HAL
open science

# Étude des effets des apports de produits résiduaires organiques sur la macrofaune lombricienne en conditions de grandes cultures

Yvan Capowiez, Magali Rault-Léonardon, Christophe Mazzia, C. Lhoutelier, Sabine Houot

**To cite this version:**

Yvan Capowiez, Magali Rault-Léonardon, Christophe Mazzia, C. Lhoutelier, Sabine Houot. Étude des effets des apports de produits résiduaires organiques sur la macrofaune lombricienne en conditions de grandes cultures. Étude et Gestion des Sols, 2009, 16 (3-4), pp.175-185. hal-01192277

**HAL Id: hal-01192277**

**https://hal.science/hal-01192277v1**

Submitted on 31 May 2020

**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.

# Étude des effets des apports de produits résiduaires organiques sur la macrofaune lombricienne en conditions de grandes cultures

Y. Capowiez(1), M. Rault(2), C. Mazzia(2), C. Lhoutellier(3) et S. Houot(4)

1) UR 1115 INRA « Plantes et Systèmes Horticoles », 84914 Avignon cedex 09, France
2) Laboratoire de Toxicologie Environnementale, UMR 406 « Écologie des Invertébrés » INRA / Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, 84914 Avignon cedex 09, France
3) CreeD, Veolia Environnement, 78520 Limay, France
4) UMR INRA / INAPG « Environnement et Grandes Cultures », 78850 Thiverval-Grignon, France

**RÉSUMÉ**

Pour la pérennisation de la filière de valorisation des produits résiduaires organiques (PRO) en agriculture, il est nécessaire d'en évaluer les effets tant négatifs que positifs sur la faune du sol. Nous avons réalisé un suivi temporel des communautés lombriciennes sur le site expérimental Qualiagro de plein champ en conditions de grandes cultures à Feucherolles. Dans cette étude, nous comparons des parcelles ayant reçu un compost d'ordures ménagères résiduelles (OMR) ou un compost de déchets verts et boues de station d'épuration (DVB) avec deux types de parcelles témoin n'ayant pas reçu de compost mais ayant ou non reçu une fertilisation azotée (TN et T0). L'épandage d'OMR exerce des effets positifs, durables et significatifs sur les communautés lombriciennes (augmentation des effectifs d'une part, et augmentation du poids des vers adultes de l'espèce majoritaire, d'autre part) alors que DVB a des effets plus limités et moins durables. Dans un second temps, nous avons voulu savoir si ces modifications avaient des répercussions fonctionnelles dans le sol en analysant par tomographie aux rayons X, des carottes de sol prélevées au terrain afin de visualiser et quantifier les réseaux de galeries creusées par les vers. Enfin, nous avons voulu compléter nos observation de terrain par une étude au laboratoire en suivant le poids et la mortalité des vers lorsqu'ils sont placés dans des environnements contenant des concentrations croissantes en composts. En ce qui concerne les réseaux de galeries, nous avons mis en évidence que la plus grande abondance de vers de terre dans les parcelles amendées se traduisait par un réseau de galeries plus dense et plus profond. Par ailleurs, les expériences menées en condition de laboratoire, avec des concentrations très nettement supérieures à celles de la pratique agricole, ont montré que le compost OMR a des effets négatifs sur la survie et le poids des vers pour des concentrations plus élevées que pour le compost DVB. Globalement, on peut affirmer que les épandages des 2 composts étudiés dans les conditions expérimentales du site de Qualiagro n'ont aucun effet délétère sur les communautés de vers de terre.

**Mots clés**

Compost, macroporosité, *Aporrectodea caliginosa*, lombricien

*Reçu : mai 2009 ; Accepté : septembre 2009*

***SUMMARY***

***EFFECT OF SLUDGE AND MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSTS DISPOSAL ON EARTHWORM COMMUNITIES UNDER CROP FIELD CONDITIONS***

*Before using different solid waste composts at large scale in agricultural fields, it is necessary to prove that these composts do not have harmful effects on soil fauna, especially on earthworms that play important roles in the soil ecosystem. A study was carried out the effect of two particular composts (a municipal solid waste compost (OMR) and a sludge compost (DVB)) on earthworm communities under field conditions. This study was conducted on the "QualiAgro" site (near Paris, France), an agricultural field where these composts are disposed every two years since 8 years and compared to controls (with (TN) or without (T0) N fertilisation). Earthworm communities were sampled in each treatment at different dates (a month before and then 2, 7, 9, 13, 19, 24 and 26 months after) using mustard extraction followed by a manual sorting. OMR had significant and lasting effects increasing earthworm abundances and biomass whereas DVB had limited and transitory positive effects (figures 1 and 2). The positive effects observed on abundance were not due to difference in the number of immature earthworms. Moreover we found that in OMR (and DVB for one of the date), adults of A. caliginosa species had higher weights. Moreover, 6 soil cores were sampled in March of 2006 and analysed with X-ray tomography and showed that earthworm burrow systems were more developed and deeper in OMR plots (figure 3). Lab experiments using increasing concentration of the two composts and adult of A. caliginosa showed that DVB had a higher toxicity than OMR but for very high and unrealistic concentrations (figure 4). Globally only positive effect on earthworm communities after disposal of these composts were observed. However only OMR seems to have effects that last between two successive disposals.*

***Key-words***

*Earthworm, disposa, municipal solid waste compost, macroporosity.*

***RESUMEN***

***ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE APORTES DE PRODUCTOS RESIDUALES ORGÁNICOS SOBRE LA MACROFAUNA DE LOMBRICES EN CONDICIONES DE GRANDES CULTIVOS***

*Para la perennización del sector de valorización de los productos residuales orgánicos (PRO) en agricultura, está necesario evaluar los efectos tanto negativos como positivos sobre la fauna del suelo. Realizamos un seguimiento temporal de las comunidades de lombrices en el sitio experimental Qualiagro en pleno campo en condiciones de grandes cultivos en Feucherolles. En este sitio, se compara parcelas que recibieron un compost de basuras domésticas residuales (OMR) o de compost de desechos verdes y de lodos de estación de despumación (DVB) con dos tipos de parcelas testigo que no recibieron compost pero que recibieron o no una fertilización nitrogenada (TN y T0). El esparcimiento de OMR ejerce efectos positivos, durables y significativos sobre las comunidades de lombrices (aumento de los efectivos de un lado, y aumento del peso de los adultos de la especie mayoritaria de otro lado) mientras que DVB tiene efectos más limitados y menos durables. En un segundo tiempo, queríamos saber si estas modificaciones (i) tenían repercusiones funcionales en el suelo analizando por tomografía a los royos X, muestras de suelo tomadas en el terreno para visualizar y cuantificar las redes de galerías cavadas por los lombrices y (ii) podían estar confirmadas por observaciones al laboratorio siguiendo el peso y la mortalidad de los lombrices cuando están ubicados en un medio ambiente que contiene concentraciones crecientes en compost. En lo que concierne las redes de galerías, ponemos en evidencia que la más grande abundancia de lombrices en las parcelas enmendadas se traduzco bien por una red de galerías más densa y más profunda. Por otra parte, las experiencias hechas en condiciones de laboratorio, con concentraciones muy claramente superiores a las de la practica agrícola, confirmaron que el compost OMR tiene efectos negativos sobre la sobrevivencia y el peso de los lombrices para concentraciones más elevadas que para el compost DVB. Globalmente se puede afirmar que los esparcimientos de los 2 compostes estudiados en las condiciones experimentales del sitio de Qualiagro no tienen efectos perniciosos sobre las comunidades de lombrices.*

