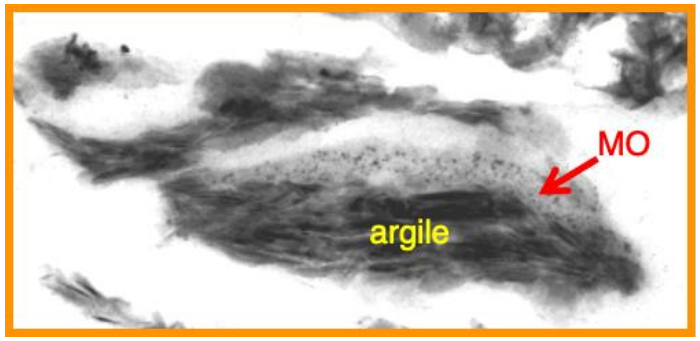
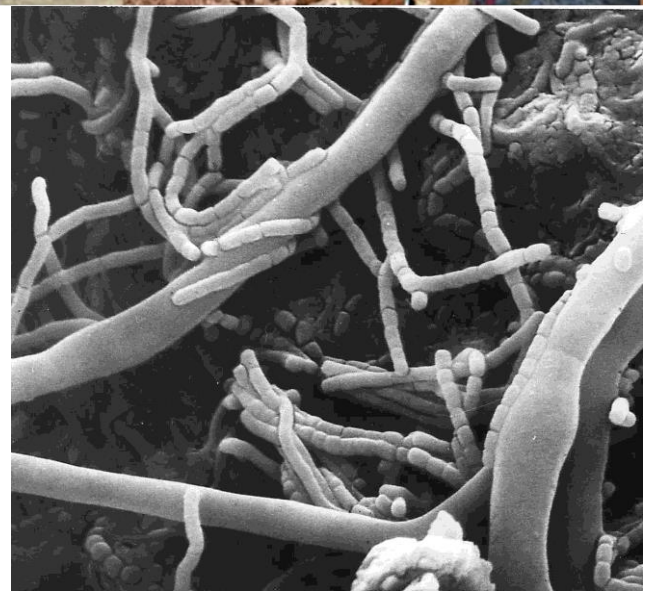
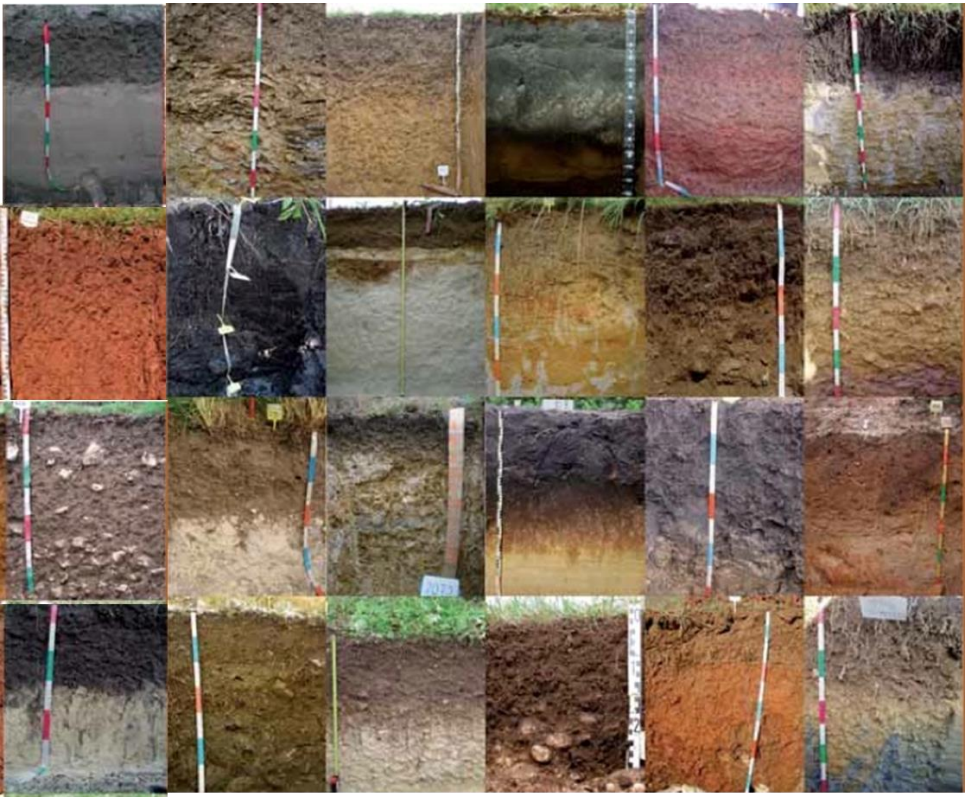
BG – B 1 Le sol : une interface vivante entre lithosphère et atmosphère

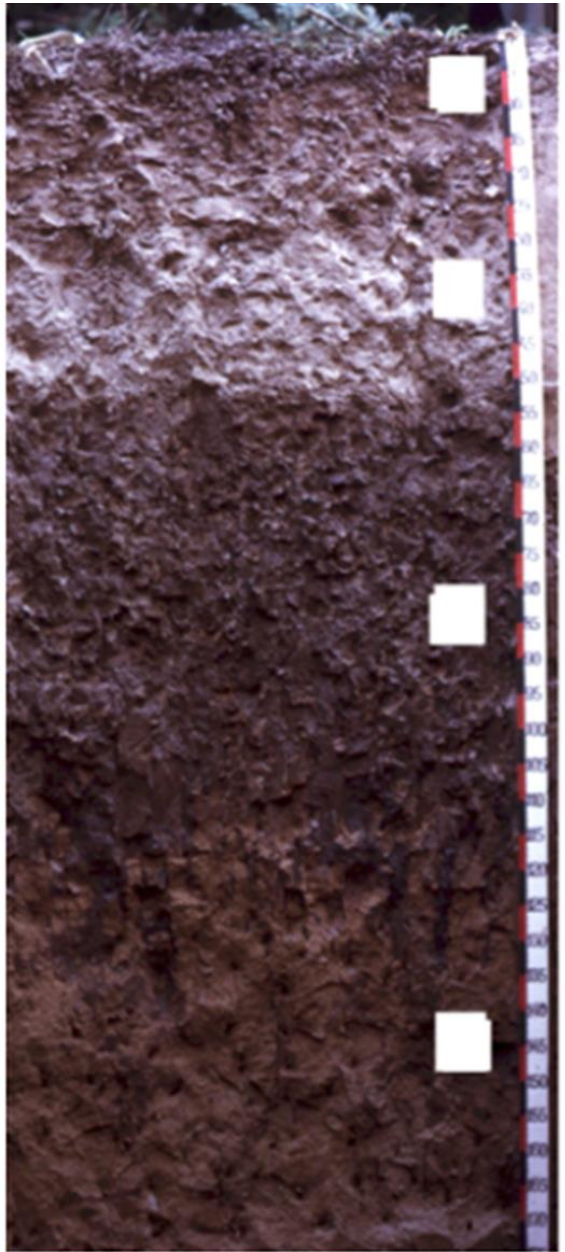




<u>Première partie</u> : les constituants minéraux et organiques du sol



Photos de sols de France
GIS Sol, 2011

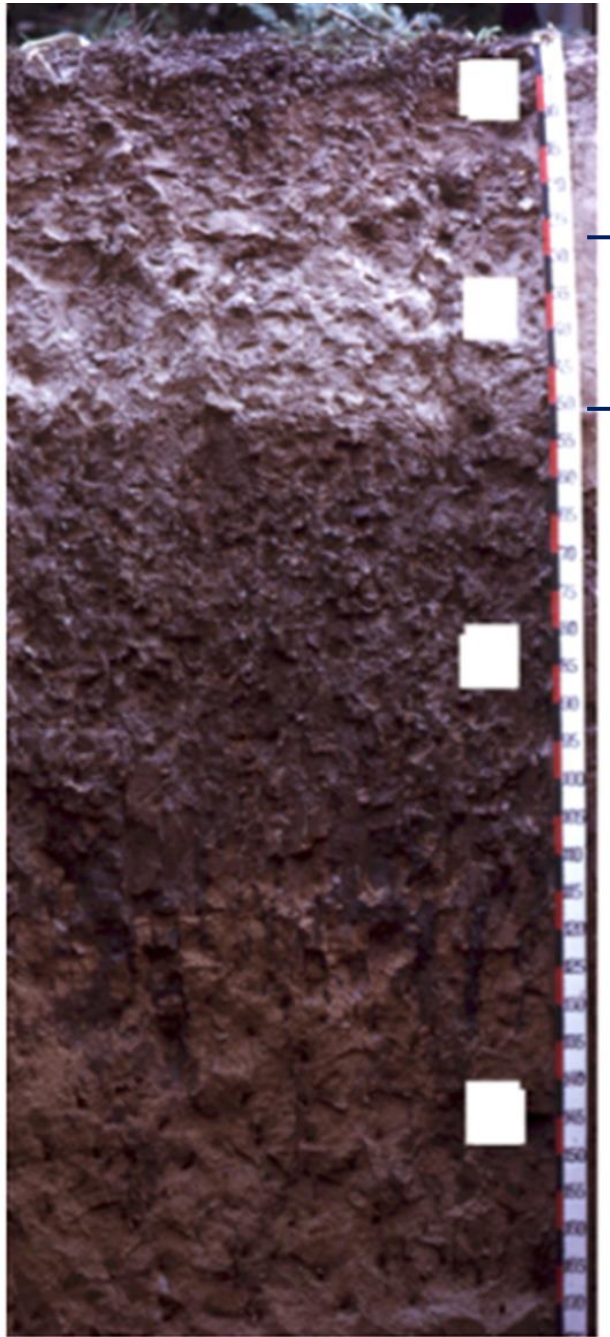


Structuration en horizons

0 — **Litière = horizon organique**

A — **horizon organo-minéral**

C — **horizon minéral : roche-mère +/- altérée**



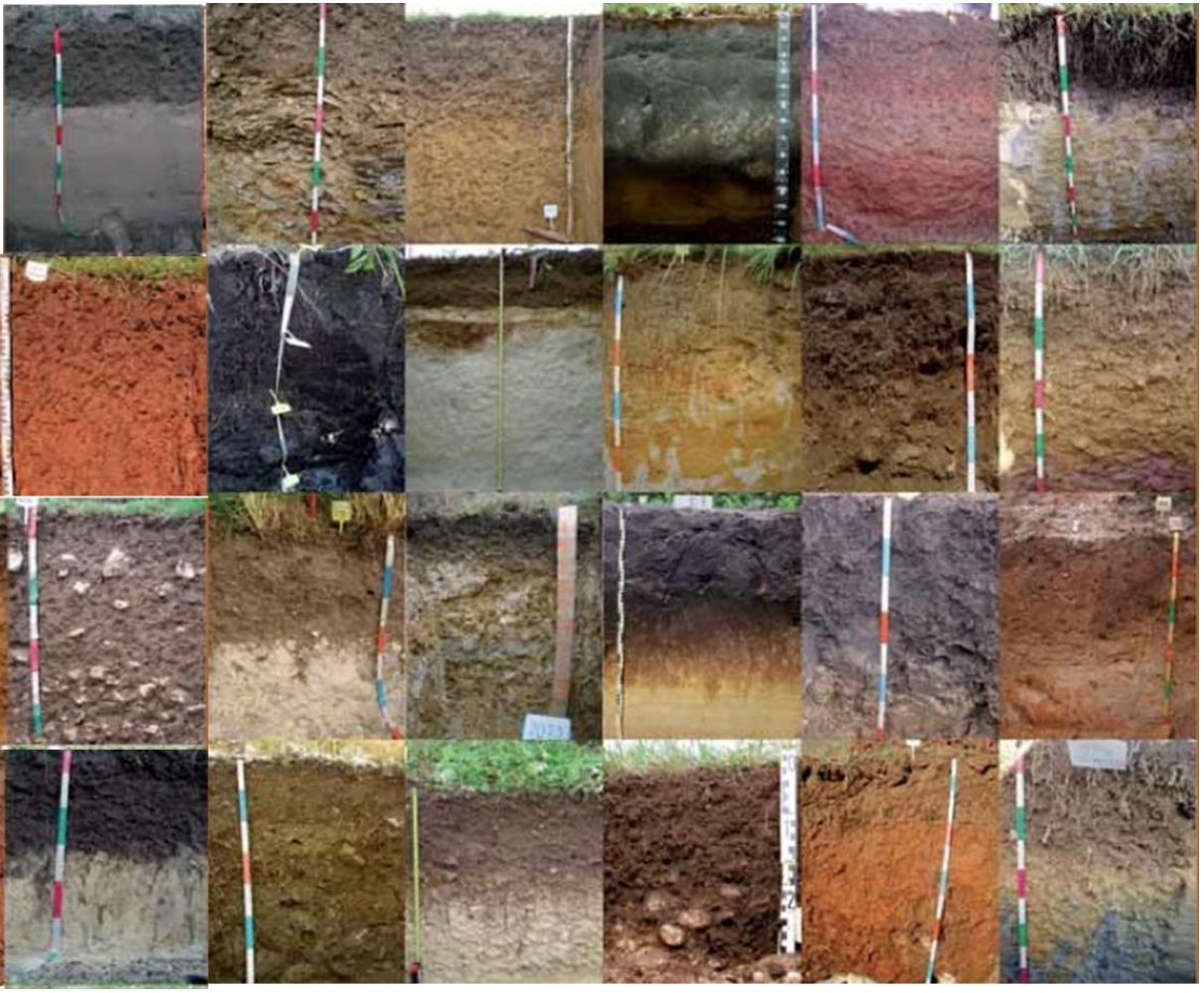
0 — **Litière = horizon organique**

A — **horizon organo-minéral**
horizon éluvial

B — **horizon d'accumulation**
horizon illuvial

C — **horizon minéral : roche-mère +/- altérée**

Des descripteurs variés

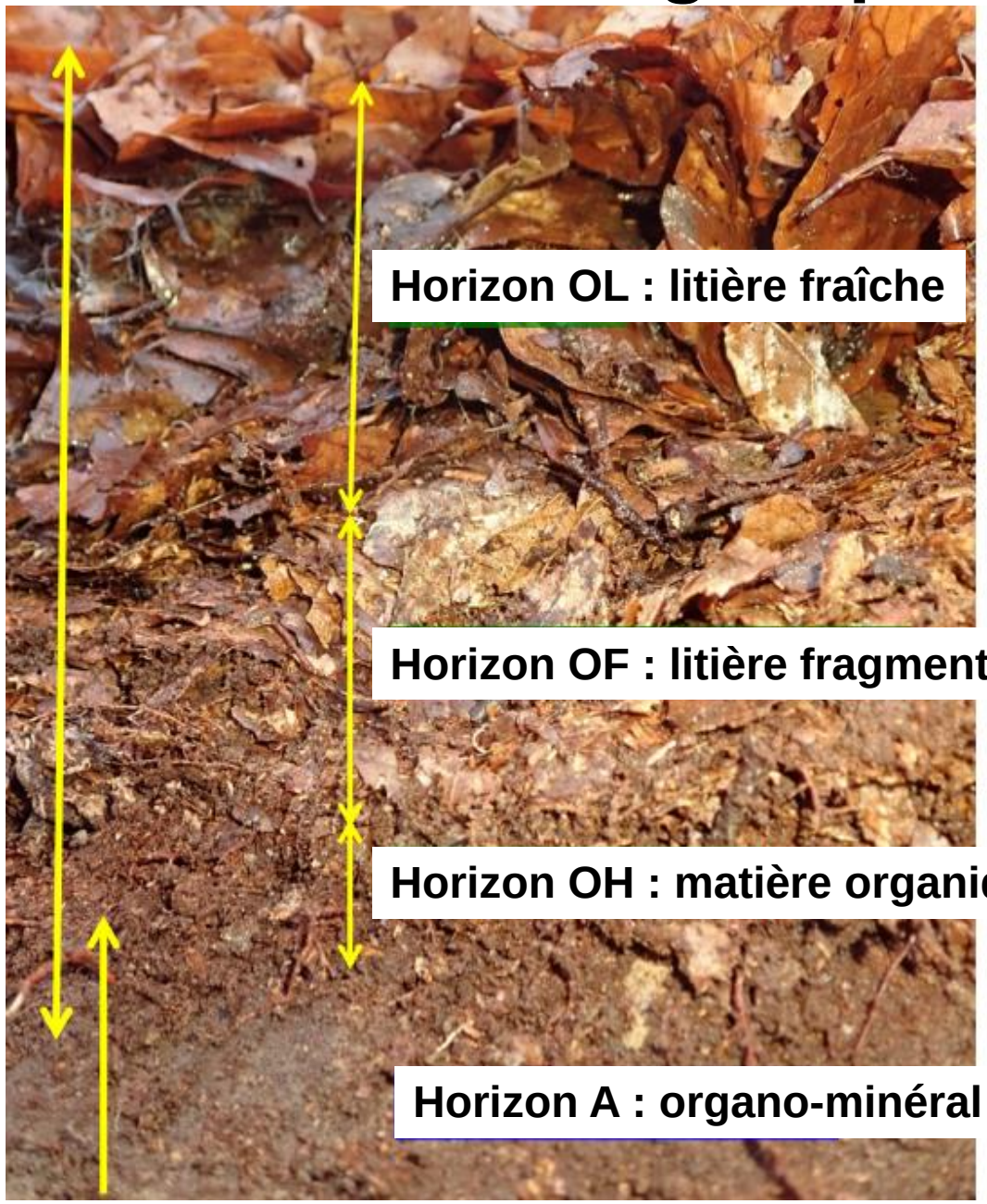


Photos de sols de France
GIS Sol, 2011

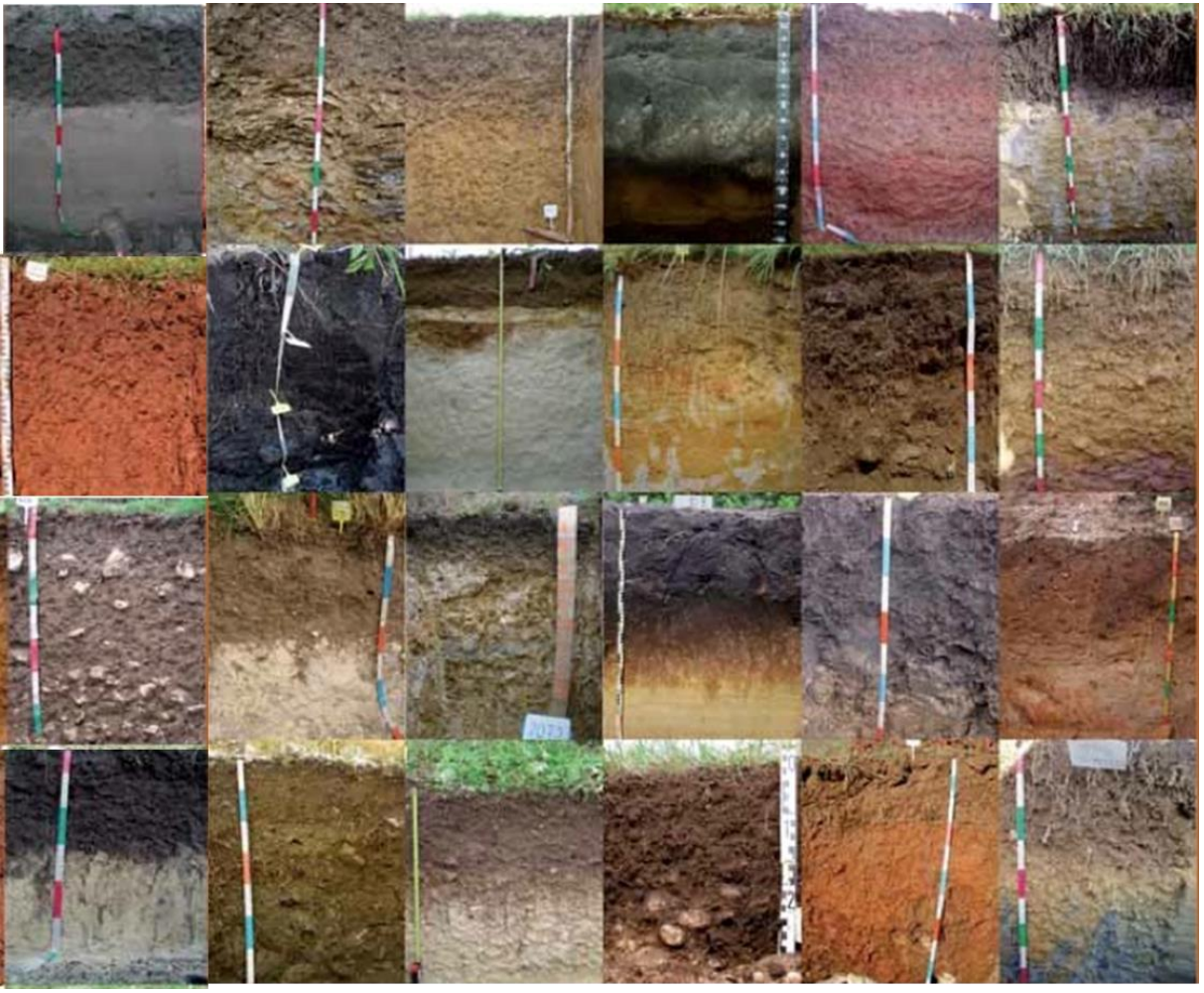
- **Epaisseur du sols et des différents horizons**

L’épaisseur de l’horizon organique (= litière)

Horizon organique épais : litière de type moder



Des descripteurs variés



Photos de sols de France
GIS Sol, 2011

- **Epaisseur du sols et des différents horizons**
- **Couleur**
- **Texture**
- **Porosité**
- **Éléments grossiers**
- **Teneur en $CaCO_3$**

Document 1. Les trois fractions constitutives du sol.

CONSTITUANTS SOLIDES		CONSTITUANTS LIQUIDES	CONSTITUANTS GAZEUX
Constituants minéraux	**Constituants organiques**	**= Solution du sol**	**= air du sol**
Terre fine du sol : Argiles, limons fins, limons grossiers, sable fins, sables grossiers	**Matière organique fraîche :** ➢ contituants des tissus végétaux cellulose, hémicellulose, tanins,.. ➢ déjections animales et animaux morts	**Eau du sol** **Eléments solubles dissous :** ➢ substances organiques (acides organiques, sucres,…) ➢ ions dans l'eau du sol : Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+}, NO^{3-}, PO_4^{3-} ,…	**Constituants de l'air :** O_2, N_2, CO_2 **Gaz issus de l'activité des animaux du sols et des processus de décomposition :** CO_2, H_2, CH_4,…
Eléments grossiers : Graviers, Cailloux, Pierres, Blocs	**Matières humiques :** matières organiques transformées		

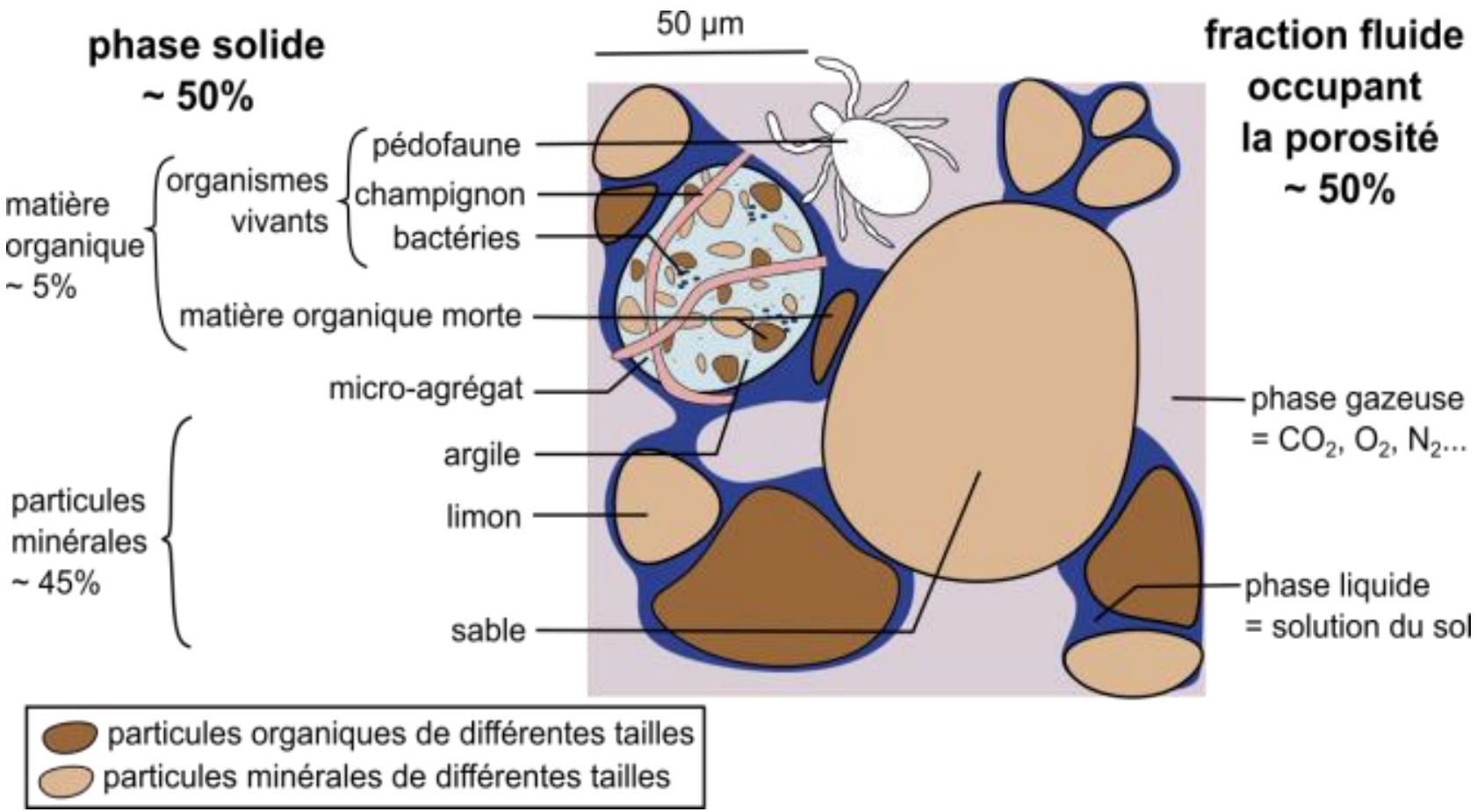
Matières organiques du sol = l’ensemble des composés organiques du sol. Tout ce qui est ou a été vivant

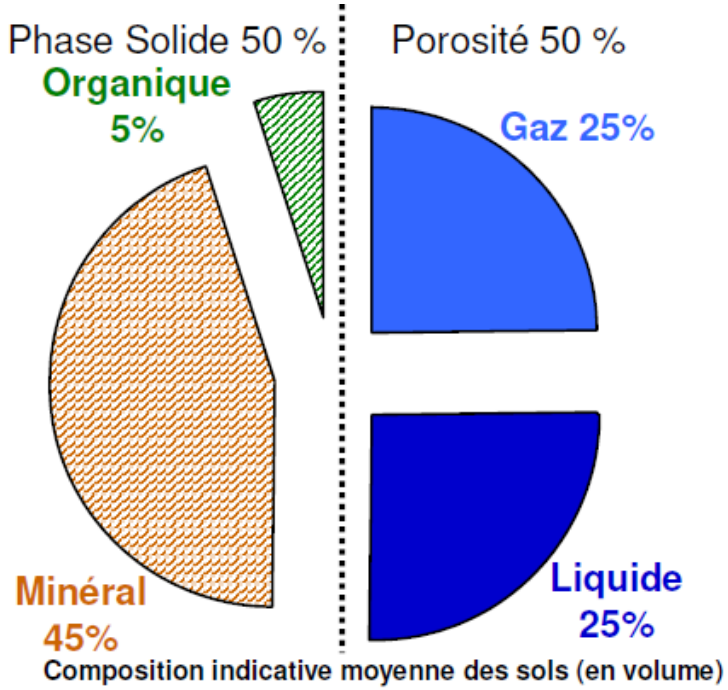
Document 1. Les trois fractions constitutives du sol.

CONSTITUANTS SOLIDES		CONSTITUANTS LIQUIDES	CONSTITUANTS GAZEUX
Constituants minéraux	**Constituants organiques**	**= Solution du sol**	**= air du sol**
Terre fine du sol : Argiles, limons fins, limons grossiers, sable fins, sables grossiers	**Matière organique fraîche :** ➢ contituants des tissus végétaux cellulose, hémicellulose, tanins,.. ➢ déjections animales et animaux morts	**Eau du sol** **Eléments solubles dissous :** ➢ substances organiques (acides organiques, sucres,…) ➢ ions dans l'eau du sol : Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+}, NO^{3-}, PO_4^{3-} ,…	**Constituants de l'air :** O_2, N_2, CO_2 **Gaz issus de l'activité des animaux du sols et des processus de décomposition :** CO_2, H_2, CH_4,…
Eléments grossiers : Graviers, Cailloux, Pierres, Blocs	**Matières humiques :** matières organiques transformées		

+ composés volatils :
géosmine (← actinomycètes, cyanobactéries),
octénol (← champignons)

Document 1. Les constituants d'un sol.





Source A. Bouffier

Les sols hébergent une biodiversité formidable

Combien d'individus ?

1 g de sol (sec) contient…

- 100 nématodes
- 50 000 algues (en surface)
- 300 000 protozoaires
- 450 000 champignons
- 100 000 000 bactéries

Avec la faune, cela représente environ 5 tonnes par hectare …

… 100 moutons par hectare !

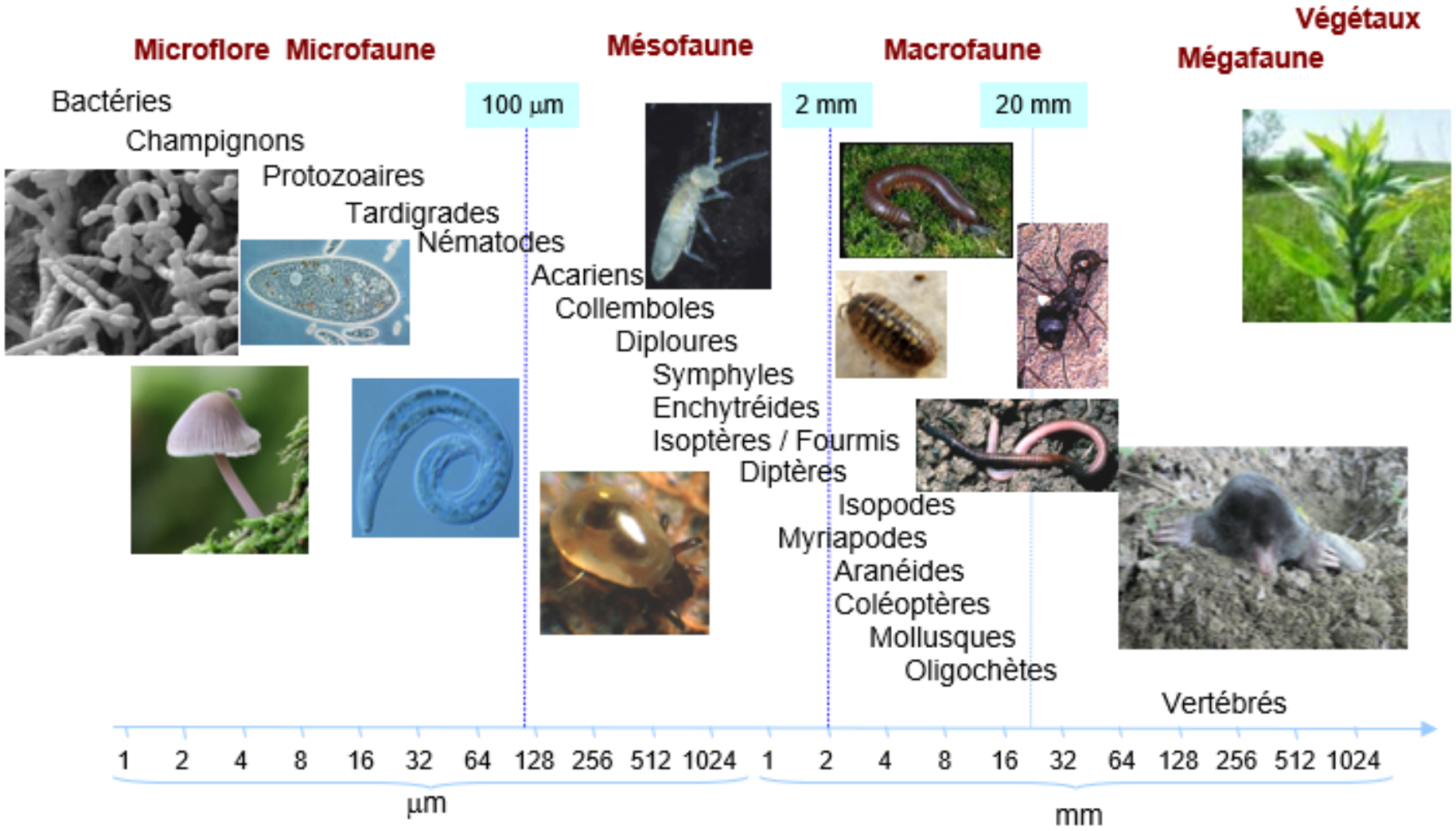
Et aussi :

- **des animaux**
- **des racines**

Environ 50 % du carbone (mort ou vif) des écosystèmes terrestres !

