

Premières mentions de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques

Jean-David Moore

Résumé

Deux espèces exotiques de vers de terre, d'origine européenne, ont été trouvées à plusieurs endroits au parc naturel et historique de l'île aux Basques (Québec, Canada). Il s'agit des premières mentions de vers de terre sur cette île. Cet article ne permet pas d'établir avec certitude quand les vers de terre sont arrivés sur l'île. Ceux-ci pourraient avoir été involontairement introduits par les Basques dès les 16^e et 17^e siècles. D'autres sources potentielles d'introduction sont également discutées. Pour le moment, il est difficile d'évaluer l'ampleur des effets qu'ont pu avoir les vers de terre sur les différents écosystèmes de l'île, étant donné l'absence de suivi à long terme et d'inventaires approfondis. Cependant, les espèces de vers de terre recensées jusqu'à maintenant sur l'île ont généralement des effets moindres sur les écosystèmes que ceux d'autres espèces exotiques de vers de terre européens présentes au Québec. Des inventaires supplémentaires seraient nécessaires afin de documenter si de telles espèces sont présentes, l'ampleur du phénomène de colonisation par les vers de terre, et les effets potentiels de celle-ci sur les écosystèmes de cette île.

MOTS CLÉS : *Dendrodrilus rubidus*, espèces exotiques envahissantes, Lumbricidae, *Lumbricus rubellus*, vers de terre

Abstract

Two exotic earthworm species from Europe were observed at several locations in the Parc naturel et historique de l'île aux Basques (Québec, Canada). These are the first records of earthworms from this island. While it is not possible to establish with certainty when they became established there, they could have been unintentionally introduced by the Basques as early as the 16th and 17th centuries. Other potential sources of introduction are also discussed. At the moment, given the lack of long-term monitoring and in-depth surveys, it is difficult to evaluate the extent of the effects that earthworms may have had on the various ecosystems found on the island. However, the 2 species so far observed there generally have much more limited impacts than other European earthworm species found in Québec. Additional surveys would be required to document whether some of the latter species are present on the island, the extent of the earthworm colonization, and the potential effects of this on the ecosystems present.

KEYWORDS: *Dendrodrilus rubidus*, earthworms, exotic invasive species, Lumbricidae, *Lumbricus rubellus*

Introduction

Depuis l'arrivée des colons européens, des vers de terre exotiques ont colonisé les sols de plusieurs forêts de l'Amérique du Nord soumises à la dernière glaciation (Moore et collab., 2009; 2015a). Les espèces que l'on y trouve sont, pour la plupart, d'origine européenne (Gates, 1982; Reynolds, 1995), mais certaines, d'origine asiatique, ont également été répertoriées au cours des récentes décennies dans le Nord-Est américain et en Ontario (Moore et collab., 2018). Au Québec, sur les 20 espèces de vers de terre répertoriées à ce jour, 18 sont d'origine européenne tandis que les 2 autres sont indigènes (Reynolds, 2014; Reynolds et Reynolds, 1992). Les observations de vers indigènes sont toutefois rarissimes (Reynolds, 2014; Reynolds et Reynolds, 1992).

Au Québec, on trouve les vers de terre principalement sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, dans un corridor d'environ 150 km sur la rive nord de ce cours d'eau et le long des routes principales en direction du Lac-Saint-Jean, de La Tuque et de Maniwaki (figure 1). L'aire de répartition documentée sur la rive nord est probablement influencée par la méthode utilisée pour les inventaires, ces derniers ayant été principalement réalisés le long de certains axes

routiers principaux. Bien que certains écosystèmes forestiers québécois ne soient pas encore colonisés par les vers de terre (Moore et collab., 2009), la présence d'un certain type d'humus (mull¹), noté lors de l'inventaire écologique des forêts québécoises réalisé de 1986 à 2000 (figure 1), laisse croire que leur répartition sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent pourrait s'étendre au-delà de la zone connue actuellement. De plus, on a découvert récemment des vers de terre dans des écosystèmes forestiers boréaux du Québec, parmi les rares mentions en forêt boréale nord-américaine (figure 1; Moore et collab., 2009; Moore, J.-D., observations personnelles non publiées).

Jean-David Moore est ingénieur forestier et chercheur scientifique à la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

jean-david.moore@mffp.gouv.qc.ca

1. L'humus de type mull est présent dans les forêts sur sols riches et peu acides. L'activité biologique y est intense, principalement celle des vers de terre exotiques. La litière (feuilles mortes) est rapidement incorporée au sol.

