



**HAL**  
open science

# Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré

Jean-François Ponge

► **To cite this version:**

Jean-François Ponge. Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 2000, 86 (8), pp.129-135. hal-00503100

**HAL Id: hal-00503100**

**<https://hal.science/hal-00503100>**

Submitted on 16 Jul 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **BIODIVERSITÉ ET BIOMASSE DE LA FAUNE DU SOL SOUS CLIMAT TEMPÉRÉ:**

English title: Biodiversity and biomass of soil fauna in temperate climate

PONGE Jean-François

Museum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Écologie Générale, 4 avenue du Petit-Château, 91800 BRUNOY, tel. 01.60.47.92.13, fax 01.60.46.50.09, e-mail: [jean-francois.ponge@wanadoo.fr](mailto:jean-francois.ponge@wanadoo.fr)

Résumé et mots-clés: Dans les sols forestiers les biomasses et diversités animales sont étroitement liées au mode de fonctionnement biologique des écosystèmes, représenté par la forme d'humus. Mull, Moder et Mor constituent un gradient de biodiversité décroissante, la macrofaune étant l'élément le plus sensible à la disponibilité en nutriments et d'une manière plus générale à la qualité du milieu. Les sols agricoles présentent des propriétés biologiques similaires, avec une sensibilité particulière de la faune vis-à-vis de l'intensification de l'agriculture, qui se traduit par des modifications de la structure du sol

Forme d'humus, litière végétale, lombrics, enchytréides, agriculture, faune du sol, biomasse, biodiversité, zone tempérée

Abstract and keywords: Forest soil animal biomass and diversity are tightly linked to functional patterns at the ecosystem level, as exemplified by humus forms. Mull, Moder and Mor exhibit a gradient of decreasing biodiversity, macrofauna being more sensitive to nutrient availability and, generally speaking, site quality. Agricultural soils display similar biological features, changes in the soil fabric being due to the particular sensitivity of fauna to the intensification of agriculture.

Humus form, plant litter, lumbricids, enchytraeids, agriculture, soil fauna, biomass, biodiversity, temperate zones

La faune du sol constitue l'essentiel de la biomasse et de la biodiversité animale présente dans les écosystèmes terrestres [1], mais on observe de fortes discordances en termes de densités, de biomasses et de dominances selon les types de milieux. Une distinction majeure peut être observée en fonction de la forme d'humus. Le Tableau 1 montre les principales caractéristiques écologiques, biologiques et physico-chimiques des trois principales formes d'humus: Mull, Moder, Mor [2] [3] [4]. On met en évidence un gradient de biodiversité décroissante du Mull vers le Mor en passant par le Moder, associé à une diminution de taille des formes animales présentes et à une baisse de productivité des écosystèmes. Dans une étude portant sur 13 hêtraies des Ardennes belges sur grès et schistes du houiller [5] il a pu être montré une baisse du nombre de groupes zoologiques en fonction de l'altitude, principal facteur contrôlant la productivité des hêtraies et la forme d'humus dans le secteur considéré (Fig. 1). Cette réduction affecte essentiellement les groupes appartenant à la macrofaune (Fig. 2), tant en ce qui concerne les espèces prédatrices que saprophages. Ceci a pour conséquence une réduction de la biomasse totale de la faune édaphique du Mull vers le Moder, parallèle à celle de la végétation, comme le montrent les données de Phillipson [6] et Schaefer [7]. La disponibilité en nutriments via la composition minérale de la litière, bien indiquée par la teneur en calcium, joue un rôle déterminant dans le maintien de la richesse zoologique, comme en témoignent des études réalisées tant en hêtraies gérées [5] qu'en réserves intégrales [8] (Fig. 3).

Parmi les mécanismes qui président à la genèse des trois principales formes d'humus citées ci-dessus, on retiendra, outre une sélection exercée par le milieu, via ses caractéristiques climatiques, physico-chimiques et trophiques, des antagonismes et des mutualismes (Tableau 1) qui orientent les écosystèmes vers l'une ou l'autre de ces trois stratégies. L'antagonisme entre les vers de terre et les enchytréides a été démontré expérimentalement [9] [10] et explique assez bien la forme des courbes reliant la densité de ces deux groupes dans les sols forestiers, selon les données de Huhta et Koskenniemi [11], Standen [12], Römcke [13] [14], Graefe [15], Schaefer [7] et Ponge et al. [5] ayant servi à élaborer la Figure 4. D'autres antagonismes, entre microorganismes (entre bactéries et champignons, entre types mycorhiziens) ou entre végétaux (allélopathie), contribuent également aux divergences de fonctionnement et de disponibilité en nutriments observées entre Mull, Moder et Mor.

