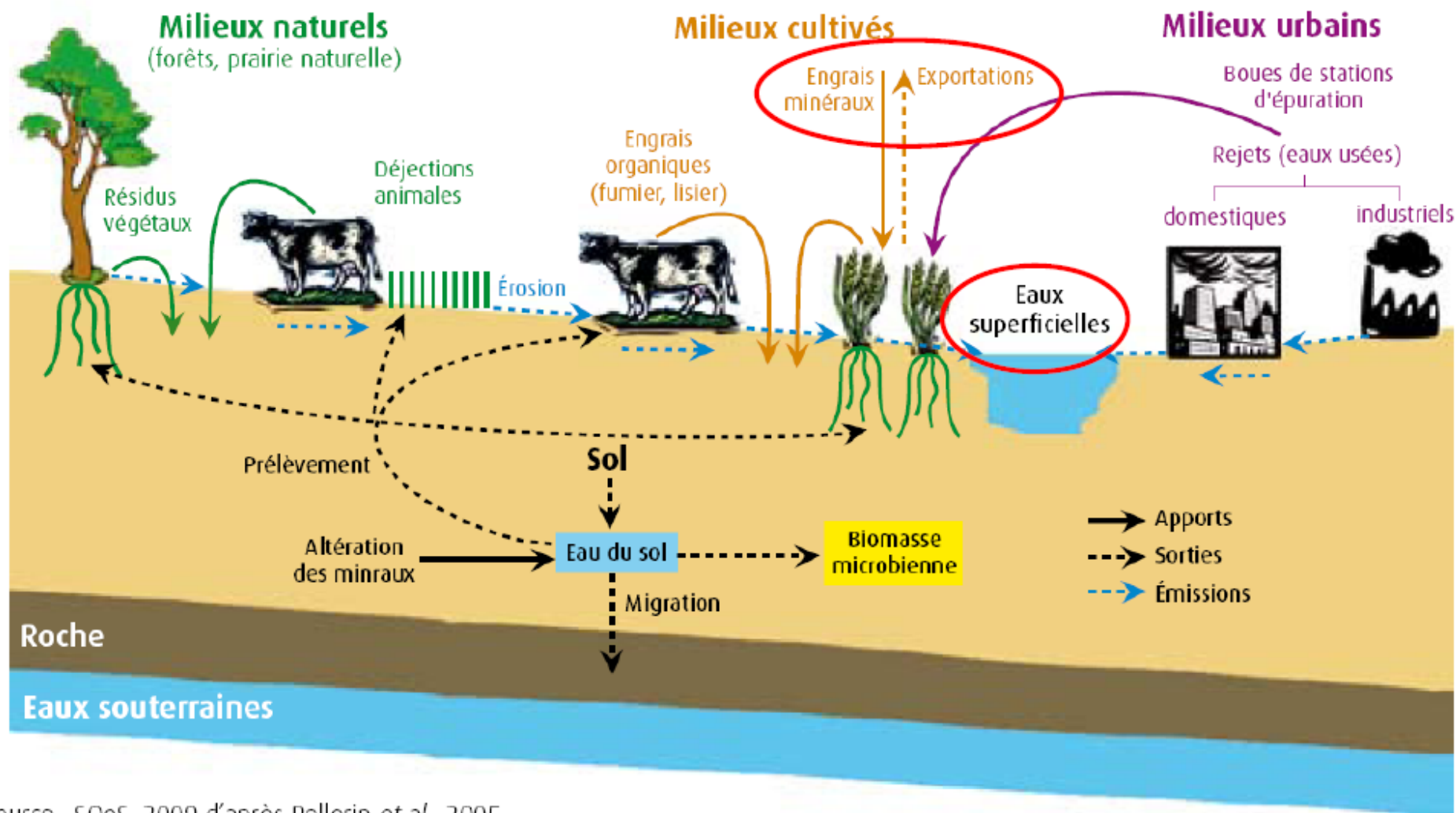
P. Duchaufour, 2001

Le phosphore – P

- Assimilable sous forme de phosphates solubles en équilibre avec PO_4^{3-}
- Quantité de P en solution très faible par rapport au P absorbé
- Réserve en phosphore utilisable à long terme:
 - Minérale : dans les roches riches en P (Apatite), sédiments
 - Organique : minéralisation tout comme l'azote

Le phosphore – P

Cycle du phosphore préservé dans les milieux naturels, modifié dans les milieux anthropisés



Le potassium – K

- Assimilable sous forme K^+
- Formes de potassium dans le sol
 - K à échange rapide : sels de K ou K^+
 - K à échange lent : adsorbés dans le complexe argilo-humique (K lié à la M.O.)
 - K inassimilable : K insoluble ou K rétrogradés (coincé dans les feuillets d'argiles)
- Pertes : plante – lixiviation – érosion – rétrogradation
- Apports : résidus organiques – engrais minéraux - minéraux



LA FERTILISATION



Principes

FERTILISATION : « *toutes les pratiques agricoles qui visent à assurer ou à améliorer la capacité à produire d'un sol* ». Mais généralement, ce terme se limite aux *techniques agricoles visant à la mise en œuvre des matières fertilisantes*.

ENGRAIS : *Substances contenant un ou plusieurs éléments nutritifs pour la plante.*

AMENDEMENT : *Substances minérales ou organiques employées pour entretenir ou améliorer les propriétés physiques, chimiques et l'activité biologique des sols.*

Principes

= Complément à l'offre du sol afin d'assurer une bonne croissance des plantes.

Principe de la couverture des besoins de la culture en tenant compte de l'offre du sol.

Organique



><

Minérale





1 T de fumier = 27 kg N = 100 kg engrais N 27%
15 kg P_2O_5 = 15 kg engrais P 46%
18 kg K_2O = 18 kg engrais K 60%



1 T de lisier = 4,4 kg N = 16 kg engrais N 27%
2 kg P_2O_5 = 4 kg engrais P 46%
5 kg K_2O = 8 kg engrais K 60%





Principes

Engrais organique

= Complément à l'offre du sol afin d'assurer une bonne croissance des plantes.

Principe de la couverture des besoins de la culture en tenant compte de l'offre du sol.

Organique

><

Minérale

||

Effluents d'élevage.

On préférera l'appellation

« **engrais de ferme** »

Principes

Engrais organique

Matières organiques avec une valeur fertilisante très variable.

- Fumier
- Lisier
- Compost
- Boue de station d'épuration
- Écumes de sucrerie

Quantité d'éléments fertilisants apportée sur une culture =

$$\left(\begin{array}{l} \text{Quantité d'engrais} \\ \text{de ferme épandue} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Composition moyenne} \\ \text{en éléments fertilisants} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Coefficient d'équivalence} \\ \text{minérale} \end{array} \right)$$

Principes

Engrais organique

Quantité d'éléments fertilisants apportée sur une culture =

$$(\text{Quantité d'engrais de ferme épanchée}) \times (\text{Composition moyenne en éléments fertilisants}) \times (\text{Coefficient d'équivalence minérale})$$

Composition moyenne des engrais de ferme

Type d'engrais de ferme	Eléments majeurs (kg/t)					Apport maximum* (tonne/ha)
	N tot	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Fumiers composté	6,1	6,8	4	16,3	2,7	37
Fumiers de bovins	5,9	3,7	4	2,5	1,5	39
Fumiers de porcs	6	6	4	6	2,5	38
Lisiers de bovins	4,4	2,5	6	2,4	0,7	52
Lisiers de porcs	6	6	3	3,5	0,8	38
Fumiers de volailles	26,7	21,5	21,5	14,5	3,7	8
Fientes pré-séchées	22	14,4	8,9	56	4,1	10
Fientes séchées	35	22	15,2	85,8	6,4	6

* en respectant les normes maximum d'épandage d'azote définies par le PGDA II (230 kg N)

Ces données peuvent être variables !!!

Source: Nitrawal

Principes

Engrais organique

Quantité d'éléments fertilisants apportée sur une culture =

$$\left(\begin{array}{c} \text{Quantité d'engrais} \\ \text{de ferme épandue} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Composition moyenne} \\ \text{en éléments fertilisants} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Coefficient d'équivalence} \\ \text{minérale} \end{array} \right)$$

Coefficients d'équivalence « engrais » pour les engrais de ferme

Type d'engrais de ferme	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Composts et fumiers de bovin	Voir tableau au recto	1	1
Lisiers de bovins, fumiers et lisiers de porcs		0,85	1
Fumiers de volailles		0,65	1

Source: Nitrawal

Principes

Engrais organique

Exemple : Pour un épandage de 20 m³ de lisier de bovins, on apporte (2,5 kg de P₂O₅ x 20 m³ x 0,85) = 42,5 unités de P₂O₅ disponibles pour la culture et (6 kg de K₂O x 20 m³ x 1) = 120 unités de K₂O disponibles pour la culture.

Quantité d'éléments fertilisants apportée sur une culture =

$$\left(\text{Quantité d'engrais de ferme épandue} \right) \times \left(\text{Composition moyenne en éléments fertilisants} \right) \times \left(\text{Coefficient d'équivalence minérale} \right)$$

Composition moyenne des engrais de ferme

Type d'engrais de ferme	Eléments majeurs (kg/t)					Apport maximum* (tonne/ha)
	N tot	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Fumiers compostés	6,1	6,8	4	16,3	2,7	37
Fumiers de bovins	5,9	3,7	4	2,5	1,5	39
Fumiers de porcs	6	6	4	6	2,5	38
Lisiers de bovins	4,4	2,5	6	2,4	0,7	52
Lisiers de porcs	6	6	3	3,5	0,8	38
Fumiers de volailles	26,7	21,5	21,5	14,5	3,7	8
Fientes pré-séchées	22	14,4	8,9	56	4,1	10
Fientes séchées	35	22	15,2	85,8	6,4	6

* en respectant les normes maximum d'épandage d'azote définies par le PGDA II (230 kg N)

Coefficients d'équivalence « engrais » pour les engrais de ferme

Type d'engrais de ferme	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Composts et fumiers de bovin	Voir tableau au recto	1	1
Lisiers de bovins, fumiers et lisiers de porcs		0,85	1
Fumiers de volailles		0,65	1



Principes

Engrais organique

Attention aux déséquilibre entre les teneurs en éléments de certains engrais organiques.

Exemple du lisier et porcs et des problèmes d'eutrophisation qu'il peut engendrer.

P/N du lisier >> P/N besoins de la plante

Principes

3 principes

Loi du minimum ou d'interaction = Loi de Liebig (1803 - 1873) : «L'importance du rendement d'une récolte est déterminée par l'élément qui se trouve en plus faible quantité par rapport aux besoins de la culture».