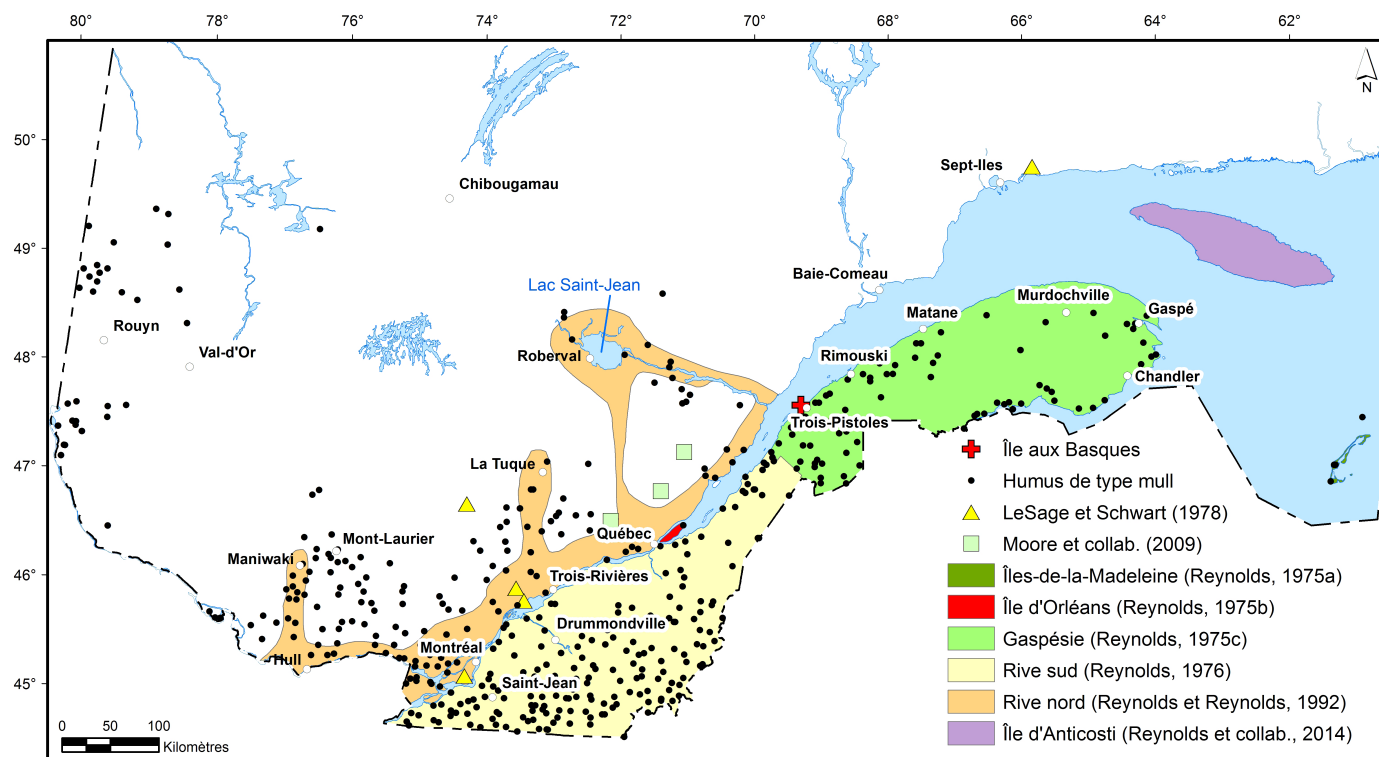


Figure 1. Historique des principaux secteurs d'échantillonnages (zones et symboles en couleur sur la carte) des vers de terre au Québec. Sur les 20 espèces de vers de terre répertoriées lors de ces inventaires, 18 sont d'origine européenne et 2 sont indigènes. Les observations de vers indigènes sont toutefois rarissimes. Les points noirs représentent les endroits où l'on a noté la présence d'humus de type mull au cours de l'inventaire écologique des écosystèmes forestiers réalisé de 1986 à 2000 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

Les vers de terre exotiques sont encore considérés comme bénéfiques en agriculture et comme de bons indicateurs de la fertilité et de la qualité des sols. Néanmoins, de plus en plus d'études rapportent qu'ils ont des effets négatifs significatifs sur la structure et la fonction des écosystèmes forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord depuis leur introduction (Bohlen et collab., 2004a; 2004b; Evers et collab., 2012; Frelich et collab., 2006). Plus particulièrement, l'invasion par les vers de terre exotiques soulève de plus en plus de préoccupations parmi les écologistes et les gestionnaires forestiers quant au maintien de la biodiversité (Addison, 2009; Evers et collab., 2012; Hendrix et collab., 2008; Moore et collab., 2015b; Sutherland et collab., 2011) et des processus naturels des forêts en Amérique du Nord (Eisenhauer et collab., 2009; Larson et collab., 2010; Nuzzo et collab., 2009).