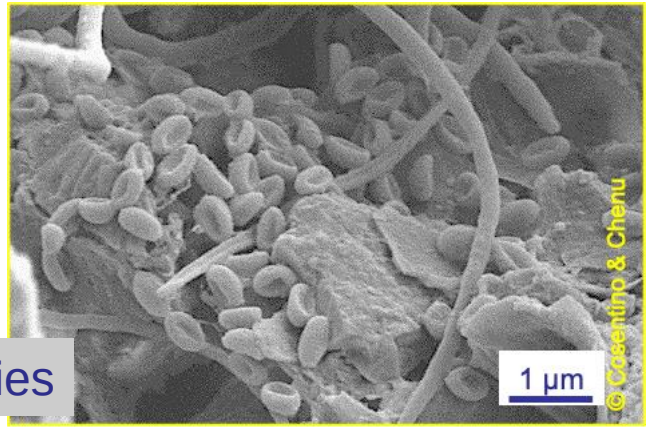
Les sols hébergent une biodiversité formidable

- **Quels organismes dans le sol ?**



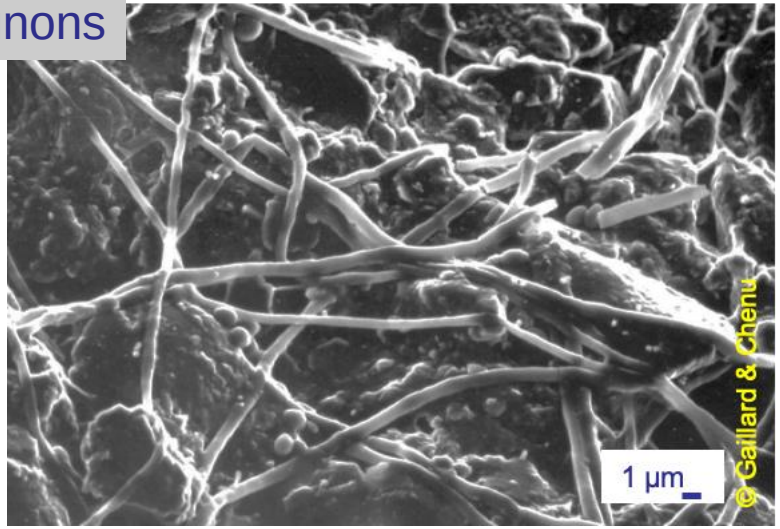
Adapté de Swift et al. (1979)

La microfaune et microflore du sol (taille < 100 µm)



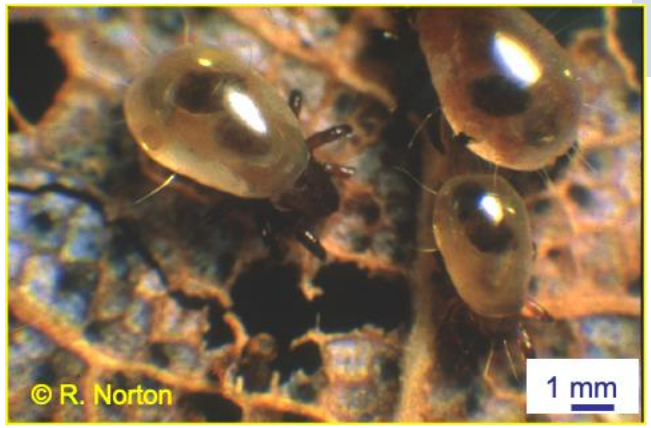
bactéries

champignons



tardigrade

La mésofaune (taille 100 µm à 2 mm)



acariens

Enchytréides
(Annélides)

Nématodes

La diversité des collemboles

La macrofaune (taille > 2 mm)

Crustacés (Cloporte)

Mollusques

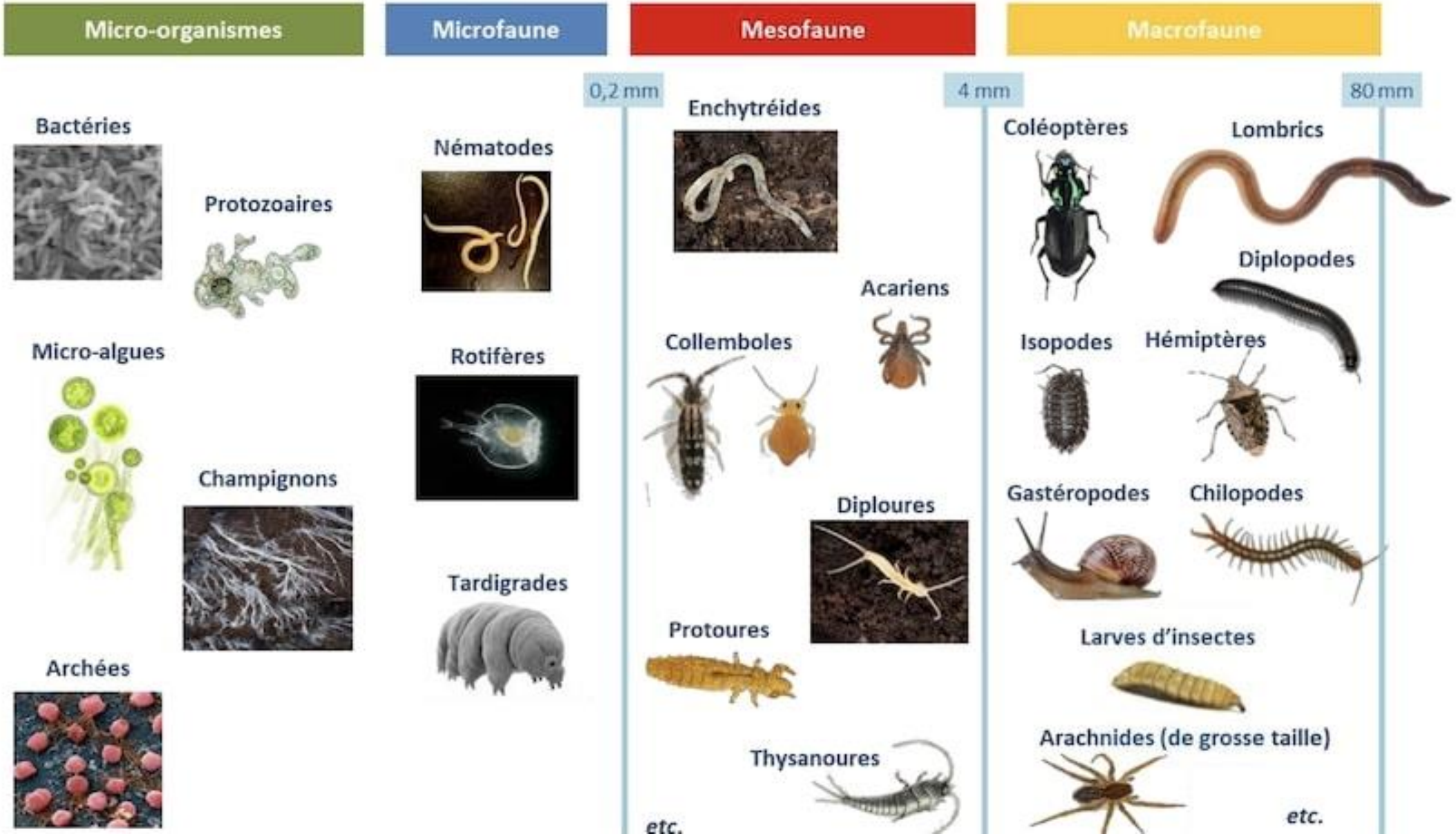
Myriapodes

Vers épigés

Vers anéciques

Vers endogés

<u>Document 2</u>. Les différents groupes de la biodiversité du sol classés par taille.



© Quentin Vincent – Étude des paramètres abiotiques, biotiques et fonctionnels, et de leurs interactions dans des sols délaissés. Thèse de doctorat
https://www.encyclopedie-environnement.org/sol/biodiversite-sols/

<u>Document 3</u>. Facteurs abiotiques du sol et distribution de la pédofaune.

1 Iule
2 Lithobie
3 Larve de Tipule
4 et 5 Acariens Oribates
6 Pseudoscorpion
7 Cloporte
8 et 9 Collemboles

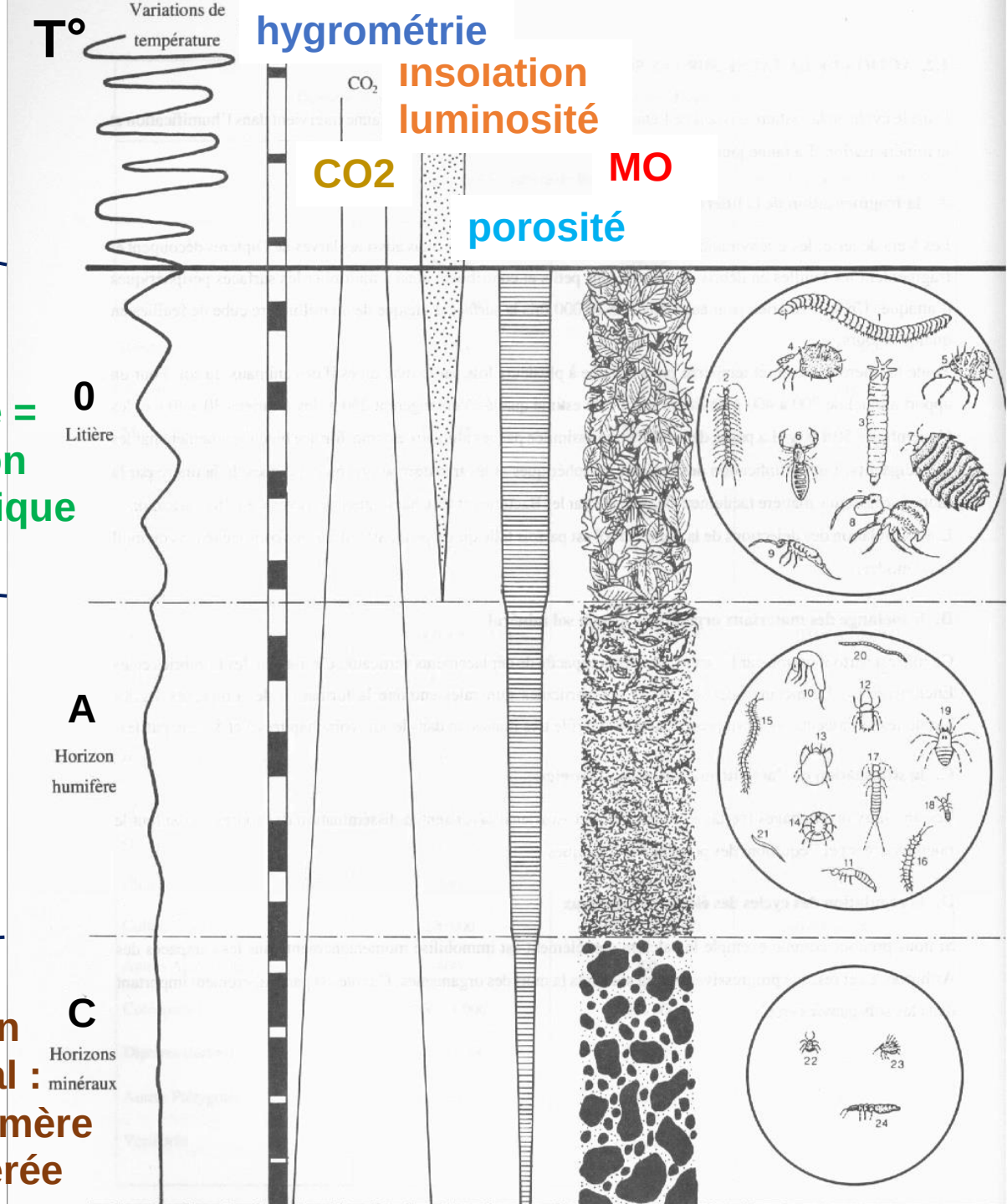
Litière = horizon organique

10 et 11 Collemboles
12 et 13 Acariens Oribates
14 Acarien Uropode
15 Géophile
16 Symphyle
17 Campodé
18 Protoure
19 Opilion
20 Enchytraeide
21 Nématode

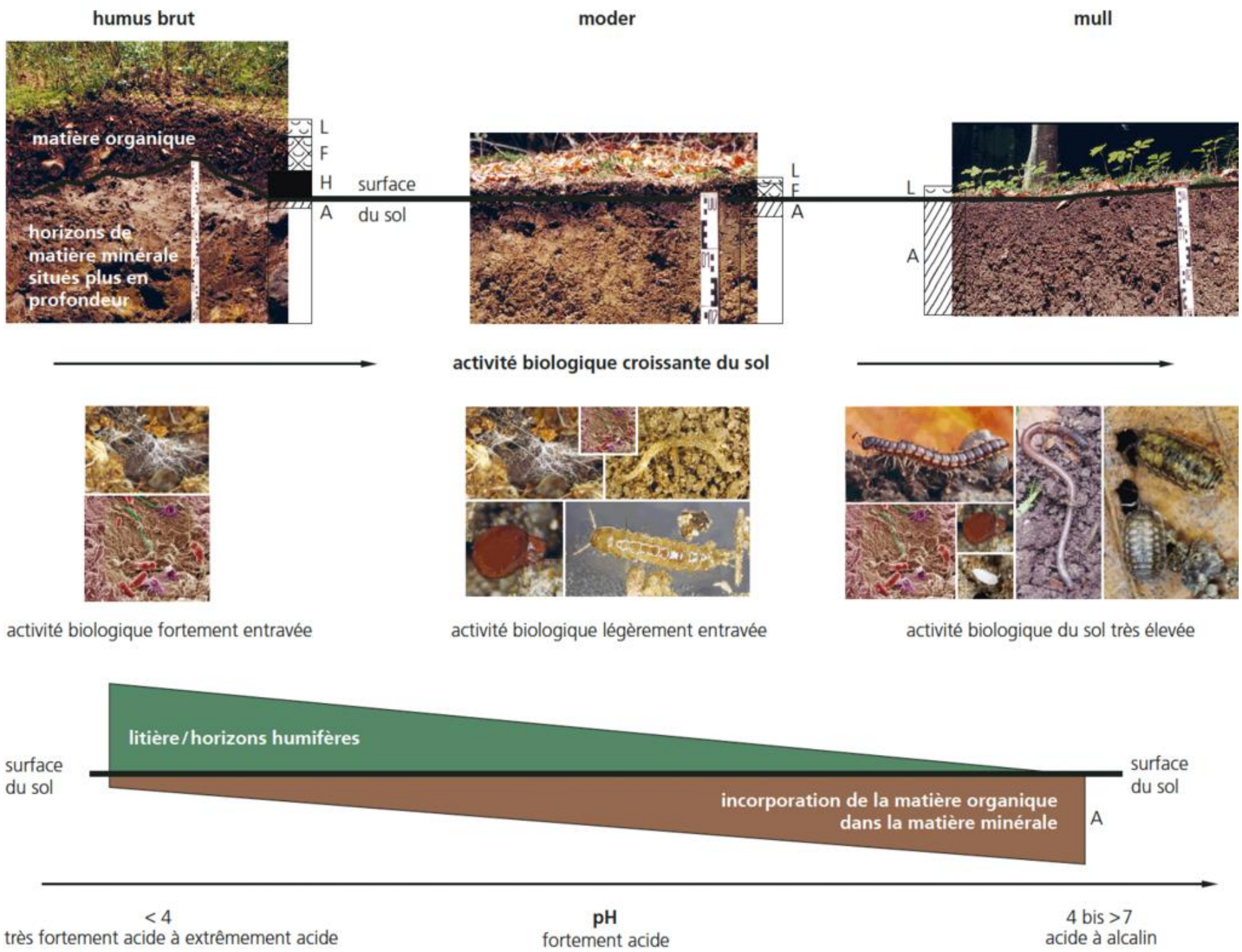
horizon organo-minéral

22 et 23 Acariens
24 Collembole

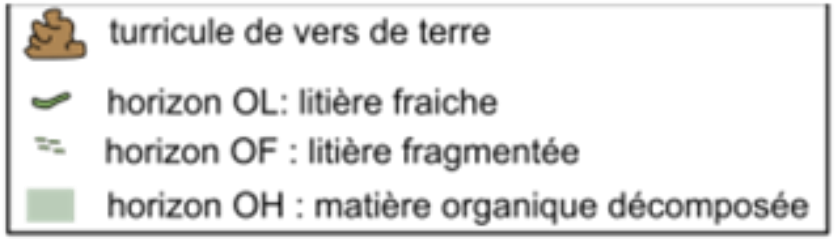
horizon minéral : roche-mère +/- altérée

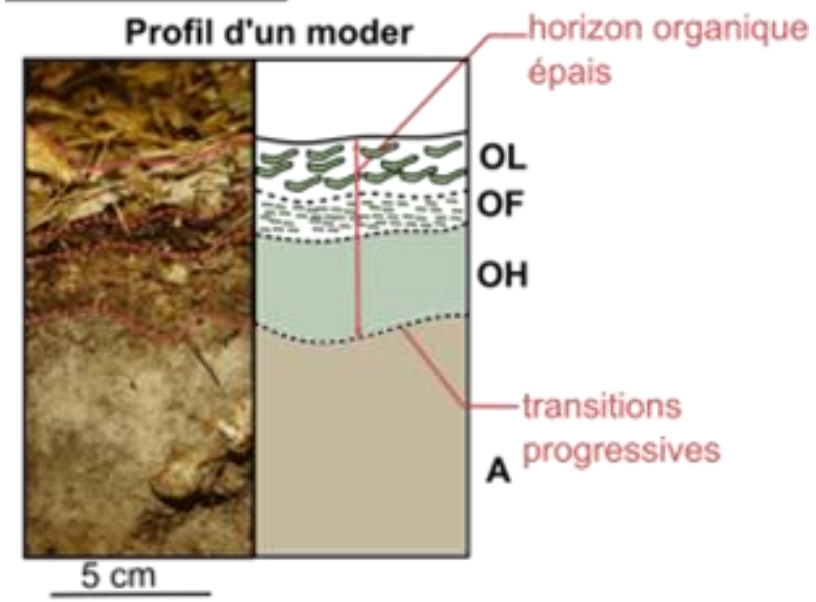


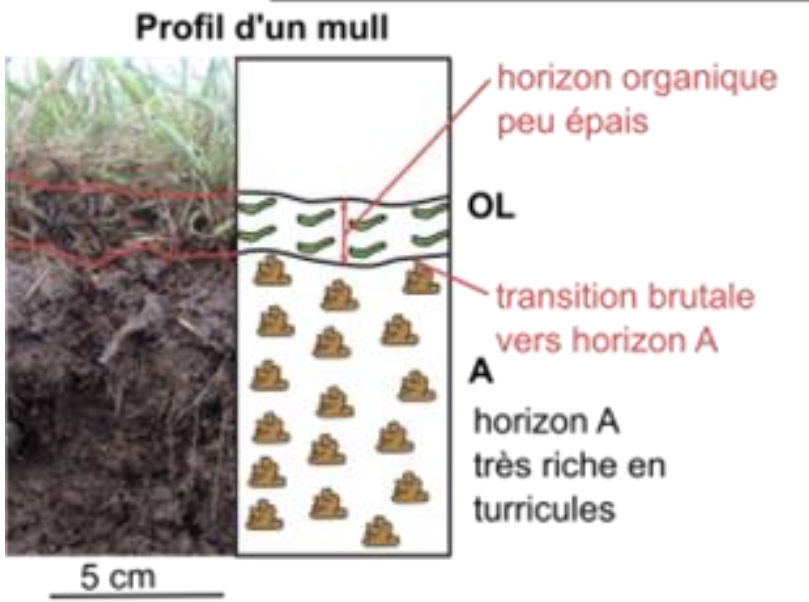
https://breizhsucre.wordpress.com/un-sol-vivant-soutien-la-croissance-des-plantes/


humus brut
moder
mull
matière organique
horizons de matière minérale situés plus en profondeur
L
F
H
A
surface du sol
activité biologique croissante du sol
activité biologique fortement entravée
activité biologique légèrement entravée
activité biologique du sol très élevée
litière / horizons humifères
incorporation de la matière organique dans la matière minérale
surface du sol
surface du sol
< 4
très fortement acide à extrêmement acide
pH
fortement acide
4 bis > 7
acide à alcalin

Document 4. Horizon organique d'un mull et d'un moder.



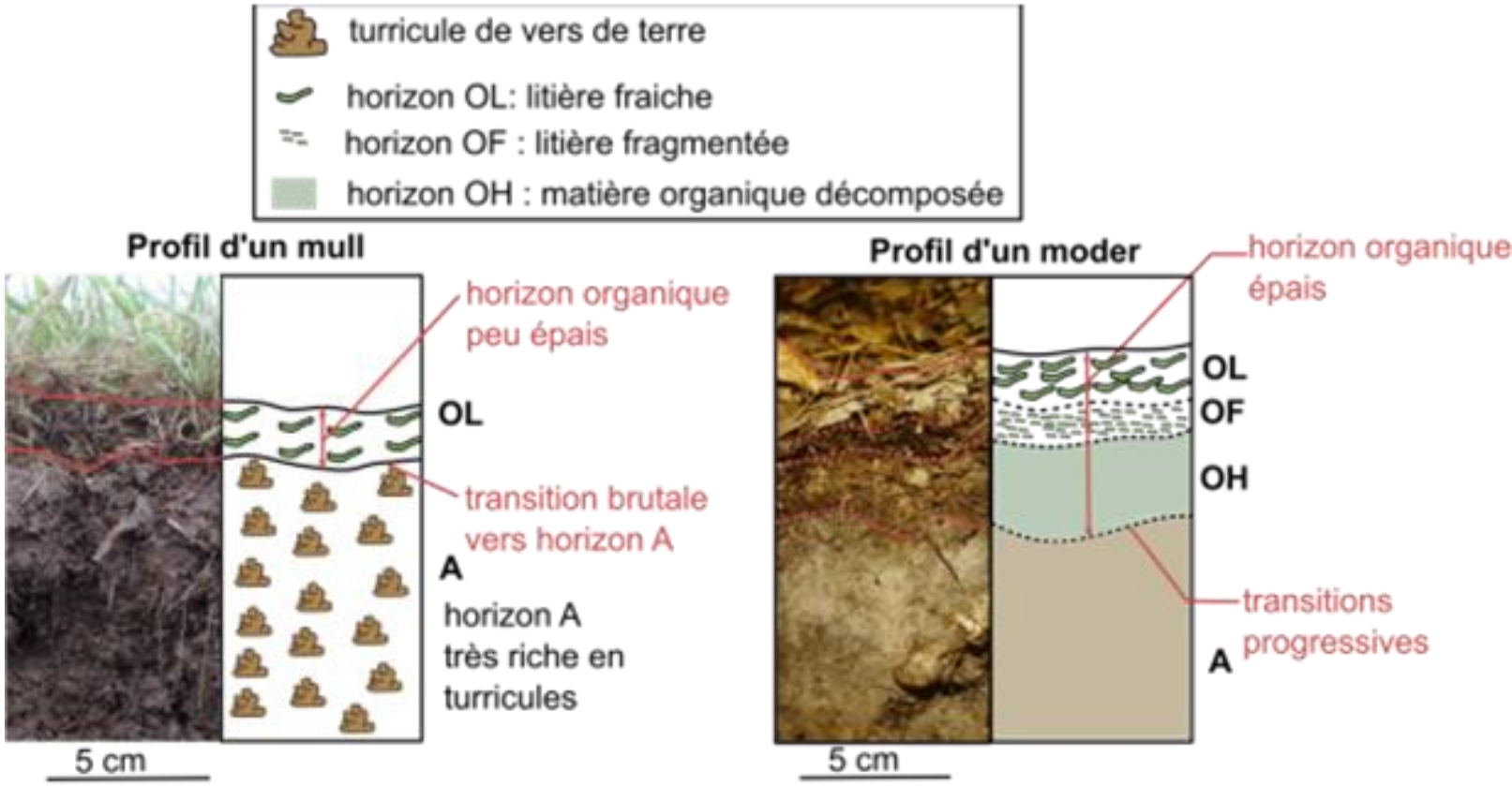




	C/N fort (15-25) **pH 4-5**	**C/N faible** (8-15) **pH 6-7**
Teneur en complexes argilo humiques	-	+
Densité des champignons	+	-
Acarien, Collemboles	+	-
Densité des Bactéries	-	+
Vers de terre, Isopodes	-	+
Diversité taxonomique	-	+

(Source A. Bouffier in : Tout-en-un BCPST2. Perrier & al. Dunod 2022)

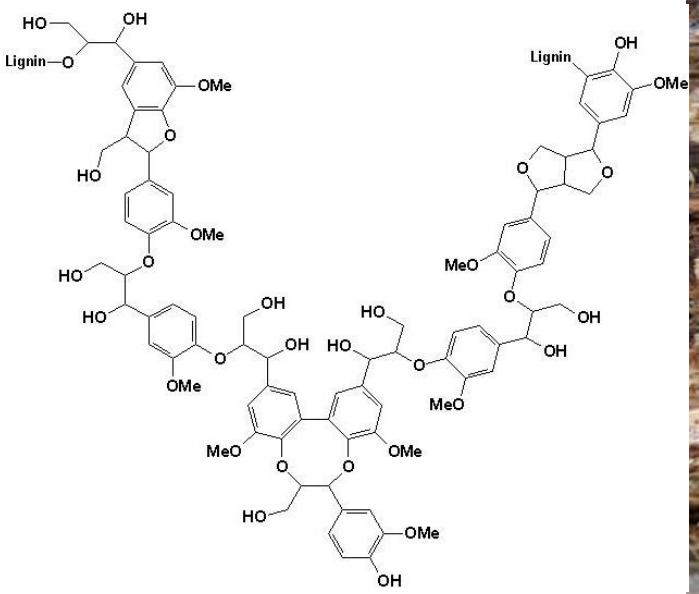
Document 4. Horizon organique d'un mull et d'un moder.



peu acide (pH ~ 6-7)	acide (pH ~ 4-5)
C/N faible, pauvre en tannins	C/N fort, riche en tannins
vers de terre => brassage important	mésofaune => peu de brassage
riche en complexes argilo-humiques => CEC élevée	pauvre en complexe argilo-humique => CEC plus faible
minéralisation rapide => beaucoup d'azote minéral (NO_3^-, NH_4^+)	minéralisation lente => riche en azote organique
bactéries ++	champignons ++
endomycorhizes	ectomycorhizes

(Source A. Bouffier in : Tout-en-un BCPST2. Perrier & al. Dunod 2022)

L’activité de décomposition de la matière organique des champignons : ligninolyse et cellulolyse



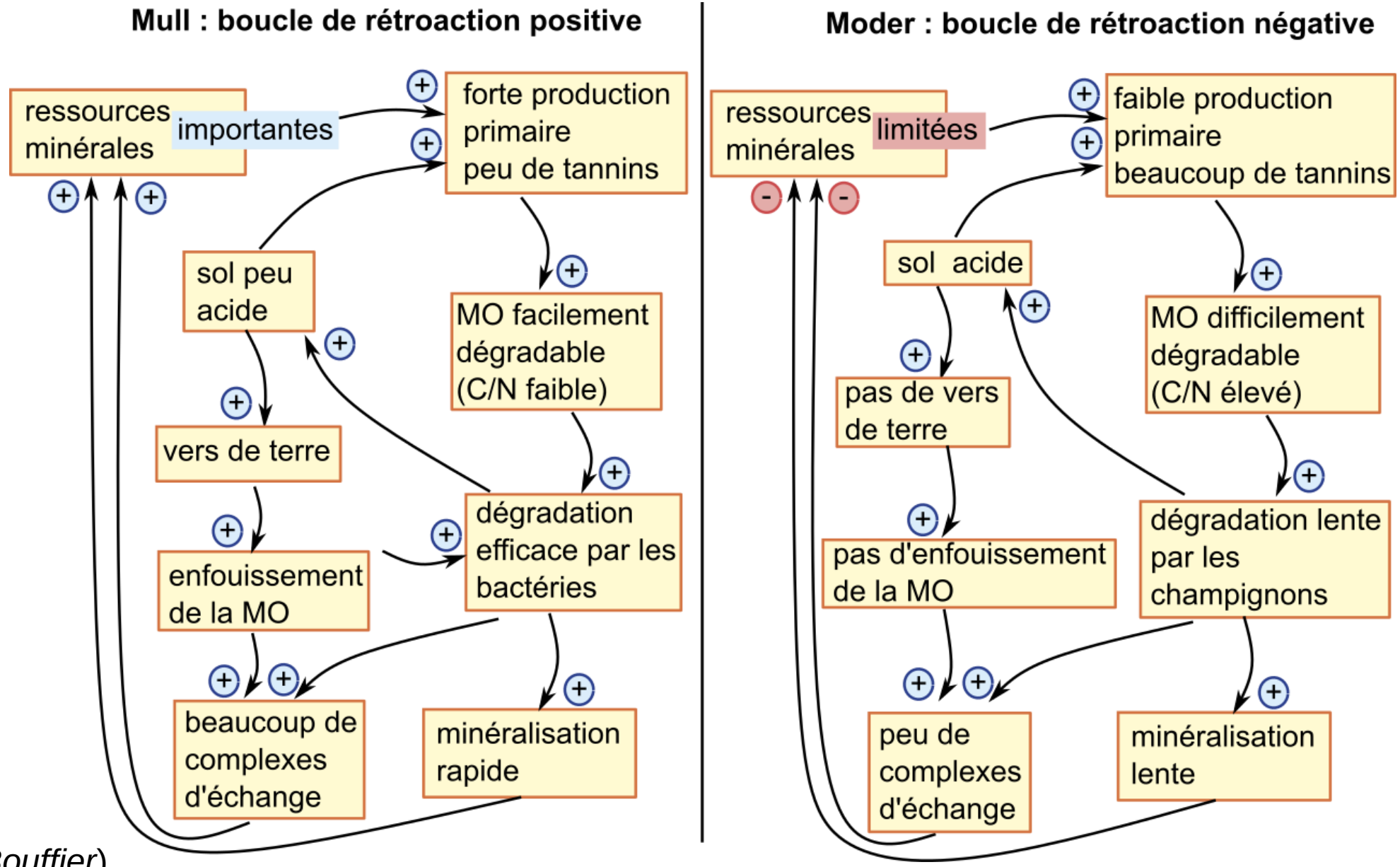
Structure d’une lignine

Ligninolyse par les Eumycètes : pourriture blanche

Cellulolyse= pourriture brune

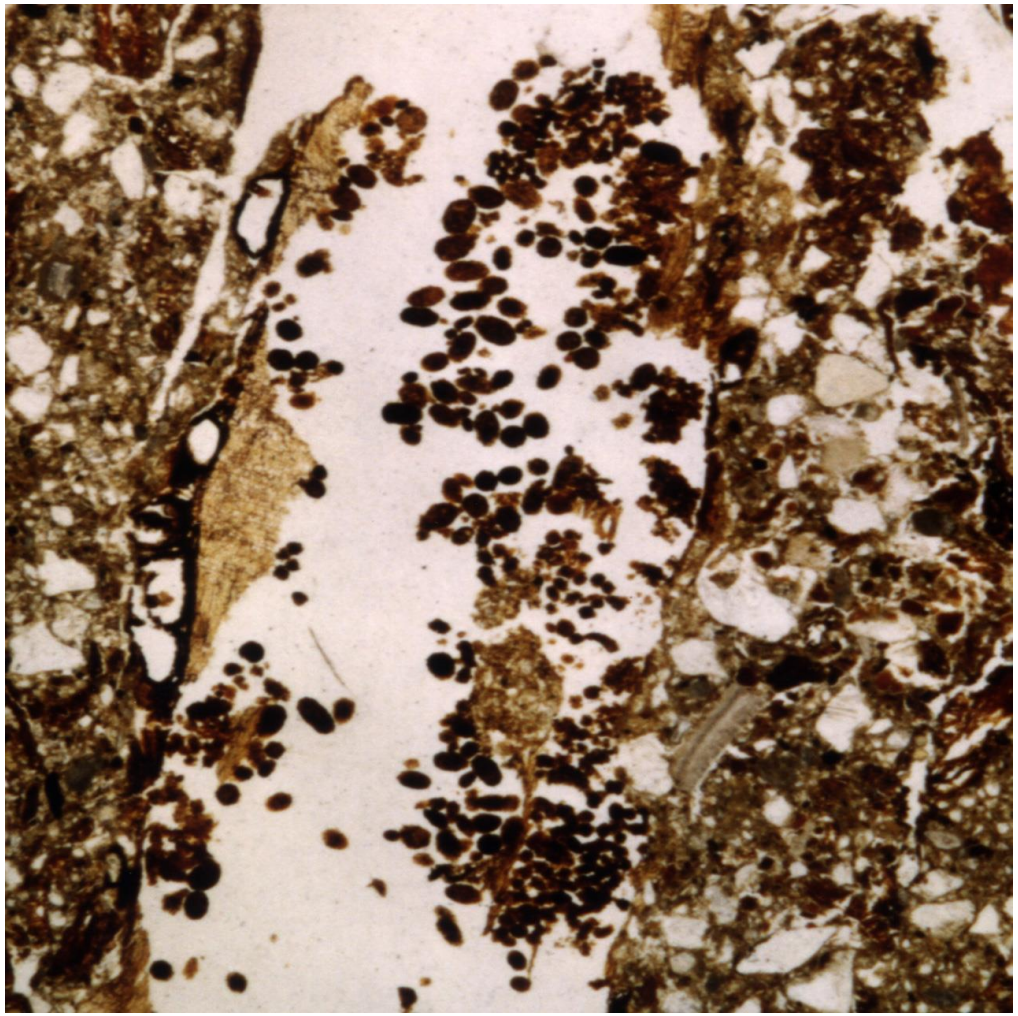
http://www.mycologie.net/nutritiondeschampignons.html

<u>Document 5</u>. Boucles de rétroaction et efficacité de la minéralisation : comparaison mull et moder.



