

Publ 257

EXEMPLAIRE RÉSERVÉ

# **Fourth European Woodcock and Snipe Workshop**

## **Quatrième Symposium Européen sur la Bécasse et la Bécassine**

Proceedings of an International Symposium  
of the IWRB Woodcock and Snipe Research Group  
Saarbrücken, Germany  
6-8 April 1992

Edited by H. Kalchreuter  
European Wildlife Research Institute (EWI)

This Conference was convened by:  
The International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (IWRB)  
The International Council for Game and Wildlife Conservation (CIC)  
The European Wildlife Research Institute (EWI)

With additional financial support from:  
Working Group of the Western Palearctic – CIC Migratory Bird Commission  
International Game Foundation (IGF) of CIC  
Office National de la Chasse, France  
Club National de Bécassiers, France  
German Hunting Association (DJV)  
German Delegation of CIC

IWRB Publication 31 • 1994

Published by the International Waterfowl and Wetlands Research Bureau,  
Slimbridge, Gloucester, GL2 7BX, UK.

---

# Gestion des habitats nocturnes utilisés par la bécasse des bois

Philippe Granval

*Laboratoire de Zooécologie du sol (INRA), Centre Louis Emberger (CNRS), 1919, route de Mende, B.P. 5051, F-34033 Montpellier Cédex 1, France*

**ABSTRACT** Permanent grasslands, critical nocturnal habitat for woodcock, are disappearing at a rate of 160,000 ha/year. A review is presented concerning the impact of agricultural practices on earthworms. Since the woodcock is highly dependent on this prey, we proposed management practices that will favour earthworms. An experiment in Normandy demonstrates the benefit that such an approach yields for farmers and hunters.

**RÉSUMÉ** Les prairies permanentes, habitat nocturne préférentiellement recherché par les bécasses, diminuent annuellement de 160.000 ha avec des maximum de 5 à 7% de la surface agricole utile dans certains départements très fréquentés par l'oiseau. Une synthèse des effets des pratiques agricoles sur les peuplements lombriciens est présentée. La lombrico-dépendance de la bécasse clairement établie en France a conduit à esquisser une gestion rationnelle des vers de terre. Une expérience menée en Normandie montre les intérêts agronomiques et cynégétiques d'une telle approche.

## Introduction

La bécasse des bois est un oiseau migrateur, son aire de répartition (reproduction, hivernage) s'étend depuis les côtes atlantiques jusqu'au Japon, des pays scandinaves, à l'Afrique du Nord et à l'Asie du Sud. La France constitue une zone privilégiée d'hivernage et de nidification (1.321.000  $\pm$  2,6% individus tués en France, Fadat, 1989). D'octobre à mars, la bécasse utilise un habitat forestier le jour et les milieux ouverts la nuit.

Confrontés initialement à une contradiction entre la forte présomption de la consommation de lombriciens (moeurs crépusculaires et morphologie du bec) et les résultats de l'étude des contenus stomacaux de la bécasse révélant la quasi absence de restes de ces proies, nous avons repris la méthode d'étude et classé les facteurs de variation de ce régime, puis établi la distribution spatiale des activités trophiques de l'oiseau. Enfin sur la base de celle-ci nous avons quantifié la disponibilité en lombriciens du milieu (zone utilisée et non utilisée de l'habitat).

Constatant la lombrico-dépendance des bécasses, le but de ce travail est de présenter un état des connaissances de l'impact des pratiques agricoles sur les peuplements lombriciens et de définir des indices (végétation, analyses de sols) permettant de diagnostiquer le niveau des peuplements lombriciens dans les milieux utilisés par la bécasse. Cet outil de diagnostic est d'autant plus important que les habitats diurnes et nocturnes de la bécasse sont menacés: diminution des surfaces prairiales (-10% entre 1978 et 1988) et de la forêt linéaire (haies), enrésinement et artificialisation de la forêt. Pour terminer nous relaterons une expérience concluante sur l'utilisation agrotechnique des lombriciens en sols acides et hydromorphes. Ce système de production agricole s'avère être abondamment utilisé par la faune sauvage et en particulier la nuit par les bécasses.

