Vult. 128

Comportement et effets secondaires des pesticides dans le sol
Versailles, 4-8 juin 1984. Ed. INRA Publ., 1985 (Les Colloques de l'INRA, n° 31).

Etude de l'adaptation et de la restauration de deux peuplements de lombriciens (*Annelida : Oligochaeta*) après perturbations chimiques

A. HEUNGENS*, M.B. BOUCHE**

** Faculteit van de Landbouwetenschappen, Laboratorium voor Dierkunde, Coupure Links 653, B 9000 Gent, Belgique*
*** INRA, Laboratoire de Zooécologie du Sol, CEPE/CNRS, Route de Mende, BP 5051 34 033 Montpellier Cedex, France*

Introduction

Comme toutes agrotechniques, l'utilisation de pesticides modifie, parfois profondément, les peuplements des animaux du sol. Ces modifications peuvent résulter d'actions directes du produit exerçant une toxicité ou d'actions indirectes entraînant des modifications favorables ou défavorables du milieu.

Pour mieux connaître ces effets, il est possible d'observer l'état du peuplement dans des conditions agronomiques d'une part, et, d'autre part, d'établir la toxicité des pesticides sur les organismes du sol.

Toutefois, ces deux observations sont très difficiles à interpréter, la première en raison de la complexité des interactions et la multiplicité des techniques agronomiques qui se succèdent au cours des ans sur le peuplement, la seconde car on ne peut traduire directement une toxicité en danger pour les peuplements réels. La mesure de peuplements au terrain est par ailleurs longue, fastidieuse et souvent imprécise.

Parmi les informations collectées sur un peuplement dans les conditions de la pratique agronomique, il peut y avoir une interprétation en terme de "bioindication" : le peuplement reflète alors l'état biologique

du sol, notamment en raison de ses interactions avec les substrats organiques, la disponibilité des éléments minéraux nutritifs, l'état de la microflore, ... Il peut également y avoir une interprétation en terme dynamique : un état observé traduisant aussi la possibilité pour le peuplement d'évoluer vers une restauration après l'action d'agro-techniques. Les recherches conduites au Centre d'Etudes des Plantes Ornementales (IRSIA, Gent) s'efforcent d'optimiser la croissance végétale dans des sols horticoles particuliers. Dans ces sols très riches en matière organique, les manipulations sont fréquentes et drastiques. Pour mieux comprendre les propriétés de ces sols particuliers, des techniques d'études des peuplements, en conditions horticoles, ont été élaborées pour se servir des animaux comme bioindicateurs (Heungens et Van Daele, 1977) et pour étudier l'action globale des pesticides (Heungens, 1968, 1969, 1970...). D'autre part, la méthodologie d'interprétation des mécanismes a évolué récemment (Bouché, 1984, sous presse) et pose en termes clairs le besoin de connaître les aptitudes des peuplements à se reconstituer ou à se réguler sous l'influence de ces produits.

Pour étudier ces dynamiques, nous avons choisi de travailler sur un dispositif expérimental relativement bien connu : un substrat organique classique en culture de plantes ornementales, des apports chimiques modifiant le statut des peuplements lombriciens et deux peuplements lombriciens de référence. Notre objectif étant d'étudier les effets dynamiques d'une perturbation chimique, nous avons choisi des substances simples apportant une perturbation qui pourrait favoriser ou défavoriser le peuplement initial de lombriciens d'une part, et d'autre part, un peuplement exogène. Pour cela nous avons choisi une gamme de substances modifiant le pH du sol, car celui-ci a une influence globale sur la biologie du sol et notamment sur les lombriciens, dont la distribution est fort dépendante de ce paramètre (Satchell, 1955 ; Bouché, 1972, 1983).

I. Matériel et méthode

Les expérimentations ont été conduites en conteneurs de 10 l. Le substrat organique était de la litière d'aiguilles de pin (Pinus sylvestris et Pinus nigra nigra), les branches, pommes de pin et objets organiques étrangers étaient absents ; les particules minérales étaient rares.