(Source A. Bouffier)

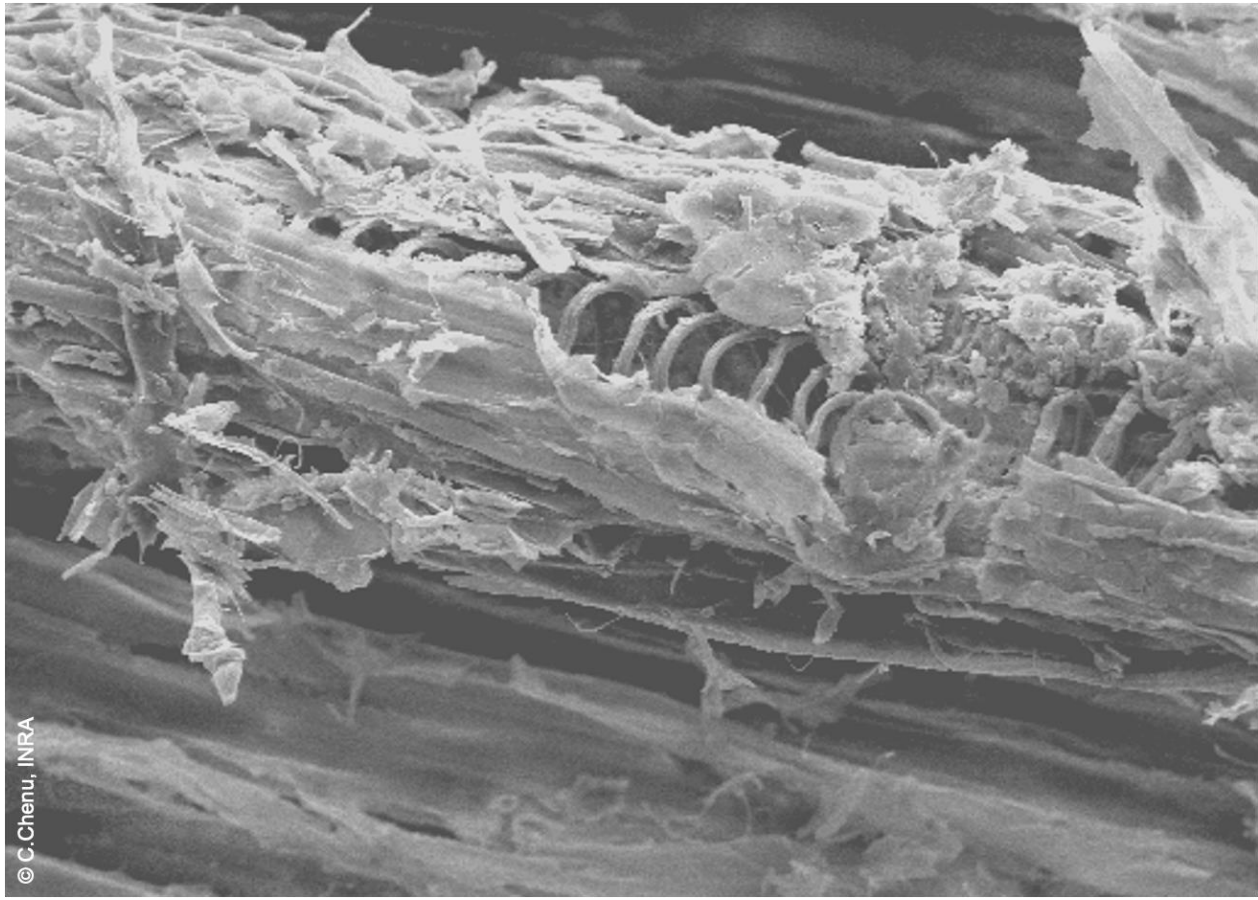
La transformation de la matière organique morte ou nécromasse



1 mm

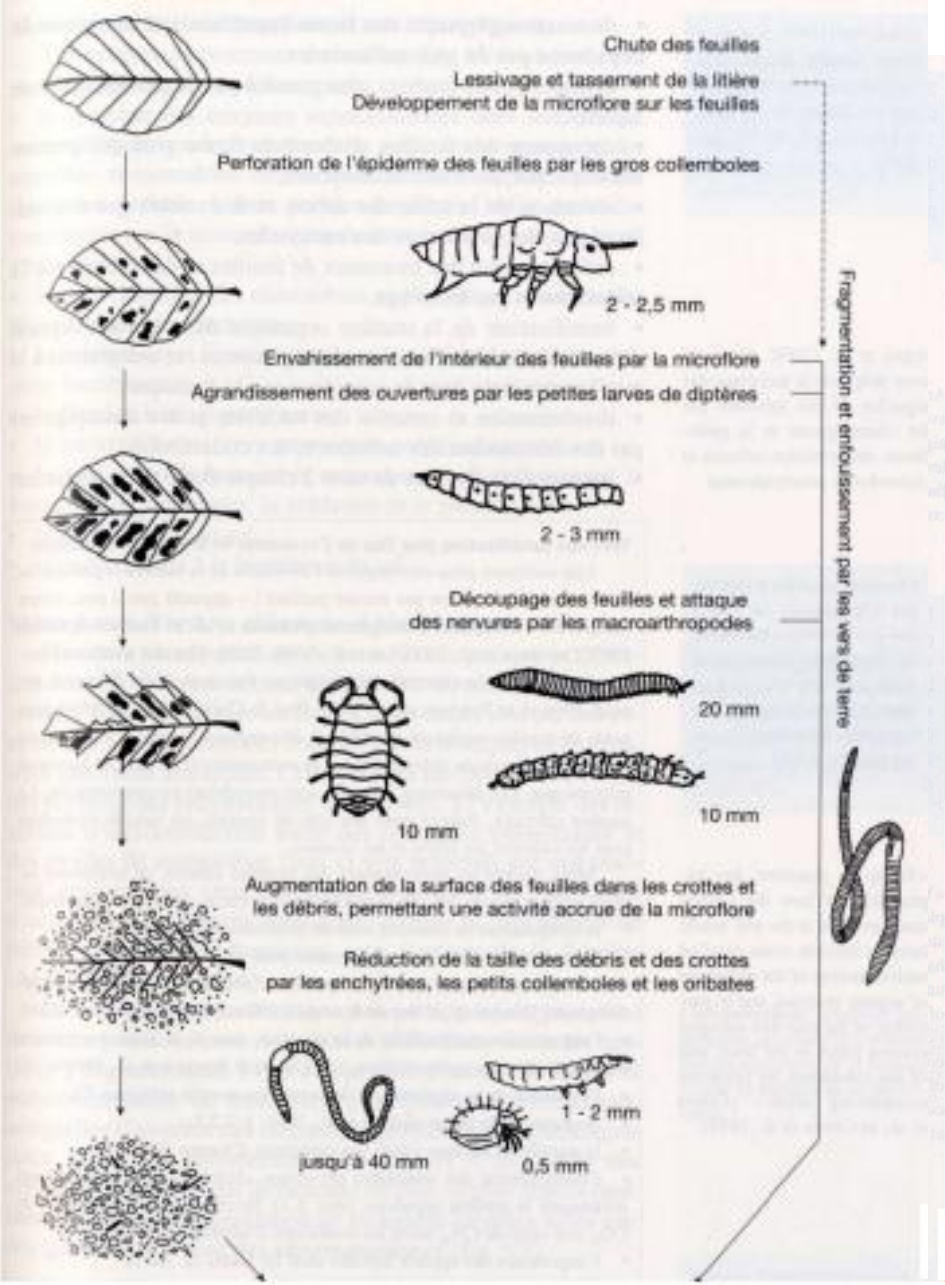
Coupe de sol (MO).
On peut voir des résidus végétaux fragmentés par la faune, et les pelotes fécales de celle-ci. Sol de vignoble, Champagne.

Photo E. Besnard, 99



Débris végétaux en cours de décomposition.
On observe des spirales de lignine, relativement résistante à la biodégradation. (MEB)

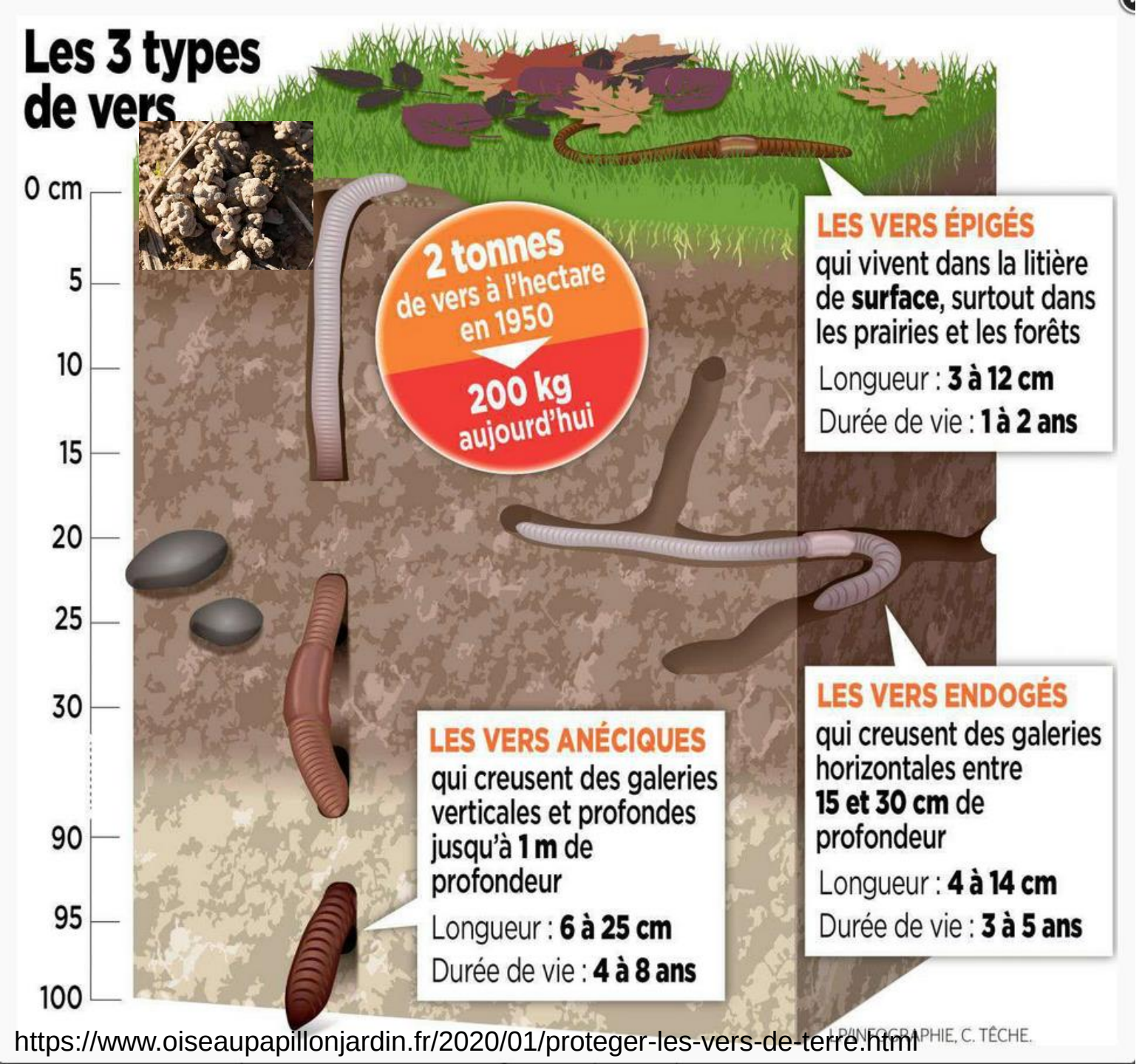
La transformation de la matière organique : histoire d'une feuille morte



- Lessivage, tassement, développement microflore sur les feuilles
- Perforation de l'épiderme (collemboles), microflore dans l'intérieur des feuilles
- Agrandissement des ouvertures par larves de diptères
- Découpage des feuilles et attaque des nervures par macroarthropodes
- Réduction de la taille des débris et crottes par enchytrées, petits collemboles et oribates ⇒ activité accrue de la microflore
- Enfouissement et mélange à la matière minérale par les vers de terre à chaque étape

Gobat et al., 2003

Les Lombrics, espèces architectes des sols



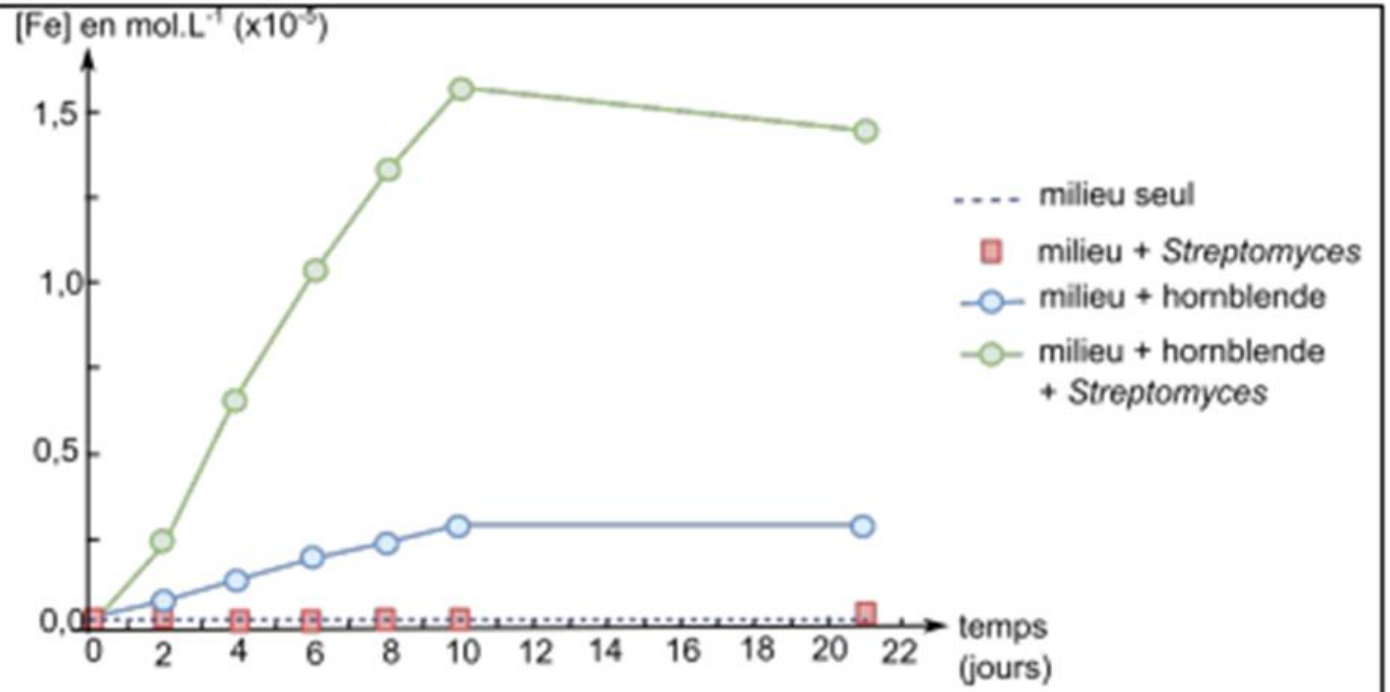
https://www.oiseaupapillonjardin.fr/2020/01/proteger-les-vers-de-terre.html

- **Densité → 150 individus / m²**
- **Augmentent la porosité des sols de 20 à 30 %**
- **Brassage** : remontée de la matière minérale et enfouissement de la MO
- **Galeries** : chemins privilégies pour la croissance et le développement des racines, peuvent contrebalancer le tassement des sols
- **Formation de CAH dans leur TD**
- **Source de nourriture** (Taupes…)

<u>Document 6</u>. Rôles des êtres vivants dans l'altération de la roche mère.

La hornblende est un minéral que l'on retrouve couramment dans les sols sur substrat silicaté. Ce minéral peut être une source de métal (Fe, Zn, Mn, …) pour les bactéries du sol. On met ici en culture des bactéries du sol du genre *Streptomyces* dans un milieu contenant de la hornblende (*d'après Liermann & al, 2000*). Après plusieurs jours, on constate que des bactéries adhèrent solidement à la surface du minéral. On mesure, pendant 21 jours, la concentration en fer dans 4 conditions :

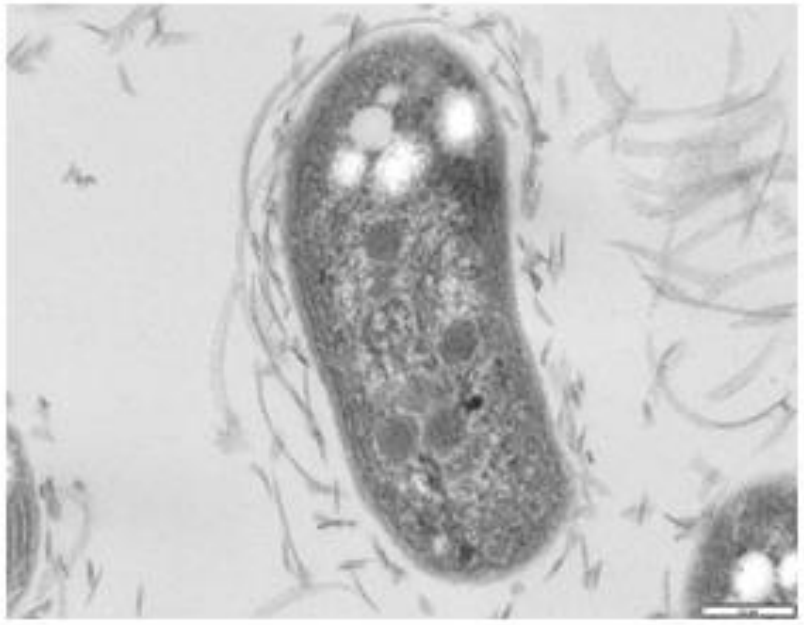
- un milieu de culture seul,
- un milieu de culture avec *Streptomyces* seul,
- un milieu de culture avec hornblende seul,
- un milieu de culture avec hornblende et *Streptomyces*.



a) **Expliquer** l'intérêt des différentes conditions testées ici et **préciser** l'objectif de l'expérience.

b) **Quantifier** la libération de Fe dans chacune des 4 conditions, puis **interpréter** ces résultats.

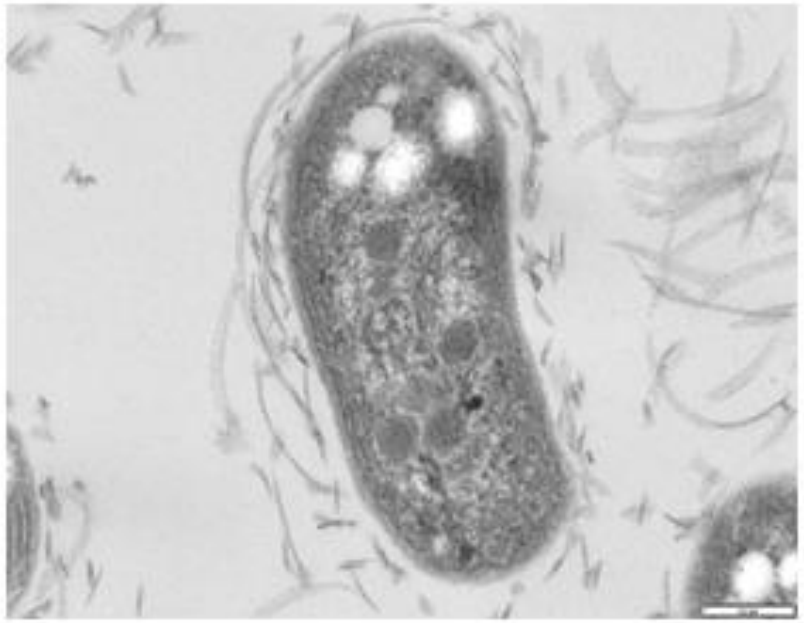
c) **Proposer** une hypothèse pour expliquer l'effet de *Streptomyces* sur la hornblende.



Nitrobacter (MET)
(W.J. Hickey, University of Wisconsin-Madison, 2006)

$$NO_2^- + 1/_2\, O_2 \longrightarrow NO_3^- \quad \Delta G^{0\prime} = -\,73 \text{ kj. mol}^{-1}$$

Réaction de nitratation

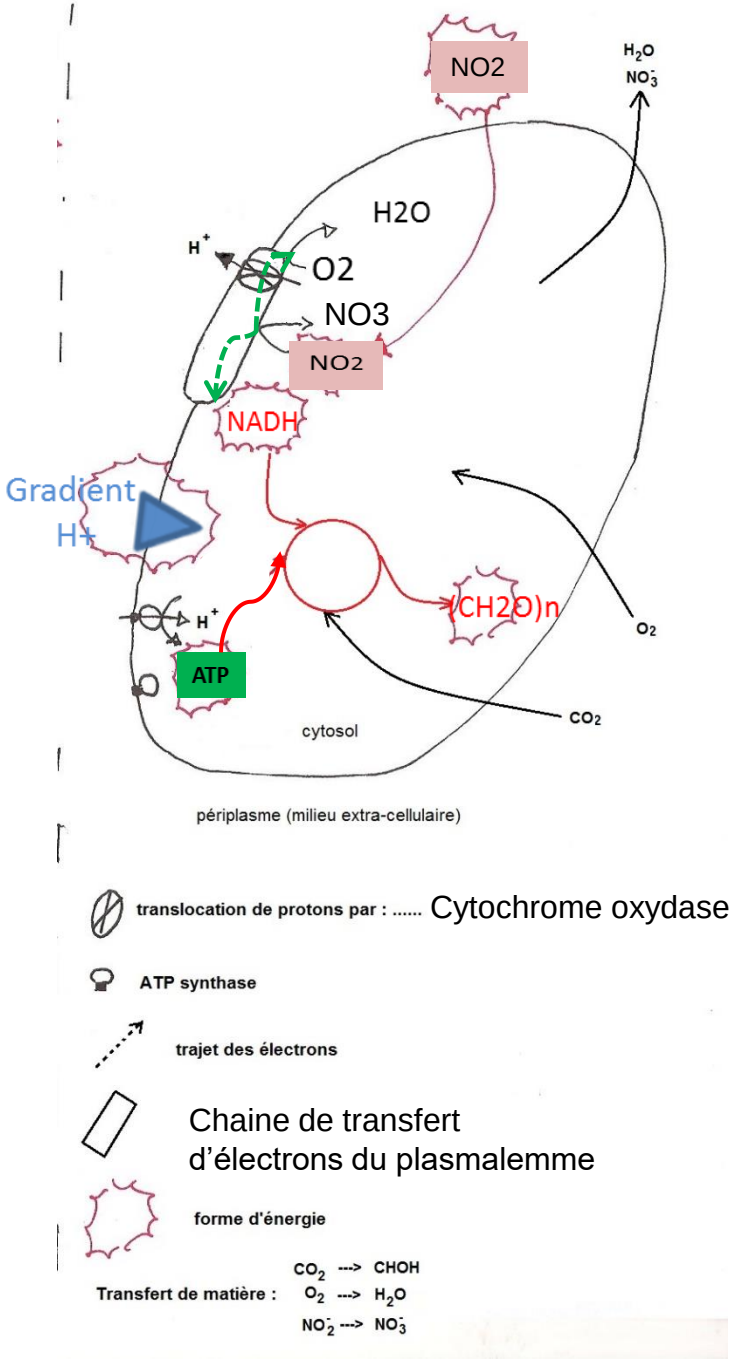


Nitrobacter (MET)
(W.J. Hickey, University of Wisconsin-Madison, 2006)

$$NO_2^- + 1/_2\, O_2 \longrightarrow NO_3^- \quad \Delta G^{0'} = -73 \text{ kj. mol}^{-1}$$

Réaction de nitratation

Chimiolithotrophie



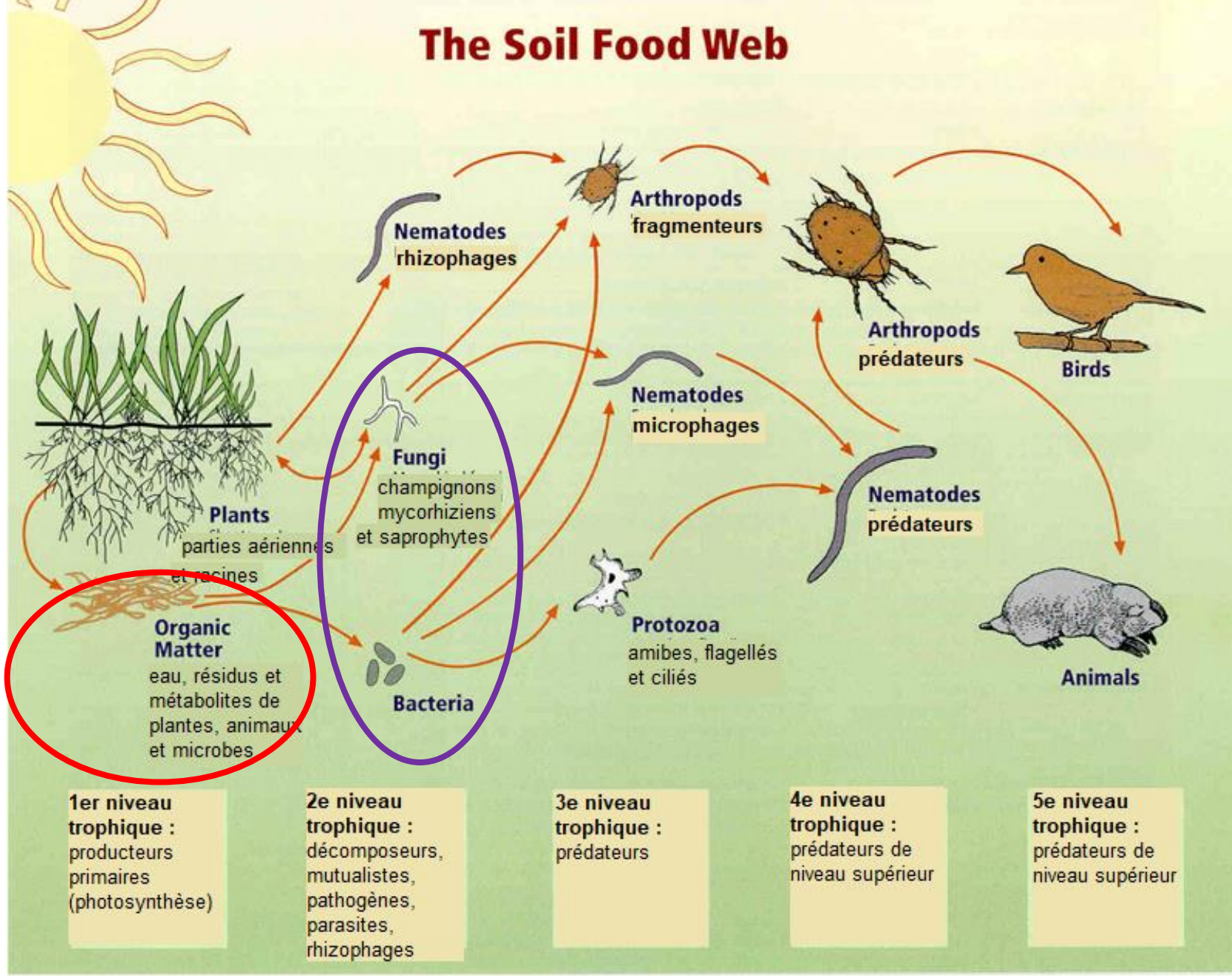
		Source d'électrons	
		minérale	organique
Source d'énergie	lumineuse	**Photolithotrophe** bactéries photosynthétiques, algues, plantes	
	chimique	**Chimiolithotrophe** bactéries nitrifiantes, archées	**Chimioorganotrophe** animaux, champignons (= mycètes), certaines bactéries

<u>Document 7</u>. Diversité des types trophiques selon les sources d'énergie et d'électrons utilisées.

Document 8. Le réseau trophique du sol.

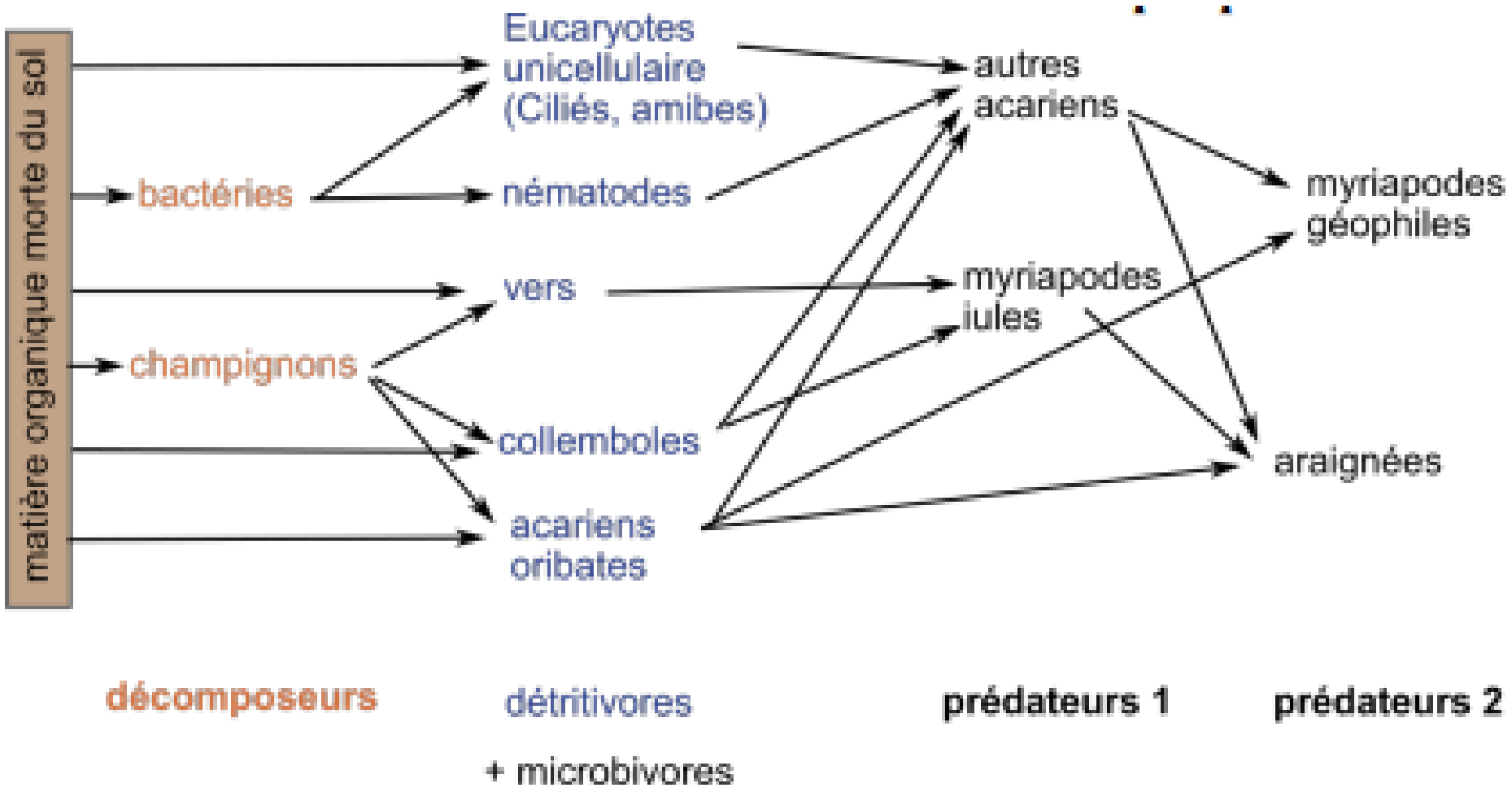
décomposeurs

À la base des réseaux trophiques du sol : la nécromasse



Relationships between soil food web, plants, organic matter, and birds and mammals
Image courtesy of USDA Natural Resources Conservation Service
http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/soil_biology/soil_food_web.html.

<u>Document 9</u>. Réseau trophique du sol à partir des données du TP 1 BG 1.

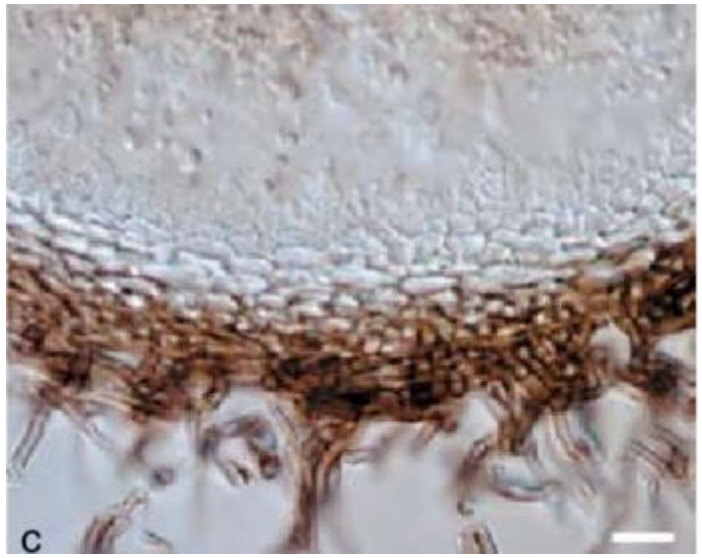


Diversité des relations interspécifiques

Mutualisme

Mycorhizes
Symbiose

Commensalisme



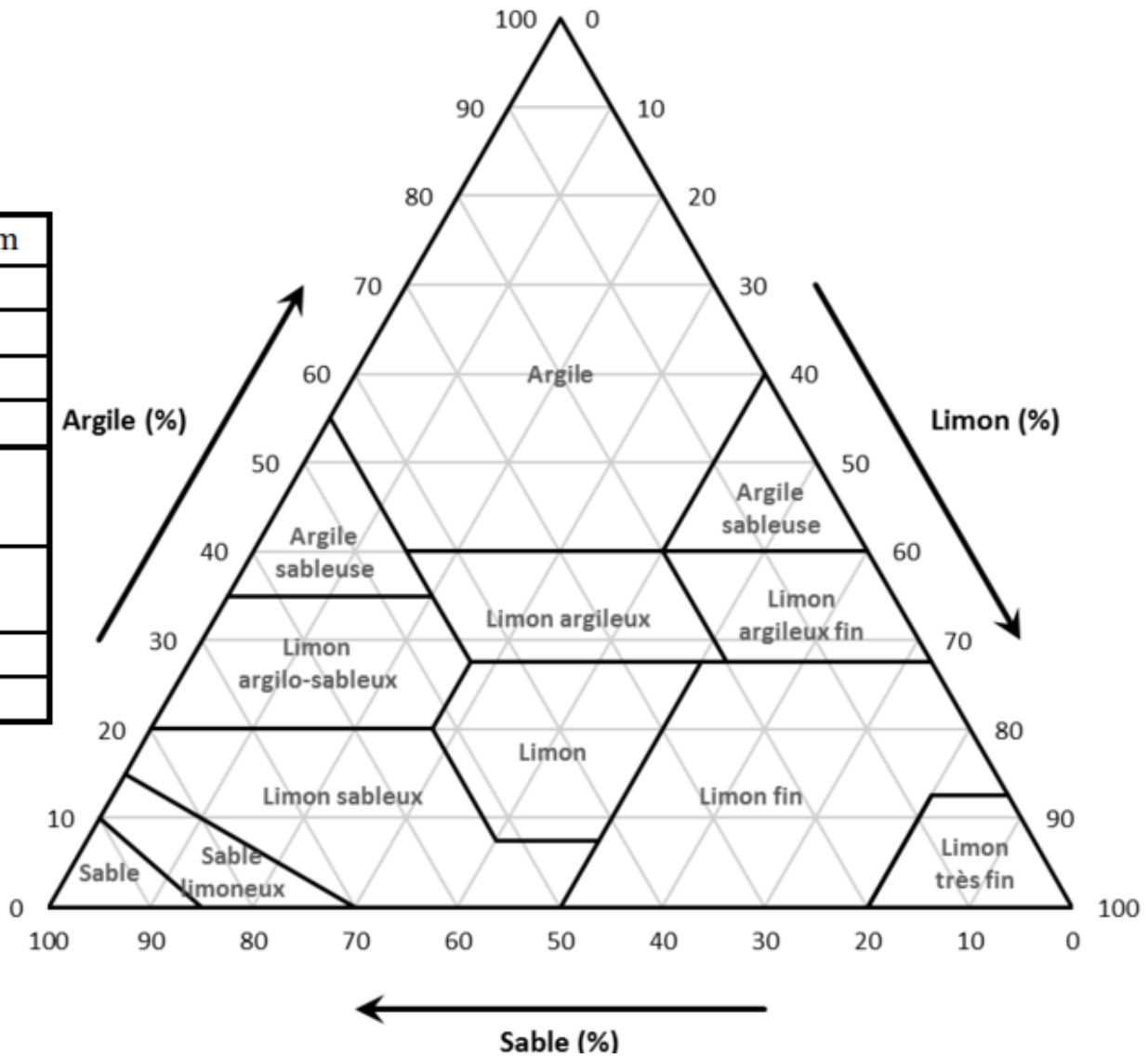
Paraconiothyrium variabile
Ascomycète endophyte

Parasitisme

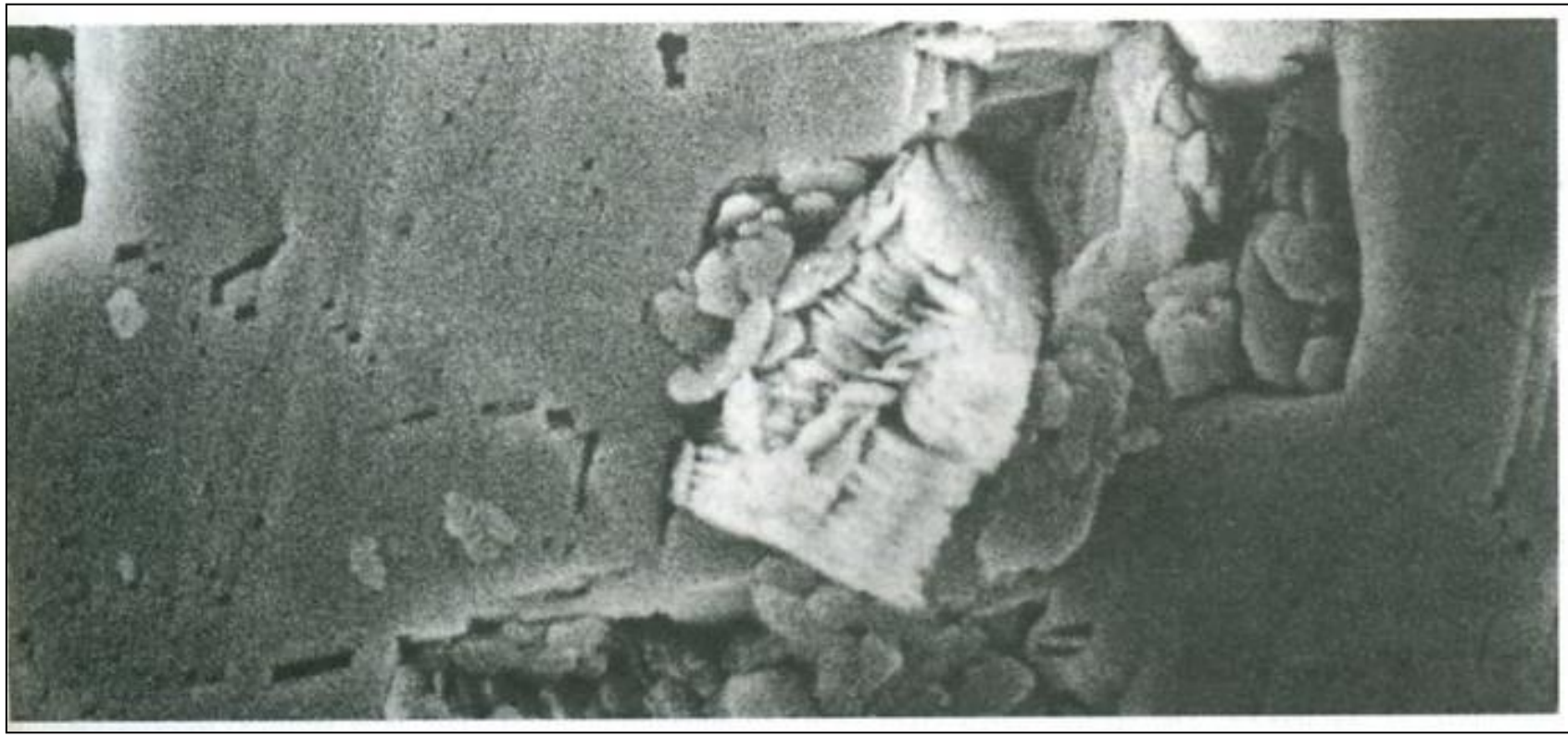
Le Charançon du Trèfle (*Sitona hispidulus*),
Insecte rhizophage (taille 4 mm)

Document 10. Granulométrie des particules du sol et triangle des textures.