Dans les sols agricoles, malgré une uniformité apparente des horizons de surface, la composition faunistique varie dans de fortes proportions, notamment en fonction du degré d'intensification de l'agriculture. Le recours massif aux pesticides et à un travail intensif du sol en agriculture conventionnelle aboutit à une forte réduction de la diversité et de l'abondance de la faune, se traduisant par un aspect massif de la structure, semblable à ce que l'on observe dans la partie minérale du sol sous les humus de forme mor. Une réduction du travail du sol et de l'apport de pesticides, telle qu'on la pratique en agriculture intégrée\*, permet le maintien d'une biodiversité plus importante. Dans une étude réalisée sur les parcelles expérimentales de l'Institut Technique des Céréales et Fourrages (site de Boigneville, Essonne), on a pu mettre en évidence une amélioration de la structure en agriculture intégrée [16] (Fig. 5). Dans le cas du site étudié, où l'activité des vers de terre reste relativement faible, cette amélioration correspond au percement de fines galeries par les enchytréides dans les premiers centimètres du sol [17] (Fig. 6). On passerait donc ainsi d'un mode de fonctionnement de type mor à un fonctionnement de type moder, malgré l'absence de couches de litière.

---

\* L'agriculture intégrée, concept proche de celui d'agriculture durable ou d'agriculture raisonnée, est défini comme «une approche globale de l'utilisation du sol pour la production agricole, qui cherche à réduire l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation (énergie, produits chimiques), en valorisant au mieux les ressources naturelles et en mettant à profit des processus naturels de régulation» [15]

L'abondance et la diversité des formes animales présentes dans les sols, tant forestiers qu'agricoles, reflètent donc les différences de fonctionnement du sol, en fonction de la sensibilité des invertébrés vis-à-vis des caractéristiques du milieu. En retour, la composition des peuplements animaux du sol détermine dans une large mesure la forme d'humus, c'est-à-dire le mode de répartition de la matière organique et de la matière minérale dans les horizons de surface. Les propriétés physiques de ces horizons seront donc en large partie déterminées par l'activité de la faune, avec laquelle elles sont en interaction permanente.

#### Références:

- [1] Wall D.H., Moore J.C., Interactions underground. Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes, *BioScience* 49 (1999) 109-117.
- [2] Brêthes A., Brun J.J., Jabiol B., Ponge J.F., Toutain F., Classification of forest humus forms: a French proposal, *Annales des Sciences Forestières* 52 (1995) 535-546.
- [3] Ponge J.F., Charnet F., Allouard J.M., Comment distinguer dysmoder et mor? L'exemple de la forêt domaniale de Perche-Trappe (Orne), *Revue Forestière Française* 52 (2000) 23-37.
- [4] Jabiol B., Höltermann A., Gégout J.C., Ponge J.F., Brêthes A., Typologie des formes d'humus peu actives. Validation par des critères macro- et micromorphologiques, biologiques et chimiques, *Étude et Gestion des Sols* 7 (2000) 133-154.
- [5] Ponge J.F., Arpin P., Sondag F., Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes, *Canadian Journal of Forest Research* 27 (1997) 2053-2064.
- [6] Phillipson J., Biological processes in forest ecosystems (Enigmas of European beech), *Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie* 17 (1989) 21-32.
- [7] Schaefer M., Fauna of the European temperate deciduous forest, in: Röhrig E., Ulrich B. (eds.), *Ecosystems of the world. VII. Temperate deciduous forests*, Elsevier, Amsterdam, 1991, pp. 503-525.
- [8] Ponge J.F., Patzel N., Delhaye L., Devigne E., Levieux C., Béros P., Wittebroodt R., Interactions between earthworms, litter and trees in an old-growth beech forest, *Biology and Fertility of Soils* 29, 1999, 360-370.
- [9] Górný M., Studies on the relationships between enchytraeids and earthworms, in: Szegi J. (ed.), *Soil biology and conservation of the biosphere*, Akademiai Kiado, Budapest, 1984, pp. 769-776.
- [10] Haukka J.K., Growth and survival of *Eisenia fetida* (Sav.) (Oligochaeta: Lumbricidae) in relation to temperature, moisture and presence of *Enchytraeus albidus* (Henle) (Enchytraeidae), *Biology and Fertility of Soils* 3 (1987) 99-102.
- [11] Huhta V., Koskenniemi A., Numbers, biomass and community respiration of soil invertebrates in spruce forests at two latitudes in Finland, *Annales Zoologici Fennici* 12 (1975) 164-182.
- [12] Standen V., Production and diversity of enchytraeids, earthworms and plants in fertilized hay meadows, *Journal of Applied Ecology* 21 (1984) 293-312.

