

5

Humification par HÉRITAGE

C'est cet ensemble que l'on nomme HUMUS

Humification par NÉOSYNTHESE MICROBIENNE

Humification par INSOLUBILISATION

**Figure 2 :** évolution des matières organiques du sol et formation de l'humus (Soltner, 2017).

(1) - Les matières organiques fraîches s'incorporent au sol par l'action de la faune du sol et par le travail du sol. Il s'agit de feuilles, résidus de cultures, racines, fumiers, composts, engrais organiques, microorganismes.

(2) - La plus grande partie (de 50 à 90 % selon composition) se décompose rapidement : c'est la minéralisation primaire M1, qui donne des molécules simples :  $\text{CO}_2$ , eau, nitrates, phosphates, sulfates, ...

(3) - Ces molécules simples peuvent prendre 5 destinations. Elles peuvent être :

- (3.a) - perdues dans l'atmosphère
- (3.b) - absorbées par les plantes
- (3.c) - adsorbées sur le complexe organo minéral
- (3.d) - perdues par lessivage
- (3.e) - consommées par des microorganismes

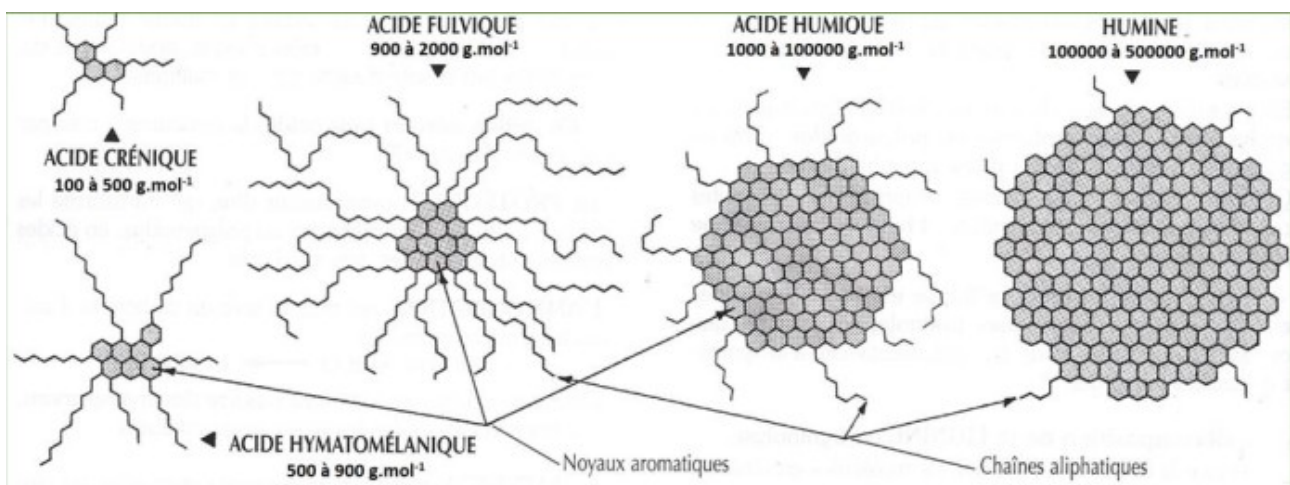
(4) - Ces constituants végétaux à base de lignine, plus difficilement décomposé, donnent des composés phénoliques solubles et des résidus peu transformés.

(5) - Les résidus organiques peu transformés se mélangent plus ou moins aux matières minérales, notamment par brassage dans le tube digestif de la faune du sol. Ils donnent alors l'humine résiduelle ou héritée : c'est **l'humification par héritage**.

(6) - Les composés phénoliques solubles subissent une série d'oxydation et de condensations donnant des molécules de plus en plus grosses, d'abord solubles (acides créniques et fulviques) puis insolubles (acides humiques et humine), qui aboutissent à la formation de l'humine d'insolubilisation : c'est **l'humification par insolubilisation**.

(7) - Une partie des molécules simples issues de la minéralisation M1 est reprise par des microorganismes. Il en résulte des substances très liées aux matières minérales et insolubles appelées l'humine microbienne : c'est **l'humification par néosynthèse microbienne**.

(8) - Sous l'effet d'autres microorganismes, l'ensemble des composés de l'humus est plus ou moins rapidement attaqué et finit par repasser à l'état de molécules simples : c'est la minéralisation secondaire M2.



**La POLYCONDENSATION**

qui fait passer les molécules humiques du stade acides fulviques au stade humine, se caractérise par :

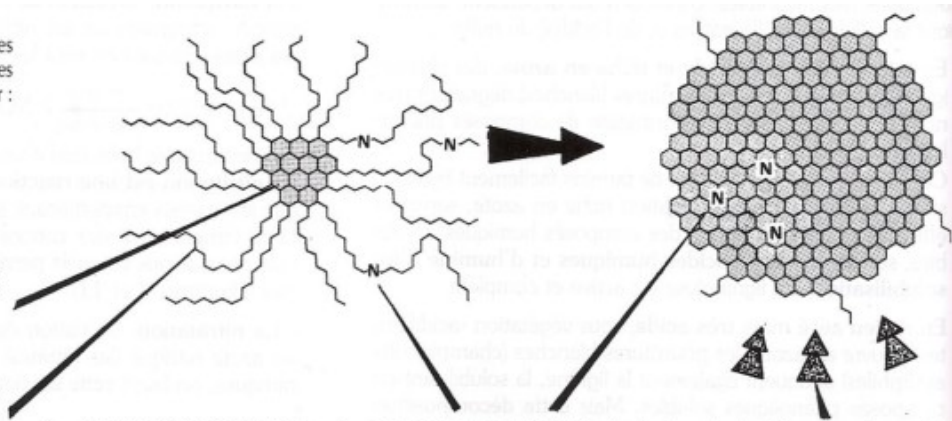
1 - L'augmentation de la taille du noyau aromatique, souvent appelé «nucleus».

2 - La diminution proportionnelle de l'importance des chaînes aliphatiques par rapport au nucleus.

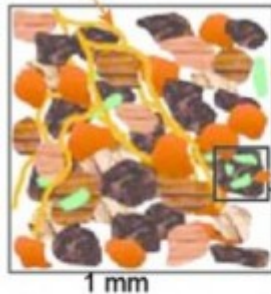
3 - L'augmentation de la masse molaire et la diminution de la solubilité des molécules formées.

4 - Le passage progressif de l'azote de la forme aminée dans les chaînes aliphatiques à la forme hétérocyclique dans le nucleus.

5 - La liaison de plus en plus forte avec les constituants minéraux : argile, limons, sables.



