

## MESURE DE L'IMPORTANCE DES LOMBRICIENS DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DE LEURS PRÉDATEURS ET EN PARTICULIER DE LA BÉCASSE (*SCOLOPAX RUSTICOLA* L.)

M.-B. BOUCHÉ

Laboratoire de zooécologie du sol, INRA, CEPE, BP 5051  
Route de Mende, 34033 MONTPELLIER

L. FAYOLLE, PH. RICHARD

INRA, Station de recherches sur la faune du sol  
7, rue Sully, 21000 DIJON

**MOTS CLÉS:** Lombriciens (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*), régime alimentaire, bécasse (*Scolopax rusticola* L.), méthode quantitative.

### RÉSUMÉ

*Une nouvelle méthode de quantification des lombriciens ingérés par des prédateurs est décrite: elle s'appuie sur l'isolement et le comptage des soies résistant à la digestion. Un premier dénombrement sur gésier de bécasse sans lombriciens observables normalement révèle l'omniprésence de cet aliment.*

### 1. INTRODUCTION

Les lombriciens constituent la première biomasse animale des terres émergées... environ 1 tonne/hectare en poids frais (de 0 à 4 t/ha) en milieux tempérés. Leur composition: teneur en eau, assez constante, est de 85% du poids vif; les protéines, riches en acides aminés rares comme la lysine (6,8% des acides aminés) ou méthionine (3%), représentent 72% du poids sec; les lipides (15% du poids sec) comprennent des acides gras très diversifiés, et les éléments minéraux (4 à 6% du poids sec) comme le calcium, le phosphore, l'iode font que cette masse, quantitativement importante, est également une nourriture de qualité.

Les prédateurs exploitant cette manne sont nombreux et divers, probablement beaucoup plus nombreux que nous ne le savons en raison des déficiences des techniques d'observation, auxquelles nous essayons

de remédier ici, mais aussi en raison du fait que les lombriciens ont des mœurs soit souterraines, soit, à la surface du sol, crépusculaires.

Les lombriciens se nourrissent de matière organique d'origine végétale, explorent les couches superficielles du sol où est déposé l'essentiel des produits végétaux (racines mortes, feuilles, exsudats, fèces d'herbivores, etc.). Pendant les périodes d'inactivité (principalement de sécheresse) les lombriciens disparaissent en surface en se réfugiant plus profondément ou en ne laissant que des formes de résistances (cocons).

Il semble que la prédation dans le sol soit relativement limitée du fait probablement des dépenses énergétiques nécessitées par la recherche des proies. Elle est toutefois classiquement bien connue pour de petits mammifères dans le sol (taupes) ou la litière (musaraigne) ou des invertébrés (larves et adultes de certains coléoptères Carabidae, sangsues, etc.). En fait les prédateurs vivant sur le sol ont souvent un pouvoir fouisseur très important et chassent également *dans* le sol, tel le sanglier (ASAHI, 1975), le porc (ROSE et WILLIAM, en prép.), le blaireau (BRADBURY, 1977; MOUCHES, 1981) ou les gallinacées tandis que d'autres savent pénétrer par les galeries des lombriciens elles-mêmes grâce à de longs becs (bécasse, bécassine, etc.). Quoique bénéficiant de l'abri du sol, les lombriciens sont en quelque sorte contraints de s'exposer à la prédation. Leur adaptation à cette situation s'observe notamment dans leur homochromie (= couleur semblable au milieu leur permettant un certain camouflage). On connaît, qualitativement nombre d'animaux parmi les mollusques, insectes, vertébrés, ..., qui se nourrissent de vers de terre au moins occasionnellement. Mais nous connaissons très mal la quantité ou même la proportion de ces lombriciens dans leur alimentation. Ceci résulte de plusieurs causes :

1. Les lombriciens ont une activité superficielle essentiellement nocturne et en conséquence, une partie de leurs prédateurs les recherche dans des conditions où l'observation directe n'est pas facile. Qui imaginerait que le renard s'alimente pour environ 20% de vers de terre! (MACDONALD D.W., 1983).