## 1. Régime alimentaire de la bécasse

### 1.1 Méthode

La quantification des lombriciens dans les contenus stomacaux de leurs prédateurs repose sur le dénombrement des soies, seules fractions résistantes à la digestion avec les cuticules de gésier. Les soies ayant une fonction locomotrice d'accrochage sont présentes sur tout le corps, pour la très grande majorité des espèces en Europe au nombre de huit soies par segment. Pour obtenir la biomasse ou le nombre de lombriciens consommés, il faut définir un nombre moyen de segments d'un individu représentatif d'un peuplement lombricien banal. Bouché et Gardner (1984) donnent 130 segments/individu de 575 mg pphc (poids tube digestif plein, humide, calculé) et 4,42 mg par segment. Un tel calcul donne une valeur à environ 30% près pour les nombres. En l'absence de connaissances suffisantes sur les choix alimentaires de la bécasse, la biomasse pphc est estimé à 0,6 mg par soie observée et un individu pour 966 soies (Bouché *et al.* 1984). L'identification des espèces à partir des soies n'est pas présentement possible (Granval, 1984). J'ai prélevé 69 contenus stomacaux dès la mort des bécasses afin de quantifier l'importance de la digestion postmortem et la possibilité d'identifier les espèces lombriciennes.

Le régime alimentaire diurne de la bécasse des bois a été étudié à partir de l'analyse de 315 contenus stomacaux prélevés 3 à 4 heures après la mort des oiseaux et 69 contenus stomacaux prélevés dès la mort des oiseaux.

### 1.2 Résultats

Les lombriciens constituent la base de l'alimentation: fréquence d'occurrence 98,6%, fréquence relative 52,5% et 87,7% de l'énergie apportée. L'étude de quelques contenus stomacaux prélevés la nuit donne des résultats similaires. La fréquence d'occurrence et la fréquence relative donnent une image biaisée du régime alimentaire. Des facteurs correctifs sont proposés pour tenir compte de la digestion différentielle et des biomasses différentes des proies.

## 2. Disponibilités en lombriciens dans les habitats diurnes et nocturnes utilisés ou non par la bécasse

Etant donné l'importance du milieu fréquenté sur le régime alimentaire, j'ai quantifié les disponibilités en lombriciens (proie principale) dans les milieux diurnes et nocturnes fréquentés ou non par la bécasse afin de mieux comprendre les regroupements nocturnes des bécasses sur les milieux prairiaux.

### 2.1 Méthode

Les lombriciens ont été quantifié par la méthode étho-physique de Bouché et Aliaga, 1986 (arrosage au formol, puis bêchage et lavage-tamissage d'échantillon de sols prélevés sur 20 cm de profondeur). Les lombriciens ont été échantillonné en forêt de Fréau dans les trois types de sites.

Des comptages au phare sur au moins deux années ont permis de distinguer les milieux régulièrement fréquentés ( $n = 27$  prélèvements de  $0.5 \text{ m}^2$ ) composés à 80% de prairies permanentes pâturées des milieux non fréquentés ( $n = 27$  prélèvements de  $0.5 \text{ m}^2$ ) composés de terres labourées depuis au moins 10 ans.

## 2.2 Résultats

### Habitat diurne: milieux forestiers

Les trois types de sites forestiers (Bretagne) ont des biomasses distinctes:

1. les fonds de vallées qui sont des sites d'alimentation où la biomasse lombricienne est très accessible en raison de l'humidité quasi permanente (380 kg/ha  $\pm$ 100),
2. les plateaux et les flancs de coteaux, utilisés comme site de repos, très pauvres en lombriciens (16 kg/ha  $\pm$ 15),
3. les sites non fréquentés par la bécasse, (109 kg/ha  $\pm$ 150).

### Habitat nocturne: milieux ouverts

Les milieux fréquentés la nuit par la bécasse dans l'ouest de la France, composés à 80% de prairies permanentes pâturées sont six fois plus riches en lombriciens (1403 kg/ha  $\pm$ 797) que les milieux cultivés non fréquentés (230 kg/ha  $\pm$ 355). Si l'on considère maintenant ces acquis d'une part, et le comportement de la bécasse d'autre part, l'habitat de la bécasse ne doit pas uniquement s'envisager sous l'aspect forestier. En forêts bretonnes, les faibles biomasses observées d'une part et déduites des types d'humus d'autre part expliquent que les bécasses quittent au crépuscule les milieux forestiers.

La présence de prairies pâturées et le climat doux et humide favorisant l'accessibilité des lombriciens sont les facteurs explicatifs des fortes densités de bécasses observées.

