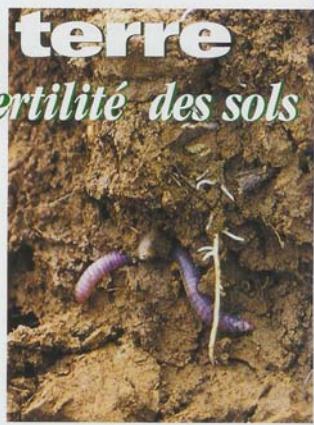


Les acteurs de la fertilité des sols

Avec le développement des TCS, du semis direct, et plus largement de la prise de conscience que le sol est un élément vivant, le ver de terre, cet allié de l'ombre, suscite de plus en plus d'intérêt. Cependant sous le terme générique de « ver de terre » se cache non pas un individu, mais plusieurs espèces aussi différentes par leurs aspects que leurs rôles. Véritables ingénieurs du sol, ils ne se contentent pas seulement de le structurer, ils interviennent dans de nombreuses fonctions chimiques et biologiques en rapport avec le recyclage des matières organiques et l'alimentation des végétaux. Facilement observables et très sensibles aux pratiques agricoles, les vers de terre sont également des indicateurs intéressants de l'état physique comme biologique d'un sol. Au vu de l'ensemble de ses responsabilités, ce n'est pas étonnant que nous ayons choisi comme symbole de la revue tout comme votre interlocuteur privilégié au travers des pages de TCS. Il mérite bien un dossier spécial.



Le sol est bien entendu un système interactif où la physique (structure du sol), la chimie (matière organique) et la biologie (plantes et animaux) interagissent entre eux. Ce système est fortement influencé par le contact pédochimique, mais est également soumis à l'action de l'homme lorsqu'il est utilisé pour la production agricole (travail du sol, type et volume de résidus, irrigation et caractéristiques des produits phytosanitaires). Comme nous l'avons présenté dans le dossier sur la vie du sol du TCS n° 20, le sol définit tout un écosystème complexe qui abrite une multitude d'organismes vivants indispensables à son fonctionnement. Au milieu de cet ensemble, il est difficile d'extraire et d'isoler un individu en particulier mais il est cependant aisé de noter de nombreux groupes et scientifiques que les lombriciens, qui peuvent représenter plus de 21000 espèces, ont des acteurs charnières par leur rôle à la fois physique, chimique et biologique. Longtemps oubliés, ils représentent néanmoins, parmi la faune du sol, le groupe le plus important par leur biomasse et, dans une prairie, leur poids est souvent supérieur au charbonnement en total.

En France, cohabitent environ une centaine d'espèces à sous-espèces qui se répartissent entre les différentes régions, types de sols et milieux écologiques. Dans un même sol on ne trouve généralement pas plus de quinze espèces évoluant ensemble avec une moyenne variant de quatre à douze espèces pour les terres agricoles. Ces vers de terre ont une taille et une pigmentation propre et il existe certainement autant de différences entre des espèces opposées par leur taille et leurs fonctions, qu'entre la vache qui broute la prairie et le campagnol qui en consomme les racines. Toutes les espèces ont cependant en commun la faculté de se nourrir principalement de résidus végétaux plus ou moins décomposés. Les seuls êtres qu'ils ingèrent vivants sont les micro-organismes qui vivent dans leur tube digestif et participent au recyclage de la matière organique. Ainsi, ils ne sont jamais des carnivores et ne provoquent pas de dégâts aux cultures.

Une répartition du travail

Sous la dénomination de vers de terre ou de lombriciens cohabitent plusieurs espèces qui vivent dans des niches écologiques différentes et, d'une certaine manière, se complètent en possédant des rôles et des impacts fonctionnels différents. Trois grandes catégories (catégories écologiques) qui se basent sur des critères morphologiques, physiologiques et comportementaux sont définies (Bouché, 1972; Lavelle, 1997) :

- Les épigés : ce sont des vers de petite taille (1 cm à 5 cm) et plutôt rouge que l'on trouve à la surface du sol, sous le mulch ou dans les fumiers. Ils ont un turnover assez rapide et se nourrissent de la litière déjà bien fragmentée. Dans un sol qui fonctionne bien, il suffit de soulever une poignée

de paillis ou une pierre pour les observer. Ils peuvent représenter environ 5% de la biomasse lombricienne totale.

- Les endogés : il s'agit ici de vers de taille généralement petite à moyenne (1 cm à 20 cm) mais beaucoup plus pâles car ces espèces sont localisées majoritairement dans le sol. Ils consomment la matière organique déposée dans le sol. Ils creusent des galeries sub-horizontales à horizontales et ingèrent de grandes quantités de sol qui s'ajoutent dans leurs galeries. Comme ils ne remontent presque jamais à la surface, il faut prendre une bêche pour les observer et en les retrouver souvent autour des anses de matières organiques d'anciens labours. Ils peuvent représenter entre 20% et 40% de la biomasse lombricienne.
- Les anéciques : ce sont des individus de plus grande taille (10 cm à 110 cm) qui sont de différents colorats suivant les espèces : gris clair, gris foncé, rouge. Ils viennent se nourrir de la litière des résidus déposés à la surface, résidus qui ils vont ensuite fragmenter et enfouir dans le sol, participant ainsi à la redistribution organique dans les sols. Ils se retirent et se protègent dans de profonds galeries verticales. Leurs déjections, ou tunnels, déposées à la surface du sol, donnent une indication de leur activité. C'est cette capacité à tourner lent, qui joue un rôle important sur la transformation de la matière organique qui sur la formation des galeries, qui est souvent la plus touchée par le travail du sol. Les anéciques peuvent représenter entre 40% et 60% de la biomasse lombricienne. Ils évitent également des espèces intermédiaires comme les épaucés, dont le comportement combine celui des épigés et celui des anéciques.

On voit donc que ces différentes catégories écologiques ont des actions propres, mais aussi complémentaires sur le sol et son fonctionnement.

Caractéristiques des grandes familles de vers de terres			
	Les épigés	Les endogés	Les anéciques
Milieu	Ils évoluent dans la litière ou les premiers centimètres du sol	Localisés dans le sol et principalement les premiers 50 cm.	Ils évoluent dans tout le profil et surtout verticalement.
Taille	1 à 5 cm	1 à 20 cm	10 à 110 cm
Couleur/pigmentation	Rouge à rouge foncé	Rose à gris clair	Noir à brun
Fonction	Brassent la matière organique et la fractionnent.	Se nourrissent de matières organiques plus ou moins dégradées. Creusent des galeries horizontales et temporaires (obstruction par les rejets) mais très ramifiées (participation à la création de la structure grumeleuse.	Rôle relais et complémentaire des anéciques.

Un tube digestif qui se déplace dans le sol

L'image se peut être un peu forte pour notre ami qui ne possède pas vraiment de tête, ni d'yeux, ni d'oreilles. En fait, le corps est cylindrique et est formé d'une succession de segments semblables (ou anneaux) compris entre un lobe céphalique (le prostomium, qui peut s'apparenter à la tête) et un lobe terminal. Le tube digestif est complet, avec une bouche et un anus. Chaque segment possède des muscles circulaires qui sont complétés par un muscle longitudinal qui fait le long du corps. Pour avancer le ver contracte les premiers et s'allonge en s'ancrant sur ses soies, puis il contracte alors le muscle long pour s'étirer. Il prélève son alimentation (mélange de terre et de matières organiques pré-décomposées) grâce à sa bouche. Elle passe ensuite par une forme de « gésier » où elle est broyée avant d'être partiellement digérée dans le tube digestif au bout du circuit, les déjections sont soit déposées à la surface du sol (principalement pour les épigés et les anéciques), soit dans les galeries ou autres cavités du sol (principalement pour les endogés et les vers de terre possédant également « cinq coeurs » ou plutôt une forme d'artère aorte qui pompe le sang du devant vers l'arrière sur le dos avec un retour par le ventre.