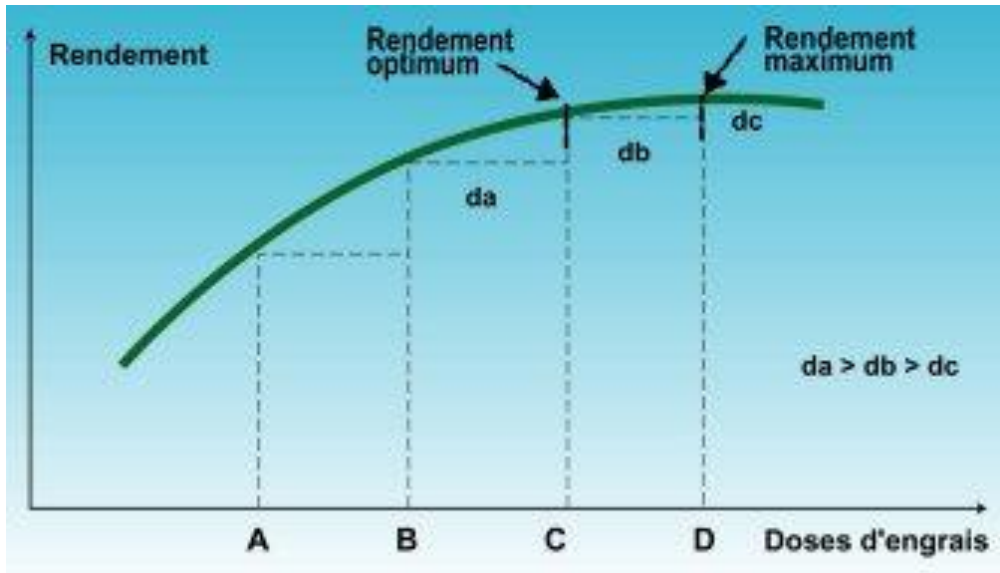
Cette loi met en évidence l'interdépendance entre les différents éléments nutritifs et la nécessité de les positionner à leur optimum au sein du système Sol-Plante.



Principes

3 principes

Loi des accroissements moins que proportionnels = loi de Mitscherlich (1794-1863) : «Quand on apporte au sol des doses croissantes d'un élément fertilisant, les augmentations de rendement obtenues sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que les quantités apportées s'élèvent »





Principes

3 principes

Loi de restitution ou des avances : Les exportations d'éléments minéraux par les cultures et les pertes hors de la parcelle doivent être compensées par des restitutions pour maintenir la fertilité chimique du sol. Par sécurité, en pratique, on en fait l'avance aux cultures. Les sols pauvres doivent recevoir une fumure renforcée pour les cultures les plus exigeantes. A l'inverse dans des sols riches et pour des cultures peu exigeantes, des impasses de fumures PK peuvent être gérées.

Risque d'erreur sur les exportations.

Éléments fertilisants

Symbole	Élément	Action
C	Carbone	Constitution de la MO, assimilé sous forme de CO_2
N	Azote	Constitution des organismes vivants, assimilé sous forme de NO_3^- (nitrate) ou d' NH_4^+ (ammonium) à partir de la solution du sol
P	Phosphore	Rôle plastique (paroi cellulaire) et métabolique (échanges énergétiques ADP/ATP)
K	Potassium	Absorption et transport de l'eau et active d'enzymes, maintient du potentiel osmotique
Ca	Calcium	Diminution de la toxicité de certains éléments (Al), parois cellulaires, résistance aux stress externes
Mg	Magnésium	Constitution de la chlorophylle, synthèse des acides aminés, assimilation et transport du P, résistance aux stress
S	souffre	Composant des protéines intervenant dans la synthèse des acides aminés soufrés.



Éléments fertilisants

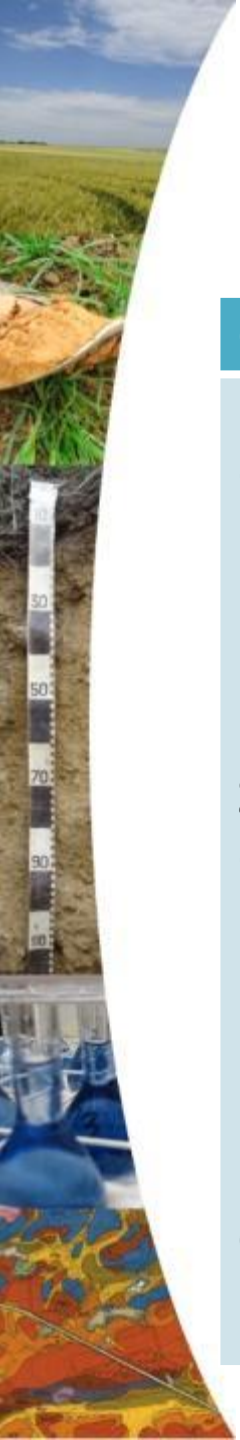
Symbole	Élément	Action
Fe	Fer	Rôle métabolique, cofacteur dans la constitution et le fonctionnement d'enzymes, catalyseurs ou inhibiteurs de diverses réactions biochimiques.
Mn	Manganèse	
Zn	Zinc	
Cu	Cuivre	
Mo	Molybdène	
B	bore	



Éléments fertilisants

Importance de l'azote

Modalités	Rendements
NPK	100 %
NK	93 %
NP	86 %
PK	43 %
0	30 %



Éléments fertilisants

Carences	Excès
N : jaunissement des feuilles (déficit en chlorophylle) P : coloration rouge du maïs Mg : jaunissement internervaire des feuilles les plus âgées Zn : très fréquente dans les sols à pH élevé ; chlorose internervaire, réduction de taille et malformation des rameaux et des feuilles. Mg : ponctuations gris-verdâtres chez les monocotylées et jaune chez les dicotylées. Fe : très rare. Cu : fréquente mais syndromes peu spécifiques. B : anomalies sur les extrémités des feuilles	Ca : blocage de l'adsorption racinaire du P, K, Mg et d'oligoéléments Oligoéléments : risque de toxicité



P0

Les engrais

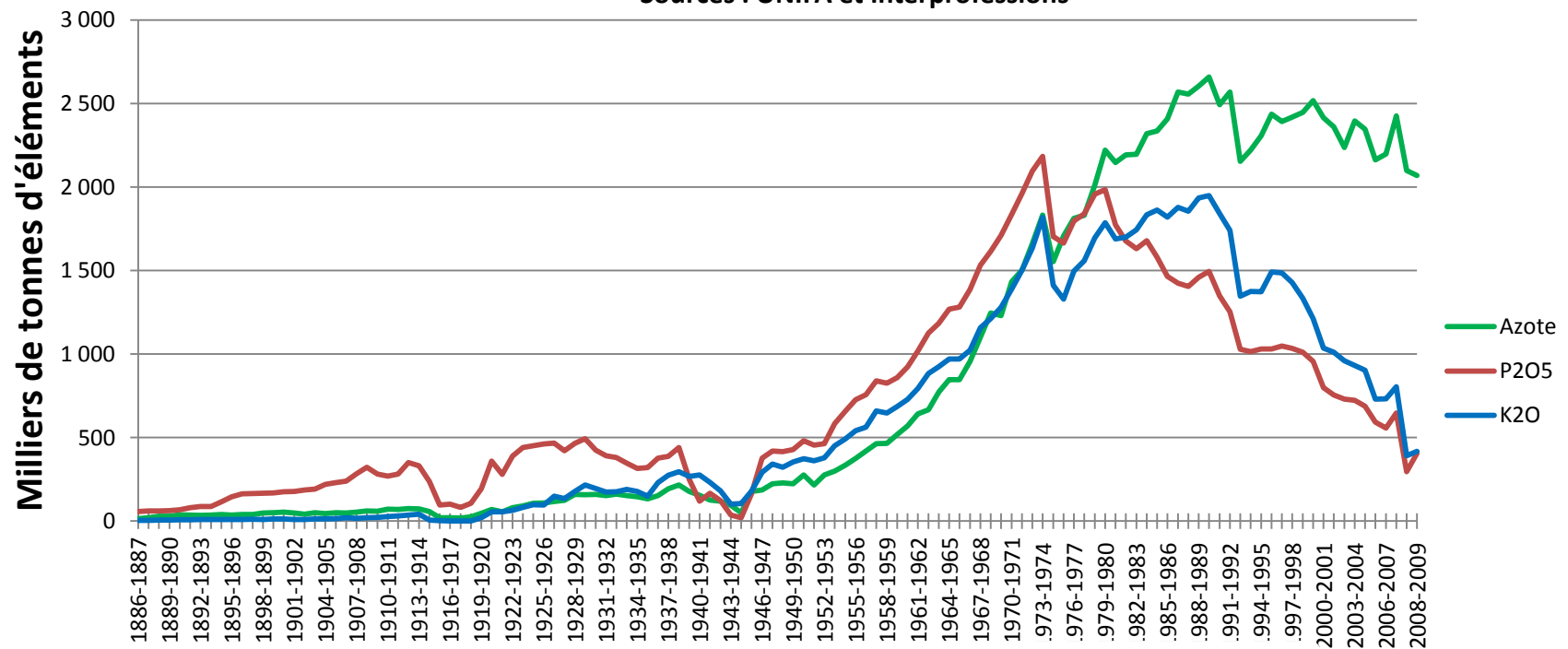
Evolution



Livraisons d'engrais en France

Unité : Milliers de tonnes d'éléments

Sources : UNIFA et interprofessions





Les engrais

Engrais minéraux

AZOTE : *titre usuel*

- ammoniac : 82 %
- Nitrate de Ca, NA ou Mg : *entre 10 et 16 %*
- Urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) : 46 %
- Sulfate d'ammoniaque : 21 %
- Nitrate d'ammoniac : 27 %
- Solution azotée (mélange à parts égales de nitrate d'ammoniac et d'urée) : 30 % (*en poids*)
- ...



Les engrais

Engrais minéraux

PHOSPHORE : *teneur garantie*

- Superphosphate simple : 16 - 18 %
- Superphosphate concentré : 25 %
- Superphosphate triple : 46 %
- Phosphate naturel partiellement solubilisé : 20 %
- Phosphate bicalcique : 38 %
- Phosphate aluminocalcique : 30 %
- Phosphate désagréé : 25 %
- Scories de déphosphatation : 10 %

Ils sont issus de procédés de fabrication appliqués aux apatites.



Les engrais

Engrais minéraux

POTASSIUM: *teneur usuelle*

- Sel brut de potasse : 20 - 40 %
- Chlorure de potassium : 60 %
- Sulfate de potassium : 50 %

Ils sont issus de minéraux tels la sylvinite, la kailite ou la carnallite.



