

Darwin et le biofonctionnement des sols

C. Feller⁽¹⁾, G.G. Brown⁽²⁾ et E. Blanchart⁽³⁾

(1) C. FELLER, Laboratorio Biogeoquímica do Solo, CENA-USP/IRD (ex-ORSTOM), CP 96, 13400-970 Piracicaba (SP), Brésil

(2) G.G. BROWN, Instituto de Ecologia, A.C., A.P. 63, Xalapa, Ver. 91000, Mexique

(3) E. BLANCHART, Laboratoire Biologie et Organisation des Sols Tropicaux, BP 6096, 97201 Fort de France cedex, France

Cette étude a bénéficié du soutien financier (1996-1999) de l'Action Incitative Interinstitutionnelle (AII) IRD - CIRAD - CNRS - INRA : " Biofonctionnements des sols tropicaux et gestion durable des terres ".

RÉSUMÉ

En 1881, Darwin (1809-1882) édite son dernier livre scientifique qui est intitulé «The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits». C'est le résultat de 44 années d'observations très fines et de mesures minutieuses. L'ouvrage peut être considéré comme un succès exceptionnel d'édition scientifique avec 3500 exemplaires vendus immédiatement, et 8500 en moins de trois ans soit, à l'époque, plus que la vente de «L'origine des espèces», l'œuvre maîtresse de ce savant.

Dans cet article, nous analysons ce succès d'édition scientifique, la propre opinion de Darwin sur son livre, le contenu de l'ouvrage, l'apport de Darwin à la pédologie et à l'écologie du sol, et enfin quelques travaux antérieurs à ceux de Darwin.

L'ouvrage traite d'une manière extrêmement large de l'importance de l'action des vers de terre sur des sujets aussi variés que : la pédogenèse et la formation de la terre végétale, l'érosion, la fertilité du sol avec le rôle de «labour», l'enfouissement des matières organiques, la protection des vestiges archéologiques par leur enfouissement et l'intelligence des vers de terre. A travers cet ouvrage, Darwin se pose, entre autres comme un des précurseurs de la pédologie et comme le fondateur de la pédobiologie ou écologie du sol. Ce sont ces derniers aspects qui sont plus spécifiquement développés ici.

Mots clés

Darwin, vers de terre, Pédobiologie, Histoire de la science du Sol.

SUMMARY

DARWIN AND THE BIOFUNCTIONING OF THE SOIL

In 1881, Darwin's (1809-1882) last scientific book, "The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits", is published. It results from 44 years of sharp observations and minute measurements. The book can be considered as a scientific best-seller with 3500 copies sold at once, and 8500 in the three following years which represents even more than the selling

of Darwin's main work "The origin of species". In this paper, we analyse this best-seller, Darwin's own view, the book contents, Darwin's contribution to soil science and soil ecology, and finally some works prior to Darwin's.

The work deals largely with the importance of earthworm action on objects as diverse as: soil and vegetable mould formation, erosion, fertility and the "plowing" effect, incorporation of organic materials, protection of archaeological remains buried in the ground, and earthworm intelligence. Through this book, Darwin sets up as one of the precursors of soil science, and as the founder of soil biology or soil ecology. These last aspects are specifically developed in the paper.

Key-words

Darwin, Earthworms, Soil Biology, Soil Science History.

RESUMEN

DARWIN Y EL BIOFUNCIONAMIENTO DE LOS SUELOS

En 1881, Darwin (1809 – 1882) edita su último libro científico que se intitula "the formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits". Es el resultado de 44 años de observaciones muy finas y de medidas minuciosas. El libro puede ser considerado como un "best-seller" científico con 3500 ejemplares vendidos inmediatamente, y 8500 en menos de tres años, sea, a esta época, más que la venta de "el origen de las especies", la obra maestra de este sapiente.