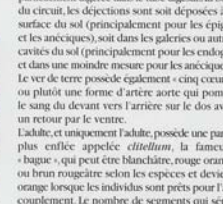
Tête noire : c'est l'un des coléiques du lombric commun présent dans de nombreux sols de France.

Ils prennent aussi des congés

Lorsque les conditions deviennent défavorables, soit trop sèches ou trop froides, certains individus descendent dans le sol et se protègent en s'enroulant dans une boule de mucus où ils entrent en léthargie (arrêt de l'activité). Ainsi, certaines espèces (tête noire : *A. giardi*) présentent une diapause, c'est-à-dire que l'arrêt de leur activité est géré par les hormones : ces espèces sont en diapause chaque année entre juin et début septembre. D'autres espèces (tête rouge : *L. terrestris*) présentent une quiescence : l'arrêt de leur activité est causé par des conditions contraignantes (sécheresse par exemple), leur activité reprendra dès le retour de bonnes conditions. Cette diapause estivale ou hivernale est donc, plus ou moins importante selon les espèces, et également selon les conditions pédochimiques : plus un sol est superficiel et souvent sec pendant des périodes prolongées, moins il sera favorable à l'activité des vers de terre.

Notre bœuf c'est labourer et manger de la soue

C'est parce que nous avons cinq coeurs qu'il faut nous cisailier pour nous multiplier. Cette vieille croyance qu'il est difficile d'expliquer est totalement fautive et au mieux si nous survivrions à la mutilation (amputation non mortelle de la partie postérieure) nous ne serons plus très actifs et vite attrapés par un prédateur.

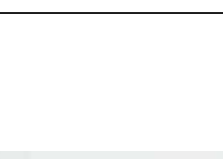


Lombric commun = *Lumbricus terrestris* = un des grands acteurs de cette époque.

Turricules de vers de terre dans un sol limoneux

Une tonne de vers peut remonter ainsi plus de 300 tonnes de sol fertile par hectare et par année.

Anatomie d'un ver de terre



l'oxygène et le dioxyde de carbone sont échangés au travers de sa peau qui doit être humectée en permanence. C'est pour cette raison que les vers de terre peuvent survivre un certain temps immergés, comme lors de fortes pluies qui envahissent leurs galeries, mais ne supportent pas du tout le dessèchement. C'est en fait un animal plus amphibie que terrestre.



Lombric commun = *Lumbricus terrestris* = un des grands acteurs de cette époque.



Turricules de vers de terre dans un sol limoneux. Une tonne de vers peut remonter ainsi plus de 300 tonnes de sol fertile par hectare et par année.

Les ingénieurs du sol

Une reproduction adaptée

Les vers de terre sont hermaphrodites, protandres, ce qui signifie qu'ils possèdent les deux sexes, mais sont d'abord mâle et ensuite femelle. Ils ont une reproduction croisée, ce qui signifie qu'il y a obligatoirement un accouplement entre deux individus et accouplement, lors duquel ont lieu les échanges de spermatozoïdes, se passe généralement à la surface du sol, ensuite chaque ver produit au niveau du clitellum un manchon mucusien, qui, en remontant vers la tête, va collecter les ovules et les spermatozoïdes du partenaire stockés dans des réceptacles spermatozoïcaux. Ce manchon est ensuite expulsé par le devant et prend la forme d'un cocon dans lequel ont lieu la fécondation et la gestion de l'embryon jusqu'à la naissance d'un jeune. Chaque cocon donne en général un à trois embryons et leur production est maximale dans les régions tempérées en mai et en juin. Par ailleurs, les différentes espèces possèdent des stratégies de reproduction propres et d'une manière assez liée à la stabilité ou plutôt à l'instabilité de l'environnement dans lequel elles évoluent. Par exemple, le lombric commun (épige anécique) produit moyennement deux cocons par an alors que le ver de fumier (épige épigé) en produit une centaine. La période qui va de la naissance du jeune au stade

Les ingénieurs du sol

de manière courante, il est dit qu'en une dizaine d'années, la totalité de la couche arable de la surface d'un sol passe dans le tube digestif des vers de terre. C'est une certaine vérité, lorsque l'on sait que ces consommateurs instables peuvent avaler plus de 400 t/ha/an, qu'ils vont mâcher et rejeter sous forme de déjections dans le sol mais également à la surface (turricules). Leur travail régulier de multiples impacts sur le sol, à des niveaux physiques, chimiques et biologiques. Très interconnectés, leurs actions concourent à l'amélioration agronomique, une plus grande stabilité du sol, tout comme une limitation des nuisances environnementales.



Le lombric commun = *Lumbricus terrestris* est l'un des principaux acteurs de la structuration du sol (anécique).

Ils incorporent la matière organique et brassent la matière minérale

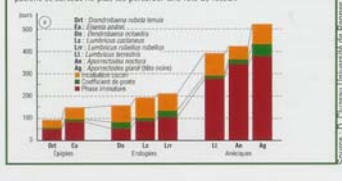
Les vers de terre alimentent de la litière végétale déposée à la surface du sol ou plus précisément d'une grande quantité de produits organiques en décomposition. En avalant et en tirant les résidus dans leurs galeries tout en rejetant leurs déchets à la surface, ils incorporent progressivement la matière organique fraîche dans le sol. Cependant, et contrairement à ce que l'on peut croire, ce ne sont pas les premiers intervenants dans cette chaîne de recyclage. Ce sont d'abord des micro-organismes qui attaquent les cellules végétales, et des micro-organismes vont intervenir tout au long du cycle de dégradation de la matière organique. Cependant, si les micro-organismes peuvent attaquer les éléments facilement dégradables (contenus cellulaires), ils ne peuvent attaquer que très difficilement les autres composés tels que les parois cellulaires (cellulose, hémicellulose, lignine) : c'est ce moment où interviennent les organismes de plus grande taille. Ainsi, en parallèle de l'activité des vers de terre, les coléoptères vont perforer et cisailier les résidus organiques reliés par les larves de diptères qui clarifient les ouvertures. Progressivement, les vers de terre vont pouvoir ingérer ces résidus, accélérant les phénomènes de décomposition dans leur tube digestif.



Enfin, tous les éléments grossiers et pas seulement la matière organique se trouvent enfouis par l'activité des vers de terre. Mais cette modification de localisation à deux origines : la matière organique est enfouie par les lombriciens alors que l'enfouissement des cailloux est lié à la remontée de terre par les vers. Ainsi, après quelques années de pratique sur une parcelle anciennement cultivée de Rothamsted (Thompson et Hodgson, 1989), des cailloux, pouvant atteindre 5 cm à 8 cm de diamètre ont été retrouvés à plus d'une dizaine de centimètres du profil. Cet exemple qui corrobore les observations de Darwin (observation des pierres après 30 ans

Le temps de génération

Le « pas de temps » potentiel entre deux générations de vers de terre est certainement ce qui permet de mieux apprécier la diversité qui régit entre les différentes espèces tout comme l'entree qui peuvent présenter certains individus à reconstruire un territoire (longues de maturation de développement sont variables, le paramètre mesuré en conditions contrôlées (laboratoire) pour huit espèces de vers de terre, met en évidence la forte adaptation de ces espèces au milieu. Ainsi, les épigés, qui sont localisés à la surface du sol et sont soumis à une importante pression (variations de climats et prédateurs), peuvent se reproduire en 90 à 150 jours contre 150 à 210 jours pour les espèces endogées. Ces deux catégories réagissent donc assez rapidement aux changements de conditions du milieu ; de ce fait, elles peuvent recoloniser en seulement quelques années les parcelles en R5 et semis direct, sur ce qui est des anéciques, dont le « pas de temps » atteint 400 voire plus de 500 jours, le développement d'une population souhaitable sera donc beaucoup plus lente. En conditions naturelles où la maturation des cocons comme la croissance des individus juvéniles est fortement influencée par la température du sol, l'humidité, la qualité et quantité des sources d'alimentation, il y a fort à penser que ce temps de génération est grandement amplifié et peut atteindre assez facilement deux années. Puisque ces anéciques se reproduisent lentement, il faudra donc apprendre à être patient et surtout ne pas les perturber une fois de retour.



du sol

de prairie) porte à croire que les sols collatéraux, en TCS et surtout en semis direct, peuvent retrouver, avec le temps et surtout l'aide d'une activité lombricienne élevée, une couche de terre en surface dans laquelle il se fera plus facile et surtout moins coûteux (meconquètement) d'implanter des cultures.