Les engrais

Engrais minéraux

Les engrais composés

Ils contiennent plus d'un élément nutritif.

Un engrais 13-13-21 contient 13 % d'azote, 13 % de P_2O_5 et 21 % de K_2O .

Granulés ou liquides



Les engrais

Engrais minéraux

Question du soufre ...

Depuis assez récemment, se pose la question de la fertilisation soufrée en raison d'une diminution des retombées SO_2 de l'atmosphère.

Question du magnésium ...

Rapport K/Mg trop faible dans beaucoup de sols.

Les engrais

Prise en compte des notions environnementales



Environnement

- Eutrophisation des eaux de surface
- Lessivage de l'azote
- Gaz à effet de serre ...

Agronomie

- Ressource limitée
- Coût des engrais



Les engrais

Prise en compte des notions environnementales

Eutrophisation : « enrichissement de l'eau en nutriments azotés et phosphorés, transformant ainsi la structure et le fonctionnement des biocénoses aquatiques » (Pellerin *et al.*, 2005).





Les engrais

Prise en compte des notions environnementales

- Directive Cadre Eau
- Directive Nitrates
- PGDA
- ...

⇒ Notion de **fertilisation raisonnée**

*Tenir compte de l'effet des précédents, des apports du sol,
de la minéralisation de la MO, ...*

Adapter les modes et les périodes d'apport



Quelques adresses utiles

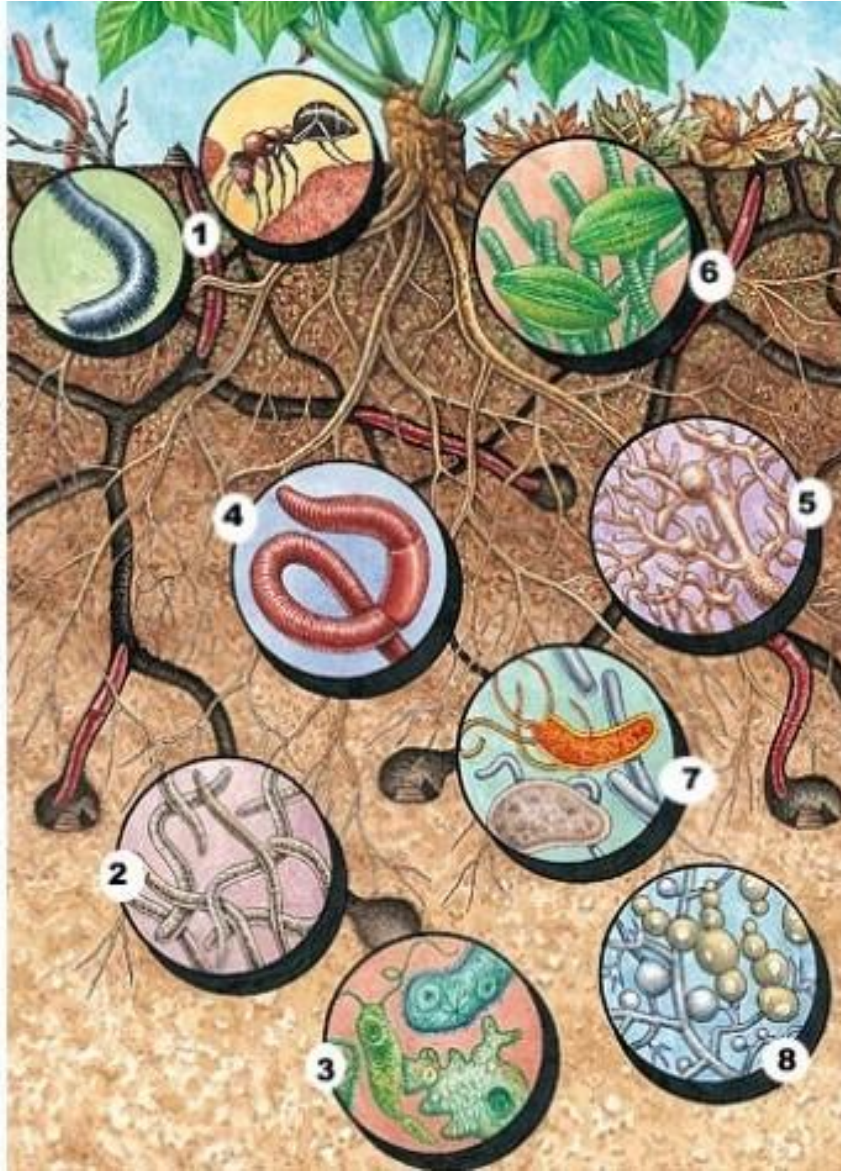
- www.requasud.be
- www.nitrawal.be
- www.comifer.asso.fr



Plan

1. Fertilité des sols
2. Éléments nutritifs
- 3. Biologie et biodiversité des sols**
4. Menaces qui pèsent sur les sols

Biologie des sols



Un sol vivant

1 Arthropodes

2 Nématodes

3 Protozoaires

4 Lombrics

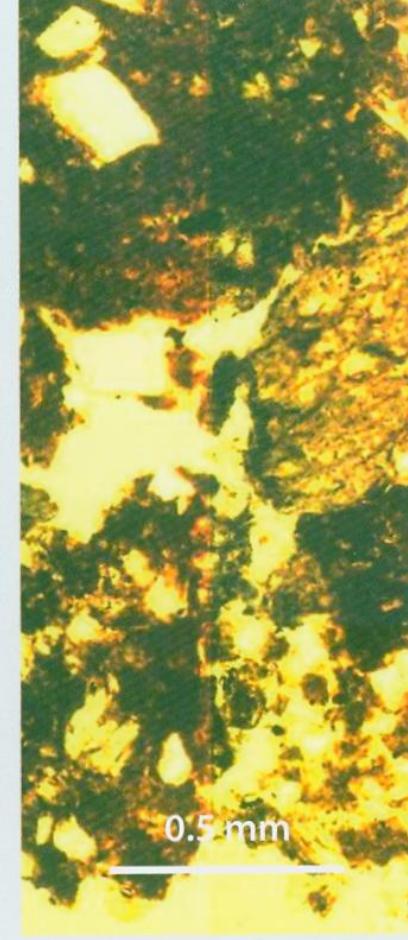
5 Actinomycètes

6 Algues

7 Bactéries

8 Champignons

Différentes échelles de perception



Le sol, un habitat influencé par la texture

ibly tortuous routes.

prismatic, or granular. Soils of different textures interact differently with water, capillary rise, swelling and shrinking, frost action, and provide different habitats for roots and soil organisms. From a biological point of view it is the pore structure that is the important aspect of soil structure that life finds its habitat.

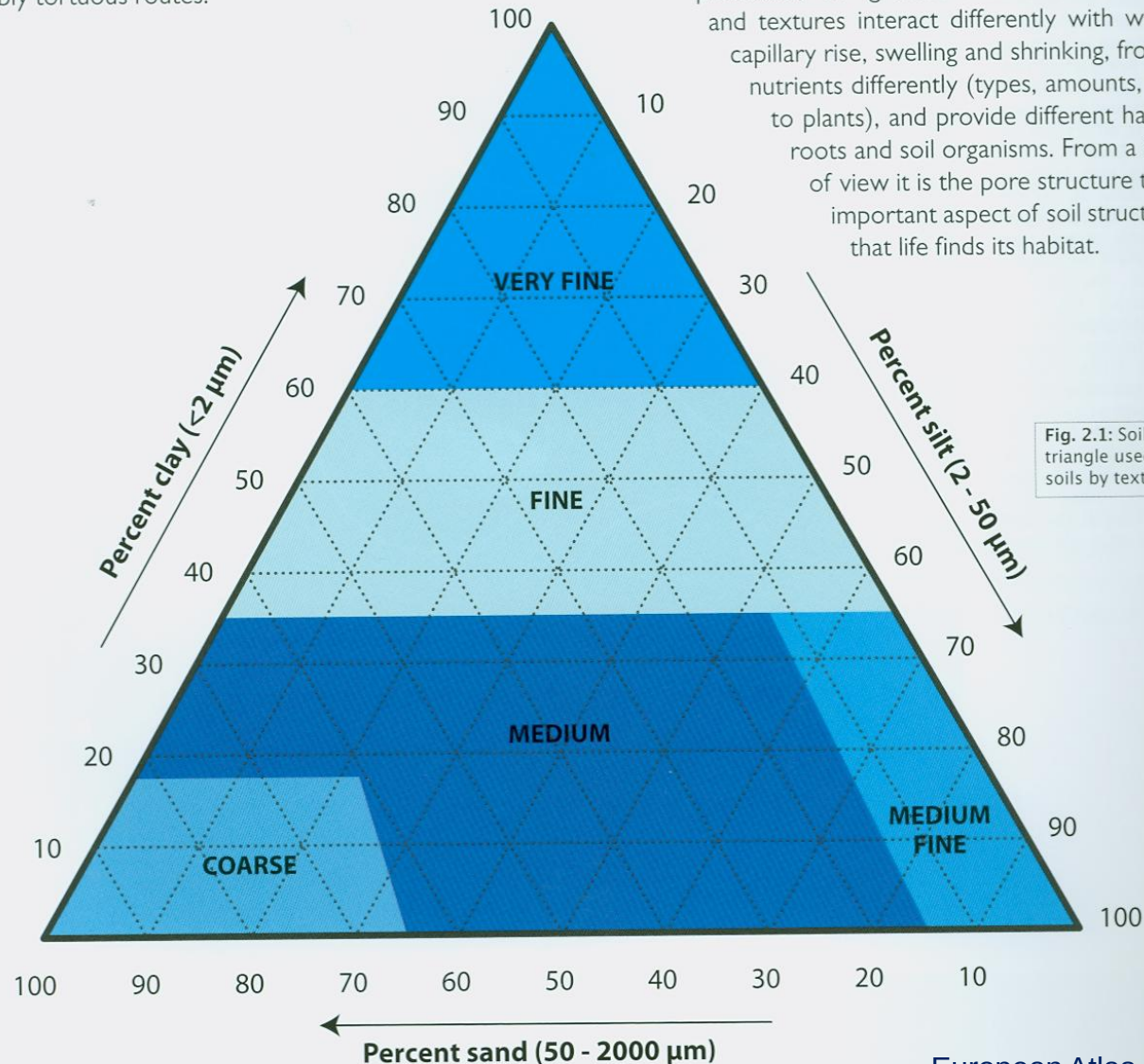


Fig. 2.1: Soil texture triangle used to classify soils by texture.