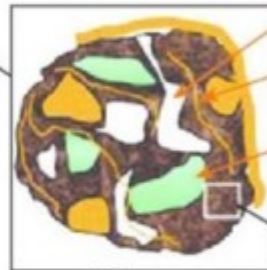
**Racines**



1 mm  
Macroaggrégats du sol  
stockage du C à court terme

Particules organiques de source externe

Particules organiques de source interne

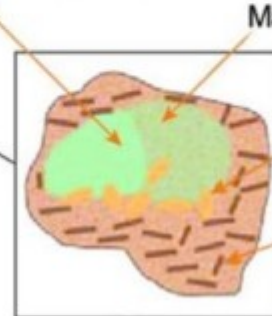


0,1 mm  
Macroaggrégats du sol  
stockage du C à moyen terme

Pore

Hyphes fongiques

Particule organique



10 µm  
Complexe argile- mat.org.  
stockage du C à long terme

Mat. org.  
humifiée

Cellules  
bactériennes

Minéraux  
argileux

Propriété	Influence de la structure du sol
Biologique	Habitat des organismes Croissance des plantes
Chimique	Cycle des nutriments Sorptions-désorptions des composés organiques et inorganiques
Physique	Erosion Infiltration et transport de l'eau et ses solutés Circulation des gaz Tassement

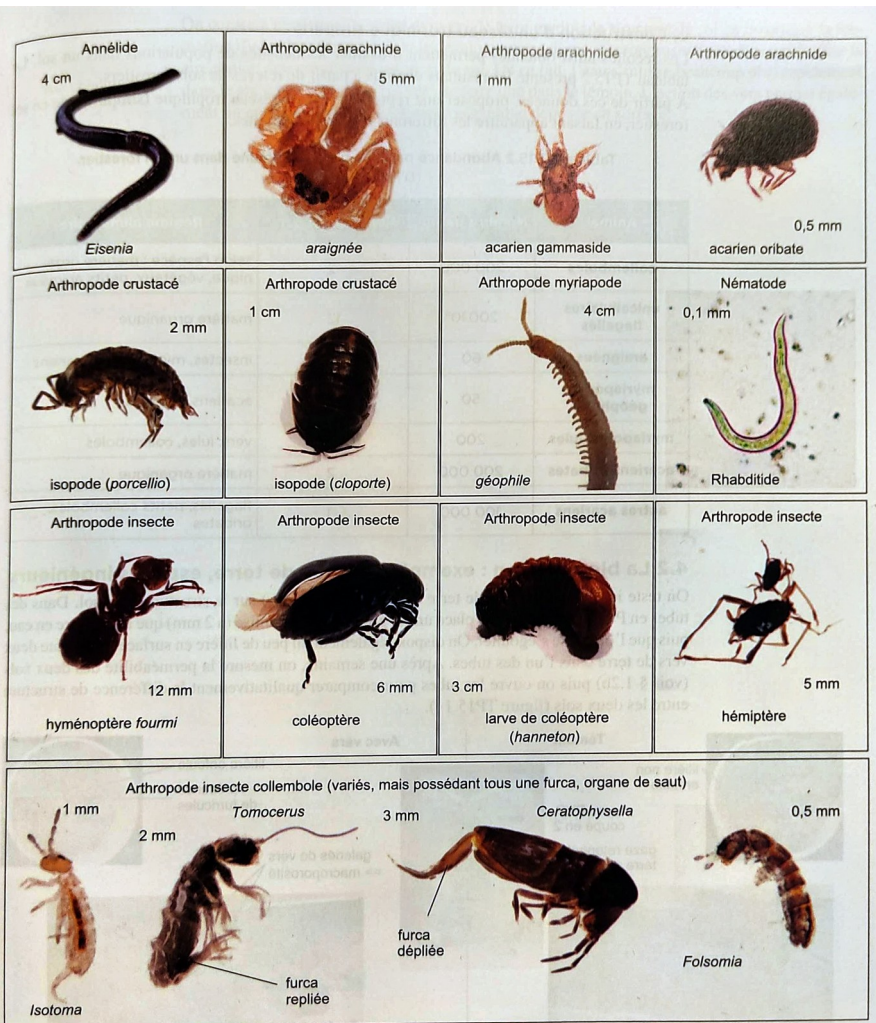
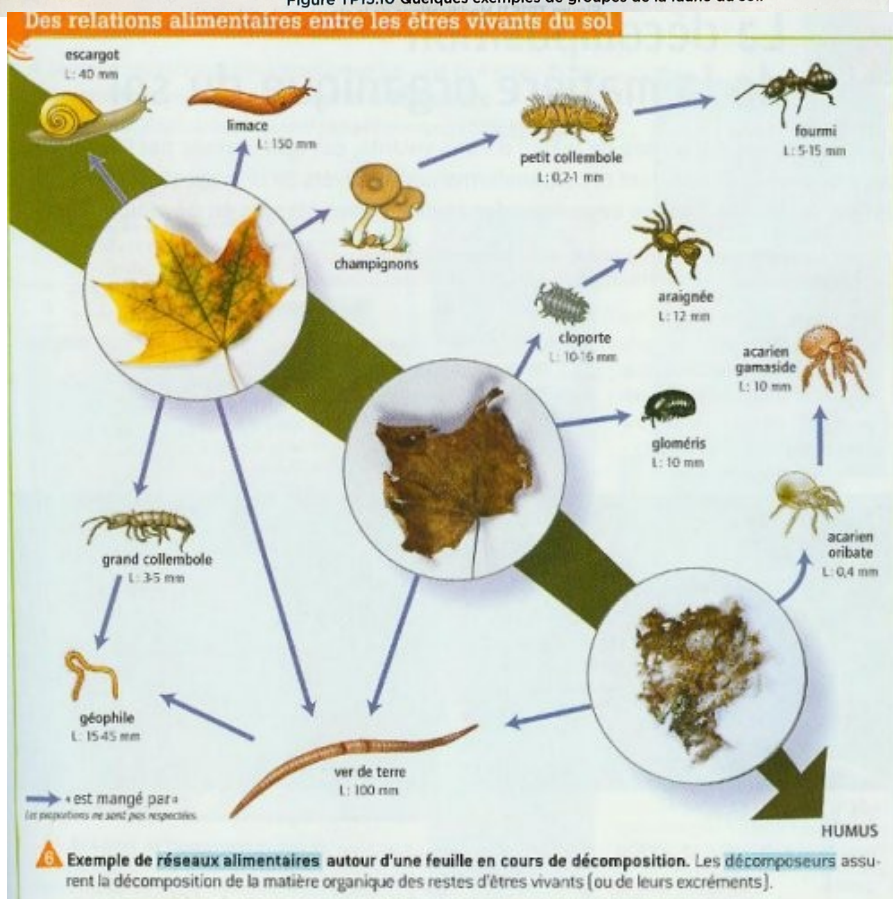


Figure TP15.10 Quelques exemples de groupes de la faune du sol.