Ce substrat séché à l'air avait une densité de 0,17 ; la teneur en eau variait au cours de l'expérience de 135 à 165 % de la masse sèche (ms), les conteneurs étant régulièrement réajustés avec de l'eau de pluie au poids de 4 et 4,5 kg. Le pH (H_2O) et la conductibilité du substrat initial étaient respectivement (pour $\bar{x} \pm s$ et n = 8) 4,03 ± 0,25 et 104,5 ± 1,0 $\mu s.cm^{-1}$. Ces conteneurs étaient placés pendant l'expérience (débutant le 8/10/82) sous abri. Les températures pendant les 8 mois d'expérience ont varié entre les limites suivantes :

Octobre	: 7 - 15°C	Novembre	: 5 - 12°C
Décembre	: 2 - 11°C	Janvier	: 3 - 11°C
Février	: 1 - 13°C	Mars	: 4 - 16°C
Avril	:11 - 18°C	Mai	:15 - 22°C

Pour obtenir une gamme de pH entre 4 et 7, le substrat a reçu des acides, des bases et les sels des ions utilisés.

Par litre de substrat, on a ajouté les produits suivants, en solution aqueuse compatible avec l'humidité recherchée du substrat :

1) rien : témoin

2) acide nitrique : 6 ml HNO_3 1 N (= 69,2 ml HNO_3 à 65 % d = 1,4)

3) acide citrique : 6 g

4) "nitrate de potassium" : 2 g KNO_3 + 0,5 KOH

5) citrate de calcium sous forme de 2 g $Ca(OH)_2$ + 4 g d'acide citrique

6) chaux : 4 g $Ca(OH)_2$

7) potasse : 3 g KOH

Il y a 4 répétitions par traitement chimique.

Le pH et la conductibilité obtenus ont été contrôlés après stabilisation, au moment du contrôle des peuplements de lombriciens (Tableau I). La conductibilité et le pH ont été mesurés en suivant la méthode de Heungens et al. (1975). Les pH obtenus sont assez satisfaisants sans que la conductibilité s'élève trop. Néanmoins, il est clair que les deux options ne sont pas simples à réaliser. La minéralisation du substrat, la destruction partielle de l'acide citrique et une carbonatation des milieux basiques expliquent l'évolution modérée du pH. L'augmentation de conductibilité n'est nette que dans les milieux alcalinisés. Cette évolution est explicable par deux effets complémentaires. Premièrement, la minéralisation résultant notamment de l'activité lombricienne (qui s'est relativement maintenue dans les sols alcalinisés, cf. tableau II et III) libère des ions qui ne peuvent être ici lixiviés. Deuxièmement, les bases apportées auraient réagi avec les acides organiques (humiques, fulviques, ...) et l'acide carbonique d'origine biogène en formant des produits plus ionisables.

Les vers de terre proviennent de deux milieux :

1) un peuplement adapté provenant d'une exploitation horticole utilisant des litières de pin,

2) un peuplement exogène provenant d'une prairie permanente limono-sableuse de pH (H_2O) = 6,3 à 6,4.

Il n'était pas possible de déterminer de façon précise les animaux collectés avant leur inoculation dans les conteneurs, mais seulement de les attribuer à des catégories fondées sur des caractères morphologiques généraux. Cette attribution était seule compatible avec des manipulations rapides respectant de bonnes conditions biologiques. Nous avons pu néanmoins en sacrifiant quelques individus établir la liste probable des espèces.

Deux conteneurs (répétitions I et II) par traitement chimique ont reçu la faune de litière, 40 individus appartenant à :

25 "Dendrobaena" (D. octaedra, D. attemsi, D. rubida s. lat.)

10 "Lumbricus" (L. rubellus, L. castaneus, Eisenia eiseni, Eisenia fetida)

5 endogés (Allolobophora chlorotica, Aporrectodea (= Nicodrilus) caliginosa).