En este artículo, analizamos este éxito de librería, la propia opinión de Darwin sobre su libro, su contenido, el aporte de Darwin a la pedología y a la ecología del suelo, y finalmente algunos trabajos anteriores a los de Darwin.

La obra trata de una manera extremadamente larga de la importancia de la acción de las lombrices sobre temas tan variados como: la pedogénesis y la formación de la tierra vegetal, la erosión, la fertilidad del suelo con el papel de la labranza, la incorporación de los materiales orgánicos, la protección de los vestigios arqueológicos por su enterramiento y la inteligencia de las lombrices. A través de este libro, Darwin es uno de los precursores de la pedología y como fundador de la pedobiología o ecología del suelo. Estos últimos aspectos son específicamente más desarrollados.

Palabras claves

Darwin, lombrices, biología del suelo, historia de la ciencia del suelo

Remarque préliminaire.

Dans le cadre de ce Numéro Spécial de EGS, consacré aux «Fonctionnements biologiques des sols», il nous a paru intéressant - et peut-être divertissant (!) - de rappeler quelques éléments de l'œuvre magistrale de Darwin sur les «Vers de terre» et la «Terre végétale». Cet article est une partie d'un travail plus complet qui sera publié ultérieurement.

En 1881, Darwin (1809-1882) édite son dernier livre scientifique (son ultime livre est consacré à une biographie de son grand-père Erasme Darwin), intitulé «The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits» (édition française en 1882 sous le titre «Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale»). L'ouvrage est édité le 10 octobre 1881, et en un mois les ventes seront de 3500 exemplaires pour atteindre le nombre 8500 trois années plus tard, soit plus que la vente de «L'origine des espèces», l'œuvre maîtresse de Ch. Darwin. C'est donc un succès exceptionnel d'édition scientifique pour l'époque, et qui mérite d'être relaté.

Dans cet article nous aborderons les points suivants :

- l'histoire de l'édition même du livre, et l'opinion de Darwin sur son œuvre, aspects généralement non rapportés par ses biographes (à l'exception de Graff, 1983),
- le contenu général de l'ouvrage,
- Darwin en tant que précurseur de la pédologie et de l'écologie du sol,
- un aperçu sur les travaux antérieurs à Darwin sur les vers de terre.

LE LIVRE ET SON ÉDITION

Si le livre est édité en 1881, c'est dès 1837 que Darwin commence à s'intéresser à (et publie sur) l'action des vers de terre sur les sols. A la page 3 de son livre (éd. de 1897), Darwin cite sa communication intitulée «On the formation of mould» qu'il a faite le 1^{er} novembre 1837 devant la Société Géologique de Londres (Transactions of the Geological Society of London, vol. V, p. 105). En fait, des textes très proches seront publiés en 1838, 1840 et 1844 (Graff, 1983). Dans ces communications, Darwin rapporte ses observations sur le rôle des vers de terre sur la formation de la terre végétale, en particulier, ce que l'on appellerait aujourd'hui leur fonction de «pédoturbation». Darwin montre que des fragments de marne brûlée, cendres etc. disposés en couche épaisse à la surface d'une prairie sont retrouvés quelques années plus tard, encore disposés en couches, mais à quelques pouces en dessous du sol. Ceci démontre que les vers ont une capacité exceptionnelle à remuer de grandes quantités de terre et que donc ils interviennent nécessairement sur la formation de la terre végétale. C'est clairement le premier travail scientifique sur

le fonctionnement biologique des sols. C'est la création de ce que l'on appelle l'«Écologie du sol» ou encore la «Pédobiologie».

C'est au cours d'une visite, quelques mois plus tôt, à son oncle, Josiah Wedgwood (de la famille des fameux potiers créateurs de la porcelaine anglaise Wedgwood), qu'il fait l'observation de cet enfouissement. Ce serait son oncle qui lui aurait fourni cette première hypothèse de l'action des vers recouvrant de terre les objets à la surface du sol. De 1837 à 1881, aidé par au moins trois de ses fils, Darwin multipliera les observations et les mesures avant la publication de son fameux ouvrage. Mais on peut penser que l'essentiel des recherches et de la rédaction ont réellement débuté à partir de 1870-71 (Graff, 1983).

