

La diversité et les rôles de la faune du sol

Daniel CLUZEAU
Université de Rennes

1 - Diversités de la faune invertébrée du sol

Diversité taxonomique, Abondance et Biomasse

La faune du sol est représentée par de nombreux taxons (dont certains sont présentés aux tableau 1), comprenant eux-mêmes des centaines, voire des milliers d'espèces. Cela représente donc une source de biodiversité non négligeable qu'il convient de connaître pour mieux la gérer. Les abondances numériques et pondérales de ces groupes taxonomiques sont relativement hétérogènes, les animaux de petite taille étant plus nombreux que ceux de taille moyenne ou grande. Ceci entraîne des représentations pondérales non négligeables pour les protozoaires et les nématodes, vis à vis des animaux de taille moyenne comme les microarthropodes (Acariens, collemboles et autres insectes aptérygotes).

Groupe	Abondance (nb/m ²)	Biomasse (g/m ²)	Nombre d'espèces
Protozoaires	10 ⁵ à 10 ¹¹	6 à >30	68
Nématodes	10 ⁶ à 3x10 ⁶	1 à 30	65
Arachnides Acariens	2x10 ⁴ à 4x10 ⁵	0,2 à 4	140
Insectes Collemboles	2x10 ⁴ à 4x10 ⁵	0,2 à 4	48
Oligochètes Enchytréides	1500 à 140000	1 à 80	36
Oligochètes Lombriciens	50 à 400	20 à 400	11
Insectes ptérygotes	jusqu'à 500	4,5	> 245
Myriapodes diplopedes	20 à 700	0,5 à 12,5	6
Myriapodes chilopodes	100 à 400	1 à 10	?
Crustacés Isopodes	jusqu'à 1 800	jusqu'à 4	6
Prairie permanente tempérée <i>D'après Gobat & al, 2003</i>			Hêtraie Europe (sur mull) <i>Schaefer & Schauer mann, 1990</i>

