Publication
sous les auspices
du Comité Français
du Programme Biologique
International

EXTRAIT

VIII

L'ÉCHANTILLONNAGE DES PEUPLEMENTS D'OLIGOCHÈTES TERRICOLES

par

M. B. Bouché

Extrait de « Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres », sous la direction de M. LAMOTTE et F. BOURLIÈRE

1969

VIII

L'ÉCHANTILLONNAGE DES PEUPLEMENTS D'OLIGOCHÈTES TERRICOLES

par

М. В. Воисне́ (*)

Les Oligochètes constituent une classe d'Annélides qui s'est différenciée sur les continents en restant normalement inféodée au sol. Ils se sont diversifiés en nombreux groupes taxonomiques qui occupent les milieux terrestres émergés et les eaux douces.

L'étude quantitative des populations d'Oligochètes terrestres offre un intérêt particulier, tant du point de vue écologique que de son corollaire anthropocentrique, le point de vue agronomique. En effet, ces animaux représentent sur les terres émergées une biomasse énorme, dépassant souvent en poids frais la tonne à l'hectare. L'activité de ce peuplement est remarquable à de nombreux égards et conditionne en partie la dynamique des écosystèmes. Qu'il suffise ici de signaler son importance notoire dans les processus de dégradation de la matière organique, processus libérateurs d'éléments chimiques utiles aux végétaux, et son rôle mécanique qui tend à approfondir le sol en l'aérant et en lui donnant certaines propriétés physiques. Les peuplements ripicoles et dulçaquicoles constituent une source d'aliments vraisemblablement importante pour les poissons continentaux.

En fait, la position écologique des Oligochètes est extrêmement complexe, car ils sont en étroite interdépendance avec les autres éléments de l'écosystème. La compréhension de leur fonction, aujourd'hui encore très imparfaite, dépend largement d'études globales de synthèse au niveau des grands types de milieux naturels. Du fait, vraisemblablement, de la discrétion relative de leur activité et de leur absence de nocivité à l'égard des intérêts humains, les recherches écologiques sur les Oligochètes n'ont pas, jusqu'à ces dernières décennies, été l'objet de grands travaux, malgré les œuvres de précurseurs comme Darwin (1827, 1881), Hensen (1877), Stockli (1928), Dimo (1938).

(*) Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Recherches sur la Faune du Sol, 7, rue Sully, F-21-Dijon.

LAMOTTE II.

Il y a lieu de souligner tout d'abord les difficultés d'étude inhérentes à la nature même et au mode de vie de ces animaux. Ils vivent normalement dans le sol, milieu opaque, ce qui limite beaucoup les observations directes, et à des profondeurs très variables, pouvant atteindre plusieurs mètres chez les grandes espèces. L'échelle des tailles est assez étendue : il n'est pas rare de trouver dans un même habitat des animaux adultes variant de 1 à 50 centimètres de longueur. Corrélativement, le nombre d'individus présents dans un espace donné varie beaucoup, les grosses espèces n'étant représentées que par quelques spécimens au mètre carré. Il est logique, dans ces conditions, d'établir une distinction entre la macrofaune (2 à 20 mm) et la mégafaune (20 à 200 mm) (Van der Drift, 1951), les problèmes posés comme les possibilités techniques d'étude n'étant évidemment pas les mêmes.

A. – PROCÉDÉS DE PRÉLÈVEMENT DE LA MÉGAFAUNE

Pour effectuer une étude du peuplement se rattachant à la mégafaune, différentes techniques, de valeurs très inégales, peuvent être mises en œuvre; parmi celles-ci, on peut distinguer des méthodes extrayant les animaux par des actions physiques et des procédés faisant intervenir un facteur qui conditionne leur comportement. Un certain nombre de moyens complémentaires permettent d'améliorer par des voies indirectes nos connaissances sur une population.

1º Procédés physiques

Ils comportent deux stades distincts : le prélèvement de l'échantillon de sol et l'isolement des Oligochètes qu'il renferme.

a) Prélèvement des échantillons de sol. — L'extraction de sol impose parfois une limite aux procédés physiques de récolte des Oligochètes. Elle est parfois impossible, notamment dans les sols extrêmement rocailleux. Elle est souvent délicate et imprécise en milieux sablonneux, caillouteux ou très riches en racines ligneuses (hêtraie). Enfin, elle est toujours limitée en profondeur, ce qui a des conséquences importantes pour les très grosses espèces qui fouissent le sol à des profondeurs de plusieurs mètres.

L'extraction de la terre se fait d'une façon générale avec des outils aratoires simples tels que la bêche. Certaines erreurs s'introduisent à ce niveau, car la détermination précise du volume de sol prélevé est délicate. Zicsi (1962) a utilisé pour ce travail un outil particulier qui découpe une carotte de terre de 1/16 de mètre carré sur 20 centimètres de profondeur. Le procédé est toutefois applicable seulement aux sols ne présentant qu'une faible résistance mécanique. Afin de

repousser la limite technique de ces travaux, j'ai mis au point un carottier utilisant un mécanisme pneumatique similaire à ceux en usage dans les marteaux-piqueurs (Bouché). Un dispositif analogue est en cours d'étude en Grande-Bretagne (Satchell, comm. pers.).

b) Traitement des échantillons de sol. — Le tri direct de la terre, avec l'aide ou non d'un tamisage, a été longtemps le seul mode de traitement appliqué au sol. Il constitue encore aujourd'hui le procédé le plus généralement utilisé et sert de référence aux autres techniques.