Tableau I

pH et conductibilité des substrats des divers traitements après 4,5 mois et 8 mois

	pH				conductibilité µs.cm⁻¹			
	4 mois et 1/2		8 mois		4 mois et 1/2		8 mois	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Témoin	4,63	0,10	4,93	0,05	129	9	145	7
Acide nitrique	4,00	0,12	4,28	0,10	290	11	296	8
Acide citrique	4,48	0,10	4,83	0,05	110	8	126	3
"Nitrate de potassium"	4,58	0,05	4,80	0,08	748	73	655	53
Citrate de calcium	5,58	0,13	4,65	0,06	144	9	364	23
Chaux	6,73	0,13	6,03	0,05	201	22	381	16
Potasse	6,40	0,24	5,55	0,26	285	26	548	96

Tableau II

Nombre d'individus après 4,5 mois et 8 mois en fonction des traitements

PERIODE	4 mois et 1/2				8 mois			
Répétitions	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Origine faune	litière		prairie		litière		prairie	
TRAITEMENTS								
Témoin								
Cocons	-	-	-	-	-	-	-	-
Vers	13	11	-	-	2	-	-	-
Acide nitrique								
Cocons	-	-	-	-	-	-	-	-
Vers	2	-	-	-	-	-	-	-
Acide citrique								
Cocons	-	-	-	-	-	-	-	-
Vers	3	2	-	-	3	1	-	-
Nitrate de potassium								
Cocons	-	-	-	-	-	-	-	-
Vers	-	-	-	-	-	-	-	-
Potasse								
Cocons	14	29	-	-	37	26	-	-
Vers	20	15	-	-	18	8	-	-
Citrate de calcium								
Cocons	145	97	24	54	15	4	3	9
Vers	26	30	45	47	27	28	17	69
Chaux								
Cocons	76	39	12	4	50	43	3	-
Vers	21	24	11	6	26	46	-	-

Tableau III

Dénombrement des lombriciens observables après 8 mois de traitement

ESPECES	Origine : LITIERE									Origine : PRAIRIE	
	Témoin	Ac. citr.		KOH		$Ca(OH)_2$		Ca Citr.		Ca Citr.	
	I	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV
Lumbricus rubellus					5	5	-	1	-		-
Lumbricus castaneus	1										
Eisenia eiseni					2						
Eisenia fetida				15		12	32	18	24		29
Dendrobaena octaedra						4	2	8	4		
Dendrobaena attemsi		2				1					
Dendrobaena rubida s.lat.	1	1	1	3	1						
Dendrobaena veneta hortensis											8
Aporrectodea caliginosa						4	5			7	14
Allolobophora chlorotica							2				
Octolasion cyaneum							5			10	28
TOTAL	2	3	1	18	8	26	46	27	28	17	79

Deux conteneurs (répétitions III et IV) par traitement chimique ont reçu la faune prairiale, 60 individus appartenant à :

10 Lumbricus terrestris L.

30 Lumbricus rubellus Hoffm.

15 Aporrectodea caliginosa Sav.

2 Allolobophora chlorotica Sav.

3 Octolasion cyaneum (Sav.)

Les vers de terre, déposés sur le substrat, ont pénétré rapidement dans les milieux ayant reçu du calcium mais les individus prairiaux ont longtemps boudé les milieux acides.

Les résultats ont été établis après 4,5 mois et 8 mois par dénombrement des animaux, y compris les cocons, en tamisant le sol.

A 4,5 mois, les animaux ont été remis en élevage, au 8ème mois, ils furent à nouveau dénombrés puis fixés pour détermination précise.

II. Résultats

Les résultats sont regroupés aux Tableaux II et III.