Effets potentiels sur les écosystèmes forestiers

Deux des effets les plus spectaculaires de l'invasion par les vers de terre en milieu forestier sont la disparition rapide de la litière à la surface du sol et le changement de la structure de celui-ci (Bohlen et collab., 2004a; Edwards et Bohlen, 1996; Langmaid, 1964; Szilávecz et collab., 2011). Ces changements peuvent engendrer des conséquences importantes sur les écosystèmes forestiers, particulièrement sur la biodiversité et la dynamique forestière. Ainsi, de nombreuses études récentes ont démontré que l'invasion par les vers de terre européens

pouvait modifier le cortège des plantes de sous-bois (Cassin et Kotanen, 2016; Gundale, 2002; Hale et collab., 2006; Nuzzo et collab., 2009) et la dynamique forestière (Bal et collab., 2018; Eisenhauer et collab., 2009; Forey et collab., 2011; Hale et collab., 2006). Dans certains cas, ce phénomène peut occasionner la disparition de plantes indigènes (Gundale, 2002; Hale et collab., 2006) ou favoriser des plantes exotiques (Frelich et collab., 2006; Nuzzo et collab., 2009; Regnier et collab., 2008).

La présence des vers de terre peut également contribuer au déclin des populations d'oiseaux qui nichent au sol (Fox et collab., 2010; Loss et Blair, 2011), de certaines salamandres forestières (Maerz et collab., 2009; Ziemba et collab., 2016), ainsi que d'autres espèces indigènes de la faune du sol (Migge-Kleian et collab., 2006). En effet, en forêt décidue et mixte, certains vers de terre européens, comme l'espèce anécique² *Lumbricus terrestris* et certaines espèces asiatiques, ont un effet marqué sur l'incorporation de la litière, qui sert d'habitat à plusieurs espèces fauniques.

Les objectifs de cette étude sont de documenter la présence de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques et de discuter de leurs effets potentiels sur cet écosystème.

2. Les espèces anéciques (par exemple, *Lumbricus terrestris*) sont des vers de grande taille (11,1 à 30,0 cm) qui creusent de profonds tunnels verticaux, s'alimentent principalement de la litière de surface, incorporent cette litière dans le sol et transportent à la surface des particules du sol minéral d'horizons plus profonds.

L'île aux Basques

L'île aux Basques est située dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, dans la région physiographique des Appalaches (Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, 1997). Elle se trouve à environ 5 km au nord de la ville de Trois-Pistoles. Elle mesure environ 2 km de long par 0,4 km de large, pour une superficie totale d'environ 1 km². Son altitude maximale est de 50 m. La majeure partie de l'île est boisée. Elle est exposée à de forts vents du large et à des conditions climatiques rigoureuses. Il n'est donc pas surprenant d'y rencontrer un cortège de végétaux que l'on trouve habituellement beaucoup plus au nord. Les principales essences forestières sont le sapin baumier (*Abies balsamea*), l'épinette blanche (*Picea glauca*), le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). L'assise rocheuse est composée de roches sédimentaires et les sols y sont habituellement très minces.

La Société Provancher a acquis l'île aux Basques en 1929. Depuis, c'est une aire protégée en tant que refuge pour les oiseaux migrateurs. En 2001, l'île aux Basques a été reconnue comme lieu historique national du Canada (Desmartis, 2002). Par ailleurs, mis à part celles sur les insectes (Perron, 1997), aucune étude sur les invertébrés n'a été réalisée sur cette île.

Observations

Les vers de terre ont été observés de manière fortuite à 12 endroits le long de sentiers pédestres en milieu forestier, sous des débris ligneux (figure 2). Les observations ont été réalisées durant le jour, du 4 au 7 août 2017 et du 14 au 17 août 2018, dans des peuplements forestiers composés de sapins, d'épinettes blanches et, dans une moindre mesure, de bouleaux à papier (sentier de la traverse, route des Basques), ainsi que dans d'autres composés surtout de bouleaux à papier (sentier de la falaise). Vingt spécimens de vers de terre ont été prélevés à la surface du sol pour identification; ils seront ultérieurement déposés dans la collection de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada à l'Université Laval. L'identification a été réalisée à l'aide de la clé d'identification de Reynolds et Reynolds (1992). À cause du risque de perturber le milieu, la caractérisation du sol à l'aide de pédons et de tarière n'a pas été possible. Toutefois, un prélèvement du sol en contact avec les vers de terre nous a permis d'en évaluer les principales caractéristiques en laboratoire. Le contenu en matière organique a été déterminé par perte au feu. Le pH a été mesuré avec de l'eau déminéralisée (rapport sol : solution de 1 : 2,5). La capacité d'échange cationique (CEC) a été calculée en faisant la somme des cations échangeables (acides et basiques). La saturation en bases a été calculée comme le rapport cations basiques : CEC. Ainsi, l'échantillon prélevé indique que le sol où se trouvaient les vers de terre avait un contenu en matière organique de 84 % et était relativement fertile (pH_{eau} : 5,38; CEC : 41 cmol·kg⁻¹; saturation en bases : 100 %).

