

Les enchytréides : des organismes ingénieurs des sols mal connus

Les enchytréides sont des Annélides Oligochètes au même titre que les vers de terre. Présents dans la plupart des sols du Monde, ils appartiennent à la mésofaune du sol (100 μm à 2 mm de diamètre, Figure 1) alors que les vers de terre sont des organismes de la macrofaune du sol (\varnothing 2 à 20 mm).



Figure 1 : *Enchytraeus albidus* adulte (à gauche, ©C. Laurent) et ses cocons (à droite, ©S. Bart).

Si l'utilisation des vers de terre comme bioindicateurs de la fertilité du sol et des perturbations anthropiques est relativement bien documentée (Paoletti, 1999 ; Blouin et al., 2013), les enchytréides sont beaucoup moins connus et étudiés. Pourtant, ils sont considérés comme des indicateurs de stress chimiques dans les écosystèmes terrestres (Didden et Römbke, 2001) et ont récemment été reconnus comme indicateurs des pratiques agricoles dans les agroécosystèmes (Pelosi et Römbke, 2016). Que cela signifie-t-il ?

➤ **Ils sont présents en abondance dans de nombreux écosystèmes :** les enchytréides sont omniprésents et bien plus abondants que les vers de terre dans de nombreux sols, de 10 000 à 300 000 individus par mètre carré avec une diversité allant d'une à plus d'une vingtaine d'espèces. Ils sont également tolérants à une plus large gamme de conditions environnementales (Didden, 1993). Ils vivent généralement dans les 5 à 10 premiers centimètres du sol et sont fortement impliqués dans les réseaux trophiques. Bien que de petite taille, les enchytréides dominent en biomasse dans de nombreux habitats, principalement les milieux riches en matières organiques (Orgiazzi et al., 2016). Ils dominent également la faune du sol en abondance sous labour conventionnel (Hendrix et al, 1986; Pelosi et Römbke, 2016).

➤ **Ils jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes :** les enchytréides et les vers de terre ont des rôles fonctionnels similaires mais à des échelles différentes (Van Vliet et al., 1993). Ils sont fortement impliqués dans la dégradation de la matière organique du sol. Dotés d'une faible efficacité d'assimilation, les enchytréides ingèrent de grandes quantités de matière organique (plus de 2 kg de sol minéral par mètre carré dans les parcelles agricoles chaque année (Van Vliet et al., 1995). Ils sont également impliqués dans l'évolution de la structure des sols (Topoliantz et al., 2000) en raison de leur comportement fousseur, des boulettes fécales qu'ils produisent et du transport, de l'ingestion et du mélange des particules minérales et organiques du sol. Ils influencent donc la porosité du sol (Van Vliet et al., 1993), réduisant ainsi le compactage et augmentant la conductivité hydraulique et la concentration en oxygène dans les sols (Linden et al., 1994; Roithmeier et Pieper, 2009). Plus récemment, une étude a montré que la présence d'enchytréides pouvait influencer le développement de champignons phytopathogènes (Friberg et al., 2009).

➤ **Ils sont sensibles à une large gamme de stress environnementaux, mais pas au point de disparaître totalement.** Ces organismes répondent à différents facteurs environnementaux et pressions anthropiques (Didden, 1990 ; Pelosi et Römbke, 2016). Il a par exemple été montré que ces organismes à corps mou peuvent accumuler et sont sensibles aux pesticides (Amorim et al, 2002; Didden et Römbke 2001). Quelques études suggèrent que les enchytréides sont moins sensibles aux contaminants que les vers de terre (Bart et al., en préparation ; Amossé et al., en préparation). Ils pourraient donc remplir les fonctions que les vers de terre ne peuvent plus assurer dans des conditions de stress environnementaux comme en présence de pesticides.

➤ **Ils sont faciles à utiliser sur le terrain comme au laboratoire:** Les enchytréides ont un cycle de vie relativement court, d'environ 50 jours, ce qui en fait de bons candidats pour les expérimentations en laboratoire (Bicho et al., 2015). De plus, ils sont faciles à échantillonner dans les sols. Cependant, ils sont peu étudiés en raison des difficultés liées à l'identification des individus à l'espèce. Seules quelques dizaines de personnes dans le monde travaillent actuellement sur enchytréides, et la plupart d'entre eux étudie leur taxonomie. L'écologie fonctionnelle de ces organismes reste encore mal connue.