Le sol, un habitat influencé par la structure et la porosité

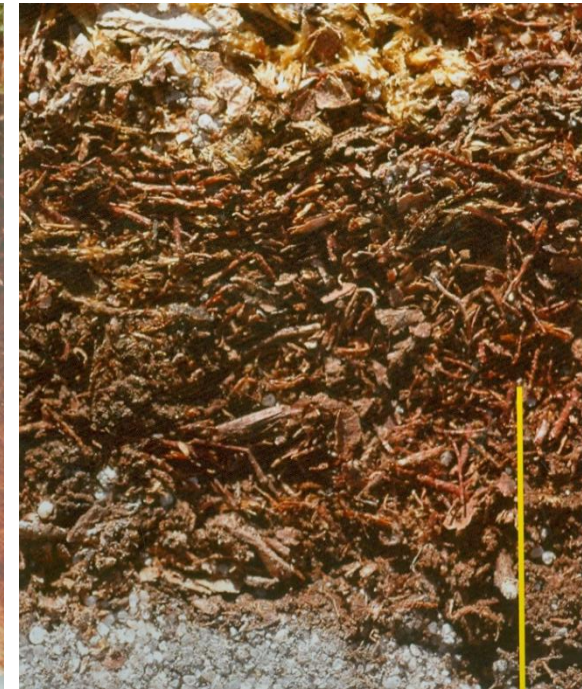


Fig. 2.12: Soil structure and porosity created by soil fauna. (BS)

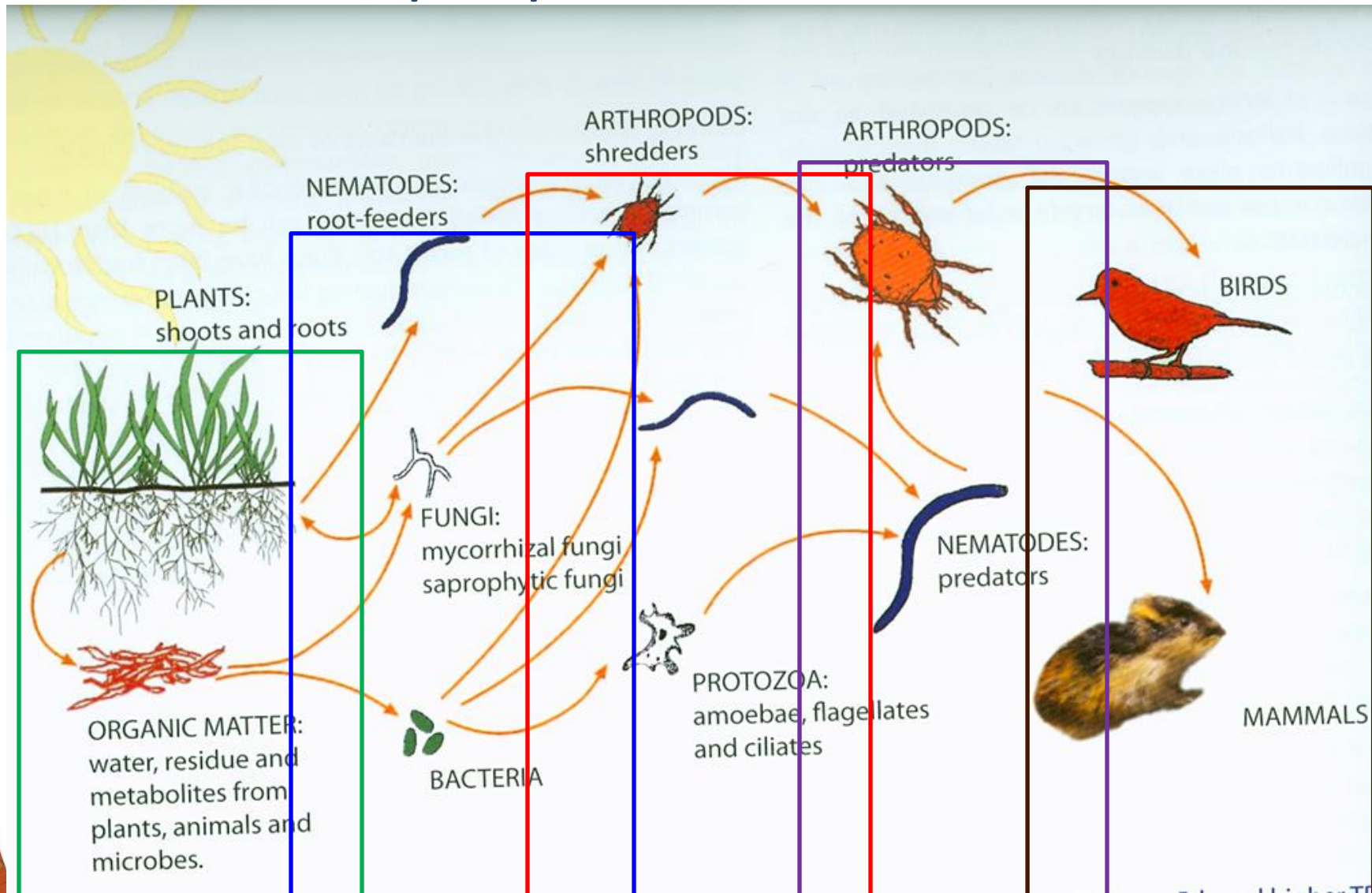


Fig. 2.13: Granular structure caused by earthworm casts on the surface of a sandy soil. (MMK)

Types d'humus terrestres sont le résultat d'une activité biologique différente



Chaînes trophiques du sol



Abondance des grands groupes d'invertébrés de nos régions

Size class	Organism group	Mean ind/m ²	Maximum ind/m ²
Microfauna	Flagellata	100,000,000	10,000,000,000
	Nematoda	1,000,000	100,000,000
Mesofauna	Acari (mites)	70	400
	Collembola	50	500
	Enchytraeidae	30	300
Macrofauna	Lumbricidae	100	500
	Gastropoda	50	1000
	Isopoda	30	200
	Diplopoda	100	500
	Beetles (larvae)	100	600
	Diptera (larve)	100	1000

Les organismes du sol : Procaryotes

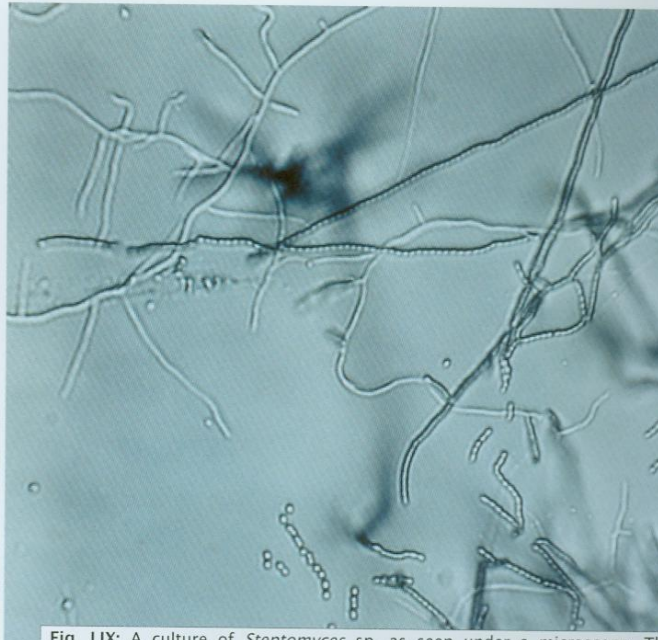
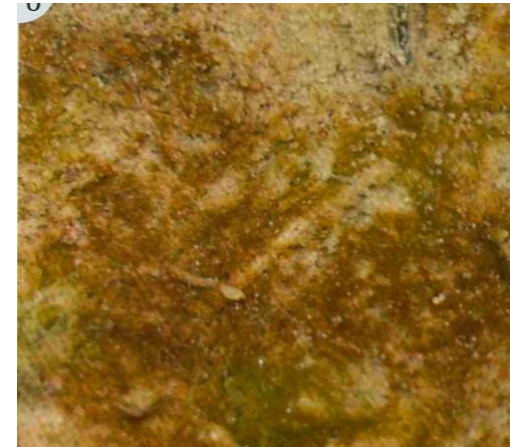
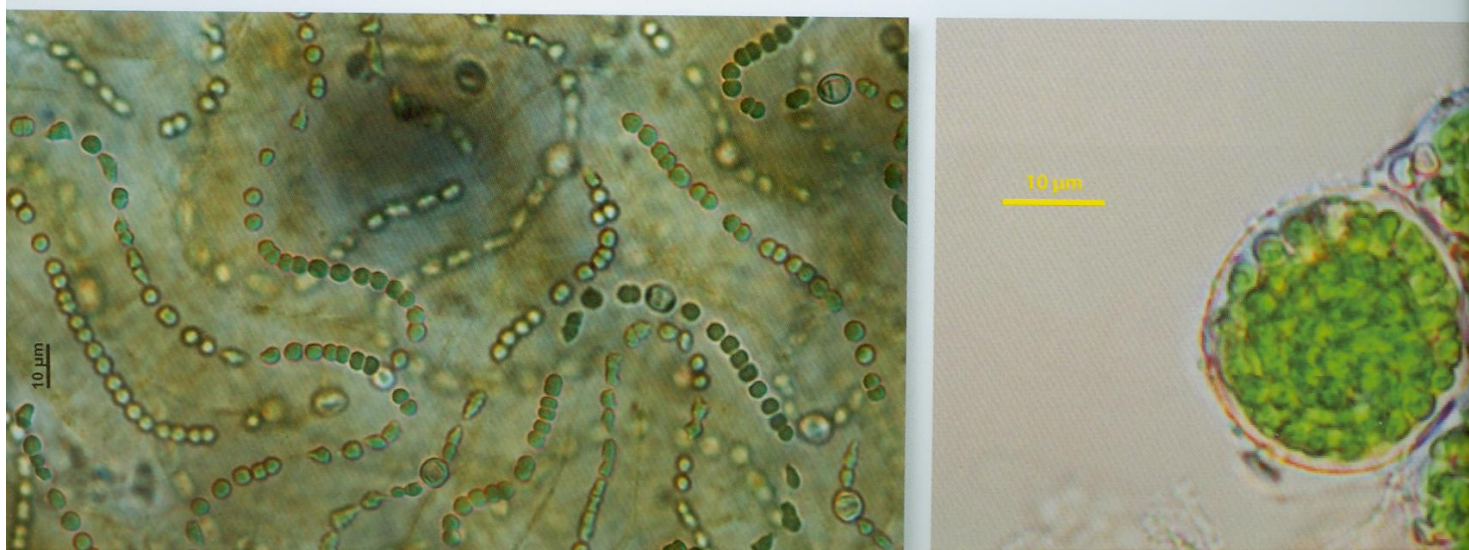