Ils forment et entretiennent des galeries

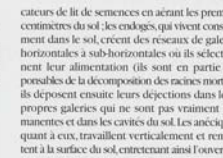
Galerie d'anéciques tapissée d'un mucus et enrichie en matière organique : milieu favorable au développement de bactéries, à la circulation de l'air tout comme de l'eau. Les parois des galeries possèdent, par ailleurs, une structure spéciale qui leur procure une excellente capacité d'imbibition.



Une tonne de lombriciens par hectare est capable de forer et d'entretenir des galeries, qui correspondent à 4% voire 6% du volume de sol. Elles sont organisées en réseaux et peuvent être bouchées au même endroit. Dans une prairie, sur limons profonds, ces galeries qui forment de vraies canalisations représentent entre 400 m et 500 m linéaires par m² de sol, et des agromonomes suisses ont même estimé la porosité lombricienne à 600 m linéaire par m² dans une parcelle en semis direct depuis plusieurs années. Ces galeries sont creusées et entretenues par les individus pour se déplacer comme pour se nourrir. Elles sont donc créées par un autre genre. Des galeries d'anéciques peuvent ainsi demeurer jusqu'à une dizaine d'années. Toutes les grandes catégories écologiques ne fonctionnent cependant pas le même type de réseau avec la même structure. Ainsi, les épigés sont plus des fabri-

du sol

catéurs de lité de semences en aérant les premiers centimètres du sol, les endogés, qui vivent constamment dans le sol, créent des réseaux de galeries horizontales à sub-horizontales où ils sélectionnent leur alimentation (ils sont en partie responsables de la décomposition des racines mortes) ; ils déposent ensuite leurs déjections dans leurs propres galeries qui ne sont pas vraiment permanentes et dans les cavités du sol. Les anéciques, quant à eux, travaillent verticalement et remontent à la surface du sol, entretenant ainsi l'ouverture de leur galerie à contrario, ils confonctionnent très peu de galeries (1 à 2/ha/dm) et sans perturbation, ils ont tendance à conserver toujours la même. Les types de réseaux de galeries sont donc différents suivant les catégories écologiques, ils se complètent apportant ainsi une bonne distribution de la porosité dans le profil.



Lombric commun enroulé dans sa logette d'estivation. Une racine profite de la qualité de cet environnement pour lui tenir compagnie.

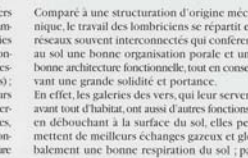
Enfin, les galeries sont d'un diamètre légèrement supérieur à la taille corporelle (et donc leur mode de locomotion « en accordéon », elles peuvent atteindre un diamètre important (5 mm à 10 mm) pour les anéciques adultes.

Comparé à une structure d'origine mécanique, le travail des lombriciens se répartit en réseaux souvent interconnectés qui confèrent au sol une bonne organisation poreuse et une bonne architecture fonctionnelle, tout en conservant une grande stabilité et portance. En effet, les galeries des vers, qui leur servent avant tout d'habitat, ont aussi d'autres fonctions : en débouchant à la surface du sol, elles permettent de meilleurs échanges gazeux et généralement une bonne répartition du sol ; par ailleurs, elles permettent aussi une infiltration de l'eau plus rapide et à une profondeur plus importante. A ce titre, une étude de Bouché montre une relation nette entre le poids de lombriciens et la capacité d'un sol à absorber de fortes précipitations. Les vers de terre participent ainsi et d'une manière importante à la limitation du ruissellement, des risques de transfert de matière et de l'érosion. Les réseaux de galeries participant le plus à cette infiltration relèvent de ceux creusés par les anéciques (galeries verticales, permanentes et ouvertes à la surface du sol). La porosité d'origine lombricienne favorise aussi l'imbibition du sol (interconnexions entre galeries) et par conséquent une meilleure redistribution et de l'eau dans le profil et une augmentation de la capacité de rétention. On peut noter qu'une amélioration du fonctionnement hydrique du sol est aussi observée en TCS et à fortiori en semis direct : les sols se ressuent plus vite, les drainages fonctionnent mieux et les moiflères s'estompent.

Lorsque leurs galeries sont endommagées par le passage d'une roue ou la compaction d'un pied d'animal lors du pâturage, la communauté lombricienne réagit rapidement en reconstruisant son réseau. Ainsi, les vers de terre sont les garants de la stabilité de l'organisation et du fonctionnement du sol dans le temps.

du sol

Représentation en 3D de galeries d'anéciques Université de Rennes 1. L'analyse d'image est maintenant utilisée pour caractériser les macropores biologiques et danner en trois dimensions une bien meilleure idée du réseau de galeries construit par les différentes espèces et sa fonctionnalité.



Cape réalisée par des chercheurs suisses représentant les 600 m de galeries par m² de sol dans un semis direct - Essais de Zollikon - Bern -





Le retour des ancêtres ainsi que des autres espèces en TCS et semis direct permet d'entretenir une porosité suffisante et organisée en réseau.

Taille des galeries en fonction des espèces et de l'âge des vers de terre

Espèces et endogées	Anciennes
Juveniles	0-2 mm
Adultes	0-5 mm
	5-9 mm



Les galeries des vers de terre ne sont pas de simples canalisations qui permettent le transfert de solides. En effet, le mucus et la matière organique, qui recouvrent les parois des galeries, augmentent l'absorption d'éléments dissous dans la solution du sol, et stimulent l'activité microbienne. De ce fait, cette caractéristique « filtrante » des galeries est d'autant plus importante que le sol est saturé (il suffit pour cela d'observer comment résistent à la désagrégation les turricules lors d'une forte pluie). Cette stabilité structurelle s'explique aussi par le fait que les vers de terre ont une approche alimentaire sélective et sélectionnent les éléments minéraux les plus fins, type argiles ou limons fins. Ainsi, lors du passage et du brassage dans leur tube digestif des particules minérales et organiques au milieu d'un cocktail de micro-organismes, les vers favorisent la constitution de complexes organo-minéraux. Si les vers de terre sont donc des agents actifs dans la formation de complexes organo-minéraux, les bactéries et champignons restent cependant les agents essentiels à la structuration et agrégation du sol.

Ils approfondissent le profil

Les lombriciens vont, en se répartissant la tâche, participer progressivement à l'approfondissement de la couche arable lorsque le substrat leur permet. Ils créent des passages perforés qui possèdent des racines et notamment celles qui possèdent des racines de diamètre important (coza, tournesol, maïs) et leur permettent de coloniser mieux et plus profondément l'ensemble de l'épaisseur du sol. Les plantes arrivent d'autant plus vite que les galeries que ces dernières sont souvent tapissées de déjections et par conséquent plus riches en éléments disponibles. Ils sont également capables de perforer des horizons relativement compacts comme des sables de labour ou des liasses, bien que cela leur demande plus d'énergie, afin d'aller chercher de l'humidité ou tout simplement pour déposer leurs cocons dans des secteurs plus favorables. Avec le temps, cette action combinée entre les plantes et les lombriciens contribue à augmenter la verticalité à la porosité du sol avec un accroissement de la zone organique couramment explorée par les racines. Il en suit une meilleure capacité de stockage des sols et une meilleure valorisation des réserves nutritives et hydriques.