***Palabras clave***

*Compostes, macroporosidad, Aporrectodea caliginosa*

L'utilisation en agriculture de produits résiduaires organiques (PRO), donc riches en matières organiques, est une pratique agricole ancienne qui se justifie pleinement par leur valeur agronomique (Houot *et al*., 2003). Cependant, pour la pérennisation de cette filière, il est nécessaire d'en évaluer les impacts potentiels, positifs comme négatifs (communiqué de presse du gouvernement du 4 juin 2003). En effet, les PRO épandus peuvent être vecteurs de polluants minéraux ou organiques à faibles concentrations, mais dont l'accumulation pourrait à terme déprécier la qualité des sols cultivés, en particulier leur composante biologique (Barrerra *et al*., 2001 ; Leland *et al*., 2001). Les lombriciens (ou vers de terre) y occupent une place particulière. En effet, le creusement de galeries et l'enfouissement et la transformation de la matière organique influencent certains processus physiques (transfert d'eau, de gaz ou de solutés), chimiques (cycles biogéochimiques) et biologiques (interactions avec les autres composantes de l'écosystème-sol, des micro-organismes aux racines) qui se déroulent dans les sols (McCoy *et al*., 1994 ; Volkmar, 1996 ; Shuster *et al*., 2001). Même si certaines de ces influences restent théoriques ou non entièrement élucidées, tout laisse à penser qu'un impact sur ces communautés pourrait avoir des conséquences sur le fonctionnement du sol et de son écosystème.

De nombreux travaux traitent des effets sur les populations de lombriciens d'épandages de PRO d'origines variées, compostés ou non. Soit ils ont des visées écotoxicologiques (Barrerra *et al*., 2001 ; Eijsackers *et al*., 2001 ; Leland *et al*., 2001) avec des quantités de PRO épandues très élevées et donc les teneurs en différents micro polluants sont très élevées et ne reflètent par la réalité des pratiques agricoles. Soit ces épandages sont réalisés sur des terrains fortement pollués, dans le but d'en améliorer la qualité biologique (Brown, 1995 ; Emmerling et Paulsch, 2001). Il ressort de ces études que les épandages ont très souvent des effets bénéfiques sur les communautés de vers (en abondance), ce qui est vraisemblablement lié à l'apport de matière organique, souvent considéré comme le facteur limitant les populations de vers dans les sols agricoles (Lee, 1985). Certains auteurs (Barrera *et al*., 2001) font cependant remarquer que cet effet sur l'abondance des vers est marqué par une forte augmentation des vers juvéniles et il est donc possible que ces effets ne soient que transitoires.

Dans la présente étude, nous évaluerons les effets de PRO sur les communautés lombriciennes en conditions de grandes cultures sur un site expérimental de plein champ (site « Qualiagro » à Feucherolles) où différents amendements sont épandus à des doses élevées mais réalistes depuis 8 ans avec un apport tous les 2 ans. Parmi les composts épandus sur ce site, nous avons choisi d'étudier les effets de 2 d'entre eux, un compost d'ordures ménagères résiduelles (OMR) et un compost de déchets verts et de boues de stations d'épuration (DVB). Les sols reçoivent par ailleurs une fertilisation minérale azotée. Ces deux traitements organiques seront comparés à 2 témoins exempts d'épandage, l'un ayant reçu une fertilisation azotée (TN), l'autre pas (T0). Nous avons privilégié une approche temporelle afin de mieux comprendre les effets des épandages et de pouvoir les séparer d'effets naturels liés au cycle d'activité des vers. De plus, pour essayer de visualiser si des variations importantes des effectifs de vers de terre pouvaient avoir des répercussions au niveau de la macroporosité, nous avons prélevé des colonnes de sol et étudier la macroporosité en leur sein par tomographie aux rayons X.

