

2.1 Historique

Pour la plupart des gens, les vers de terre sont des animaux plutôt désagréables, visqueux, étranges, aveugles, sourds et insensibles, de peu d'utilité (excepté comme appâts pour la pêche), et en général nuisibles notamment en raison de leurs disgracieux turricules de surface. En 1982, Darwin a permis de restaurer le caractère utile et bénéfique des vers de terre, leur attribuant intelligence et bienfaisance (Brown et *al.*, 2004).

En dépit du grand nombre de connaissances accumulées depuis Darwin sur les vers de terre et la reconnaissance formelle de leur importance pour le sol et la société, il reste beaucoup de découvertes nouvelles et importantes à faire. Ainsi, les aspects comportementaux et physiologiques continuent d'intéresser les scientifiques et des questions simples comme: « Que mangent-ils ? » « Quelle quantité de turricules produisent-ils ? » « Où vivent-ils? » « Quel est leur effet sur les sols et les plantes? » restent sans réponse précise pour de nombreuses espèces de vers de terre (Brown et *al.*, 2000).

Considérant que moins de 50 % des espèces de vers de terre sont identifiées, soit 3 600 espèces inventoriées à l'heure actuelle (Reynolds, 1994 ; Fragoso et *al.*, 1997) et que seule une douzaine d'espèces ont été étudiées en détail. Il reste un énorme travail innovant, audacieux et détaillé à faire sur le long terme. Comme le souligne en 1985 Marcel Bouché, dans son avant-propos du célèbre livre de Lee (1985) : « L'humanité connaît très peu de choses de ses plus proches commensaux. Nous sommes ignorants de l'activité nocturne, cachée, souterraine de la biomasse la plus importante ».

2.2 Taxonomie

Les vers de terre appartiennent au phylum des 'Annélides'. Il a évolué depuis le précambrien, en constituant trois classes principales : les polychètes, les oligochètes et les achètes. Le ver de terre se situe dans la classe des oligochètes terricoles « Oligochaeta », à l'ordre des Opisthopores « Opisthoptera » (pores génitaux à plus d'un segment en arrière du segment testiculaire), et plus précisément à la section des « Diplotesticulata » (ayant

normalement deux paires de testicule), (Ouahrani, 2004). Cette classe comprend plusieurs espèces, dont la plupart sont aquatiques, se trouvent dans toutes les régions du monde excepté celles à climat extrême (neige, glaces, désert...) (Clive, 1994).

2.3 Aspects généraux

Les lombriciens se caractérisent du point de vue morphologique, par un corps cylindrique formé d'une succession de segments semblables, "les métamères" compris entre un lobe céphalique ou prostomium et un lobe terminal ou pygidium.

Les lombriciens ne possèdent ni yeux ni oreilles, mais des terminaisons nerveuses sensibles à la lumière qui leur permettent de différencier la lumière de l'obscurité. Ils possèdent également des cellules tactiles (Ullmann, 2004).

Les vers de terre sont des animaux hermaphrodites, portant à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles ; Ils doivent néanmoins s'accoupler pour se reproduire. Avant l'accouplement, le clitellum situé du 33^{ème} au 38^{ème} segment se gonfle et sécrète un mucus collant qui aide deux individus à s'accoler tête-bêche. L'un des partenaires émet du sperme qui sera provisoirement conservé dans les réceptacles séminaux des 9^{ème} et 10^{ème} segments de l'autre. Une sorte de cocon sécrété par le clitellum protégera les œufs. Ce cocon est poussé vers l'avant par le ver de terre, de manière à ce que les spermatozoïdes puissent y pénétrer lorsqu'ils passent devant les 9^{ème} et 10^{ème} segments. C'est le moment de la fécondation (Blakemore, 2000).

Leur durée de vie varie selon les espèces. Certaines vivent 10 ans en conditions de laboratoire. A titre d'exemple, Bachelier (1978), indique: 10 ans et 3 mois pour *Allolobophora Longa*, 4 à 8 ans pour *Lumbricus Terrestris*, 4 à 5 ans pour *Eisenia foetida* et quelques mois pour *Lumbricus castances* (Bachelier, 1978).

Le lombricien rampe par contractions et allongements successifs de son corps et progresse en s'accrochant avec ses soies locomotrices (Ullmann, 2004).

Dans le sol, le ver de terre creuse des galeries dont le diamètre est égal à celui de son corps. L'extrémité antérieure se gonfle, devient dure, et peut ainsi pénétrer dans la terre humide. Il avale également de la terre où il trouve ses aliments. Les vers de terre contribuent dans des proportions considérables à l'aération du sol. Le lombricien peut être ainsi, considéré comme un animal utile (Villeneuve et Désiré, 1965).