Cette méthode, très laborieuse, présente en outre une relative imprécision, notamment pour les petites formes et les cocons. Il n'est pas aisé de connaître l'erreur introduite car un grand nombre de facteurs interfèrent dans ce mode de tri.

J'ai donc développé depuis 1965 un procédé de fractionnement mécanique par lavage-tamisage, qui réduit considérablement les risques d'erreurs humaines et rend impossible la perte d'animaux. La mise au point d'un procédé de lévigation complémentaire permet de diminuer la durée du tri. Ce procédé présente l'avantage de fournir également des données sur le poids des racines et sur la macrofaune totale.

Un appareil faisant intervenir successivement une sédimentation et une lévigation a été construit très récemment à University College de Londres. Son rendement est encore inconnu.

2º Procédés éthologiques

Depuis un quart de siècle, différents auteurs ont préconisé des procédés qui déclenchent le déplacement actif des Oligochètes hors du sol. Il suffit alors d'effectuer le ramassage des animaux.

a) Méthodes chimiques. — Diverses substances ont été proposées pour extraire la faune de son substrat; nous mentionnerons simplement deux d'entre elles, qui ont fait l'objet d'études comparatives importantes. Le permanganate de potassium, utilisé par Evans et Guild (1947), est aujourd'hui totalement abandonné, en particulier à la suite des travaux comparatifs de Svensen (1955). Raw (1959) a proposé l'usage du formol; cette méthode a donné lieu à une étude qui sera exposée plus loin.

Les méthodes chimiques ont l'inconvénient de nécessiter un volume d'eau important. De plus, l'écoulement des solutions varie beaucoup avec la texture et la structure du sol; il varie aussi avec le type de galerie des vers de terre.

b) Méthodes électriques. — En 1933, Walton a décrit les effets du courant alternatif domestique (110-120 volts) sur les vers de terre et proposé un appareil simplifié à une seule électrode : le procédé dérivait du dispositif utilisé par les pêcheurs pour obtenir des appâts. Cet auteur fait une bonne critique de la méthode

et précise quelques-unes de ses limites. Doecksen (1950) a repris le problème et proposé un appareil pour le terrain, original et autonome. Satchell (1955) a amélioré les électrodes et donné une étude systématique du procédé en insistant notamment sur la distribution du courant dans le sol, en précisant les aires de rendement optimal, la durée d'application du traitement, etc. Jeanson (1964) a décrit également un appareil d'emploi commode.

D'une façon générale, la méthode électrique a de très nombreux inconvénients pour les études quantitatives, à cause de son faible rendement et de la méconnaissance du volume traité, qui varie beaucoup suivant les sols et la saison, en fonction de la conductivité. Elle est actuellement abandonnée pour les études quantitatives, mais peut, en revanche, rendre de grands services pour les études qualitatives.

c) La chaleur. — Ce procédé qui, comme on le verra plus loin, est largement utilisé pour les *Enchytraeida*, a été appliqué par Satchell aux Lombricides, notamment pour mieux connaître les populations des petites formes. Il permet de compléter les résultats obtenus par la méthode au formol. Le dispositif s'inspire de l'appareil de Baermann. Avec l'autorisation de l'auteur, j'en donnerai ici une brève description.

Un échantillon de terre est prélevé à l'aide d'un carottier particulier de 20 × 20 centimètres, sur une profondeur de 10 centimètres (les petites formes vivent en général près de la surface). Le sol est ensuite émietté en grosses mottes et placé sur un grillage à petites mailles; il est trempé dans l'eau. Des lampes à incandescence d'une puissance de 840 watts sont placées très près (environ 1 cm) et au-dessus du sol. Sous l'influence de la chaleur et de la lumière, les animaux migrent en-dessous du grillage, où ils sont récoltés.

d) Conclusion. — Les méthodes éthologiques présentent des inconvénients nombreux et l'on doit admettre que, fondamentalement, elles ne donnent que des valeurs minorées. Elles supposent la mobilité des animaux, ce qui n'est pas le cas des cocons ni des formes en quiescence ou en diapause. Elles impliquent l'uniformité de la réponse au facteur utilisé, alors que de grosses différences existent entre individus, espèces, types de sols, saisons, etc. Néanmoins, leur commodité constitue un gros avantage et leur amélioration est souhaitable. On peut envisager un progrès en trouvant des agents plus efficaces, en précisant les possibilités réelles de chaque procédé et en établissant des facteurs de corrections.