[13] Römbke J., Population dynamics of Oligochaeta of a beech forest in the Northern Black Forest (FRG), in: Striganova B.R. (ed.), Soil fauna and soil fertility, Nauka, Moscow, 1987, pp. 446-448.

[14] Römbke J., Lebensraum Buchenwaldboden. IX. Die Enchytraeen und Regenwürmer, Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 17 (1989) 97-101.

[15] Graefe U., Untersuchungen zum Einfluss von Kompensationskalkung und Bodenarbeitung auf die Zersetzerfauna in einem bodensauren Buchenwald- und Fichtenforst-Ökosystem, Forschung und Beratung Series C 48 (1990) 232-241.

[16] Topoliantz S., Ponge J.F., Viaux P., Earthworm and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures, Plant and Soil 2000 (sous presse).

[17] Didden W.A.M., Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in soil structure evolution in agricultural fields, Biology and Fertility of Soils 9 (1990) 152-158.

[18] Viaux P., Une troisième voie en grande culture. Environnement, qualité, rentabilité, Éditions France Agricole, Paris, 1999.

#### Légendes des figures:

**Figure 1:** Décroissance de la richesse zoologique (nombre de taxons de la macro- et de la mésofaune) en fonction de l'altitude dans 13 hêtraies ardennaises belges

**Figure 2:** Décroissance de la richesse zoologique de la macrofaune entre le Mull et le Moder dans 13 hêtraies ardennaises belges

**Figure 3:** Augmentation de la densité de vers de terre fousseurs en fonction de la teneur en calcium de la litière de hêtre dans 40 placettes d'une hêtraie en réserve intégrale dans la Forêt de Fontainebleau (Seine-et-Marne), d'après Ponge et al. [8]

**Figure 4:** Relations numériques entre densité des lombrics et des enchytréides dans différentes forêts et prairies européennes (cercles pleins = forêts, cercles vides = prairies)

**Figure 5:** Les structures massives dans les sols agricoles: variations des proportions en volume des éléments structuraux massifs par rapport à la matrice totale en fonction de la profondeur dans différents modes culturaux (#) = Blé en alternance, " ( = Blé monoculture, %+ = Pois en alternance, symboles pleins = sol profond, symboles vides = sol superficiel), d'après Topoliantz et al. [16]

**Figure 6:** Les structures micro-agrégées (activité des enchytréides) dans les sols agricoles: variations des proportions en volume des éléments structuraux micro-agrégés par rapport à la matrice totale en fonction de la profondeur dans différents modes culturaux (mêmes symboles que pour la Figure 5), d'après Topoliantz et al. [16]