# Les fonctions de la faune du sol

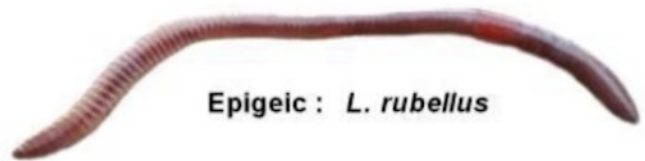
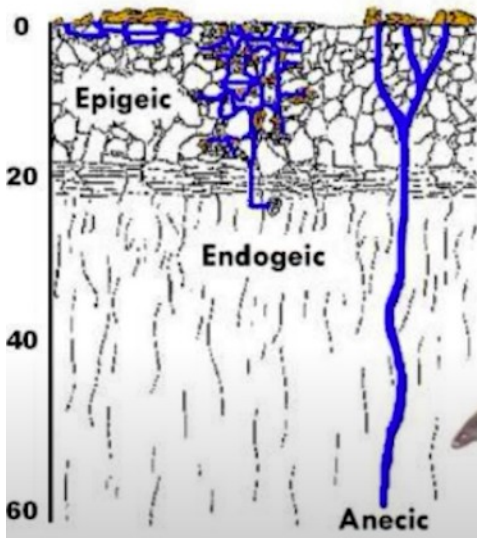
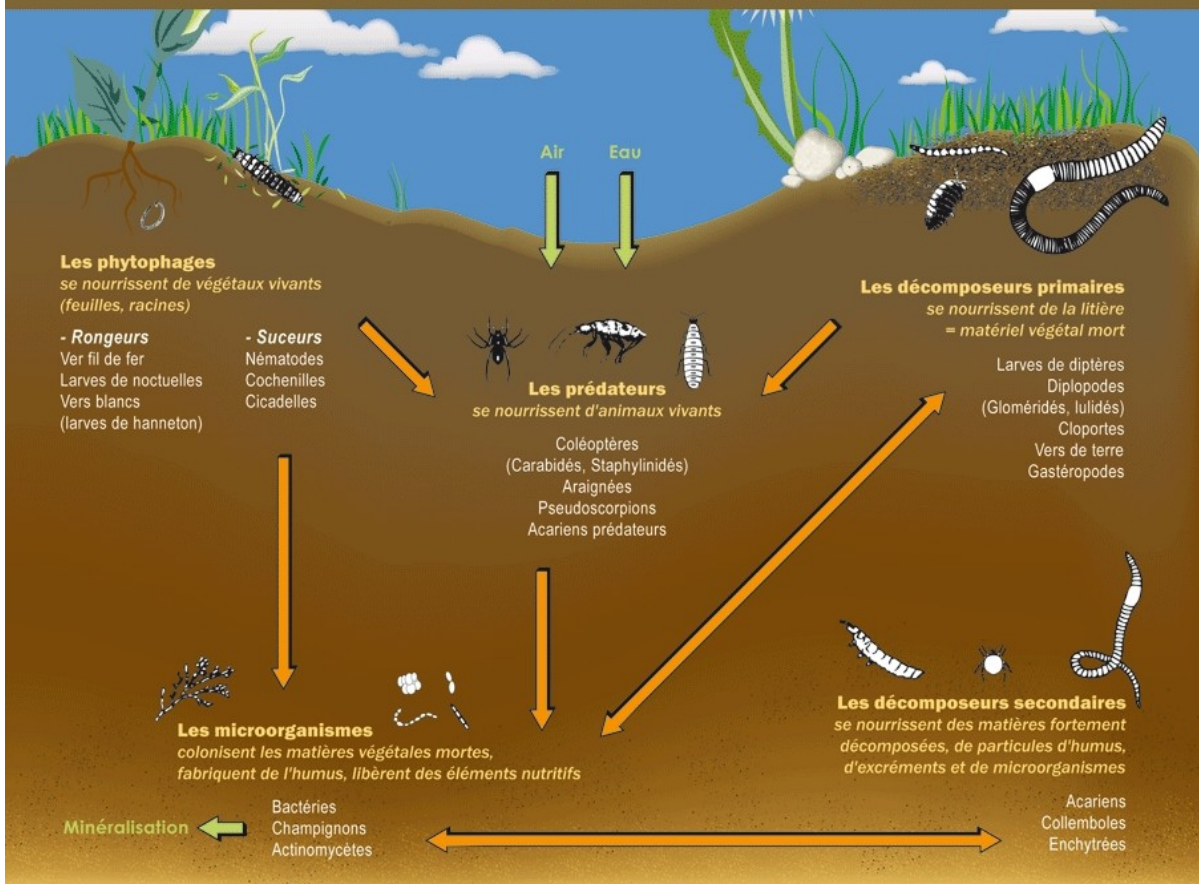
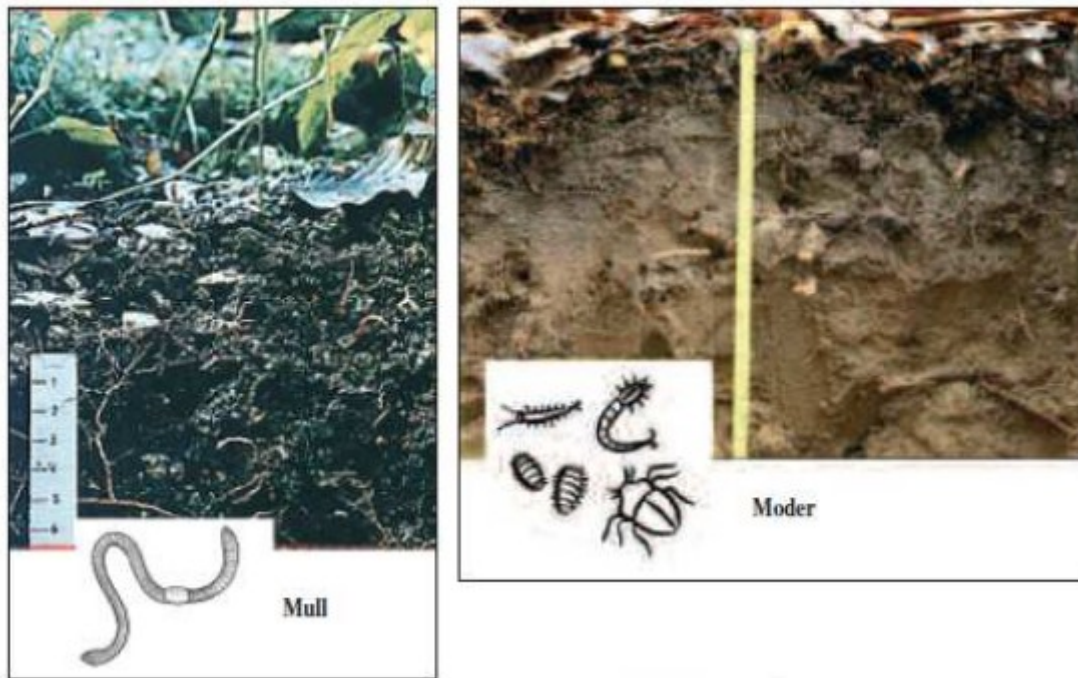
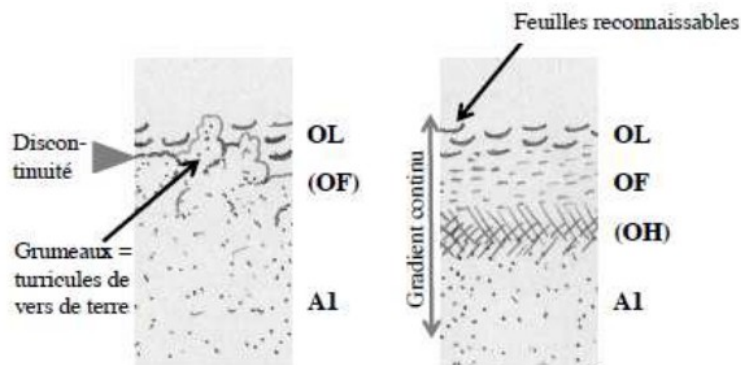


Figure 1 - Forme d'humus et activité biologique  
 Figure 1 - Humus forms and biological activity



**Document 7 : comparaison Mull / Modder**



**OL** : litière, couche de feuilles ou d'aiguilles mortes, encore reconnaissables. Cette couche de feuilles peut être divisée en deux parties suivant la vitesse de décomposition : OL<sub>n</sub> : feuilles de l'année encore entières ; OL<sub>v</sub> : feuilles vieilles, blanchies par un début de décomposition et commençant à être fragmentées.