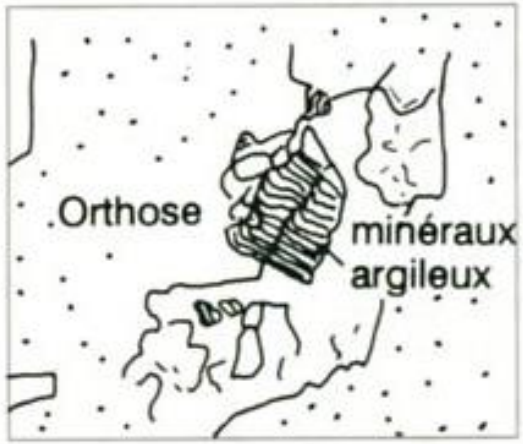
TERRE FINE	ARGILE	particules de moins de 2µm
	LIMONS FINS	2 à 20 µm
	LIMONS GROSSIERS	20 à 50 µm
	SABLES FINS	50 µm à 200µm
	SABLES GROSSIERS	200µm à 2mm
ELEMENTS GROSSIERS	GRAVIERS	2 à 20 mm
	CAILLOUX	2 à 7,5 cm
	PIERRES	7,5 à 20 cm
	BLOCS	>20 cm



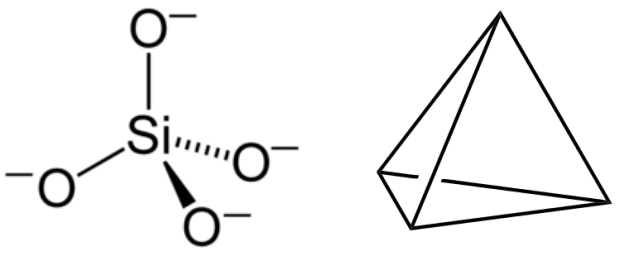
Les argiles, produits de l'altération de minéraux silicatés



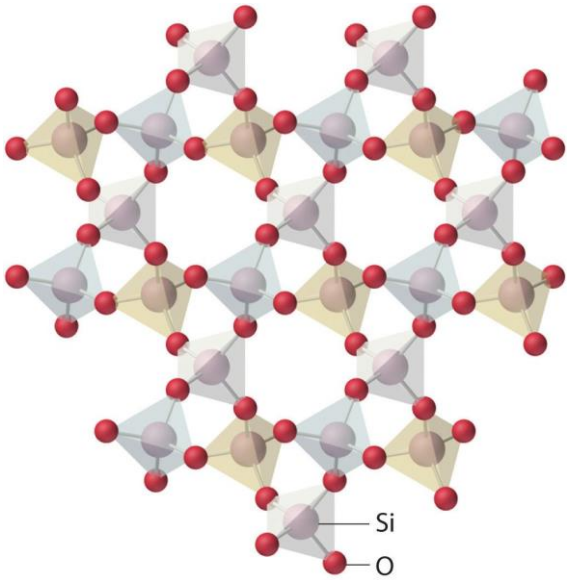
◀ **3. Cristal d'orthose avec développement de minéraux argileux d'altération.**
(MEB x 15 000)



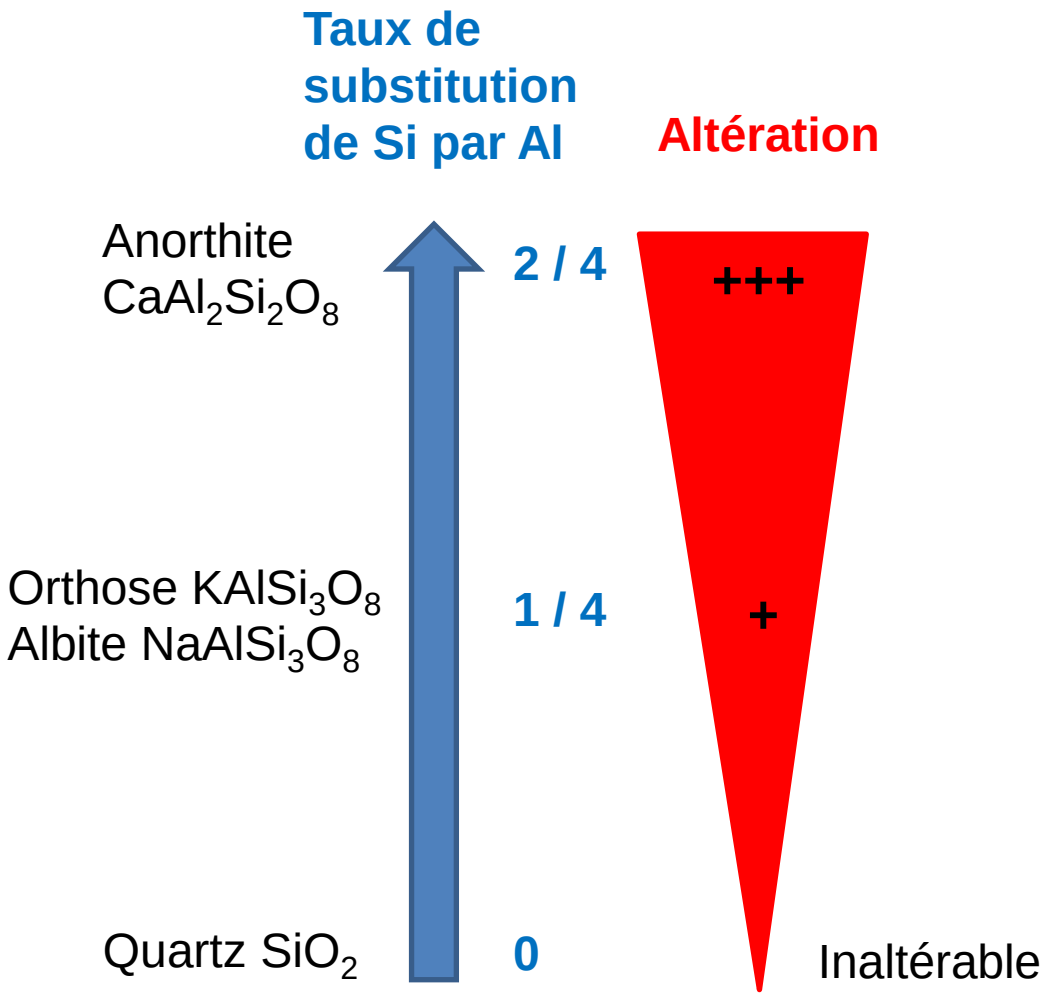
Taux de substitution et altération



Le tétraèdre de silicate,
Structure de base des
minéraux silicatés



Structure du quartz SiO_2



Un exemple de formation de minéral argileux : hydrolyse de l'orthose en milieu tempéré et formation d'illite (bisiallitisation)

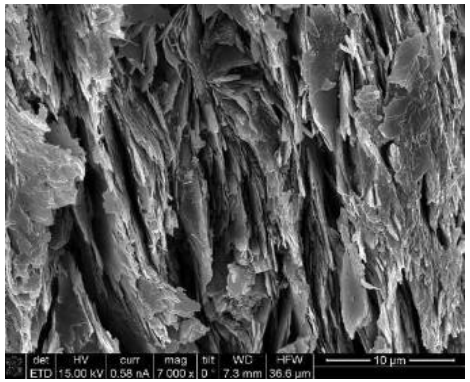
2 4

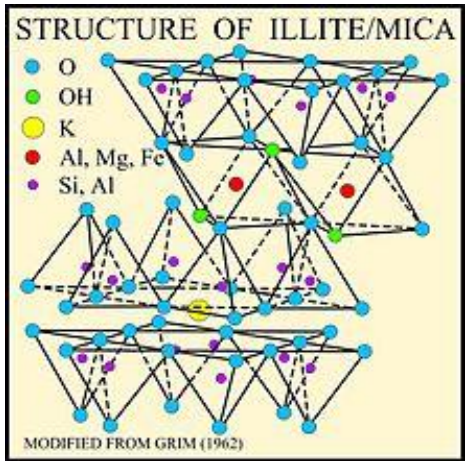
$$3\ KAlSi_3O_8 + 2\ H^+ + 12\ H_2O \rightarrow KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2 + 2\ K^+ + 6\ Si(OH)_4$$

orthose + eau → illite + solution

1 – Equilibrer les Al
2 – Equilibrer les K^+
3 – Equilibrer les Si
4 – Equilibrer les charges
5 – Equilibrer les H

Rapport Si / Al = 4 / 2 = 2 → bisiallitisation

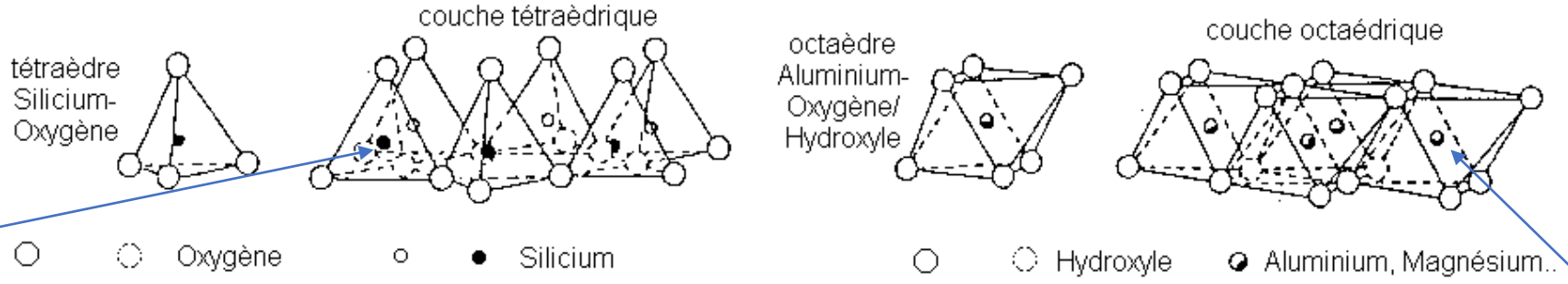




https://en.wikipedia.org/wiki/Illite
https://www.redalyc.org/pdf/572/57240685010.pdf

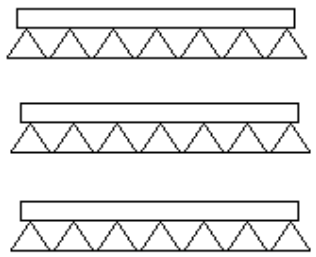
Les argiles, des phyllosilicates

Substitution possible de Si^{4+} par Al^{3+}

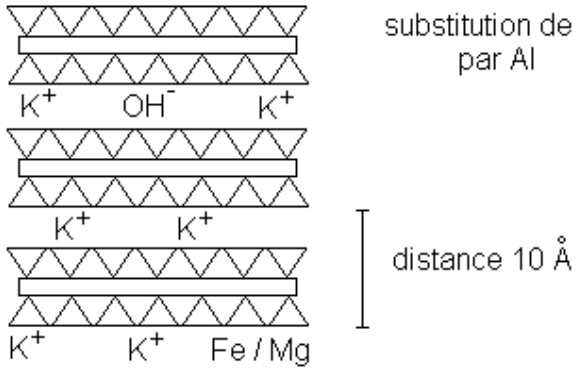


Substitution possible de Al^{3+} par Mg^{2+}

KAOLINITE $Al_2O_3, 2\,SiO_2, 2\,H_2O$

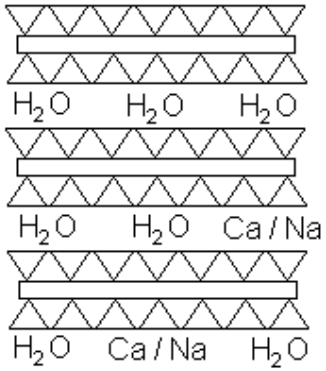


ILLITE $K\,Al_2(OH)_2, (Al\,Si_3(O, OH)_{10})$

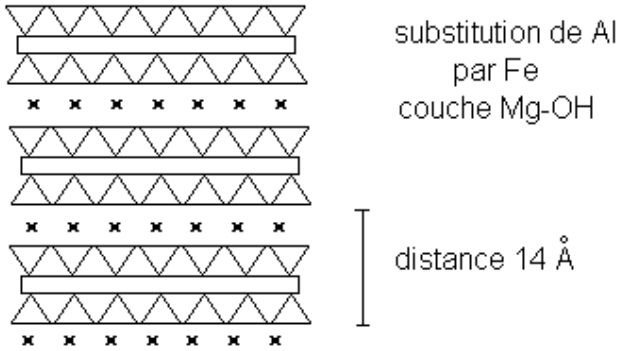


SMECTITES $2\,Al_2O_3, 8\,SiO_2, 2\,H_2O, n\,H_2O$

(Montmorillonite) $(Mg, Ca)\,O, Al_2O_3, 5\,SiO_2, n\,H_2O$

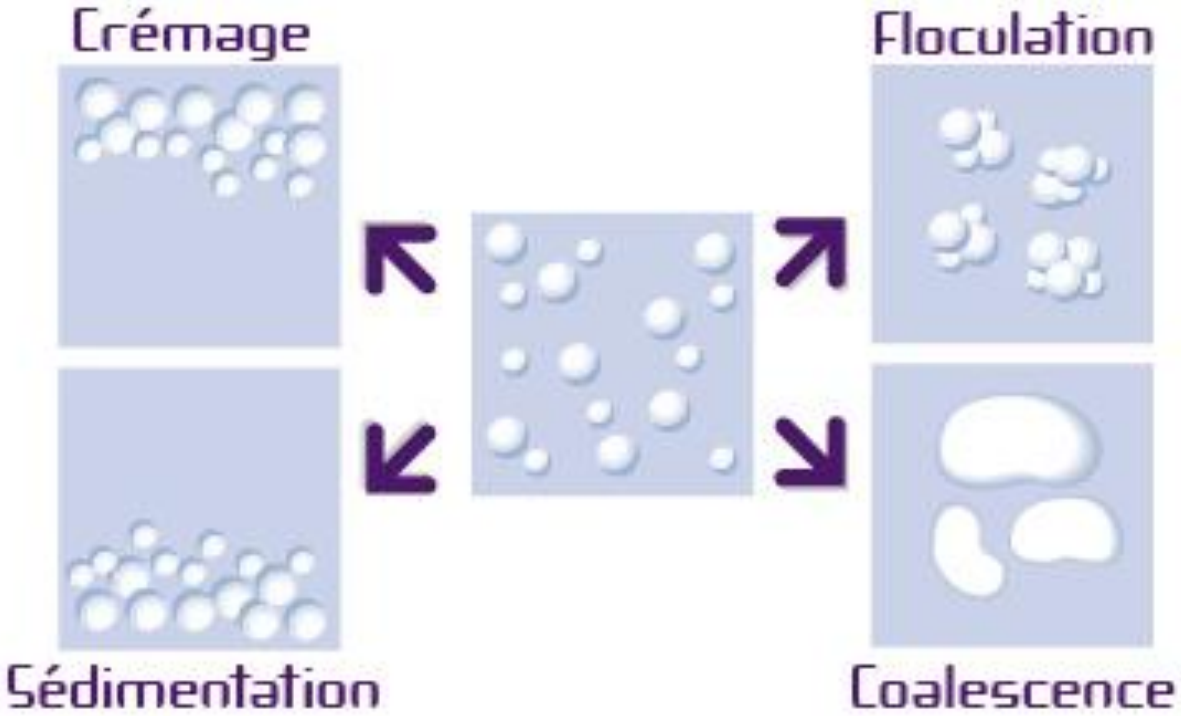


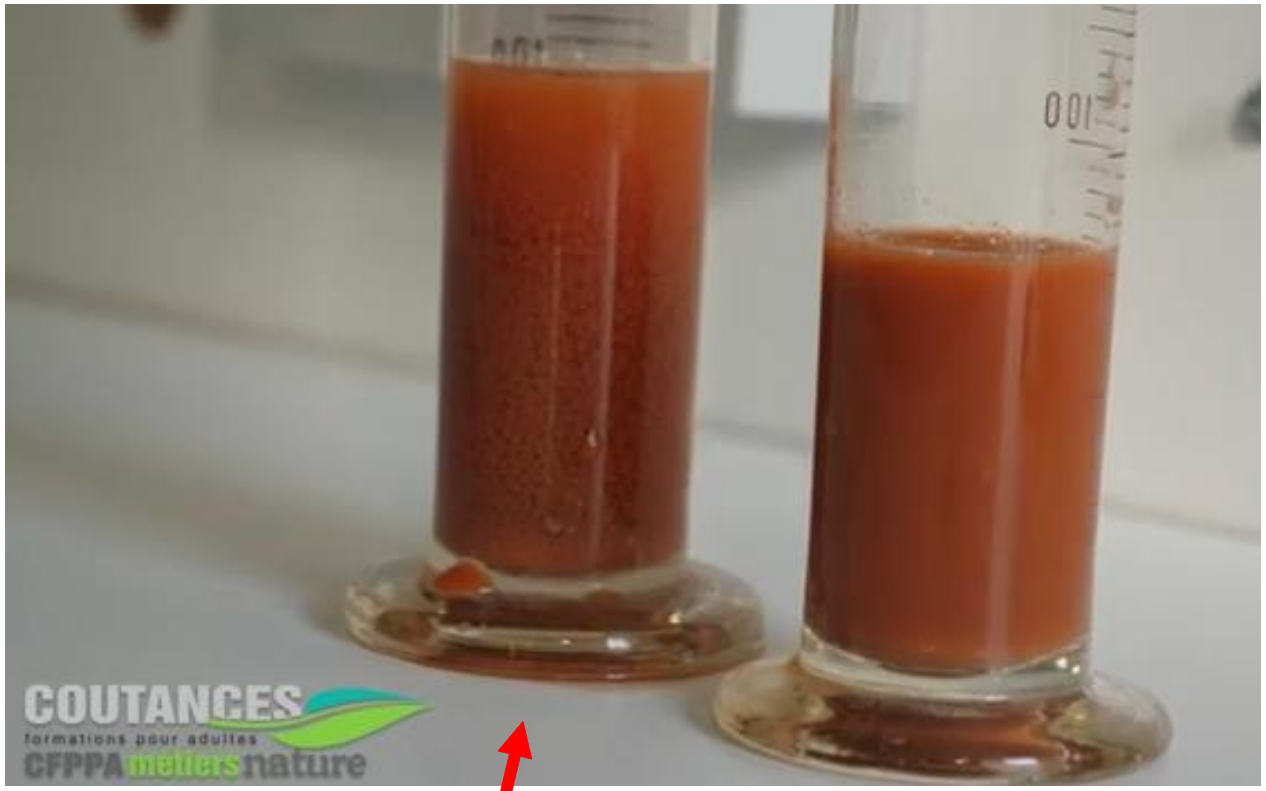
CHLORITE $Mg_5(Al, Fe)\,(OH_8)\,(Al, Si)_4\,O_{10}$



https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/argiles.

Les argiles, suspension colloïdale susceptible de floculer

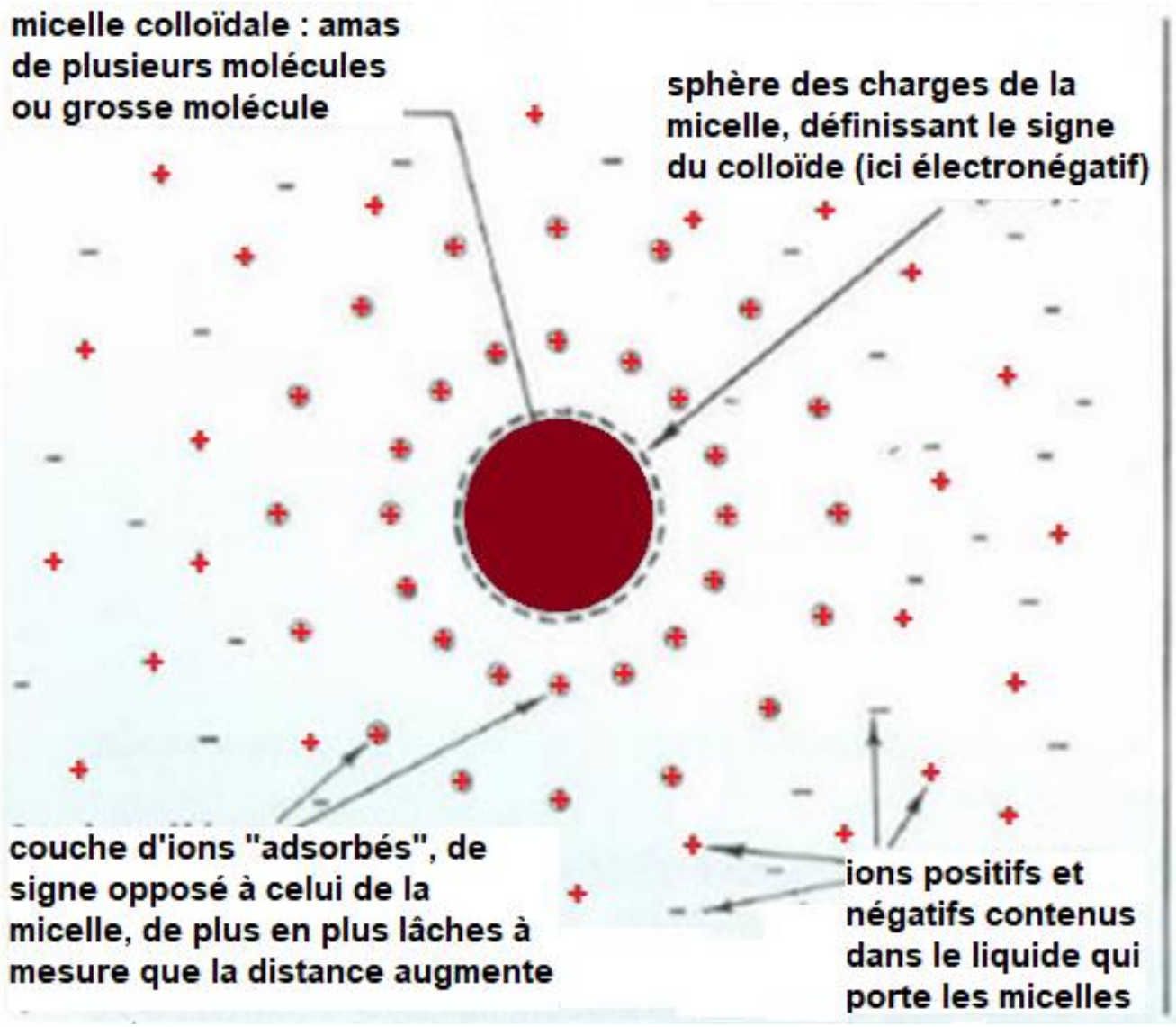




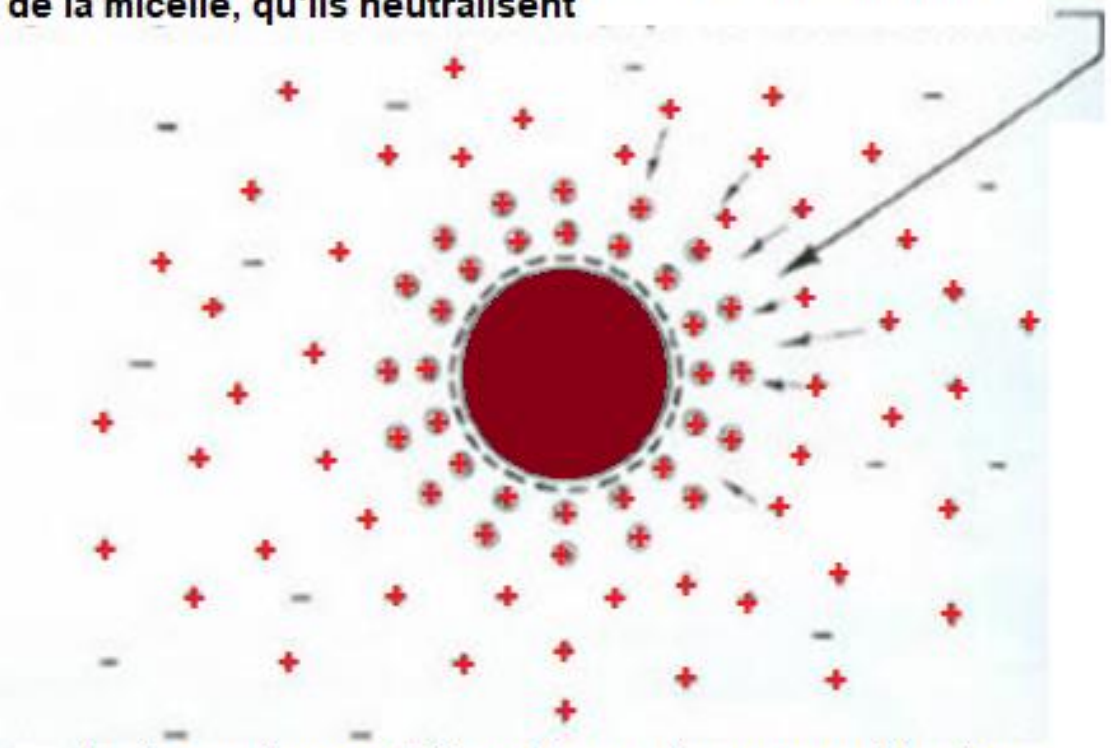
Avec ajout de Ca^{2+}

https://fr.wikipedia.org/wiki/Floculation#/media/Fichier:Dispersion_colloidale.jpg. https://www.cfppa-coutances.com

Document 11. Principe de la floculation.

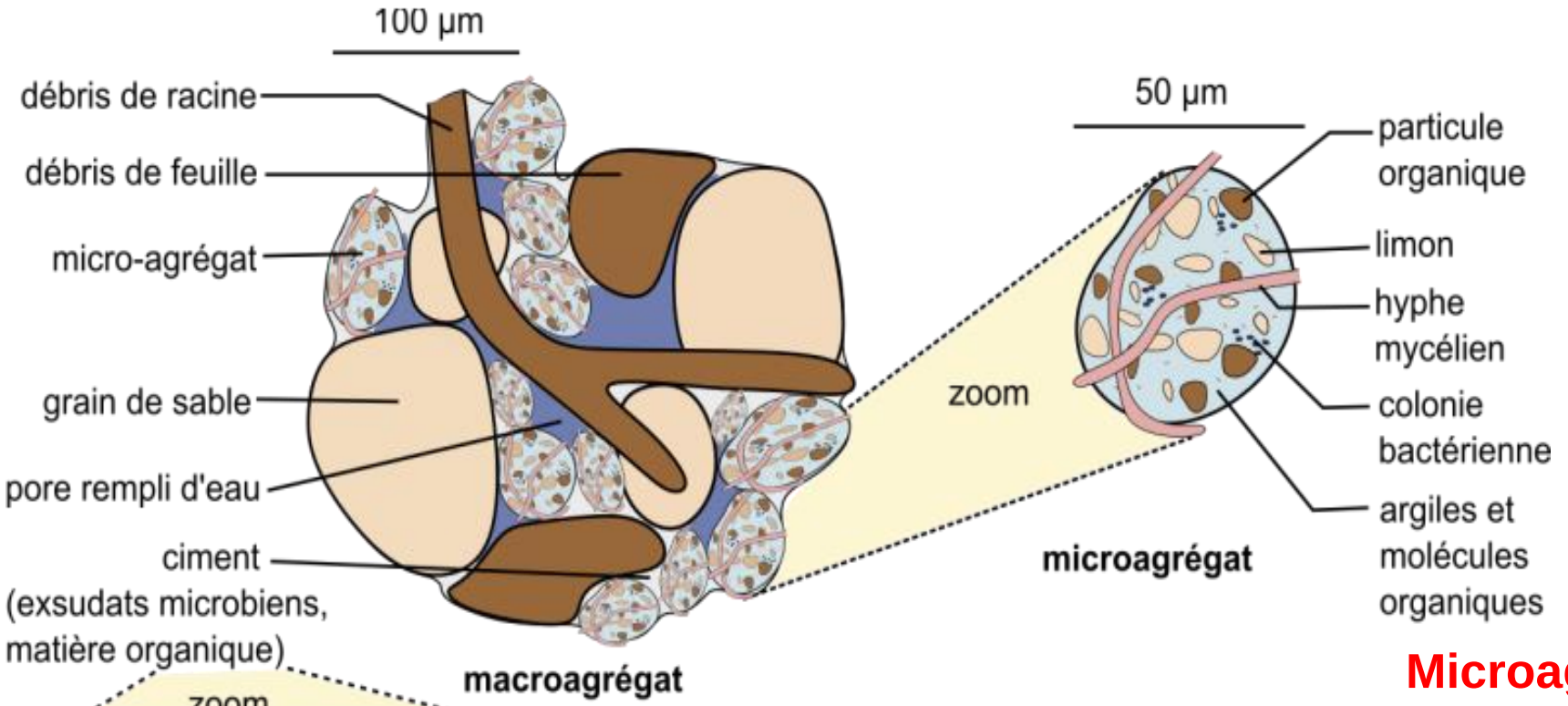


La floculation se produit quand les ions positifs asdorbés sont refoulées par les ion spositifs du liquide (par suite de l'augmentation de ceux-ci) vers les charges négatives de la micelle, qu'ils neutralisent

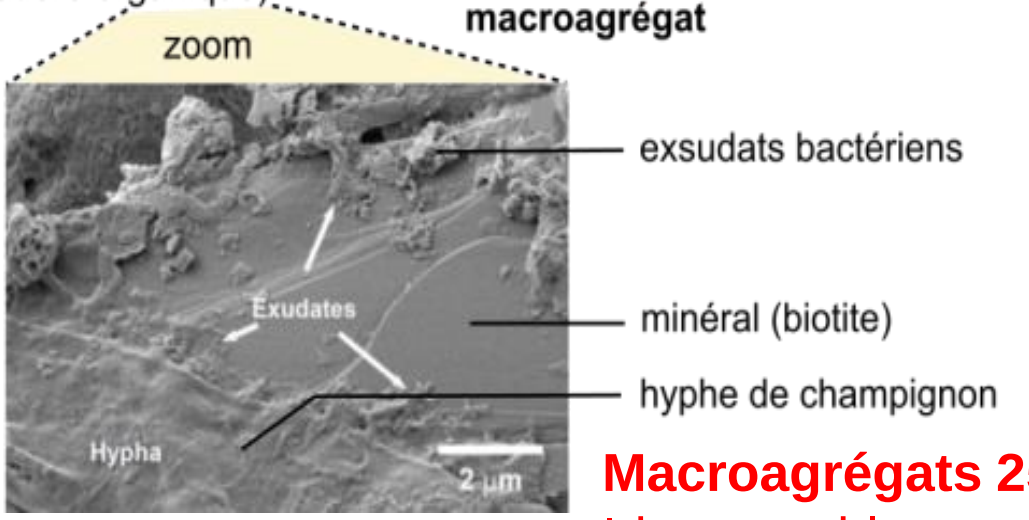


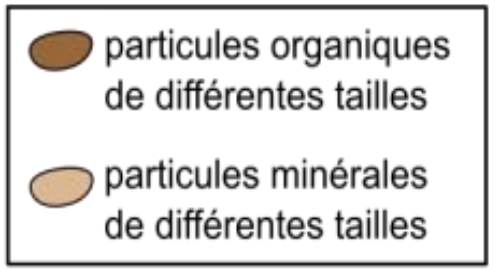
la dispersion peut être obtenue à nouveau si les ions positifs s'écartent des charges négatives de la micelle. Il suffit pour cela d'éliminer du liquide les ions positifs floculants. La floculation est réversible.

Document 12. Agrégats au sein d'un sol.