Fig. I.IX: A culture of *Steptomyces* sp. as seen under a microscope. The organisms are responsible for the soil's earthy smell; created by their production of a volatile metabolite called geosmin. (PDI)

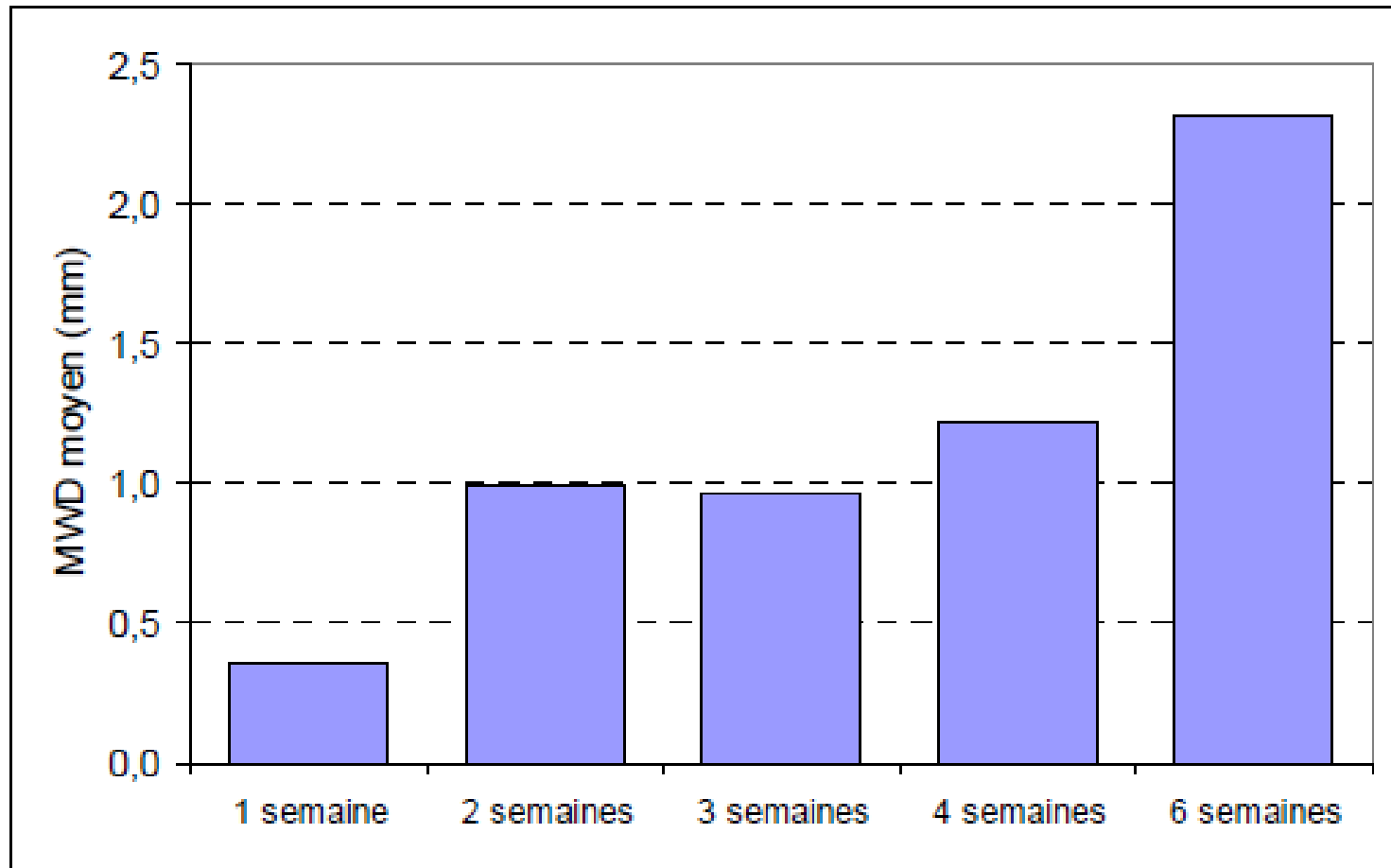


Fig. I.VII: A range of soil organisms growing in culture in the laboratory produced by repeating a sample of soil in water and adding the diluted sample to an agar plate. Each colony is produced initially, which utilises nutrients in the agar gel and reproduces, growing to build a colony over time. Each different shaped and coloured colony represents a different 'species' of microorganism.

Les organismes du sol : Cyanobactéries et algues

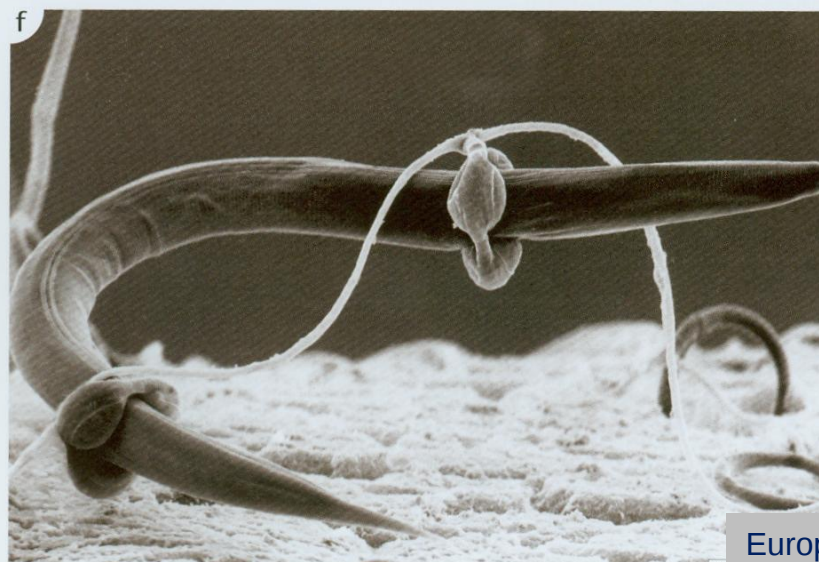
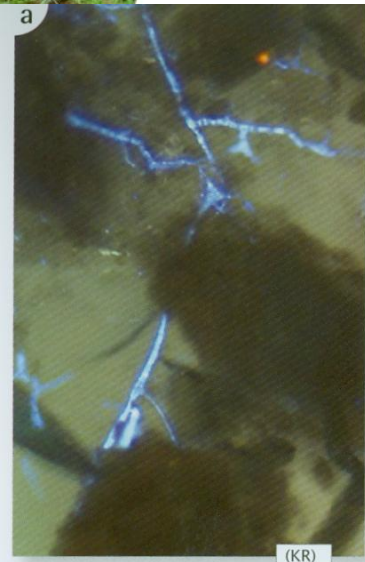


Les organismes du sol : Cyanobactéries et algues



Effet des cyanobactéries sur les propriétés physiques d'un sol sub-tropical (Duval O., 2004)

Les organismes du sol : Champignons



Les organismes du sol : Champignons



Les champignons mycorrhizogènes sont des biofertilisants comme le montre la différence de taille entre des capitules d'artichauts inoculés (à gauche) ou non inoculés (à droite)

© INRA / S. Gianinazzi

Les organismes du sol : Myxomycètes - Protozoaires - Tardigrades - Rotifères

Myxomycètes

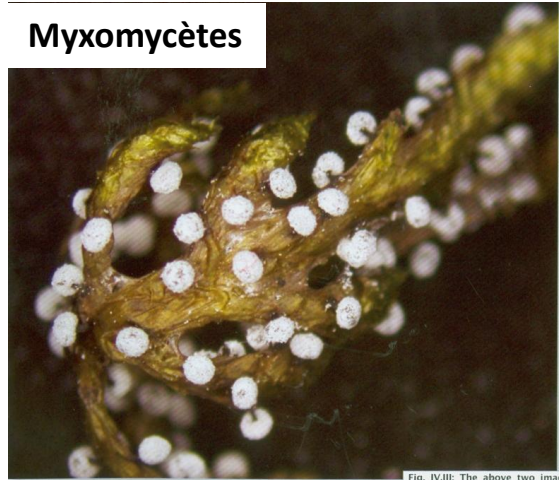
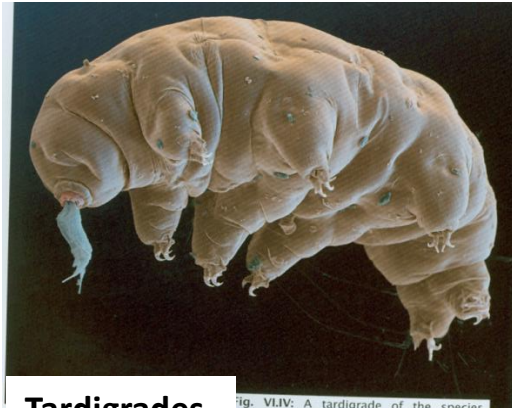


Fig. IV.JII: The above two images show myxomycetes which have formed

Protozoaires



Tardigrades

Fig. VI.IV: A tardigrade of the species *Paramacrobiotus tonollii* feeding.