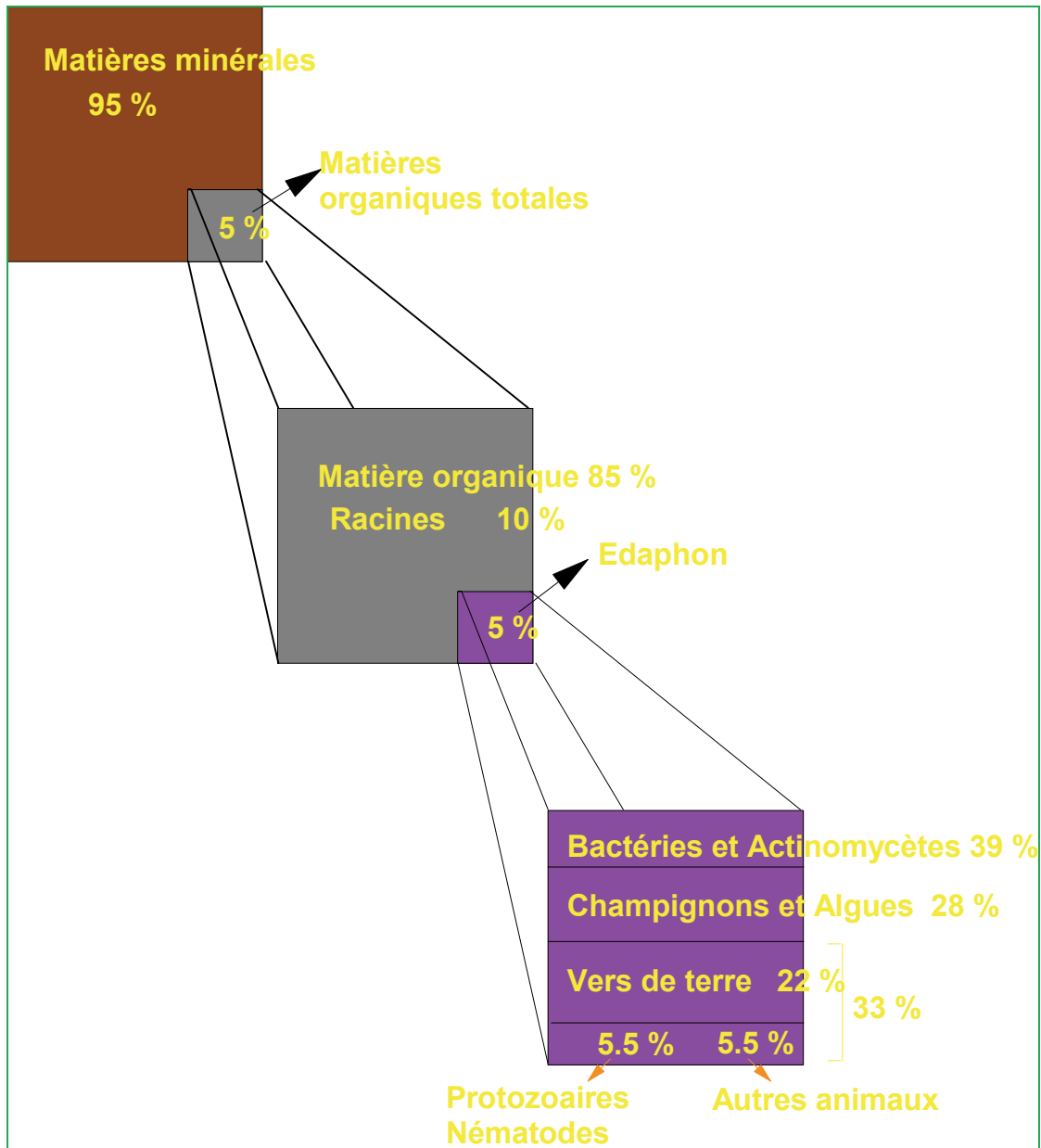
TABLEAU 1 : DIVERSITE TAXONOMIQUE, ABONDANCE NUMERIQUE ET BIOMASSE

En moyenne, en prairie permanente, la faune du sol comprend quelques 260 millions d'individus au m² (Gobat & al, 2003), soit de manière imagée, l'équivalent de la population humaine sous 24m² de prairie permanente tempérée, soit de la population suisse sous la semelle d'un randonneur ; cela constitue une biomasse de 1.5t/ha (150g/m²), soit l'équivalent de 2 Unités Gros Bétail (UGB) dans le sol d'un hectare de cette même prairie. Ainsi, plus de 1000 espèces d'invertébrés se rencontrent dans 1 m² de forêt tempérée (Schaefer & Schauer mann, 1990) ; Dans une hêtraie, la biomasse d'acariens oribates varie entre 25 et 35 kg/ha alors que la biomasse d'oiseaux ne représente que 0,240 kg/ha. La communauté des vers de terre varie de 100 /m² dans des sols peu organiques à plus de 1 000 dans des sols plus riches (en poids: 500 à 5 000 kg/ha) ; dans un sol agricole, la biomasse des protozoaires presque équivalente à celles des vers de terre (Wood, 1995).

La notion de fonctionnement écologique du sol correspond à un système d'interactions entre différents compartiments du sol et un acteur biologique (racine ou microorganismes ou faune), ces interactions induisant un certain nombre de fonctions agronomiques ou environnementales du sol.

Du point de vue du fonctionnement du sol, cette diversité taxonomique ne représente en biomasse que 50% de la biomasse microbienne du sol, qui elle-même ne représente que 0.15-0.20% de la masse totale du sol (figure 1 d'après Bachelier, 1978).

Figure 1 : Exemple de composition pondérale d'un horizon organique d'un sol de prairie tempérée



2 - Classifications de la faune du sol

Pour la faune, le sol représente, par sa nature chimique et physique complexe, une diversité d'habitats, de texture, de structure et de composition chimique très variables, exerçant des contraintes sur les stratégies adaptatives des différents taxons et offrant aussi des niches trophiques multiples.

