

M. B. BOUCHE, *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 23, 107-116, 1974.

PESTICIDES ET LOMBRICIENS : PROBLÈMES MÉTHODOLOGIQUES ET ÉCONOMIQUES

par M. B. BOUCHE

RÉSUMÉ

Sous nos climats, trois biomasses dominent nos milieux : les plantes qui fixent l'énergie « biochimique », les microorganismes qui en dégradent la majeure partie et les lombriciens qui accélèrent et optimisent ces processus. Les lombriciens (2 tonnes/hectare = 300 kg poids sec) ont pour fonction essentielle d'assurer, par un labour, des conditions tropho-hydro-thermo-aéro-biologiques optimales dans les sols. Les essais aux champs de pesticides ignorent très généralement ce paramètre essentiel, ce qui, en toute rigueur, les rend ininterprétables et ce qui illustre l'inadéquation méthodologique de tels essais pour des objectifs agronomiques : les « conclusions » économiques dans le court et le moyen terme peuvent être faussées et même aller franchement à l'encontre du but visé. Du fait du faible pouvoir recolonisateur des lombriciens, des dommages irréversibles, résultant de l'emploi actuellement aveugle de pesticides, engagent vers des agrotechniques coûteuses et fragiles. La quasi-absence des recherches sur le rôle agronomique des lombriciens et sur la méthodologie d'essais aux champs explique la situation inextricable et économiquement inquiétante dans laquelle nous nous trouvons : bien des accidents, attribués à d'autres causes, pourraient trouver leur origine dans des faits masqués par ces méconnaissances.

I - INTRODUCTION

C'est en Béotien que j'aborde ici les problèmes relatifs aux pesticides. Je dois en effet me consacrer à des activités couvrant les recherches fondamentales, appliquées et de développements, ayant trait aux vers de terre. Ces animaux étant présents pratiquement dans tous les milieux agronomiques, mais n'ayant fait en France, jusqu'à un passé récent, l'objet d'aucune recherche conséquente au terrain et les connaissances acquises à l'étranger étant très fragmentaires, il m'est physiquement impossible de me consacrer à des travaux sur les pesticides.

Je saisis donc l'occasion de cette conférence pour informer brièvement sur l'importance agronomique des lombriciens et pour confronter mon point de vue avec celui de spécialistes des problèmes

phytosanitaires. Mes propos, étant exogènes à votre société, seront probablement hétérodoxes ; je les exprimerai cependant sans ambages souhaitant être clair et concis afin d'ouvrir un dialogue.

L'étude de l'influence des traitements phytosanitaires sur les lombriciens n'est effectuée qu'incidemment par des observations accidentelles. On ne peut pas dire qu'il y ait de ce point de vue une recherche sur le sujet, aucun plan coordonné, aucune méthode générale n'étant élaborés. Il est donc inutile d'effectuer ici une compilation de ce que l'on croit savoir sur la question, ce serait même fausser l'analyse du sujet que de partir de cas particuliers aléatoires ne représentant peut-être qu'un pour cent d'une réalité agronomique (voir EDWARDS, 1965 ; EDWARDS et LOFTY, 1969).

Force m'est donc, devant cette carence d'informations cohérentes, de me placer sur un plan très général. Pour être concret, j'illustrerai mon propos par quelques exemples mettant en cause certains produits ; que l'on ne s'y trompe pas, c'est pratiquement le hasard qui a motivé leur étude... les substances non citées peuvent posséder des propriétés analogues.

Je présenterai d'abord en termes très schématiques la position des lombriciens dans les milieux ruraux, puis j'envisagerai la méthode « classique » des essais de pesticides. J'introduirai ensuite dans ce système de référence les lombriciens en montrant les conséquences méthodologiques, puis phytosanitaires, puis plus généralement agronomiques. Je donnerai à ce niveau le minimum d'informations complémentaires sur les fonctions des lombriciens. J'achèverai en brossant la situation de nos méconnaissances, les étapes à parcourir pour atteindre à une véritable prise en compte du facteur « vers de terre » dans nos décisions économiques.