**Tableau 1.** Principales caractéristiques des formes d'humus au niveau de l'écosystème.

	<b>MULL</b>	<b>MODER</b>	<b>MOR</b>
<b>Ecosystèmes</b>	Prairies et pelouses, forêts de feuillus avec une riche strate herbacée, maquis méditerranéens	Forêts de feuillus et de conifères avec une strate herbacée pauvre	Landes, forêts de conifères, tourbières à sphaignes, pelouses alpines
<b>Biodiversité</b>	Haute	Moyenne	Basse
<b>Productivité</b>	Haute	Moyenne	Basse
<b>Horizons de la litière</b>	OL, OF	OL, OF, OH	OL, OM
<b>Type de sol</b>	Sols bruns	Sols lessivés podzoliques	Podzols
<b>Teneur en phénol de la litière</b>	Faible	Moyenne	Elevée
<b>Humification</b>	Rapide	Lente	Très lente
<b>Matière organique humifiée</b>	Agrégats organo-minéraux avec complexes argilo-humiques	Boulettes fécales holorganiques	Oxydation lente des débris végétaux
<b>Sites d'échange</b>	Minéraux	Organiques (riches)	Organiques (pauvres)
<b>Altération minérale</b>	Elevée	Moyenne	Faible
<b>Tampons minéraux</b>	Carbonates	Silicates	Métaux
<b>Impact du feu</b>	Faible (excepté dans les écosystèmes méditerranéens)	Moyen	Elevé
<b>Régénération des arbres</b>	Facile (permanente)	Difficile (cyclique)	Nulle (nécessité du passage du feu)
<b>Types mycorhiziens dominants</b>	Mycorhizes à vésicules et arbuscules	Ectomycorhizes	Mycorhizes éricoïdes et arbutoïdes
<b>Partenaires mycorhiziens</b>	Zygomycètes	Basidiomycètes	Ascomycètes
<b>Forme d'azote</b>	Protéines, ammonium, nitrates	Protéines, ammonium	Protéines
<b>Utilisation des nutriments par la végétation</b>	Directe (poils absorbants)	Indirecte (mycélium extramycorhizien)	Faible
<b>Efficacité de l'utilisation des nutriments</b>	Faible	Moyenne	Elevée
<b>Faune</b>	Mégafaune, macrofaune, mésofaune, microfaune	Macrofaune (pauvre), mésofaune (riche), microfaune	Mésofaune (pauvre), microfaune (pauvre)
<b>Groupe animal dominant en biomasse</b>	Vers de terre	Enchytréides	Rareté de la faune
<b>Groupe microbien dominant en biomasse</b>	Bactéries	Champignons	Rareté de la microflore
<b>Affinités avec les sols pollués</b>	Faible	Moyenne	Elevée

**Tableau 2.** Réduction de la biomasse animale et de la biodiversité animale et végétale du Mull vers le Moder. D'après Philipson (1989) et Schaefer (1991).

	<b>MULL</b>	<b>MODER</b>
nb espèces végétales	56	12
nb espèces animales	2000	750
biomasse animale totale (g/m <sup>2</sup> )	16	6.5