Deux espèces de vers de terre de la famille des Lumbricidae, d'origine européenne, ont été trouvées à plusieurs endroits. Il s'agit des premières mentions de vers de terre sur l'île aux Basques. L'espèce la plus fréquemment



Figure 2. Exemple de débris ligneux sous lesquels les vers de terre ont été observés le long de sentiers pédestres de l'île aux Basques.



Figure 3. *Lumbricus rubellus* est l'espèce la plus fréquemment observée à l'île aux Basques.

observée est *Lumbricus rubellus* (figure 3). Cette espèce est épiendogée (Tiunov et collab., 2006; Wironen et Moore, 2006), c'est-à-dire qu'elle vit principalement dans les couches superficielles du sol. Elle se nourrit de matière organique à la surface et s'enfouit dans sa galerie plus profondément dans le sol minéral. Elle préfère habituellement les sols ayant une forte teneur en matière organique et un pH près de la neutralité, mais peut supporter des pH aussi bas que 3,8 (Wironen et Moore, 2006). Selon certaines études, *L. rubellus* n'est pas tolérant au gel (Holmstrup et Zachariassen, 1996; Tiunov et collab., 2006). Tiunov et collab. (2006) mentionnent toutefois que cette espèce a été trouvée à plusieurs endroits en Russie, au nord du 60° degré de latitude Nord et au-delà du cercle arctique. La présence de cette espèce à l'île aux Basques et dans certaines régions nordiques laisse croire qu'elle peut s'enfouir assez profondément dans le sol pour se protéger du froid, ou que la couverture de neige au sol dans ces régions est

Jean-David Moore

Jean-David Moore

suffisante pour la protéger contre le gel. Puisque les sols sont généralement très minces sur l'île aux Basques, la deuxième explication semble la plus plausible. *Lumbricus rubellus* est considérée comme l'une des espèces envahissantes les plus répandues dans le monde (Global invasive species database, 2017), y compris au Québec (Reynolds, 2010; Reynolds, 2014). Sa croissance est très rapide (Greiner et collab., 2012), une caractéristique que partagent plusieurs espèces envahissantes (Sakai et collab., 2001).

La seconde espèce observée est *Dendrodrilus rubidus*. C'est une espèce épigée, c'est-à-dire qui vit principalement à la surface du sol, dans la matière organique. Elle peut tolérer les sols très acides, avec un pH aussi bas que 3,4 (Moore et collab., 2009). *Dendrodrilus rubidus* est une espèce très tolérante au gel (Holmstrup et Zachariassen, 1996; Tiunov et collab., 2006) et ses cocons peuvent supporter des températures allant jusqu'à -35 °C (Berman et collab., 2002; Dymond et collab., 1997).

Dans ce contexte, il n'est donc pas surprenant que ces 2 espèces aient déjà été trouvées en forêt boréale au Québec (Moore et collab., 2009), voire dans la toundra et au-delà du cercle arctique du nord-est de l'Europe (Perel, 1979; Terhivuo, 1988; Tiunov et collab., 2006). Elles sont également présentes sur les rives sud et nord du fleuve Saint-Laurent à proximité de l'île aux Basques (Reynolds, 2010). Par conséquent, la présence de *L. rubellus* et *D. rubidus* n'est pas surprenante sous le climat et dans le sol acide de l'île aux Basques.

Hypothèses pour expliquer la présence des vers de terre

Cette étude ne permet pas de déterminer avec certitude quand les vers de terre se sont établis à l'île aux Basques. L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'ils aient été involontairement introduits soit par les Basques aux 16^e et 17^e siècles, soit lors de l'établissement et de l'exploitation de la ferme à la pointe ouest de l'île au 19^e siècle. Une autre possibilité est qu'ils aient été apportés volontairement (*L. rubellus*) ou accidentellement (*D. rubidus*) par des visiteurs pour être utilisés comme appât pour la pêche sportive dans le fleuve. *Dendrodrilus rubidus* n'est pas utilisé pour la pêche, mais ses cocons et de jeunes spécimens peuvent être présents dans le substrat contenant *L. rubellus*. En fait, la pratique de la pêche sportive est souvent la cause principale pour expliquer la présence des vers de terre dans plusieurs écosystèmes forestiers (Moore et collab., 2009). Le contenu des récipients renfermant à la fois des vers et des cocons est souvent abandonné à proximité des secteurs de pêche.