**OF** : Couche de fragmentation dans laquelle les débris ne sont plus reconnaissables.

**OH** : Couche humifiée, absence de toute structure végétale reconnaissable à l'œil.

	MULL	MODER
Structure résumée	OL (OF) / A1	OL, OF (OH), A1
pH	5,5 à 7,5	3,5 à 5
Rapport C/N	10 à 20	15 à 25
Tanins et terpènes	peu	Beaucoup
Complexe argilo-humique	abondant	Moins
Type de MO	Acides humiques	Acides humiques et fulviques
CEC (mEq/100 mg)	400 à 600	80 à 100
Minéralisation	rapide	Lente
Activité de minéralisation	Surtout les bactéries	Surtout les champignons
Nitrification	Forte	Faible
Faune	Lombrics, taupes	Enchytraeides ( <i>annélides très petits</i> )
Brassage	Rapides (turricules)	Faible

Document d'après M.A. Selosse

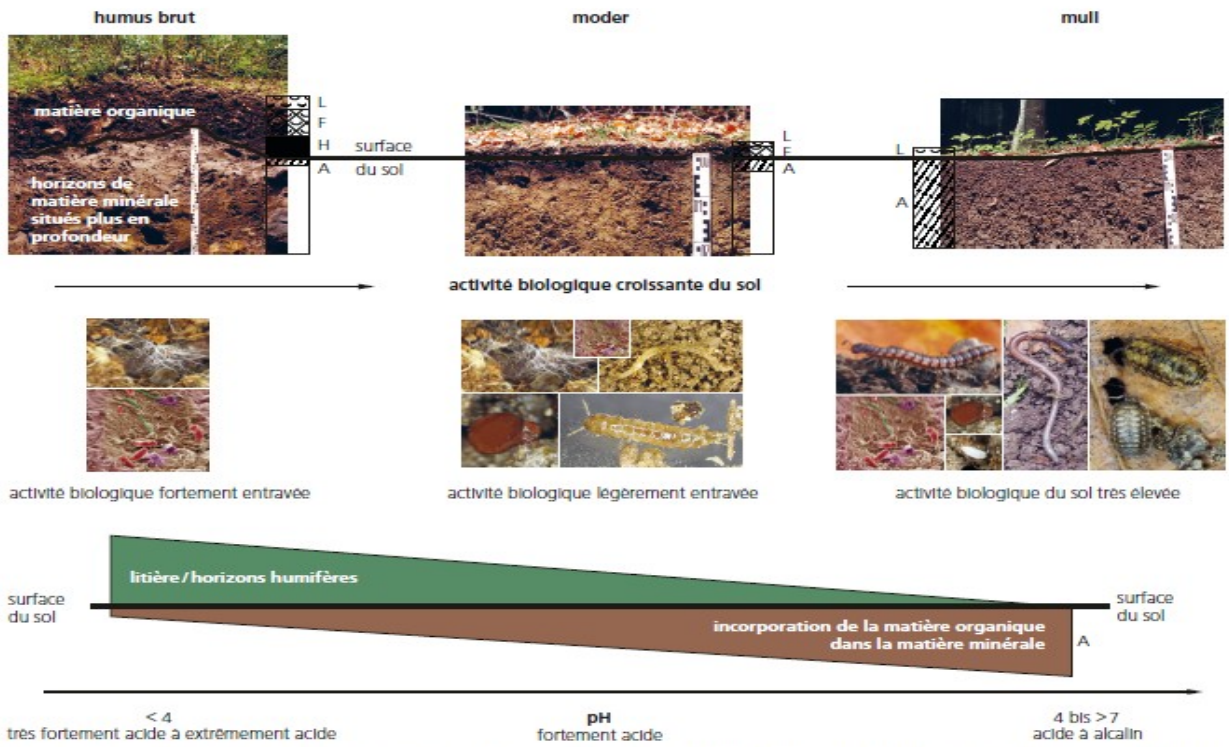
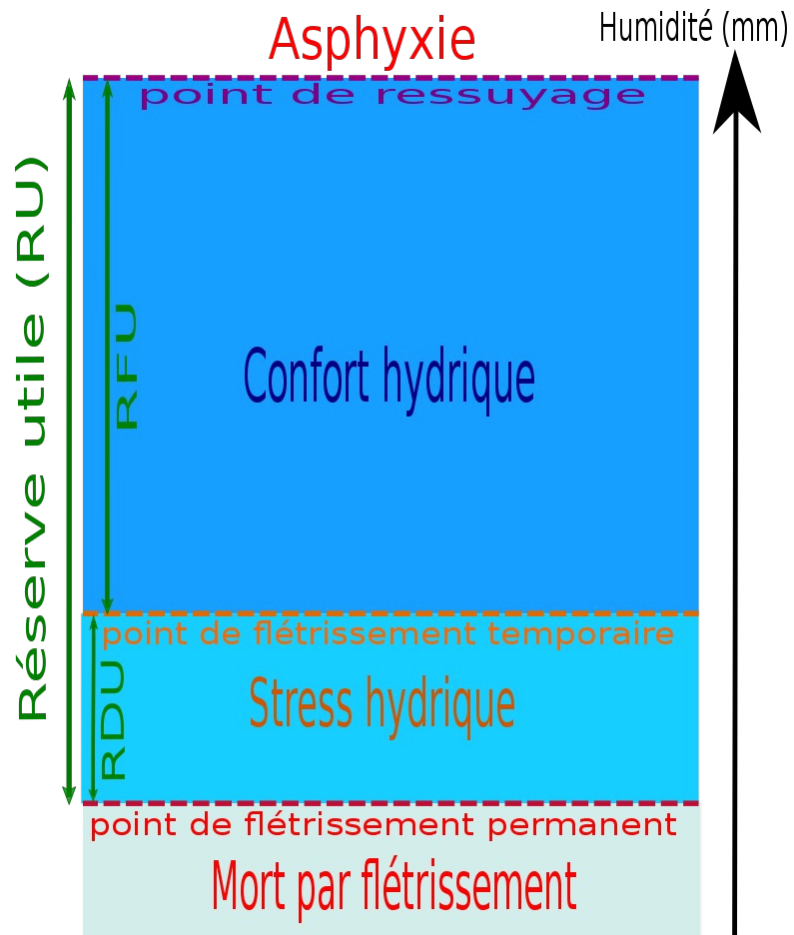


Fig. 18. Activité biologique des différentes formes d'humus. La forme d'humus est un indicateur de la capacité de transformation des éléments nutritifs dans le sol de surface et par la même du degré d'activité biologique dans le sol.