II - LES LOMBRICIENS DANS LES MILIEUX RURAUX

Normalement, il y a dans nos champs, prairies et forêts 3 masses vivantes dominantes. Les plantes vertes (10 t/ha en poids sec) fixent l'énergie et synthétisent des macromolécules organiques ; les lombriciens (300 kg/ha en poids sec) transfèrent et mélangent au sol 70 p. cent des tissus végétaux en créant les conditions hydro-thermo-aéro-trophiques du développement des microorganismes (300 kg/ha en poids sec) : les microorganismes décomposent les macromolécules et permettent ainsi le cycle des éléments biogènes (N, P, K, S, etc.). Sur ce système fondamental, agissent différents éléments régulateurs ou perturbateurs, dont nous faisons partie, et dont certains nous intéressent particulièrement (le bétail). Les lombriciens occupent à peu près tous les sols et concernent donc presque toutes nos spéculations agronomiques.

Que font-ils dans ces milieux ? Cela varie d'une espèce à l'autre, mais dans un milieu normalement équilibré, la proportion des

« fonctions » remplies par les différentes espèces cohabitantes reste à peu près la même, ce qui autorise à considérer globalement les lombriciens. En gros, ces animaux assurent un labour mais ce labour diffère sensiblement du retournement mécanique que nous pratiquons. En effet les vers de terre répartissent verticalement leur activité de façon proportionnelle à la vie du sol ; maximale en surface, elle décroît graduellement jusqu'à 1 à 2 m et parfois 6 m de profondeur ; il n'y a ni sole de labour, ni opposition sol meuble et sous-sol. Les lombriciens respectent les plantes vivantes : ils ne désherbent donc pas et ne préparent pas les semailles. Les vers de terre travaillent sur une longue période de l'année, variable suivant les climats, de l'ordre de 6 à 9 mois ; leur labour est graduel et ses effets sont constants et concomitants avec la végétation : point d'aération intempestive suivie d'asphyxie croissante. Leur travail mécanique se fait à l'échelle de la vie du sol ; ils brassent intimement les diverses souches de microorganismes avec les minéraux et la matière organique du sol. Dans leur système de terrier profond, la vie racinaire et microbienne, à l'abri des sécheresses et froid de la surface du sol mais au contact de l'aération et des apports organiques des galeries, est florissante. De toutes premières estimations, obtenues dans notre équipe (T. BHATNAGAR), montrent par exemple que les germes fixateurs d'azote aérobie sont 100 fois plus nombreux dans la lumbricosphère des galeries que dans le sol moyen (lui-même modifié par les vers). Par microorganismes interposés, les lombriciens influent fortement les processus d'humification-minéralisation (MULLER, 1878 ; BOUCHÉ, 1972 a). Le labour par les vers disperse dans le profil les divers éléments du sol (1.000 tonnes de terre sèche par an ?) et remonte en surface de 10 à 200 t p.s./ha de particules fines qui réduisent le lessivage des éléments fertilisants et peu à peu enfouissent les cailloux : les lombriciens jouent un rôle essentiel dans la pédogenèse.

Toutes ces actions ont des conséquences agronomiques et économiques considérables qu'il est impossible d'analyser ici (voir BOUCHÉ, 1972, chap. ix et x ; 1971, F.L.-III), mais qui devraient logiquement rentrer dans le bilan économique de toute agrotechnique.

III - LES ESSAIS DE PESTICIDES : LE SYSTÈME D'INTERPRÉTATION

Aucun essai de laboratoire ne porte, à ma connaissance, sur les lombriciens ; par contre, tous les essais de terrains interfèrent avec les trois biomasses essentielles décrites ci-dessus (plantes, lombriciens, microorganismes).

En pratique, si j'ai bien compris, on établit au champ un dispositif recevant sur certaines parcelles le produit, tandis que d'autres servent de témoin. On procède ensuite à la comparaison témoin/traité sur un nombre limité de paramètres choisis. Ce choix porte sur le fléau

en cause et sur les variations du rendement de la spéculation agronomique servant de support. Parfois, on regarde un peu en dehors de ce schéma pour voir s'il n'y a pas d'effets qualifiés alors de secondaires. Effets pesticides et incidences sur le rendement sont étudiés normalement dans un laps de temps inférieur à l'année, ce que je qualifierai ici de court terme.

IV - LES LOMBRICIENS DANS LE SYSTÈME D'ESSAIS ; CONSÉQUENCES MÉTHODOLOGIQUES

Considérons maintenant un fait général : les essais aux champs sont réalisés en présence de lombriciens. Pour simplifier, admettons deux effets possibles : les lombriciens sont détruits par le pesticide ou, au contraire, s'en accommodent (évidemment, bien d'autres hypothèses sont également possibles).