Microagrégats 2 – 250 µm
MO + argiles + limons fins

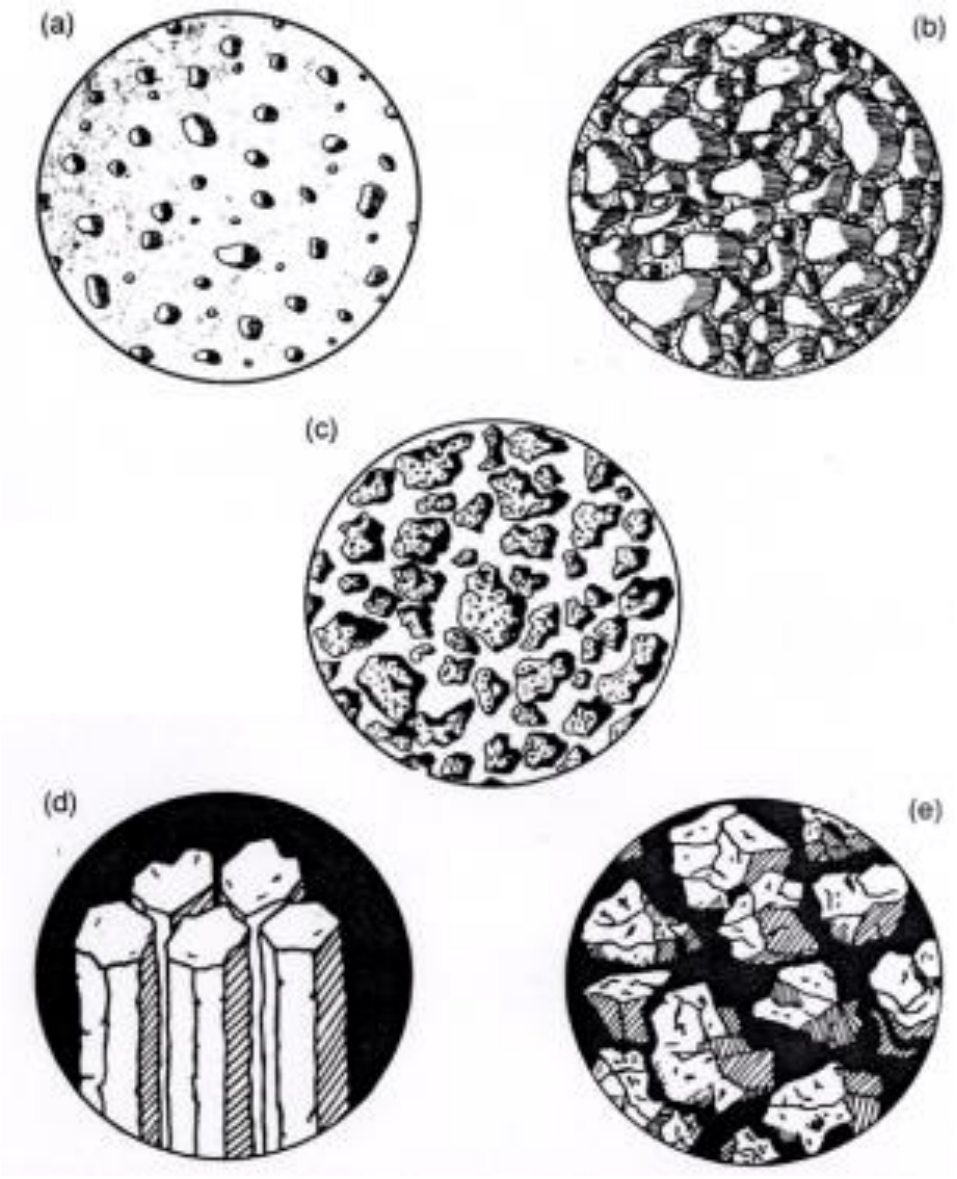




Macroagrégats 250 – 2500 µm
Idem + sables grossiers + mycélium

Source A. Bouffier

Diversité des structures des sols

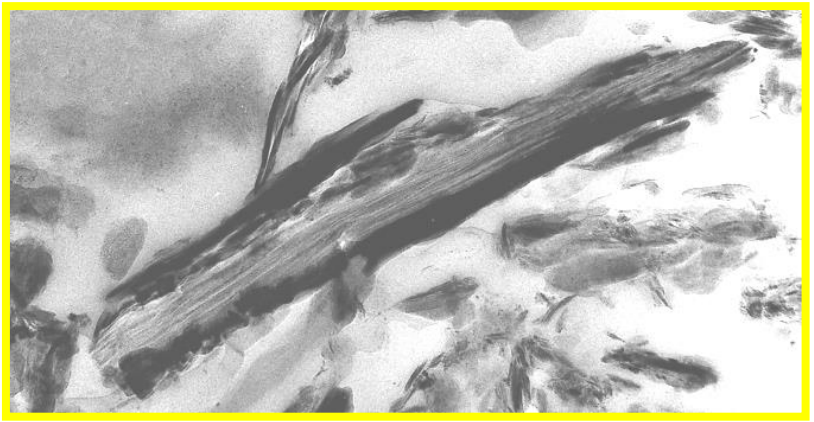


a massive
b particulaire
c grumeleuse
d prismatique
e polyédrique

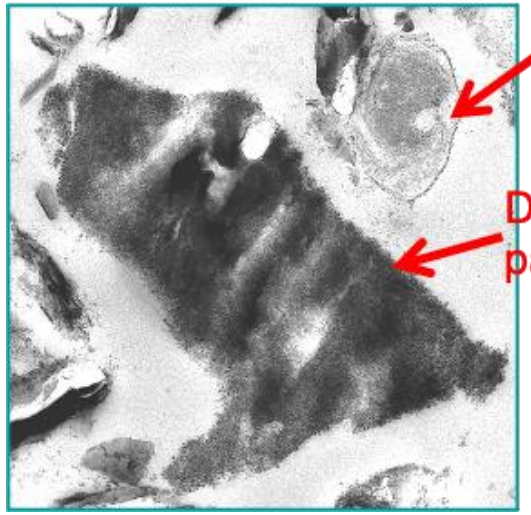
Gobat et al., 1998 D'après Soltner 1995

L'humus est associé aux minéraux (« complexe argilo-humique »)

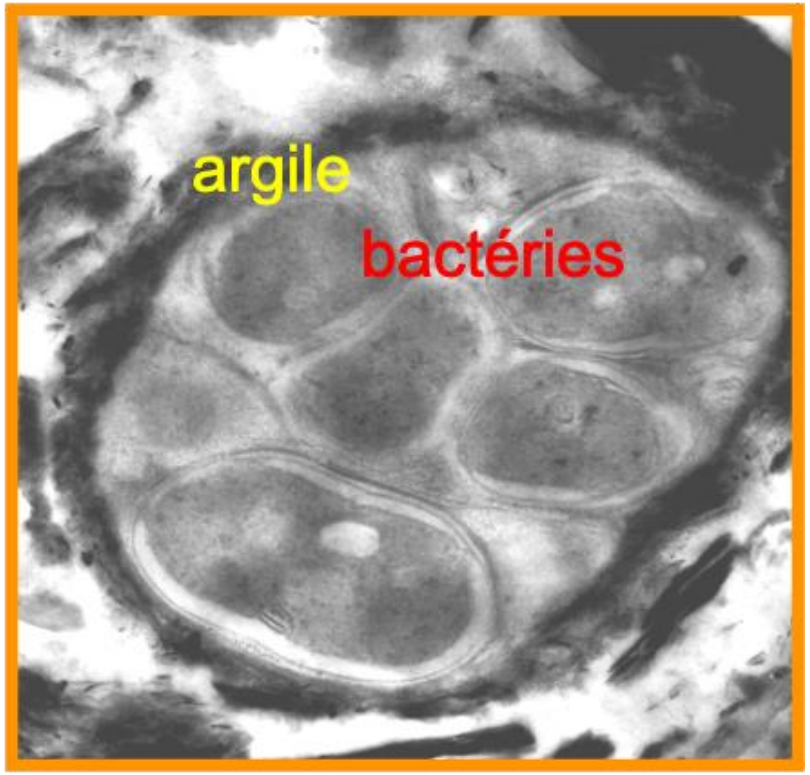
Particules minérales

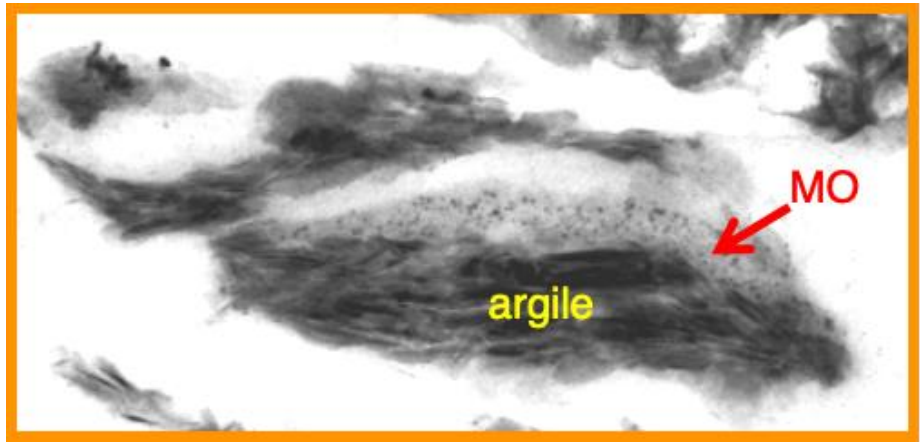


Particules organiques

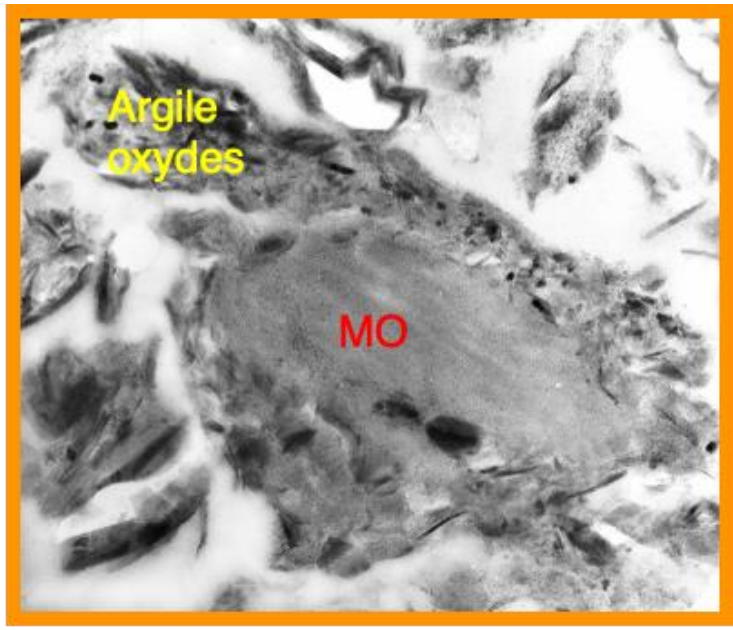


Associations organo-minérales





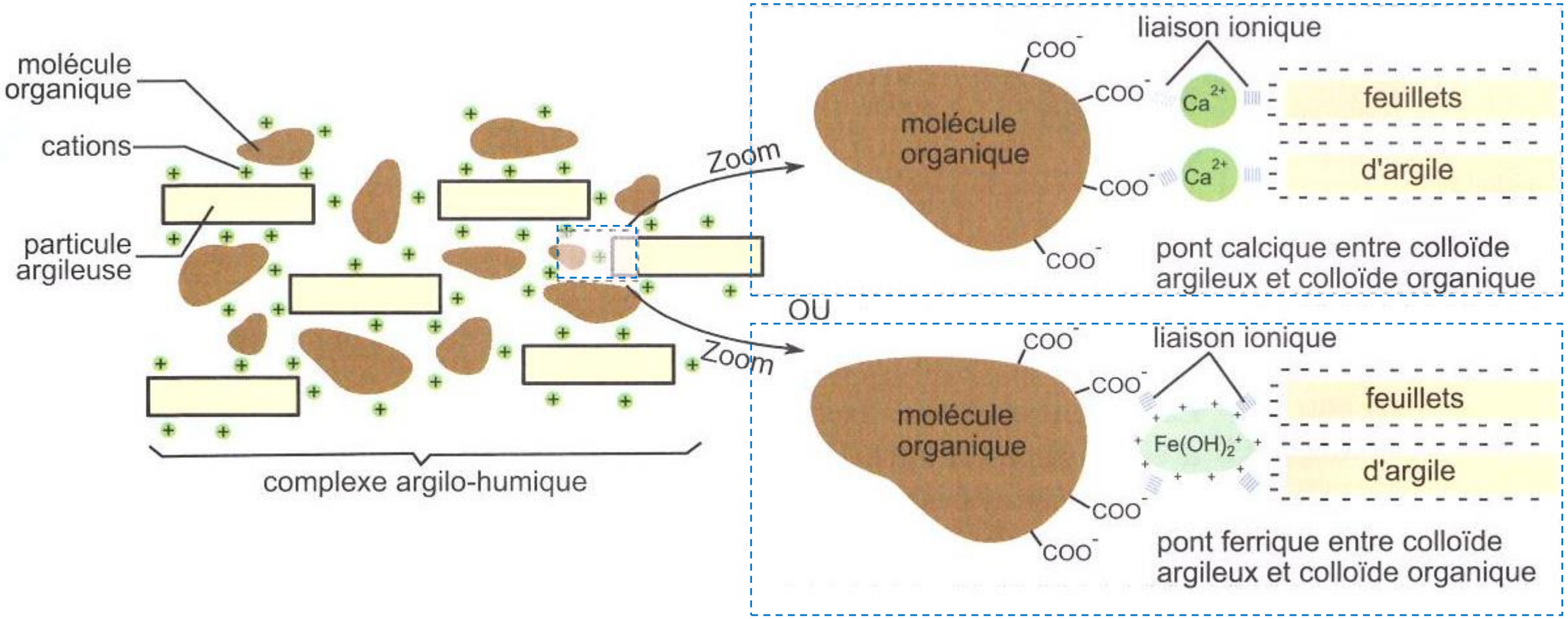
1 µm



Fraction < 2 µm d'un sol séparée sans destruction de la matière organique. Ex. sol limoneux cultivé, 0-30 cm, 1% C. MET.

Sources: Chenu, 2001, C.R. Acad Agric Fr
Chenu & Plante 2006, EuropJSoilSci

<u>Document 13</u>. Structure du complexe argilo-humique (CAH).

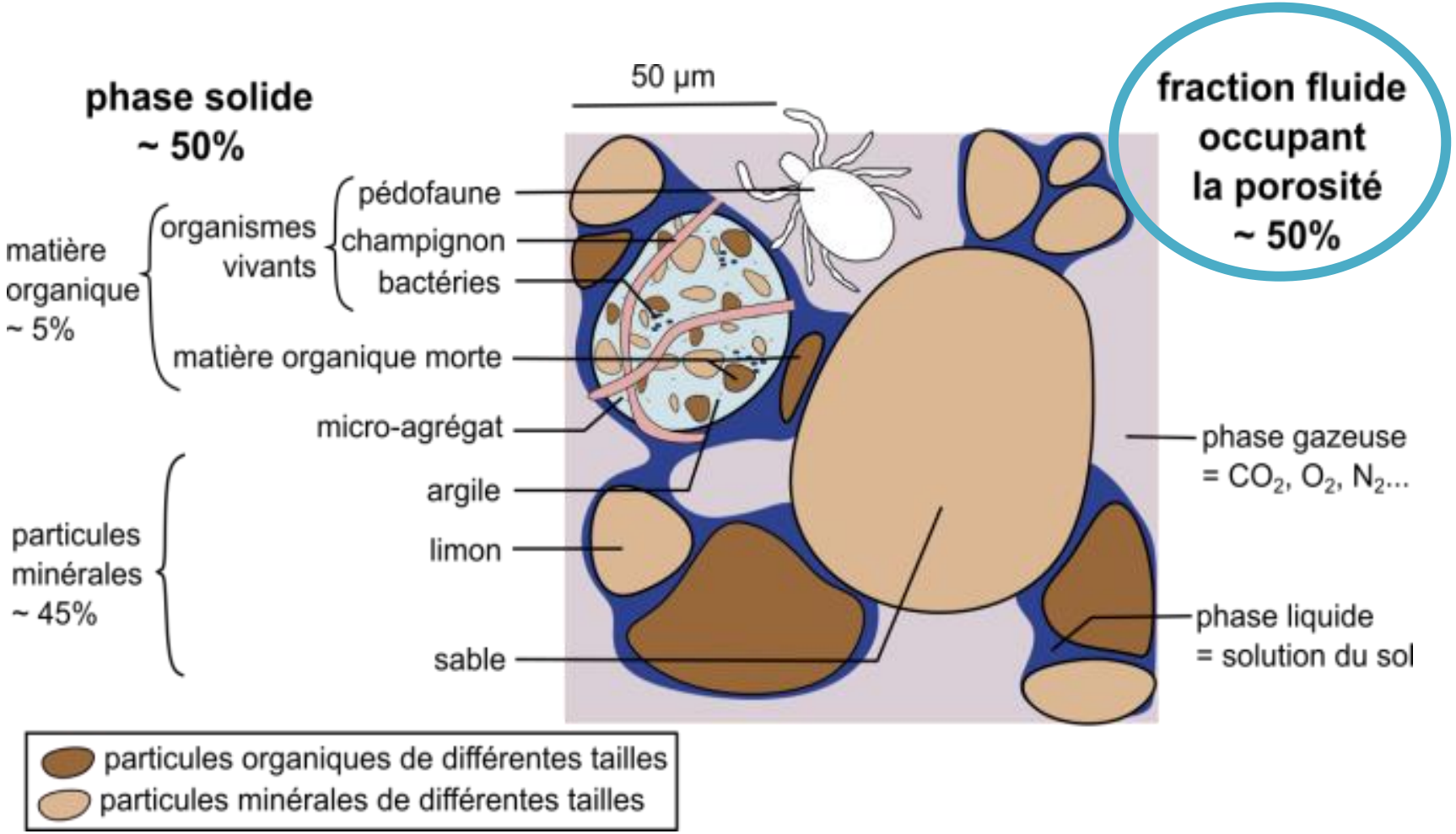


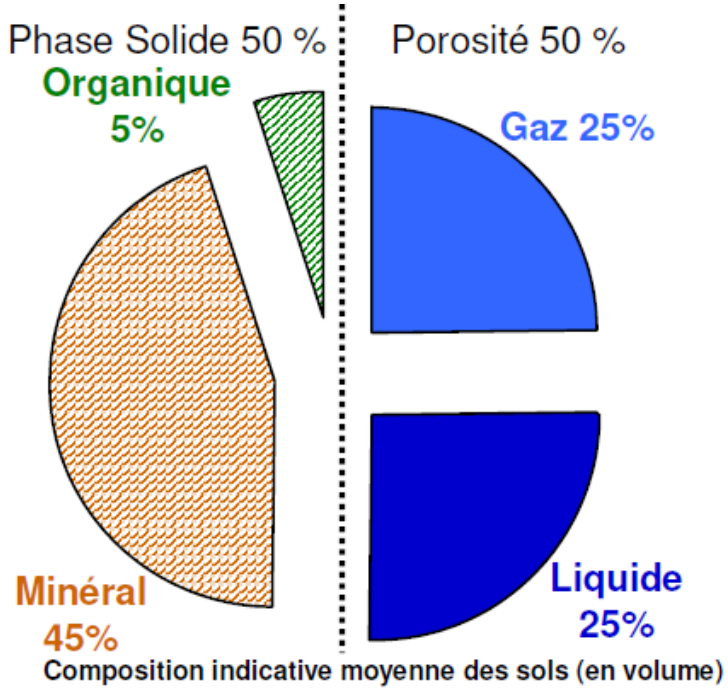
Effet du complexe argilo-humique sur la porosité du sol

Porosité moyenne

Porosité élevée
Forte agrégation

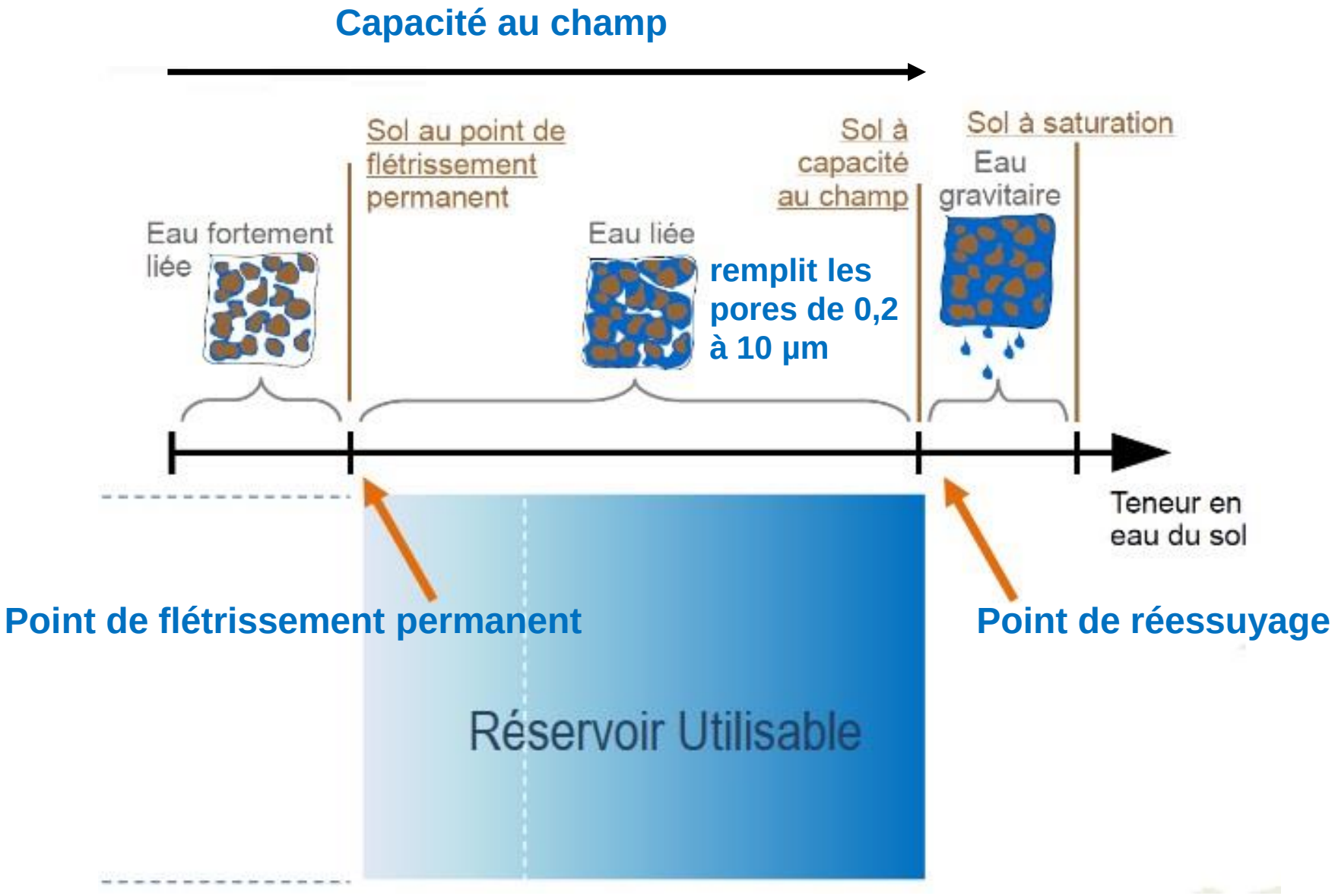
Partie 2 : les phases fluides des sols





Source A. Bouffier

Document 14. Les phases fluides du sol.

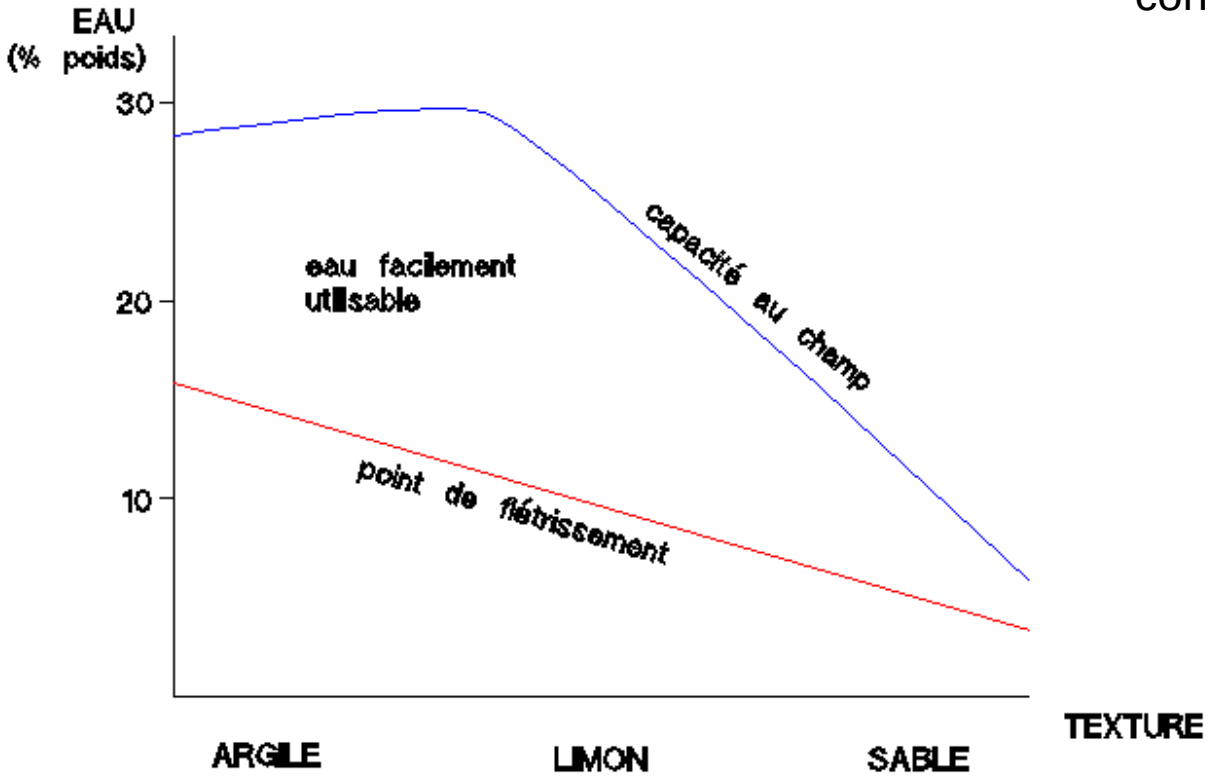


Document 15. Texture et propriétés du sol vis-à-vis de l'eau.

Sol	Point de flétrissement	Capacité au champ	Eau disponible pour la plante
Argile	0,28	0,44	0,16
Terre argileuse	0,23	0,44	0,21
Terre grasse	0,14	0,36	0,22
Terre sableuse	0,08	0,22	0,14
Sable	0,05	0,15	0,10

Point de flétrissement, capacité au champ et eau disponible pour la plante en fonction de différents types de sols.

Les valeurs sont exprimées selon le rapport (volume de l'eau contenue/volume du sol).



inspiré de ROWELL, 1994

<u>Document 16</u>. Le potentiel hydrique du sol Ψ.

- **quantifie l'état de liaison de l'eau dans le sol**
- correspond à une énergie rapportée à une unité de volume, **en $J.m^{-3}$ = $N.m.m^{-3}$ = Pa**

→ peut être exprimé comme **l'opposé de la pression à exercer pour extraire l'eau d'un compartiment**

$$\Psi = \Psi p + \Psi s + \Psi m + \Psi g$$

Avec :

Ψ p : potentiel hydraulique, pression exercée par une colonne d'eau en mouvement dans le sol, sa valeur est nulle

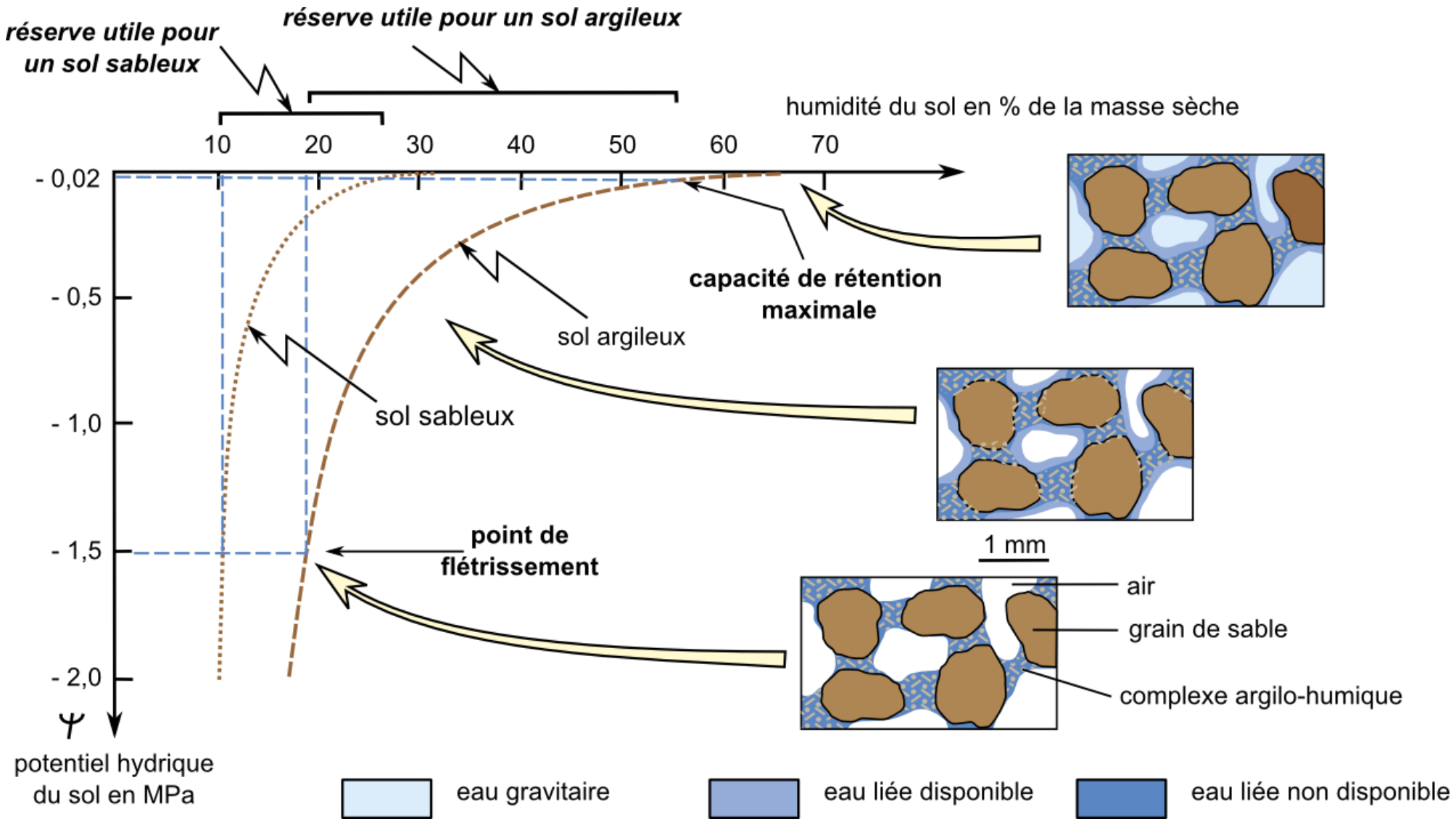
Ψ s (= Ψ o) : potentiel osmotique, lié à la concentration en solutés, négligeable dans le sol sauf si salinité importante

Ψ m : potentiel matriciel = forces de rétention de l'eau par les particules solides (colloïdes) du sol = forces de capillarité, proportionnelles à la tension superficielle et inversement proportionnelles au rayon de courbure du ménisque, et forces de liaison aux particules

Ψ g : potentiel de gravité ρgh, négligeable pour un sol non saturé.

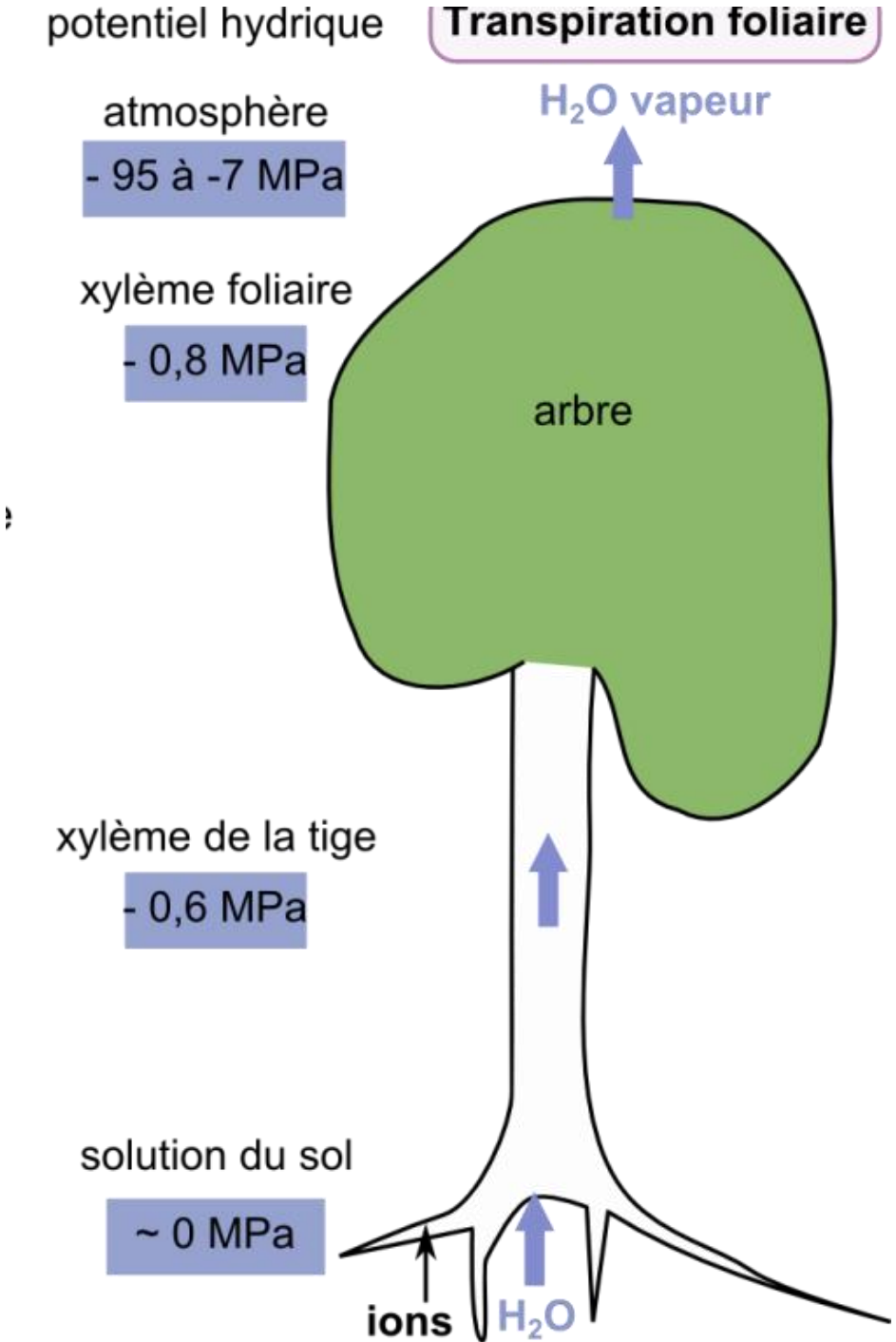
→ Ψ sol dépend essentiellement de Ψ m

<u>Document 17</u>. Évolution du potentiel hydrique Ψ du sol en fonction de l'humidité et représentation des diverses fractions d'eau.