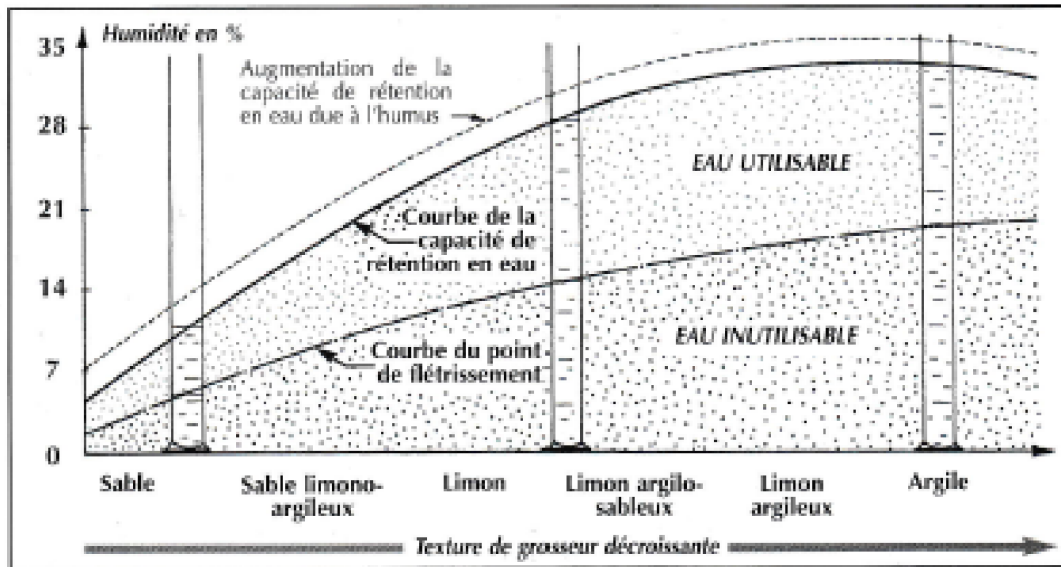
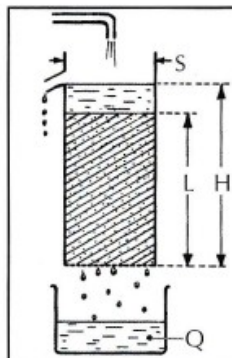


Tableau 3-19 - VALEUR DE K POUR DIFFÉRENTS SOLS (lorsque H = L)  
(D'après Duchaufour, Pédologie - Masson - 1970) (Voir aussi la figure 2-28-II)

Sols imperméables.....	- de 0,4 cm/heure
Sols peu perméables.....	de 0,4 à 2cm/heure
Sols perméables.....	2cm/heure
Sols très perméables.....	+ de 20 cm/heure



La perméabilité s'exprime par la quantité d'eau qui traverse le sol par percolation.

Elle est donnée par la loi de DARCY :

$$Q = K \frac{H}{L} S$$

S = section du tube en cm<sup>2</sup>

Le coefficient K, vitesse de filtration en cm/heure, est relativement constant pour un même sol (tableaux 3-19 et 2-29).

Tableau 3-20 - PERMÉABILITÉ DE QUELQUES SOLS en cm/heure  
(D'après Müntz cité par Hénin - «Le Profil Cultural» - Masson - 1970)

Bouillène imperméable.....	0,05 à 0,1 cm/heure
Limon argileux peu perméable.....	0,6 cm/heure
Alluvion assez perméable.....	2 cm/heure
Alluvion perméable.....	3 à 12 cm/heure
Terre sableuse très perméable.....	+ de 20 cm/heure