Répartition selon la taille

Les divers univers de vie

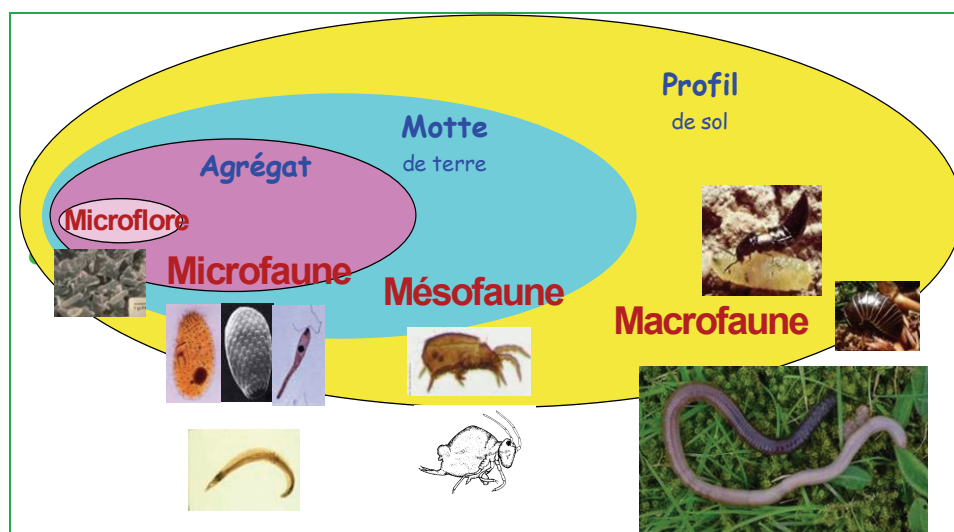
Le sol est un milieu constitué de micro-, méso- et macropores, les deux derniers constituant un milieu de vie pour une faune du sol de petite et moyenne taille, incapable de se créer sa propre porosité pour progresser dans le sol alors que la faune de grande taille est indépendante de la porosité existante pour se déplacer dans le sol.

A - Les protozoaires et une partie des nématodes vivent dans les pores ou films d'eau de la matrice du sol (eaux pelliculaire et interstitielle) : cette **microfaune** de longueur $< 0.2\text{mm}$ a une vie quasi-« aquatique » avec des capacités d'enkystement pour résister à la dessiccation du sol. L'univers de vie pour la majorité des espèces de la microfaune est l'**agrégat**, de 0.5 à 5cm, sauf les amibes qui auraient des capacités de déplacement assez importantes (figure 4).

B - Les microarthropodes et certaines larves de diptères par exemple occupent préférentiellement les pores remplis d'air de la matrice du sol ; cette **mésafaune** de 0.2 et 4mm de longueur se déplace au sein des espaces existants, sans creuser le sol de manière significative. L'univers de vie pour la majorité des espèces de la mésafaune est la **motte de terre**, de 5 à 50cm.

C - Les grandes larves d'insectes, la majeure partie des myriapodes et des lombriciens appartiennent à la **macrofaune** de 4 à 80mm de longueur; ils peuvent modifier la structure physique du sol en creusant des galeries ou en ingérant du sol. L'univers de vie pour la majorité des espèces de la macrofaune est le **solum** (ou **profil**) de 50cm à 5m. (cf figure 2 ci-dessous)

Des organismes de taille variée
vivant
dans des compartiments du sol
de taille variable ...



Les divers impacts fonctionnels

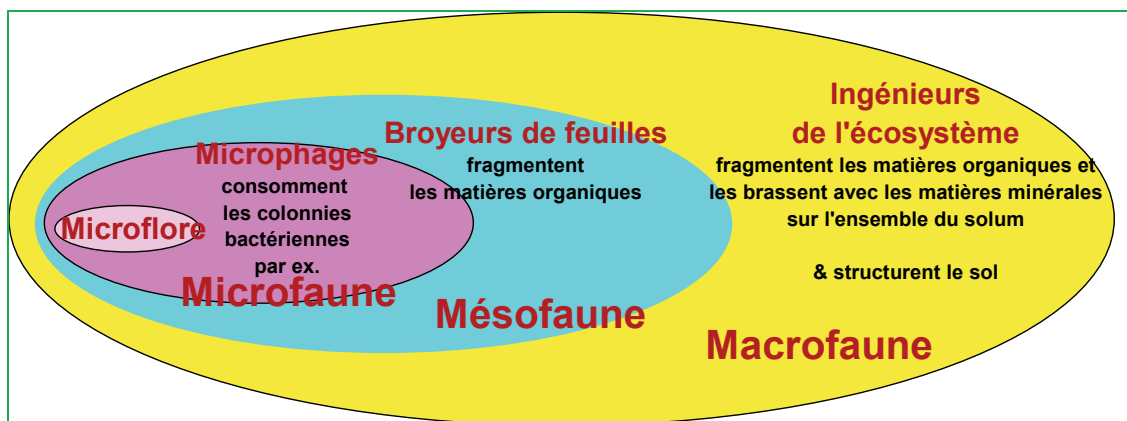
A biomasse identique, la macrofaune n'aura pas le même impact fonctionnel que la microfaune, les uns agissant au niveau du **solum** tout en modifiant physiquement leur environnement alors que les autres agissent au niveau de l'**agrégat** sans impact physique sur leur environnement.