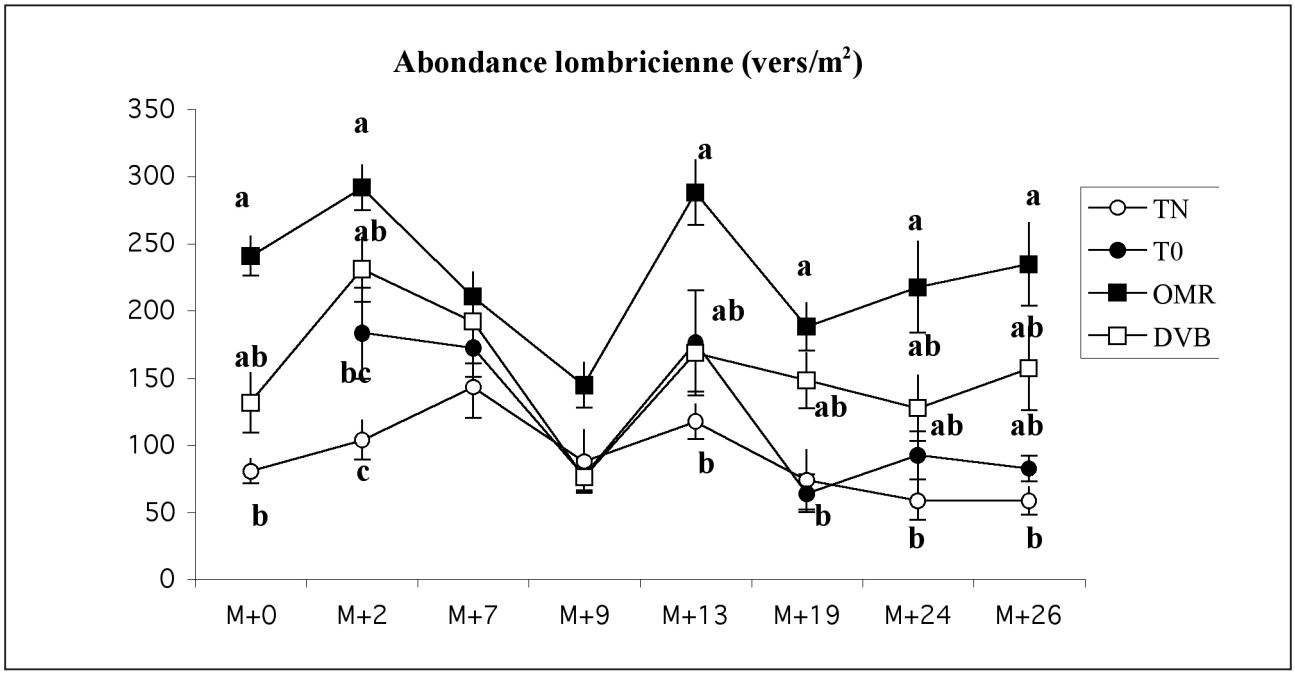
## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les mesures sont faites sur le site « Qualiagro » initié en 1998 à Feucherolles en Ile-de-France, d'une surface de 6 ha. Le sol est un luvisol (sol limoneux) typique du Bassin Parisien (Baize et Girard, 1995). Le dispositif a pour objectif d'étudier la valeur agronomique et les impacts environnementaux de l'épandage de différents composts d'origine urbaine dans un système de grandes cultures. Il comprend 4 blocs de répétition des différents traitements organiques dont un compost d'ordures ménagères résiduelles (OMR), un co-compost de déchets verts et de boues d'épuration (DVB) qui seront étudiés dans ce travail et un témoin sans apport. Les traitements organiques sont croisés avec un second facteur « fertilisation » : la moitié des parcelles recevant une fertilisation minérale azotée, l'autre moitié aucune. Les 40 parcelles de 450 $m^2$ chacune sont séparées par des bandes tampon. Pour notre étude, nous avons comparé l'effet des épandages de 2 composts (OMR ou DVB) aux parcelles témoin (TN et T0, respectivement témoin avec et sans N minéral). Le dispositif est cultivé selon une rotation blé-maïs (blé jusqu'à l'été 2005 puis maïs). Les amendements organiques sont apportés tous les 2 ans sur chaume de blé en fin d'été, enfouis immédiatement lors du déchaumage. Les apports se font sur la base de la quantité de C organique apporté : 4 tonnes C/ha sont apportées lors de chaque apport dans chaque traitement organique. Quatre épandages avaient déjà eu lieu : en 1998, 2000, 2002 et 2004.

Les communautés de vers de terre sont estimées grâce à une méthode dite mixte, utilisant un irritant, ici la moutarde diluée (Lawrence et Bowers, 2002), combiné à une étape de tri manuel. Les prélèvements de vers de terre ont été réalisés en août 2004 soit juste avant le nouvel épandage (M+0), en novembre 2004 (2 mois après : M+2), en avril 2005 (M+7), en juin 2005 (M+9), en novembre 2005 (M+13), en avril 2006 (M+19), en août 2006 (M+24) et enfin en novembre 2006 (M+26) soit 2 mois après le nouvel épandage. À chaque prélèvement, 3 des 4 blocs ont été échantillonnés (soit 12 parcelles élémentaires). Pour chaque parcelle, cette méthode est utilisée sur 4 emplacements de 0.1 $m^2$ alignés à intervalles réguliers sur la largeur de la parcelle. À chaque date, cette ligne de prélèvement avance de 10 m dans

**Figure 1 -** Abondances lombriciennes moyennes (et erreurs standards). Des symboles portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % (chaque date testée séparément). L'absence de lettre pour une date révèle une absence de différence significative et les différences non significatives entre les 2 témoins T0 et TN ne sont pas indiquées.

***Figure 1 -*** *Earthworm density (means and standard deviations). Symbols with different values are significantly different at the 5% theshold level. Absence of a letter for a date means absence of significant difference. Non significant differences between controls (T0 and TN) are not reported.*




la parcelle. Les vers sont ensuite déterminés au laboratoire et au sein de chaque espèce de ver, nous avons distingué les vers clitellés (adultes), des vers non clitellés. Parmi ces derniers, nous avons séparé les vers dits juvéniles et ceux dits sub-adultes selon un critère de développement des pores sexuels. Pour les vers de très petite taille (<0.1 g), il est impossible de distinguer de manière certaine les juvéniles des espèces endogées présentes sur le site, nous avons donc créé une catégorie « endogés juvéniles indéterminés ». À cause de l'hétérogénéité des variances, les densités et les biomasses lombriciennes ont été comparées à chaque date par un test de Kruskal-Wallis, suivi d'un test *a posteriori* du type Tukey. Le poids des vers adultes de l'espèce *A. caliginosa* (espèce majoritaire et dont les effectifs étaient suffisants pour une telle analyse) a été comparé par une analyse de variance suivie d'un test de Tukey.

En mars 2006 (M+19), six carottes de sol (soit 2 par type de parcelle : OMG, DVB et TN) ont été prélevées (diamètre=20 cm et longueur=40 cm) puis analysées par tomographie aux rayons X grâce à un scanner médical. En utilisant des algorithmes spécifiques (Capowiez *et al.*, 2003), il est alors possible de reconstruire le réseau de galeries lié à l'activité des vers de terre.

Nous avons également mené des expériences d'enrichissement en compost au laboratoire : des vers adultes de l'espèce *A. caliginosa* sont exposés individuellement en boîte de Petri à des concentrations croissantes (entre 1 et 10 % sur une base poids sec) d'amendements mélangées avec de la terre prélevée sur les parcelles TN à une teneur en eau massique de 25 %. Nous étudions alors la mortalité ainsi que les pertes de poids pour 10 vers par concentration après 7 et 14 jours d'exposition (indice de l'état général de santé du ver mais également de « l' appétabilité » de la matière organique pour le ver).