Dans le cas où les lombriciens s'accoutument des substances phytosanitaires, ils peuvent métaboliser et concentrer les pesticides accumulés dans le sol. DAVIS (1968) montre une accumulation de DDT et de ses dérivés directs dans les tissus des vers de terre (1,7 fois par rapport au sol). Les une à deux tonnes de chairs fraîches à l'hectare que constituent les lombriciens sont ainsi une étape de concentration des pesticides intervenant dans de nombreuses chaînes trophiques, touchant notamment mammifères et oiseaux.

Considérons maintenant le cas d'un produit détruisant les lombriciens ; cet effet géodrilicide entraîne une décomposition massive et très rapide (quelques jours) d'une biomasse qui libère dans le milieu de nombreuses substances biogènes. Par exemple, 1 tonne/poids humide/ha de lombriciens, contenant 86 p. cent d'eau et 10 p. cent du poids sec d'azote (BOUCHÉ, 1967), représente 14 kg/ha de cet élément. Évidemment, dans un essai, cette libération d'éléments apporte un coup de fouet favorable au rendement, mais les processus sont complexes (BACHELIER, 1973). Néanmoins, ces effets peuvent être contrebalancés par la disparition de la phytostimulation des vers de terre ; par exemple, ATLAVINYTÉ et coll. (1968) ont constaté, dans des cultures en pots, des augmentations de rendement induites par des lombrics pouvant atteindre 200 et 300 p. cent (grains d'avoine), cet effet pouvant découler de l'accroissement spectaculaire de la vitamine B₁₂ (ATLAVINYTÉ et coll., 1971).

Nous disposons cependant d'une mesure directe au terrain de l'effet global des cadavres de vers de terre. DREIDAX (1931) a apporté 539 kg poids frais/ha de cadavres de vers de terre dans un blé d'hiver et a constaté un accroissement des rendements en grains de 15,3 p. cent : *la destruction des lombriciens peut donc entraîner une augmentation sensible des rendements.*

Dès lors, tout essai de pesticides peut, notamment, être interprété de ce point de vue et les augmentations constatées être attribuées à

cette destruction possible... mais jamais contrôlée : les conclusions économiques phytosanitaires d'essais aux champs sont donc suspectes. Il est en effet scientifique d'attribuer à une molécule complexe, lâchée dans un milieu complexe, une relation fonctionnelle simple. Réduire arbitrairement cette molécule à un rôle, ne considérer pratiquement que celui-ci et attribuer sans preuve les variations de rendements à la réduction du seul fléau considéré s'appuie sur deux axiomes injustifiés : un insecticide détruisant l'insecte X n'est pas qu'X-cide ; les variations de rendements peuvent résulter de très nombreux facteurs dans lesquels l'élimination de X (ou des lombriciens d'ailleurs) peut n'avoir aucun rôle déterminant. Aucune conclusion rigoureuse ne peut être tirée de semblables essais. Ce n'est même pas une augmentation des analyses de laboratoire, nous informant sur l'incidence directe du produit sur tel ou tel élément, qui nous garantira l'interprétation de tels essais : le traitement agit sur un système d'éléments interférants entre eux et non pas sur une somme d'éléments.

Ainsi, faute d'avoir forgé une procédure s'appuyant sur une critique logique et sur une connaissance des phénomènes se développant aux champs, toutes les manipulations sont possibles. Il doit être relativement facile de montrer dans le court terme une augmentation de rendement pour un pesticide ayant un effet « secondaire » semblable à une action géodrilicide !

Mille arguments peuvent expliquer l'utilisation généralisée de la méthode « quasi monofactorielle » d'essais aux champs, mais ceci ne retire pas le fait quelle est inadéquate à l'objet des études que l'on poursuit avec elle : il est certain que l'on ne s'en passera pas du jour au lendemain, mais il serait souhaitable d'accepter d'étudier les problèmes méthodologiques relatifs aux essais aux champs, sans en nier l'existence, afin de se doter d'outils plus convenables et, par là même, se mettre à l'abri des déboires qui croissent actuellement avec la puissance et la variété de nos interventions.