Utilisation des enchytréides comme modèle biologique en laboratoire

L'utilisation des enchytréides comme modèles biologiques en écotoxicologie a débuté avec la réalisation d'un essai inter-laboratoires entre 29 instituts à la fin des années 90 (Römbke and Moser, 2002). Cet essai a permis d'aboutir aux premiers tests standardisés sur les enchytréides (ASTM 2000; ISO 16387, 2002; OECD 220, 2004), qui sont régulièrement mis à jour (ISO 16387, 2014). Pour la réalisation de ces tests, l'espèce préconisée est *Enchytraeus albidus*. Cette espèce est présente sur tous les continents, aussi bien dans les habitats marins et limniques que terrestres. Elle vit principalement dans les zones à fortes concentrations en matière organique (algues, compost) mais elle est rarement trouvée en zones cultivées. *E. albidus* fait partie des plus grandes espèces d'enchytréides (1.5 à 4 cm de long), ce qui facilite la manipulation des individus au laboratoire. De plus, il est relativement facile de se procurer cette espèce puisqu'elle est vendue dans le commerce comme nourriture pour poissons. Il convient cependant de vérifier la pureté des échantillons car ceux-ci sont souvent contaminés par d'autres espèces plus petites du même genre. La norme ISO 16387 (2014) recommande également d'autres espèces du genre *Enchytraeus* (par exemple *E. crypticus*, *E. luxuriosus*). Cependant, l'utilisation d'espèces fréquemment rencontrées en champs cultivés, telles que *Fridericia sp.*, permettrait une meilleure représentativité des conditions de terrain et une meilleure pertinence des tests réalisés. *Fridericia* est le genre le plus varié et le plus commun dans les sols sous les climats tempérés (Ivask et al., 2008). L'élevage de telles espèces reste cependant difficile.

L'utilisation des enchytréides présente de nombreux avantages pour les expérimentations de laboratoire. En effet, ces animaux de petite taille ont un temps de génération relativement court (environ 33 jours à 18°C pour *E. albidus* et plus court pour les espèces plus petites), comparé par exemple aux vers de terre, plus traditionnellement utilisés. Les tests nécessitent donc des volumes de sol plus faibles et des durées d'expérimentation plus courtes. Par ailleurs, en plus des tests classiques de toxicité aiguë et de reproduction permettant d'estimer des LC50, EC_x ou NOEC, les enchytréides peuvent également être utilisés dans des tests d'évitement (Amorim et al., 2008) et pour évaluer la bioaccumulation des contaminants dans les organismes du sol (OECD 317, 2010).

Des études à l'échelle de la parcelle encore trop peu nombreuses...

Le suivi des effets écotoxicologiques sur les enchytréides « au champ » permet d'appréhender la diversité et l'abondance des communautés, d'évaluer la sensibilité des différentes espèces aux facteurs du milieu et d'étudier les effets des contaminants sur ces organismes et certaines fonctions écologiques qu'ils remplissent, comme la décomposition de la matière organique ou la structuration du sol. Il est par ailleurs possible d'évaluer l'activité alimentaire dans les sols grâce aux méthodes des sachets de thé (Keuskamp et al., 2013) ou des « bait lamina » (ISO 18311, 2016). Cette dernière consiste à insérer dans le sol des sticks en plastique perforés (16 trous de 0.5 à 8 cm de profondeur) et remplis d'appâts de nourriture (Figure 2) dont les enchytréides sont friands (Helling et al., 1998). Après une à deux semaines, les sticks sont retirés du sol et les appâts consommés/intactes sont comptés. Les prélèvements d'enchytréides en conditions naturelles s'opèrent à l'aide un carottier (\varnothing 5 cm) permettant de prélever des échantillons à différentes profondeurs (par tranches de 5 cm d'épaisseur généralement). Les enchytréides sont ensuite extraits du sol à l'aide un entonnoir rempli d'eau et d'une lampe incandescente (O'Connor, 1955) (les enchytréides fuient la lumière et la chaleur).



Figure 2 : Méthode des bait lamina : sticks insérés dans le sol (à gauche, ©C. Pelosi) et consommation d'un appât par *Friderica* sp. (à droite, ©J. Amossé).

Quelques études ont déjà montré que l'application de pesticides, même à des doses agronomiques, pouvait réduire les densités d'enchytréides (Parmelee et al., 1990; revue de Pelosi et Römbke, 2016). Cependant, les auteurs ne s'intéressent généralement qu'à l'abondance totale, ne reflétant pas toujours les perturbations du milieu en raison des potentielles compensations entre espèces (Nowak, 2007). L'intérêt d'étudier ces organismes à l'espèce est d'acquérir des informations plus précises sur l'effet des pratiques agricoles sur les différentes populations d'enchytréides, qui peuvent présenter des sensibilités différentes aux pesticides. Par ailleurs, des études récentes au laboratoire et au champ montrent que les vers de terre seraient plus sensibles aux pesticides que les enchytréides (Amossé et al., en préparation. ; Bart et al., en préparation). Ces derniers pourraient donc assurer les fonctions clés comme la décomposition de la matière organique en l'absence de vers de terre.