Effets potentiels des espèces de vers de terre observées

Plusieurs études font état d'une migration annuelle maximale de 10 m pour les vers de terre (Curry et Boyle, 1987; Marinissen et van den Bosch, 1992; van Rhee, 1969). Dans ce contexte, et considérant que les vers de terre ont probablement été introduits il y a au moins 200 ans, il y a de fortes chances qu'une grande partie de l'île soit à présent colonisée.

Pour le moment, il est difficile d'évaluer l'ampleur des effets qu'ont pu avoir les vers de terre sur les différents écosystèmes de l'île, étant donné l'absence de suivi à long terme et d'inventaires plus approfondis. Les effets de l'introduction de vers de terre exotiques sur les écosystèmes de l'île aux Basques pourraient être évalués si l'on trouvait des secteurs n'ayant pas encore été colonisés, et que l'on comparait certaines de leurs caractéristiques (p. ex. : sol, végétation, faune du sol) avec celles des secteurs colonisés. La comparaison pourrait aussi être envisagée avec des îles voisines qui n'auraient pas encore été colonisées, bien qu'il soit possible qu'elles aient subi un régime de perturbations différent.

Le principal effet négatif appréhendé de l'invasion des vers de terre exotiques à l'île aux Basques serait une modification du type d'humus par l'incorporation de la litière dans le sol minéral, particulièrement dans les secteurs de forêts décidues et mixtes où les feuilles forment une composante importante de la litière. La « disparition » de la litière à la surface du sol pourrait engendrer une perte d'habitat pour certains organismes qui dépendent de ce milieu pour se réfugier, s'alimenter ou se reproduire. Ultimement, cette modification d'habitat pourrait avoir des effets en cascade sur des groupes de vertébrés supérieurs.

La colonisation des écosystèmes forestiers de l'île aux Basques par les vers de terre exotiques pourrait également contribuer à modifier la disponibilité de certains éléments nutritifs du sol, la dynamique du carbone et la structure du sol, ce qui entraînerait des effets sur certaines populations floristiques et fauniques.

Cependant, les espèces de vers de terre recensées jusqu'à maintenant sur l'île ont généralement des effets limités sur les écosystèmes, en raison de leur grosseur et de leur action en surface, comparativement à d'autres espèces exotiques européennes comme *L. terrestris* et certaines espèces asiatiques. De plus, ils sont relativement peu abondants. Bien qu'il soit probable que de futurs inventaires révèlent la présence d'autres espèces européennes, dont *L. terrestris*, il serait surprenant de trouver des espèces asiatiques sur l'île dans un avenir rapproché, étant donné leur répartition actuelle et leur exigence quant à la température (Moore et collab., 2018). Des inventaires supplémentaires seraient toutefois nécessaires afin de documenter la présence d'autres espèces de vers de terre, l'ampleur du phénomène de colonisation par ceux-ci et ses effets potentiels sur les écosystèmes de l'île aux Basques.

Par ailleurs, il n'existe actuellement aucune méthode efficace pour éradiquer les populations de vers de terre exotiques sans effets indésirables sur d'autres organismes non ciblés (Keller et collab., 2007). L'une des façons de minimiser les risques d'introduction future d'espèces exotiques potentiellement envahissantes serait de sensibiliser les visiteurs aux dommages que peut causer leur introduction sur les écosystèmes et les espèces indigènes. En effet, plus particulièrement pour les vers de terre, Seidl et Klepeis (2011) mentionnent que le risque d'introduction dans de nouveaux environnements est élevé, en raison de la perception positive que les gens ont des vers de terre.

Remerciements

L'auteur tient à remercier le personnel du Laboratoire de chimie inorganique et organique de la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec pour les analyses chimiques effectuées sur les sols, Bruno Drolet, rédacteur en chef *ad hoc* et les réviseurs anonymes pour leurs précieux commentaires, Agathe Cimon, Andrew P. Coughlan et Denise Tousignant pour la révision linguistique du manuscrit ainsi que John W. Reynolds pour la confirmation de l'identification des vers de terre. Une autorisation a été obtenue auprès du gardien de l'île aux Basques, M. Jean-Pierre Rioux, avant d'effectuer les prélèvements de sol et de vers de terre. ◀