De ce point de vue, les vers de terre qui concernent l'ensemble du milieu (plante, sol, microorganismes) constituent un bon modèle pour percevoir les problèmes en cause. L'agronomie qui devrait être considérée comme l'écologie appliquée en milieux ruraux n'a pratiquement pas intégré les progrès accomplis par cette science. La méthodologie d'études aux champs semble avoir pratiquement stagné depuis l'introduction de l'outil statistique alors que la puissance des moyens a considérablement augmenté. Ce déséquilibre conduit notamment à une remise en cause continue des pesticides, ce qui ne peut être satisfaisant ni pour leur fabricant, ni pour les utilisateurs de pesticides, ni pour les consommateurs des produits de l'agriculture.

V - LOMBRICIENS HORS DU SYSTÈME D'INTERPRÉTATION : EFFETS A MOYEN ET LONG TERMES

Considérons d'abord les effets à moyen terme : ceux qui ne sont plus pris en compte dans les conclusions habituelles des essais de pesticides mais qui n'engagent pas l'évolution même du milieu considéré : ceux qui résultent de la disparition récente des lombriciens.

Sur le plan strictement phytosanitaire, la disparition des lombriciens semble avoir notamment deux impacts : favoriser le maintien des fléaux hivernant dans la litière qui n'est plus enfoncée dans le sol et créer des conditions de déséquilibre propre à favoriser certains ravages.

Prenons le cas particulier de la tavelure dans les vergers de pommiers. HIRST et coll. en 1961 remarquent que les vergers recevant de la bouillie bordelaise ont une géodrilofaune déficiente, une accumulation de feuilles mortes et de cuivre, symptômes inexistant dans les parcelles non traitées ayant des variétés de pommiers sensibles au cuivre. RAW (1962) étudie dans les sites témoins l'importance du rôle des lombriciens et démontre que *Lumbricus terrestris* L. enfouit 90 p. cent de la litière avant le printemps, alors que la population des vers de terre est potentiellement apte à consommer le double de cette litière. Le reliquat de 10 p. cent de feuilles non consommées est resté inexplicé jusqu'au travail de WRIGHT (1972) qui a montré un choix alimentaire en rapport avec la coriacité des feuilles mortes. Ainsi l'emploi d'un fongicide détruisant les vers de terre avait pour effet d'augmenter de 1.000 p. cent les feuilles mortes, principal support de l'inoculum au printemps suivant, alors que HIRST et STEDMANN (1962) avaient mis en évidence l'importance de cet inoculum initial dans la gravité de la maladie.

Ceci n'a pas empêché l'emploi de ce fongicide, ni permis de stimuler des travaux pour essayer de faire disparaître les 10 p. cent de feuilles restantes par des moyens rationnels, qui cependant existent, ni entraîné dans les protocoles d'études la prise en compte du facteur lombricien ! A telle enseigne que les fongicides de synthèse actuels semblent, pour la plupart, géodrilicides, ce qui n'empêche pas leur emploi de se généraliser, même en l'absence de preuve rigoureuse quant à leur intérêt économique ! KENNEL (1972) reprenant le problème de la tavelure avec cette nouvelle gamme de pesticides a montré que des traitements normaux permettaient d'augmenter la litière de surface de 7, 26, 36 et 39 fois respectivement pour le captane, le thiabendazole, le méthylthiophanate et le bénomyl ; cet auteur montre que l'enfouissement des brindilles jeunes, qui sont aussi source d'inoculum, n'était plus effectué par les lombriciens à partir de la plus petite dose essayée (1.200 g/ha de bénomyl).

L'action géodrilicide de ces fongicides modernes a été confirmée et complétée par les travaux de STRINGER et WRIGHT (1973). Ainsi

l'usage de ces fongicides à court terme se traduit par un effet fongicole à moyen terme.

Ces produits fongicoles risquent de favoriser les champignons par bien d'autres voies. Par exemple, j'ai eu l'occasion d'observer à la suite d'un traitement géodrilicide un développement abondant de thallophytes chlorophylliens consécutif à l'humidité des pluies printanières stagnantes par absence du microdrainage des lombriciens. Ceci ne s'observe pas dans les parcelles témoins. On peut s'inquiéter de telles conséquences picoclimatiques par exemple vis-à-vis du développement, favorisé par l'humidité, des verses de céréales à *Cercospora*.