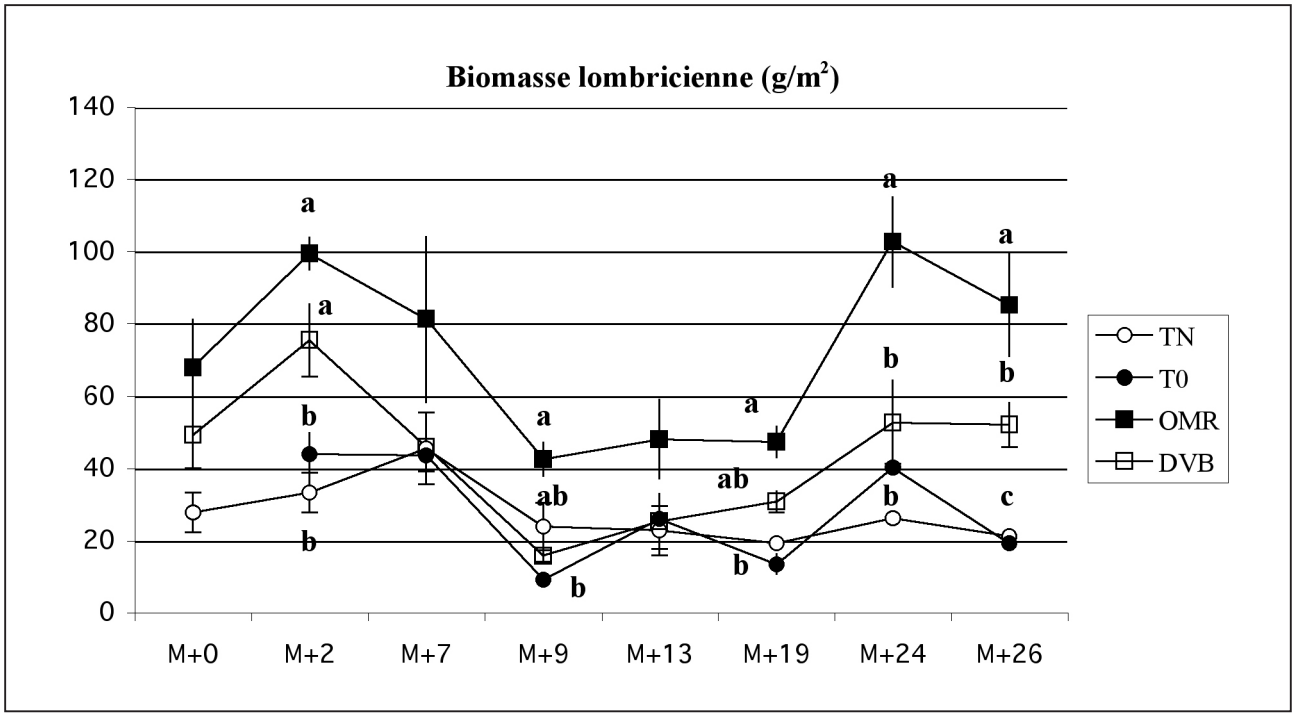
## RÉSULTATS

### Effets au niveau des communautés lombriciennes (densité, biomasse, diversité)

Sur le site Qualiagro, seules 3 espèces sont présentes de manière régulière : un ver anécique *Lumbricus terrestris* et 2 vers endogés, *Aporrectodea caliginosa* et *A. rosea*. Nous avons

**Figure 2 -** Biomasses lombriciennes moyennes (et erreurs standards). Des symboles portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % (chaque date testée séparément). L'absence de lettre pour une date révèle une absence de différence significative et les différences non significatives entre les 2 témoins T0 et TN ne sont pas indiquées.

***Figure 2 -*** *Earthworm biomass (means and standard deviations). Symbols with different values are significantly different at the 5% theshold level. Absence of a letter for a date means absence of significant difference. Non significant differences between controls (T0 and TN) are not reported.*



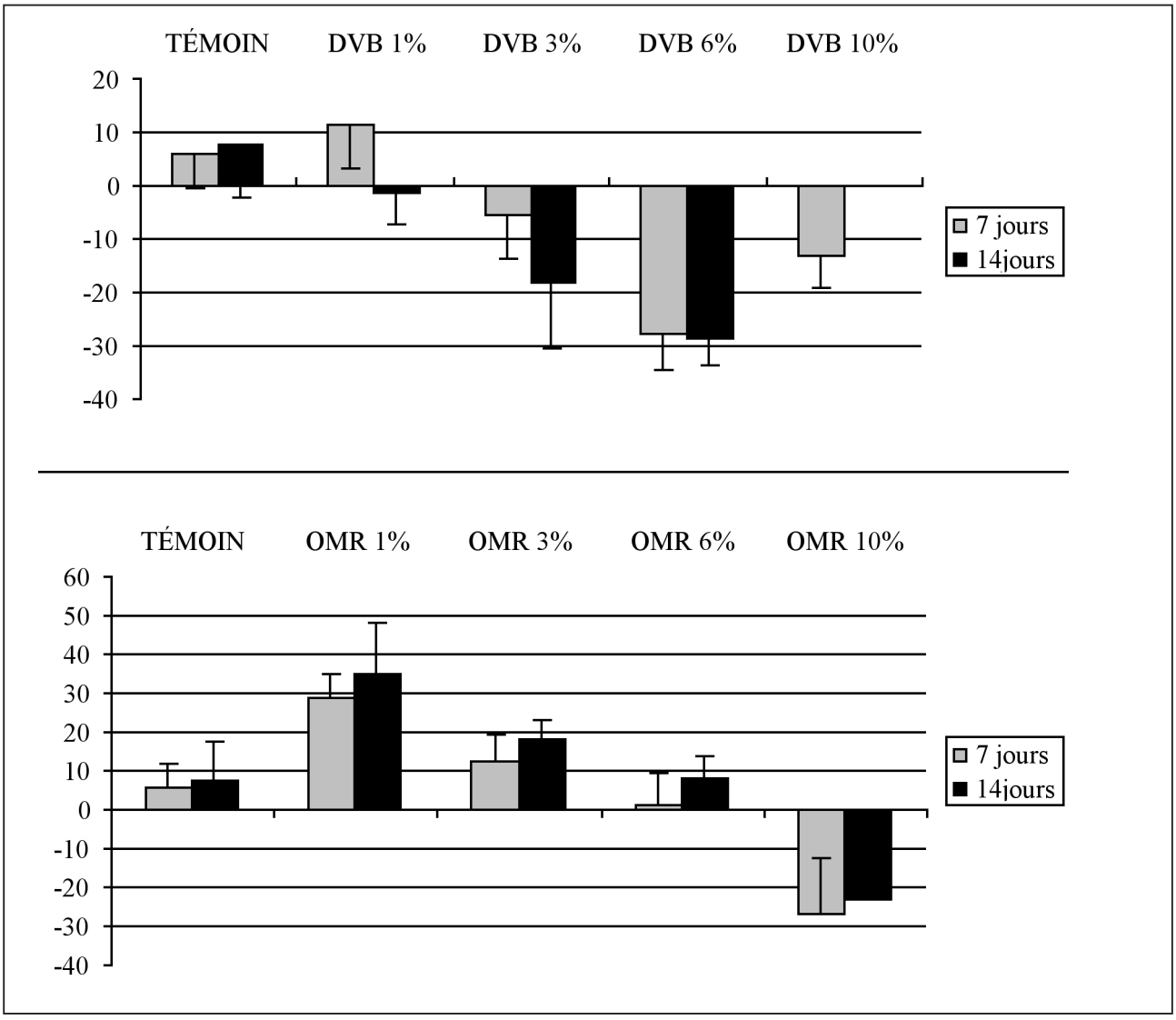

trouvé très rarement des vers du genre *Octalasyum* sp (moins de 5 individus pour l'ensemble des parcelles et des dates) et ces vers ont donc été ôtés de l'étude. En matière d'abondance, seul OMR a des effets significatifs et durables avec un nombre de vers plus important sur l'ensemble des dates de prélèvement (sauf aux relevés réalisés en été pour lesquels les densités étant faibles donc variables, les effets ne sont plus significatifs) *(figure 1).* Pour DVB, nous n'observons un effet positif sur l'abondance qu'à une unique date (M+2) et même si les parcelles DVB abritent toujours un nombre plus important de vers, la différence avec les parcelles témoins n'est pas significative. Nous n'observons jamais de différence significative entre les 2 types de parcelles témoins (avant ou sans fertilisation azotée). Remarquons enfin que les variations saisonnières observées sont conformes à celles décrites dans la littérature avec une baisse notable des effectifs pendant l'été lorsque les conditions sont défavorables (humidité faible et températures élevées).