2. La technique la plus répandue d'appréciation des rations alimentaires est l'analyse des endentères (contenus d'estomacs, gésiers, jabots, intestins) ou des fèces pratiquée sur les éléments squelettiques résistant à la digestion (exosquelettes d'arthropodes ou endosquelettes de vertébrés) : les lombriciens perdent très vite leur intégrité dans l'endentère en raison de leur digestibilité et de la quasi absence de parties chitinisées. Ils ne sont donc pratiquement pas observés.

3. CUENDET (1979) a montré que le temps de séjour des lombriciens dans le gésier est beaucoup plus faible que celui du coléoptère *Tenebrio molitor*. Il y a donc des débits alimentaires différents en fonction de la digestibilité.

4. Les lombriciens sont digérés plus ou moins totalement après la mort de leur prédateur. CUENDET (1979) en prenant la précaution d'injecter du formol pour stopper la digestion dès l'abattage des mouettes, observe que les contenus de gésiers contiennent toujours des lombriciens et qu'en moyenne la masse de ceux-ci représente 92% du

poids du contenu des gésiers. VERNON (1970) qui a pris une précaution comparable trouve ici des lombriciens dans 13 des 14 gésiers observés pour le goeland cendré. Ces valeurs ne sont jamais approchées par les autres auteurs, qui ne prennent pas cette précaution.

Ainsi le comportement de chasse, la morphologie du bec, les mœurs crépusculaires de la bécasse suggèrent fortement une spécialisation assez poussée dans une prédation de lombriciens mais cette présomption n'a pu être vérifiée par les études classiques de contenu de gésiers (FADAT, 1979).

Il était donc essentiel de développer une technique qui tienne compte de cette digestion et permette l'appréciation des quantités de lombriciens réellement consommés par certains gibiers comme le sanglier ou la bécasse, ou pour la faune «sauvage» en général.

Sur le plan fondamental cette technique est aussi nécessaire pour connaître les diverses modalités de la pression de sélection exercée sur les lombriciens par leurs prédateurs ; en d'autres termes, pour évaluer le tribut payé par les lombriciens à leurs divers antagonistes. Au plan appliqué, ces connaissances permettent de mieux percevoir la disparition ou la pullulation de certaines espèces (gibiers, poissons) qui dépendent de l'aliment lombricien. Certaines pratiques humaines, agricoles notamment, facilitent la prédation (cas des labours et hersages vis-à-vis de la mouette du pourtour du lac Léman : CUENDET, 1979) ou à l'inverse raréfient les proies (emploi de techniques mortifères exterminant les lombriciens, pesticides notamment).

La disparition ou la contamination enfin des gibiers (et autres animaux se nourrissant de lombriciens) peut «provenir» de l'ingestion de vers intoxiqués. Les lombriciens accumulent des contaminants divers (PCB, métaux lourds, organochlorés) dans leurs tissus. Des techniques et méthodes relatives à la mesure de ces accumulations sont par ailleurs élaborées (TARRADELLAS et al., 1982).

Cette connaissance permettrait dans les zones contaminées (champs cultivés, espaces d'épandage de déchets, réceptacles de retombées de fumées, etc.) une estimation du risque subi par les animaux et même une appréciation des transferts à l'homme par le canal lombricien → gibier → homme.

Notons que la raréfaction de certains animaux peut résulter de ces contaminations. C'était notamment le cas du merle américain après traitements d'organochlorés comme cela a été montré très tôt dans une étude devenue classique (HUNT, 1965).

L'étude du régime alimentaire peut se faire par des voies très variées :

1. observation directe des animaux dans la nature ;
2. observation des quantités ingérées en élevage à partir d'expériences de choix alimentaire ;
3. étude du contenu du tube digestif (= endentère) ou des fèces.

(L'endentère, peu employé, est commode ici car il est l'ensemble des contenus du tube digestif : œsophage, estomac, jabot, gésier, intestin, etc.).