3º Procédés intermédiaires physico-éthologiques. Valeurs relatives des techniques

Une expérimentation poursuivie sur une prairie naturelle à Citeaux (Côted'Or) a tenté d'établir la valeur relative des diverses méthodes. Le sol limoneux, moyennement humide, abrite essentiellement les espèces Allolobophora terrestris typica, A. caliginosa, A. icterica, A. rosea et Lumbricus castaneus.

Les prélèvements par la méthode physique couvraient une aire de

 50×50 centimètres; ils étaient subdivisés en strates épaisses de 20 centimètres jusqu'à la profondeur de —60 centimètres.

La méthode éthologique utilise le formol selon une procédure établie par Satchell et légèrement modifiée pour être adaptée au système métrique. L'échantillon se compose de 10 paires de quadrats de 0,5 m². L'arrosage est effectué en déversant 10 litres de solution par quadrat toutes les 10 minutes. Il y a 4 applications de 25 millilitres de formol du commerce pour chacune des 2 premières, puis de 50 millilitres pour les dernières.

La méthode physico-éthologique combine les 2 premiers procédés : l'application du formol est suivie d'un prélèvement de sol limité à 20 centimètres de profondeur.

Tous les tris pour séparer la faune de la terre sont réalisés avec l'aide d'un lavage qui élimine les erreurs d'observations.

Le tableau I permet de tirer quelques conclusions de cette expérimentation :

10 La méthode de labour, couramment pratiquée, jusqu'à —20 centimètres donne un nombre presque équivalent à celui de la méthode physico-éthologique, mais les animaux capturés en plus par ce dernier procédé sont de grande taille et influent fortement sur la biomasse.

2º L'augmentation de la profondeur prospectée par la méthode de labour jusqu'à —60 centimètres permet une meilleure appréciation en nombre des animaux. La méthode physico-éthologique reste néanmoins supérieure sur le plan de la biomasse (ceci est vrai pour la période hivernale pendant laquelle a été pratiquée l'expérience).

3º Tous les procédés sont insuffisants; le bêchage à —60 centimètres ne permet pas l'appréciation de la totalité de la biomasse capturée par la méthode

Tableau I. — Densités et biomasses des animaux capturés respectivement par les trois méthodes de prélèvements a Citeaux (hiver 1966-67)

Moyennes de trois prélèvements : 28-11-66, 4-01-67, 14-02-67

Méthode	Profondeur du prélèvement (cm)	Densitė moyenne individus (m²)	Biomasse moyenne (g/m²)	Pourcentage par rapport à la méthode physico-éthologique		
				Nombre	Biomasse	
Physico- éthologique	0-20 + ?	328,8	167,4	100	100	
Formol (éthologique)	5	55,4	34,7	16,9	20,7	
Fosse + lavage (physique)	0-20 20-40 40-60 0-60	313,3 58,9 22,4 394,6	107,7 29,2 16,3 153,3	95,3 17,7 6,8 120,0	64,3 17,4 9,7 91,6	

physico-éthologique, ce dernier procédé ne capturant lui-même qu'une fraction du nombre des individus.

4º Le formol attire sélectivement les gros animaux, même pour une profondeur inférieure à —60 centimètres. La faune sort cependant peu du sol, à l'exception des animaux les plus précipités dans leur mouvement ascendant. La lucifugie, les conditions météorologiques épigées, le thigmotropisme, peuvent expliquer ce comportement. L'augmentation des doses de formol ne conduit qu'à accroître la mortalité dans le sol.

La figure 1 montre que, dans cette prairie permanente de Citeaux, la méthode au formol est profondément insuffisante; elle ne permet de capturer en moyenne que 26,7 p. 100 de la faune prise par le meilleur procédé. Il est à remarquer que les variations saisonnières observables diffèrent avec les deux procédés. La chute estivale provient peut-être d'une authentique diminution de la population, mais aussi de l'insuffisance des deux méthodes (animaux immobiles). Les variations saisonnières observées par une seule méthode doivent donc être très attentivement critiquées.

Les résultats présentés ici doivent évidemment être confirmés et ne sont valables que sur le cas particulier étudié. De grosses différences existent en effet en fonction des conditions faunistiques locales.

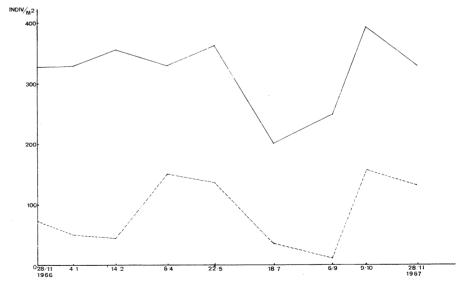


Fig. 1. — Nombres moyens d'individus capturés sur un mètre carré par la méthode physico-éthologique (trait plein et la méthode au formol (trait en tirets), pendant une année à Citeaux.