En matière de biomasse, les tendances et les conclusions sont similaires avec une augmentation significative et durable pour l'amendement OMR *(figure 2).* On notera cependant que pour DVB, on observe un effet positif et significatif 2 mois après l'épandage (M+2 et M+26), cet effet s'estompant par la suite.

La biodiversité sur le site Qualiagro est faible (3 espèces: *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa* et *A. rosea*), ce qui est souvent le cas pour des parcelles labourées de grandes cultures (Lee, 1985). La communauté est dominée par *A. caliginosa* (56 %), *L. terrestris* et *A. rosea* ne représentant que 11 et 10 % des effectifs (les 23 % restants étant classés comme des « endogés indéterminés » car de trop petites taille pour être attribué soit à *A. caliginosa*, soit à *A. rosea*). Nous n'avons pas décelé d'indice permettant d'affirmer que les effets positifs des amendements diffèrent en fonction de l'espèce. La seule différence significative, en terme de proportion des espèces, a été observée pour les parcelles témoin « sans azote » qui contiennent significativement moins de vers de l'espèce *L. terrestris* que tous les autres traitements (résultat non présenté), ce qui semble montrer que cette espèce est sensible à la fertilisation (de manière directe) ou à la quantité de matière organique (donc de manière indirecte).

**Figure 3 -** Prises (valeurs positifs) ou pertes (valeurs négatives) de poids chez *A. caliginosa* (moyenne et écart type) confronté à des doses croissantes (exprimés en pourcentage massique du poids de sol sec) des deux amendements DVB (Haut) et OMR (Bas) après 7 et 14 jours. Chaque ver est placé dans 100 g de substrat (sol + amendement).

***Figure 3 -*** *Weight loss (negative values) or increase (positive values) of A. caliginosa earthworms in soil contaminated with increasing values of composts (rate are expressed on a dry weight basis) either DVB (upper part) or OMR (lower part) for 7 and 14 days. each earthworm was placed in 100 g of substrate (soil + compost).*




## Effets démographiques (proportion de juvéniles, poids des adultes)

Pour étudier les effets des amendements sur certains paramètres populationnels (structuration en classe d'âge et poids moyen des vers adultes), nous devons disposer d'effectifs suffisants. Ce type d'étude n'est donc possible sur le site Qualiagro que pour les vers de l'espèce *A. caliginosa*. Quelle que soit la date, nous n'avons pas observé de différence significative en ce qui concerne le taux de juvénile, de subadulte ou d'adulte en fonction des traitements (résultat non montré). C'est une observation qui démontre que les effets observés au niveau des abondances ne sont pas imputables à un plus grand nombre de vers juvéniles dont la survie serait hypothétique mais bien à une augmentation globale de la population (et de toutes les catégories d'âge).

Par contre, pour la moitié des dates considérées (M+2, M+7, M+9 et M+26), nous avons observé que les vers adultes de

l'espèce *A. caliginosa* étaient d'un poids significativement plus élevé dans les parcelles OMR que dans les parcelles témoins. Pour DVB, ceci n'est vrai qu'à une unique date (M+2) (résultats non montrés). Encore une fois, nous voyons que les effets d'OMR sont durables et que ceux de DVB seraient transitoires. Ces observations concernant le poids des vers *A. caliginosa* adultes ne sont pas anecdotiques et montrent que, dans les parcelles OMR, les vers ont soit une meilleure croissance, soit un meilleur taux de survie, ce qui a des implications démographiques positives et évidentes.

### Répercussions fonctionnelles (macroporosité liée à l'activité des vers)

Les résultats de reconstruction 3D de la macroporosité pour une des dates de prélèvement sont présentés en Figure 3. Ces images sont naturellement assez « bruitées » puisque prélevées dans des parcelles labourées. Une partie de la macroporosité est donc liée à la fragmentation du sol. On aperçoit néanmoins la macroporosité tubulaire, de diamètre variée, qui peut être attribuée aux lombriciens. On visualise également que les colonnes prélevées dans les parcelles OMR diffèrent des autres colonnes (c'est également le cas aux autres dates) en ce sens que le réseau de macropores tubulaire semble plus dense et plus homogène en fonction de la profondeur. Des analyses quantitatives plus poussées sont en cours.

### Expériences « d'enrichissement » au laboratoire

Lorsque les vers sont confrontés au laboratoire à de la terre enrichie en composts, on constate d'abord que la mortalité se manifeste pour des concentrations importantes d'amendements (10 % pour DVB et 25 % pour OMR) qui sont non réalistes (sur le terrain, la « concentration » estimée est inférieure à 1 %) (résultats non présentés). Les évolutions pondérales (Figure 4) montrent que le compost OMR est apprécié par les vers qui gagnent du poids de manière significative pour des doses comprises entre 1 et 3 % alors que pour le compost DVB les vers ne gagnent pas de poids et au contraire commencent à en perdre significativement dès la « concentration » de 3 %.