Grâce à son fils, Francis Darwin (1888), on connaît quelques opinions du père sur son propre livre avant et après qu'il fut édité. Laissons donc parler Charles Darwin.

Avant l'édition

- 21 septembre 1880. Lettre au Pr Carus. «... j'écris un petit livre... dont le titre sera "La formation de la terre végétale par l'action des vers". Autant que je puisse en juger ce sera un curieux petit livre». Ce fut un remarquable grand livre ;

- avril 1881. Lettre au Pr Carus. «Le sujet a été pour moi une marotte véritable, et je l'ai peut être traité avec des détails ridicules». Les détails dont il est question fonderont la «pédobiologie» et peut-être en partie l'«éthologie et/ou la psychologie animale»!

- 1^{er} mai 1881. «J'ai maintenant envoyé à l'imprimeur le manuscrit d'un petit livre qui traite de la formation de la terre végétale par les vers de terre. C'est un sujet de peu d'importance, et j'ignore si cela intéressera quelques lecteurs. Mais cela m'a intéressé». Cent vingt ans plus tard des congrès entiers (International Congress on Earthworm Ecology et Colloquium on Soil Zoology, tous les 4 ans; Vermilenium, 2000) seront consacrés à ce thème ainsi que des livres (Satchell, 1983; Edwards et Bohlen, 1996) et revues scientifiques spécialisées (Megadrilogica, Pedobiologia)!

L'édition

L'ouvrage est publié le 10 octobre 1881. Dès la sortie de l'ouvrage 2000 exemplaires sont vendus immédiatement ; le 5 novembre 1881, l'éditeur écrit à Darwin «We have now sold 3500 worms» (Graff, 1983). De novembre 1881 à février 1884,

8500 exemplaires de la seule édition anglaise seront vendus. De nombreuses éditions en langues étrangères suivront très rapidement : dès 1882, en allemand (traduction par Carus), en français (trad. par Levêque avec une préface de Edmond Perrier), en italien (trad. Lessona), en russe (deux éditions différentes simultanées, trad. Menzbier, Lindeman).

Il faut signaler aussi la réédition de l'ouvrage en 1945 (Darwin, 1945), avec une Introduction par Sir Albert Howard, et un succès encore supérieur à celui de l'édition originale.

Après l'édition

- 8 novembre 1881. Lettre à Mr Mollard Reade. «Cela a été pour moi une véritable surprise que de voir combien de personnes se sont intéressées à ce sujet» ;

- novembre 1881. Lettre à M. Thiselton Dyer. «Mon livre a été accueilli avec un enthousiasme presque risible, et l'on en a vendu 3500 exemplaires» ;

- 4 février 1882. Lettre à M. Anthony Rich. «J'ai été persécuté par une véritable avalanche de lettres sur ce sujet, la plupart très stupides et enthousiastes ; mais quelques unes contenaient de bons faits, dont je me suis servi en corrigeant hier le sixième mille».

Pour clore cette partie, nous citerons les propos remarquables d'un critique : «Au regard de la plupart des gens... le ver de terre est simplement un annélide aveugle, sourd, dépourvu de sensations, désagréablement gluant. M. Darwin entreprend de réhabiliter son caractère, et le ver s'avance tout à coup comme un personnage intelligent et bienfaisant, qui opère de vastes changements géologiques, un niveleur de montagnes... un ami de l'homme... et un allié de la Société pour la conservation des monuments anciens». Il est difficile de mieux résumer les enseignements de ce «petit livre curieux».

LE CONTENU DU LIVRE

L'ouvrage est organisé en sept chapitres. Pour bien saisir l'étendue et la diversité de l'approche de Darwin, il nous a paru intéressant de donner quelques extraits du Sommaire :

- Introduction.