Les effets à long terme, que j'évoquerai maintenant, sont ceux qui reviennent à modifier de façon profonde et continue le milieu. La destruction des vers de terre entraîne un « retour en arrière » vers les milieux les plus pauvres. Ce phénomène est d'autant plus grave que les lombriciens ont un faible pouvoir colonisateur (quelques mètres par an) et une multiplication très modeste. Cette action cumulative est lente et ne touche d'abord que quelques éléments du milieu. VAN DE WESTERLINGH (1972), dans une étude pédologique précise et quantitative, a bien montré les premières étapes de la dégénération du sol après l'élimination des lombriciens de vergers enherbés : d'abord accumulation de matière organique en surface, puis dégradation couplée de la structure et de la bioporosité du sol superficiel le plus exposé (0-20 cm), enfin limitation en profondeur des systèmes racinaires des plantes herbacées, sans que cela affecte celle des arbres (qui sont sous la zone dégradée pendant la période considérée). J'ai pu noter des phénomènes parallèles dans un verger labouré, établi sur sol limoneux où les actions destructuratrices (roues des machines agricoles, pluies, etc.) ne sont plus compensées par le travail aérateur et ameublissant des vers... il a fallu se résoudre à passer la sous-soleuse dans un verger, opération choquante si l'on songe aux pourridés.

Cette élimination conduit donc à une évolution des milieux vers leur appauvrissement ; cette évolution peut être évidemment compensée par des interventions agronomiques, ce qui est généralement fait sans conscience des causes qui entraînent leur nécessité et leur coût. Néanmoins leur prix peut devenir tel qu'il peut entraver certaines spéculations agronomiques. Ainsi en est-il de certaines exploitations arboricoles du Valais qui doivent renoncer au labour en raison de la pénurie de main-d'œuvre, mais ne peuvent plus compter sur les bienfaits de l'enherbement, les lombriciens détruits depuis longtemps n'assurant plus leur labour biologique.

Il y a une disparité choquante entre les travaux qui tendent à promouvoir l'introduction de lombriciens dans les sols où ils font défaut, par exemple les travaux de VAN RHEE (1970) qui montrent la stimulation de la végétation des pommiers en polder inoculé par des

lombriciens, et l'insouciance avec laquelle on les élimine par ailleurs des sols où ils contribuent à notre richesse.

VI - PROBLÈMES EN CAUSE

Que l'on m'entende bien. Je conçois que l'on choisisse, dans un contexte technico-économique donné, de détruire les vers de terre. Encore faut-il le faire en connaissance de cause et sans s'engager dans une situation sans issue. Pour ce faire, il faut disposer d'une connaissance réelle des effets biologiques et économiques des substances dites « pesticides », soit pour éviter l'emploi de celles qui détruisent les lombriciens, ce qui déplace le problème sur celui des chaînes alimentaires, soit pour renoncer à l'emploi du traitement, son intérêt économique étant insuffisant, soit au contraire pour décider de sacrifier les lombriciens. Les deux dernières solutions exigent de connaître, dans une situation concrète, le rôle des lombriciens de façon quantitative afin de pouvoir le juger face aux problèmes phytosanitaires en cause. Hélas, la désaffection des études relatives aux vers de terre nous place la plupart du temps dans l'empirisme le plus élémentaire. Si par leur importance pondérale et assurément fonctionnelle les lombriciens constituent un paramètre essentiel (BOUCHÉ, 1972, chapitre IX et X), il est rare de trouver des quantifications satisfaisantes pour l'une des multiples facettes de leur activité.

Nous nous efforçons actuellement de combler cette lacune qui commande toute pratique agronomique tenant compte du paramètre lombricien. Si, grâce à un embryon d'équipe extemporanée, des progrès sensibles permettent de rendre ces recherches possibles grâce au développement de nouvelles techniques, il est certain que ce genre d'études ne peut s'inscrire que dans une perspective à long terme avec nos moyens actuels.

Faut-il pour autant attendre pour établir l'influence des pesticides sur les lombriciens ? pour tenter d'élaborer une méthode d'essais au champ qui ne défie ni la logique, ni l'écologie ? pour apprendre à utiliser les lombriciens dans la lutte phytosanitaire soit directement (assainissement hydrique, destruction de litières), soit indirectement (utilisation de leurs aptitudes pour disperser dans le sol des germes entomopathogènes ou fungivores en lutte biologique, etc.) ? pour corriger les conséquences de nos pratiques actuelles par des réintroduction ou, au moins, par une protection partielle en îlots-refuges ?