Figure 3-18 - MESURE DE LA PERMÉABILITÉ AU LABORATOIRE

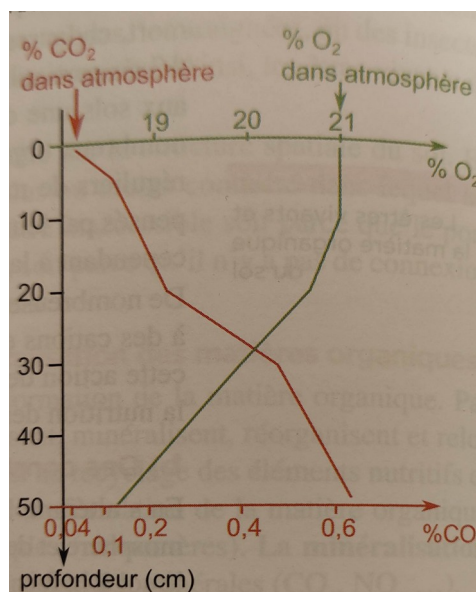
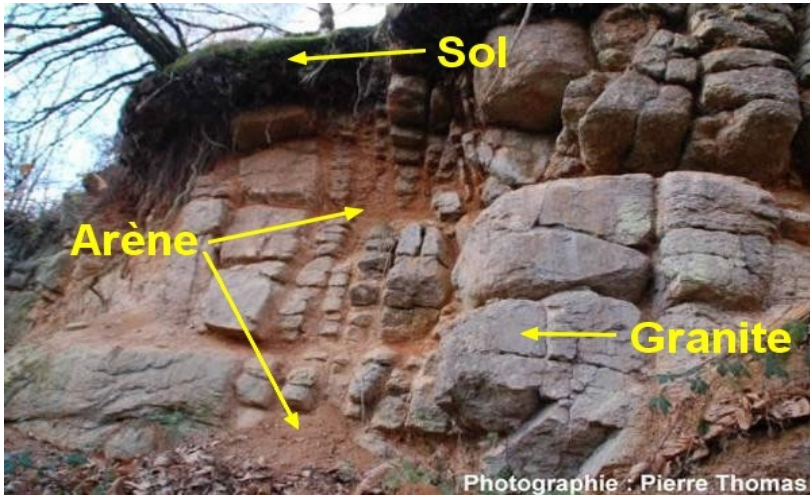
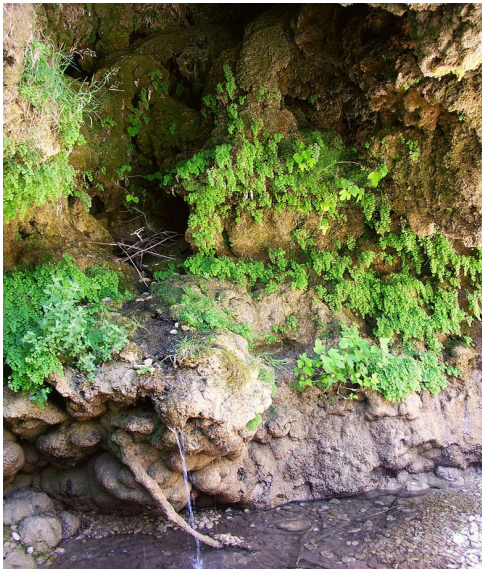
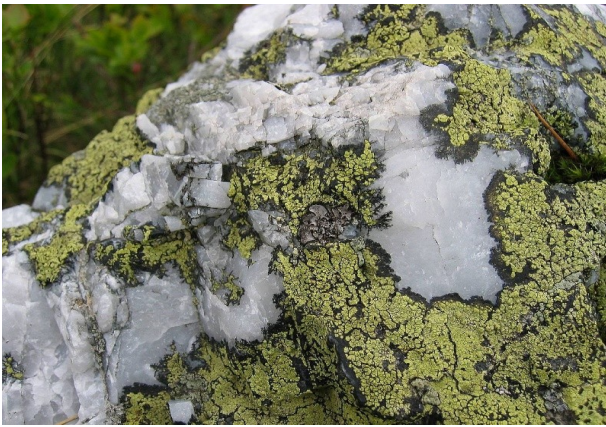
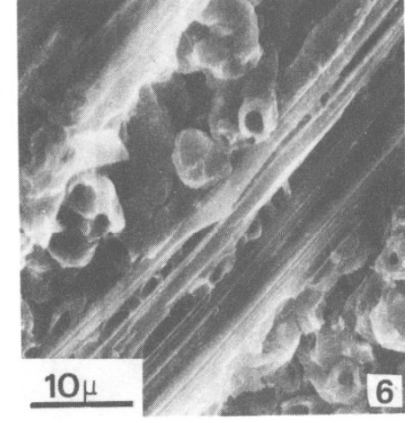
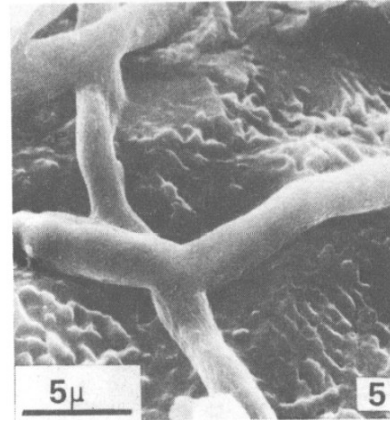
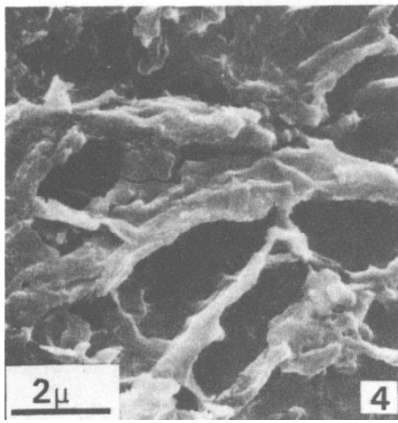
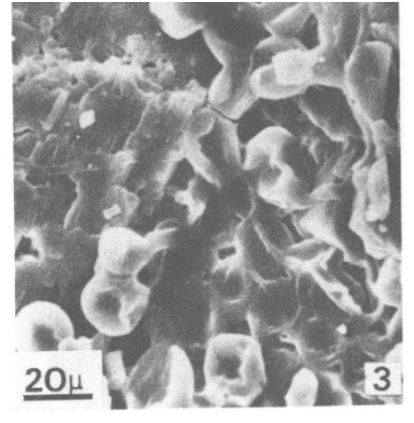
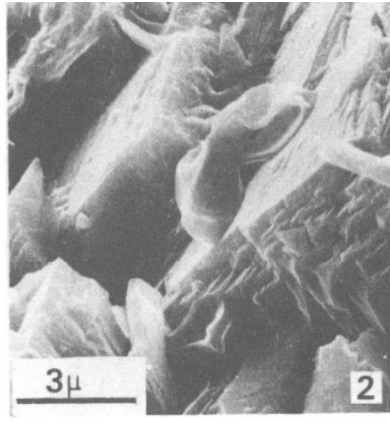
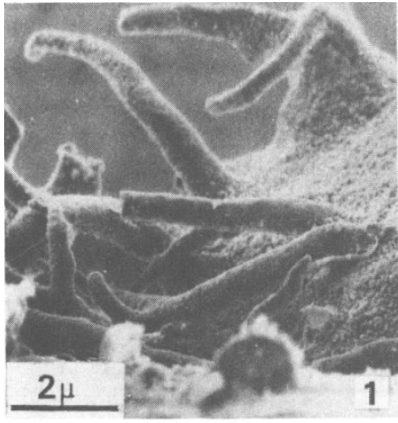


Figure 25.4 Composition de la phase gazeuse du sol selon la profondeur.

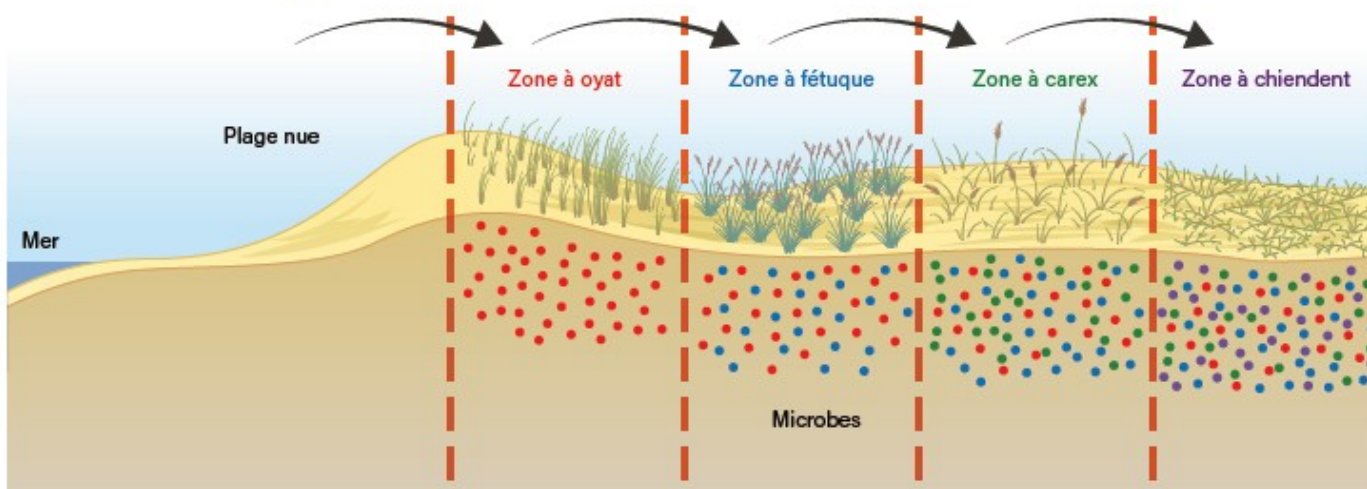
(D'après Larcher, *Physiological plant ecology*, 2003).