## 3. Influence des pratiques agricoles sur les biomasses lombriciennes

Les biomasses lombriciennes observées varient suivant les régions agricoles. Une enquête auprès des agriculteurs a permis de classer les parcelles échantillonnées en quatre grands types d'agriculture: 1 – céréaliculture (38 kg/ha  $\pm$ 50), 2 – polyculture – élevage (700 kg/ha  $\pm$ 409), 3 – élevage sur prairies permanentes peu fertilisée et pâturage libre (900 kg/ha  $\pm$ 527), 4 – élevage sur prairies permanentes fertilisée et pâturage tournant (2200 kg/ha  $\pm$ 645).

### 3.1 Influence du pâturage

L'influence du pâturage et de l'apport de fertilisants a été testé en comparant deux parcelles ayant reçu des itinéraires techniques annuel identiques pendant 15 ans. L'analyse indique un doublement de la biomasse lombricienne (1940 kg/ha  $\pm$ 680) de la parcelle pâturée et recevant 50N 80P 80K de plus que la parcelle fauchée. Les apports de fertilisants et le pâturage favorisent les peuplements lombriciens. Le pâturage favorise l'accessibilité de cette biomasse en maintenant une végétation rase (Granval *et al.*, en prep.). Une rapide analyse au niveau national confirme que le pâturage favorise les peuplements lombriciens. De plus, la valeur pastorale apparaît comme très corrélée avec la biomasse lombricienne ( $R = 0.88$ ) d'où un moyen d'estimer indirectement les peuplements de vers de terre par l'analyse de la végétation (Tableau 1).

### 3.2 Impact du travail du sol (Figure 1, Tableau 2)

La mise en culture entraîne une réduction des peuplements lombriciens, imputable à trois facteurs principaux: le travail du sol, certains traitements phytosanitaires et le changement quantitatif de la nourriture issue des plantes cultivées et adventices. J'ai comparé l'effet du travail du sol sur les peuplements lombriciens soumis à trois itinéraires techniques (labour, demi-labour, semis direct) sur des parcelles recevant les mêmes traitements phytosanitaires, dans deux essais (rotation blé-maïs) mis en

Gestion des habitats nocturnes utilisés par la bécasse des bois

	Peuplement lombricien						Témoïn	Méthode d'extraction	Durée de l'expérience	Différence de rendement		
	Labour Profond		Labour		Demi Labour						Semis Direct	
	Nb	Bio	Nb	Bio	Nb	Bio					Nb	Bio
Schwerdtle, 1969			42		87		225		MMNO <sub>4</sub>			
Barnes et Ellis, 1979			100		200		400		Ethophysique	1-5 ans Augmentation progressive des populations en semis direct		
Gerard et Hay, 1979												
1	29		33		21		37		Formol	2 ans		
2	54		90		73		114		Formol	6 ans		
$\bar{x}$		320		420		410		880		510	Pas de différences de rendement imputables aux lombriciens	
Edwards et Loity, 1982												
1			55				75		Formol			
2			6		15		20		Formol	5-9 ans		
3			2		9		9		Formol			
Hennuy <i>et al.</i> , 1983			293		496		872		Ethophysique	14 ans Pas de différences notables de rendements sauf en betteraves (Frankinet <i>et al.</i> , 1983)		
House et Parmelee, 1985			212				914		Extraction manuelle sur 15 cm	18 ans		
Mackay et Kladviko, 1985												
1			8	31			16	44	470	918	Extraction manuelle sur 90 cm	18 ans
2			2	119			141	265		1298		
Nos résultats												
1			31 <sup>a</sup>		26 <sup>a</sup>		34 <sup>b</sup>		108 <sup>c</sup>	Ethophysique	16 ans Pas de différences significatives (Boisgontier, Barthélemy, 1988)	
2			36 <sup>a</sup>		28 <sup>a</sup>		71 <sup>b</sup>		222 <sup>c</sup>		Réduction de la production automnale des nitrates en semis direct	

<sup>a b c</sup> Les données avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

1, 2, 3 Correspondent à des essais différents

$\bar{x}$  Moyenne

**Tableau 1.**  
Effets des différents types  
de travail du sol sur les  
biomasses lombriciennes  
(en kg/ha).

Figure 1.  
Effet des agropiratiques sur  
les lombriciens.