## DISCUSSION

Puisque les lombriciens sont très dépendants des conditions du milieu (Lee, 1985), ces animaux seraient très sensibles aux différentes pratiques agricoles et sont souvent utilisés pour étudier les impacts de celles-ci (Linden *et al*., 1994; Paoletti *et al*., 1998). L'autre intérêt des vers de terre dans ce genre d'étude est lié à leur rôle écologique dans le sol, qui nous laisse penser que toute perturbation des communautés lombriciennes pourrait avoir des répercussions sur le fonctionnement du sol et sur les autres composantes de l'écosystème sol. Néanmoins, l'affirmation selon laquelle ces animaux pourraient constituer des bioindicateurs pertinents des pratiques agricoles reste encore à démontrer. En effet, premièrement, les communautés lombriciennes sont également très marquées par les caractéristiques du sol (Edwards et Bohlen, 1996) ce qui pose souvent des problèmes de généralisation et deuxièmement les distributions spatiales des lombriciens sont souvent hétérogènes (Rossi *et al*., 1997; Cannaviociolo *et al*., 1998) ce qui pose des problèmes d'échantillonnage. Pour étudier les impacts de différents PRO, nous avons travaillé sur un seul site (donc des conditions de sol relativement homogènes) avec un dispositif en blocs (pour limiter les erreurs liées à l'échantillonnage). Par ailleurs, nous avons veillé à réaliser un suivi temporel pour ne pas risquer de bâtir nos conclusions sur des effets transitoires. Les résultats obtenus en terme de biodiversité et de dynamique temporelle de l'abondance des lombriciens ne sont pas surprenants. Il est en effet connu que la biodiversité lombricienne est relativement faible sur un site surtout en conditions de grandes cultures avec travail du sol (Lee, 1985). Les 3 espèces présentes sur le site sont par ailleurs celles les plus couramment observées pour ce type d'occupation des sols en Europe. Les variations saisonnières en abondance observées sur le site Qualiagro sont similaires à celles décrites dans la littérature en Europe (Evans et Guild, 1947; Edwards et Bohlen, 1996) avec une diminution marquée de l'activité et donc du nombre d'animaux échantillonnés en été, les lombriciens sont alors en diapause ou en quiescence sous l'influence de la sécheresse, et une augmentation des effectifs en automne dès que les conditions redeviennent favorables à l'activité lombricienne.

Si l'on s'intéresse maintenant à l'effet des différents épandages de PRO, on observe que le traitement OMR a des effets significatifs sur l'abondance totale à toutes les dates (par rapport aux parcelles témoins ayant reçu une fertilisation azotée) ce qui indique que l'effet est durable. Par contre, pour le traitement DVB, même si globalement les effectifs sont plus importants par rapport au témoin (TN), l'effet n'est significatif que 2 mois après l'épandage et disparaît ensuite. Les traitements témoin TN et T0 ne sont pas significativement différents. On notera cependant qu'en tendance la modalité T0 supporte des abondances plus fortes. Les biomasses observées n'apportent pas d'information supplémentaire.

En ce qui concerne la composition spécifique, nous n'avons observé aucune différence significative entre les traitements TN, OMR et DVB. La hausse des effectifs lorsqu'elle existe semble donc profiter à toutes les espèces. Seul le traitement T0 diffère et est marqué par la plus faible présence de *L. terrestris*. Cette espèce, connue pour être surtout influencée par la fertilisation organique (Lee, 1985), serait donc également sensible à la fertilisation azotée dans les conditions expérimentales du site

de Qualiagro. S'il est reconnu que la fertilisation azotée permet en général d'atteindre des abondances lombriciennes plus fortes, la plupart des auteurs précisent que cet effet peut être indirect par une augmentation des résidus retournés au sol (Edwards et Bohlen, 1996). Par ailleurs, cette moindre présence de ce ver anécique et donc consommateur de litière dans la modalité T0, pourrait expliquer l'abondance totale plus élevée en T0 qu'en TN si on considère que la réduction des effectifs de *L. terrestris* ait pu profiter aux vers endogés. Néanmoins, même si la compétition entre espèces lombriciennes pour la ressource alimentaire est souvent évoquée (Dalby *et al*., 1998), son existence n'a jamais été formellement démontrée. Cette explication reste donc hypothétique.

L'effet positif des amendements organiques sur l'abondance des lombriciens est un résultat qui n'est pas surprenant, la littérature regorge d'études signalant cette tendance lors d'apports de matière organique, que ce soit pour la fertilisation, l'amélioration de la structure ou encore l'élimination de PRO d'origines variées (voir les synthèses dans les livres de Lee (1985) et Edwards et Bohlen (1996)). Cet effet serait lié au fait que, dans de nombreux cas, la matière organique serait le principal facteur limitant les populations lombriciennes qui seraient donc plus régulées par des processus « bottom-up » que par les facteurs « top-down » comme la prédation (Salamon *et al*., 2006). Mais certains auteurs n'excluent pas des effets indirects liés à une meilleure capacité de rétention hydrique des sols amendés en composts (Butt *et al*., 2005). En outre, il est également connu que ce n'est pas seulement la quantité de matière organique qui importe mais également sa qualité. Les caractéristiques de la matière organique qui définissent sa qualité pour les lombriciens ne sont pas entièrement élucidées (Edwards et Lofty, 1979) et sont, de plus, susceptibles de varier en fonction des catégories écologiques de vers de terre (Kühle, 1983 ; Zaller et Köpke, 2004). Le taux d'azote et les quantités en certains métaux lourds sont cependant les caractéristiques les plus citées (Edwards et Bohlen, 1996). Par ailleurs, certains auteurs affirment que les effets de ces apports ont parfois un caractère transitoire, les hausses d'abondance constatées étant liées à une augmentation limitée dans les temps du nombre de vers immatures (Barrera *et al*., 2001). Nos résultats montrent que, dans les conditions expérimentales du site Qualiagro, les effets de l'apport d'OMR sont plus importants et plus durables que ceux de DVB. Cela pourrait être lié à la nature très différente de ces 2 types d'apports : DVB contient des éléments figurés (morceaux de bois) de plus grosses tailles qui semblent moins favorables aux vers. Par ailleurs, ce qui différencie le plus les 2 composts, outre le fait qu'OMR ait un rapport C/N plus élevé que DVB, c'est une plus faible stabilité de la matière organique du compost OMR (défini par l'indice de stabilité biologique ou ISB) et une valeur fertilisante azotée plus élevée (Houot *et al*., 2003). Cette moindre stabilité semble être également favorable aux lombriciens toutes espèces confondues même si la simple comparaison des effets de seulement 2 composts ne nous permet pas de cerner les déterminants des effets de différents composts sur les vers de terre.

