

Bulletin d'Ecologie, 23, 3-4, 203-204, 1992

RÉSUMÉS DE THÈSES

Abdul Motalibe Mohammad ABDUL RIDA.— *Biosurveillance de la contamination du sol : apport de l'étude des lombriciens à l'évaluation des risques liés aux éléments traces.* Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II (Sciences et Techniques du Languedoc), soutenue le 2 juillet 1992. Jury : M. Y. ESCOUFIER, Président ; M. C. JUSTE & M. F. RAMADE, rapporteurs ; M. M.B. BOUCHE & M. J.-Y. GAL, examinateurs, 234 pp., 53 fig., 56 tab., 5 Ann., 322 réf. Mots-clés : écotoxicologie, biosurveillance, environnement, élément trace, lombricien, sol, chaîne alimentaire, microcosme.

Objectifs et contexte du travail.— Évaluer le risque écotoxicologique, c'est être capable de mesurer dans les écosystèmes biophysicochimiques réels les risques encourus par les êtres vivants mis en présence de substances nocives. Cette appréciation du risque porte à la fois sur son constat en tant qu'effet, sur son évaluation et sur la compréhension des mécanismes en cause.

L'étude a été conçue pour apprécier le degré des risques écologiques pouvant résulter de teneurs élevées de cinq éléments traces (Cd, Cu, Ni, Pb et Zn) dans six zones du Sud de la France (figure 1). Ces éléments ont des origines variées : géologique (zones de l'Ardèche et Anduze-Alès) et anthropogénique (Frontignan-Séranne, Montpellier, Le Lez, Anduze-Alès, Narbonne et Ardèche). Ces zones ont fourni 186 points d'étude aux propriétés physico-chimiques de sols très diversifiés.

Dans ce travail, les lombriciens ont été étudiés sous trois aspects :

- en tant que bio-indicateurs physiologiques de la qualité du milieu, en comparant leurs concentrations avec celles des sols obtenues par des méthodes de solubilisation chimique totale et partielle ;
- en tant que bio-indicateurs existentiels (survie ou non) afin de connaître les seuils de la toxicité de certains éléments traces vis-à-vis des lombriciens *in situ* ;
- comme chaînon dans certaines chaînes alimentaires assurant le transfert des éléments traces et représentant un risque pour leurs prédateurs.

Méthodologie.— Le choix des points d'étude a été effectué pour couvrir non pas de façon homogène une surface cartographique, mais plutôt pour prendre en compte des situations écotoxicologiques supposées diversifiées : zones réputées contaminées près d'usines, en ville ou près d'exploitations minières, zones supposées non contaminées dans des secteurs moins marqués par l'activité humaine, tout cela dans des sols à caractéristiques pédologiques et surtout physico-chimiques variées. Il s'agit d'avoir un échantillon où les relations sol - éléments traces - biocirculation soient suffisamment diversifiées

pour décrire des situations environnementales ayant une valeur générale. La démarche ponctuelle a été pratiquée pour associer spatio-temporellement le maximum d'information liées. Elle consiste, dans notre travail, à prélever les lombriciens et le sol qui se trouve dans un seul point d'étude sans faire la moyenne de plusieurs points ou prélèvements, afin de bien conserver l'information des deux compartiments échangeant les éléments.

Nous avons pratiqué sur les sols les analyses suivantes : granulométrie (argile, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier), carbone organique, azote, capacité d'échange cationique et cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+), pH dans l'eau et dans une solution normale de KCl et teneurs totale et partielle en Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Ca, Fe et Mn.

Chaque lombricien a été déterminé pour connaître son taxon, son stade de développement, son état et enfin sa catégorie écologique, puis soumis à des mesures : masse fraîche totale, masse fraîche disséquée, masse sèche disséquée et masse de l'endotère. Les lombriciens sont minéralisés par HNO_3 pour connaître leurs teneurs en éléments traces totaux.

Pour comprendre certains mécanismes relatifs au rôle des lombriciens sur la biodisponibilité des éléments traces pour la végétation, nous avons mis en œuvre une méthodologie complémentaire en créant des relations artificielles sols - lombriciens - plantes en microcosmes avec des sols contaminés ou non. Pour cela, cinq niveaux différents de contamination ont été reconstitués (0 %, 25 %, 50 %, 75 % et 100 % de sol contaminé) et deux séries d'expériences ont été conduites avec et sans lombriciens de l'espèce *Lumbricus terrestris* : une série sans plantes et une autre avec du ray-grass (respectivement pendant 48 et 84 jours).