- Chapitres 1 et 2. Habitudes des vers de terre.

La nature de leurs habitats, leurs capacités sensibles (vue, touché, odorat, qualités mentales), descriptions morphologique et physiologique des vers, leur nutrition, leur digestion, leur intelligence dans l'enfouissement des feuilles, la construction de leur terrier, la distribution des vers dans le monde ...

- Chapitre 3. Quantité de terre fine apportée à la surface par les vers.

Rapidité d'enfouissement de divers objets, nombre de vers dans un espace donné, épaisseur de terre accumulée pendant un temps donné ...

- Chapitre 4. Rôle joué par les vers dans l'enfouissement de monuments anciens.

Enfouissement de villas romaines, affaissement des pavés et parquets, recouvrement de villes romaines ...

- Chapitres 5 et 6. Rôle joué par les vers dans la «dénudation» (érosion) des terres.

Importance de la dénudation, dépôt des poussières, la texture de la terre végétale due à l'action des vers, «désintégration» (désagrégation) des roches par leurs acides proches de ceux de l'humus, la trituration des pierres dans l'intestin des vers et sa signification en terme géologique, la dénudation facilitée par les déjections des vers, les quantités de terre entraînées annuellement, effet des pluies tropicales sur les déjections de vers, la formation des paysages liés à l'accumulation des déjections, préservation des billons et sillons sur un sol anciennement labouré, la formation de terre végétale au-dessus des couches géologiques de craie...

- Chapitre 7. Conclusion.

Abrégé du rôle joué par les vers dans l'histoire du globe, leur participation à la désagrégation des roches, à la dénudation du sol, à la préservation de restes d'anciens bâtiments, à la préparation du sol pour la croissance des plantes. Facultés mentales des vers. Conclusion.

On constate que Darwin, à travers l'étude des vers de terre, touche à de très nombreuses disciplines comme la physiologie animale, l'éthologie ou la psychologie animale, la géologie et la géomorphologie, la pédologie, l'agronomie, l'archéologie. Tous ces aspects seront détaillés dans un article ultérieur et nous ne commenterons et rappellerons ci-dessous que l'apport de Darwin à la pédologie.

DARWIN ET LA SCIENCE DES SOLS⁽¹⁾

Darwin, vers de terre et pédogenèse

Les vers de terre sont des agents importants de la pédogenèse par leur action sur l'altération des roches et la différenciation du profil pédologique.

Les vers de terre et l'altération des roches

Le rôle des vers dans l'altération des roches peut être de type physique ou chimique.

Darwin observe que la terre arable de surface contient peu d'éléments grossiers de taille supérieure à ceux qui peuvent passer dans l'intestin des vers (p. 239), contrairement aux couches de profondeur (pp. 247, 248). Les vers avalent des débris rocheux pour faciliter la «trituration» de la terre et des

(1) : La numérotation des pages de l'ouvrage de Darwin est celle de l'édition anglaise de 1897.

feuilles, et faciliter leur digestion. Ceci induit par effet d'«attrition» une division des particules rocheuses (p. 249 et suivantes) qui contribue à une forte différenciation texturale des horizons de surface et de profondeur.

Concernant l'altération chimique, Darwin donne l'exemple de sables ferrugineux décolorés après passage dans l'intestin des vers de terre (pp. 53, 54). Une expérience de contrôle de ce phénomène est faite avec observation des sables au microscope (p. 243). Les acides du tube digestif des vers pourraient être équivalents à ceux trouvés dans l'humus.

La différenciation des horizons

Les vers de terre par leur action ponctuelle infime, mais répétée, de brassage du sol dans lequel ils vivent ont une incidence forte sur la différenciation des horizons.