4º Procédés indirects

Pour être complet, il convient de mentionner la possibilité d'étudier l'agrégation ou l'homogénéité des grandes espèces fouisseuses par les traces de leur activité (rejets, galeries). Cette approche est toutefois assez délicate, car on doit

avoir la certitude de l'uniformité des facteurs réglant le comportement des animaux dans le milieu considéré. On peut cependant, en observant l'apparition des turricules au fond des fosses creusées, constater l'insuffisance de la profondeur d'un prélèvement mécanique (Vincent, 1965).

B. – PROBLÈMES POSÉS PAR L'ÉCHANTILLONNAGE DE LA MÉGAFAUNE

Le choix de la méthode d'échantillonnage dépend fondamentalement des buts visés, de la précision exigée, des conditions imposées par la nature du milieu étudié et des moyens disponibles. Inversement, la sélection judicieuse d'un procédé d'échantillonnage influe fortement sur la réalisation d'un programme d'étude par l'économie des moyens qu'elle permet et par la nature des résultats obtenus. Pour exercer un jugement en cette matière, certains éléments doivent être définis; ce sont, pour les Oligochètes : les techniques d'extraction; le nombre et les dimensions spatiales d'un prélèvement constituant un échantillon; la distribution des prélèvements entrant dans cet échantillon; enfin, si le facteur est suivi dans le temps, la fréquence des prélèvements. Nous avons déjà envisagé les techniques dans le chapitre précédent; abordons le problème des dimensions des prélèvements.

1º Nombre et dimensions des prélèvements constituant un échantillon

Un prélèvement d'Oligochètes s'effectue sur une aire donnée et à une profondeur établie (méthode physique) ou inconnue (méthode éthologique). Il est hors de propos de donner ici une liste exhaustive des aires minimales retenues par les différents auteurs. Leur justification, lorsqu'elle existe, est souvent empirique; elle dépend en tout état de cause de la technique d'extraction utilisée. Wilcke (1955) a présenté une compilation sur ce sujet.

D'une façon générale, on cherche à réduire l'aire pour pouvoir augmenter le nombre de prélèvements formant l'échantillon et obtenir ainsi une représentation du peuplement qui se prête le mieux aux traitements statistiques.

Pour des raisons purement pratiques, on ne peut toutefois pas descendre en dessous d'une aire minimale de 50 \times 50 centimètres dans le cas des procédés chimiques et des méthodes physiques nécessitant le creusement de fosses profondes. En revanche, le prélèvement est réduit fréquemment au 1/16 de mètre carré pour une analyse physique limitée à une profondeur de 20 centimètres.

Malheureusement, plus la surface est petite, plus augmentent le nombre des animaux tronqués par les outils assurant la découpe des bordures, dans les méthodes physiques, et la possibilité de fuites marginales (Vincent, 1965). Les prélèvements de grande taille présentent l'avantage d'une moins grande varia-

bilité, pour la raison évidente qu'ils estompent les micro-variations présentées à l'intérieur de leur surface. Cela est utile en certaines circonstances, mais peut également masquer des phénomènes importants pour l'analyse.

L'utilisation d'une aire de forme carrée est généralisée, car la forme circulaire, théoriquement la plus avantageuse par la réduction de l'effet de bordure, est peu pratique.

Selon une méthode utilisée par les phytosociologues, j'ai établi l'aire minimale pour le terrain d'études de Citeaux en comparant le nombre d'espèces capturées dans des aires de tailles croissantes : 0,25 m² permet de capturer toutes les espèces courantes avec la méthode au formol. L'aire de 0,5 m² préconisée par Satchell pour cette méthode peut donc être retenue.

En général, les auteurs ont retenu, pour les prélèvements physiques, des aires de 25 × 25 centimètres avec de nombreuses répétitions ou des aires plus importantes (1 × 1 m ou 2 × 2 m) avec peu de répétitions. La plupart des publications ne précisent d'ailleurs pas le nombre des répétitions constituant les échantillons qui ont été étudiés, mais on peut considérer qu'il est très faible (1 à 3). Zicsi (1962) a présenté une étude comparative approfondie des aires minimales et du nombre de répétitions nécessaires pour des sols arables cultivés à populations moyennement élevées dans le cas des techniques du tri manuel (tabl. II). Il conclut que les prélèvements de sol trop importants (100 × 100 ×

Tableau II. — Nombre moyen de Lumbricidae extraits a partir de prélèvements de différentes surfaces et écart de la moyenne calculée sur une fraction de prélèvements a la moyenne générale de 50 prélèvements (d'après Zicsi, 1962)

Surface des prélèvements (cm)	Moyenne générale par m²	Nombre de prélèvements par échantillon					
	(50 prélèvements)	25	16	10	8	6	
Keszthely 25 × 25 50 × 50 50 × 100 100 × 100	84,5 77,7 62,8 62,6	5,1 7,8 3,9 3,9	7,7 8,2 6,9 4,5	10,5 10,7 8,2 8,2	19,3 15,0 12,7 11,2	31,0 25,0 21,3 20,9	
Martonvâsâr 25 × 25 50 × 50	50,2 54,6	4,9 4,6	6,8 6,9	9,8 9,7	16,0 11,8	27,0 24,3	

20 cm) donnent moins d'animaux par mètre carré que les petits ($25 \times 25 \times 20$ cm). Nelson et Satchell (1962) ont présenté une étude des limites humaines liées à la méthode du tri manuel et ont montré ses insuffisances à l'égard des petites formes. Il est très important de souligner que plus les techniques d'extraction seront efficaces, plus les aires traitées pourront être réduites.