Une première méthode implique que l'on soit en situation d'observer le comportement des prédateurs de lombriciens de façon continue et efficace ; ceci est rarement possible et seulement sur de gros animaux (oiseaux, mammifères, etc.) (BENGTSON et al., 1976 et CUENDET, 1979). Cette observation directe constitue, lorsqu'elle peut être conduite, une importante indication qualitative qui peut être recoupée par d'autres données (CUENDET, 1979). On peut même avec des animaux domestiqués et familiers obtenir par cette voie de bonnes quantifications (porc papou, ROSE et al., en prép.). Toutefois, dans la majorité des cas de telles études sont très difficiles, voire impossibles, à réaliser.

Une deuxième méthode, par des expériences de préférences alimentaires n'est pas écologique : elle place les animaux dans des situations d'environnement et devant des choix dont rien ne nous permet de dire qu'ils équivalent aux conditions naturelles.

Reste l'étude du témoignage que représente les endentères et fèces à partir de prélèvements effectués sur des animaux vivant en conditions naturelles. La difficulté est alors d'interpréter qualitativement et quantitativement les informations contenues dans ces ingestats-egestats notamment en raison des effets de la digestion. La mise au point d'une méthode permettant une analyse qualitative et quantitative des endentères et fèces a donc un caractère général.

## **2. MÉTHODE PROPOSÉE**

### **2.1. Principe de la méthode**

L'analyse des endentères et fèces peut se faire par observation directe de ce matériel et dénombrement des animaux. Ceci peut avoir un sens pour des animaux chitinisés qui laissent des « traces » caractéristiques mais devient problématique pour les lombriciens, au corps très digestible, qui ne sont observables que dans les premières minutes suivant l'ingestion. Ensuite, dans le jabot, l'intestin et les fèces il ne reste plus qu'un témoignage mineur formé des faibles fractions résistantes. Ces fractions résistantes sont de deux natures chez les lombriciens : les soies et les cuticules de gésier. Les soies ayant une fonction locomotrice d'accrochage sont présentes sur tout le corps, dans la très grande majorité des cas en Europe au nombre normal (nous y reviendrons) de 8 soies par segment. On peut donc caractériser le nombre de segments ingérés à partir de vers entiers ou amputés par le prédateur. Les amputations ne sont pas rares, les lombriciens s'accrochant à leurs galeries alors que le prédateur tend à les extirper hors du sol. Peu de prédateurs ont l'aptitude de fouir efficacement le sol. A l'opposé, certains petits prédateurs (arthropodes notamment) peuvent ne prélever qu'une faible fraction de lombricien.

Les lombriciens ont une organisation vermiforme c'est-à-dire longitudinale. Ils sont parcourus d'avant à l'arrière par un tube digestif qui, chez les lombricides, largement dominants en Europe, comporte un gésier. Ce gésier broie les aliments, à la manière de ce qui se passe chez une poule, grâce aux cailloux présents dans l'ingestat mais aussi grâce à des parois musculeuses protégées par une cuticule. Cette cuticule résiste parfois à la digestion et témoigne de l'individu entier absorbé. Cette cuticule témoin a été déjà utilisée par BRADBURY (1977) pour l'étude de l'alimentation du blaireau et devrait permettre à côté de l'étude des soies une estimation relativement précise; toutefois, il ne semble pas qu'elle soit assez développée chez les petites formes de lombriciens pour résister à la digestion, la cuticule n'étant pas de nature chitineuse mais mucopolysaccharidique (IZARD et BROUSSY, 1963), alors que les soies sont chitinisées.

Nous nous sommes attachés à développer l'analyse à partir du dénombrement des soies ou analyse sétale. Pour cela, il nous faut distinguer cinq étapes :

- l'analyse qualitative des lombriciens (observables seulement dans les jabots, gésiers et estomacs de prédateurs);
- l'individualisation des soies;
- la séparation des soies (de l'ensemble du bol alimentaire ou fèces);
- le dénombrement-identification des soies;
- l'interprétation des résultats.