Les enfouissements de matériaux divers par les vers peuvent atteindre 6 à 7 pieds de profondeur (p. 117). A ce sujet, Darwin donne des dynamiques d'enfouissement de différents matériaux (cendres, marne, sable rouge, pierre) à travers des mesures de suivi entre 3 et 30 ans (!!) (pp. 131 à 177) et ce, dans des conditions de sol et de gestion des terres très variées. Les vitesses d'accumulation sont comprises entre 0,08 et 0,22 pouces/an.

Il estime qu'en moyenne la terre remuée par les vers de terre est de 7,6 à 18 t de terre sèche/acre/an. Ses propres observations sont complétées par celles d'autres scientifiques tels que King et Hensen. Ainsi, rapportant des résultats de Hensen (p. 161) il donne une densité de 133 000 vers/ha, et signale qu'il y a deux fois plus de vers dans les jardins que dans les champs de blé. Par ailleurs, Darwin constate que généralement la terre arable contient peu d'éléments grossiers de taille supérieure à ceux qui peuvent passer dans l'intestin des vers (p. 239). Il rapporte aussi une expérience de Hensen (p. 314) consistant à déposer deux vers de terre dans un vase contenant du sable et des feuilles. Après six semaines, la formation d'une couche d'humus de 0,4 pouces peut être observée. Compte-tenu de tous ces faits, Darwin propose (p. 4) que la terre végétale soit plutôt dénommée «animal mould» que «vegetable mould».

Dès la publication de 1837, Darwin illustre ses propos sur l'action d'enfouissement de matériaux par les vers de terre à l'aide d'une splendide figure représentant réellement un micro-profil de sol de 5 pouces d'épaisseur où il distingue les horizons suivants de: «turf» (épaisseur de 0,5 pouces), «vegetable mould» (2,5 pouces), «layer of fragments of burnt marl» (1,5 pouces). On peut observer aussi sur la figure pour l'horizon de «mould» (que l'on nommerait horizon A de nos jours), deux sous-horizons différenciés par la couleur et l'importance du système racinaire (de type horizons A11 et A12).

Cette vision du sol, de sa formation et de sa différenciation en horizons font effectivement de Darwin un des grands précurseurs de la pédologie. Son approche est quantitative et

dynamique. Cette vision dynamique est soulignée aussi par Boulaine (1989, p. 112). D'ailleurs dans l'Introduction de son livre, Darwin écrit, en commentant des propos de Elie de Beaumont, «Although the superficial layer of vegetable mould as a whole no doubt is of the highest antiquity, yet in regard to its permanent, we shall hereafter see reason to believe that its component particles are in most cases removed at not a very slow rate, and are replaced by others due to the disintegration of the underlying materials» («La couche superficielle de terre végétale remonte sans doute, dans son ensemble, à la plus haute antiquité, mais pour ce qui est de sa permanence, nous verrons ci-après qu'il y a au contraire des raisons de croire que ses particules constituantes sont, dans la plupart des cas, renouvelées d'une façon assez rapide, et remplacées par d'autres dues à la désagrégation des matériaux sous-jacents» (traduction de l'édition française, 1882)).

Yarilov (1936, cité par Ghilarov, 1983), un des grands historiens russes de la science du sol considère Darwin comme «L'un des fondateurs de la Science du Sol». Pourtant, selon Ghilarov (1983), Dokuchaëv, le fondateur officiel de la Pédologie, a très nettement minimisé le travail de Darwin, pensant que les chiffres publiés par celui-ci étaient exagérés ou applicables qu'à des situations locales particulières.