Il s'agit évidemment de problèmes considérables parce que fort peu abordés jusqu'à présent, mais leur caractère très général me semble justifier une prise en compte de leur existence... n'oublions pas que ces études concernent toutes les exploitations agricoles, herbagères ou forestières en touchant l'un des trois éléments vivants fondamentaux de nos milieux ruraux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 1973 — La lutte contre les maladies des céréales, 1, 1-357 ; 2, 361-437, éd. I.T.C.F., 8, rue Pdt Wilson, Paris.
- ATLAVINYTĖ O.P., BAGDONAVICIENĖ Z. et BUDAVICIENĖ I., 1968 — The effects of Lumbricidae on the barley crops in various soils. *Pedobiologia*, 8, 415-423.
- ATLAVINYTĖ O.P., DICULYTĖ Ya.A. et LUGANSKAS A., 1971 — Korreljativnyje sviasi mežu kolishestvom doždevykh shervej, mikroorganizmov i vitamino A, v poshve, udobsenej solemaj. Liet T.S.R. Moskslu akad. darbai, C ser., 3, 56, 43-56.
- BACHELIER G., 1968 — Etude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. 2 - Action des animaux morts et des acides aminés. Conclusions générales. Trav. doc. O.R.S.T.O.M., 30, 1-79.
- BOUCHÉ M.B., 1967 — Etablissement et comparaison de diverses bioquantités pour trois espèces de *Lumbricidae*. C.R. coll. dynamique de la biocénose du sol. « Progress in soil biology », North-Holland publ. co., Amsterdam, 595-600.
- BOUCHÉ M.B., 1971 — Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. In Pesson « La vie dans les sols », éd. Gauthier-Villars, 187-209.
- BOUCHÉ M.B., 1972 — Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ed. I.N.R.A. *Ann. zool. - écol. anim.*, numéro spécial 72 - 2, 1-671.
- BOUCHÉ M.B. 1972 a — Répartition des vers de terre appréciée par le rapport carbone-azote dans les types d'humus en France. In C.R. du IV^e Colloquium Pedobiologiae, Dijon, septembre 1970, éd. I.N.R.A., *Ann. zool. - écol. anim.*, 71-7, 481-492.
- BOUCHÉ M.B., F.L.-III — Premières estimations quantitatives des stations françaises du P.B.I. Coll. biologie du sol, Montpellier, 27 mai - 2 juin 1973 (sous presse).
- DAVIS B.N.K., 1968 — The soil macrofauna and organochlorine insecticide residues at twelve agricultural sites near Huntingdon. *Ann. appl. biol.*, 61, 29-45.
- DREIDAX L., 1931 — Untersuchungen über die Bedeutung der Regenwürmer für die Pflanzenbau. *Arch. Pflanzenbau*, 7, 413-467.
- EDWARDS C.A., 1965 — Effects of pesticide residue on soil invertebrates and plants. In « Ecology and industrial society », proc. V symposium brit. ecol. soc., ed. Blackwell, Oxford, 239-260.
- EDWARDS C.A. and LOFTY J.R., 1969 — The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. In J.G. Sheals « The soil eco-system » éd. Systematics assoc., n° 8, 237-247.
- KENNEL W., 1972 — Shadpitze als Objekte integrierte Pflanzenschutzmassnahmen im Obstbau. *Zeitschrift f. Pflanzkrank. u. Pflanzenschutz*, 7, 400-406.
- RHEE J.A. van, 1972 — The productivity of orchards in relation to earthworms activities. C.R. IV colloquium pedobiologiae. *Ann. zool. - écol. anim.*, n. s. 71 - 7, 101-105.
- MULLER P.E., 1889 — Recherches sur les formes naturelles de l'humus (trad. H. Grandeau). *Ann. sci. agron. franç. étrang.*, 1, 1-351.
- STRINGER A., et WRIGHT M.A., 1973 — The effect of benomyl and some related compounds on *Lumbricus terrestris* and other earthworms. *Pestic. sci.*, 4, 165-170.
- WESTERLING W. van de, 1972 — Deterioration of soil structure in worm free orchards soils. *Pedobiologia*, 12, 6-15.
- WRIGHT M.A., 1972 — Factors governing ingestion by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. with special reference to apple leaves. *Ann. appl. biol.*, 70, 175-188.

I.N.R.A. Station de recherches sur la faune du sol, 7 R. Sully, 21034 Dijon

Note reçue le 18 mars 1974.