Références

- ADDISON, J.A., 2009. Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems. *Biological Invasions*, 11: 59-79.
- BAL, T.L., A.J. STORER et M.F. JURGENSEN, 2018. Evidence of damage from exotic invasive earthworm activity was highly correlated to sugar maple dieback in the Upper Great Lakes Region. *Biological Invasions*, 20: 151-164. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1523-0>.
- BERMAN, D., E.N. MESHCHERYAKOVA, A.V. ALFIMOV et A.N. LEIRIKH, 2002. Distribution of the earthworm *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae, Oligochaeta) in the Northern Holarctic is restricted by its insufficient freeze tolerance. *Zoologicheskii Zhurnal*, 81: 1210-1221 (en russe).
- BOHLEN, P.J., P.M. GROFFMAN, T.J. FAHEY, M.C. FISK, E. SUÁREZ, D.M. PELLETIER et R.T. FAHEY, 2004a. Ecosystem consequences of exotic earthworm invasion of north temperate forests. *Ecosystems*, 7: 1-12.
- BOHLEN, P.J., S. SCHEU, C.M. HALE, M.A. MCLEAN, S. MIGGE, P.M. GROFFMAN et D. PARKINSON, 2004b. Non-native invasive earthworms as agents of change in northern temperate forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 427-435.
- CASSIN, C.M. et P.M. KOTANEN, 2016. Invasive earthworms as seed predators of temperate forest plants. *Biological Invasions*, 18: 1567-1580.
- CURRY, J.P. et K.E. BOYLE, 1987. Growth rates, establishment, and effects on herbage yield of introduced earthworms in grassland on reclaimed cutover peat. *Biology and Fertility of Soils*, 3: 95-98.
- DESMARTIS, A., 2002. L'île aux Basques désignée lieu historique national du Canada. *Le Naturaliste canadien*, 126 (1): 4-8.
- DYMOND, P., S. SCHEU et D. PARKINSON, 1997. Density and distribution of *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae) in aspen and pine forests in the Canadian Rocky Mountains (Alberta). *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 265-273.
- EDWARDS, C.A. et P.J. BOHLEN, 1996. *Biology and ecology of earthworms*. 3^e édition. Chapman and Hall, London, 426 p.
- EISENHAEUER, N., S. STRAUPE, E.A. JOHNSON, D. PARKINSON et S. SCHEU, 2009. Exotic ecosystem engineers change the emergence of plants from the seedbank of a deciduous forest. *Ecosystems*, 12: 1008-1016.
- EVERS, A.K., A.M. GORDON, P.A. GRAY et W.I. DUNLOP, 2012. Implications of a potential range expansion of invasive earthworms in Ontario's forested ecosystems: A preliminary vulnerability analysis. Ontario Ministry of Natural Resources, Climate Change Research Report n° CCRR-23, 46 p. Disponible en ligne à : http://www.climateontario.ca/MNR_Publications/stdprod_092861.pdf.
- FOREY, E., S. BAROT, T. DECAËNS, E. LANGLOIS, K.R. LAOSSI, P. MARGERIE, S. SCHEU et N. EISENHAUER, 2011. Importance of earthworm-seed interactions for the composition and structure of plant communities: a review. *Acta Oecologica*, 37: 594-603.
- FOX, V.L., C.P. BUEHLER, C.M. BYERS et S.E. DRAKE, 2010. Forest composition, leaf litter, and songbird communities in oak- vs. maple-dominated forests in the eastern United States. *Forest Ecology and Management*, 259: 2426-2432.
- FRELICH, L.E., C.M. HALE, S. SCHEU, A.R. HOLDSWORTH, L. HENEGHAN, P.J. BOHLEN, P.R. et REICH, 2006. Earthworm invasion into previously earthworm-free temperate and boreal forests. *Biological Invasions*, 8: 1235-1245.
- GATES, G.E., 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilologica*, 4: 12-77.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2017. Disponible en ligne à : <http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=1711&fr=1&sts=&lang=EN>. <http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=1711&fr=1&sts=&lang=EN>. [Visité le 2017-10-02].
- GREINER, H.G., D.R. KASHIAN et S.D. TIEGS, 2012. Impacts of invasive Asian (*Amyntas hilgendorfi*) and European (*Lumbricus rubellus*) earthworms in a North American temperate deciduous forest. *Biological Invasions*, 14: 2017-2027.
- GUNDALE, M.J., 2002. Influence of exotic earthworms on the soil organic horizon and the rare fern *Botrychium mormo*. *Conservation Biology*, 16: 1555-1561.
- HALE, C.M., L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2006. Changes in cold-temperate hardwood forest understory plant communities in response to invasion by European earthworms. *Ecology*, 87: 1637-1649.
- HENDRIX, P.F., M.A. CALLAHAM Jr, J.M. DRAKE, C.Y. HUANG, S.W. JAMES, B.A. SNYDER et W. ZHANG, 2008. Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 39: 593-613.
- HOLMSTRUP, M. et K.E. ZACHARIASSEN, 1996. Physiology of cold hardiness in earthworms. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 115A: 91-101.
- KELLER, R.P., A.N. COX, C. VAN LOON, D.M. LODGE, L.M. HERBORG et J. ROTHUSBERGER, 2007. From bait shops to the forest floor: earthworm use and disposal by anglers. *The American Midland Naturalist*, 158: 321-328.
- LANGMAID, K.K., 1964. Some effects of earthworm invasion in virgin podzols. *Canadian Journal of Soil Science*, 44: 34-37.
- LARSON, E.R., K.F. KIPFMEULLER, C.M. HALE, L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2010. Tree rings detect earthworm invasions and their effects in northern hardwood forests. *Biological Invasions*, 12: 1053-1066.
- LESAGE, L. et D.P. SCHWERT, 1978. Premières récoltes de vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae) sur la rive nord du Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 105: 209-211.
- LOSS, S.R. et R.B. BLAIR, 2011. Reduced density and nest survival of ground-nesting songbirds in relation to earthworm invasions in northern hardwood forests. *Conservation Biology*, 25: 983-992.
- MAERZ, J.C., V.A. NUZZO et B. BLOSSEY, 2009. Declines in woodland salamander abundance associated with non-native earthworm and plant invasions. *Conservation Biology*, 23: 975-981.
- MARINISSEN, J.C.Y. et F. VAN DEN BOSCH, 1992. Colonization of new habitats by earthworms. *Oecologia*, 91: 371-376.
- MIGGE-KLEIAN, S., M.A. MCLEAN, J.C. MAERZ et L. HENEGHAN, 2006. The influence of invasive earthworms on indigenous fauna in ecosystems previously uninhabited by earthworms. *Biological Invasions*, 8: 1275-1285.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et J.W. REYNOLDS, 2009. Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du bouclier canadien, Québec, Canada. *Le Naturaliste canadien*, 133 (1): 31-37.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et P. BOHLEN, 2015a. Effet du chaulage sur la survie et la reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques potentiellement envahissantes dans les érablières du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 139 (2): 14-19.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET, R.P. LONG et P. BUKAVECKAS, 2015b. Ecological benefits and risks arising from liming sugar maple dominated forests in northeastern North America. *Environmental Review*, 23: 66-77.