Darwin, vers de terre et érosion

Darwin consacre de nombreuses pages (pp. 232 à 310) au rôle des vers de terre dans l'évolution des paysages. Darwin pose d'abord le sujet des grands cycles érosion - sédimentation. L'érosion est dénommée «dénudation». Il rappelle que ces cycles sont basés sur la désagrégation des roches en fines particules et que l'on sait que celles-ci peuvent être transportées par le vent ou les eaux sur de très longues distances (propres travaux de Darwin). Sa théorie est que les vers participent fortement à cette désagrégation (cf. ci-dessus). Ainsi la double action des vers de division des roches tendres d'une part, et de remontées à la surface des particules fines de sol d'autre part, favorise l'entraînement par le vent ou les eaux de ces particules de sol. Lorsque les pentes sont fortes ou les pluies violentes, ce sont les turricules en entier qui sont entraînés par les eaux. Ceci explique que même si les vers favorisent à court terme la formation du terreau, celui-ci ne peut s'accumuler à long terme sur une grande épaisseur. Aux échelles géologiques, le ver de terre est donc un acteur important du cycle érosion - sédimentation. De très nombreuses mesures de déplacement des matériaux déposés par les vers, sous l'effet de la pluie ou du vent et prenant en compte divers facteurs tels la pente, l'intensité des pluies, le couvert du sol, sont faites. À partir de ces données, Darwin tente un bilan de masse des matériaux érodés. Il calcule qu'environ 0,2 pouce/an sont déposés par les vers de terre à la surface du sol. Pour une pente de 9°26', ce sont 2,4 pouce³/an/yards qui sont déplacés, ce qui est du même ordre de grandeur à l'é-

poque que les masses connues déplacées dans les bassins versants des grands fleuves, tel que le Mississipi, avec 0,026 pouce/an.

Darwin et l'écologie fonctionnelle (du sol)

Darwin distingue les vers qui se nourrissent uniquement de terre de ceux qui se nourrissent de litières (pp. 106-108). Cette typologie est actuellement la base des classifications «fonctionnelles» de la faune du sol (faune géophage, humivore ou endogée et faune détritvire, saprophage ou phytophage).

Une grande partie du rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale tient à leur grand pouvoir musculaire («worms... for their size possess great muscular power», p. 303). Ceci leur permet de préparer la terre pour la culture et d'enfouir les débris organiques (p. 312). Et de conclure (p. 316) : «The plough is one of the most ancient and most valuable of man's inventions... but long before the land was regularly ploughed and still continues to be thus ploughed by earthworms». C'est la notion d'«ingénieurs du sol» développée par Jones et al. (1994), et largement reprise actuellement par de nombreux écologues du sol (Lavelle et al., 1997).

Darwin est le véritable fondateur de l'« écologie du sol» (Ghilarov, 1983).

LES VERS DE TERRE AVANT DARWIN

Kevan (1985), dans un remarquable article historique sur la zoologie du sol signale l'ouvrage de Georgius Agricola (Georg Bauer) (1549) " De Animantibus Subterraneis " comme probablement le premier traité évoquant les interactions faune-sol. Il y est question des animaux qui creusent ou font des galeries dans le sol, dont les vers de terre «Vermium». Il faut citer aussi un fragment de lettre traitant des vers de terre de G.White (1789) écrite le 20 mai 1777 à Daines Barrington et publié dans la fameuse «The natural history of Selborne». En voici quelques extraits: «... worms seem to be the the great promoters of vegetation, which would proceed but lamely without them, by boring, perforating, and loosening the soil and rendering it pervious to rains and the fibers of plants, by throwing up such infinite numbers of lumps of earth called worm-casts which, beeing their excrement, is a manure for grain and grass». Selon Graff (1983), il est probable que Darwin n'avait pas lu cet écrit lorsqu'il fait sa communication en 1837, bien qu'il fut possesseur de l'Histoire Naturelle de Selborne. Cette lettre est probablement un des premiers écrits accessibles sur l'action des vers de terre dans la fertilité.

De White (1789) à Darwin (1837), on connaît très peu de publications sur les vers de terre dans leurs relations avec le sol, et celles-ci sont d'un volume ou d'un intérêt limités. Graff (1983) cite Krünitz (1812) et De Montegre (1815).