## 2.2. L'analyse qualitative des lombriciens

Celle-ci ne peut se faire que dans les prélevats (= unité observée issue de l'endentère ou de fèces et fournissant après dépouillement une information par descripteur) contenant encore des vers de terre ou des débris de lombriciens identifiables. Elle suppose une grande pratique de l'identification des vers de terre. On peut préciser les stades, espèces, catégories écologiques (ces dernières nous renseignant sur les mœurs du prédateur du lombricien). Cette information est précieuse si l'on veut éviter l'introduction d'hypothèses relatives au choix alimentaire lors de l'interprétation sétale. La digestion des lombriciens se poursuit post-mortem comme cela a pu être observé sur des lombrics se trouvant du bec à l'œsophage de bécasses abattues; la partie présente dans l'œsophage était très désorganisée lors de la dissection (FADAT, communication personnelle). Comme CUENDET (1979) l'a montré pour la mouette rieuse, la fixation au *formol* (qui bloque efficacement les enzymes) est donc indispensable dès la mort du prédateur si l'on veut obtenir une analyse convenable. La fixation à l'alcool est par contre peu efficace car les enzymes conservent généralement leurs propriétés lytiques dans ce milieu.

Dans l'analyse sétale toutefois les proportions observées entre les divers constituants risquent de ne pas être celles des ingestats réels. En effet, les temps de désagrégation dans les jabots, gésiers et estomacs varient avec la nature des aliments. Par exemple, la désagrégation est

totale après une heure pour de gros lombriciens alors qu'elle est d'environ de 2 heures 30 pour des coléoptères adultes (CUENDET, 1979 et communication personnelle). Il est probable qu'elle est plus rapide pour de petits lombriciens (juvéniles ou petites espèces) que pour de gros individus s'il n'y a pas mâchage (cas de beaucoup d'oiseaux). L'analyse qualitative sur lombriciens reconnaissables pourrait probablement être complétée par une identification des gésiers et soies mais nous ne savons pas encore faire celle-ci.

### 2.3. L'individualisation des soies

Après l'analyse qualitative, la quantification des soies implique que celles-ci soient libres, c'est-à-dire n'adhèrent pas à des lambeaux de tissus ou à des individus plus ou moins complets. Le prélevat est donc traité avec un agent désagréant les tissus de vers de terre mais respectant l'intégrité des soies. Nous avons essayé pour ce faire de nombreux produits chimiques HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>, KOH, NaOH. Beaucoup de ces produits se sont avérés incapables d'assurer cette désagrégation, ou attaquaient les soies rapidement. La potasse a donné des résultats apparemment encourageants mais les soies (les petites soies particulièrement) sont détruites; par exemple, pour *Lumbri-cus herculeus* (= *L. terrestris*, L. sensu Sims) adulte, 70 à 100% des soies pouvaient être retrouvées, alors que pour *A. chlorotica* adulte seulement 5%.

L'attaque enzymatique avec la trypsine, la pepsine, la papaïne et la ouabaïne donne de très bons résultats sur des animaux *non fixés au formol*, par contre ces enzymes deviennent totalement inopérants après dénaturation des tissus par cette fixation (même après élimination du formol en excès par rinçage). Il en est de même avec les attaques biologiques par le Cilié (*Tetrahymena paravorax*, CORLISS, 1957) et des germes divers.

En définitive, seul l'hypochlorite de sodium (NaClO) (densité 1,05 de 10 à 13 degrés chlorométriques) a donné des résultats convenables à condition de ménager l'attaque chimique avec agitation continue dans des limites de temps assez précises.

Le tableau 1 résume les dénombrements effectués à partir de vers de terre isolés et tronqués (au 40/41 intersegment) en deux portions étudiées isolément. Ces animaux ont subi une fixation au formol de longue durée (8 jours pour *Eisenia fetida*, et plusieurs années pour les autres espèces) puis la procédure d'attaque au NaClO pendant une durée variable. Pour 3 animaux, les soies avaient été préalablement dégagées à la trypsine et dénombrées pour contrôler le nombre de soies par rapport au nombre théorique, puis ces soies avaient subi la procédure d'attaque commune.

Le nombre théorique est calculé en admettant qu'il y a 8 soies par segment (c'est-à-dire à l'exception du 1<sup>er</sup> segment et du dernier segment qui n'ont pas de soies). En fait, cette étude montre qu'il y a systématiquement un nombre inférieur de soies à la valeur théorique (7,7% en moyenne).