- MOORE, J.-D., J. GÖRRES et J.W. REYNOLDS, 2018. Exotic Asian pheretimoid earthworms (*Amyntas* spp., *Metaphire* spp.): Potential for colonisation of south-eastern Canada and effects on forest ecosystems. *Environmental Reviews*, 26 : 113-120.
- NUZZO, V.A., J.C. MAERZ et B. BLOSSEY, 2009. Earthworm invasion as the driving force behind plant invasion and community change in northeastern North American forests. *Conservation Biology*, 23 : 966-974.
- PEREL, T.S., 1979. Range and distribution of earthworms of the USSR fauna. Nauka Publishing House, Moscow (en russe), 268 p.
- PERRON, J.-M., 1997. La multitude ailée, omniprésente, les insectes. Dans : La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada (édit.). L'île aux Basques. Éditions de l'Ardoise, Québec, p. 121-129.
- REIGNIER, E., S.K. HARRISON, J. Liu, J.T. SCHMOLL, C.A. EDWARDS, N. ARANCON et C. HOLLOMAN, 2008. Impact of an exotic earthworm on seed dispersal of an indigenous US weed. *Journal of Applied Ecology*, 45 : 1621-1629.
- REYNOLDS, J.W., 1975a. Les lombricidés (Oligochaeta) des Îles-de-la-Madeleine. *Megadrilogica*, 2 (3) : 1-8.
- REYNOLDS, J.W., 1975b. Les lombricidés (Oligochaeta) de l'île d'Orléans, Québec. *Megadrilogica*, 2 (5) : 8-11.
- REYNOLDS, J.W., 1975c. Les lombricidés (Oligochaeta) de la Gaspésie, Québec. *Megadrilogica*, 2 (4) : 4-9.
- REYNOLDS, J.W., 1976. Catalogue et clé d'identification des Lombricidés du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 103 : 21-27.
- REYNOLDS, J.W., 1995. Status of exotic earthworm systematics and biogeography in North America. Dans : HENDRIX, P.F. (édit.). *Earthworm ecology and biogeography*. Lewis Publishers, Boca Raton, p. 1-28.
- REYNOLDS, J.W., 2010. The earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae and Sparganophilidae) of Québec, Canada, revisited. *Megadrilogica*, 14 (1) : 1-47.
- REYNOLDS, J.W., 2014. A checklist by counties of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae and Sparganophilidae) in Québec, Canada. *Megadrilogica*, 17 (6) : 73-103.
- REYNOLDS, J.W. et K.W. REYNOLDS, 1992. Les vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae et Sparganophilidae) sur la rive nord du Saint-Laurent (Québec). *Megadrilogica*, 4 (9) : 145-161.
- REYNOLDS, J.W., D.F. MCALPINE, K.J. VANDERWOLF et H.M. HUYNH, 2014. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) occurrences from Anticosti Island (Québec), Canada. *Megadrilogica*, 17 (1) : 1-6.
- SAKAI, A.K., F.W. ALLENDORF, J.S. HOLT, D.M. LODGE, J. MOLOFSKY, K.A. WITH, S. BAUGHMAN, R.J. CABIN, J.E. COHEN, N.C. ELLSTRAND et D.E. MCCAULEY, 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32 : 305-332.
- SEIDL, D. et P. KLEPEIS, 2011. Human dimensions of earthworm invasion in the Adirondak State Park. *Human Ecology*, 39 : 641-655.
- SOCIÉTÉ PROVANCHER D'HISTOIRE NATURELLE DU CANADA, 1997. L'île aux Basques. Éditions de l'Ardoise, Québec, Québec, 264 p.
- SUTHERLAND, W.J., S. BARDSLEY, L. BENNUN, M. CLOUT, I.M. COTE, M.H. DEPLEDGE, L.V. DICKS, A.P. DOBSON, L. FELLMAN, E. FLEISHMAN, D.W. GIBBONS, A.J. IMPEY, J.H. LAWTON, F. LICKORISH, D.B. LINDENMAYER, T.E. LOVEJOY, R. MAC NALLY, J. MADGWICK, L.S. PECK, J. PRETTY, S.V. PRIOR, K.H. REDFORD, J.P.W. SCHARLEMANN, M. SPALDING et A.R. WATKINSON, 2011. A horizon scan of global conservation issues for 2011. *Trends in Ecology and Evolution*, 26 : 10-16.
- SZLÁVECZ, K., M. MCCORMICK, L. XIA, J. SAUNDERS, T. MORCOL, D. WHIGHAM, T. FILLEY et C. CSUZDI, 2011. Ecosystem effects of non-native earthworms in Mid-Atlantic deciduous forests. *Biological Invasions*, 13 : 1165-1182.
- TERHIVUO, J., 1988. The Finnish Lumbricidae (Oligochaeta) fauna and its formation. *Annales Zoologici Fennici*, 25 : 229-247.
- TIUNOV, A.V., C.M. HALE, A.R. HOLDSWORTH et T.S. VSEVOLODOVA-PEREL, 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. *Biological Invasions*, 8 : 1223-1234.
- VAN RHEE, J.A., 1969. Development of earthworm populations in polder soils. *Pedobiologia*, 9 : 133-140.
- WIRONEN, M. et T.R. MOORE, 2006. Exotic earthworm invasion increases soil carbon and nitrogen in an old-growth forest in southern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 : 845-854.
- ZIEMBA, J.L., C.A.M. HICKERSON et C.D. ANTHONY, 2016. Invasive Asian earthworms negatively impact keystone terrestrial salamanders. *PLoS one*, 11 (5) : p.e0151591.