Ils participent à l'élaboration de la structure organo-minérale

Les agrégats, formes de granules organo-minérales qui résistent à l'humidité comme à la compaction, représentent les parties stables du sol. Les vers de terre participent à la formation de ces agrégats à travers la production de leurs déjections. En effet, les déjections correspondent à un mélange intime entre une fraction minérale et une fraction organique. Cette association organo-minérale leur confère, de fait, une stabilité structurelle plus importante que le sol environnant (il suffit pour cela d'observer comment résistent à la désagrégation les turricules lors d'une forte pluie). Cette stabilité structurelle s'explique aussi par le fait que les vers de terre ont une approche alimentaire sélective et sélectionnent les éléments minéraux les plus fins, type argiles ou limons fins. Ainsi, lors du passage et du brassage dans leur tube digestif des particules minérales et organiques au milieu d'un cocktail de micro-organismes, les vers favorisent la constitution de complexes organo-minéraux. Si les vers de terre sont donc des agents actifs dans la formation de complexes organo-minéraux, les bactéries et champignons restent cependant les agents essentiels à la structuration et agrégation du sol.

Composition des déjections de vers de terre en comparaison à la terre arable voisine

Composition	Déjections de vers de terre	Sol voisin (0 à 15 cm)	Sol voisin (20 à 40 cm)
Acide total (%)	0,36	0,25	0,11
Carbone organique (%)	5,2	3,32	1,1
Rapport C/N	14,7	13,8	13,8
NO ₃ -N (mg/g)	22,2	4,7	1,7
P ₂ O ₅ (mg/g)	150,0	20,8	12,8
Ca échangeable (mg/g)	2793	1993	481
Mg échangeable (mg/g)	492	162	69
K échangeable (mg/g)	1,2	0,88	0,91
Mg total (%)	0,54	0,51	0,56
K ₂ O (mg/g)	358	32	27
pH	7,0	6,4	6,0
Humidité	31,4	27,4	21,1

Vers de terre et érosion



Ils encouragent la libération d'éléments

De nombreux organismes sont responsables de la décomposition, de la transformation et de la minéralisation de la matière organique. Les micro-organismes du sol sont toujours les premiers agents mais, pour fonctionner ils ont besoin d'un milieu humide et stable. C'est à ce niveau que les vers de terre interviennent dans les processus de décomposition des matières organiques. En enfouissant dans le sol et en les ingérant de manière intime à la partie minérale, ils encouragent la travail d'individus plus petits. C'est pour cette raison que de nombreuses analyses de turricules montrent un enrichissement significatif de la teneur en éléments minéraux en comparaison au sol prélevé juste à côté. Les déjections sont en fait le meilleur du sol : elles correspondent à un substrat enrichi en éléments minéraux par la minéralisation, elles sont riches en matière organique et en activité biologique vivante. Les vers de terre, par leurs déjections, permettent donc de concentrer les éléments minéraux, mais surtout ils les rendent plus assimilables pour les plantes. Il faut également signaler ici que les vers de terre participent très activement à l'homogénéisation des teneurs en éléments du sol. Ainsi, le phosphore, réputé très peu mobile, le devient lorsqu'il entre dans le tube digestif d'un ver de terre. Il peut ensuite être réparti dans le profil (endogé) ou remonté à la surface du sol (épigeique).

Pourcentage d'augmentation des teneurs en éléments par rapport au sol de la surface

Azote	366
Phosphore	644
Potassium	1 019
Calcium	40
Magnésium	204

Ils dynamisent l'activité biologique du sol

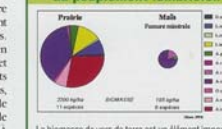
La vie du sol est complexe et variée et elle est le moteur de la fertilité par le recyclage de la matière organique, la structuration du milieu mais également le contrôle de certaines maladies et pathogènes. Avec les déjections, les vers de terre mettent en place un système de microcompostage qui permet le développement des bactéries et autres agents de la décomposition des résidus végétaux. De plus, les lombriciens ont une action originale dans le sens où ils intègrent des fragments de terre et de résidus végétaux riches en micro-organismes. À l'intérieur du tube digestif, ces micro-organismes trouvent un environnement protégé et favorable à leur développement : en effet, des glandes sécrètent un mucus riche en polysaccharides (sucres) et en azote (NH₃) ainsi qu'en calcium, ce qui permet aux micro-organismes de proliférer. Par ailleurs, les vers de terre lors du dépôt de leurs déjections, enrichissent et répartissent de manière homogène les micro-organismes dans le milieu.

Effet de la microflore sur la production végétale



L'activité lombricienne, en favorisant le développement de la microflore et l'apport de nombreux autres bénéfices, participe à l'amélioration de la production végétale.

Influence du type de rotation sur la structure du peuplement lombricien



La biomasse des vers de terre est un élément important permettant d'évaluer le bon état physique et biologique d'un sol. La diversité des espèces comme le montre cette comparaison sur un autre critère d'âge aussi important. Plus un système sera complexe, plus il sera stable et résistant. Cette expérience fait également apparaître que certaines espèces ont plus d'aptitudes à survivre dans un sol travaillé que d'autres. La diversité des espèces pourrait aussi être le reflet de pratique culturale.

Ils apportent de nombreux autres bénéfices

En évitant à la matière organique de s'accumuler, les vers de terre réduisent la pollution de certains ravageurs. Ainsi Ray (1962) a montré dans un verger de pommiers que *Lumbricus terrestris* pouvait intégrer dans le sol plus de 90 % de la liège d'automne (feuilles essentiellement) entre octobre et février. Cet ensevelissement et ce recyclage rapide contribuent à éliminer les ravageurs et les maladies pouvant hiberner sur ces résidus. Au moment où l'on parle de nécessité de labour pour limiter les risques de fusariose et de myco-toxines, il faudrait peut-être encore mieux redonner la main à un allié fiable que de remettre la charrue dans les champs.

Ils sont l'entrée d'une chaîne alimentaire

Les vers de terre jouent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité bien qu'ils n'ont pas vraiment d'ennemis dans le sol mis à part la nématode et la trape (ils sont d'ailleurs extrêmement sensibles aux vibrations et c'est en partie



Dans certains cas, au bout d'un laps de temps suffisant, le sol peut se retrouver complètement recouvert de turricules au printemps, comme c'est le cas en prairie. En 1861, Charles Darwin a dit des vers de terre : « On peut douter que beaucoup d'autres animaux aient joué dans l'histoire du monde un rôle aussi important que ces créatures à l'organisation si sommaire... »

pour cette raison qu'ils remontent à la surface lorsqu'on piétine : leur instinct les pousse à fuir la trape). En revanche, une biomasse élevée de lombriciens est un réservoir d'alimentation intéressant pour une large faune de surface. Environ 200 espèces de vers de terre sont recensées comme prédateurs des vers de terre (Granval et Mury, 1996). C'est d'ailleurs pour cette raison que les vers sont de préférence la proie à s'aventurer peu en dehors de leurs trous et préfèrent fuir un sol labouré. Les oiseaux sont certainement les plus gros mangeurs et même si l'on peut regretter ce prélevement d'individus utiles, il ne s'agit en fait que d'une taxonomie car ces « prédateurs » consomment d'autres individus à la surface du sol beaucoup moins désirables comme les limaces par exemple. On peut d'ailleurs citer ici le bécasseau qui, se nourrissant exclusivement de vers de terre, recherche des parcelles où l'activité lombricienne est systématiquement supérieure à 500 kg/ha. Les vers de terre sont également consommés par de nombreux omnivores comme le renard et le blaireau qui bénéficient ainsi d'une source en provenance riche en lysine et méthionine. Il existe cependant un problème au tableau : le sanglier. Lui aussi est un gros amateur de vers de terre. Ce n'est pas