Les lombriciens respirent en effet par la peau. L'eau de pluie tiède, qui contient trop peu d'oxygène, pousse les lombriciens à sortir de leurs galeries engorgées d'eau et à remonter à la surface pour respirer. De plus, l'eau peut élargir les galeries tant et si bien que le ver de terre ne peut plus s'accrocher aux parois pour gagner la surface (Rether, 2004).

Sur toute sa longueur, le vaisseau dorsal est contractile ainsi que les anses latérales appelées encore cœurs latéraux. Dans ce vaisseau dorsal le sang circule d'arrière en avant et les anses contractiles propulsent le sang vers le vaisseau ventral, non contractile, où le sang chemine d'avant en arrière. De l'hémoglobine dissoute dans le plasma colore le sang en rouge. La cavité générale du lombricien contient un liquide incolore, riche en globules blancs (leucocytes). Ces derniers se rencontrent dans le sang (Villeneuve et Désiré, 1965).

2.4 Cycle annuel des activités

Dans les régions tempérées, la plupart des vers de terre rentrent en diapause en été. Pendant cette période, le tube digestif est vide, les lombriciens restent enroulés sur eux même dans une cavité sphérique qu'ils ont consolidée. L'activité, la nutrition et l'aptitude à se reproduire reprennent à l'automne avec la réhumidification du sol encore chaud. En hiver, les vers de terre ralentissent leurs activités, ils s'enfoncent si le froid devient trop intense, mais ils n'hibernent pas et restent toujours plus ou moins actifs. Leur vie redevient normale au printemps avec l'adoucissement du climat et, en fin de printemps, avec le dessèchement des sols, débute leur estivation (Bachelier, 1978).