On peut retenir 4 causes d'erreurs :

— Des erreurs de dénombrements, mais ceux-ci ont été faits avec soin et les écarts observés entre deux comptages successifs (6 lots trypsines puis NaClO : 3 premiers individus du tableau 1) témoignent que les pertes sont faibles (inférieures à 0,3%).

— Le NaClO pourrait détruire certaines soies, ici encore une attaque relativement longue de 30 à 60 minutes n'a fait « disparaître » que 0,3% des soies.

— SAJOVIC (1907) a décrit le renouvellement des soies c'est-à-dire une perte suivie de régénération, mais CUENOT (1898) décrit des corps bruns s'accumulant dans les cavités coelomiques *postérieures* et contenant des soies en *surnombre*, de même MIN JA SONG et SAUSSEY (communication personnelle) décrivent des soies en surnombre implantées dans les segments postérieurs. Or les pertes sont globalement plus fréquentes dans les segments postérieurs à l'intersegment 40/41 (9,1%) que dans les 40 premiers segments (4,1%). Il est donc probable que les pertes décrites par SAJOVIC ont une fréquence plus élevée postérieurement qu'antérieurement et que ceci compense largement les éventuelles soies surnuméraires. En définitive, nous avons observé une perte moyenne globale de 7,7% dont nous tiendrons compte pour corriger ce biais systématique.

— Les conditions d'application du traitement à l'hypochlorite de sodium dépendent de la taille des animaux. Pour les petits (petites espèces ou juvéniles) la durée d'attaque chimique ne doit pas excéder 45 minutes, durée après laquelle on observe quelques soies « abîmées » ; à 90 minutes sur *E. fetida*, espèce adulte moyenne, il y a disparition d'environ la moitié des soies et l'autre moitié est en mauvais état ; à 140 minutes, l'état des soies et le taux de collecte à partir du gros *Lumbricus herculeus* sont par contre meilleurs.

En définitive, nous avons retenu un temps standard d'attaque avec agitation de 30 minutes, et arrêté l'action du NaClO avec du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Cette valeur convient pour des lombriciens initialement entiers, elle peut être sensiblement réduite dans des débris semi-digérés. Cette opération est probablement inutile pour le matériel ayant subi une digestion importante (contenu intestinal et fèces).

#### 2.4. La séparation des soies

Les soies sont ensuite séparées de la plupart des autres éléments de l'endentère ou des fèces en effectuant trois centrifugations successives. La première a pour fonction d'éliminer le liquide qui vient de recevoir le sulfite de sodium et de regrouper en un culot le matériel à séparer (économie des solutions denses). Ce culot est repris dans une solution froide d'iode de potassium (KI) de densité 1,5 permettant d'éliminer dans le culot une fraction lourde sans soies (cailloux, limons, etc.), la densité des soies variant entre 1,3 et 1,35.

Le surnageant est repris dans une solution ajustée à la densité 1,2 : des fractions légères, essentiellement végétales, sont alors éliminables.

TABLEAU 1

Etude des pertes et délétions de soies sur divers lombriciens. Chaque individu est étudié en deux tronçons (T) (l'antérieur allant jusqu'au segment 40 inclus). NTS: nombre théorique de soies (8 soies par segment sauf sur le premier et le dernier segment). NOT: nombre observé après traitement à la trypsine sur animaux frais. NOF: nombre observé après fixation au formol et traitement NaClO. %D: pourcentage de délétions.  $\Delta\%T$ : différence en pourcentage avec NTS après une correction de 7,7%. NaClO/mn: durée d'attaque à l'eau de javel en minutes. n.o.  $\approx$  450: non observé, environ 450 mg. (L = *Lumbricus*, N = *Nicodrilus*, A = *Allolobophora*).