La profondeur des prélèvements est également fonction de multiples facteurs; très souvent limitée à 20 centimètres, elle est parfois portée à 50-60 centimètres (Zicsi, 1962; Vincent, 1965). Atlavinite (1966) l'a étendue à 1,20 m pour certains travaux. Nous avons vu que la méthode physico-éthologique semble permettre la limitation de tels travaux, extrêmement laborieux, à la zone superficielle.

2º Répartition des divers prélèvements constituant un échantillon

Le problème de la distribution spatiale des points de prélèvement qui constituent l'échantillon ne présente pas de particularité propre aux Oligochètes; sa solution fait appel aux procédés utilisés classiquement en écologie.

Son importance ressort clairement des rares études qui ont été faites sur ce sujet et qui concluent à l'existence d'une distribution des espèces en mosaïque avec des points de densité maximale et minimale (Guild, 1952; Vincent, 1965).

3º Fréquence des échantillons

Les études poursuivies au cours du temps sont assez rares et par surcroît assez incertaines, car les techniques quantitatives sont sensibles aux facteurs climatiques et ne rendent donc pas fidèlement compte de l'état des populations. Citons néanmoins les essais de Evans et Guild (1947), qui se sont efforcés d'étudier le cycle annuel d'un peuplement. La figure 1 montre qu'une méthode éthologique est très sensible à l'état physiologique de la faune, ce qui se traduit sous les climats semi-continentaux de notre Station d'études par une forte baisse d'efficacité en hiver, par suite du froid, et en été, par suite des états de quiescence et de diapause.

Pour établir un cycle annuel, une grande fréquence des prélèvements est souhaitable, mais elle est nécessairement limitée par les moyens naturels et les exigences propres à chaque échantillon.

En pays tropical à alternance de saison sèche et de saison humide, Lamotte (1958) et Vincent (1965) ont pu établir le cycle saisonnier avec une précision satisfaisante, mais au prix d'une main-d'œuvre abondante qu'il serait difficile de réunir dans nos régions.

4° Recherche d'une efficacité optimale dans l'échantillonnage

Il me semble intéressant de décrire ici le principe de la méthode récemment retenue au terrain d'études de Citeaux.

Il s'agissait de déterminer le cycle annuel du peuplement de vers de terre en définissant, avec un maximum de précision, les paramètres propres aux populations (stades, biomasses, classes de poids, périodes de reproduction, etc.). Certaines espèces, abondamment représentées, nécessitent peu de prélèvements par échantillon, alors que d'autres, plus rares, obligent à un gros travail, car plus

on cherche à étudier une fraction réduite de population, plus les prélèvements doivent être importants. Les exigences de l'échantillonnage sont ainsi très différentes selon que l'on veut connaître le nombre total d'individus du peuplement ou celui d'une classe de poids d'une espèce peu fréquente.

J'ai donc adopté une combinaison temporo-spatiale de regroupement des prélèvements constituant l'échantillon en partant des principes suivants :

1º Prélever dans des emplacements éloignés les uns des autres, et pris au hasard, de façon à obtenir une représentation moyenne dans l'échantillon. J'ai retenu une distribution spatiale semi-désordonnée des prélèvements (prélèvements pris au hasard dans des zones choisies du terrain).

2º Regrouper des prélèvements à des moments différents pour former l'échantillon représentatif moyen d'une période de l'année. Les variations temporaires accidentelles survenant à chaque prélèvement sont ainsi « tamponnées » dans une moyenne. J'ai choisi d'effectuer deux paires de prélèvements hebdomadaires (maximum possible pratiquement) et de grouper plusieurs semaines pour avoir un nombre suffisant de prélèvements constituant l'échantillon.

Plus la fraction faunique prise en considération dans l'analyse sera étroite, plus grand devra être le nombre de prélèvements hebdomadaires confondus. Inversement, si les effectifs initiaux sont grands, on obtiendra une meilleure précision sur les variations saisonnières. Il est par ailleurs possible, en utilisant plusieurs fois les mêmes données, de dégager sur une moyenne pluri-hebdomadaire la tendance de l'évolution d'un facteur, semaine par semaine. Un facteur exigeant pour une précision choisie de regrouper 8 paires de prélèvements (couvrant 4 semaines) pourra ainsi être analysé en confondant les résultats des semaines nº 1, 2, 3 et 4, puis 2, 3, 4 et 5, puis 3, 4, 5 et 6, etc.

Il est encore possible d'effectuer deux types d'analyses distinctes, soit en regroupant un petit nombre de semaines pour mieux mettre en évidence les variations dans le temps, soit en constituant des groupes correspondant à des semaines plus nombreuses pour réduire la variation du facteur considéré.