Toutefois, le rôle de la microfaune ou de la mésofaune n'est pas négligeable vis à vis de la macrofaune : Entre les taxons de ces 3 classes de taille, il y a **complémentarité d'impacts sur le recyclage de matières organiques mortes** (figure 3).

La mésofaune et la macrofaune sont des **fragmenteurs ou broyeurs** de matières organiques mortes, qui fournissent des ressources sous forme de déjections à la microfaune saprophyte qui est aussi **microphage**, puisqu'elle se nourrit de la microflore qui se sera développée sur ces déjections.

La macrofaune, par exemple les vers de terre, de par leur capacité à créer leur propre porosité en ingérant du sol, vont assurer, au cours du transit digestif, un brassage plus ou moins important entre les fragments organiques en décomposition et matières minérales. Les déjections ainsi constituées sont déposées dans l'ensemble du solum au cours des déplacements cette macrofaune : de par ses activités de bioturbation sur l'ensemble du profil, la macrofaune est associée au concept d'**ingénieurs allogènes de l'écosystème** (Jones & al, 1994).

Figure 3 - Rôles des classes de taille de la faune du sol vis à vis du recyclage des matières organiques mortes

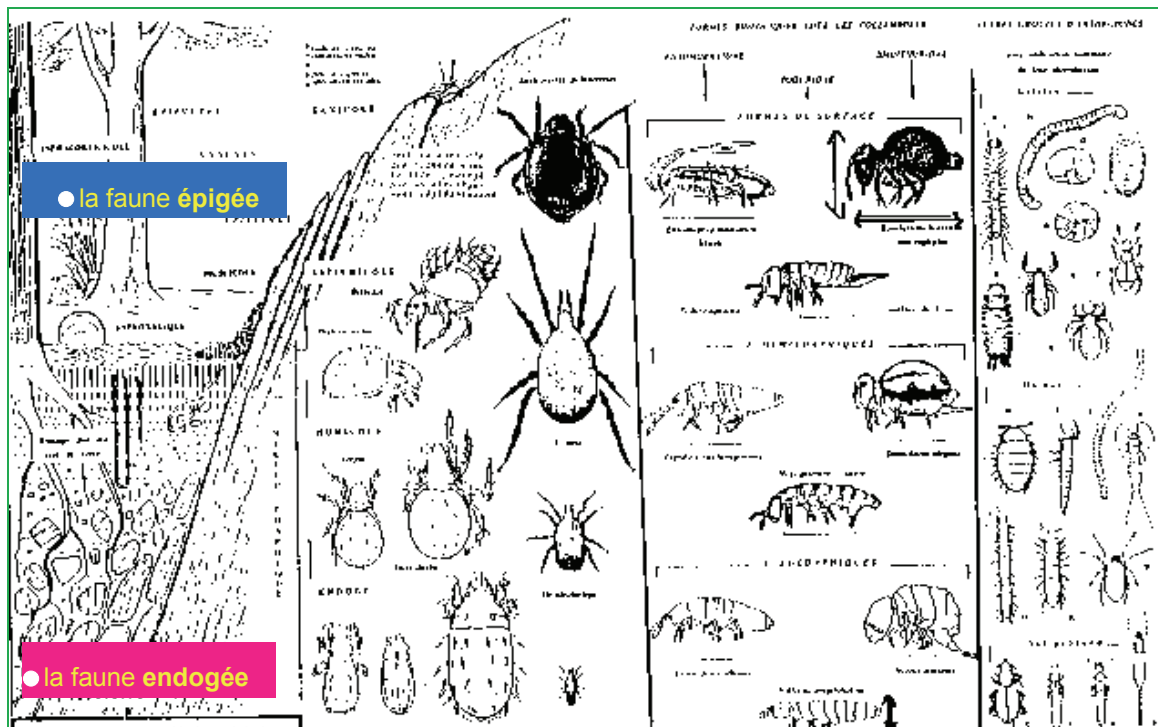


La taille des organismes du sol permet de comprendre les rôles complémentaires de cette diversité biologique vis à vis de l'utilisation des niches écologiques (habitat, ressource trophique, ...), et de leurs capacités à réagir aux modifications de leur environnement.