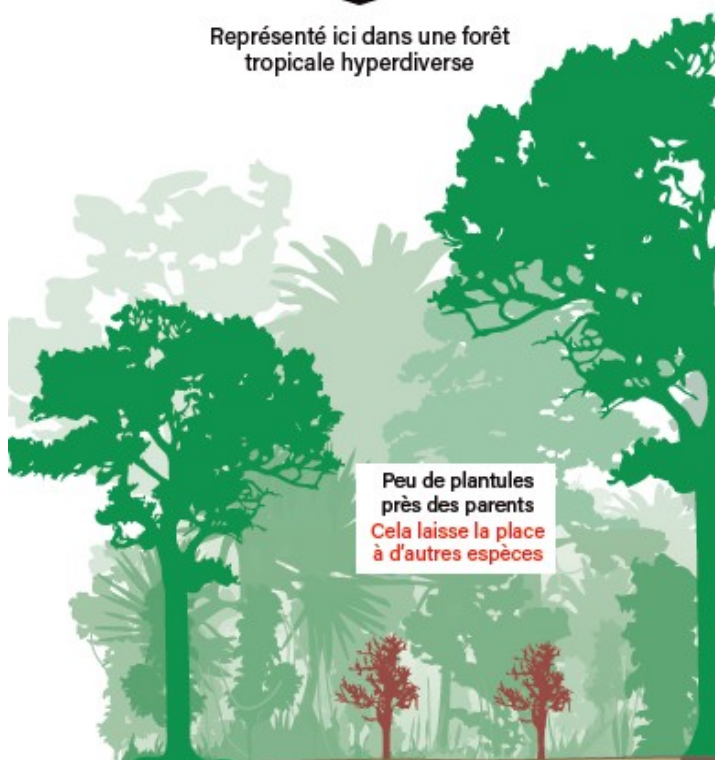


Au cours du temps, le dépôt de sable fait avancer la dune

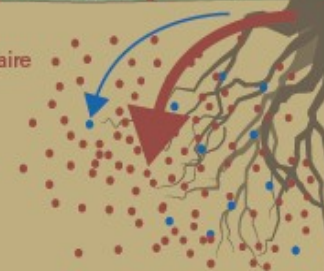


**Effet Janzen-Connell =  
rétroaction négative**

Représenté ici dans une forêt tropicale hyperdiverse



Charge parasitaire accrue

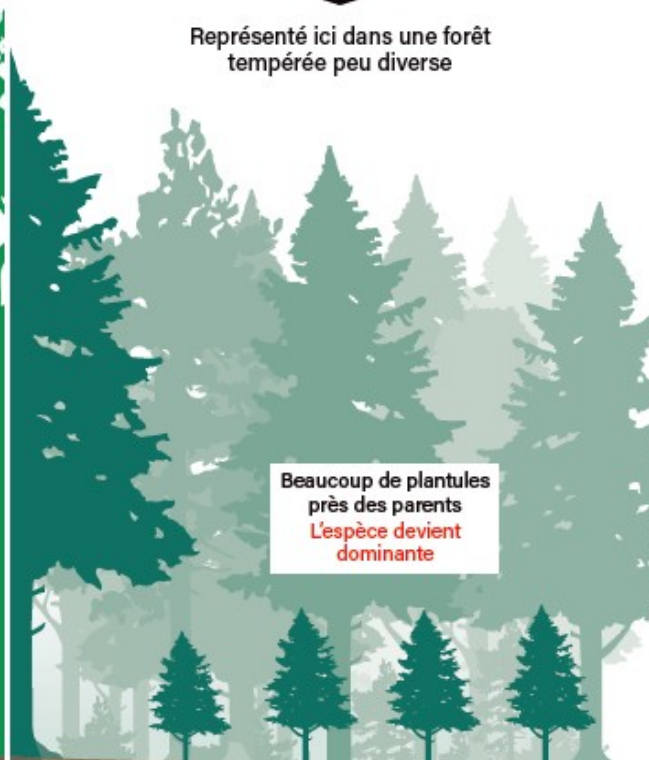


**Parasites**

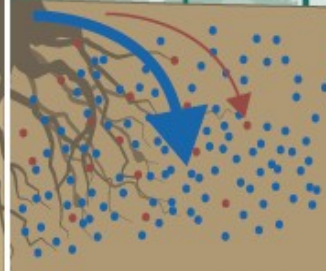
Bactéries, oomycètes, nématodes,...