TABLE 1

Study of setae loss and deletion in various Lumbricidae. Each individual is divided into two parts for analysis (T) (the anterior part up to and including segment 40). NTS: theoretical number of setae (8 setae per segment except on the first and last segment). NOT: observed number of setae following trypsin treatment of fresh animals. NOF: observed number of setae following "formol" (formaldehyde) and NaClO treatments. %D: percentage deletion (%).  $\Delta\%T$ : difference between observed numbers and NTS (%) after 7,7% correction. NaClO/mn: duration of bleach treatment (min). n.o.  $\approx$  450: not observed, about 450 mg. (L = *Lumbricus*, N = *Nicodrilus*, A = *Allolobophora*).

	Poids mg	Nb segments		NTS		NOT		NOF		%D	$\Delta\%T$	NaClO/mn
		T	Tot.	T	Tot.	T	Tot.	T	Tot.			
<i>Eisenia fetida</i>	n.o. $\approx$ 450	40 63	103	312 496	808	305 464	769	305 465	770	95,3	+ 3,0	30
<i>Eisenia fetida</i>	n.o. $\approx$ 450	40 78	118	312 616	928	301 577	878	305 571	876	94,4	+ 2,1	45
<i>Eisenia fetida</i>	n.o. $\approx$ 450	40 75	115	312 592	904	299 559	858	295 557	852	94,2	+ 2,0	60
<i>Eisenia fetida</i>	n.o. $\approx$ 450	40 52	92	312 408	720			300 399	699	97,1	+ 4,8	45



	Poids mg	Nb segments		NTS		MSP		MMP		%	diff	Médian (mg)
		F	Fol.	F	Fol.	F	Fol.	F	Fol.			
<i>Eisenia fetida</i>	n.o. ≈ 450	40 50	90	312 392	704			304 367	671	95,3	+ 3,1	60
<i>L. terrestris</i>	3 120	40 101	141	312 800	1 112			308 703	1 011	90,9	- 1,3	140
<i>N. nocturnus</i>	2 039	40 137	177	312 1 088	1 400			301 1 020	1 321	94,4	+ 2,1	100
<i>L. castaneus</i>	283	40 40	80	312 312	624			299 287	586	93,9	+ 1,6	30
<i>Allolobophora</i> juvéniles	40	40 73	113	312 576	888			296 525	821	92,5	+ 0,2	13
	648	40 110	150	312 872	1 184			301 729	1 030	87,0	- 5,3	50
<i>A. rosea</i>	207	40 101	141	312 800	1 112			295 672	967	87,0	- 5,3	35
<i>Octolasion</i> <i>lacteum</i>	692	40 87	127	312 688	1 000			289 610	899	89,9	- 2,9	80
<b>TOTAL</b>				3 744 7 640	11 384			3 598 6 905	10 503	7,74		

Toutes ces centrifugations sont faites à 1 000 G, pendant 30 minutes; éventuellement, la fraction «végétale», si elle est très abondante doit être agitée puis recentrifugée pour s'assurer qu'aucune soie n'y reste mêlée.

Le culot de la dernière centrifugation est repris dans de l'eau ajustée à 100 cm<sup>3</sup>, puis agitée pour assurer une suspension homogène des soies. On pipette une aliquote de 5 cm<sup>3</sup> pendant l'agitation pour effectuer le comptage-identification des soies.

Les volumes de 100 cm<sup>3</sup> et de 5 cm<sup>3</sup> ne sont donnés ici qu'à titre indicatif (ce sont ceux que nous avons utilisé pour l'étude du contenu des gésiers de bécasses); il est bien certain qu'ils doivent être adaptés à la richesse et au volume du dernier culot étudié.

## 2.5. Le dénombrement et l'identification des soies

Le dénombrement des soies s'effectue par comptage sous loupe binoculaire (grossissement 50 ou 100) en lumière ordinaire. Il est possible de mettre en évidence plus facilement les soies en lumière polarisée mais ceci n'est pas nécessaire en pratique.

Pour ce dénombrement, on place l'aliquote sur une lame creuse dont le fond est quadrillé et le comptage se fait méthodiquement carré par carré.