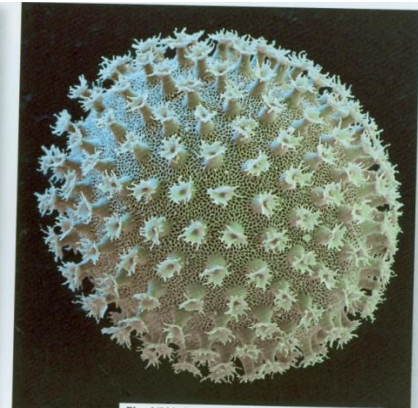
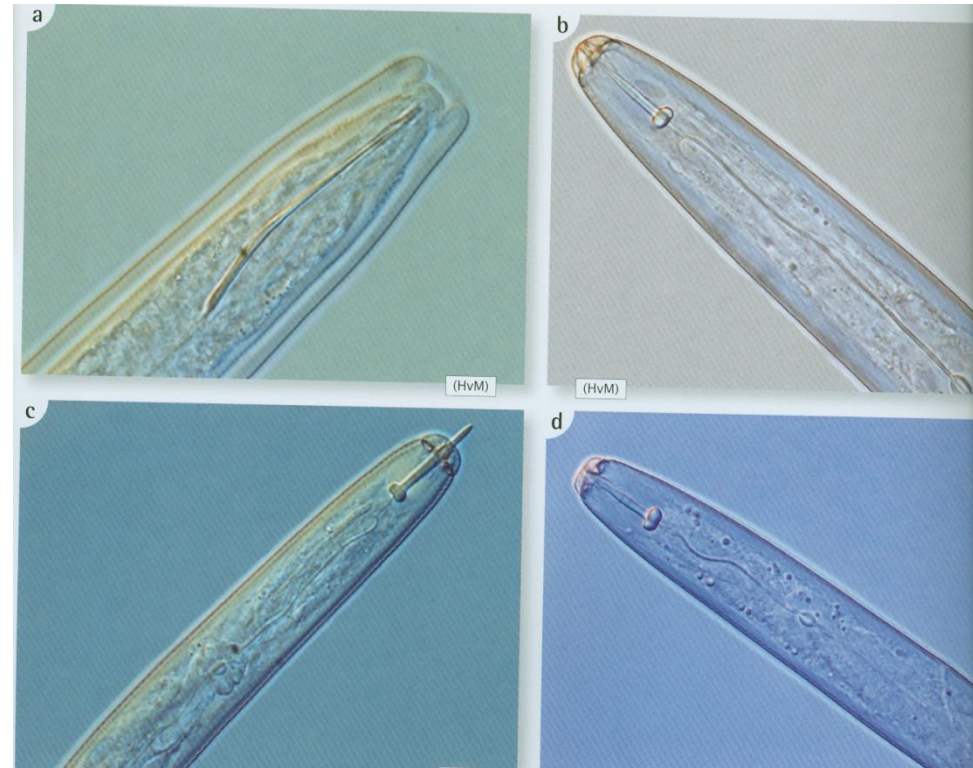
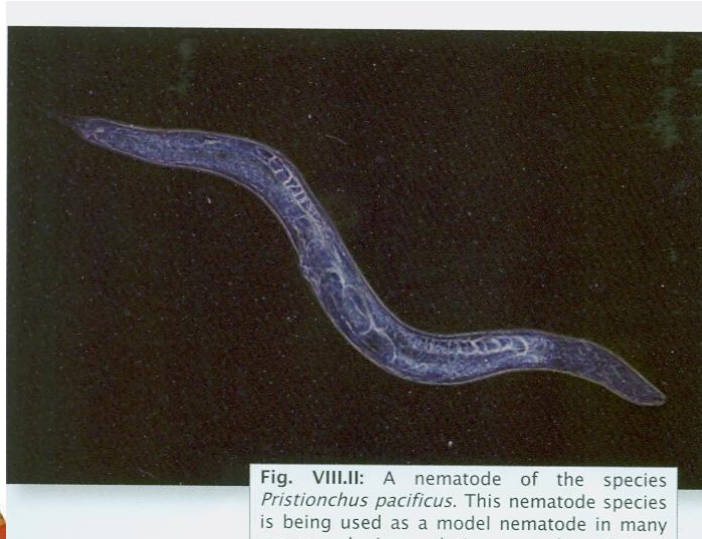
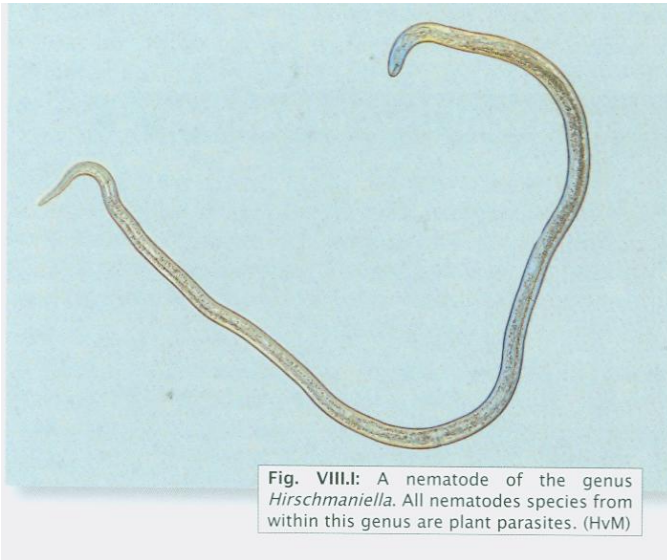


Fig. VI.V: An egg laid by a tardigrade of the species *Marcobiotus sapiens*.



Rotifères

Les organismes du sol : Nématodes



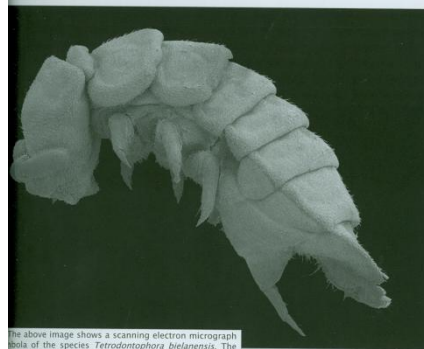
Les organismes du sol : Vers de terre



Les organismes du sol : Collemboles



Fig. IX.V: Assessing the numbers of collembolans is done with a split corer which does not compress the soil. The collected soil sample is kept in a cylinder and brought to a high gradient extractor that dries out the soil. At which point the collembola leave the soil core allowing them to be collected, counted and identified (for more details see Chapter 8.2). (PHK)



The above image shows a scanning electron micrograph of the species *Tetrodontophora bielanensis*. The furcula shows the extended furcula under the abdominal region. This is usually folded and when extended is 'spring' in the 'springtail'. The above shown species is pig and as well as having the springtail is able to excrete a sticky defensive liquid when attacked. (PHK)



Fig. IX.K: The above picture shows a close image of a *Protaphorura fimata* which is approximately 2.5 mm in length. These species is both white and blind, two consequences of it spending a large portion of its life below ground. (PHK)



Fig. IX.VII: Another epigeic collembola, of the species *Isotoma viridis* s.l. (UT)



Fig. IX.VIII: As discussed previously, Collembola show morphological adaptations depending on their preferred living depth in the soil. Those collembola shown on the opposite page, as well as above (Fig. IX.VII), are all pigmented, probably to provide protection from UV radiation as well as possibly as camouflage from predators. However, those organisms that live generally deeper within the soil, such as *Protaphorura fimata* - a true soil dweller shown above the larger of the two species present - need neither protection from UV radiation which penetrates very poorly into soil (<2 mm), nor from predators that live within the soil as they do not use sight to hunt, owing to the lack of light and, therefore, the camouflage. As well as several *Protaphorura fimata*, the above picture shows several individuals of *Isotoma minuta*, which are on average approximately 1.3 mm in length. They often live in flower pots and in organic matter, where they can be found in large numbers. (PHK)



Fig. IX.X: The above average between 0 and 1000 of the same species.

Les organismes du sol : Acariens



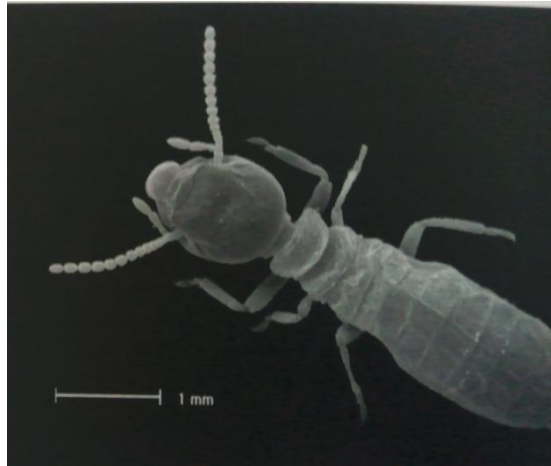
Les organismes du sol : Myriapodes



Les organismes du sol : Fourmis



Les organismes du sol : Termites



Les organismes du sol : Isopodes terrestres



Les organismes du sol : Carabidés



Les organismes du sol : Macrofaune



Plan

1. Fertilité des sols
2. Éléments nutritifs
3. Biologie et biodiversité des sols
- 4. Menaces qui pèsent sur les sols**



Prise en compte par les pouvoirs publics

- Le sol est soumis à des menaces de plus en plus nombreuses provenant des activités humaines.
- Ces menaces n'apparaissent pas de manière homogène dans toute l'Europe mais il est prouvé que les processus de dégradation s'accroissent.
- Les **8 principales menaces** identifiées par la Commission Européenne

8 menaces pèsent sur les sols

1. Erosion
2. Perte de matières organiques
3. Contaminations
4. Tassement
5. Salinisation
6. Imperméabilisation
7. Glissements de terrain
8. Perte de biodiversité



1. Erosion

- Le principe

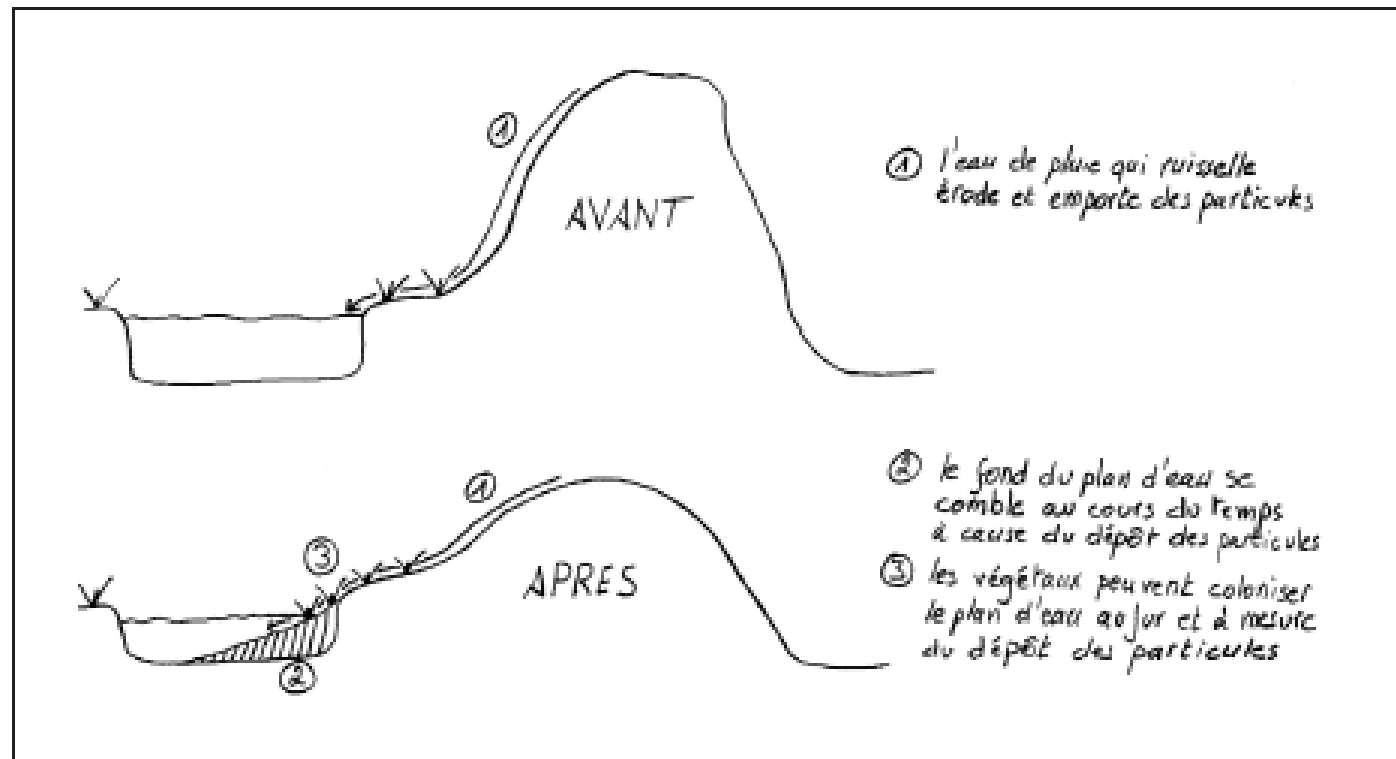


Figure 1 - L'érosion est une altération de la surface du sol qui modifie le relief.