**Effet Janzen-Connell inversé =  
rétroaction positive**

Représenté ici dans une forêt tempérée peu diverse



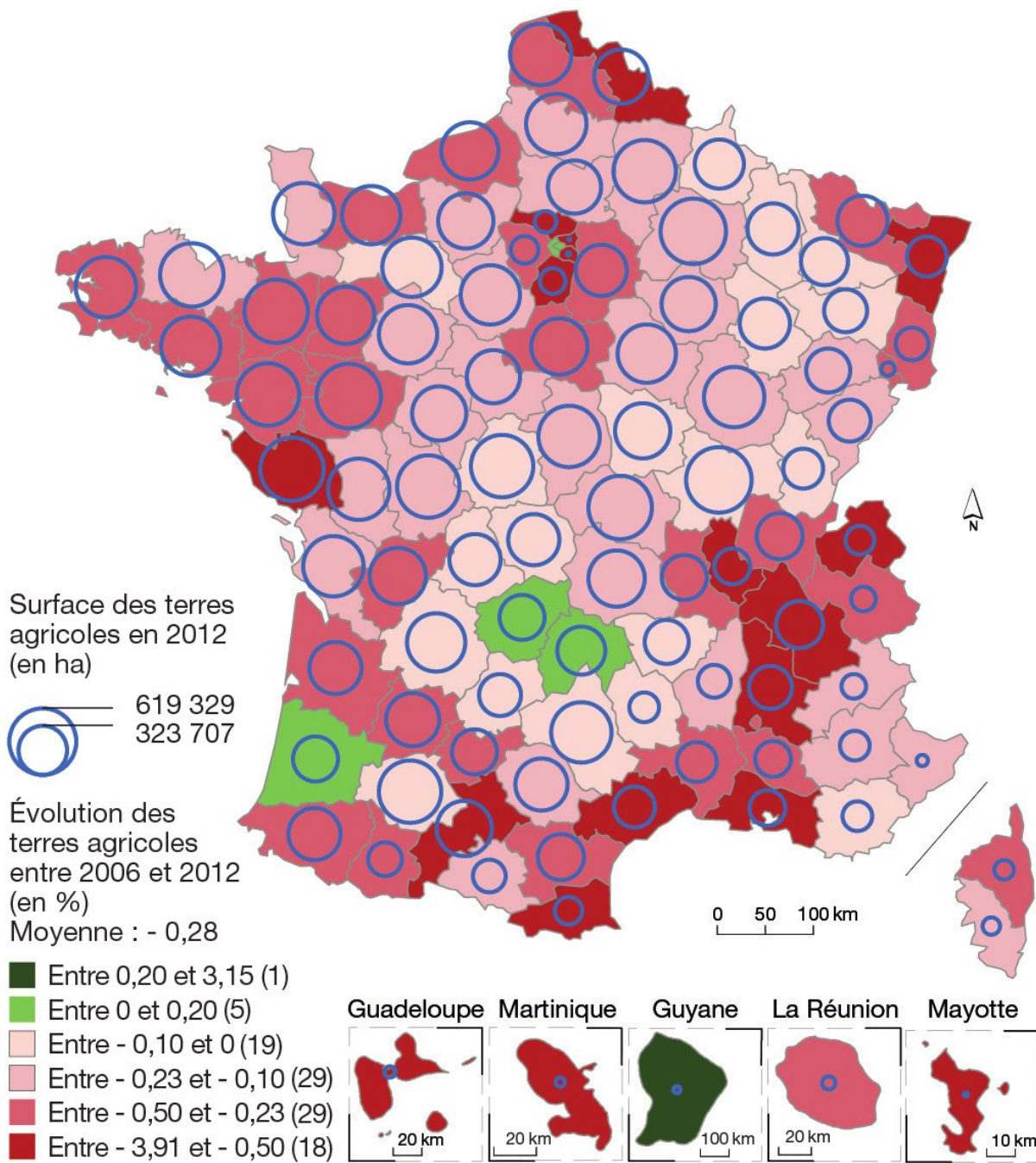
Charge mutualiste accrue



**Microbes favorables**

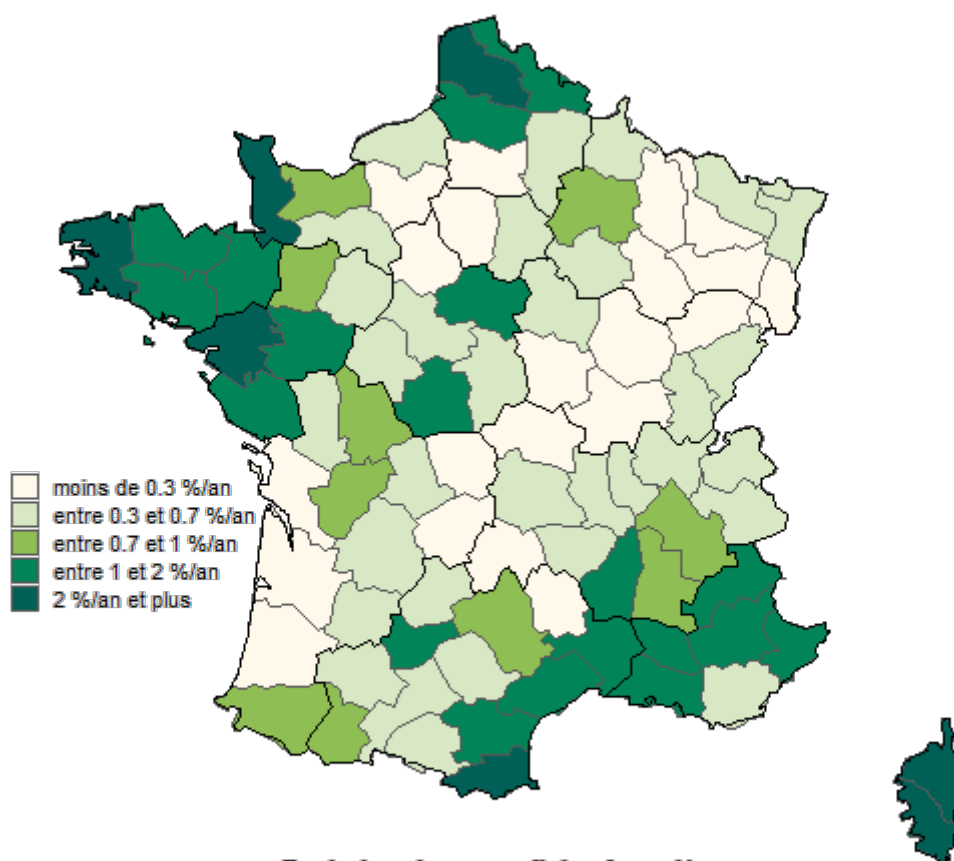
Bactéries protectrices des racines, mycorhizes,...





[https://fr.wikipedia.org/wiki/Aire\\_urbaine\\_\(France\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Aire_urbaine_(France))

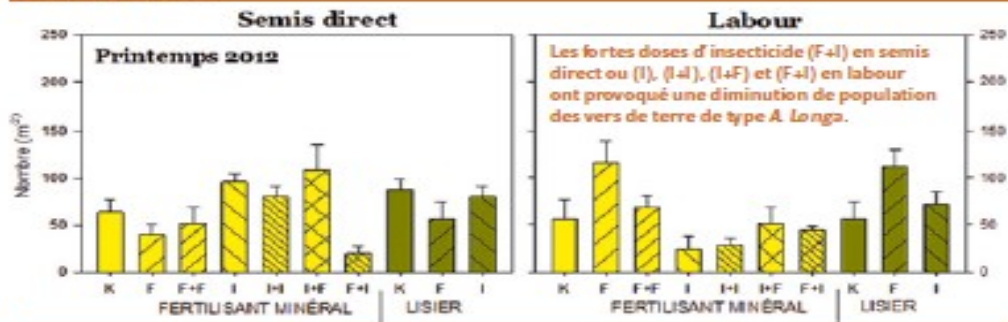
<https://jancovici.com/transition-energetique/occupation-des-sols/en-combien-de-temps-aurons-nous-urbanise-toute-la-france/>



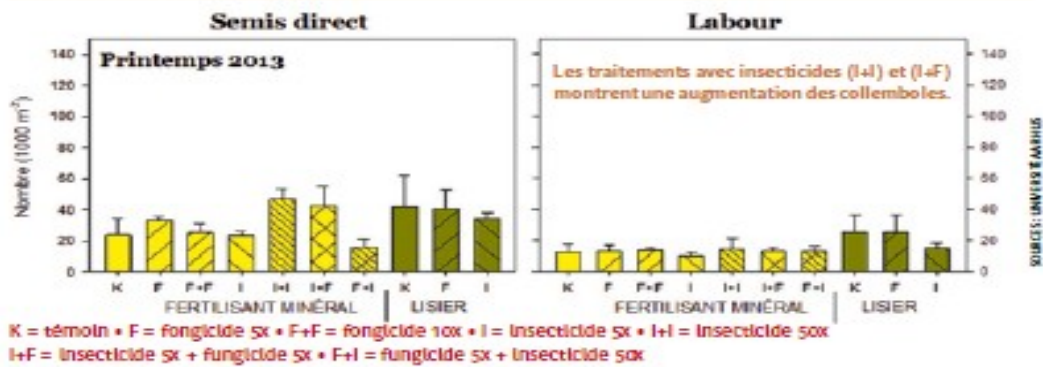
**Evolution des superficies forestières  
entre 1985 et 2020**

Service écosystémique	Bénéficiaire direct (bénéficiaire indirect)
Structuration du sol	Agriculteur
Fourniture d'N minéral aux plantes cultivées	Agriculteur ( → Société)
Fourniture d'autres nutriments aux plantes cultivées	
Stockage et restitution de l'eau aux plantes cultivées	Agriculteur ( → Société)
Stabilisation des sols et contrôle de l'érosion	Agriculteur et Société
Pollinisation des espèces cultivées	Agriculteur
Régulation des graines d'adventices	Agriculteur ( → Société)
Régulation des insectes ravageurs	Agriculteur ( → Société)
Atténuation naturelle des pesticides par les sols	Société
Régulation de la qualité de l'eau vis-à-vis du N, du P et du COD	Société
Stockage et restitution de l'eau bleue	Société
Régulation du climat global par atténuation des GES et stockage de C	Société
Potentiel récréatif (activités de plein air sans prélèvement)	Société
Potentiel récréatif (activités de plein air avec prélèvement)	Société

## Vers de terre



## Collemboles



## LABOUR OU NON-LABOUR ?

Comparaison de trois systèmes d'agriculture pour une rotation de cultures maïs-soja.