Impact des vers de terre sur la dynamique de levée d'une orgue dans un sol humide en fonction d'éléments sémiers

Couverture du sol	Double disque ouvert		Soc sémier sur dent		Soc en « T » inversé		Semis à la volée en surface		Moyenne	
	R	SR	R	SR	R	SR	R	SR	R	SR
% de levée avec vers de terre	17	25	65	40	76	48	64	67	60,5	50,0
Nombre de vers par cylindre	8	13	22	13	25	13	22	14	19,5	12
% de levée sans vers de terre	15	19	24	23	20	22	69	69	37,0	38,5

Beaucoup d'observations montrent que les vers de terre semblent être attirés par la terre perturbée par l'élément sémier. Ceci se vérifie lorsque le sol n'est pas compacté et se trouve recouvert par des résidus organiques, une source de nourriture. Cependant, cette expérience démontre que :
 → le mode d'ouverture du sillon en conditions humides donne des grands écarts, que ce soit avec ou sans résidus en surface. C'est le semis en « T » inversé et le semis à la volée à la surface du sol qui obtiennent les meilleures dynamiques de levée. Pour ce dernier traitement, la constance de la pluviométrie sur la période a été extrêmement favorable, ce qui n'est pas toujours le cas en situation réelle.
 → le nombre de vers de terre retrouvés dans le prélèvement de sol réalisé sur les lignes de semis reflète assez bien le pourcentage d'émergence. D'une certaine manière, les deux phénomènes se combinent : la qualité du sillon attire les lombriciens, qui à leur retour, réajustent du labour de la ligne. Cette synergie a un impact direct sur la dynamique de levée en conditions difficiles.
 → la présence de résidus a une influence sur l'homogénéité de la levée et les populations de vers de terre sur tous les modes de semis à l'exception du sillon en « T ». Dans ce traitement, l'entrée de résidus dans la ligne de semis a induit une entassement d'un effet négatif.
 → les vers de terre sans assistance des vers de terre (distraction des individus par insecticides) montrent une forte chute du taux de levée sur tous les modes de semis en terre avec ou sans résidus en surface. Une bonne population de lombriciens sécrète et améliore significativement la qualité des semis et surtout la dynamique de levée. TCS et semis direct en semis direct.
 L'activité des vers de terre a été mesurée sur un prélèvement de cylindres de sol (120 mm de diamètre/10 cm de long), suivis du comptage des individus présents. Par ailleurs, pour maintenir une forte humidité après le semis, la parcelle a été irriguée, à raison de 20 mm/jour (pluie répartie sur 4 h) et pendant 20 jours.

son prélevement qui est grave mais plutôt son mode opératoire (destruction de jeunes semis délogés aux cultures et dénivelage du sol). La situation peut devenir critique lorsque les parcelles en TCS sont à proximité de bois et isolées au milieu d'Bois en conversion. Hors la chasse, il n'existe pas vraiment de moyen de contrôle, si ce n'est de convaincre son voisinage de passer aux TCS et semis direct afin de répartir la charge sur un plus vaste territoire. Ainsi, en développant un sol vivant avec de nombreux vers de terre, on favorise tout un écosystème de surface qui contribue largement à la richesse et à la diversité de la faune sauvage qui dans la majorité des cas, apporte en retour des bénéfices. Comme nous venons de le voir, l'activité des vers de terre est tellement diverse qu'il est difficile de séparer un à un les facteurs tant ils sont imbriqués les uns dans les autres. Cependant, il est possible de prétendre que ces véritables ingénieurs et fertilisateurs du sol, favorisent par leur travail quotidien la production végétale. Dans ce sens, des expériences réalisées à l'étranger démontrent

que l'introduction de vers peut permettre l'augmentation de la production végétale ; il ne faut surtout pas se priver de leurs actions, bien au contraire. Cependant, notons que dans notre contexte agricole, les espèces les plus utiles sont les plus souvent négligées. Elles sont dans les parcelles, même si c'est en faible quantité, et si certaines espèces ont pu disparaître, il est fort probable qu'elles vivent encore dans des parcelles permanentes, dans les haies, dans les bois et les forêts environnantes. Il est bien entendu possible d'aller les rechercher dans ces milieux et de les réintroduire volontairement, mais on imagine bien le travail long. Un pari de biosécurité tonne de lombriciens à l'hectare. Dans tous les cas, face à une réintroduction potentielle, il est plus opportun de maintenir ou de développer un environnement stable et favorable avec une nourriture abondante, afin que les individus encore présents puissent s'épanouir et se reproduire. Cette pratique demande un peu de temps au vu des rythmes de reproduction de certaines espèces mais il est difficile, voire impossible, de vouloir bruler les étapes en réintroduisant massivement des individus.

Logette d'estivation rebouchée par les nœuds d'un endogé.

Reintroduction de vers de terre

Nouvelle-Zélande : dans ce pays, les grands défrichements pour développer la prairie ont fait pratiquement disparaître les espèces locales (adaptées à ce nouvel environnement). Des introductions, d'abord involontaires puis délibérées de lombriciens d'origine européenne et notamment *Lumbricus terrestris*, ont permis de mesurer leur impact sur le recyclage de la matière organique et la productivité de la prairie. Avec la présence des vers de terre, l'accumulation de matière organique a fait place à une rapide incorporation de celle-ci dans le sol. En conséquence, la production végétale a été améliorée de 110 % dans un premier temps pour se stabiliser à environ 30 % ensuite.

Pays-Bas : l'introduction de lombriciens dans un sol pauvre a eu pour impact d'augmenter la production fourragère de 10 % en dix ans avec en prime une nette amélioration des conditions de sol. Dans un autre projet, l'introduction de deux espèces sous un verger a permis de montrer que les lombriciens favorisent le développement des racines des plantes et leur exploration du sol. Huit années plus tard, le nombre de racines de 0,5 mm de diamètre dépassait de 140 % celui observé dans une parcelle témoin.

Inde : le rôle des vers de terre a été mis en évidence dans la reconstruction de la fertilité des sols des plantations de thé du Tamil Nadu dégradés par des décennies de culture intensive. Les rendements stagnaient malgré une croissance constante des intrants. C'est alors que certains producteurs ont testé une technique développée par B. Sengupta (université de Sambalpur) et P. Laville (IRD Bondy France). Celle-ci consiste à creuser des petites tranchées dans le sol, destiné à la culture et y déposer des feuilles et des tiges sèches de plantes de thé. Le trou est ensuite recouvert d'une couche de terre dans laquelle ont été introduits 80 kg/ha de vers de terre. Les vers consomment progressivement la matière végétale et la relâchent, la terre permettant de doubler la croissance des jeunes plants la première année. Après ce coup de fouet de départ, la production se maintient mieux dans le temps.



Logette d'estivation rebouchée par les nœuds d'un endogé.