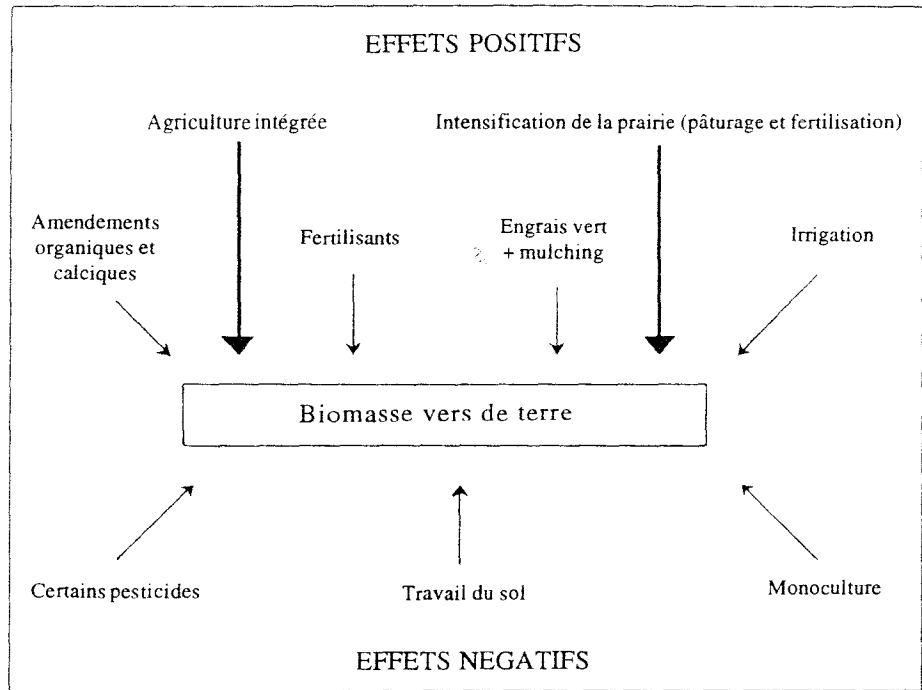


Tableau 2.  
Nombre de produits  
toxiques (en %) dans les  
différentes spécialités.

Spécialités	nombre de produits testés	% de toxique
Acaricides	48	46
Insecticides		
Nematicides		
Fongicides	8	75
Fumigants	5	100
Herbicides	37	16
Vermicides	4	100
Molluscides	3	75
Total	105	43

place par l'ITCF (Institut des céréales et des fourrages).

En moyenne, le peuplement lombricien observé en labour représente 56% du peuplement semis direct et seulement 18% du témoin prairial. Ces différences entre semis direct et labour ou demi-labour sont significatives à l'inverse de celles entre demi-labour et labour. Le peuplement lombricien observé en semis direct n'atteint que 30% du témoin prairial soulignant les effets négatifs que l'on attribue à certains traitements phytosanitaires et à la

nourriture. Les rendements en maïs et en blé mesurés par l'ITCF sont identiques dans les trois itinéraires.

### 3.3 Impact des autres agropiratiques sur les peuplements lombriciens

#### Fertilisation

De façon générale, les engrais inorganiques en favorisant la production végétale source de nourriture principale des lombriciens ont des effets plutôt bénéfiques à l'exception du sulfate d'ammoniac et des apports d'engrais azotés supérieurs à 200 unités/ha (Edwards et Lofty, 1972; Huhta *et al.* 1967; Lee, 1985). Le chaulage des sols acides augmente les biomasses lombriciennes (Huhta, 1979; Toutain *et al.* 1987).

Les apports de matières organiques sont généralement favorables (Curry, 1976; Cotton et Curry, 1980a, 1980b). Toutefois, la teneur en cuivre des apports de lisiers de porcs doit être surveiller.

### Les biocides

Parmi les différents produits utilisés, on peut dire que les herbicides sont très peu toxiques. Par contre, ils ont un effet indirect en réduisant la nourriture disponible. Les composés organochlorés et les carbamates sont très nocifs aux lombriciens.

On peut espérer une toxicité moindre des nouveaux produits. L'essentiel pour l'agriculteur soucieux de conserver un haut niveau de fertilité biologique à ses sols est de pouvoir disposer de quelques produits non dangereux dans chaque spécialité: fongicides, insecticides (brochure ITCF, Taupin, 1991), herbicides.