Peycru & al. Biologie BCPST2. Dunod 2014

<u>Document 18</u>. Gradient de potentiel hydrique entre l'air atmosphérique et la solution du sol.



Peycru & al. Biologie BCPST2. Dunod 2014

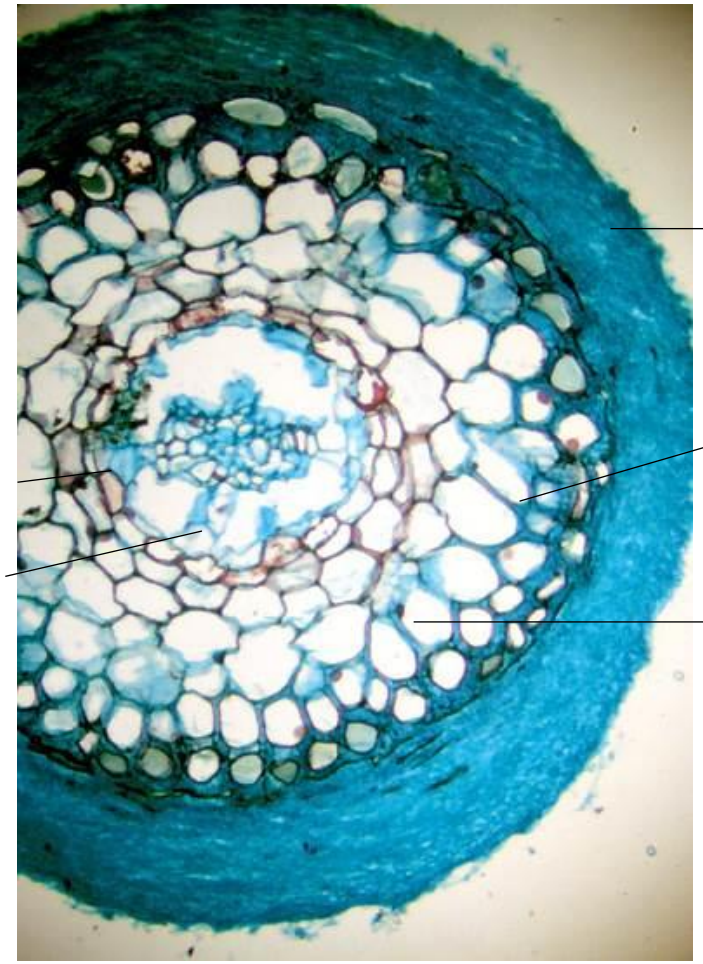
Mycorhizes (vue externe)

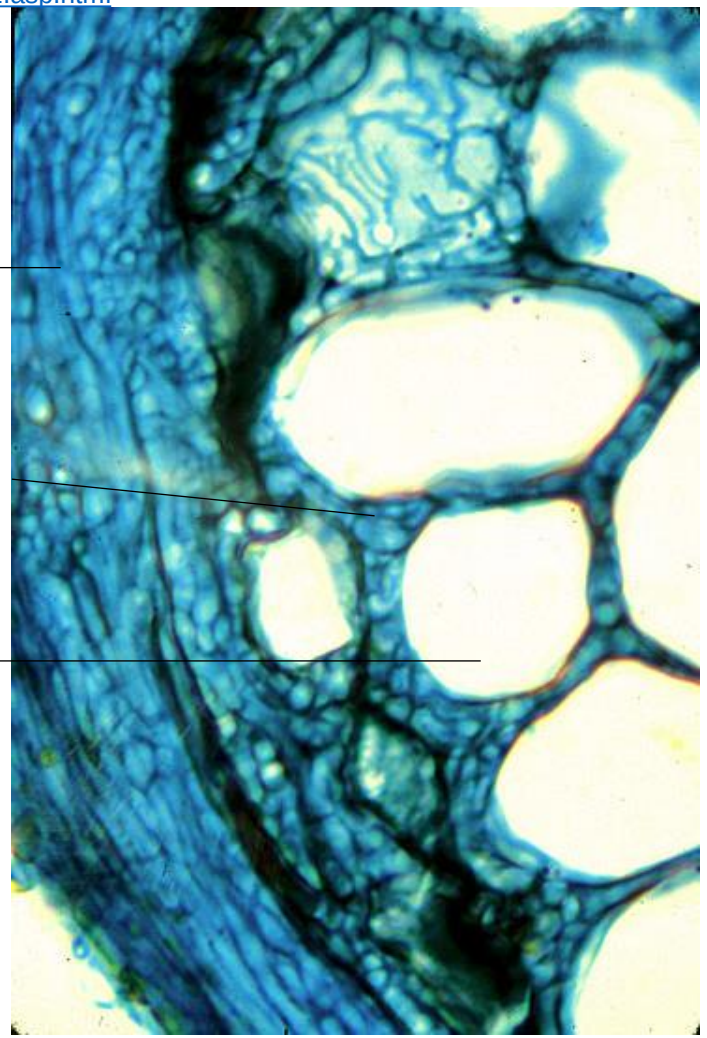
Hyphes
extra-racinaires

Racine latérale courte
recouverte d'un manchon

Coupe transversale d’une racine mycorhizée

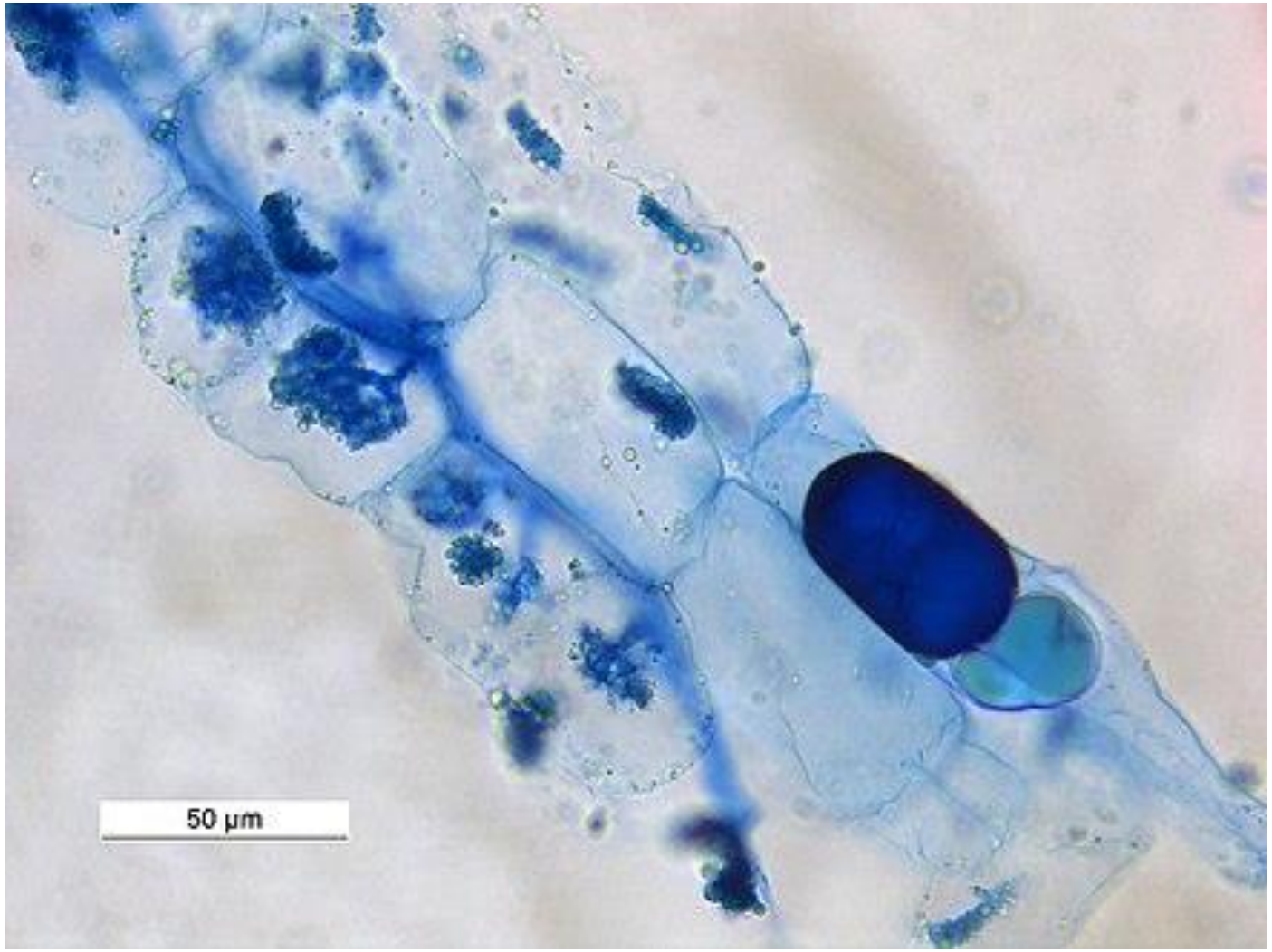
http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/mycorrhizae2.asp.html





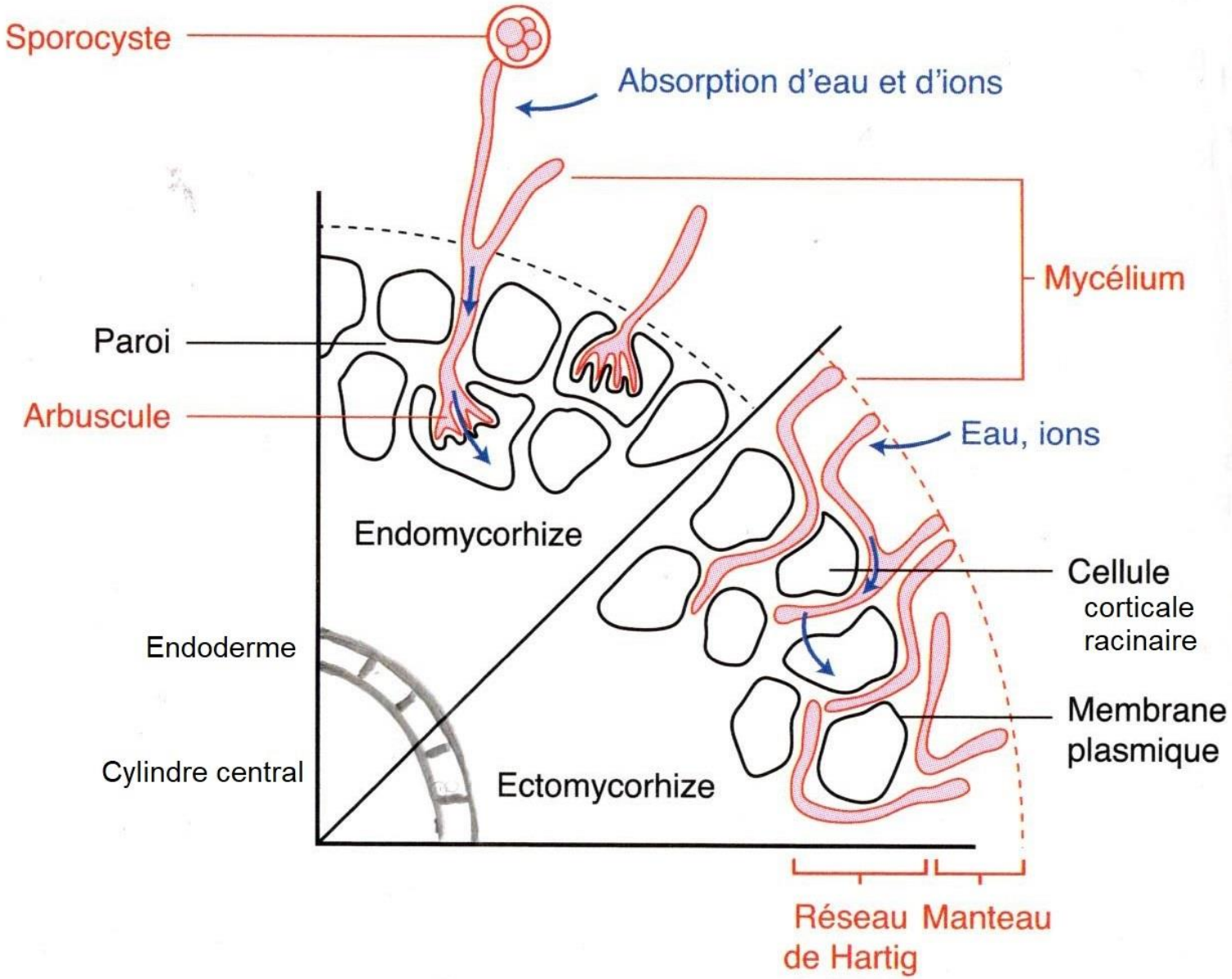
Ectomycorhize

Endomycorhize

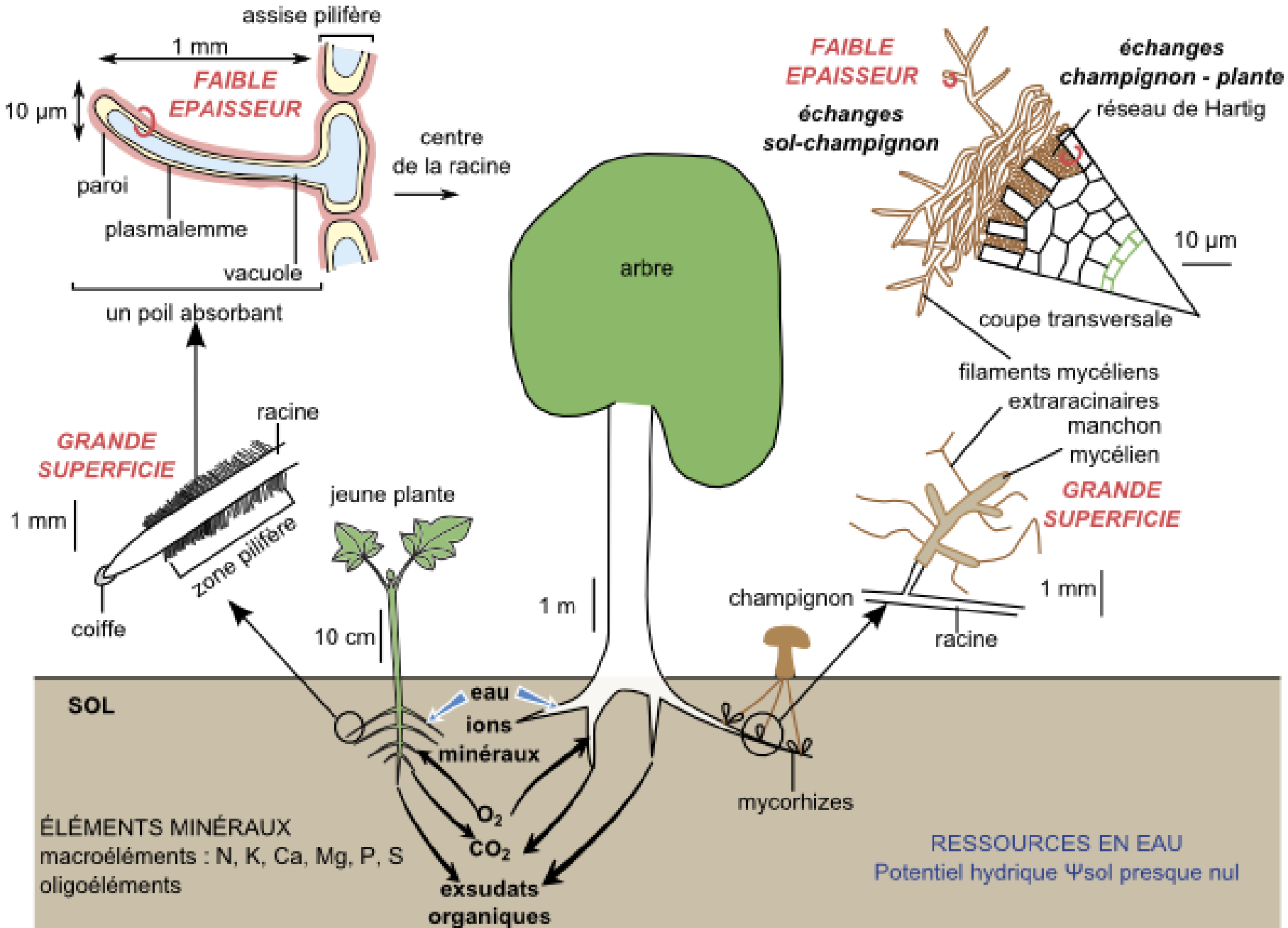


https://stringfixer.com/fr/Arbuscular_mycorrhizas

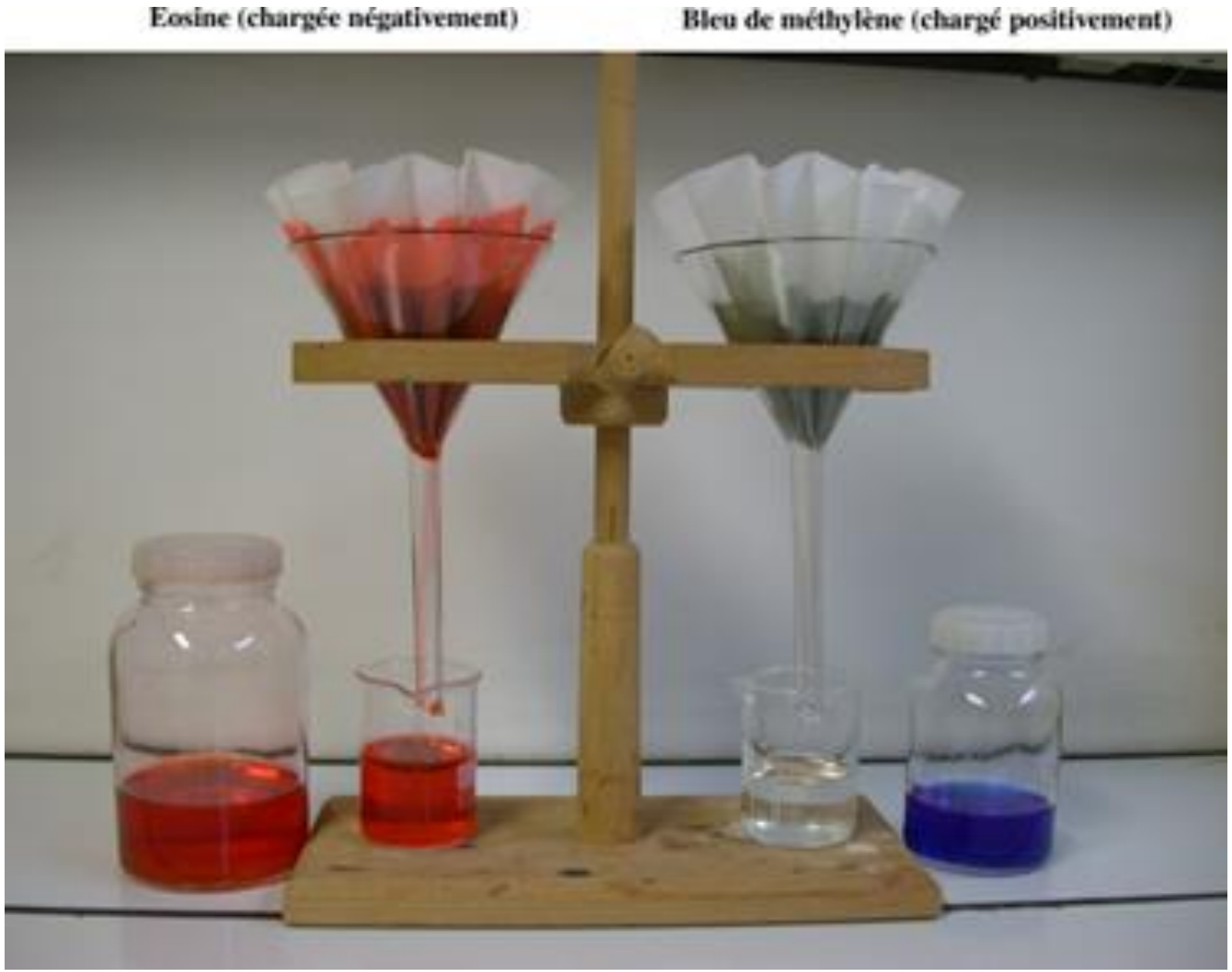
Endo- et ectomycorhize



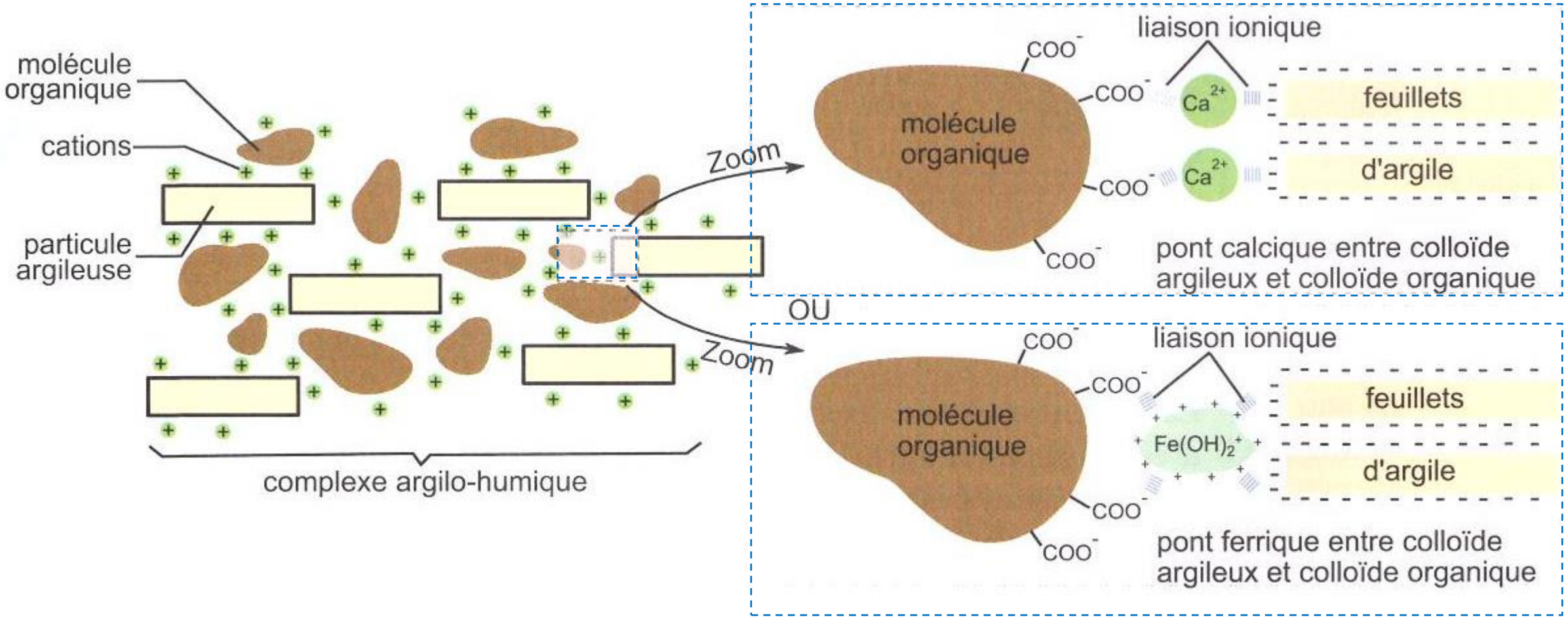
Les surfaces d'échanges des Angiospermes avec le sol



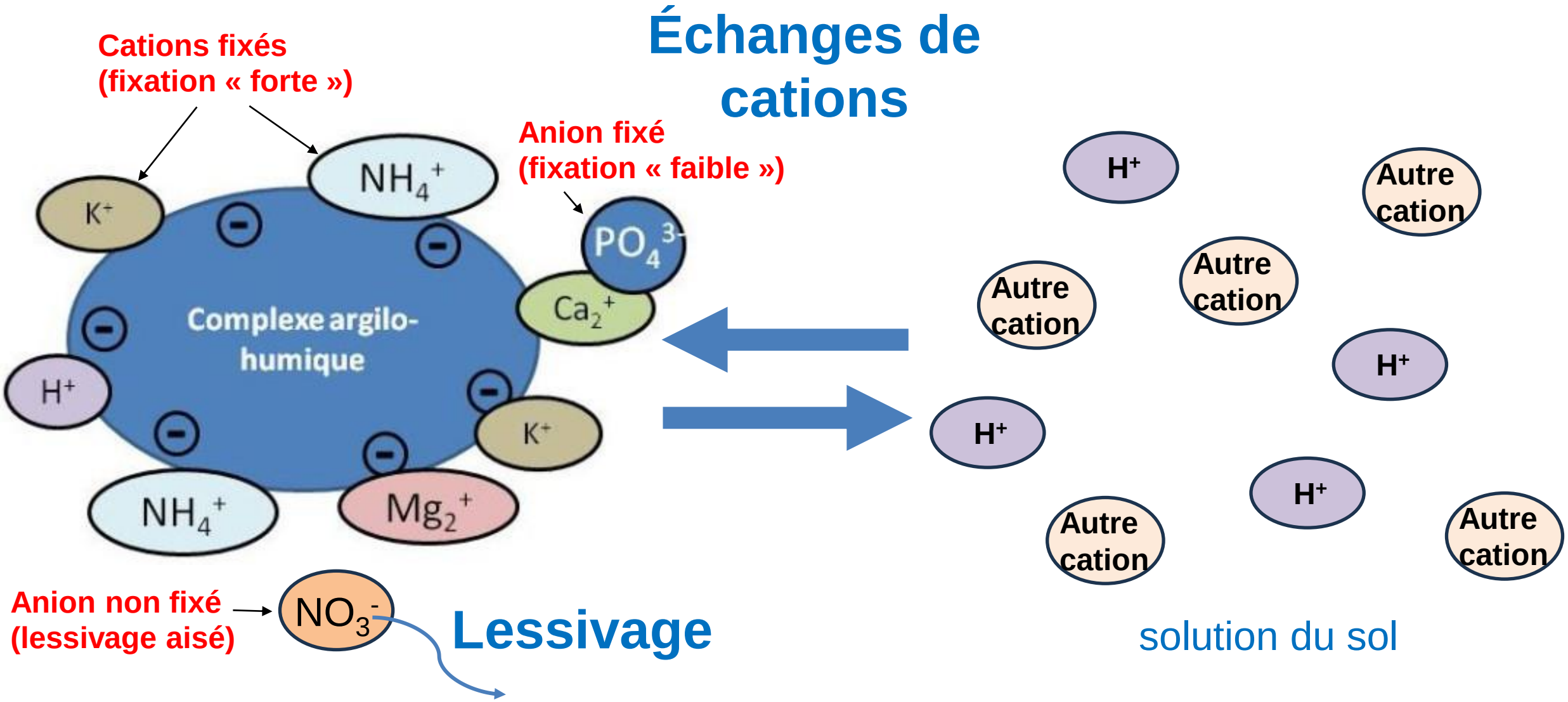
Mise en évidence de la rétention d'ions par le sol et les complexes argilo-humiques



<u>Document 13</u>. Structure du complexe argilo-humique (CAH).



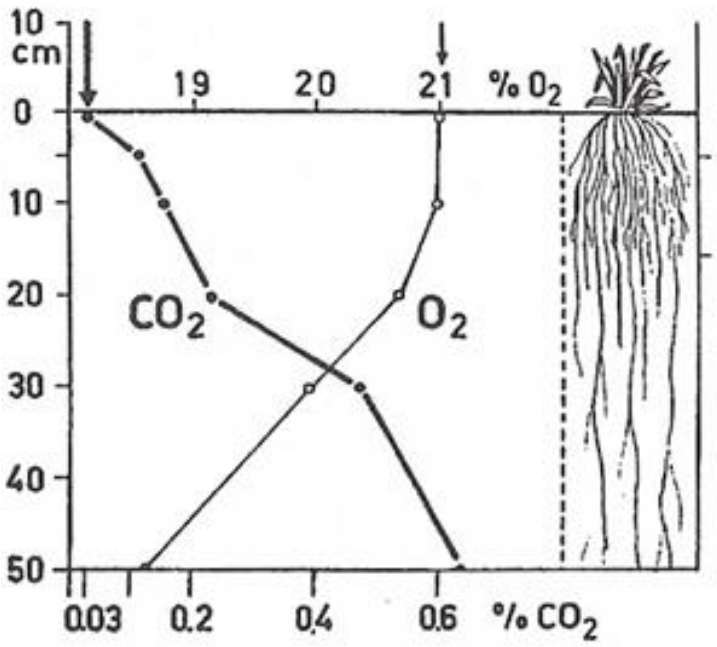
Document 19. Les CAH : une réserve de cations échangeables.



D'après https://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/1_3_1_5complexe_argilo_humique.html

Document 20. Composition de l'air du sol et de l'atmosphère extérieure.

Constituant	Air du sol (%)	Atmosphère extérieure (%)
Azote	78,5 à 80	78
Oxygène	18 à 20,5 en sol bien aéré 10 après une pluie 2 en structure compacte 0 dans des horizons réduits	21
Dioxyde de carbone	0,2 à 3,5 5 à 10 dans la rhizosphère	0,03
Vapeur d'eau	Généralement saturé	Variable
Gaz divers	Traces de H_2, N_2O, Ar en anoxie NH_3, H_2S, CH_4	1 (surtout Ar, autres en traces)



JM GOBAT et coll. « Le sol vivant » Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998

Production par les sols de gaz à effet de serre

Constituant	Air du sol (%)
Azote	78,5 à 80
Oxygène	18 à 20,5 en sol bien aéré 10 après une pluie 2 en structure compacte 0 dans des horizons réduits
Dioxyde de carbone	0,2 à 3,5 5 à 10 dans la rhizosphère
Vapeur d'eau	Généralement saturé
Gaz divers	Traces de H_2, N_2O, Ar en anoxie NH_3, H_2S, CH_4

Gaz à effet de serre

Contribution des GES à l'effet de serre

Gaz à effet de serre	CO_2	CH_4	N_2O
Pouvoir relatif d'absorption du rayonnement infrarouge, par unité de volume, ramené à celui du CO_2	1	32	160
Contribution relative (en %) à l'effet de serre additif	55	15	4

JM GOBAT et coll. « Le sol vivant » Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998
D'après Dautray (1991) in : https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/methanogenese.xml MA Selosse

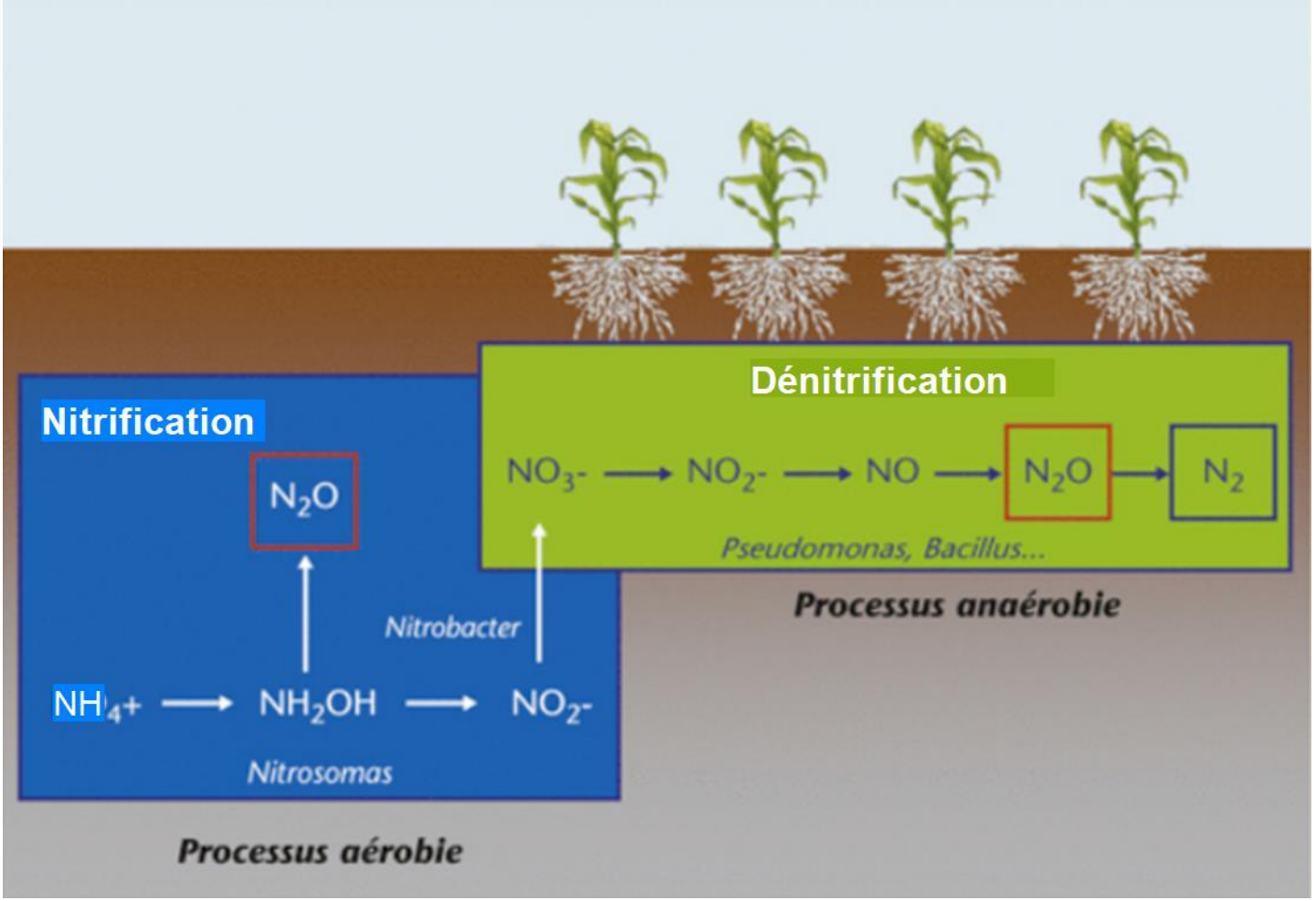
<u>Document 21</u>. La production biologique de gaz à effet de serre dans les sols.