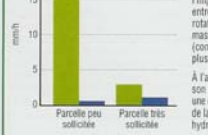
De nombreux facteurs influencent le développement des lombriciens. Les conditions pédoclimatiques ont bien entendu une importance majeure : la texture, la profondeur du sol, les caractéristiques physico-chimiques et le climat influencent largement les espèces et leur représentativité. C'est dans les limons, plus faciles à creuser et avec une plus grande stabilité d'humidité, qu'ils sont les plus à l'aise : en retour, c'est dans ce type de sol qui se compacte facilement et qui n'a pas d'activité autostructurante qui ils sont également le plus utiles. Pour ce qui est du sol, il est plus abrasif pour leur tube digestif et la taille de certaines particules ne permet pas à certaines espèces de s'alimenter correctement de plus ce type de sol est souvent superficiel et séchant ce qui n'arrange pas les conditions. L'argile, quant à elle, peut être un élément intéressant mais en trop grande quantité, sa plasticité en conditions humides et sa dureté une fois sèche n'en font pas un élément apprécié. C'est finalement, une texture mixte qui apparaît être la plus favorable au développement des vers. La profondeur du sol et donc le volume pour évoluer jouent également un rôle important : la profondeur associée à la texture détermine souvent la capacité à conserver de l'eau et permet à nos amis de trouver plus

Construire un sol vivant



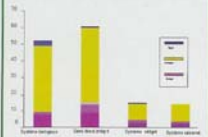
Sur une plateforme de comparaison des techniques de travail du sol, des agronomes suisses, dont W. Shury et A. Charvet, ont mesuré l'évolution des populations de vers de terre en fonction du travail du sol sur trois rotations différentes. Les fumures minérales et organiques, tout comme le suivi phytosanitaire des cultures, sont identiques, à l'exception du glyphosate présent dans les dernières semis directs. Les résultats sont sans équivoque et montrent l'impact positif de la rotation, la conduite « semis direct » affiche pratiquement le double de lombriciens. Il existe cependant un profil gradant entre les différentes rotations où d'autres facteurs impactent sur les populations lombriciennes. Le travail du sol, ou plus exactement le déplacement de sol qui l'accompagne inévitablement dans les cultures sarclées même en situation « direct », est certainement le facteur le plus négatif : l'usage et l'arrachage pour la pomme de terre contre seulement l'arrachage pour la betterave. Ainsi dans la rotation incluant betterave et pomme de terre, on compte jusqu'à 16 déplacements de sol dans la version labour contre seulement 7 dans l'itinéraire direct. L'impact du trafic est sûrement le second facteur laissant pression sur les vers de terre. On retrouve ici les lourds engins de récolte utilisés pour la pomme de terre comme pour la betterave.

Infiltration de l'eau



Enfin, la biomasse produite par la rotation est également un élément important. Les cultures sarclées, et essentiellement la pomme de terre, n'apportent quasiment pas de nourriture pour le sol. Cette expérience est nettement en évidence : l'impact du couple « travail du sol-rotation » sur l'activité lombricienne avec un écart de près de deux tonnes de biomasse entre les itinéraires extrêmes (labour + rotation avec forte pression contre 2 340 kg pour l'itinéraire semis direct et rotation favorable). Par ailleurs, la rapidité avec laquelle les populations ont évolué (destruction et croissance pour une biomasse d'environ 1 t/ha au départ avec seulement cinq ans de différenciation) est également remarquable. Ce sont les épiques (conservation des résidus en surface) comme les sarclées (arrêt de la perturbation de leur environnement) qui profitent le plus des modifications d'itinéraire.

Comparison entre systèmes céréaliers



Ces mesures réalisées sur l'expérimentation de la parcelle de « la cage » à l'Inra de Versailles sont extrêmement intéressantes. Après avoir attendu quatre à cinq ans de différenciation, c'est la partie pleine en semis direct sous couvert qui possède la plus abondante biomasse lombricienne. 60 kg/m² reste cependant un niveau faible qui devrait, avec le temps, continuer de progresser. Le système biologique permet ces résultats très proches ; cependant, dans ce protocole, un microterme une légumineuse pérenne (*luzerne*) est incluse dans la rotation et qui assure l'activité lombricienne à base de résine et de fibres de céréales. Enfin, le système raisonné comme le système intégré pratiqué à moins de 15 km². Ces deux résultats démontrent nettement l'impact négatif prédominant du travail du sol sur les lombriciens en comparaison des pratiques phytosanitaires lorsqu'elles restent raisonnables.

facilement une protection lors des périodes sèches ou froides. Enfin, les vers de terre préfèrent les milieux aux valeurs de pH non extrêmes (deux bornes : pH = 4 à 11) et sains.

Cultures sans travailler

Les interventions mécaniques affectent de différentes façons les lombriciens. Par la destruction des galeries, elles bouleversent premièrement l'habitat des vers, habitat qu'ils n'ont pas reconstruit. Par ailleurs, elles agissent directement sur les vers en blessant une partie d'eux, ceux enroulés en ceinture ou ceux qui sont coincés dans le sol. Cette action négative est d'autant plus importante que l'intensité du travail est forte (outils animés), et elle affecte tout particulièrement les individus de taille importante (tous les ancêtres, mais aussi les adultes adultes). Enfin le travail du sol, et entre autres le labour, est accompagné par une forte perturbation : les mouettes qui suivent la charrue, en consommant les vers finissent le travail. Dans ce registre, il faut également signaler que contrairement aux idées reçues, pendant les périodes où les individus sont en diapause (estivale ou hivernale), ils restent fortement vulnérables : le travail du sol brise leur protection et les expose alors aux conditions auxquelles ils ne sont pas adaptés.

Le moyen le plus simple et le plus efficace pour conserver le nombre de vers de terre dans les champs est donc de préserver leur environnement en réduisant, voire en supprimant le travail du sol. Cette démarche ne sera cependant efficace que si elle s'accompagne d'une réflexion sur la gestion organique.

Au commencement : la rotation

La rotation est également un autre élément fondamental pour développer une communauté de vers de terre importante. Elle régit plusieurs facteurs comme la quantité de biomasse végétale produite et laissée sur le sol, mais aussi la variété des produits mis à disposition des vers de terre. Dans le suivi de parcelle dans la région de Montérégie et de Lanaudière (Québec), les Canadiens ont systématiquement retrouvé le double d'individus (232 contre 107 vers/m²) pour un poids de respectivement de 32,5 et 57,8 g/m² dans les parcelles en rotation (soit 50 kg/mois) en comparaison aux parcelles menées en monoculture (souvent mais) alors que cette pratique laisse apparemment plus de biomasse. Au niveau des lombriciens, la seule monoculture acceptable reste la prairie qui apporte une bonne source de nourriture en continu et aucun

précis plus productives et mieux adaptées, ainsi qu'une meilleure gestion du pâturage.

Nourrir l'ensemble de ce petit monde

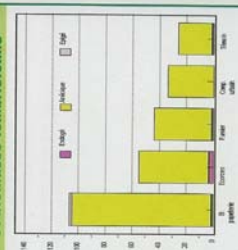
La majorité des engrais, en permettant d'accroître la production végétale et de ce fait la ressource alimentaire pour les vers de terre, peut favoriser le développement de ces derniers. Cependant, certains d'entre eux, tels que le sulfate d'ammonium, peuvent avoir un effet plus négatif que bénéfique.

En fait, l'écrit biologique général et, entre autres, le niveau de lombriciens dans un



J.-P. Robert du Tarn, qui pratique les TCS et des couverts végétaux denses, a observé l'autonomie de la biomasse lombricienne et l'importance de leur action a été plus importante dans la zone et totalement (comparaison de différents doses d'herbicide total). L'activité des vers s'observait particulièrement les feuilles, mais on constate encore une perte de densité qui sur le passage de pulvérisateur. Développer et abriter une communauté lombricienne importante et dynamique est une chose, mais ensuite, il faut s'assurer de leur régularité en grandes quantités de nourriture à consommer.

Apport de matière organique et biomasse lombricienne



De manière générale, les apports de produits organiques favorisent en tant que ressource complémentaire d'alimentation l'activité biologique et, entre autres, les vers de terre. Les produits phytosanitaires cependant ont un impact différent, plus ou moins négatif, selon les espèces, et ils transforment les populations de lombriciens.