C. - LE CAS DE LA MACROFAUNE

Les Oligochètes ayant une taille de 2 à 20 millimètres environ (= macrofaune) appartiennent à plusieurs familles, mais seuls les *Enchytræidæ* ont été l'objet d'études quantitatives, cette famille ayant une importance écologique certaine sous nos climats tempérés. L'étude taxonomique de ces animaux ne peut se faire commodément que lorsqu'ils sont vivants (Nielsen et Christensen, 1959). Il a donc été nécessaire de mettre au point des méthodes d'extraction qui respectent l'état de ces animaux fragiles.

1º Techniques d'extraction

Les anciens travaux quantitatifs de Jegen (1920) et Moszynski (1930-33) ont été exécutés par tri direct des individus à partir de l'échantillon de terre, mais ce travail fastidieux n'est pas compatible avec des programmes écologiques importants.

Nielsen (1952-53) a décrit un appareil qui permet d'établir peu à peu un double gradient hygro-thermique dans le bloc de sol, ce qui entraîne le déplacement de la faune. Le bloc de sol prélevé sur le terrain est conservé avec sa structure. On le soumet à un chauffage et à une humidification par la base en le plaçant un peu en dessus d'une surface d'eau chauffée progressivement pendant plus de 3 heures et jusqu'à 85 °C. Le bloc est recouvert de sable grossier contenant un dispositif de refroidissement par courant d'eau. Ce dispositif est mis en route après 1 heure environ, lorsque la surface de la terre atteint 25 °C. Le prélèvement est ainsi soumis à un gradient thermique important par le fait du chauffage à la base et du refroidissement au sommet; l'évaporation de l'eau chaude inférieure et sa condensation à l'autre extrémité créent également un gradient hydrique. Les animaux migrent peu à peu dans la couche supérieure de sable grossier, dont il est ensuite facile de les isoler par lavage et décantation.

Un deuxième procédé dérivé de l'appareil de Baermann (1917) a été proposé par O'Connor (1955). Dans ce dispositif, la terre est placée dans un entonnoir plein d'eau, sur un tamis laissant passer les animaux. La récolte se fait en fin d'opération à la base de cet entonnoir. La migration des *Enchytraida* est déclenchée et orientée par un chauffage et un éclairage issus d'une lampe placée au-dessus de l'entonnoir. Trois heures sont également nécessaires pour l'extraction.

De l'analyse de divers travaux (Nielsen, 1952-53; O'Connor, 1962; Peachey, 1962), il ressort que la première méthode semble la plus adéquate pour les sols pauvres en matière organique, tandis que la seconde est plus convenable pour les terres humiques. Les deux procédés se sont avérés donner des valeurs qui sont reproductibles. L'homogénéité des résultats obtenus dans les études de répartitions spatiales prouve indirectement leur régularité, comme l'a souligné O'Connor (1962).

Malgré ces incontestables qualités, il est certain que des progrès importants sont encore possibles, notamment en cherchant à préciser des conditions optimales de migration de la faune, et c'est pourquoi je me suis attaché à établir certaines d'entre elles.

L'appareil réalisé dans notre laboratoire s'inspire également de la méthode de Baermann; il diffère essentiellement de celui de O'Connor par le fait que l'eau est chauffée à l'aide d'une résistance, l'éclairage étant naturel. Un dispositif collecteur de fractions permet de contrôler la dynamique du phénomène par tranches de 30 minutes pendant 4 heures. Tous les essais ont été effectués à partir d'un sol contenant une faune d'*Enchytræidæ* de densité moyenne. Les tris et comptages ont été effectués en utilisant un dispositif déjà décrit (Bouché, 1967).

Une expérience préliminaire a établi que l'efficacité de l'extraction variait peu dans la gamme des températures comprises entre 200 et 35 °C. Vers 35 °C, les animaux récoltés présentaient toutefois fréquemment des lésions et nous avons retenu comme norme 20 °C. L'observation directe montre qu'une fraction du

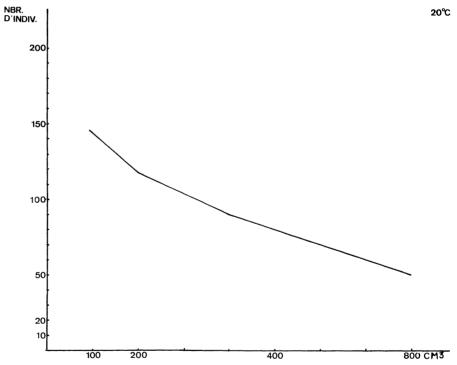


Fig. 2. — Nombre d'individus capturés par litre de sol en fonction des volumes élémentaires de terre subissant l'extraction.

peuplement tend à monter à la surface de la terre et ne passe sous le tamis qu'après un assez long laps de temps. Le volume de terre traité pour une même surface de tamis (12,26 cm²) influe fortement sur le rendement (fig. 2) et sur la dynamique de l'extraction (fig. 3).