Les résultats résumés au Tableau II permettent de constater :

1) une sensibilité très différente des peuplements d'origine "litière" et prairie, sauf avec les traitements avec le calcium ;

2) la cause de l'élimination de la faune prairiale dans la litière de pin ne dépend pas seulement du pH (cf. Tableau I, KOH) ;

3) il n'y a pas de dépôt de cocons (= pas de reproduction) dans les substrats acides ;

4) la potasse a été bien tolérée par la faune de litière qui ne s'est pourtant pas maintenue dans le témoin ;

5) d'une façon générale, les populations ont diminué ;

6) il y a éradication des lombriciens dans le traitement "nitrate de potassium" : ceci semble s'expliquer par la haute conductibilité du substrat. Heungens (1980, 1984) a démontré l'importance de ce paramètre pour la survie de l'oligochète Cognettia sphagnetorum (Vejd.).

A la fin de l'expérimentation, les vers de terre fixés ont été déterminés (Tableau III).

Le Tableau III permet de constater :

1) dans les témoins et le traitement acide citrique on retrouve les espèces typiques des litières ;

2) dans le traitement potasse, on observe trois espèces autochtones et une espèce typique des composts (Eisenia fetida) qui ne domine jamais dans les litières naturelles sous le climat de Belgique ;

3) dans le traitement hydroxyde de calcium, Eisenia fetida est devenue dominante tandis que les autres épigés ont fort diminué. Les endogés (Aporrectodea, Allolobophora, Octolasion) se sont maintenus ou développés.

4) le traitement citrate de calcium marque la même tendance, mais seulement pour les épigés. Il a seul permis le maintien de la faune d'origine prairiale, mais en outre il marque un renouvellement profond du peuplement. Les Lumbricus ont disparu et les vers du compost Eisenia fetida et D. rubida hortensis passés inaperçus à l'inoculation se sont fort développés en compagnie d'Octolasion cyaneum, cette dernière espèce étant usuellement inféodée aux sols minéraux. Notons incidemment, que Dendrobaena veneta hortensis était inconnu en Belgique.

III. Conclusion

L'étude préliminaire entreprise permet de vérifier la faisabilité d'une démarche expérimentale pour suivre deux peuplements, l'un maintenu dans son sol d'origine, l'autre placé dans des conditions très modifiées. La modification introduite globalement entraîne une sélection des populations, puis une reproduction dans certaines conditions expérimentales.

Un contrôle plus précis des conditions expérimentales joint à un choix de populations à dynamique élevée (lombriciens épigés, voire endogés) devraient permettre de tester les conséquences des manipulations chimiques des milieux sur la capacité de restauration des peuplements. Des différences très nettes de comportement ont pu être enregistrées en fonction du pH comme supposé, quoique ce paramètre ne soit pas seul explicatif (la population la plus élevée a été observée à pH = 4,65 (citrate de calcium) - l'influence du facteur pH variant beaucoup avec les espèces. La transplantation d'un peuplement (d'origine prairiale) dans un sol très différent (ici la litière de Pin) a été difficile mais non impossible comme en témoigne le traitement citrate de calcium - ce qui montre également les potentialités d'établissement de certaines populations dans des nouveaux sols, cette élasticité pouvant être mise à profit pour l'introduction de lombriciens, ou la réintroduction dans des sols malencontreusement défaunés par pesticides !

Le protocole expérimental utilisé pourrait, à côté de tests d'effet aigü des pesticides, constituer une base reproductible pour l'appréciation des effets chroniques. Ce protocole, facile à mettre en oeuvre nécessitant toutefois un meilleur contrôle de certains paramètres (choix des espèces en fonction des catégories écologiques à partir de souches pré-déterminées, probablement un contrôle plus précis des conditions hygrothermiques et du sol).