Il serait possible d'accompagner ce dénombrement d'une identification des soies, celles-ci portant des caractères qui permettent parfois de reconnaître certains genres. Il faudrait néanmoins effectuer une étude systématique de ces caractères, ce que nous n'avons pas fait et nous n'avons donc pas identifier au niveau spécifique dans le présent travail.

Le nombre obtenu est rapporté au prélevat total en tenant compte du volume de l'aliquote (dans notre exemple, en multipliant par 20).

## 2.6. La signification du dénombrement

Le nombre de soies étant connu, que signifie-t-il?

Nous avons vu (tableau 1) que le nombre naturel de soies est inférieur à 7,7% au nombre théorique calculé pour les lombriciens à soies lombriciennes (= 8 soies par segment). Le nombre N obtenu correspond donc au nombre de segments de vers de terre ayant fourni les soies par la formule:

$$\frac{N (1077)}{1000 \times 8} = M \text{ ou } N \times 0,135 = M$$

Pour transformer ce nombre de segments M en biomasse ou nombre de vers de terre, il nous faudrait connaître la qualité des choix alimentaires effectués par le prédateur: choix des espèces de lombriciens et taille des individus dans ces espèces. Nous avons vu que l'analyse qualitative peut nous donner une telle information mais avec le risque d'un biais important en faveur des grosses formes. L'identification

des soies ou/et des cuticules de gésier pourrait peut-être nous permettre de l'acquérir.

En l'absence de cette connaissance et si nous savons seulement que le prédateur peut consommer potentiellement des lombriciens de toute taille, on peut adopter une valeur moyenne basée sur la structure d'une communauté banale, avec un risque d'erreur évidemment non négligeable. Pour cela, nous proposons d'adopter un individu = 130 segments = 575 mg pphc (soit 4,42 mg pphc par segment) (pphc = poids tube digestif plein, humide, calculé). La biomasse est la valeur moyenne de l'ensemble des post-embryons (adultes + subadultes + juvéniles) capturés pendant trois ans à Cîteaux (moyenne corrigée obtenue à partir de 68 305 mesures) (BOUCHÉ et GARDNER, sous presse). Le nombre de segments est établi à partir des données des 8 dernières lignes du tableau 1.

Il est probable qu'un tel calcul donne une valeur à environ 30% près de la réalité pour les nombres et une marge d'erreur plus importante pour la biomasse en raison seulement des choix alimentaires inconnus, car nous connaissons par contre bien la relation nombre de soies et biomasse pour chaque taille de vers de terre. Ces valeurs nous permettent cependant une appréciation grossière des biomasses consommées.

En résumé,

nombre de métamères  $\approx M$ , biomasse pphc  $\approx \frac{M \times 575}{130}$  mg,  
 ou encore  $\frac{N \times 575 \times 1\,077}{1\,000 \times 8 \times 130}$   
 soit 0,6 mg par soie effectivement observée,  
 et le nombre d'individus est  $\frac{N \times 1\,077}{1\,000 \times 8 \times 130}$ , soit un individu pour  
 966 soies observées.

La biomasse pphc peut être approximativement transformée en poids sec de vers de terre tube digestif vide (pvsc) (= poids tube digestif vide, sec, calculé), en la divisant par 6. On peut calculer la valeur alimentaire des lombriciens d'après BOUCHÉ, 1982: protéines 72%, lipides: 13% et cendres: 5,7% du poids pvsc, et la valeur énergétique sera approximativement égale à 3 kJ/g pph (CUENDET, 1979).

Ces différentes données n'ont pour objet que d'obtenir des ordres de grandeur utiles à l'appréciation du rôle des lombriciens dans la ration des prédateurs. L'approximation (en raison exclusivement de l'ignorance du choix alimentaire) n'a de toute manière qu'une importance limitée car les quantités lombriciennes ne pourront être comparées que lorsque l'on sera capable de connaître les vitesses (différentes) de transit intestinal des divers aliments.