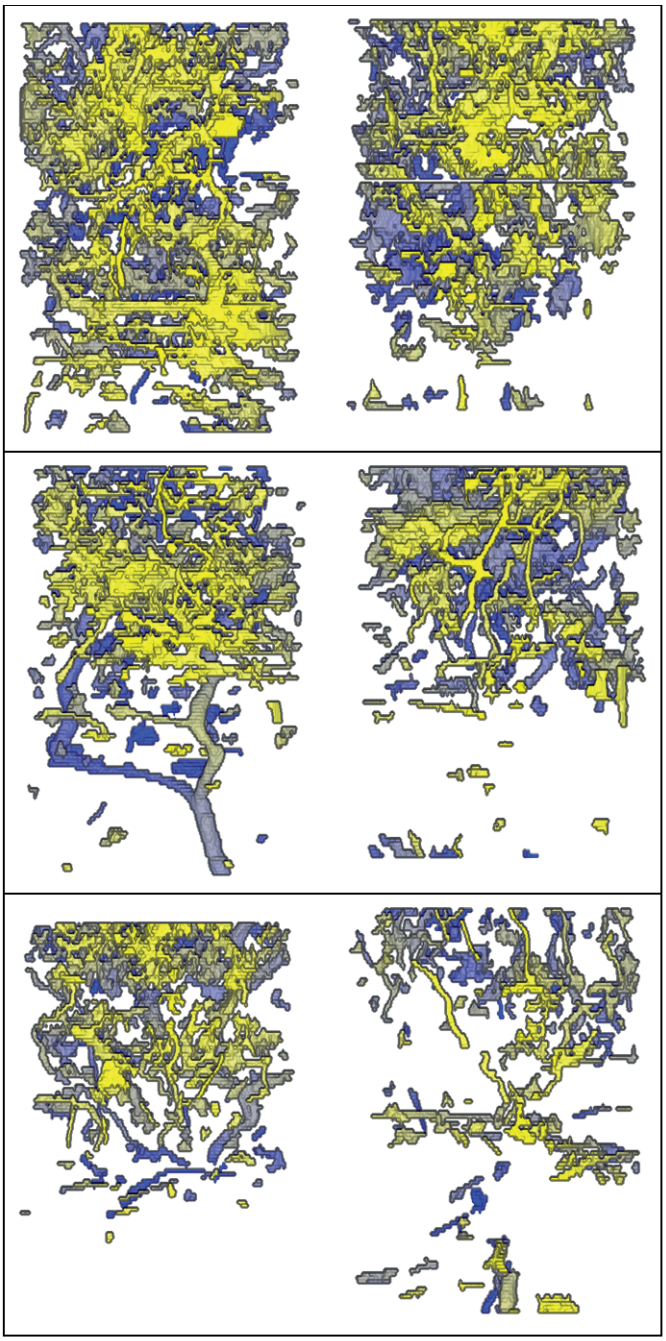
Les effets liés à l'épandage de composts OMR ne sont pas liés à une simple augmentation du nombre de vers juvéniles. Nous avons montré également que le poids des vers adultes de l'espèce majoritaire (*A. caliginosa*) était significativement plus élevé sur le traitement OMR à deux des dates étudiées. Cette différence de poids des vers adultes pourrait traduire soit une meilleure survie des vers (la croissance des vers n'est pas continue, mais progresse sur plusieurs années avant de se stabiliser ; Lee, 1985) soit une meilleure croissance des vers. Dans les 2 cas, nous pouvons faire l'hypothèse que les conséquences démographiques sont positives pour les populations lombriciennes : (i) si la croissance est plus rapide, la date de maturité des vers est généralement plus précoce (Klok *et al*., 2006) et par ailleurs (ii) on peut penser que si un ver survit plus longtemps, il a d'autant plus de chance de laisser des descendants.

Les effets durables observés au niveau des communautés sur les parcelles OMR ont eu une répercussion visible au niveau du réseau de macropores qui est plus dense et s'étend plus profondément. Ce type de corrélation entre communauté de vers et réseau de macropores n'est pas un résultat évident et n'a été observé que dans le cas de polders récemment colonisés par les vers aux Pays-Bas (Ligthart *et al*., 1997). Ce qui rend ces corrélations non évidentes, ce sont les dynamiques temporelles sous-jacentes (pour les communautés de vers d'une part et pour la macroporosité d'autre part). En effet, ces dynamiques (i) ne sont pas les mêmes pour les communautés de vers et la macroporosité, (ii) sont mal connues (surtout le taux de destruction de la macroporosité) et (iii) varient probablement en fonction des espèces (il est souvent avancé que les galeries faites par les vers anéciques ont des durées de vie beaucoup plus longues ; Lee and Foster, 1991). Ainsi, dans le cas d'une prairie permanente en Suisse, Capowiez *et al* (2000) ont observé que, malgré un doublement de la population lombricienne dû à l'invasion de cette prairie par une nouvelle espèce de ver anécique (*Aporrectodea nocturna*), la longueur du réseau de galeries n'avait pas significativement augmenté. Dans le cas du site de Qualiagro, il est probable que le fait que ces parcelles soient labourées ait joué en notre faveur en éliminant un nombre important de macropores. Le véritable enjeu serait maintenant d'être capable d'attribuer certains types de macropores à certaines espèces ou types écologiques sur la base de différence morphologiques.

Les expériences menées en conditions contrôlées avec des ajouts croissants de composts ont permis de confirmer certaines de nos observations de terrains. En effet, il apparaît clairement que les composts DVB et OMR diffèrent fortement pour leurs effets toxiques à fortes doses et pour leurs effets positifs à faibles doses et ce, pour la mortalité comme pour

**Figure 4 -** Reconstructions 3D de la macroporosité d'origine lombricienne au sein des colonnes de sol (diamètre=20 et longueur=40 cm) prelevées en mars 2006 (M+19). Les couleurs sont fonction de la distance au point d'observation.

***Figure 4 -*** *3D reconstruction of the macroporosity contained in soil cores (diameter = 20 cm and depth = 40 cm) sampled in March of 2006 (M+19). Colors are ranged from dark (background) to light (foreground) grey values.*



les évolutions pondérales. A ce propos, il convient de rappeler, que pour des durées maximales d'observation aussi courtes (14 jours), l'évolution pondérale des vers est plus un marqueur d'activité qu'une réelle mesure de gain ou de perte de poids. En effet, les vers ont été pesés sans jeûne préalable et une grande part du poids d'un ver dans ces conditions est liée au taux de remplissage du tube digestif par la terre ingérée. Néanmoins, ces expériences ont permis de mesurer ce qu'on pourrait appeler « l'appétabilité » des composts par les vers. Malgré le confinement des vers dans des conditions peu réalistes, ces protocoles pourraient être utilisés pour des procédures d'évaluations *a priori* de la nocivité des composts et ont pour intérêt le possible établissement de courbes doses-réponses qui permettrait d'apprécier plus finement le risque environnemental (par des mesures de bioaccumulation par exemple) ou écotoxicologique.

En conclusion, nous n'avons décelé aucun effet négatif sur les communautés lombriciennes lors de l'apport de PRO dans les conditions expérimentales du site Qualiagro (où les apports en PRO sont pratiqués tous les 2 ans depuis 8 ans). Au contraire, nous avons mis en évidence que l'apport d'OMR avait des effets positifs (abondance et biomasse totale plus importante d'une part et meilleure survie ou meilleure croissance des individus de l'espèce majoritaire d'autre part). Les effets de DVB sont plus limités. Il faut cependant noter que d'autres types d'effets négatifs, liés à l'apport de métaux lourds et de composés traces organiques, sont possibles au niveau cellulaire, biochimique ou comportemental et font l'objet d'études en cours. Cependant, même si des effets négatifs de ce type sont mis en évidence, ils ne sembleraient pas avoir de conséquence au niveau des populations (au moins pour le compost OMR).