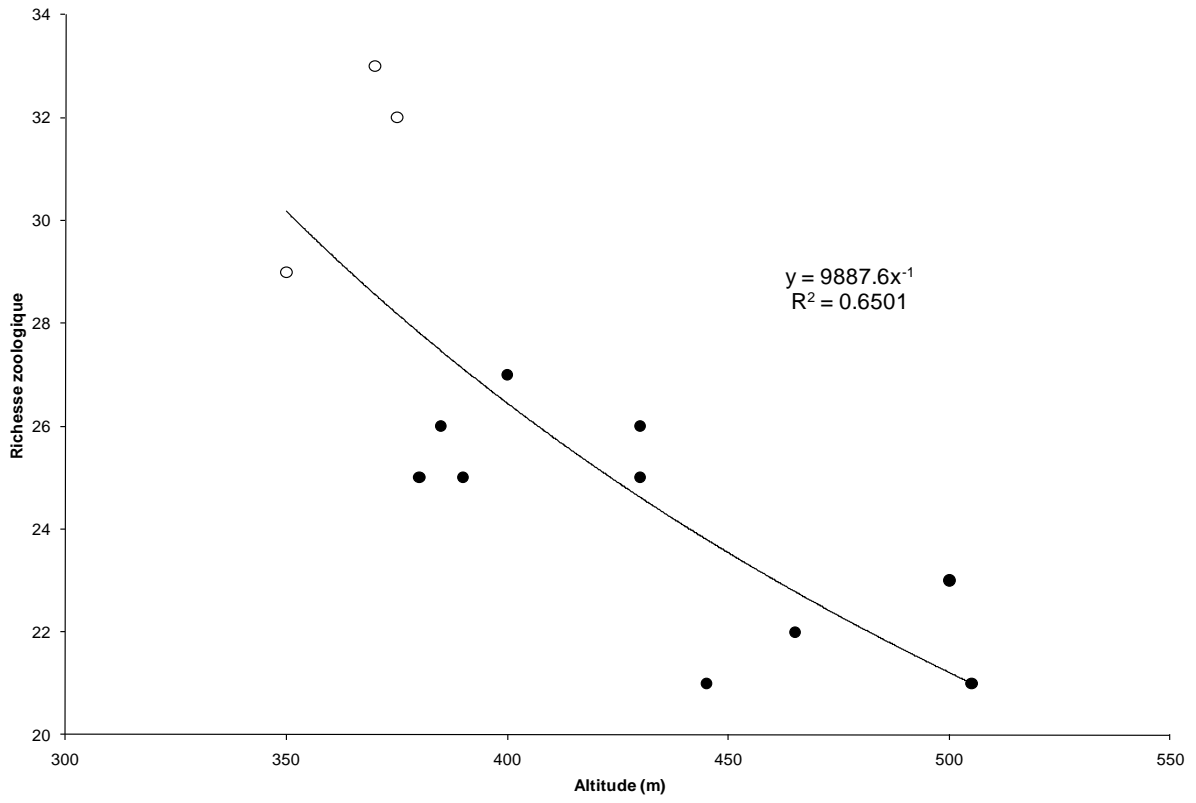


Fig. 1



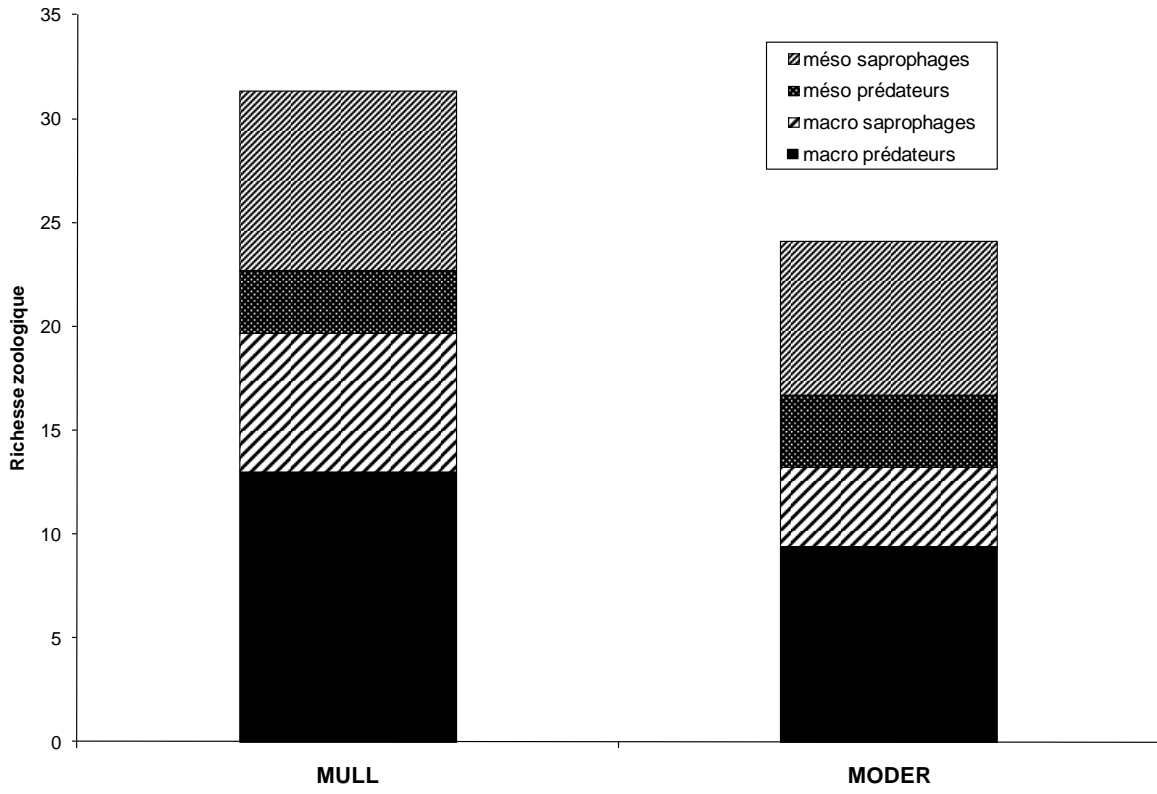