Contacts

Céline Pelosi (celine.pelosi@inra.fr)

Joël Amossé (joel.amosse@inra.fr)

Sylvain Bart (sylvain.bart@inra.fr)

UMR 1402 ECOSYS, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay,
78026, Versailles, France

Bibliographie citée

- Albert, C.A., Wilson, L.K., Mineau, P., Trudeau, S., Elliott, J.E., 2009. Anticoagulant Rodenticides in Three Owl Species from Western Canada, 1988–2003. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58, 451–459.
- Amorim M.J., Sousa J.P., Nogueira A.J.A., Soares A., 2002. Bioavailability and toxicokinetics of C-14-lindane (gamma-HCH) in the enchytraeid *Enchytraeus albidus* in two soil types: The aging effect. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 43, 221-228.
- Amorim, M. J. B., S. Novais, J. Römcke and A. Soares (2008). *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): A test organism in a standardised avoidance test? Effects of different chemical substances. *Environ. Int.* 34, 363-371.
- Amossé J., Bart S., Péry A.R.R., Pelosi C. Short-term effect of fungicides on earthworm and enchytraeid diversity and community patterns in field conditions. En préparation.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 2000. Standard Guide for Conducting Laboratory Soil Toxicity or Bioaccumulation Tests with the Lumbricid Earthworm *Eisenia fetida* and the Enchytraeid Potworm *E. albidus* ASTM Guideline E 1676-97 (Draft). ASTM, Philadelphia, USA.
- Bandow, C., Ling Ng, E., Schmelz, R.M., Paulo Sousa, J., Römcke, J., 2016. A TME study with the fungicide pyrimethanil combined with different moisture regimes: effects on enchytraeids. *Ecotoxicology* 25, 213–224.
- Bart S., Laurent C., Péry A.R.R., Pelosi C. Difference in sensitivity between earthworm and enchytraeid exposed to two commercial fungicides. En préparation.
- Berny, P.J., Buronfosse, T., Buronfosse, F., Lamarque, F., Lorgue, G., 1997. Field evidence of secondary poisoning of foxes (*Vulpes vulpes*) and buzzards (*Buteo buteo*) by bromadiolone, a 4-year survey. *Chemosphere* 35, 1817–1829.
- Berthier, K., Piry, S., Cosson, J.-F., Giraudoux, P., Foltête, J.-C., Defaut, R., Truchetet, D., Lambin, X., 2013. Dispersal, landscape and travelling waves in cyclic vole populations. *Ecol. Lett.* 17, 53–64.
- Bicho R.C., Gomes S.I.L., Soares A., Amorim M.J.B., 2015. Non-avoidance behaviour in enchytraeids to boric acid is related to the GABAergic mechanism. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 6898-6903.
- Blouin M., Hodson M.E., Delgado E.A., Baker G., Brussaard L., Butt K.R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J.E., Cluzeau D., Brun J.J., 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 64, 161-182.
- Christensen, T.K., Lassen, P., Elmeros, M., 2012. High exposure rates of anticoagulant rodenticides in predatory bird species in intensively managed landscapes in Denmark. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 63, 437–444.
- Coeurdassier, M., Berny, P.J., Couval, G., Decors, A., Jacquot, M., Queffelec, S., Quintaine, T., Giraudoux, P., 2014a. Evolution des effets non intentionnels de la lutte chimique
- Delattre, P., Giraudoux, P., Baudry, J., Musard, P., Toussaint, M., Truchetet, D., Stahl, P., Poule, M.L., Artois, M., Damange, J.-P., Quééré, J.-P., 1992. Land use patterns and types of common.
- Diden W.A.M., 1990. Involvement of *Enchytraeidae* (*Oligochaeta*) in soil structure evolution in agricultural fields. *Biology and Fertility of Soils* 9, 152-158.
- Diden W.A.M., 1993. Ecology of terrestrial *Enchytraeidae*. *Pedobiologia* 37, 2-29.
- Diden W., Römcke J., 2001. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotox. Environ. Safe.* 50, 25-43.
- Frampton, G.K., Jänsch, S., Scott-Fordsmand, J.J., Römcke, J., van den Brink, P.J., 2006. Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: a review and analysis using species sensitivity distributions (SSD). *Environ. Toxicol. Chem.* 25, 2480-2489.
- Friberg H., Fayolle L., Edel-Hermann V., Gautheron N., Steinberg C.F.C., 2009. Response of *Rhizoctonia solani* to soil faunal grazing and organic amendments - different from general microbial dynamics. *IOBC/WPRS Bulletin* 42, 63-67.
- Helling, B., Pfeilff, G., Larink, O., 1998. A comparison of feeding activity of collembolan and enchytraeid in laboratory studies using the bait-lamina test. *Applied Soil Ecology* 7, 207–212