- CUENOT L., 1898. — Etudes physiologiques sur les Oligochètes. Arch. biol., 15, 79-124.
- FADAT Ch., FERRAND Y. et MARTINEL J., 1979. — Etude préliminaire du régime alimentaire de la bécasse à partir d'analyses de contenus stomacaux prélevés en France. Bull. mens., ONC, 27, 26-33.
- HUNT L.B., 1965. — Kinetics of pesticide poisoning in Dutch elm disease control. US Fish Wildlife Serv. Circ., 226, 12-13.
- IZARD J. et BRDUSSY J., 1963. — Contribution à l'étude histochimique de la cuticule du gésier de *Lumbricus terrestris*. Bull. soc. hist. nat., Toulouse, 98, 249-252.
- MACDONALD D.W., 1983 — Predation on earthworms by terrestrial vertebrates. In J.E. SATCHELL (dir.) «Earthworm ecology from Darwin to vermiculture». Ed. Chapman et Hall Ltd., London, 393-414.
- MOUCHES A., 1981. — Variations saisonnières du régime alimentaire chez le blaireau européen (*Meles meles* L.). Rév. écol. (Terre et Vie), 35, 183-194.
- ROSE C.J. and WILLIAMS W.T. (en prép.). — Ingestion of earthworms, *Pontoscolex corethrurus* by village pigs *Sus scrofa papuensis*, in the highlands of Papua New Guinea.
- SAJOVIC G., 1907. — Anatomie, Histologie und Ersatz der Borstenorgane bei *Lumbricus*. Arb. Zool. Inst. Wien, 17, 1, 1-16 (2 planches).
- TARRADELLAS J., DIERCXSENS P. et BOUCHÉ M.B., 1982. — Methods of extraction and analysis of PCBs from earthworms. Int. J. Environ. Analyt. Chemistry, 13, 55-67.
- VERNON J.D.R., 1970. — Feeding habitats and food of the Black-headed and Common Gulls. I. Feeding habitats. Bird Study 17: 287-296.

**MEASUREMENT OF THE PROPORTION OF LUMBRICIDAE  
IN THE DIET OF THEIR PREDATORS,  
WITH SPECIAL REFERENCE TO THE WOODCOCK  
(*SCOLOPAX RUSTICOLA* L.)**

M. B. BOUCHÉ, L. FAYOLLE AND PH. RICHARD

**KEY WORDS:** Earthworms (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*), diet, European Woodcock (*Scolopax rusticola* L.), quantitative method.

**SUMMARY**

*A new quantitative method is presented for studying the consumption of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) by birds. The chitinous setae of earthworms resist digestion in the crop and can be counted microscopically. The number of earthworm segments consumed can be determined accurately; order of magnitude estimates of the number and biomass of earthworms in a diet sample can also be obtained. The method was applied to the crop contents of 19 woodcocks without macroscopically recognisable fragments of earthworms: setae were present in each, showing that every bird fed on earthworms.*

Trans. by E. Taran

**BEDEUTUNG DES ANTEILS VON REGENWÜRMERN  
IM NAHRUNGSSPEKTRUM IHRER  
KONSUMENTEN UND INBESONDERS DER WALDSCHNEPFE**

VON M. B. BOUCHÉ, L. FAYOLLE UND PH. RICHARD

**SCHLÜSSELWÖRTER:** Regenwürmer (Oligochaeta, Lumbricidae),  
Nahrungsspektrum Waldschnepfen, quantitative methode.

**ZUSAMMENFASSUNG**

*Wir erläutern eine neue Methode zur quantitativen Untersuchung des Verzehrs von Regenwürmern (Oligochaeta, Lumbricidae) durch Tiere. Die Chitinborsten werden im Magen nicht verdaut und können mikroskopisch gezählt werden. Die Anzahl der Regenwurmsegmente kann somit genau festgestellt werden; es besteht auch die Möglichkeit, die Anzahl der Regenwürmer und ihre Biomasse annähernd in ihrer Nahrung zu bestimmen. Diese neue Methode wurde bei der Untersuchung des Mageninhaltes von 19 Waldschnepfen angewandt, wo makroskopisch keine Regenwurmfragmente erkenntlich waren: jeder Magen enthielt jedoch Borsten, woraus hervorgeht, dass jede Waldschnepfen Regenwürmer gefressen hatte.*

Übers. K. Ebner