Répartition selon la profondeur

Les différents horizons du sol sont plus ou moins colonisés par la faune du sol :

- certaines espèces, appelées **épigées**, sont présentes à la surface du sol, dans différentes matières organiques en cours de décomposition mais aussi dans les horizons organiques.
- D'autres espèces, appelées **endogées**, colonisent préférentiellement les horizons organo-minéraux, voir minéraux. Pour s'adapter à ce milieu peu poreux et moins riche en ressources trophiques (matières organiques), elles peuvent se mettre en diapause lors des événements climatiques défavorables. (Figure 4 ci-dessous)



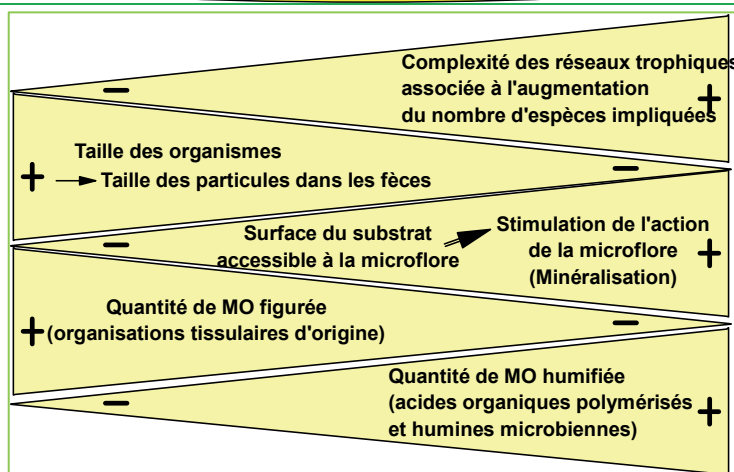
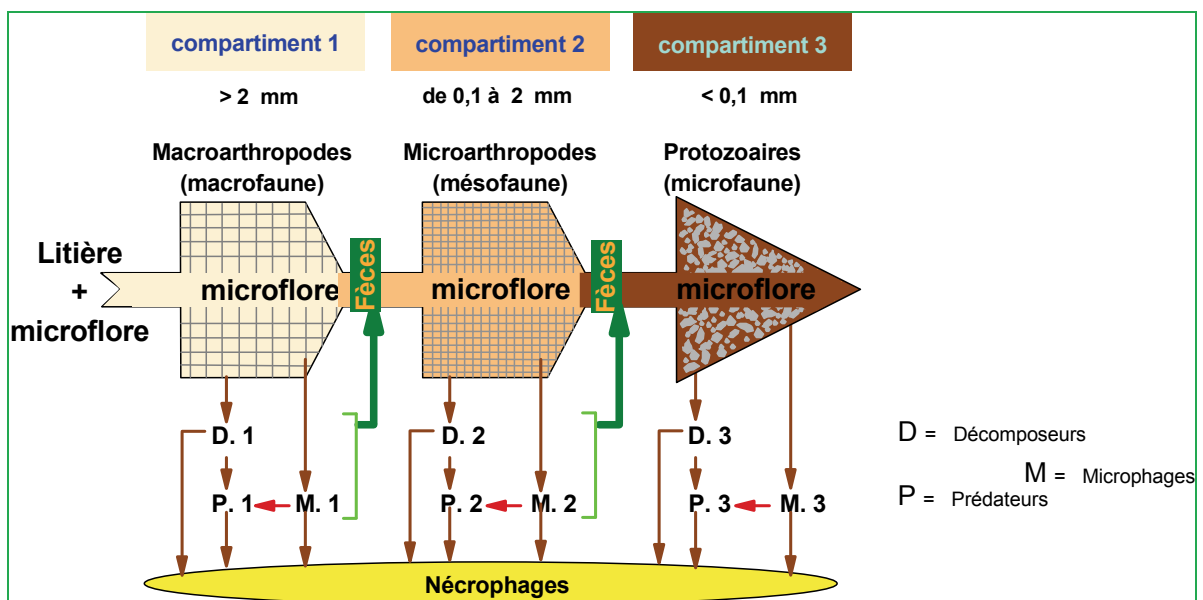
La macrofaune parcourt plus ou moins les différents horizons du sol selon 3 modes de progression.

- Les **fouisseurs** creusent essentiellement avec leurs pattes, modifiées ou non (exemple : courtilière,...) ;
- les **mineurs** creusent leur chemin souterrain avec leurs mandibules ou leurs dents, en transportant la terre à l'extérieur (exemple : fourmis et termites), ou la repoussent derrière eux avec leurs pattes (exemple : larves de hannetons) ;
- les **tunneliers** forent des galeries, soit en forçant le passage et agrandissant les interstices (exemple : diplopodes, lombriciens), soit en mangeant la terre et l'évacuant sous forme d'excréments (exemple : lombriciens).