1. Erosion

- Les différentes formes



Union Européenne
Fonds Européen de Développement Régional

PROSENSOLS
Protégeons nos sols

www.prosensols.eu



INTERREG efface les frontières
France - Wallonie - Vlaanderen

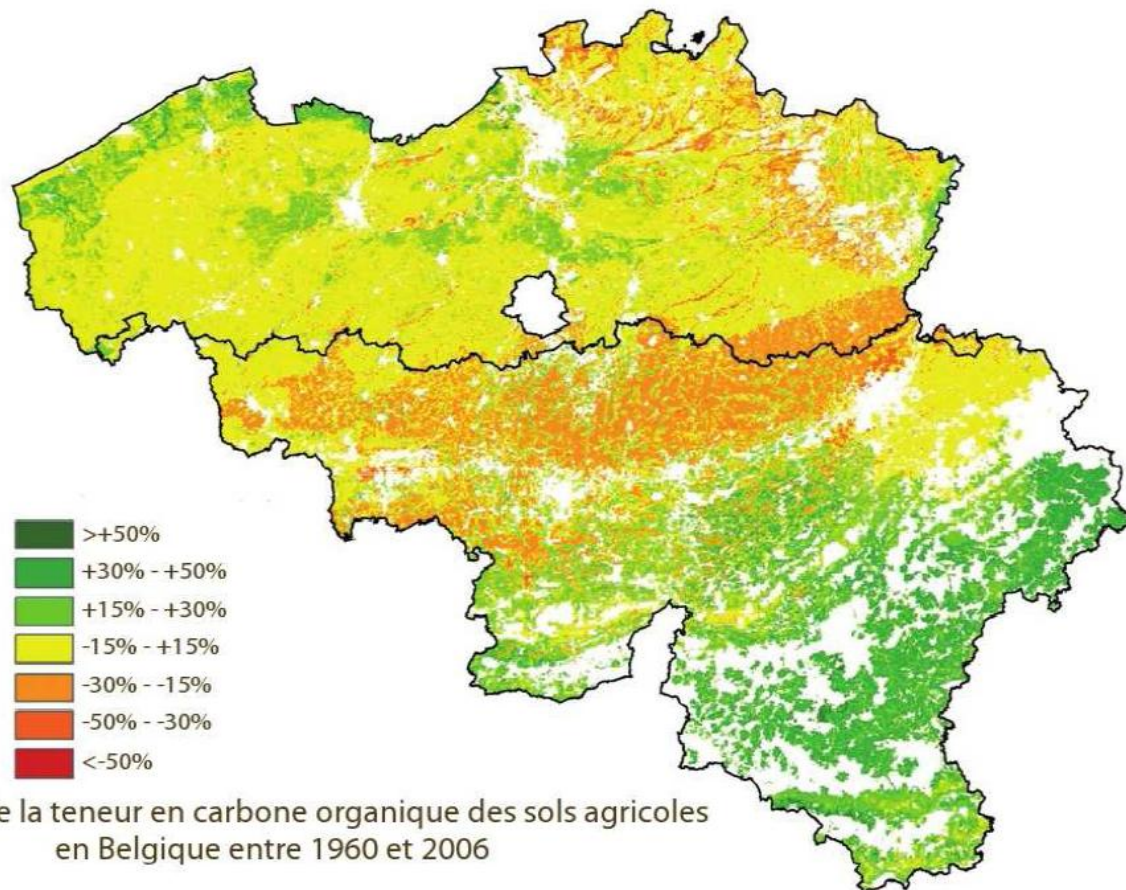
Erosion du sol

1. Erosion

- Les conséquences



2. Perte de matières organiques



Meersmans, J., van Wesemael, B., Goidts, E., Van Molle, M. (Submitted) Spatial analysis of organic carbon evolution in mineral soils under agricultural land use in Belgium, 1960-2006

2. Perte de matières organiques

- Diminution de la **stabilité structurale** → érosion, détérioration de la capacité de rétention en eau et de augmentation de la compaction du sol
- Diminution de la **fertilité du sol** (ex : fourniture de nutriments), **produit de la biomasse**
- Détérioration du **pouvoir fixateur et tampon** du sol
- Impact sur la **régulation de l'effet de serre** en stockant le carbone

3. Contaminations

Risques sanitaires pour l'homme, les plantes et les animaux, risque de pollution des eaux



3. Contaminations

Décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008

F. 2009 — 826

[C - 2009/27039]

5 DECEMBRE 2008. — Décret relatif à la gestion des sols. — Addendum

Les tableaux ci-dessous doivent être annexés au décret susmentionné, publié au *Moniteur belge* du 18 février 2009, à la page 14852.

ANNEXE I^{re} - Normes

Type d'usage		Sol (mg/kg _{matière sèche})					Eaux souterraines (µg/L)
		I naturel	II agricole	III résidentiel	IV récréatif ou commercial	V industriel	
Métaux/métalloïdes							
arsenic	VR	12	12	12	12	12	1
	VS	30	30	40	40	50	10
	VI	220	265	300	300	300	40
cadmium	VR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25
	VS	1	1	3	10	15	5
	VI	10	10	30	40	50	20
chrome total ⁽¹⁾	VR	34	34	34	34	34	2,5
	VS	60	85	125	125	165	50
	VI	95	175	520	520	700	100
chrome VI ⁽²⁾	VR ⁽³⁾	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	VS	4	4	4	13	13	9
	VI	40	40	40	130	130	90
cuivre	VR	14	14	14	14	14	15
	VS	40	50	110	110	120	100
	VI	80	145	290	290	500	200

3. Contaminations

Décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008

19940

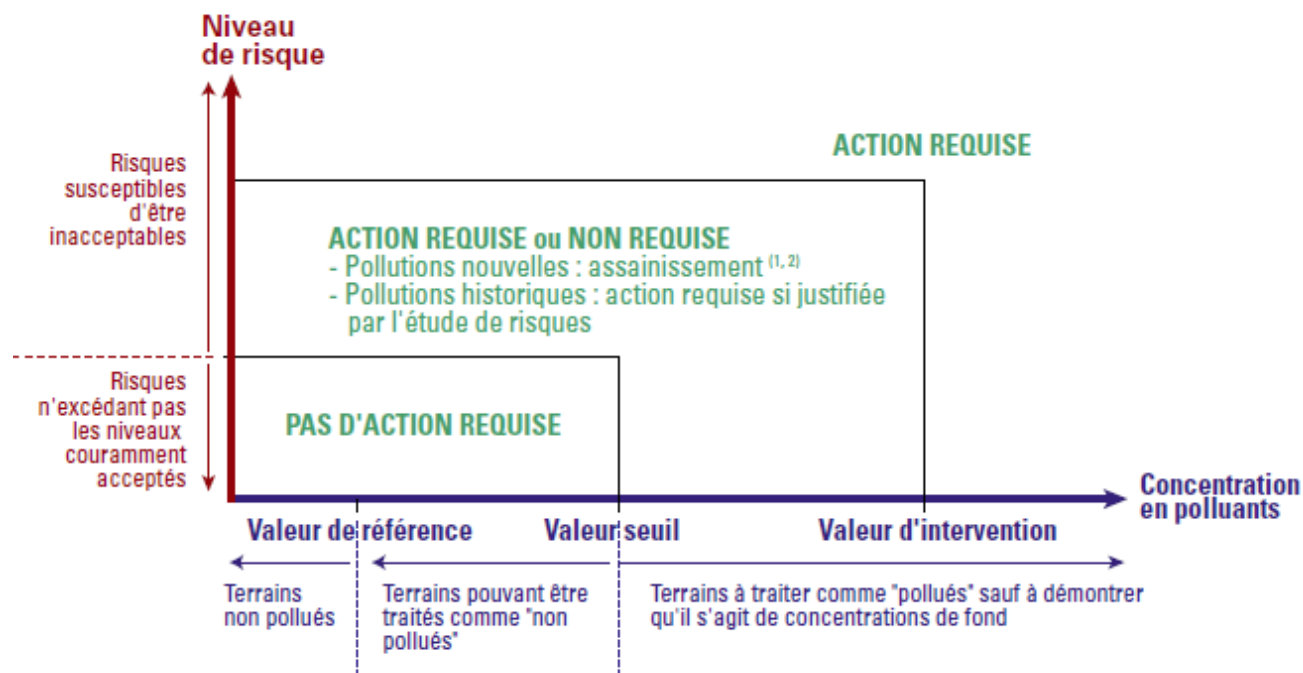
MONITEUR BELGE — 06.03.2009 — BELGISCH STAATSBAD

Annexe 2 : Types d'usage à considérer en correspondance avec l'usage du terrain

TYPES D'USAGE	I	II	III	IV	V
USAGES					
AIRES NATURELLES ET ESPACES VERTS					
Aires forestières, aires naturelles, zones présentant un intérêt écologique reconnu	X				
Espaces verts, terrains vagues			X		
AGRICULTURE (activités agricoles liées au sol)					
Prairies, terrains affectés à de l'élevage extensif, terrains cultivés		X			
Sylviculture (hors aires forestières), culture intensive d'essences forestières		X			
Horticulture, zones de petits jardins, vergers		X			
Pisciculture		X			
AGRICULTURE (activités agricoles non liées au sol) ET ACTIVITES AGRO-ECONOMIQUES					
Elevages intensifs		X			
Approvisionnement ou transformation alimentaire (laiteries, usines de conserves, abattoirs)					X
Services auxiliaires (commerce et entretien de matériel agricole ou sylvicole, transport ou vente de produits agricoles ou sylvicoles)					X
Transformation du bois (scieries, menuiseries, fabriques de meubles)					X
HABITAT					
Logements résidentiels avec ou sans jardins, cours et jardins			X		
Zones de recul, garages collectifs, parkings				X	