En respectant la démarche écologique, l'interprétation va du générale au particulier. Cela nous a conduit à privilégier les méthodes descriptives multivariées portant sur l'ensemble des données de terrain. Après cette observation d'ordre général, nous avons, si nécessaire, effectué des focalisations sur des données plus spécifiques.

Résultats : Etudes écotoxicologiques.— Nous avons montré que l'étude des éléments traces des sols mesurés par des extractions chimiques partielles (acide acétique et DTPA) n'était pas écotoxicologiquement bien justifiée, l'information acquise étant moins bien corrélée avec les compartiments biologiques que l'analyse totale des sols. Les teneurs partielles sont des mesures adoptées par les agronomes pour détecter une carence avant que les plantes soient dans le système sol. Ces mesures sont donc prédictives. Par contre, en écotoxicologie, on observe l'élément en présence de l'organisme ; il ne s'agit pas de prévoir, mais de connaître les effets biologiques de l'élément. De même, les analyses de sols sont trop dépendantes des

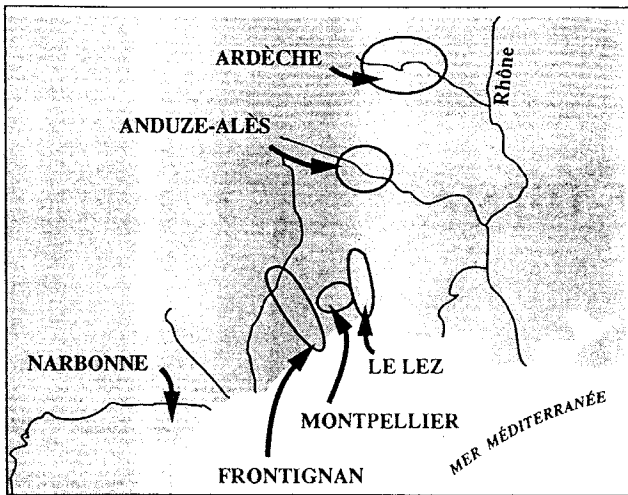


FIG. 1.- Vue générale des zones étudiées.

propriétés des sols, des modalités analytiques (réactifs utilisés et leurs concentrations, mode opératoire...) et des éléments traces étudiés, pour permettre d'en tirer des modèles prédictifs. Toutefois, l'analyse totale des sols a été le moins mauvais indicateur indirect de l'éco-évaluation des risques que peuvent encourir les compartiments biologiques dans la mesure où elle indique « globalement » que plus un sol est riche en un élément, plus celui-ci peut être concentré dans les organismes.

Nous avons également montré que le compartiment lombricien peut être utilisé comme compartiment biologique de référence, à des fins de comparaisons spatio-temporelles généralisées des milieux terrestres contaminés. Toutefois, selon leur catégorie écologique (leur mode de vie et de fonctionnement dans les écosystèmes), les espèces lombriciennes ont des significations différenciées vis-à-vis du niveau de contamination. Les *Scherotheca spp.* sont beaucoup plus sensibles aux éléments traces que les endogés, *Lumbricus terrestris* ou *Nicodrilus spp.* En outre, la teneur biologique en éléments varie : elle est maximale chez *Lumbricus terrestris* en Mn, chez *Nicodrilus spp.* en Zn, Pb et Ni et chez les endogés en Cd, Cu, Fe et Ca. L'étude des rapports d'accumulation (teneur des lombriciens / teneur des sols) doit être prise et interprétée avec beaucoup de prudence car nous avons constaté une grande variabilité de ces rapports entre chaque zone étudiée du fait des propriétés très variables des sols et de l'effet des catégories écologiques lombriciennes. Enfin les propriétés physico-chimiques des sols ont une faible influence sur la bioconcentration des éléments traces dans les lombriciens.

La biosurveillance de la contamination des milieux par les lombriciens a permis de montrer deux conséquences importantes : une intoxication mortelle généralisée d'un genre lombricien entier et un risque global pour la faune géodrilophage (prédateurs de lombriciens).