Fig. 2

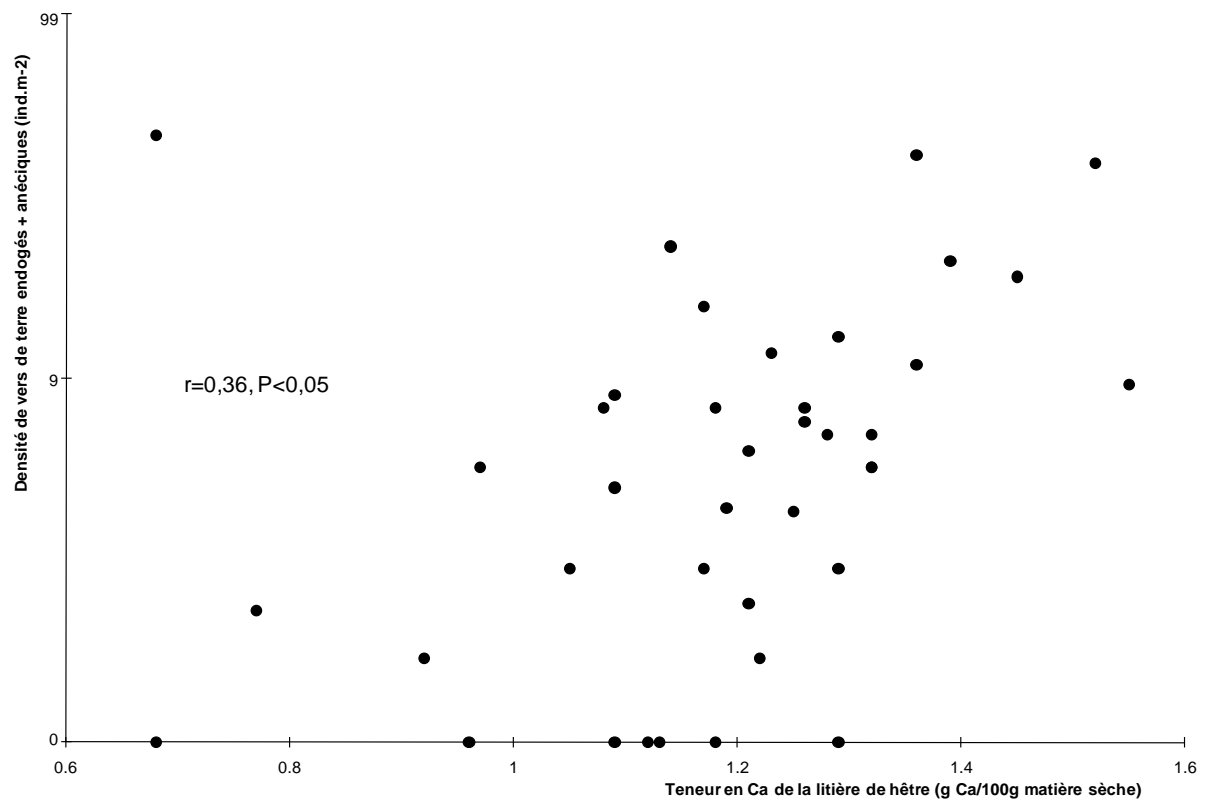


Fig. 3