2º Le problème de l'échantillonnage de la macrofaune

Les populations d'*Enchy traida* sont caractérisées par une densité de plusieurs milliers d'animaux au mètre carré, pouvant atteindre 300 000 individus au mètre carré (Peachey, 1963). Il est dès lors possible d'effectuer un échantillonnage portant sur un grand nombre de prélèvements de petite taille. Il y a ainsi une grande similitude entre les caractéristiques numériques de ce peuplement et celles de certains taxons mésofauniques à forte densité d'individus (Microarthropodes, Nématodes).

Nielsen (1955), O'Connor (1962) et Peachey (1963) s'accordent pour reconnaître que la fraction la plus importante de la faune se trouve située dans les 5 à 6 centimètres supérieurs du sol et adoptent des aires de prélèvement du même ordre de grandeur : Nielsen, 41 centimètres carrés; O'Connor, 31 centimètres

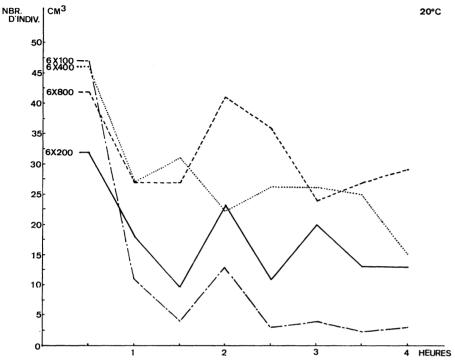


Fig. 3. — Dynamique de l'extraction des Enchytraeidae contenus dans 4 volumes de terre différents (600, 1200, 2400, 4800 cm³) fractionnés 6 fois.

carrés; Peachey, 41,8 cm², puis 9,6 cm². Cette faible dimension facilite la multiplication du nombre des prélèvements constituant un échantillon et permet ainsi un meilleur traitement statistique (Peachey, 1963).

La principale difficulté réside dans la détermination systématique de la faune qui doit être effectuée sur des animaux vivants. C'est pourquoi les études mentionnent souvent le peuplement total d'*Enchytraida*, indiquant par ailleurs la liste faunistique. Il y a pourtant grand intérêt à suivre les facteurs au niveau des populations spécifiques, car l'utilisation des résultats se montre difficilement exploitable au niveau de peuplements globaux. C'est ainsi que Peachey montre que la migration en profondeur durant l'hiver est très différente selon les espèces qui constituent le peuplement d'*Enchytraida*: un prélèvement hivernal effectué jusqu'à 16 centimètres de profondeur indique que 19 p. 100 de la faune globale est en dessous de 6 centimètres, alors que le pourcentage est de 69 p. 100 pour le genre *Mesenchytraus*, pris séparément. De son côté, O'Connor a montré l'importance de la distinction spécifique et de l'étude détaillée des populations, par

exemple pour la sensibilité à la sécheresse (en 1957) ou pour l'activité métabolique (en 1963).

La répartition spatiale des prélèvements a fait l'objet de travaux importants. Nielsen (1955) a conduit ainsi une étude à grande échelle à la fois qualitative et quantitative sur 46 stations danoises, regroupant ses résultats en différents types de stations : habitats humides, pâtures, sols arables, landes à bruyères, forêts. L'absence de données mésologiques précises rend délicate l'interprétation des résultats, mais il ressort néanmoins que, indépendamment de la composition spécifique, les populations d'*Enchytræidæ* croissent avec la quantité de matière organique présente dans le sol. La sensibilité de cette faune à la sécheresse peut être également évoquée, quoique la méconnaissance de la succion des sols rende difficile l'explication de la décroissance du niveau faunique de certains habitats humides. Le même auteur a montré en 1954, par un procédé cartographique, le caractère agrégé des populations : celles-ci se distribuent par taches, un système à petite échelle s'intégrant dans le cadre d'une autre mosaïque de grande échelle.

Les résultats de Nielsen ont été corroborés par les travaux de O'Connor (1957) et de Peachey (1963). Ce dernier auteur a établi le caractère agrégé des populations en usant de la méthode classique d'un échantillonnage systématique reporté à l'aide d'un système de coordonnées sur carte, en même temps que d'un procédé développé par Hugues (1962) (" tie line sampling ") qui permet d'arriver à une conclusion identique avec un nombre de prélèvements réduit de 100 à 10.