Dans l'ensemble des zones étudiées nous avons mis en évidence une éradication d'un genre animal entier (*Scherotheca spp.*) au-dessus de seuils au-delà desquels la charge contaminante des sols est trop élevée (3,3 mg/kg en Cd, 110 en Cu, 35 en Ni, 365 en Pb et 1250 en Zn). Les conséquences de cette éradication sont assurément considérables car il faut noter que ce genre joue un rôle important dans les écosystèmes en décomposant la matière organique, en libérant les éléments nécessaires aux végétaux et aux microorganismes et en assurant un travail physique des sols. Cette observation n'a jamais été faite jusqu'à présent chez les lombriciens à cause, d'une

part, de la rareté des travaux de terrain et d'autre part, de la difficulté de réaliser et de confirmer ce type de résultats *in situ*.

Mais la survie des lombriciens contaminés n'est pas moins préoccupante que leur éradication. Sachant l'importance de la première biomasse animale dans l'alimentation de multiples prédateurs, nous avons essayé d'évaluer les risques d'intoxication dans les réseaux trophiques, à partir de données bibliographiques sur les régimes alimentaires. Les transferts de quatre éléments traces (Cd, Cu, Pb et Zn) depuis les lombriciens vers quatre prédateurs (bécasse des bois, mouette rieuse, blaireau et porc) ont été évalués. Puis, nous avons fait la comparaison entre les quantités journalières ingérées par ces quatre prédateurs avec celles maximales admissibles pour l'homme. Nous avons alors constaté que la situation est particulièrement alarmante : entre 10 et jusqu'à 1500 fois la dose journalière admissible est offerte aux géodrilophages étudiés.

Résultats : approche expérimentale.— Les études en microcosme n'ont permis ni d'éliminer ni de confirmer le rôle des lombriciens sur la solubilité des éléments traces. Cela est dû probablement à un pH des sols de microcosmes proche de la neutralité qui n'a pas permis de voir clairement l'effet des lombriciens sur la solubilité des éléments étudiés. La comparaison entre les teneurs des lombriciens et celles du ray-grass en éléments varie en fonction de l'élément considéré, du niveau de contamination et de la partie végétale analysée (aérienne ou racinaire). On note en outre que la présence des *Lumbricus terrestris* a augmenté les masses moyennes des parties aériennes et racinaires du ray-grass dans tous les microcosmes à l'exception des parties racinaires ayant des niveaux 75 % et 100 % de contamination. Globalement, les résultats de l'approche expérimentale en microcosmes n'ont pas réellement permis l'accès aux mécanismes de façon rigoureuse et leur signification à la fois vis-à-vis de ces mécanismes et des écosystèmes réels reste, comme pour une grande partie de la littérature, incertaine.

Conclusion : faisabilité et nécessité de l'écotoxicologie.— Malgré l'importance des travaux mettant en jeu des microcosmes complexes, il semble que l'écotoxicologie doit ou bien se fonder sur sa propre approche dans les écosystèmes réels comme observés, ou bien doit bénéficier de recherches très focalisées expliquant un à un les mécanismes qui seraient susceptibles d'améliorer la connaissance scientifique en ce domaine. Notre travail a été naturellement l'occasion de confronter nos résultats de terrain et de microcosmes avec les données de la littérature. Ces dernières sont obtenues par des démarches écotoxicologiques très diverses et souvent confuses. Pour cela, nous avons été obligés d'effectuer une clarification conceptuelle et méthodologique de ces démarches. Cette clarification jointe à notre apport (résultats et méthodes), aussi modestes soient-ils, montrent la faisabilité d'une démarche rigoureuse et l'urgente nécessité des études écotoxicologiques. La démonstration de la grande sensibilité des *Scherotheca spp.* pose à l'évidence le problème des choix de seuils de tolérance acceptables pour les activités humaines risquant d'induire une destruction de la qualité des sols. Elle montre en tout cas l'absolue nécessité de conduire des démarches écotoxicologiques sur le terrain pour révéler les effets chroniques des contaminations et l'importance des risques que nous prenons actuellement en l'absence de telles études.

Enfin, nous pouvons dire que ce travail a contribué à :

- la justification d'une méthodologie de biosurveillance directe des écosystèmes,
- la mise en évidence d'une intoxication généralisée par les éléments traces au niveau des écosystèmes méditerranéens,
- la conceptualisation d'une modalité d'évaluation du risque écotoxicologique dans les chaînes trophiques terrestres,
- une critique des modalités expérimentales.