De même, dans quelques ouvrages agronomiques en français de la fin du XVIIIème siècle que nous avons consultés, nous n'avons pas rencontré de référence au rôle positif des vers de terre dans la fertilité. A titre d'exemple, dans le Cours Complet d'Agriculture de l'Abbé Rozier (1781-1805), qui représente la synthèse des savoirs agronomiques (s.l.) de l'époque, à la rubrique «Vers (médecine rurale)» du tome 9 (1796, p. 561), on trouve un long article mais qui ne traite que de l'aspect pathogène des vers sur les animaux de la ferme. Il faut attendre le tome 11 (Supplément, 1805, p. 53) pour trouver à l'article «Achées, Laiches ou Vers de Terre» des commentaires sur *Lombricus L.* Et le seul problème de l'auteur est de savoir comment lutter contre ces animaux nocifs pour les cultures. «Tous les cultivateurs ... savent le tort que font les vers de terre aux semis ... il est donc avantageux de connoître les moyens de (les) détruire». Et de donner quelques recettes :

- les recueillir en silence la nuit à la lumière d'une lanterne, et les détruire,
- enfoncer et agiter un pieu dans le sol et remuer: les vers sortent, les recueillir, etc.,
- frapper le sol avec une bûche ou maillet pendant 8 à 10 minutes ... les vers sortent,
- à l'époque des noix vertes: râper le brou dans un seau d'eau, laisser infuser et répandre sur le sol, les vers sortent en 1/4 heure. Idem avec infusions d'autres feuilles: noyer, aristoloché, clématite, tabac, chanvre,
- faire bouillir du vert-de-gris dans du vinaigre et asperger le sol. Les vers meurent, mais c'est dangereux par ailleurs!
- faire tremper les semences dans un mélange eau+chaux (cela les protégerait de l'attaque de ces vilains animaux),
- faire, quand c'est possible (pépinière etc.), des semis dans des pots avec des trous fins empêchant les vers de pénétrer.

Si nous donnons ce catalogue de recettes, c'est à destination des spécialistes de la macrofaune du sol au cas où ils y trouveraient quelque idée pour l'élaboration d'une nouvelle méthodologie d'extraction des *Lombricus L.*!

Dans le même article sont toutefois signalés quelques usages positifs des vers de terre tels que leur utilisation dans certains médicaments, leur rôle d'aliment chez certains peuples de l'Inde, et, bien sur, leur participation majeure à la pêche à la ligne. Ceci est à rajouter à la liste des bienfaits pour l'humanité déjà évoqués par Darwin.

CONCLUSION

Les petites causes peuvent produire des grands effets et d'une observation banale peuvent sortir des grandes théories. Comment définir mieux ici, et l'objet de la recherche et le savant qui s'en charge ? Darwin aura été capable, à partir de l'observation de simples turricules de vers de terre dans un jar-

din, d'ouvrir, ou de se poser en précurseur, de champs scientifiques immenses tels que : une analyse quantitative de l'érosion, la pédogenèse, le fonctionnement biologique des sols, l'archéologie pédologique, le comportement animal (ces deux derniers aspects non développés ici).

Mais Darwin est aussi singulièrement d'actualité, non seulement pour l'importance que l'on accorde maintenant à la faune du sol dans les grands cycles biogéochimiques, mais aussi par la méthode qu'il nous présente. Celle-ci n'est autre qu'une approche d'écologie «fonctionnelle» et «quantitative». Il y a 120 ans, Darwin n'utilisait pas les mêmes termes, mais les concepts étaient eux déjà présents.