### Les productions végétales

Les cultures pérennes (prairies de longue durée, luzerne, trèfle violet, ...) et les céréales sont favorables au développement des biomasses lombriciennes. A l'opposé les betteraves, le lin fournissant peu de restitutions organiques sont moins favorables aux lombriciens.

### Effets négatifs des lombriciens

Les lombriciens par leurs dépôts de fèces en surface (turricules) peuvent contribuer à l'érosion des sols en pente. Sharpley *et al.* 1979 ont confirmé ce point de vue en montrant qu'un sol dans lequel les vers de terre avaient été tués, avait un taux d'infiltration 3 fois inférieur à celui d'un sol témoin, un ruissellement 2 fois supérieur (1650 contre 3210 tonnes/ha) et une perte en sédiments moins importante (290 contre 1120 kg/ha).

Des prédateurs spécialisés de lombriciens comme la taupe et le sanglier peuvent occasionner des dégâts ponctuels. Des moyens de prévention (clôture électrique) existent pour réduire les dégâts occasionnés par le sanglier. La bonne conduite des prairies permanentes (pâturage tournant, fauche des refus) diminue notablement la présence des taupes.

Hoogerkamp (1984) a constaté que des sols de polders où ont été introduits des lombriciens sont moins portants en période de pluie que des sols sans lombriciens.

### 3.4 Gestion des peuplements lombriciens

La réduction du travail du sol ne peut s'envisager que si on développe une certaine activité lombricienne. Des réductions de coûts des cultures sont à attendre du développement des peuplements lombriciens. Boigontier *et al.* 1988 ont montré l'intérêt économique de la réduction du travail du sol en grandes cultures. Des économies sur le poste budgétaire des engrais peut s'envisager en présence d'une forte activité lombricienne comme l'ont suggéré MacKay *et al.* (1983) pour le phosphore. Les lombriciens peuvent engendrer des économies d'engrais azotés de différentes manières: 1-en diminuant le lessivage des nitrates (Kanwar *et al.*, 1985), 2-en favorisant l'activité des bactéries fixatrices d'azote, 3-en favorisant la croissance racinaire. L'intérêt économique des lombriciens ayant été illustré, la gestion des peuplements lombriciens devient une urgente nécessité.

La première étape de cette gestion est d'éviter les destructions intempestives de lombriciens par un travail du sol trop profond et trop répété, un mauvais choix de pesticides. La deuxième étape de cette gestion est de favoriser l'activité de ces travailleurs difficilement remplaçables par les machines trop coûteuses. De la Figure 1 se dégage une conduite à tenir au niveau de l'exploitation et des différentes parcelles. Il s'en suivra des bénéfices non négligeables au niveau économique et organisation du travail (réduction du travail du sol). De cette Figure 1, on peut également déduire une estimation de la quantité de lombriciens par parcelle en connaissant les pratiques agricoles appliquées.

En milieu forestier, la biomasse lombricienne est très variable et est dépendante de la qualité de la litière (Muys *et al.*, 1992). Toutefois, le pH, le rapport carbone azote du sol et le type d'humus sont des bioindicateurs facilement utilisables pour l'estimation

des peuplements lombriciens (Bouché, 1972). En effet, une régression multiple a donné l'équation suivante pour l'estimation de la biomasse lombricenne avec  $y = 316 * pH - 6,8 * C/N - 1013$  ( $R = 0,87$ ),  $n = 38$  sites.

Constatant leurs effets bénéfiques sur la réduction des intrants et la production végétale (Stockdill, 1966; 1982), les néozélandais ont un programme d'introduction de lombriciens européens dans les prairies obtenues après déforestation. Une machine a même été construite pour généraliser les introductions dans les différentes régions de ce pays dans l'ouest de la France.

### 3.5 Utilisation agrotechnique des lombriciens en sols hydromorphes

Dans l'ouest de la France, en hivernage, la bécasse utilise la nuit les prairies pâturées riches en lombriciens (Granval, 1988). Or ces milieux disparaissent (rythme annuel de 160.000 ha dans l'ensemble de la France) au profit des milieux cultivés où les biomasses lombriciennes sont faibles consécutivement à l'action géodrilicide de certains pesticides et au travail du sol. Cette mutation de l'agriculture entraîne un risque de diminution des capacités d'accueil des habitats ouverts favorables à la bécasse. Toutefois, les expériences conduites au domaine du Vieux Pin (INRA, Orne) montrent que l'on peut concilier une agriculture productive et des biomasses lombriciennes importantes utilisables par la bécasse.