le naturaliste canadien

La plus ancienne revue francophone en sciences naturelles publiée en Amérique

Le *Naturaliste canadien* offre – sur papier et en ligne – un vaste auditoire à tous les professionnels de l'environnement et aux naturalistes qui désirent partager le fruit de leur travail avec ceux qui se préoccupent des sciences naturelles au Québec.

Auteur potentiel ? Soumettez un manuscrit :

- Évaluation par les pairs
- Aucun frais de publication¹
- Tirés à part électroniques gratuits
- Diffusion en deux formats : imprimé et en ligne (plateforme Érudit)

Web : www.erudit.org/fr/revues/natcan/

Courriel : lenaturalistecanadien@provancher.org

Publié depuis 1869, le *Naturaliste canadien* paraît grâce au soutien de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, un organisme voué à la conservation des milieux naturels, à l'éducation environnementale et à la diffusion des connaissances en sciences naturelles.

Lecteur potentiel ? Devenez membre :

Faites d'une pierre deux coups : Adhérez à la Société Provancher et recevez gratuitement tous les numéros du *Naturaliste* !

Web : www.provancher.org/devenez-membre/

Courriel : info@provancher.org



1. La publication d'articles acceptés par *Le Naturaliste canadien* se fait sans frais aux auteurs pour la version électronique (produite en couleur) ainsi que pour la version papier produite en nuances de gris. Des frais minimes sont cependant facturés aux auteurs qui souhaitent publier des figures en couleur dans la version papier de leur article.

le naturaliste
canadien