3 - Rôles de ces invertébrés saprophages vis à vis du cycle de la matière organique

Les invertébrés du sol participent au recyclage des matières organiques mortes ou déchettaires, d'origines végétale (litières de feuilles, racines, résidus de cultures, compost,) et animale (cadavres, déjections, fumiers, ...). Selon la nature de cette ressource, leur régime alimentaire sera qualifié différemment : les saprophages, les saprorhizophages, les corticoles, ..., les nécrophages, les coprophages,...

Dans un 1^{er} temps, le rôle principal des saprophages est de fragmenter les tissus encore organisés de cette matière organique morte ; lors des processus d'ingestion-digestion, cette matière organique figurée subit une première minéralisation, étant soumis aux actions enzymatiques (et de la microflore symbiotique dans certains cas) qui fragilisent de telles structures protéiques. A part la partie assimilée, une grande proportion de cette matière organique ingérée se retrouve excrétée sous forme de fèces dans le sol, enrobée de mucopolysaccharides (mucus) intestinaux. (Figure 5 ci-dessous)

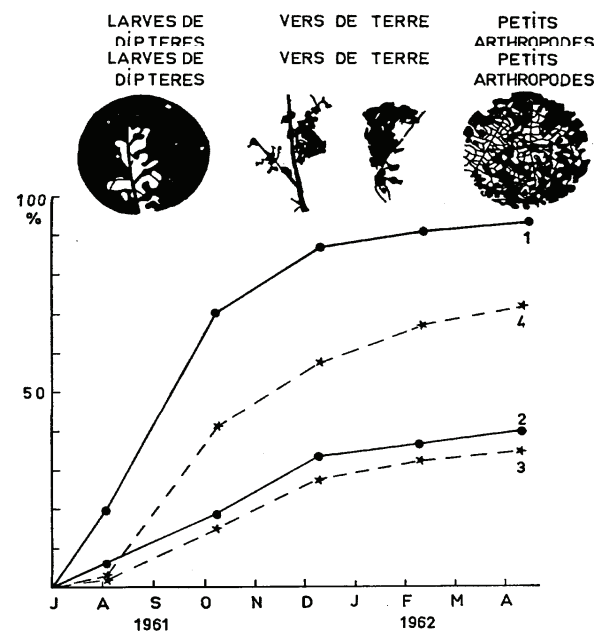


Cet apport d'éléments facilement assimilables va provoquer un développement de la microflore avoisinant ces déjections ; ceci permettra une seconde minéralisation à l'air libre, de cette matière organique ingérée qui s'arrêtera lorsque la microflore aura colonisé et métabolisé toute la matière organique rendue accessible après digestion par ces invertébrés. Ces fécès vont rester tels que dans le sol tant qu'un autre taxon ne les aura pas ré-ingérés, complètement ou partiellement.

Ainsi, différents taxons d'invertébrés, de taille de plus en plus petite vont se succéder sur cette ressource trophique qui va peu à peu, être entièrement minéralisée sauf les éléments très difficilement dégradables qui auront été recombinaés en acides organiques plus ou moins complexes de l'humus (certains vers de terre peuvent aussi consommer une partie de ces déjections). D'autre part, l'humus s'enrichit en humine microbienne issue des colonies participant précédemment à la minéralisation.

A chaque stade de cette succession, la fragmentation de plus en plus fine de cette matière organique figurée entraîne une augmentation de sa surface ainsi que la libération des contenus cellulaires qui permet le développement des activités de minéralisation et de sécrétion de la microflore.

A la différence des composés facilement hydrosolubles, tels que les contenus des cellules mortes qui sont métabolisés directement par la microflore, les composés plus difficilement biodégradables comme les parois des tissus, nécessitent des interactions successives entre faune du sol et microflore (sauf exception avec certains champignons de pourriture blanche qui dégradent les composés phénoliques).