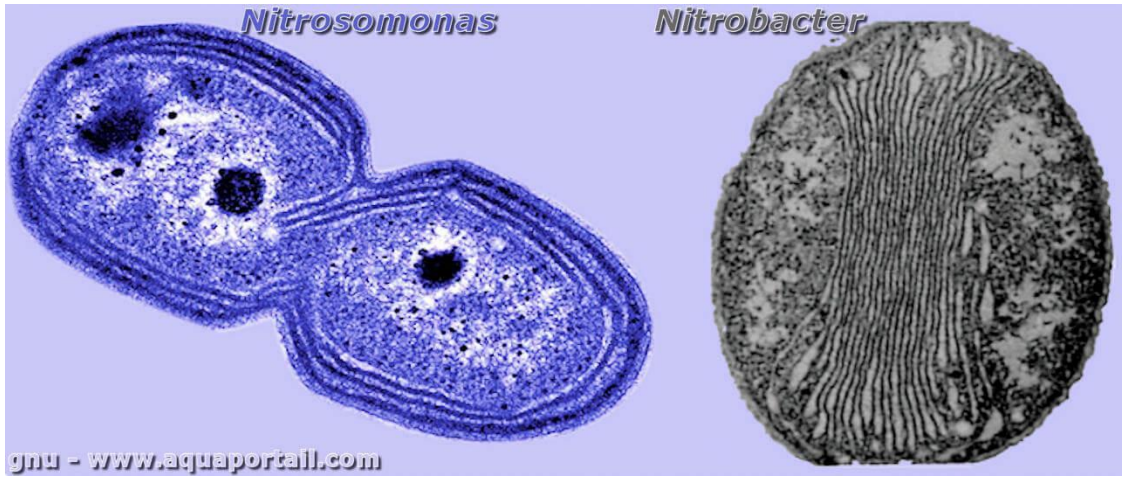
- **CO_2 :** produit **par la respiration cellulaire** – 2/3 de la production due à l'activité microbienne

- **CH_4 :** produit par les archées méthanogènes
  - → **Par réduction du CO_2** :
    $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ (H_2 produit par fermentation)
  - → Par réduction de composés organiques :
    CH_3COOH (acide acétique) $\rightarrow CH_4 + CO_2$
    4 HCOOH (acide formique) $\rightarrow CH_4 + 3\ CO_2 + 2\ H_2O$

- **N_2O :** deux processus de production, par des bactéries :
  - →**La nitrification** de l'ammonium en nitrite puis en nitrate
  - →**La dénitrification**

<u>Document 21</u>. La production biologique de gaz à effet de serre dans les sols.





Les deux étapes de la nitrification :

Nitrosation :

$$NH_3 + O_2 \rightarrow NO_2^- + 3H^+ + 2e^-$$

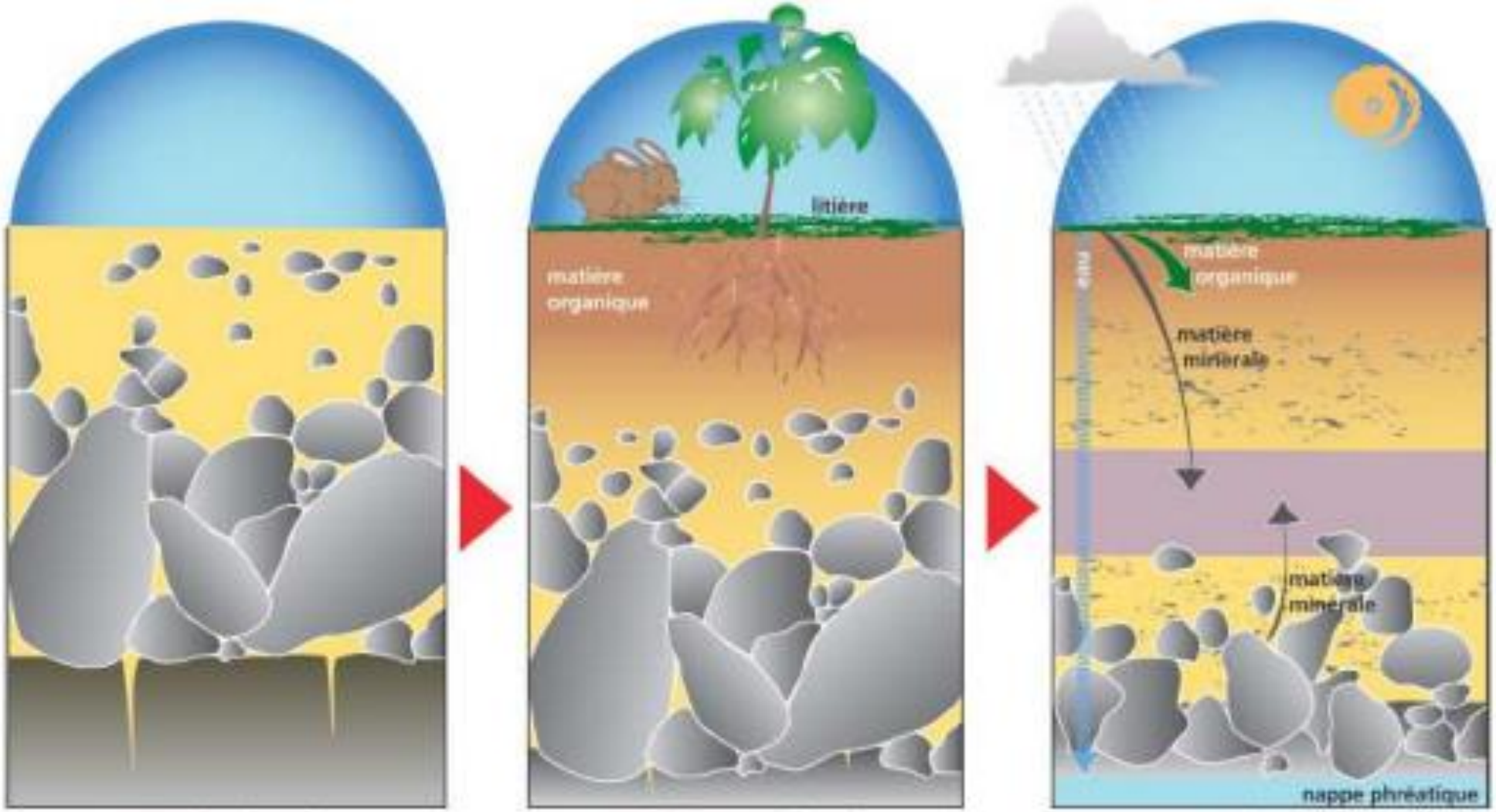
(Nitrosomonas)

Nitratation :

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$

(Nitrobacter)

Partie 3 : le sol, un ensemble dynamique



Formation du sol par altération de la roche mère

Enrichissement du sol par les matières organiques végétales et animales

Migrations et accumulations

Gis Sol, 2011

Les trois étapes de la mise en place d'un sol

- **<u>L'altération de la roche – mère</u> :**

1 - altération physique

2 - altération chimique

→ Diminution de la taille des particules

→ Formation de minéraux secondaires (argiles)

→ Libération de cations :

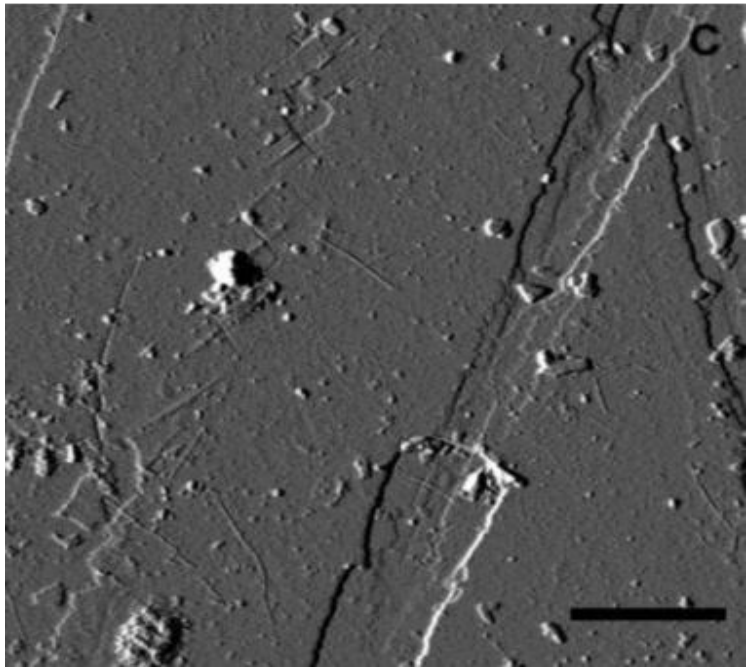
K^+ Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Si^{4+} Fe^{2+} Al^{3+}

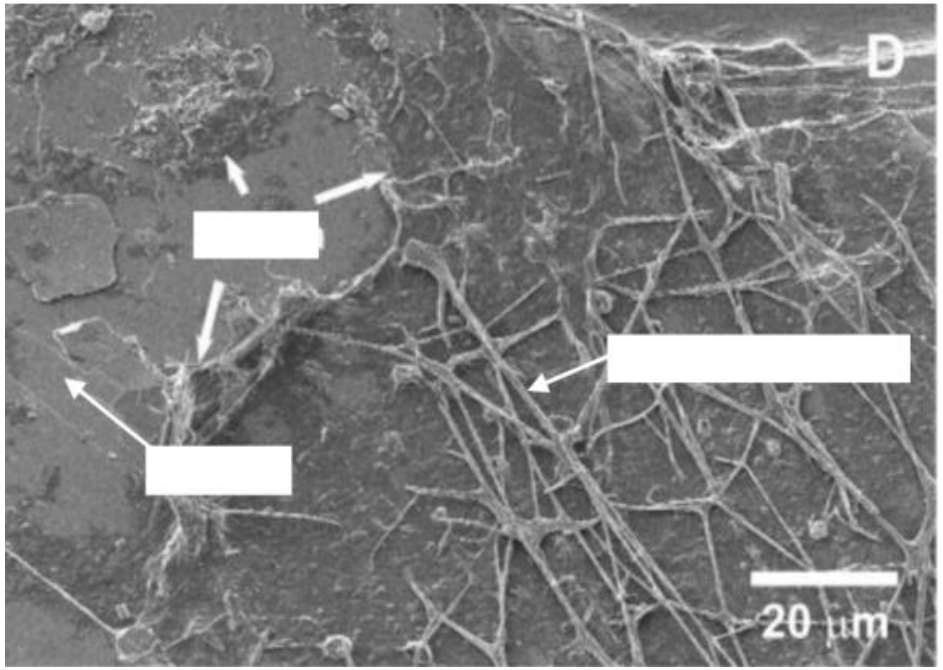
Produit de l'altération = altérite

Chaos granitique (Granite de Montagny, Rhône)

Formation de biofilms en surface des minéraux

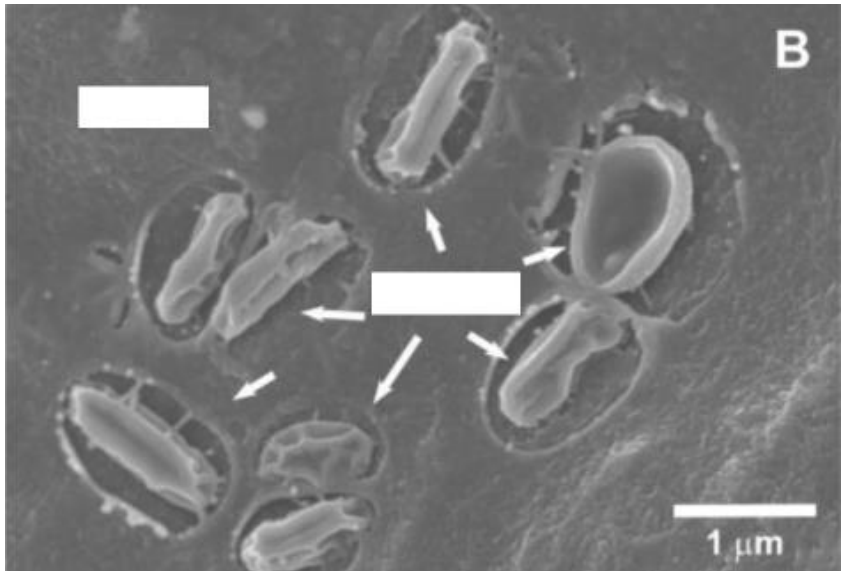
Surface d'une biotite sans biofilm

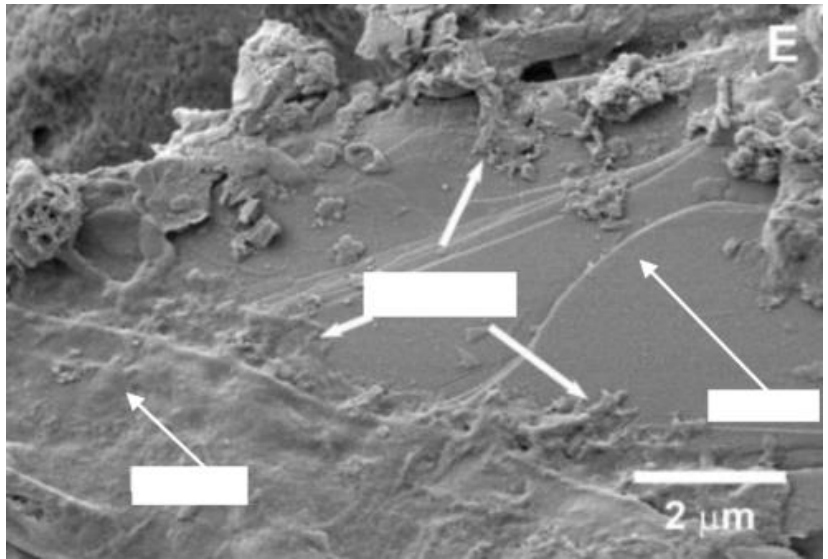




Surface d'une biotite du sol

Zoom 1 sur la biotite du sol





Zoom 2 sur la biotite du sol

La rhizosphère : interface vivant / minéral

Rhizodéposition

La coloration nettement distincte autour de la racine suggère la précipitation d'oxydes de fer.

Sécrétion de H^+ et modifications de pH

Une plantule de tabac est mise en culture sur gélose contenant un indicateur de pH (rouge de crésol).

- **<u>L'altération de la roche – mère</u> :**

1 - altération physique

2 - altération chimique

→ Diminution de la taille des particules

→ Formation de minéraux secondaires (argiles)

→ Libération de cations :

K^+ Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Si^{4+} Fe^{2+} Al^{3+}

Produit de l'altération = altérite

Chaos granitique (Granite de Montagny, Rhône)

- **<u>L'enrichissement en MO :</u>**

1 - Colonisation végétale

2 - Formation d'une litière en surface, développement de la rhizosphère…

3 – Transformations de la MO

- **Fragmentation**
- **Décomposition**
- **Minéralisation**

4 – Formation de CAH

L'altérite se transforme en terre

https://www.researchgate.net/figure/Releve-n5-en-cours-de-colonisation-par-la-vegetation-et-favorable-aux-especes-geophiles_fig2_356612968/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoiX2RpcmVjdCJ9fQ

0 — Litière = horizon organique

A — horizon organo-minéral

C — horizon minéral : roche-mère +/- altérée

- **<u>La structuration du sol :</u>**

Formation des horizons

→ **Résultent de transferts variés**

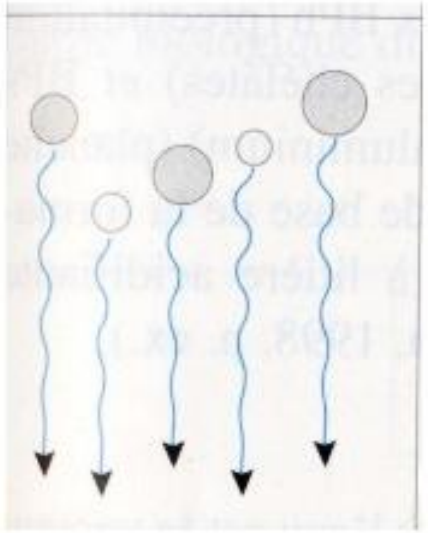
→ **Impacts sur la circulation de l'air, de l'eau**

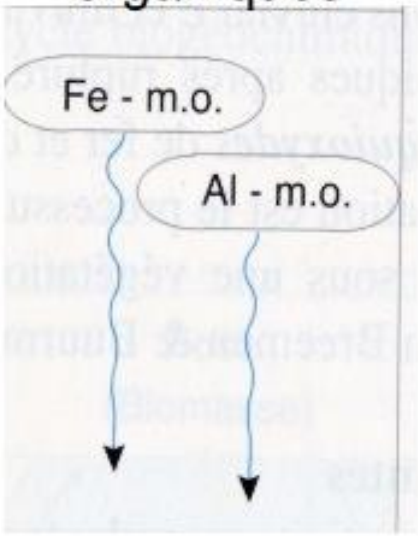
<u>Document 22</u>. Principaux transferts de matière dus à l'eau dans un sol.

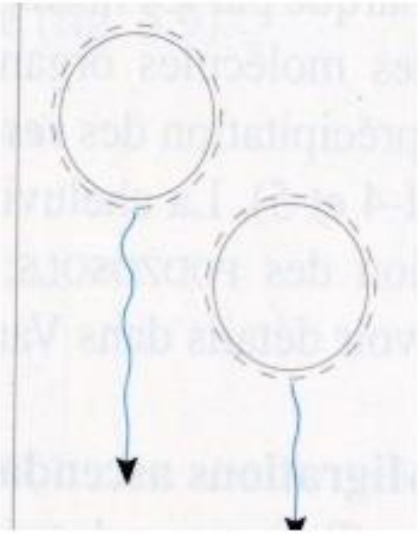
a. Mouvements descendants

Lorsque précipitations > évapotranspiration

	Lixiviation	Cheluviation	Eluviation Illuviation	Lessivage
Type	dissous	dissous	particulaire	
Forme	ionique	Complexe avec matières organiques	MO ou argiles (colloïdes)	



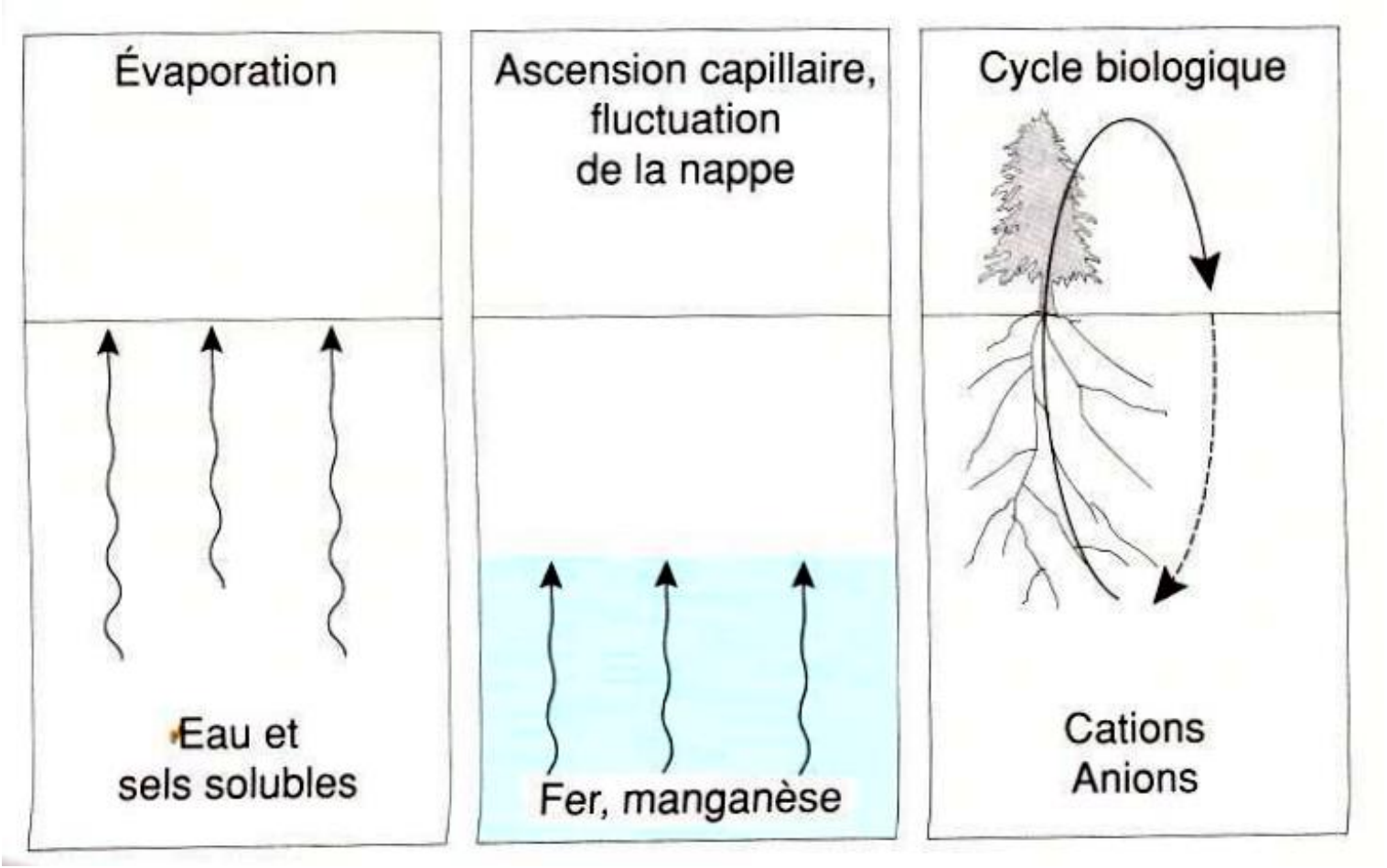




<u>Document 22</u>. Principaux transferts de matière dus à l'eau dans un sol.

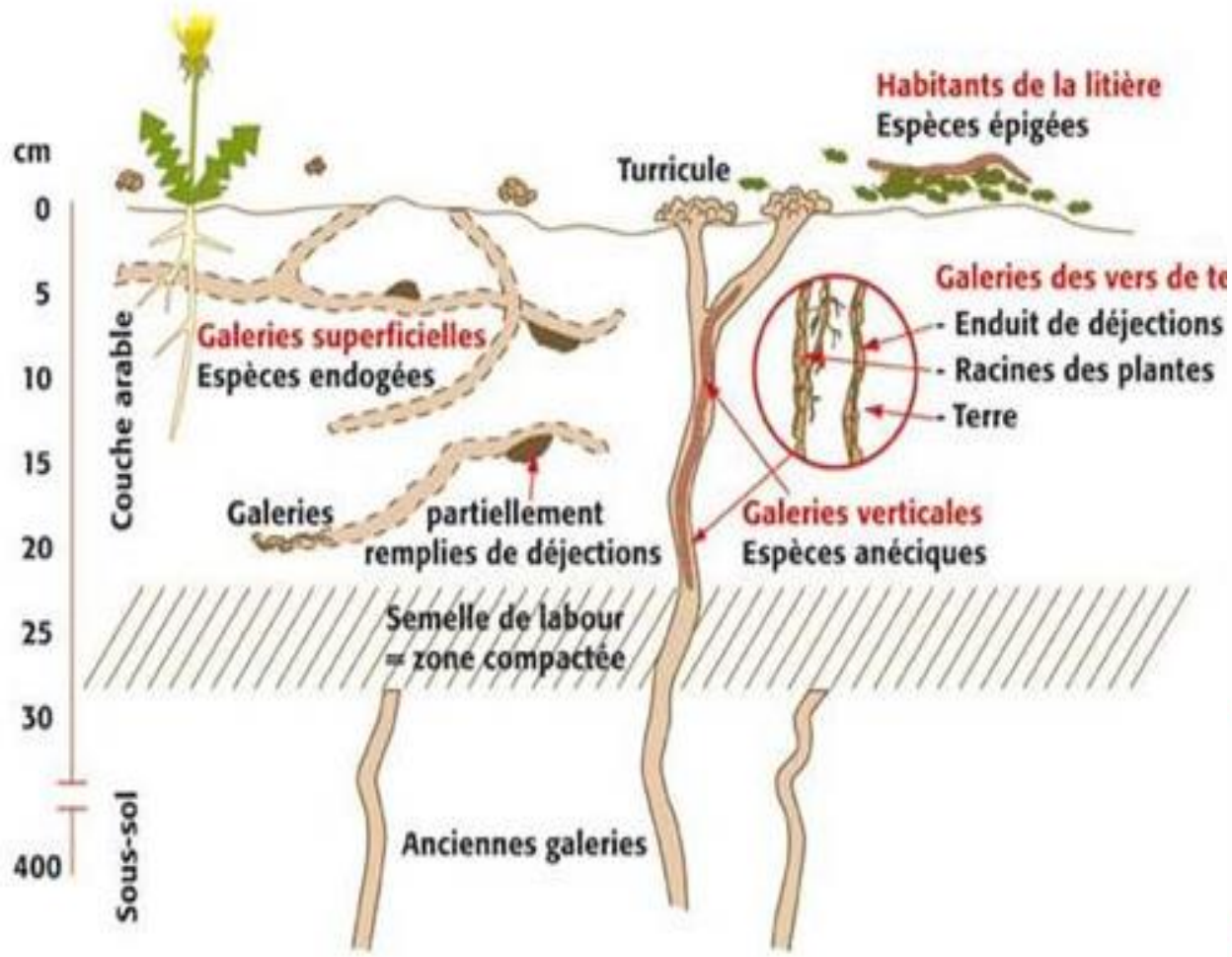
b. Mouvements ascendants

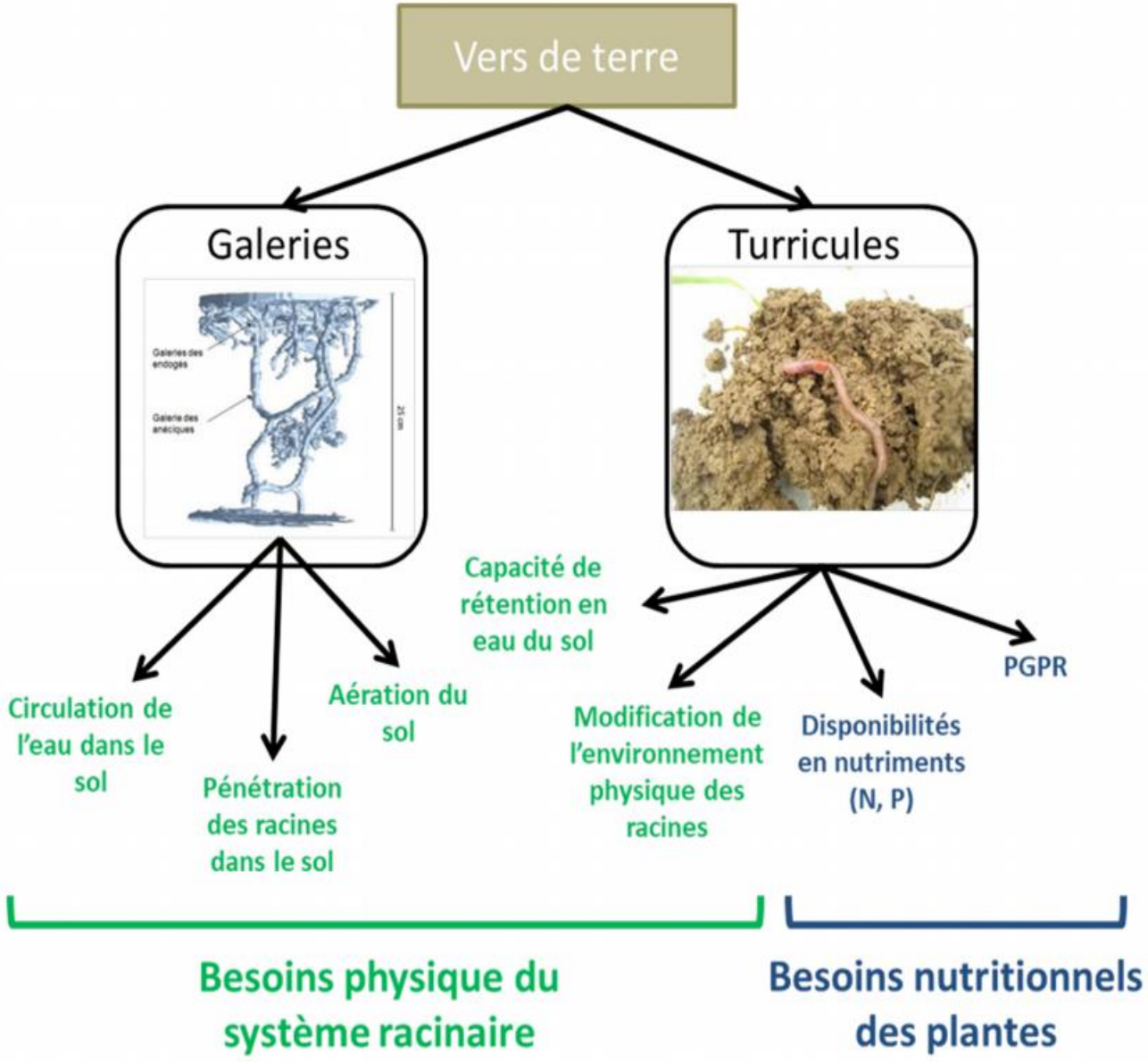
Lorsque précipitations < évapotranspiration



Ascension via la sève brute,
Retour avec la litière

<u>Document 23</u>. Répartition des vers de terre dans le sol et leurs effets sur la nutrition des végétaux.





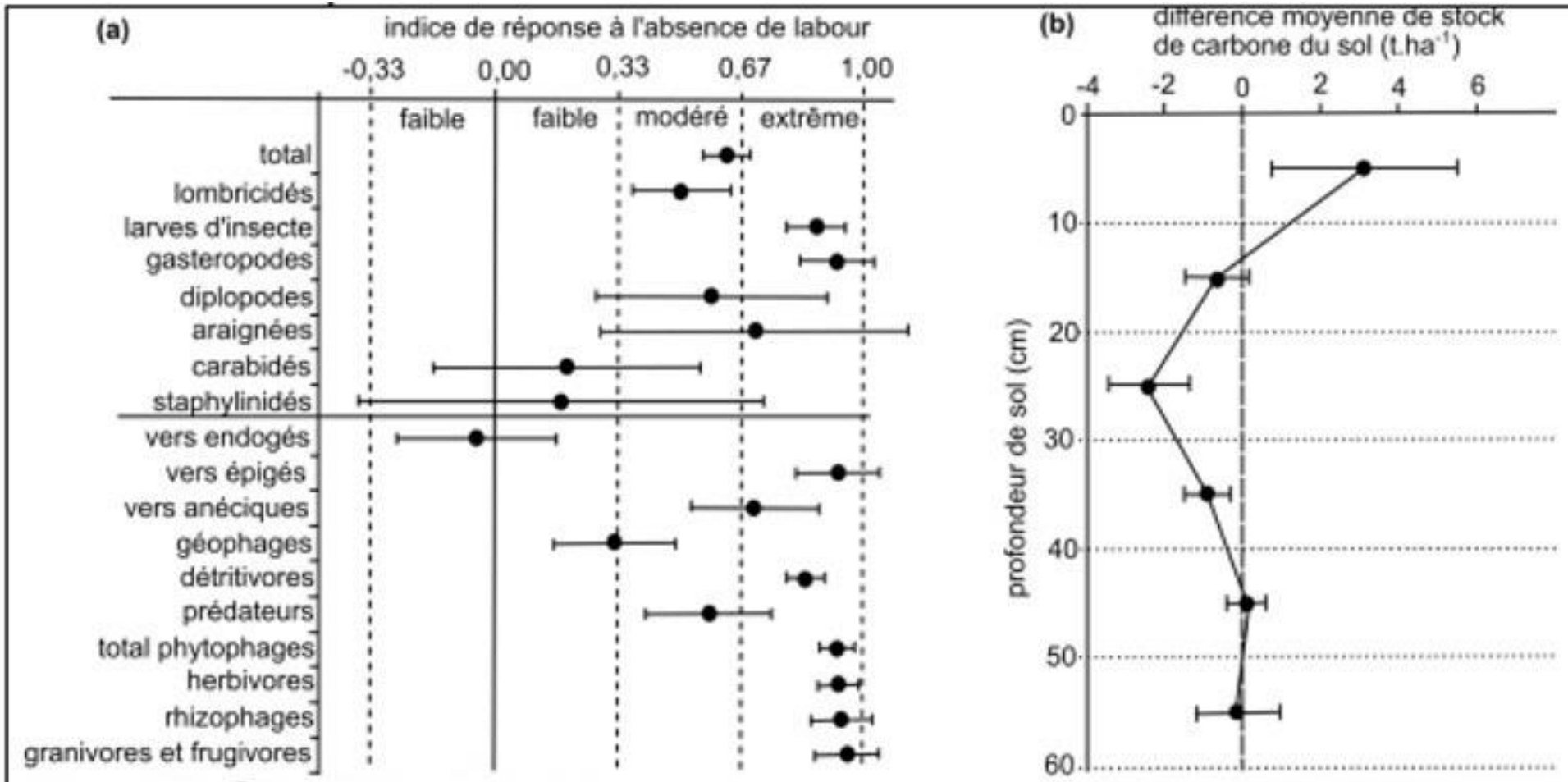
PGPR = plant growth promoting rhizobacteria, rhizobactéries favorisant la croissance des plantes.

La courtillière : insecte fouisseur

Noter la convergence adaptative avec la taupe

https://www.insectes-net.fr/courtiliere/images/court48gf.jpg

Document 24. Effets de l'arrêt du labour.

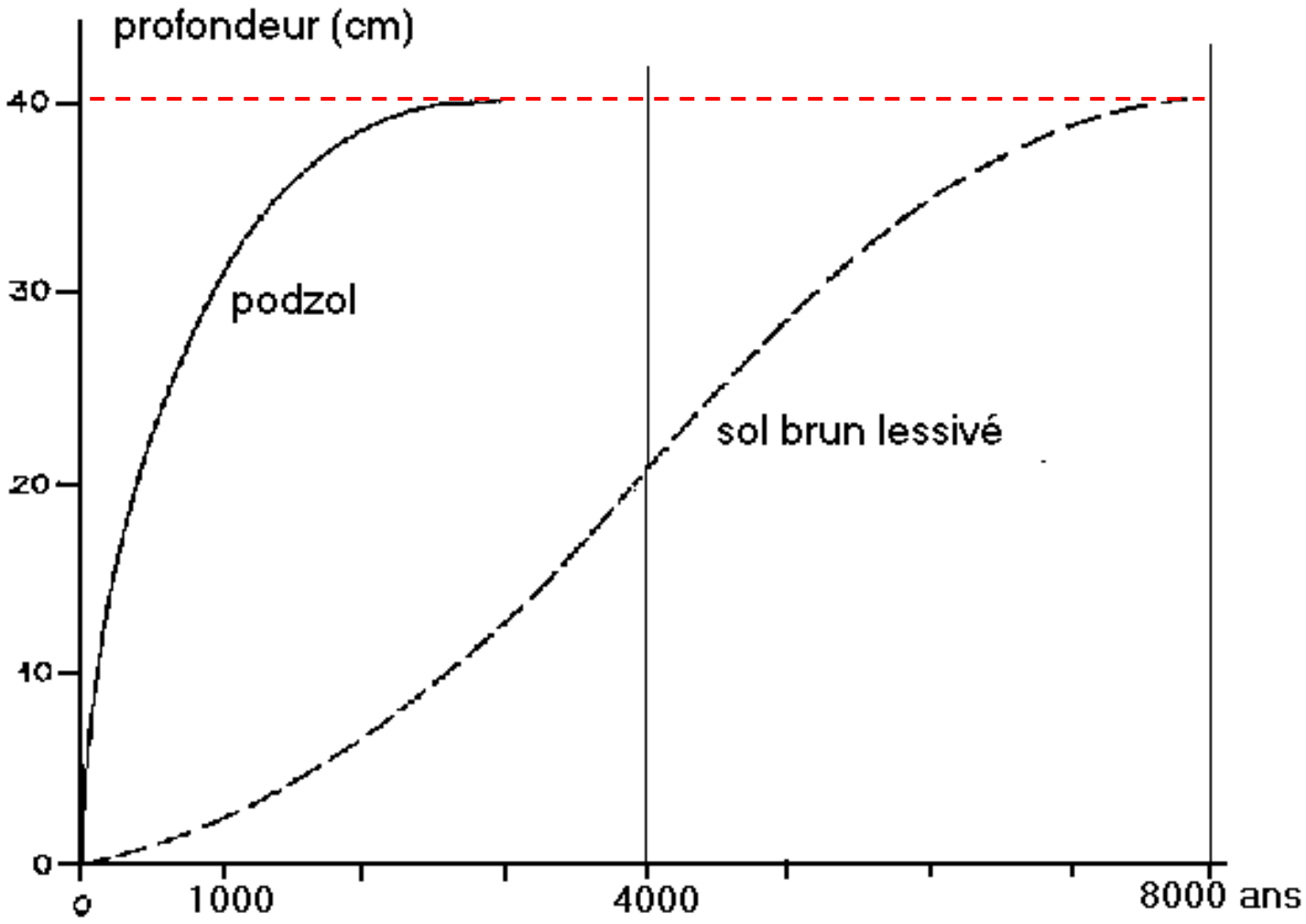


(a) Une valeur positive indique une plus grande abondance du groupe concerné en agriculture de conservation par rapport à l'agriculture conventionnelle.