Résumé

Les études d'écotoxicité sur les lombriciens portent :

1) sur la mesure directe des effets des produits chimiques sur les peuplements lombriciens - dans ce cas, les études correctes sont laborieuses et l'interprétation est difficile en raison des interférences des diverses agrotechniques et conditions locales ;

2) sur la toxicité mesurée dans des conditions expérimentales de laboratoire - dont la signification ne permet qu'une appréciation partielle du danger au terrain ;

Ces deux approches classiques ne permettent pas de tester les particularités d'adaptation et restauration après perturbation des peuplements lombriciens. Pour essayer d'approcher expérimentalement ces effets chimiques, des essais préliminaires de longue durée, sur 8 mois, ont été effectués sur deux peuplements de lombriciens subissant des perturbations profondes (notamment modification de pH et de sols). La méthode mise en oeuvre a permis avec des moyens très simples de vérifier l'adaptation, la survie et une profonde modification de la structure spécifique des peuplements dans des conditions de perturbations chimiques variées. La simplicité de la méthode permettrait d'en dériver une procédure standard d'étude des effets chroniques des pesticides.

SUMMARY

The restoration and adaptation of two earthworm populations (Annelida Oligochaeta) following chemical soil treatment .

Earthworm ecotoxicological studies deal with :

1) the direct assessment of the effect of chemicals on earthworm populations - such studies are tedious and the interpretation is difficult because of various interferences with agricultural techniques and local conditions - ;
2) the assessment of the toxicity in the laboratory - which , although clear-cut , only gives a partial estimation of the effect on populations in the field - .

These two classical approaches do not allow us to estimate the complete restoration and adaptation capacities of earthworm populations . An attempt to assess the effect of chemical treatments on those capacities in the field was made by conducting a long term experiment (8 months) using two earthworm populations in which pH varied with chemicals used . The procedure used allowed us to verify adaptation and survival rate of earthworm populations under various chemical stress-conditions . The experiment has demonstrated that chemicals which influence the pH strongly do change the composition of the earthworm population drastically . This relatively simple method possibly could be adapted to a standard procedure for the study of chronic effects of pesticides on earthworms or other soil organisms .

Références bibliographiques

Bouché, M.B., 1972 - Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ed. INRA Ann. zool. Ecol. anim., 72-2, n° spéc., 1-671.

Bouché, M.B., 1983 - Ecophysiologie des lombriciens : acquis récents et perspectives. In Ph. Lebrun et al. "New trends in soil biology", Ed. Univ. cathol. Louvain la Neuve (Belgique), 321-333.

Bouché, M.B., 1984 - Ecotoxicologie des lombriciens. I. Ecotoxicité contrôlée. Oecologia applicata, 5, 3, 271-287.

Bouché, M.B., sous presse - Ecotoxicologie des lombriciens. II. Surveillance de la contamination des milieux. Oecologia applicata.

Heungens, A., 1968 - The influence of DBCP on the soil fauna in azalea culture. Pedobiologia, 8, 281-288.

Heungens, A., 1969 - Considérations on earthworms in connection with the physico-pedological demands of azalea breeding. Meded. Rijksfac. Landbouwwet., Gent, 34, 1117-1126.

Heungens, A., 1970 - L'influence de quelques pesticides sur la faune du sol dans la culture de l'azalée. Meded. Rijksfac. Landbouwwet., Gent, 35, 717-729.

Heungens, A., O. Verdonck et A. Roos, 1975 - Considérations sur la conductivité et la salinité des substrates dans la culture des plantes ornementales. Revue de l'agriculture, 28, 2, 359-366.

Heungens, A. et E. Van Daele, 1977 - Analyses zoologiques de la litière en culture de plantes ornementales. Revue de l'agriculture, 30, 3, 571-588.

Heungens, A., 1980 - The influence of salt concentration on the enchytraeid population in pine litter. Pedobiologia, 20, 154-158.

Heungens, A., 1984 - The influence of some acids, bases and salts on an enchytraeid population of a pine litter substrate. Pedobiologia, 26, 137-141.

Satchell, J.E., 1955 - Some aspects of earthworm ecology. In D.K. Kevan (ed.) "Soil zoology", publ. Butterworths, London, 180-201.