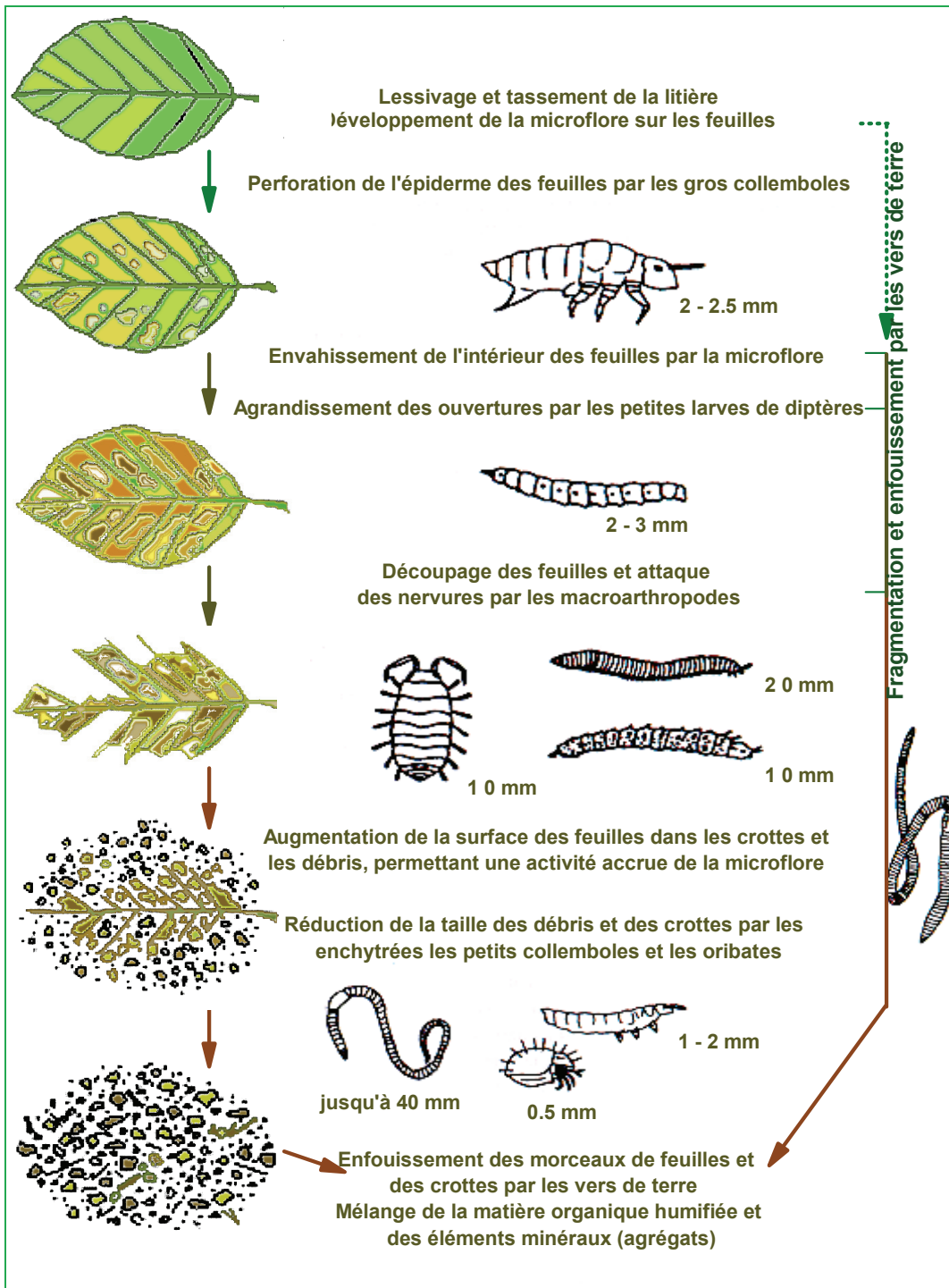


Pour stimuler de tels développements microbiens et pour ensuite s'en nourrir, des macroinvertébrés tels que les lombriciens peuvent enfouir des fragments de matière organique figurée soit directement dans le sol soit mélangés à leurs propres déjections.

Figure 6 : Consommation de feuilles mortes d'arbre par 3 taxons de la faune du sol en 9 mois (1 - global ; 2 - petits arthropodes ; 3 - larves de diptères ; 4 - vers de terre) (d'après Edwards & Lofty, 1977)

**Figure 7 : Succession écologique des invertébrés
pour dégrader la matière organique morte figurée (ici une feuille de hêtre)
dans l'horizon organique du sol**

dans un 1^{er} temps, les feuilles de l'année s'accumulant dans le sous-horizon OL, commencent à être fragmentées par des macro-organismes saprophyges, puis par des micro-arthropodes et d'autres faunes de taille décroissante au fur et à mesure que la feuille se dégrade (ces fragments de feuilles constituent le sous-horizon OF comme fragmentation par la faune et « fermentation »-minéralisation par la microflore).