(b) Une valeur positive indique un contenu en carbone plus important dans le système sans labour par rapport au système conventionnel.

Perrier et coll, j'intègre, Dunod 2022

<u>Document 25</u>. Vitesse d'évolution de deux types de sols.

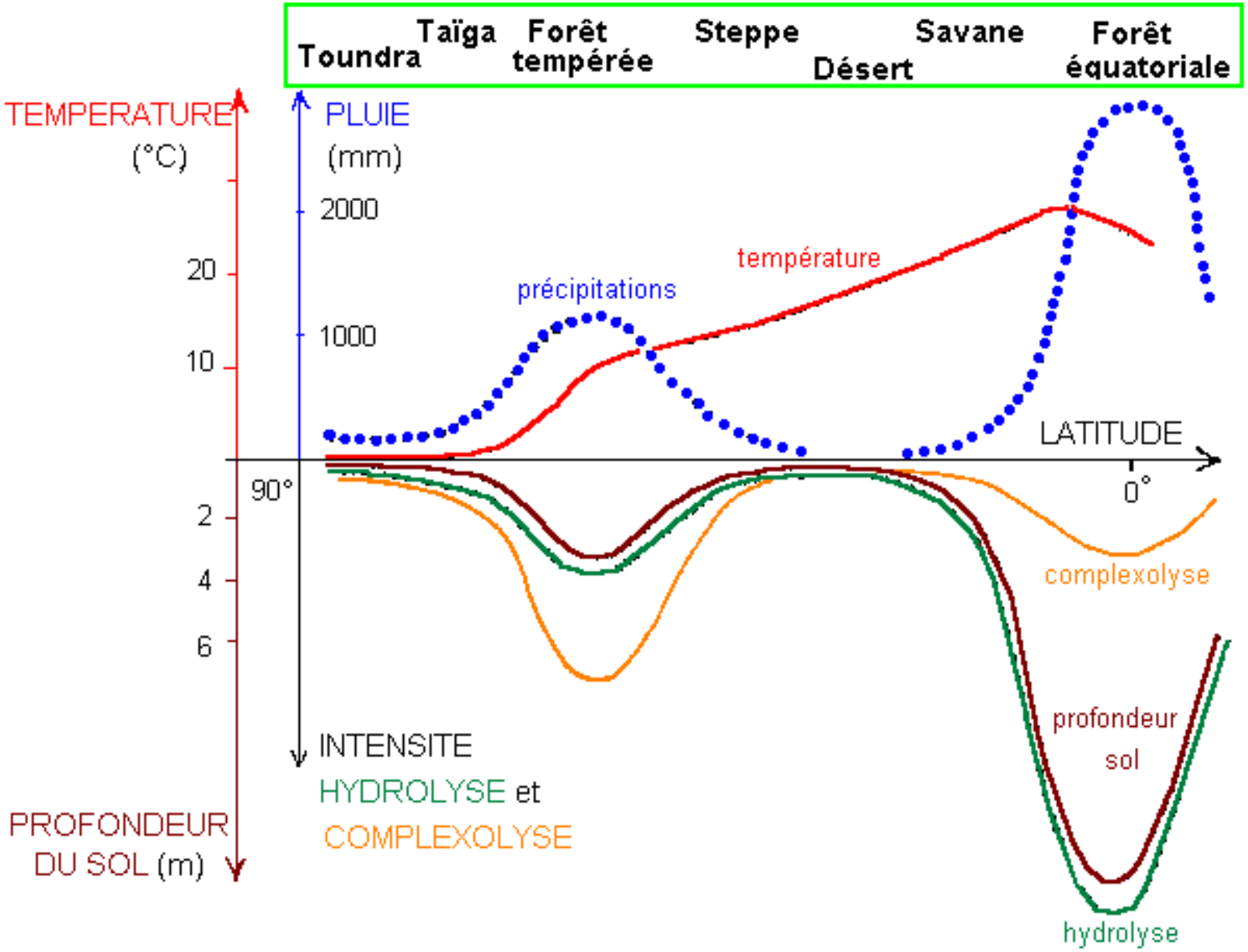


40 cm en 8000 ans soit
0,05 mm.an^{-1}
ou 5 mm en 100 ans

Podzol : sol acide (pH inférieur à 5), caractéristique des climats boréaux (c'est le sol climax de la taïga) et de certaines stations en climat tempéré humide (à végétation de résineux ou de landes).

https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/sol.htm d'après Duchaufour

<u>Document 26</u>. Profondeur du sol en fonction de la latitude.

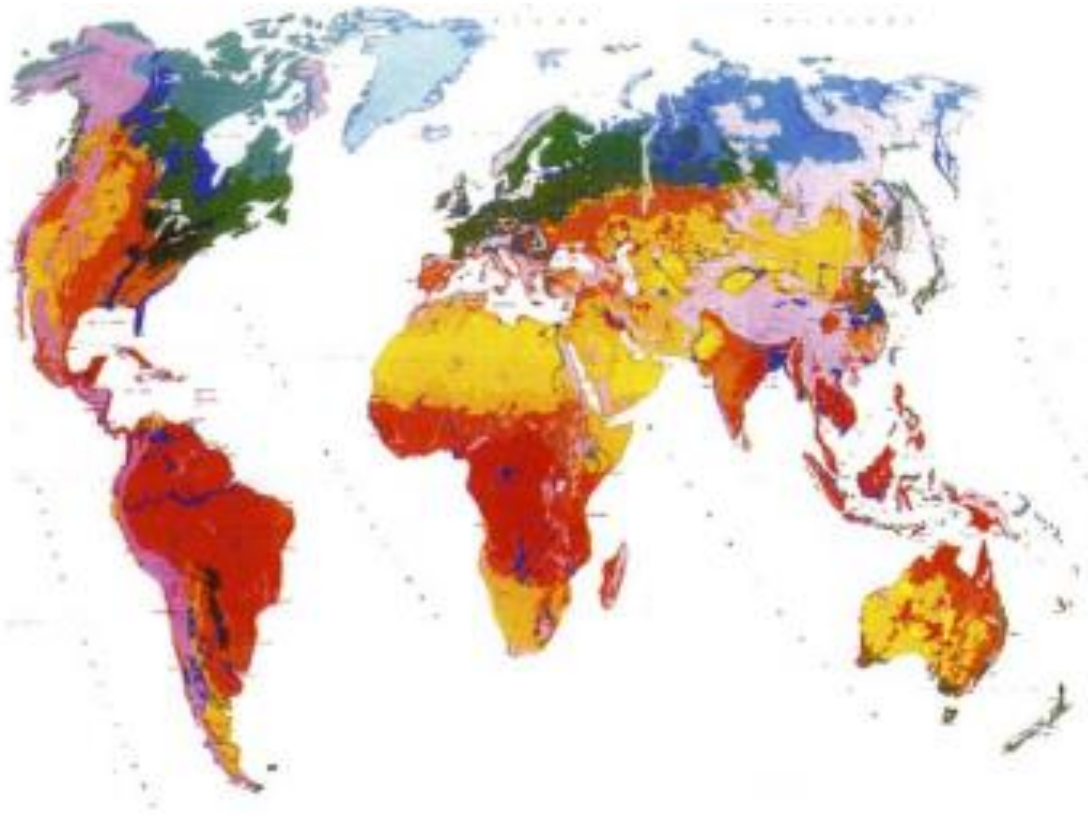


https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/sol.htm

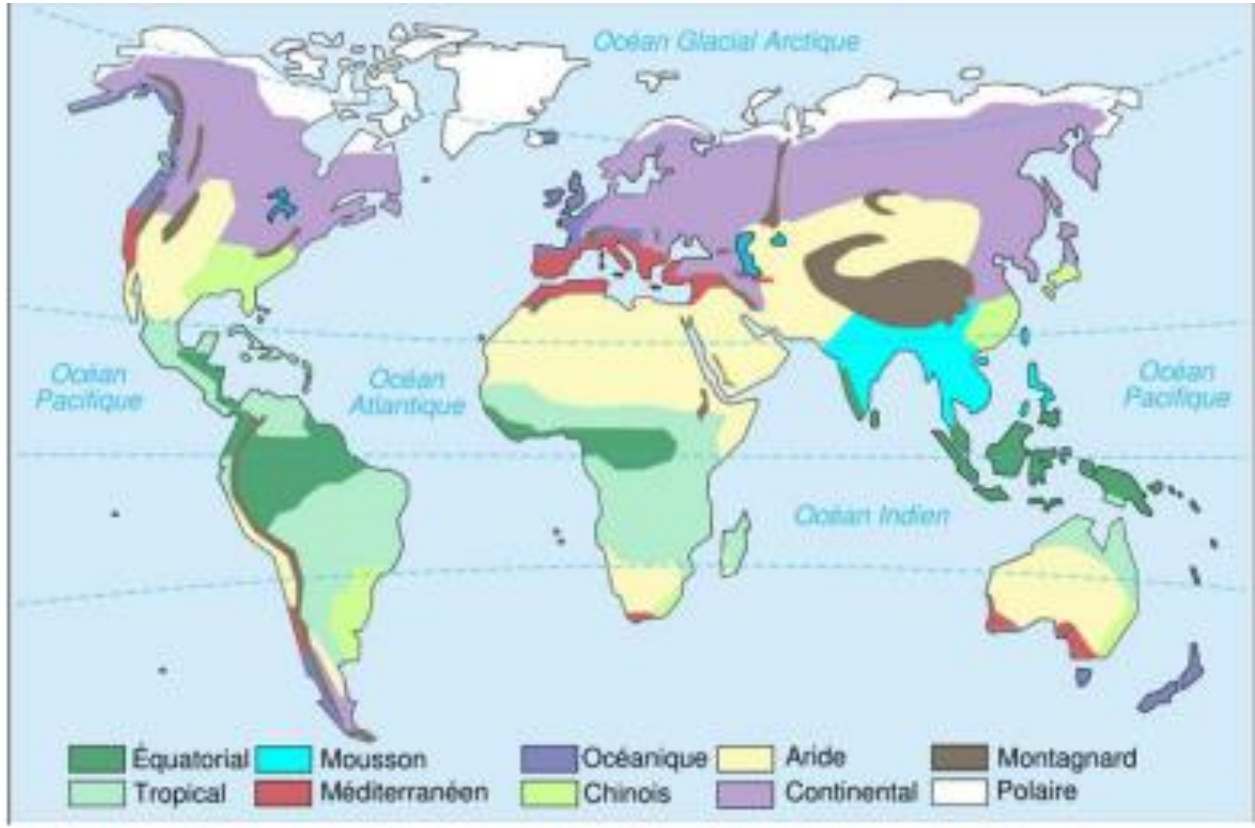
Effet splash et érosion hydrique

L'impact d'une goutte sur un sol déjà recouvert d'un film d'eau peut projeter de nombreuses particules aux alentours.
Les particules limoneuses (entre 2 et 50 µm) sont les plus sensibles à l'effet splash.

Pédogenèse et climat



Carte des grands types de sols mondiaux (AFES, 1984) in Mathieu, 2009.



Carte des grands types de climats mondiaux

Concordance entre grands types de climats et grands types de sols

Pédogenèse et organismes vivants

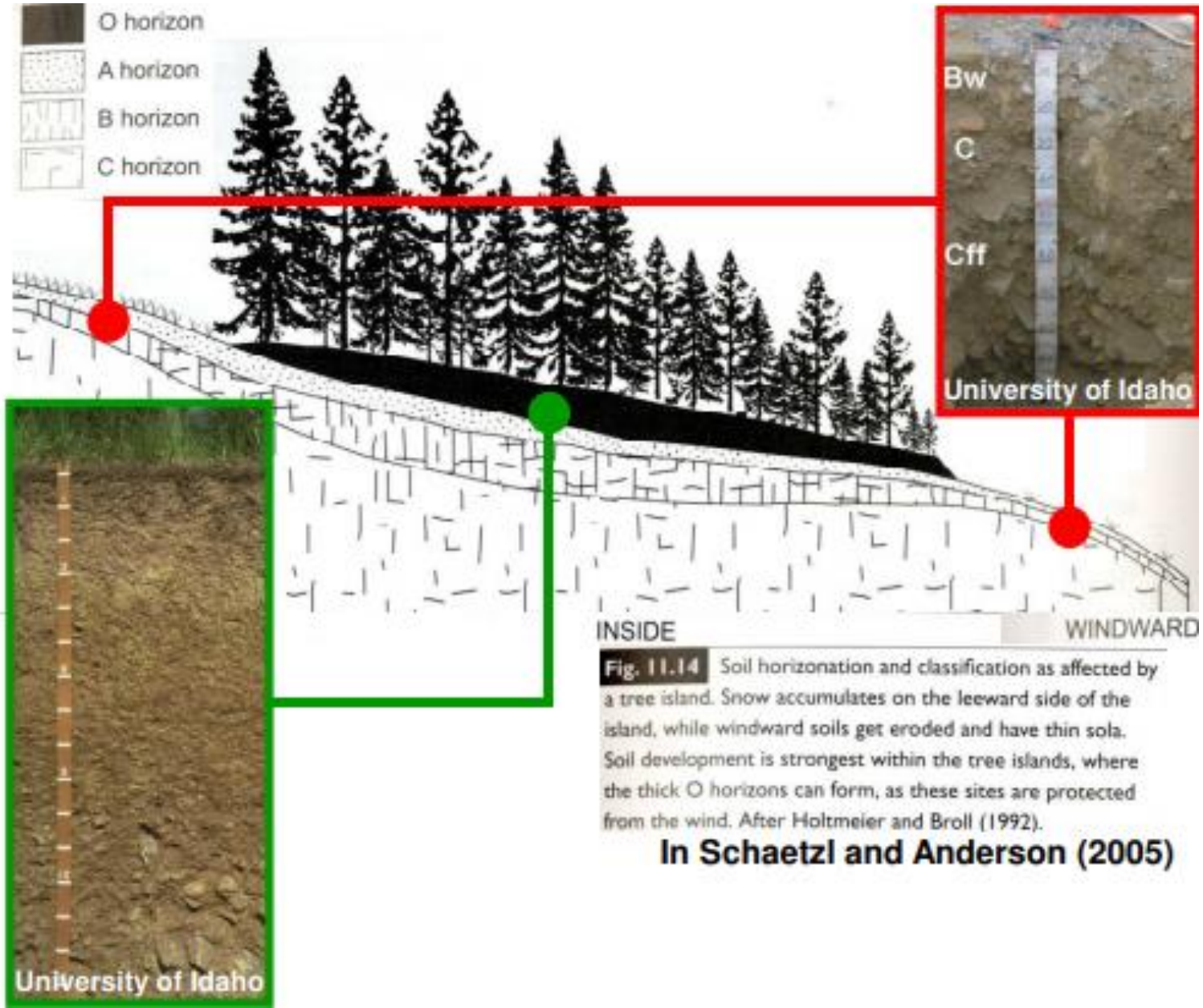


Fig. 11.14 Soil horizonation and classification as affected by a tree island. Snow accumulates on the leeward side of the island, while windward soils get eroded and have thin sola. Soil development is strongest within the tree islands, where the thick O horizons can form, as these sites are protected from the wind. After Holtmeier and Broll (1992).

In Schaetzl and Anderson (2005)

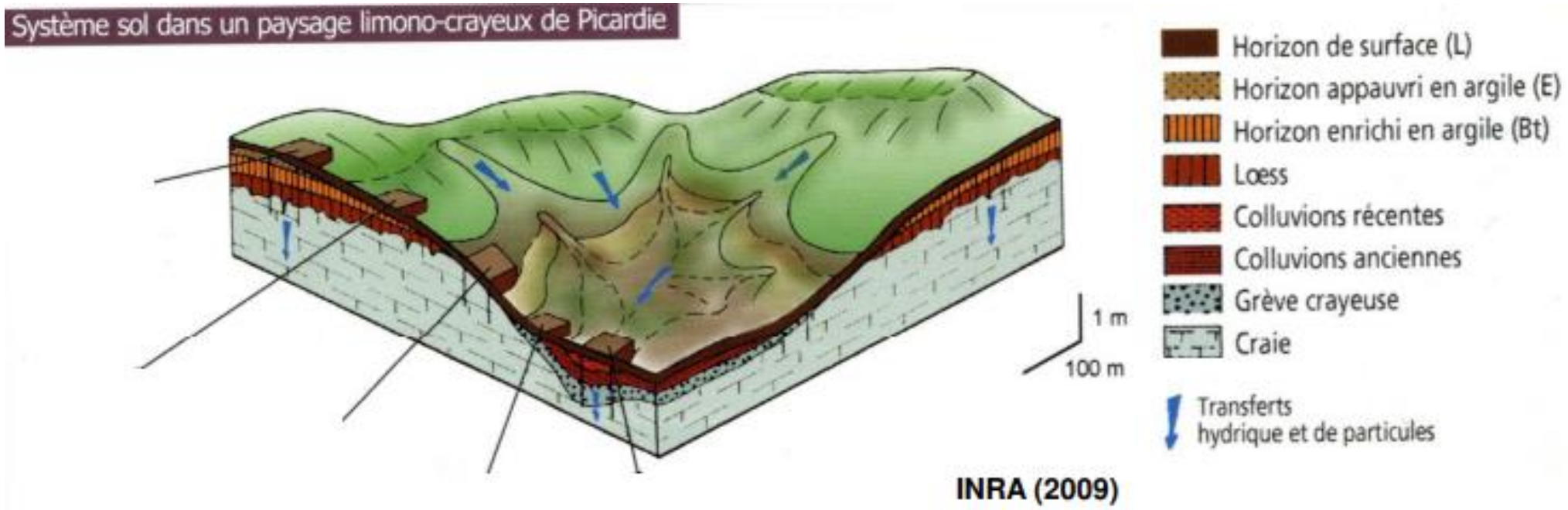
Influence des organismes :
ici les trachéotphytes

1. Altération des roches et approfondissement des sols.

2. Protection du sol contre l'érosion hydrique et éolienne.

3. Piégeage et accumulation des sédiments.

Pédogenèse et relief



1. Position plane ⇒ flux hydrique vertical ⇒ **sols épais et différenciés**

2. Position de versant ⇒ flux hydrique latéral ⇒ **sols peu épais et appauvris**

3. Position de vallée ⇒ accumulation des flux ⇒ **sols épais d'accumulation souvent peu différenciés**

Pédogenèse et nature du matériel parental

	Basalt	Granodiorite	Tonalite
Composition	Mafic	Intermediate - Felsic	Felsic
% SiO_2	< 52	62 - 69	> 69
Crystal size	Fine		Coarse

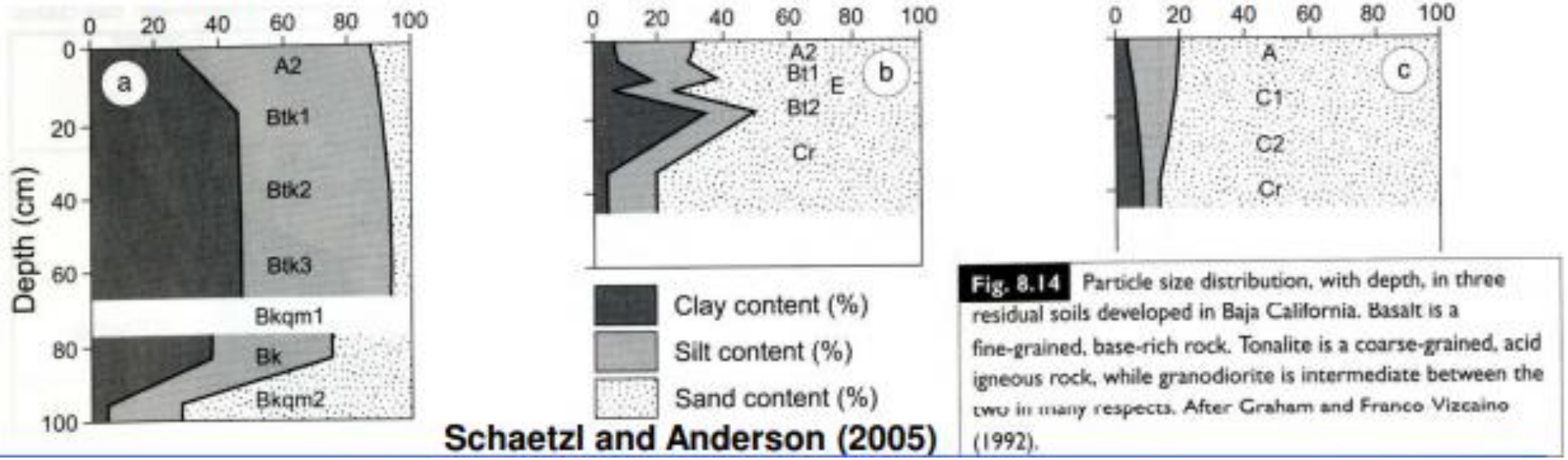
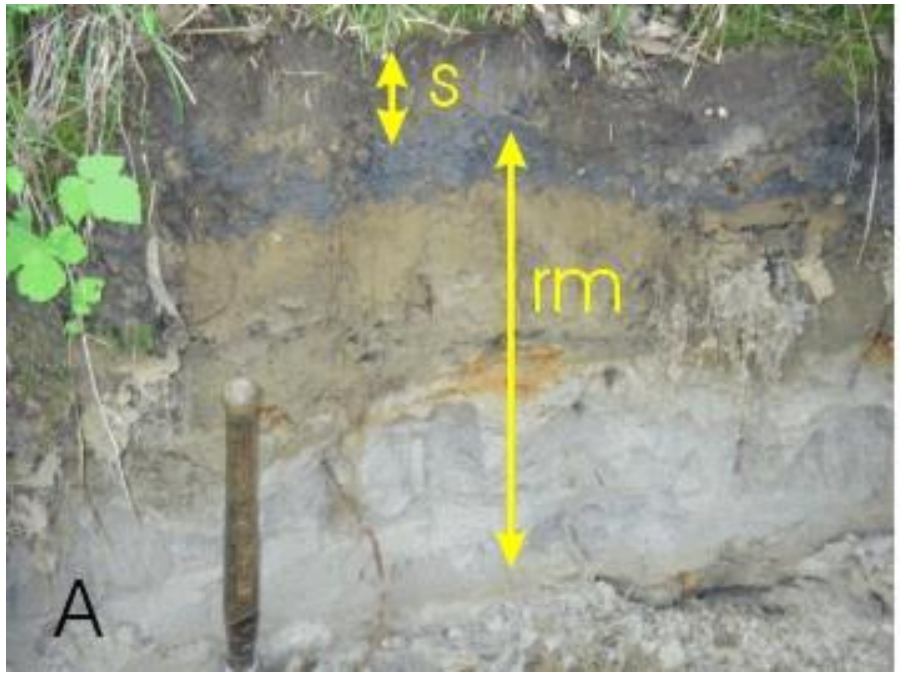


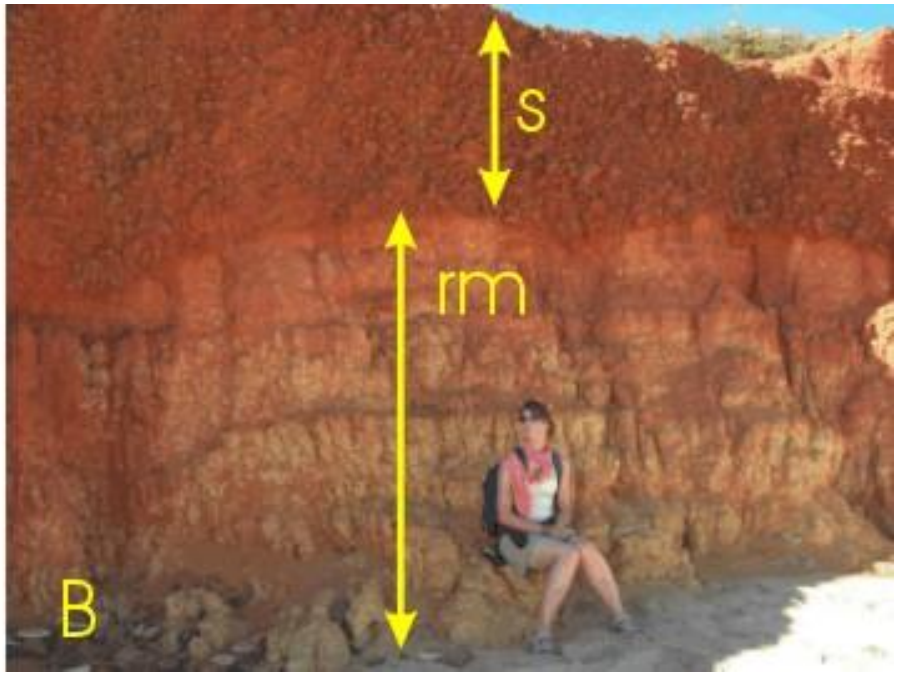
Fig. 8.14 Particle size distribution, with depth, in three residual soils developed in Baja California. Basalt is a fine-grained, base-rich rock. Tonalite is a coarse-grained, acid igneous rock, while granodiorite is intermediate between the two in many respects. After Graham and Franco Vizcaino (1992).

Schaetzl and Anderson (2005)

Des sols d'autant plus épais et à texture fine que le matériau parental :
- est à texture fine,
- est riche en minéraux altérables et pauvres en minéraux résistants.

Pédogenèse et temps





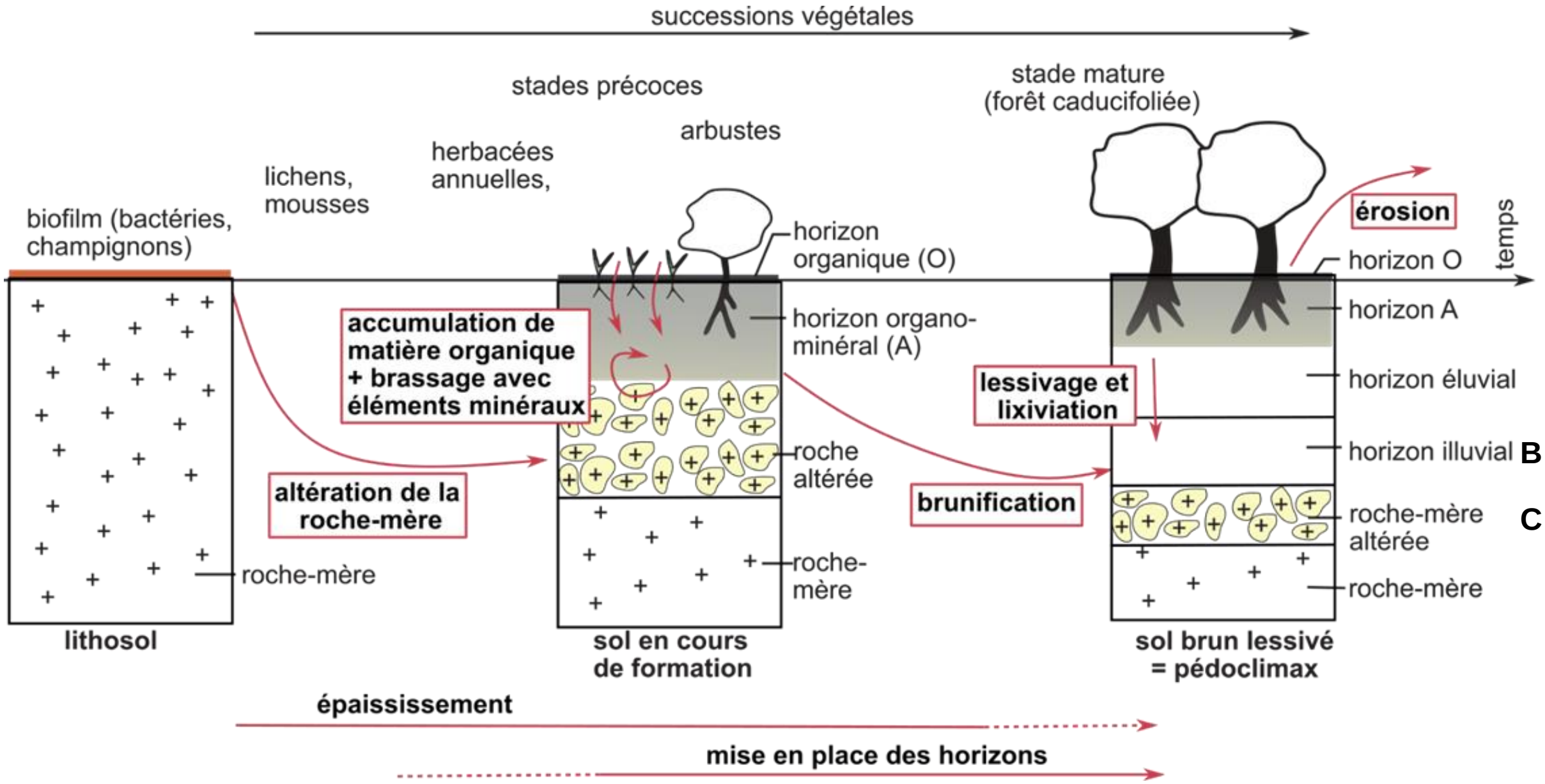
En zone tempérée (Belgique)

En zone tropicale (Australie)

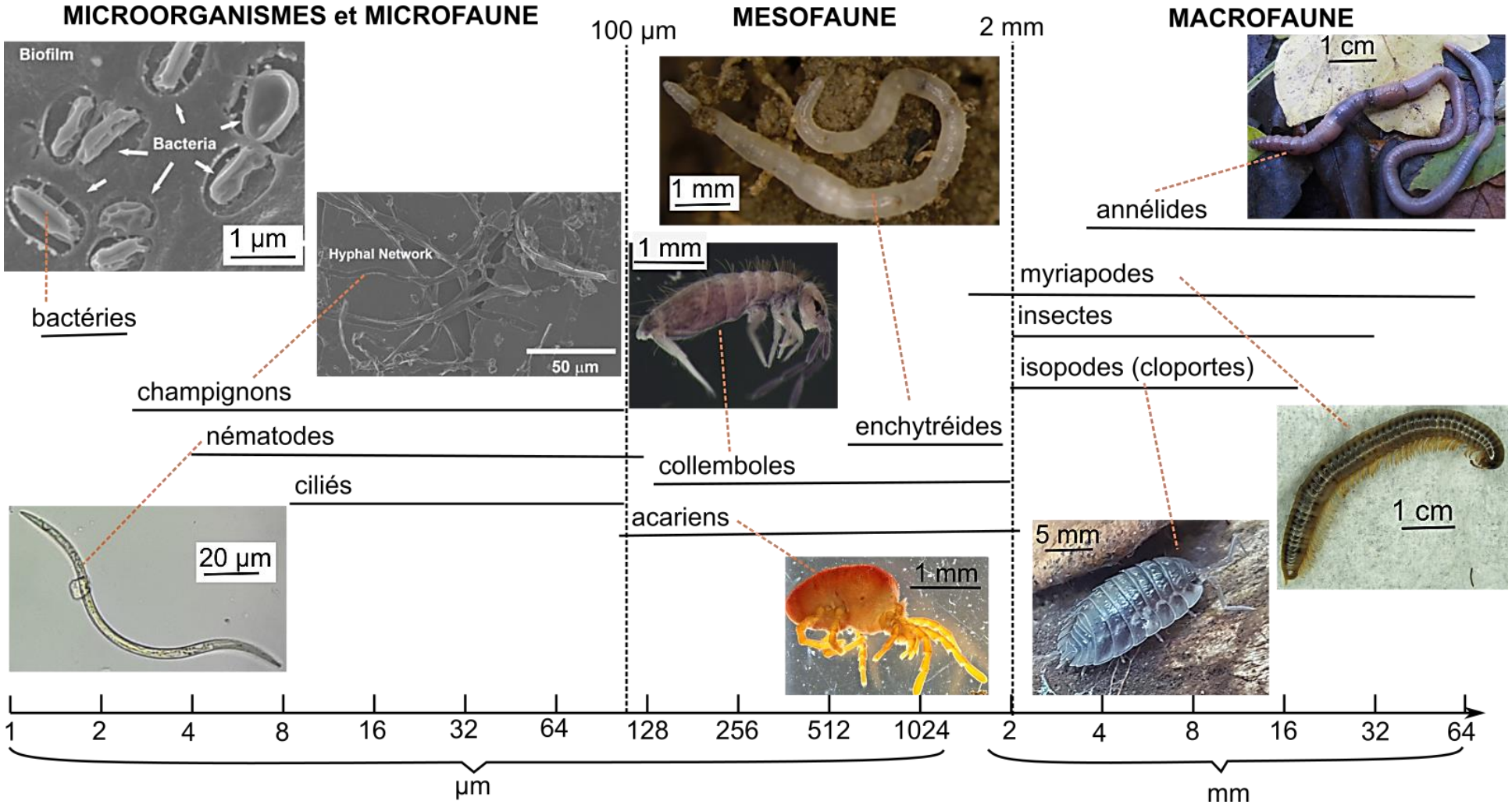
zone géographique	Âge moyen	
zone polaire	0	⇒ **Des sols « endormis »**
zone tempérée	10 000	⇒ **Des sols « rajeunis »**
zone méditerranéenne	100 000	
zone intertropicale	1 000 000	⇒ **Des sols « âgés »**

Adapté de Boulaine (1975) et Targulian and Krasilnikov (2007)

Document 27. Le sol brun lessivé : pédoclimax dans nos régions tempérées.



Perrier et coll, J'intègre, Dunod 2022

Les êtres vivants du sol classés en fonction de leur taille

TEU Biologie-Géologie BCPST2 Dunod 2022