Depuis 25 ans, Laissus (1985) a étudié l'amélioration de la production prairiale sur les sols acides, hydromorphes et peu profond du domaine (80 ha). La création de fossés de ceinture, l'apport de fertilisants (100N, 50P, 100K) et d'amendements calcaires et la gestion rationnelle du pâturage ont permis de doubler en vingt ans la production végétale et de nourrir 2,3 vaches à l'hectare. Les biomasses lombriciennes ont été multipliées par 2,55, elles s'élèvent maintenant à 2300 Kg/ha. Des recensements nocturnes au phare (Gossmann *et al.* 1988) ont permis de constater l'utilisation diurne et nocturne de ce site (80 ha) par de nombreux prédateurs de vers de terre. Les bécasses utilisent régulièrement ce site la nuit.

La rénovation des prairies dégradées et le semis du maïs se réalisent sans labour. A l'automne, les prairies dégradées sont désherbées (Glyphosate ou aminotriazole) et pendant l'hiver l'abondante litière morte est consommée par les lombriciens. A la fin de l'hiver, ces derniers ont entièrement consommé la litière et ont réalisé un travail du sol. Le lit de semence de la culture prairiale ou du maïs est obtenu avec un outil de type herse rotative ou rotavator. Les rendements observés avec cette nouvelle technique sont comparables aux méthodes traditionnelles faisant appel au labour. Cette nouvelle technique sans labour est plus économique (Laissus, 1985; Granval *et al.* sous presse) et permet de favoriser les lombriciens en milieu prairial et aussi dans les terrains cultivés. Les prédateurs de lombriciens dont la bécasse peuvent se nourrir plus facilement car la végétation est très rase dans les prairies pâturées ou en cours de disparition dans les parcelles destinées à un nouveau semis.

## Bibliographie

- Barnes, B. T. & F. B. Ellis (1979): Effects of different methods of cultivation and direct drilling and disposal of straw residues on populations of earthworms. *J. Soil Sci.*, 30: 669-679.
- Boisgontier, D.; Poret, S. & H. H. Truong (1988): Techniques de travail du sol: la recherche de l'économique. *Perspectives agricoles*, 129: 34-37.
- Bouché, M. B. (1972): Répartition des vers de terre appréciée par le rapport carbone-azote dans les types d'humus en France. In C. R. IV Colloquium Pedobiologiae Dijon, sept. 1970, éd. INRA, Ann. zool. - écol. anim., 71-7: 481-493.
- Bouché, M. B. & R. Aliaga (1986): Contre une dégradation physique et chimique des sols et pour leur optimisation économique, l'échantillonnage des lombriciens: une urgente nécessité. *La Défense des Végétaux*, 242: 30-36.