3. Contaminations

Décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008



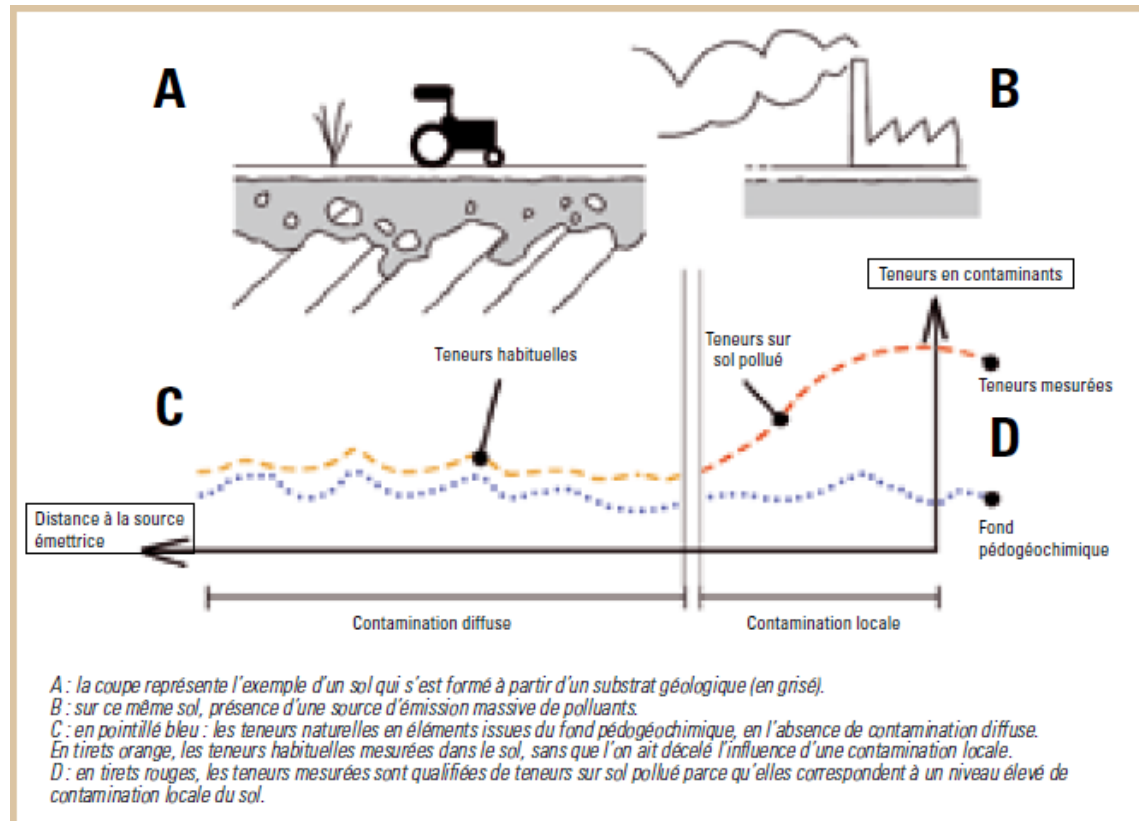
(1) Sauf s'il s'agit de concentrations de fond

(2) Sauf si des valeurs particulières sont applicables

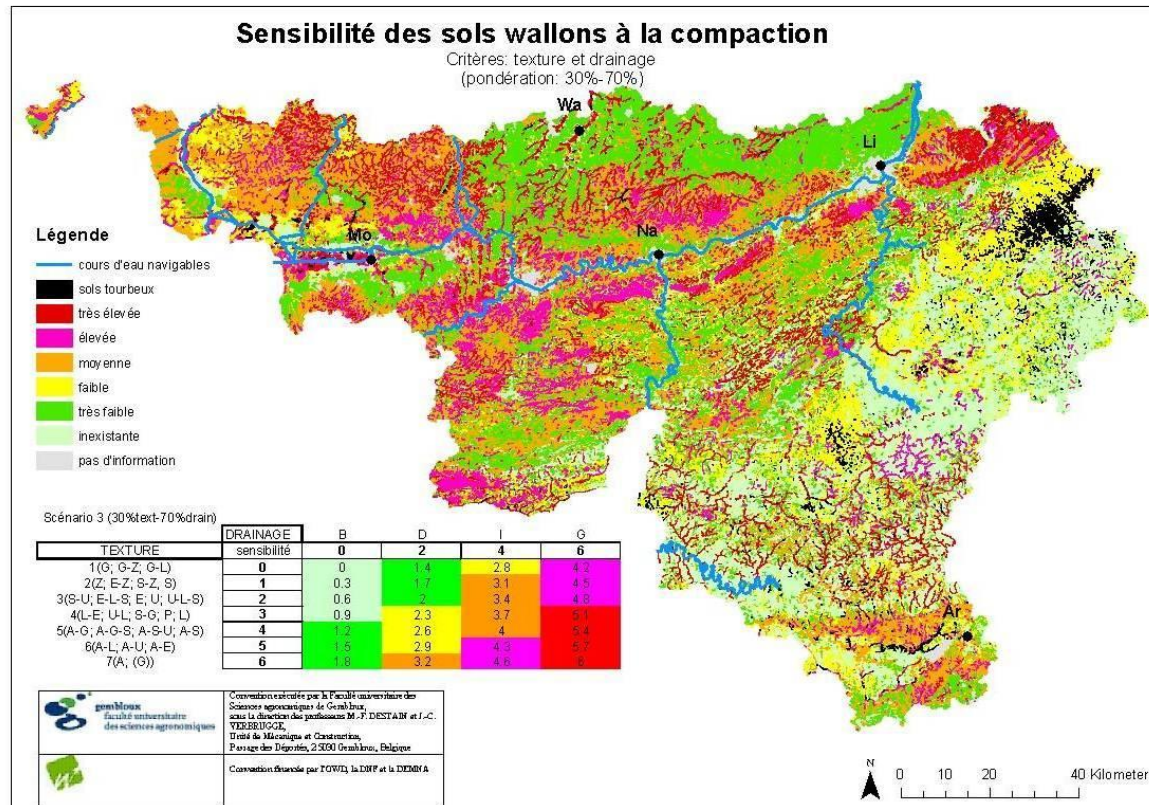
Source : SPAQuE, 2006

3. Contaminations

Deux types de contaminations : locale et **diffuse**



Déstructuration du sol et réduction de sa capacité d'infiltration



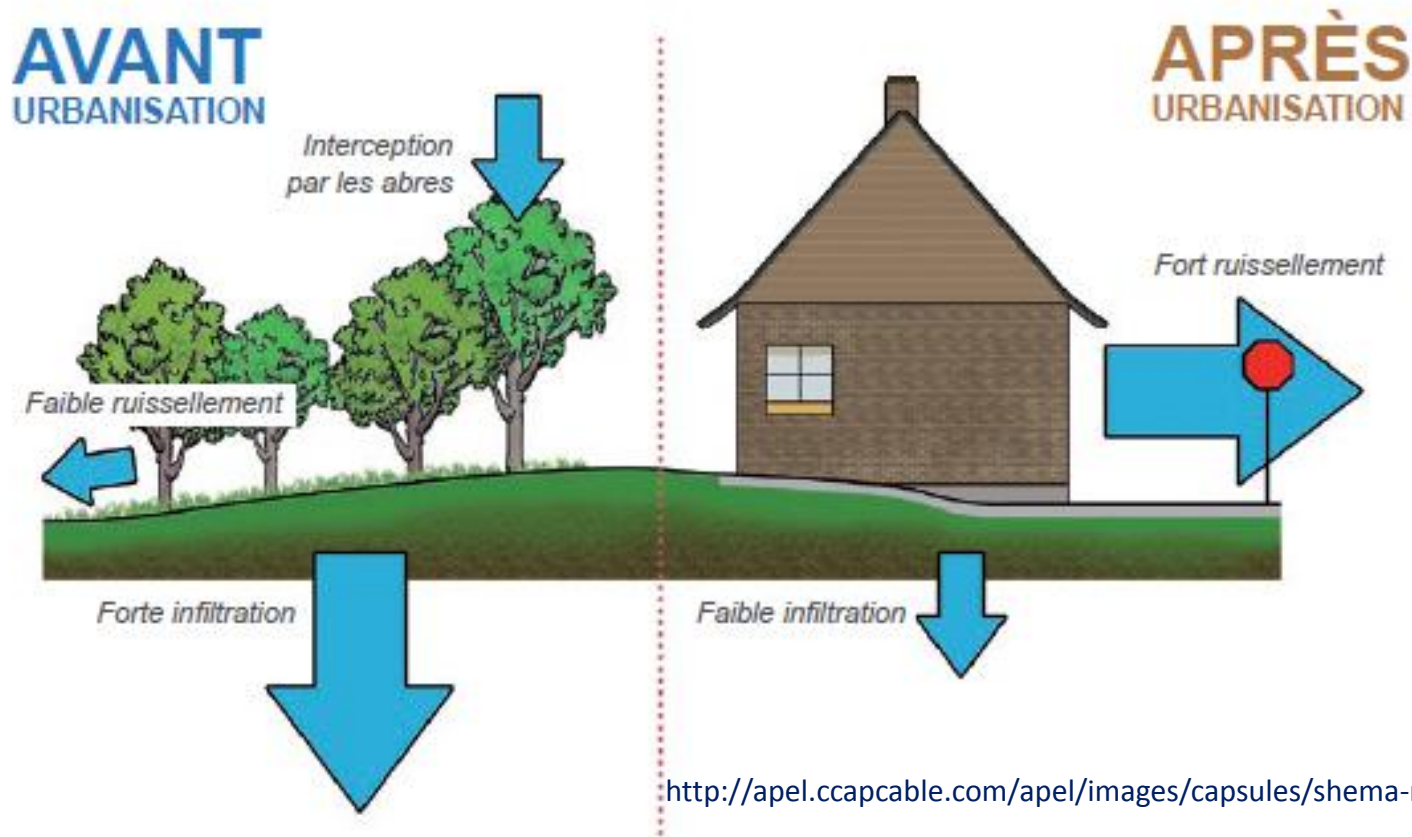
5. Salinisation

→ *pas de sens réel en RW*



6. Imperméabilisation

Destruction de l'écosystème et ruissellement amplifié



<http://apel.ccapcable.com/apel/images/capsules/shema-maisonc1.jpg>

7. Glissement de terrain

Pertes en sol



8. Perte de la biodiversité

Mise en péril des fonctions environnementales et de la structure du sol