BIBLIOGRAPHIE

- Agricola (= Bauer) G., 1549 - *De Animantibus Subterraneis Liber*. Basileae (=Basel). Frobenium et Epicopium. 79+(8)+(18)+(3)+(1) pp. [Autre édition 1558: *De Ortu et Causis Subterraneorum*]. (Cité par Kevan, 1985).
- Boulaine J., 1989 - *Histoire des pédologues et de la science des sols*. Inra Editions, Paris, 285 p.
- Chadwick L.C., Bradley, K., 1948 - An experimental study of the effects of certain earthworms on crop production. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 51, pp. 552-562.
- Darwin Ch., 1837 - On the formation of mould. *Proc. Geol. Soc.*, 2: 274-276
- Darwin Ch., 1840 - On the formation of mould. *Trans. Geol. Soc. London*, II, Ser., 5 (III). pp. 505-509 (Cité par Graff, 1983).
- Darwin Ch., 1844 - On the origin of mould. *Gardeners Chronicle and Agricultural Gazette*, 14: 218 (Cité par Graff, 1983).
- Darwin Ch., 1881 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. Murray ed., London, 298 pp.
- Darwin Ch., 1882 - Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale. Traduit de l'anglais par M. Levêque. Préface de M. Edmond Perrier. C. Reinwald Libr.-Ed., Paris, XXVIII + 264 pp.
- Darwin Ch., 1897 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. Murray ed. (13^e thousands), London, 328 pp.
- Darwin Ch., 1945 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. With an Introduction by Sir Albert Howard. Faber and Faber eds., London, 153 pp.
- Darwin F., 1888 - Vie et correspondance de Charles Darwin. Traduction par H. C. de Varigny, C. 2 vol., Reinwald Libr.-Ed., Paris, 701, 791 pp.,
- De Montegre A.F.J., 1815 - Observations sur les lombrics ou vers de terre. *Mém. Museum. Hist. Nat.*, 1. pp. 242-252, Paris (Cité par Graff, 1983).
- Edwards C.A. & Bohlen P.J., 1996 - *Biology and ecology of earthworms*, 3^e édition. Chapman and Hall, London.
- Ghilarov M.S., 1983 - Darwin's Formation of Vegetable Mould -its philosophical basis. Chapter 1, pp. 1-4. In " *Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture* ". J.E. Satchell Ed., Chapman and Hall, London.
- Graff O., 1983 - Darwin on earthworms - the contemporary background and what the critics thought. Chapter 2, pp. 5-18. In " *Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture* ". J.E. Satchell Ed., Chapman and Hall, London.
- Hensen V., 1877 - Die thätigkeit des regenwurms (*Lumbricus terrestris* L.) für die fruchtbarkeit des erdbodens. *Z. Wiss., Zool.* B 28, pp. 354-364.
- Hensen V., 1882 - Über die fruchtbarkeit des erdbodens in ihrer abhângigkeit von den leistung der in der erdrinde lebenden wûrmer. *Landw. Jahrb.* 11, pp. 661-698.
- Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M., 1994 - Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, pp. 373-386.
- Kevan D.K. McE., 1985 - *Soil Zoology, Then and Now - Mostly Then*. *Quaestiones Entomologicae* 21(4), pp. 371.7-472.
- King (cité par Darwin 1897, sans référence).
- Krûnitz J.G., 1812 - *Ökonomisch-technologische Encyclopädie*. See " *Regenwurm* ", 121, Berlin (Cité par Graff, 1983)
- Lavelle P., Bignell D., Lepage M., Wolters M., Roger P., Ineson P., Heal O.W. & Ghillion S., 1997 - Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 35, pp. 159-193.
- Rozier, l'Abbé, 1781-1805 - *Cours complet d'agriculture théorique, pratique, économique et de médecine rurale et vétérinaire*. 12 tomes, Rue et Hôtel Serpente, Paris.
- Satchell J.E. (Ed.), 1983 - *Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture*. Chapman and Hall, London.
- White G., 1789 - *The natural history of Selborne*. Benjamin White, London.
- Yarilov A.A., 1936 - Charles Darwin - the founder of soil science. *Pochvovednie* 4, pp. 17-23 (cité par Ghilarov, 1983).