- Bouché, M. B. & R. H. Gardner (1984 a): Earthworm functions. VII. Population estimation techniques. *Rev. écol. biol. sol*, 21, 1, 37-63.
- Bouché, M. B.; Fayolle, L. & Ph. Richard (1984 b): Mesure de l'importance des lombriciens dans le régime alimentaire de leurs prédateurs. *Gibier, Faune sauvage*, 1: 57-71.
- Cotton, D. C. F. & J. P. Curry (1980 a): The effects of cattle and pig slurry fertilizers on earthworms (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) to high applications of pig slurry. *Pedobiologia*, 20, 3: 189-196.
- Cotton, D. C. F. & J. P. Curry (1980 b): The response of earthworm populations (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) to high applications of pig slurry. *Pedobiologia*, 20: 189-196.
- Curry, J. P. (1976): Some effects of animal manures on earthworms in grassland. *Pedobiologia*, 16, 5: 425-438.
- Edwards, C. A. & J. R. Lofty (1972): *Biology of earthworms*. Chapman and Hall Ltd, London, 1-283.
- Edwards, C. A. & J. R. Lofty (1982): The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. *J. Appl. Ecol.*, 19: 723-734.
- Fadat, Ch. (1989): *Ecologie de la Bécasse des bois (Scolopax rusticola L.) en hivernage en France: utilisation pour la gestion des ses populations*. Thèse d'Etat Montpellier.
- Frankinet, M.; Rixhon, L.; Crohain, A. & L. Grevy (1979): Labour, demi-labour ou semis direct en continu. Conséquences phytotechniques. *Bull. Rech. Argon. Gembloux*, 14, 1: 35-96.
- Gerard, B. M. & R. K. M. Hay (1979): The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system. *J. Agric. Sci., Camb.* 93: 147-155.
- Gossmann, F., Ferrand, Y., Loidon, Y. & G. Sardet (1988): Méthodes et résultats de baguages des bécasses des bois (*Scolopax rusticola*) en Bretagne. *Proc. 3rd Europ. Woodcock & Snipe Workshop. IWRB*: 34-41.
- Granval, Ph. (1984): Recherches préliminaires sur l'exploitation alimentaire du milieu par la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*). DEA Ecologie, Univ. Rennes, I: 1-43.
- Granval, Ph. (1988): Approche écologique de la gestion de l'espace rural: des besoins de la bécasse des bois (*Scolopax rusticola L.*) à la qualité des milieux. Thèse doct. Nouveau régime. Université Rennes I: 1-186.
- Granval, Ph.; Bouche, M. B. & D. Leconte (en prep.): Agricultural use of earthworms: polyculture-breeding system on hydromorphic soils. 4th. Int. Symp. on Earthworm Ecology, 11-15 June, 1990, Avignon.
- Hennuy, B.; W. van Ormeligen; Ch. Gaspar & M. Frankinet (1983): Labour, demilabour ou semis direct en continu: conséquences pédofauniques. *Bull. rech. agro. Bruxelles*.
- Hoogerkamp, M. (1984): Changes in productivity of grassland with ageing. Thesis Wageningen, 1984.
- House, G. J. & R. W. Parmelee (1985): Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil Tillage Res.*, 5: 531-360.
- Huhta, V. (1979): Effects of liming and deciduous litter on earthworm (*Lumbricidae*) populations of a spruce forest, with an inoculation experiment on *Allolobophora caliginosa*. *Pedobiologia*, 19: 340-345.
- Huhta, V.; Nurminen, M & A. Valpas (1967): Further notes on the effect of silvicultural practices upon the fauna of Coniferus forest soil. *Ann. zool. Fennici*, 6: 327-334.
- Kanwar, R. S.; Baker, J. L. & J. M. Laflen (1985): Nitrate movement through the soil profile in relation to tillage system and fertilizer application method. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 28: 1731-1735.
- Laissus, R. (1985): Resemis des prairies permanentes sans labour préalable, après emploi de désherbants totaux à l'automne, favorisant l'action des lombrics pendant l'hiver, sur la structure du sol. *C. R. Acad. agric. de France*, 71, 3: 229-240.
- Lee, K. E. (1985): *Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press London, 1-411.

- Mackay, A. D.; Syers, J. A.; Springett, J. A. & P. E. H. Gregg (1983): Origin of the effect of earthworms on the availability of phosphorus in a phosphate rock. *Soil biol. biochem.*, 15, 1: 63-73.
- Mackay, A. D. & E. S. Kladviko (1985): Earthworms and rate of breakdown of soy beans and maize residues in soil. *Soil biol. biochem.* 17/6: 851-857.
- Muys, B.; Lust, N. & Ph. Granval (1992): Effects of grassland afforestation with different tree species on earthworm communities, litter decomposition and nutrient status. *Soil biol. biochem* 24/12: 1459-1466.
- Schwerdtle, F. (1969): Untersuchungen zur Populationsdichte von Regenwürmern bei herkömmlicher Bodenbearbeitung und bei 'Direktsaat'. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 76: 635-641.
- Sharpley, A. N. & J. K. Syers (1979): Seasonal variation in casting activity and in the amounts and release to solution of phosphorus forms in earthworm casts. *Soil biol. biochem.* 9, 227-231.
- Stockdill, S. M. J. (1966): Earthworms improving pasture growth. *New Zealand journal of Agriculture*, 98: 227-233.
- Stockdill, S. M. J. (1982): Effects of introduced earthworms on the productivity of New Zealand pastures. *Pedobiologia*, 24: 29-35.
- Taupin, P. (1990): Insecticides des céréales et des protéagineux. *ITCF*, 1-108.
- Toutain, F.; Diagne, A. & F. Le Tacon (1988): Possibilités de modification du type d'humus et d'amélioration de la fertilité des sols à moyen terme en hêtraie par apport d'éléments minéraux des fânes de hêtre (*Fagus sylvatica*) dans l'est de la France. *Annales des publications Forestières* 30 (1): 1-29.