- Hendrix P.F., Parmelee R.W., Crossley D.A., Coleman D.C., Odum E.P., Groffman P.M., 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *Bioscience* 36, 374-380.
- ISO (International Organisation for Standardisation), 2000. Soil Quality – Effects of Pollutants on *Enchytraeidae* (*Enchytraeus* sp.). Determination of effects on reproduction. ISO WD16387. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organisation for Standardization), 2014. Soil Quality - Effects of Pollutants on Earthworms - Part 3: Guidance on the Determination of Effects in Field Situations. No. 11268-3, Geneva.
- ISO (International Organisation for Standardization), 2014. Soil quality - Effects of contaminants on *Enchytraeidae* (*Enchytraeus* sp.) - Determination of effects on reproduction. No. 16387, Geneva.
- ISO (International Organisation for Standardization), 2016. Soil quality - Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms - Bait-lamina test. No. 18311, Geneva.
- Keuskamp, J. a., Dingemans, B. J. J., Lehtinen, T., Sarneel, J. M., & Hefting, M. M., 2013. Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 1070-1075.
- Linden D.R., Hendrix P.F., Coleman D.C., van Vliet P.C.J. (1994). Faunal indicators of soil quality. In *Defining soil quality for a sustainable environment* (Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicsek D.F. & Stewart B.A., eds.), Vol. 35, pp. 91-106. SSSA Special Publication.
- Maraldo, K., Christensen, B., Strandberg, B., Holmstrup, M., 2006. Effects of copper on enchytraeids in the field under differing soil moisture regimes. *Environ. Toxicol. Chem.* 25(2), 604-612.
- Nowak, E., 2007. Enchytraeids (*Enchytraeidae*, *Oligochaeta*) in midfield shelterbelts of different age and in adjoining croplands. *Pol. J. Ecol.* 55, 681-690.
- OECD (Organisation for Economic development), 2000. OECD-guideline for testing of chemicals proposal for a new guideline no. 220. *Enchytraeidae* reproduction Test, Paris, France.
- OECD (Organisation for Economic development), 2010. Guidelines for the testing of chemicals: Bioaccumulation in Terrestrial Oligochaetes. No 317. Paris, France.
- O'Connor, F.B., 1955. Extraction of enchytraeid worms from a coniferous forest soil, *Nature* 175, 815-816.
- Orgiazzi A., Bardgett R.D., Barrios E., Behan-Pelletier V., Briones M.J.I., Chotte J.-L., De Deyn G.B., Eggleton P., Fierer N., Fraser T., Hedlund K., Jeffery S., Johnson N.C., Jones A., Kandeler E., Kaneko N., Lavelle P., Lemanceau P., Miko L., Montanarella L., Moreira F.M.S., Ramirez K.S., Scheu S., Singh B.K., Six J., van der Putten W.H., Wall D.H. (Eds.), 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 176 pp.
- Paoletti M.G., 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators, *Agr. Ecosyst. Environ.* 74, 137–155.
- Parmlee, R.W., Beare, M.H., Cheng, W., Hendrix, P.F., Rider, S.J., Crossley, D.A., Coleman, D.C., 1990. Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: a biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. *Biol. Fertil. Soils* 10, 1-10.
- Pelosi C., Römcke, J., 2016. Are *Enchytraeidae* (*Oligochaeta*, *Annelida*) good indicators of agricultural management practices? *Soil Biol. Biochem.* 100, 255-263.
- Roithmeier O., Pieper S., 2009. Influence of *Enchytraeidae* (*Enchytraeus albidus*) and compaction on nutrient mobilization in an urban soil. *Pedobiologia* 53, 29-40.
- Römcke, J. and T. Moser (2002). Validating the enchytraeid reproduction test: organisation and results of an international ringtest. *Chemosphere* 46(7): 1117-1140.
- Römcke, J., Schmelz, R.M., Knaebe, S., 2009. Field studies for the assessment of pesticides with soil mesofauna, in particular enchytraeids, mites and nematodes: design and first results. *Soil Org.* 81, 237-264.
- Salvio, C., Lopez, A.N., Manetti, P.L., Clemente, N.L., 2011. Effects of granulated baits on meso and macrofauna in soybean soil system. *J. Environ. Biol.* 32, 793-799.
- Topoliantz, S., Ponge, J.F., Viaux, P., 200. Earthworm and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures, *Plant Soil* 225, 39-51.
- Van Vliet P.C.J., West L.T., Hendrix P.F., Coleman D.C., 1993. The influence of *Enchytraeidae* (*Oligochaeta*) on the soil porosity of small microcosms. *Geoderma* 56, 287-299.
- Van Vliet P.C.J., Beare M.H., Coleman D.C., 1995. Population dynamics and functional roles of *Enchytraeidae* (*Oligochaeta*) in hardwood forest and agricultural ecosystems. *Plant Soil* 170, 199-207.