## REMERCIEMENTS

Guillaume Bodineau et Jean-Noël Rampon (INRA Grignon) sont remerciés pour leur aide sur le terrain.

## BIBLIOGRAPHIE

Baize D, Girard MC, 1995 - Référentiel Pédologique AFES-INRA Editions, Paris.

Barrerra I, Andrès P, Alcaniz JM, 2001 - Sewage sludge application on soil: effects on two earthworm species. Water, Air and Soil Pollution, 129, pp. 319-332

Brown GG, 1995 - How do earthworms affect microfloral and faunal communities diversity? Plant and Soil, 170, pp. 209-231.

Butt KR, Nieminen MA, Sirén T, Ketoja E, Nuutinen V, 2005 - Population and behavioural level responses of arable soil earthworms to boardmill sludge application. Biology and Fertility of Soils, 42, pp. 163-167.

Cannavacciulo M, Bellido A, Gascuel C, Trehen P, 1998 - A geostatistical approach to the study of earthworm distribution in grassland. Applied Soil Ecology, 9, pp. 345-349.

Capowiez Y, Pierret A, Moran CJ, 2003 - Characterisation of the three-dimensional structure of earthworm burrow systems using image analysis and mathematical morphology. Biology and Fertility of Soils, 38, pp. 301-310.

Capowiez Y, Pierret A, Monestiez P, Belzunces L, 2000 - Evolution of the burrow systems after the accidental introduction of a new earthworm species in a swiss pre-alpine meadow. Biology and Fertility of Soils, 31, pp 494-500.

Dalby PR, Baker GH, Smith SE, 1998 - Competition and cocoon consumption by the earthworm Aporrectodea longa. Applied Soil Ecology, 10, pp. 127-136

Dietz JA, de la Torre AI, Cartagena, MC, Carballo M, Vallejo A, Munoz M., 2001 - Evaluation of the application of pig slurry to an experimental crop using agronomic and ecotoxicological approaches. Journal of Environmental Quality, 30, pp. 2165-2172.

Edwards CA, Lofty JR, 1979 - The effect of straw residues and their disposal on the soil fauna. *In* « Straw Decay and its effect on Dispersal and Utilization » (E. Wiley, Ed.), New York, pp. 37-44.

Edwards CA, Bohlen PJ, 1996 - Biology and ecology of earthworms. Chapman, London.

Eijsackers H, van Gestel CAM, de Jonge S, Muijs B, Slijkerman D, 2001 - Polycyclic aromatic hydrocarbon-polluted dredged peat sediments and earthworms: a mutual interference. Ecotoxicology, 10, pp. 35-50.

Emmerling C, Paulsch D, 2001 - Improvement of earthworm (Lumbricidae) community and activity in mine soils from open-cast mining by the application of different organic waste materials. Pedobiologia, 45, pp. 396-407.

Evans, AC, Guild WLML, 1947 - Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. Annals of Applied Biology, 34, pp. 307-330.

Houot S, Francou C, Vergé-Leviel C, Michelin J, Bourgeois S, Linères M, Morel P, Parnaudeau V, Le Bissonais Y, Dignac MF, Dumat C, Cheianb A, Poitrenaud M, 2003 - Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine: variation avec la nature du compost. *In*: « Agriculture et épandage de déchets urbains et agro-industriels » (M. Tercé, Ed.). Les Dossiers de l'environnement de l'INRA, 25, Paris, pp. 107-124.

Klok C, Zorn M, Koolhaas JE, Eijsackers HJP, van Gestel CAM, 2006 - Does reproductive plasticity in Lumbricus rubellus improuve the recovery of populations in frequently inundated rivers flood plains. Soil Biology and Biochemistry, 38, pp. 611-618.

Kühle JC, 1983 - Adaptation to earthworms to different soil treatments in apple orchards. *In*: « New Trends in Soil Biology » (P. Lebrun, Ed.) Proc. 8th Intl Colloq. Soil Zool., Louvain-la-Neuve, 1982, Dieu-Brichart, Ottignies-Louvain-la-Neuve, pp. 487-501.

Lawrence AP, Bowers MA, 2002 - A test of the 'hot' mustard extraction method of sampling earthworms. Soil Biology and Biochemistry, 34, pp. 549-552.

Lee KE, 1985 - Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney.

Lee KE, Foster RC, 1991 - Soil fauna and soil structure. Australian Journal of Soil Science, 29, pp. 745-775

Leland JE, Mullins DE, Berry DF, 2001 - Evaluating environmental hazards of land applying composted diazinon using earthworm bioassays. Journal of Environmental science and Health B, 36, pp. 821-834.

Ligthart T.N., 1997 - Thin sections analysis of earthworm burrow disintegration in a permanent pasture. Geoderma, 75, pp. 135-148.

Linden DR, Hendrix PF, Coleman DC, Van Vliet PJM, 1994 - Faunal indicators of soil quality. *In* : « Defining soil quality for a sustainable environment » (Doran JW et al, Eds), Vol. 35. SSSA Special Publication, Madison, pp. 91-103.

McCoy EL, Boast CW, Stehouver RC, Kladivko EJ, 1994 - Macropore hydraulics : taking a sledgehammer to classical theory. *In* : « Soil processes and water quality » (Lal R, Stewart BA, Eds), Lewis, Boca Raton, pp. 303-348.

Paoletti M, Sommagio D, Favretto M, Petruzelli G, Pezzarossa B, Barbafieri M, 1998. Earthworms as useful indicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with diffeent inputs. Applied Soil Ecology, 10, pp. 137-150.

Rossi JP, Lavelle P, Albretch A, 1997 - Relationships between spatial pattern of the endogeic earthworm Polypheretima elongata and soil heterogeneity. Soil Biology and Biochemistry, 29, 485-488.

Salamon JA, Alphei J, Ruf A, Schaefer M, Scheu S, Schneider K, Sührig A, Maraun M, 2006 - Transitory dynamic effects in the soil invertebrate community in a temperate deciduous forest : effects of ressource quality. Soil Biology and Biochemistry, 38, pp. 209-211.

Shuster WD, Subler S, McCoy EL, 2001 - Deep-burrowing earthworm additions changed the distribution of soil organic carbon on a chisel-tilled soil. Soil Biology and Biochemistry, 33, pp. 983-996.

Volkmar KM, 1996 - Effects of biopore on the growth and N-uptake of wheat at three levels of soil moisture. Canadian Journal of Soil Science, 76, pp. 453-458.

Zaller JG, Köpke U, 2004 - Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment. Biology and Fertility of Soils, 40, pp. 222-229.