De par cette plus grande diversité de comportements vis à vis de ces ressources trophiques, **les lombriciens se révèlent être d'importants compétiteurs vis à vis des autres saprophages** : si les conditions mésologiques permettent la présence des lombriciens, le partage de ces ressources trophiques se fera au détriment des autres groupes saprophages de la macrofaune et de la mésofaune du sol ((Figures 6 & 7 ci-dessus).

En zone tempérée, les lombriciens sont parmi la faune du sol, les principaux acteurs du brassage de la matière organique humifiée ou non et de la matière minérale au sein des complexes organo-minéraux du sol.

TABLEAU 2 : SYNTHÈSE DES FONCTIONS ESSENTIELLES JOUÉES PAR LA FAUNE DU SOL

(d'après FAO : <http://www.fao.org/landandwater/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>)

Fonctions	Organismes impliqués
Décomposition de la matière organique	invertébrés détritivores , champignons, bactéries, actinomycètes
Recyclage des nutriments	principalement microorganismes et racines, quelques invertébrés du sol et de la litière
Echanges gazeux et séquestration du carbone	principalement microorganismes et racines, Carbone protégé dans les agrégats créés par la méso et macrofaune
Maintenance de la structure du sol	invertébrés fouisseurs racines, mycorhizes, autres microorganismes
Régulation des processus hydrologiques du sol	invertébrés fouisseurs et racines
Relations symbiotiques et asymbiotiques avec les plantes et leurs racines	rhizobium, mycorhizes, actinomycètes, autres microorganismes de la rhizosphère, fourmis
Détoxification du sol	principalement microorganismes
Suppression des nuisibles, des parasites et des maladies	plantes, mycorhizes, autres champignons, bactéries, nématodes, collemboles, vers de terre, prédateurs
Sources d'aliments et de médicaments	racines, insectes, vers de terre , vertébrés et leur sous-produits

BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE

- Bachelier G. - 1978 – La faune des sols, son écologie et son action. IDT n°38 ORSTOM, Paris, 391p.
- Bouché M.B., 1972 – *Lombriciens de France. Ecologie et Systématique*. I.N.R.A. (Ann. Zool.-écol. anim. numéro hors série 72/2), Paris, 671p.
- Brown G.G., Pashanasi B., Gilot-Villenave C. et al. – 1999 – *Effects of earthworms on plant growth*. In : Lavelle P., Brussaard L. et Hendrix P. (Eds) *Earthworm management in tropical agroecosystems*, CAB INTERNATIONAL, WALLINGFORD, pp. 87-148.
- Dindal, D.L. (Ed.) – 1990 - *Soil Biology Guide*. Wiley et Sons, NY. 1349 pp.
- Edwards C.A., Lofty J.R., 1977 – *Biology of earthworms*. Second edition. Chapman and Hall, London, 300p.
- Edwards C.A., Bohlen P.J., 1996 – *Biology and Ecology of earthworm* (3rd édition). Chapman and Hall, London.
- Gobat JM., Aragno M., Matthey W. – 2003 – *Le Sol Vivant* (2^{ème} édition). PPUR, Lausanne, 569pp.
- Lavelle P., Spain A.V. – 2001 - *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654 pages.
- Lee K.E. – 1985 - *Earthworms : their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press, Sydney.
- Sturny W.G., 1998 - Le semis direct, élément d'un nouvel itinéraire cultural *Agrarforschung* 5(05) : 233-236

GLOSSAIRE

Insectes aptérygotes : Insectes primitifs dépourvus d'ailes

Matières organiques déchettaires produites par l'homme (collectivités et industrie)

Mycorhizes vésiculo-arbusculaires (VAM) : les hyphes mycorhiziens pénètrent l'écorce de la racine sans empêcher la formation de racelles, augmentant ainsi la surface absorbante pour la plante.

Propagules : toute part d'un organisme produite par multiplication asexuée ou reproduction sexuée, susceptible de donner un nouvel individu.

Les animaux **saprophages** se nourrissent de substances organiques mortes, les **saprorhizophages** de racines mortes, les **nécrophages** de cadavres et les **coprophages** des excréments des animaux ; les **corticoles** vivent sous les écorces en décomposition.