BIBLIOGRAPHIE

Atlavinite (O. P.). — Potchvennye bespozbonotchnye kosy Kyrchiou niara (Invertébrés édaphiques du cordon littoral Kyrchiou-niara). Lieturos T.R.S. Mokslu Akad. Darbai Ser. C, 1966, 2, 40, 177-187. — Baermann (G.). — Eine einfache Methode zur Anffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. Meded. Genesk. Lob. Weltevreden, 1917, 41-47. — Bouché (M. B.). — Un nouvel appareil de tri pour la faune endogée. Pedobiologia, 1967, 7, 1, 88-92. — Bouché (M. B.), en préparation. — Considérations sur les méthodes de prélèvements de sol. Description de deux nouvelles sondes. — Bouché (M. B.). — Comparaison critique de méthodes d'évaluation des populations de Lumbricidae. Pédobiologia (sous presse). — Darwin (C.). — On the formation of mould. Trans. geol. Soc. London, 1827, \$5, 505. — Darwin (C.). — Earthworms and vegetable mould, 1881, Murray, London, 1326. — Doeksen (A.). — An electrical method of sampling soil for earthworms. IV e Congr. Int. Sc. Sol, Amsterdam, 1950, 2, 129. — DIMO (N. A.). — Zemlianye tchervi v potchwakh Srednei Azii (Les vers de terre dans l'Asie Centrale). Pochvovedenie, 1938, 4, 494-526. — Evans (A. C.) and Guild (W. J. Mil.). — Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. Ann. Appl. biol., 1947, 34, 3, 397-330.

34, 3, 307-330.

Guild (W. J. McL.). — Variation in earthworm numbers within field population. J. Anim. Ecol., 1952, 21, 2, 169-181. — Hensen (V.). — Die Thätigkeit des Regenswurms (Lumbricus terrestris L.) für die Fruchtbarkeit des Erdbonens. Zeitsch. f. Wiss. Zool., 1877, 28, 354-364. — Hughes (R. D.). — The study of aggregated populations. In: Progress in Soil Zoology, 1962, Butterworths, London, 51-55. — Jeanson (C.). — Extracteur de Vers de terre. Brevet C.N.R.S., 1964, nº 137-88-69 du 12 octobre 1964. — Jegen (G.). — Die Bedeutung der Enchytraeiden für die Humusbildung. Landw. Jb. Schweiz., 1920, 34, 55-71. — Lanotte (M.). — Le cycle écologique de la savane d'altitude du Mont Nimba (Guinée). Ann. Soc. Roy. Zool. Belgique, 1958-1959, 89 (1), 119-150. — Moszynski (A.). — Rozmieszcsnie iloséiowe wazonkowców (Enchytraeidae w roznych srodowiskach (Répartition quantitative dans différents milieux des Enchytraeidae). Ann. Mus. Zool. polon., 1930-3, 9, 65-127. — Nelson (J. M.) and Satchell (J. E.). — The extraction of Lumbricidae from soil with special reference to the hand sorting methode. Soil zoology, 1962, Butterworths, London, 294-299. — Nielsen (C. O.). — Studies on Enchytraeidae. I. A technique for extracting Enchytraeidae from soil samples. Oikos, 1952-1953, 4, 187-196. — Nielsen (C. O.). — Studies on Enchytraeidae. Oikos, 1954, 5, 167-178.

Nielsen (C. O.) and Christensen (B.). — The Enchytraeidae critical revision and taxonomy of european species. Natura Juliandica, 1959, 8-9, 1-160. — O'Connor (F. B.). — Extraction of Enchytraeidae worms from a coniferous forest soil. Oikos, 1955, 8, 161-199. — O'Connor (F. B.). — An ecological Study of Enchytraeidae worm populations of a coniferous forest soil. Oikos, 1957, 8, 2, 161-199. — O'Connor (F. B.). — The extraction of Enchytraeidae from soil. Soil Zoology, Butterworths, London, 279-285. — O'Connor (F. B.). — Oxygen Consumption and population metabolism of some population of Enchytraeidae from North Walls. Soil organisms North Holland. Publ. Co. Amsterdam, 32-48. — Peachey (J. E.). — A comparison of two techniques for extracting Enchytraeidae from moorland soils. Soil Zoology, Butterworths, London, 286-293. — Peachey (J. E.). — Studies of Enchytraeidae of moorland. Soil. Pedobiologia, 1963, 2, 2, 81-95. — Raw (F.). — Estimating earthworms populations by using formalin. Nature, (London), 1959, 184, 1661-1662. — Satchell (J. E.). — An electrical method of sampling earthworms populations. Soil Zoology, Butterworths, London, 356-364. — Stockli (A.). — Studien über den Einfluss des Regenwurmes auf die Beschaffenheit des Bodens. Landw. Jb. Schweiz., 1928, 42, 1-121.

Svendsen (J. A.). — Earthworms populations studies: a comparison of sampling methods. Nature (London), 1951, 175, 864. — Van der Drift (J.). — Analysis of the animal community in a beech forest floot. Tijdsch. v. Entomol., 1951, 94, 1-168. — Vincent (J. P.). — Le peuplement en Oligochètes benhamines des sols ferrugineux de la savane de Lamto (Côte-d'Ivoire). D.E.S. Fac. Sc. Paris, décembre 1965 (non publié). — Walton (W. R.). — The reaction of earthworms to alternating current of electricity in the soil. Proc. entomol. Soc. Wash., 1933, 35, 2, 24-27. — WILCke (D. E.). — Kritische Bemerkungen und Vorschlage zur quantitativen Analyse des Regenwurmbesatzes bei zoologischen Bodenuntersuchungen. Z. PflErnähr. Düng., 1955, 68, 44-9. — Zicsi (A.). — De