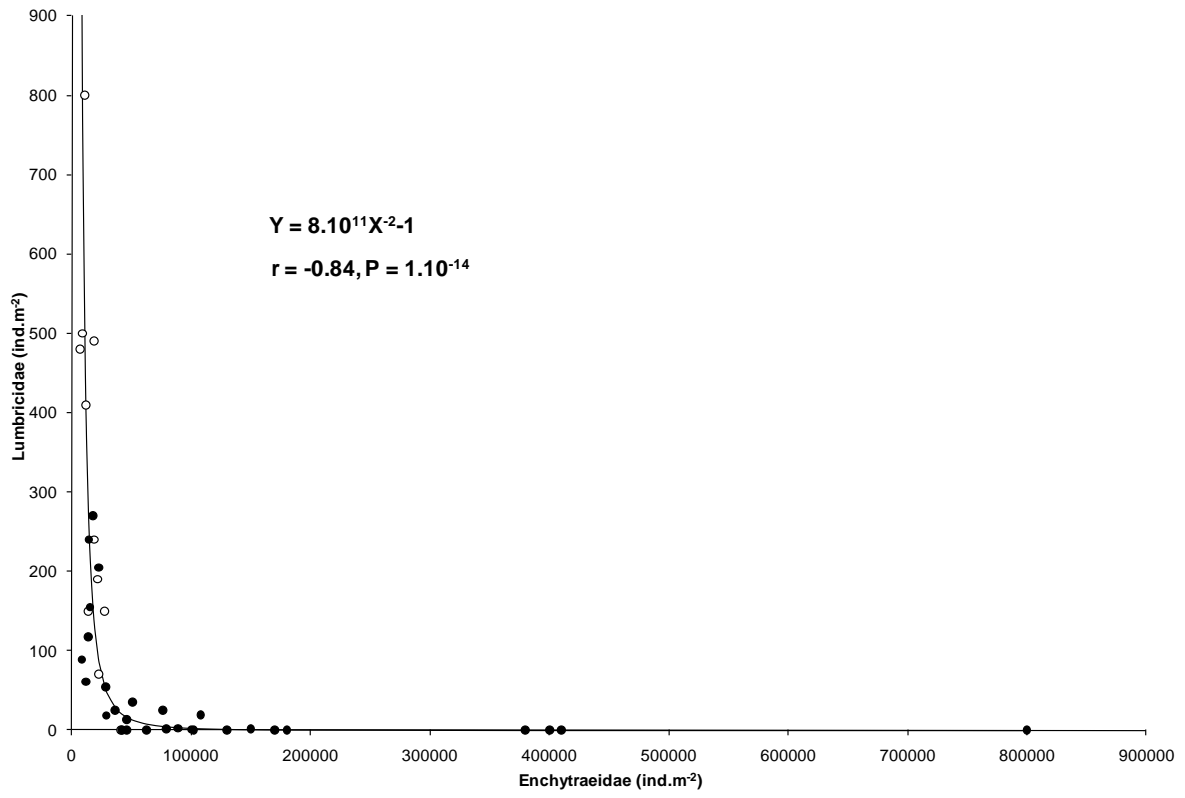


Fig. 4

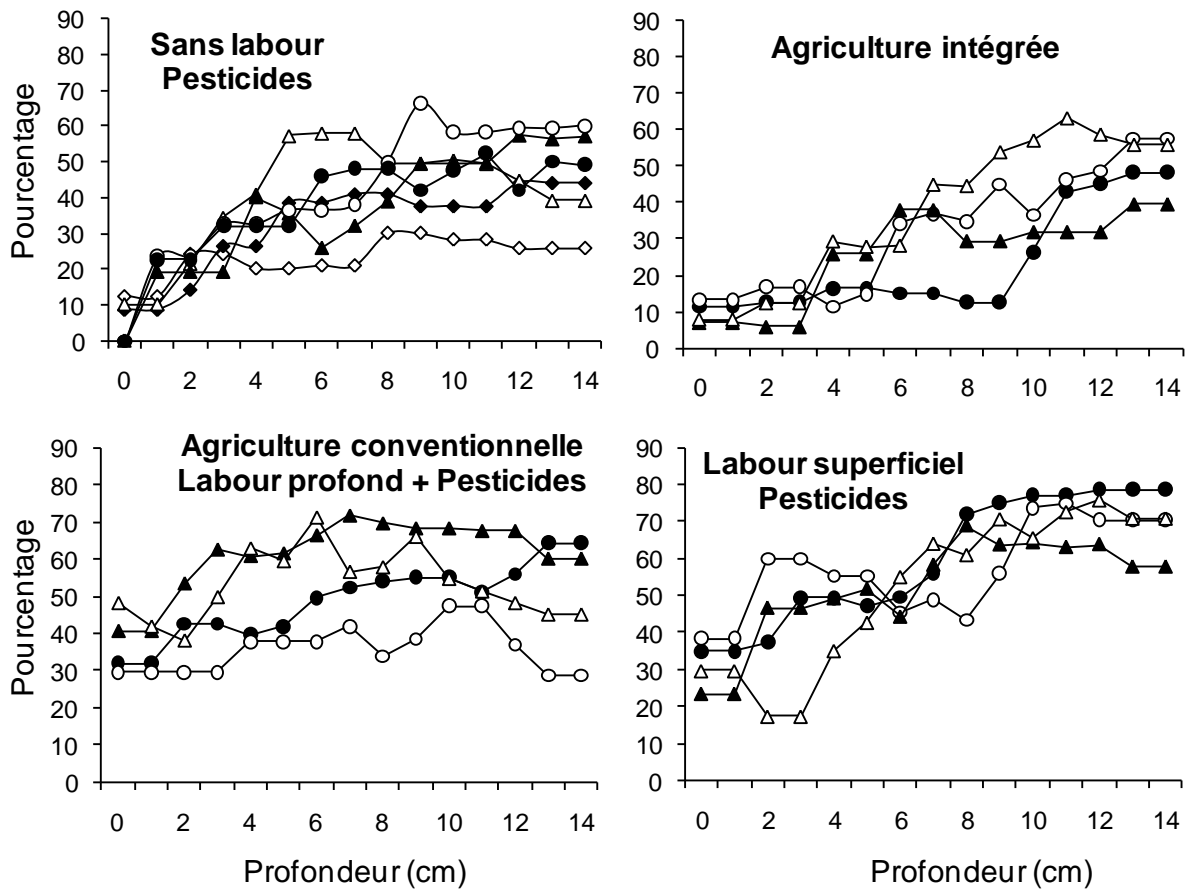