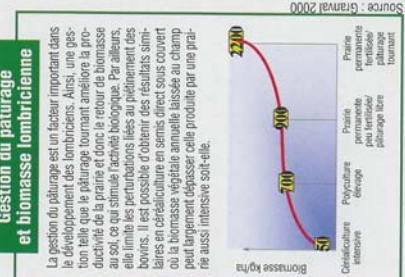
Dans le vignoble de Champagne et de Bourgogne, des scientifiques français ont conduit une étude sur l'impact des apports de matière organique sur le développement des populations lombriciennes et leur action sur la structure.

Dans les deux cas, les apports de matière organique ont conduit à une augmentation significative du nombre d'individus, mais également à un déplacement du pic de population. Si les ancêtres dominaient principalement les couches superficielles, ils se sont déplacés vers les couches profondes, ce qui est un signe de développement et d'adaptation à un régime biologique plus grandissant.

Quelle que soit la méthode, il est important d'être attentif à la diversité des espèces et à la structure de la communauté lombricienne.

Gestion du pâturage et biomasse lombricienne

La gestion du pâturage est un facteur important dans le développement des lombriciens. Ainsi, une gestion durable du pâturage doit permettre d'améliorer la production de matière organique et de maintenir une biomasse suffisante pour les vers de terre. Pour cela, elle limite les perturbations liées au pâturage des bovins. Il est possible d'obtenir des résultats similaires en céréalière ou en semis direct sans couvert ou la biomasse végétale annuelle laissée au champ peut largement dépasser celle produite par une prairie aussi intensive soit-elle.



La gestion du pâturage est un facteur important dans le développement des lombriciens. Ainsi, une gestion durable du pâturage doit permettre d'améliorer la production de matière organique et de maintenir une biomasse suffisante pour les vers de terre. Pour cela, elle limite les perturbations liées au pâturage des bovins. Il est possible d'obtenir des résultats similaires en céréalière ou en semis direct sans couvert ou la biomasse végétale annuelle laissée au champ peut largement dépasser celle produite par une prairie aussi intensive soit-elle.

S'il semble un peu illusoire d'apporter des vers de terre sans vouloir modifier le milieu, ils sont cependant indispensables pour redévelopper la fertilité de sols dégradés. Dans ce cas, il faut préserver leur environnement et surtout trouver le moyen de leur apporter une ressource alimentaire suffisante. Cette dernière est soit produite sur place, ce qui peut être difficile sur un substrat dégradé, soit être apportée via des résidus organiques, des fumiers ou composts qui pourront servir de support et de source d'alimentation. Ces produits présentent également l'intérêt d'apporter par leur dégradation progressive une quantité et une diversité d'éléments minéraux permettant un meilleur développement végétatif et donc un retour de biomasse végétale supplémentaire au sol. Cette logique permet de gagner beaucoup de temps et sécurise la transition vers les TCS, voire le semis direct dans les sols marginaux ou le taux de matière organique est déjà descendu relativement bas.

Recyclage par lombricompostage

La communauté de lombriciens du pays de Neuchâtel dans les Vosges, qui compte 12 200 habitants, s'est distinguée lors des trophées Eco-Actions 2003 par la mise en place d'un traitement des déchets par lombricompostage en partenariat avec l'Agence de l'eau et le conseil général.

Sur le site de Belmont, une semi-abrte deux lignes de 20 mètres de long où s'éparouissent trois espèces de vers de terre épiques capables d'ingérer 1,5 fil/jour leur poids de matière organique. Leur alimentation est en fait un mélange de sciure, de boue d'épuration et de déchets verts. Une tonne de déchets domine 300 kg de compost qui sera utilisé pour les terres agricoles de la communauté comme pour la révégétalisation de site dégradé.

Connaître : Kathleen Sibert. E-mail : K. sibert@payennechateau.com

L'augmentation du nombre de vers de terre dans les zones ayant reçu des apports organiques, s'est accompagnée d'une augmentation de la surface bioturbée. C'est-à-dire du sol repris par les vers de terre (formation d'une structure granuleuse) et d'une augmentation de la macroporosité au sein de la structure des galeries. L'apport de matière organique permettant l'augmentation du nombre de vers, a donc permis d'améliorer la structure du sol d'une manière générale (aggrégation, stabilité et porosité). Cette observation, comme beaucoup d'autres, montre l'intérêt de stimuler la dynamique de la communauté lombricienne afin d'améliorer la qualité des sols.

Evolution des populations de vers de terre en Champagne et en Bourgogne



Le sol non perturbé est fortement lié aux retours organiques qui définissent la source énergétique du système.

Un autre point essentiel pour l'activité biologique en général, et les vers de terre en particulier, est l'appétence du matériel organique. La lignine est l'élément le moins recherché, suivi de la cellulose. On comprend donc l'intérêt de la rotation afin de fournir avec, des oléagineux ou protéagineux des résidus plus appréciés ou fermentescibles. On retrouve également l'intérêt des couverts et du choix des espèces en fonction de la rotation afin de récupérer l'ensemble du mulch pour le rendre plus digeste. La gestion et l'alimentation d'une population lombricienne s'appuient en fait sur des notions qui sont proches des règles de développement en alimentation animale et entre autres avec les ruminants. Ils sont aussi, au-delà de gros décomposeurs de matière organique.

dent que la croissance peut être d'environ 10% par an à partir du moment où l'on conserve plus de 50% des résidus à la surface du sol. Bénéfisons ici que la vitesse de recolonisation sera croûtement liée au niveau de départ. Il est par conséquent nécessaire de laisser le temps aux vers, et particulièrement aux ancêtres et aux endogènes, pour revenir. Compte tenu de tout ce que nous avons dit au préalable, cela se fera en limitant les perturbations du milieu (travail du sol, compactage) et en ayant une gestion optimale des ressources organiques.

Impact des pesticides

Quel est l'impact des molécules phytosanitaires sur les lombriciens et toute la faune et la flore du sol ? Bien que la question soit fondamentale, il n'est pas facile d'y répondre de manière stricte, la complexité de la réponse étant liée à la multitude de pesticides qui existent et à l'évolution permanente des molécules actives. Quel type d'impact peut-on observer ? Une espèce de vers ou un groupe écologique peut être touché et un autre épargné. Il faut aussi différencier des impacts rapides (morts des individus) et d'autres à plus long terme (baisse de la fertilité par exemple).

Il faut aussi faire une différence entre les actions directes (absorption de produits par les vers lorsqu'ils se nourrissent ou consommation de particules de matière organique contaminée) et les actions indirectes (le désherbage réduit la biomasse végétale produite et par conséquent la ressource en nourriture). Enfin, il faut également intégrer dans cette réflexion que la stimulation de l'activité microbienne par les insecticides favorise une dégradation plus rapide et plus complète des molécules de produits phytosanitaires. En fait, les produits phytosanitaires ne sont pas systématiquement toxiques. Si on devait hiérarchiser les différents types de pesticides en tenant compte de leur impact négatif sur les vers de terre, il s'avère que, d'une manière générale, on pourrait dire que ceux qui restent les plus toxiques sont encore la rugine partiellement des nématodes (contre les nématodes) et insecticides, certains molluscides et fongicides (particulièrement ceux à base de cuivre), mais que peu d'herbicides ont un impact négatif. Il faut bien être conscients qu'au-delà de la toxicité propre aux matières actives elles-mêmes, il convient aussi de tenir compte de la toxicité potentielle de leurs métabolites (c'est-à-dire des molécules qui résultent de leur transformation dans le sol), et qu'il se s'agit peu d'études ont encore été réalisées.