Fig. 5

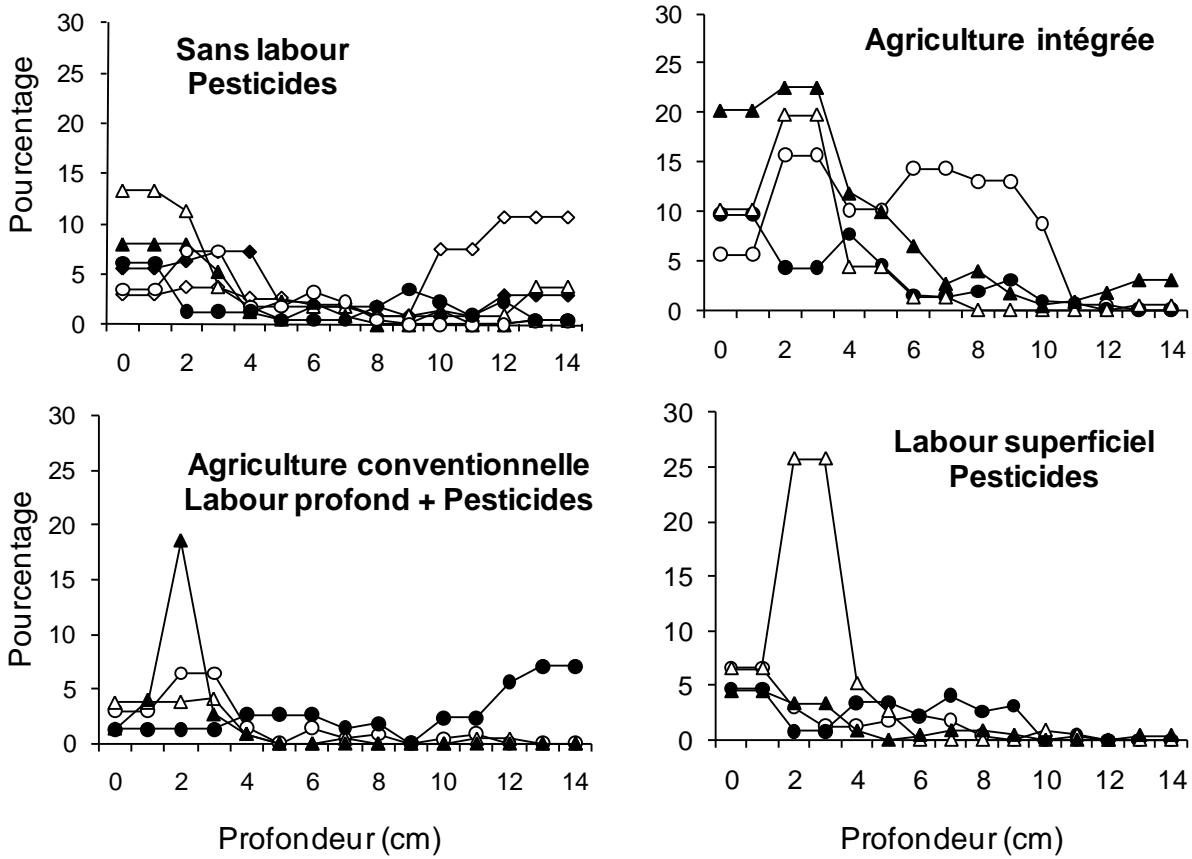


Fig. 6