Si on se replace dans un contexte global qui intègre l'ensemble des pratiques (traitements phytosanitaires, travail du sol, gestion organique), on peut remarquer que dans de nombreux cas, et les redressements des populations lombriciennes dans les parcelles des TCS (sites) le démontrent, c'est le travail du sol intensif qui est le principal agent négatif. La limitation des interventions et a fortiori le semis direct sont extrêmement favorables au retour de nos amis les vers de terre. Ceux-ci seront d'autant mieux préservés des molécules que la majorité des interventions « chimiques » sont réalisées sur mulch ou sur couvert avec, peu ou peu de contact avec le sol et la faune. Cependant, il faut aussi avoir en tête que ces mêmes couverts seront une source d'alimentation.

Avec le temps, au regard des conditions environnementales et des facteurs limitants, un équilibre entre les épiques, les endogènes et les ancêtres va se mettre en place. Ainsi, lors de transition vers les TCS et le semis direct, on assiste souvent à plusieurs phases de recolonisation de la communauté lombricienne. On comprend ainsi toute la stratégie de l'agriculture de conservation qui vise, par la production d'un maximum de biomasse végétale en circulation et le minimum de travail du sol, à doper l'activité biologique et, entre autres, le travail des vers de terre qui dans le temps va améliorer et entretenir une bonne structure du sol tout en favorisant le recyclage des éléments nutritifs.

de l'érosion, protection de la qualité de l'eau en lien avec le pouvoir épurateur des sols, action sur l'abondance et diversité de la faune de surface. Si ces organiques influencent le fonctionnement chimique, physique et biologique des sols, nous avons vu aussi qu'ils étaient fortement influencés par les conditions environnementales : les caractéristiques naturelles du milieu, mais aussi les modifications liées à l'action de l'homme (travail du sol, gestion organique). De ce fait, ils sont reconnus comme étant de bons indicateurs de la qualité du milieu (des fameux « bio-indicateurs ») Vivant à l'échelle du profil avec une évolution assez lente des populations, ils sont plus pertinents que des organismes de plus petite taille. De plus, ils sont faciles à observer pour les scientifiques comme pour les agriculteurs et leur quantification n'est pas trop compliquée à mettre en œuvre. Au-delà de l'importance des communautés de vers (nombre d'individus et poids), il est également intéressant de connaître les différentes catégories écologiques qui les composent (épiques, ancêtres, endogènes) car nous avons vu que chacune d'elles avait un impact sur le sol bien particulier. Une formation très rapide permet de reconnaître facilement sur le terrain ces différentes catégories et de différencier les individus qui sont adultes (car ils ont la femelle bague) des individus qui sont juvéniles. Cette information permettra de donner un premier diagnostic sur l'état biologique de nos sols. Si on veut une information encore plus complète, on peut essayer de reconnaître les différentes espèces, mais il, on doit bien dire que c'est plus complexe et que cela relève plus du domaine de l'expert...

Préserver les vers de terre par la limitation du travail du sol et les encourager par une alimentation plus conséquente et variée est le meilleur moyen de retrouver une solide population lombricienne.

Herbicides et peuplement de lombriciens



Cette expérimentation conduite en vigne montre un tableau impact de l'usage d'herbicides sur les vers de terre. On retrouve un gradient similaire avec les fongicides ou le cuivre apparaît comme étant le produit le plus toxique.

Un bon candidat comme indicateur

Comment nous venons de le voir, les lombriciens sont des acteurs clés dans la fertilité des sols. Ils jouent également un rôle majeur dans la maîtrise des risques environnementaux : limitation du ruissellement, des transferts de matière et

comment pour les vers, comme du formol ou de la montarde (Cluzeau et al., 1999 ; Gunn, 1992). S'il n'est pas toujours facile de se procurer et de manipuler du formol pour les agriculteurs, le problème de la montarde est que les montardes ne sont pas toutes identiques. Nous attendons donc avec impatience, le jour où on nous dira combien de cuillères à soupe de montarde de Dijon il faut pour prévenir au mieux nos vers.

En conclusion, on peut se demander qui peut prétendre objectivement remplacer un travail mécanique avec autant d'efficacité et de bénéfices pour l'agriculteur comme pour l'environnement que nos amis les vers de terre ?

Même s'il est possible de faire sans eux, c'est sans aucun doute mieux, et surtout plus économique de collaborer avec eux, et ce vieux proverbe paysan reste d'actualité : Dieu sait comment s'obtient la fertilité de la terre, il en a confié le secret aux vers de terre ».

Frédéric THOMAS, avec la collaboration de D. Cluzeau et G. Pères - Université de Rennes I/UMR 6553 Ecobio, station biologique de Petitpont, 35380 Petitpont

Evolution des populations de lombriciens dans les temps plus rapidement en semis direct qu'en labour mais c'est sans contestation que le labi en semis direct sur couvert de trèfle blanc qui elle expose littéralement avec plus de deux tonnes de lombriciens par hectare.

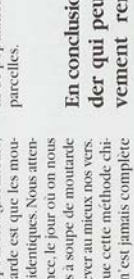
Comment estimer sa population de vers de terre ?

L'observation de la surface qui permet de constater le nombre de turricules et la vitesse de décomposition et disparition des résidus est déjà une bonne forme d'indication sur la communauté lombricienne. Cependant, il faut avoir en tête que seuls les ancêtres produisent ces turricules, et que de la même manière, seuls les ancêtres et les épiques participent directement à la disparition des résidus de surface (les endogènes étant essentiellement localisés dans le sol). Ce type d'information reste donc incomplet et ne renseigne que sur une partie des vers. Pour l'agriculteur, la bêche reste l'outil le plus facile à utiliser. Quelques petits prélevements (un bloc de 25 cm de côté sur 25 cm de profondeur, haut-bas de bêche) permettront de constater la présence des individus, leur taille mais également la possibilité qu'ils ont fabriqués. Ensuite, une pesée peut informer sur la biomasse réelle sachant qu'il est toujours difficile de tous les collecter : si environ 50 g/m² sont déjà un signe de bonne santé dans un sol cultivé, 100 g/m² apporteront une bien meilleure structuration.

Si cette méthode est facile d'accès, il faut cependant être conscients de ses limites. En effet, les vers de terre ont une structure aggrégée, c'est-à-dire qu'ils se regroupent en petites taches de ce fait, lorsque l'on prélève des petits blocs de sols, on peut soit être dessus ces taches, mais on peut aussi être à côté, et dans ce dernier cas, la mesure est faussée. C'est pourquoi, il faut vraiment réaliser plusieurs trous (au moins 6). Il existe une autre méthode pour extraire les vers de terre qui consiste à épancher sur 1 m2 une solution contenant un produit urti-

convient également de comparer l'état des parcelles avec le bord du champ, un telat ou

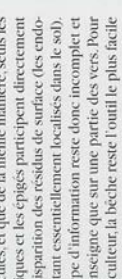
Dans une parcelle on TCS ou une prairie qui possède une bonne activité lombricienne on l'on peut trouver entre 50 et 80 ancêtres par m², la zone qui correspond à l'ancienne semelle de labour peut être portée de 50 à 80 trous. Cette dernière mesure, qui est simple, permet d'apprécier l'activité des vers, mais on aucun cas elle ne permet d'apprécier l'importance des vers de terre, en effet, le comportement fouisseur des vers est modifié suivant les systèmes de culture (Pères, 2003).



suivant les systèmes de culture (Pères, 2003).

La biomasse de lombriciens augmente dans les temps plus rapidement en semis direct qu'en labour mais c'est sans contestation que le labi en semis direct sur couvert de trèfle blanc qui elle expose littéralement avec plus de deux tonnes de lombriciens par hectare.

Evolution des populations de lombriciens dans les temps plus rapidement en semis direct qu'en labour



Source : Schmidt et al., 2002

Un bon candidat comme indicateur

Comment nous venons de le voir, les lombriciens sont des acteurs clés dans la fertilité des sols. Ils jouent également un rôle majeur dans la maîtrise des risques environnementaux : limitation du ruissellement, des transferts de matière et