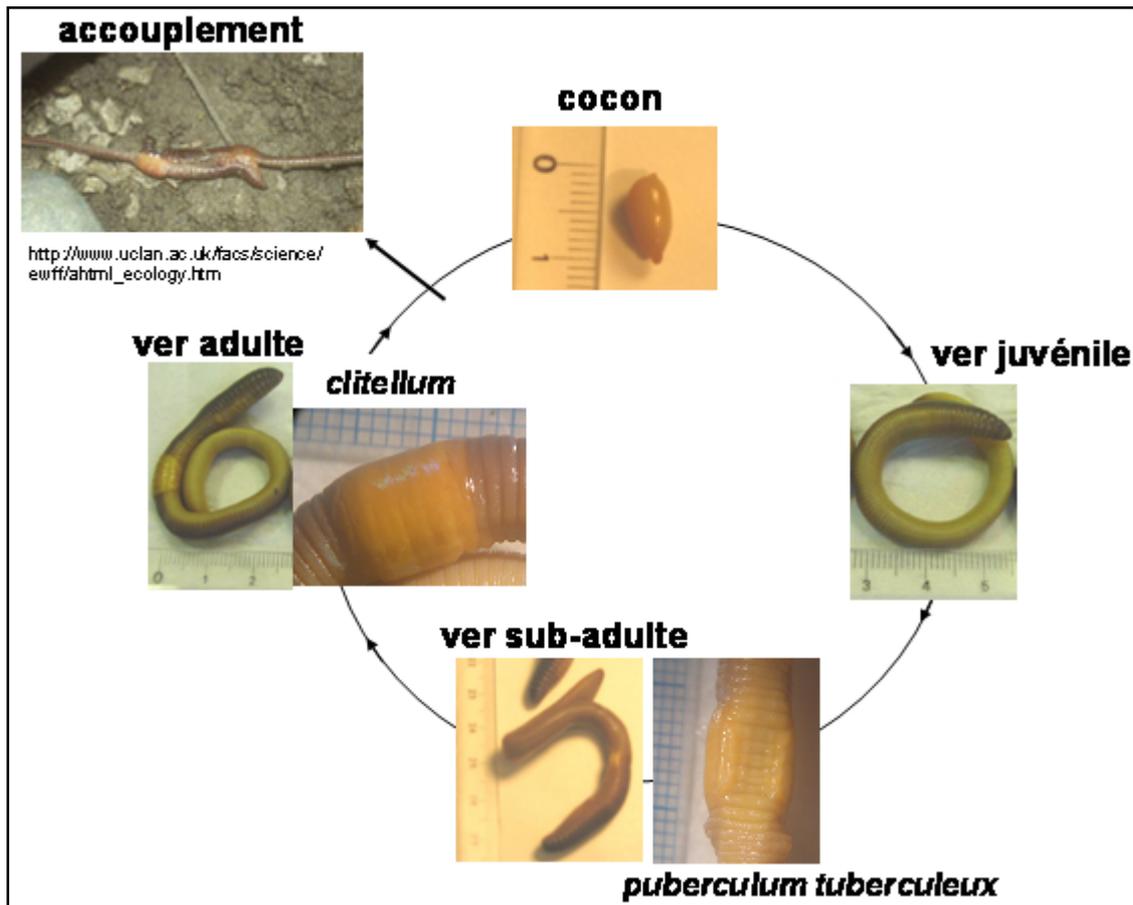


Figure 2.1 : Cycle de vie d'un individu *Lumbricus terrestris* (Pelosi, 2008).

2.5 Diversité lombricienne et diversité des modes d'action

L'action des lombriciens se situe à différentes échelles de temps et d'espace et varie selon l'espèce, leur taille ou leur mode de vie. Ainsi, Bouché (1977), classe les lombriciens en trois catégories écologiques selon des critères morphologiques et comportementaux : les épigés, les anéciques et les endogés (Kersante, 2003).

a) **Les épigés**: comme *Dendrobaena octaedra*, sont des vers de petite taille (<5.5 cm) qui vivent dans les horizons riches en matière organique à la surface du sol.

b) **Les anéciques** : comme *Lumbricus terrestris*, sont des vers de grande taille (11.1-30.0cm) qui creusent de profond tunnels verticaux s'alimentent principalement de la litière de

la surface, incorporent cette litière dans le sol et transportent à la surface des particules du sol minéral d'horizons plus profonds.

c) Les endogées : comme le genre *Apporectodea*, sont des vers de tailles moyennes (5.6 à 11.0 cm), qui consomment plus de matière minérale que les espèces épigées (Tab.2.1), et mélangent ensemble les horizons minéraux et organiques (Moore et *al.*, 2009).

2.2 Les lombriciens, organismes ingénieurs des sols

Les activités mécaniques des lombriciens comprennent ; l'élaboration d'un réseau de galeries où ils se déplacent et l'excrétion de déjections dans les galeries (fèces) ou en surface (Turricules). La sécrétion de mucus épidermique et l'excrétion d'urine dans le sol résultent d'activités métaboliques. D'autres activités métaboliques se déroulent également dans le tractus digestif : activités enzymatiques, ajout de mucus intestinal, régulation du flux de calcium. La drilosphère est la zone d'influence des lombriciens sur le fonctionnement des sols. Elle comprend toutes les structures physiques dépendantes des lombriciens (le contenu du tube digestif, les turricules et les galeries des lombriciens) ainsi que les communautés d'invertébrés et de micro-organismes qui y sont présentes. Il s'agit d'un système biologique de régulation dans le sol qui, en termes d'interactions biotiques, présente des analogies avec la rhizosphère (Lavelle et Spain, 2001). La structure et l'importance relative de la drilosphère sont déterminées par le climat, les paramètres du sol et la qualité des apports organiques.

L'effet des lombriciens sur le fonctionnement des sols dépend des interactions avec les facteurs biotiques et abiotiques, à différentes échelles spatiales et temporelles. Ces effets affecteront des structures de tailles différentes et persisteront pendant des durées variables. Les structures physiques créées par les lombriciens en interaction avec les composants du sol, persisteront plus longtemps que le flush d'activité des microorganismes dans le sol excrété (Lavelle et *al.*, 1998).

Tableau 2.1: Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par Bouché (1972 et 1977) in Pelosi, 2008.

	Espèce épigée	Espèce anécique	Espèce endogée
Alimentation	Litière décomposée à la surface du sol ; peu ou pas d'ingestion de sol	MO décomposée à la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec préférence pour matériau riche en MO
Pigmentation	Sombre, souvent ventrale et dorsale	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale	Peu ou pas pigmentée
Taille adultes	Petite à moyenne (10-30 mm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm)
Galeries	Pas ; quelques galeries dans les 1 ^{ers} cm de sol par espèces intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives, subhorizontales, souvent dans les 15 premiers cm de sol
Mobilité	Mouvements rapides en réponse à perturbation	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lente
Longévité	Relativement courte	Relativement longue	Intermédiaire
Temps de génération	Court	Long	Court
Survie à sécheresse	Sous forme de cocons	Quiescence	Diapause
Prédation	Très importante, surtout par oiseaux, mammifères et arthropodes prédateurs	Importante, surtout quand ils sont en surface, un peu protégés dans leur galerie	Faible ; un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropodes prédateurs

En raison de leurs particularités physico-chimiques, les biostructures (galeries et turricules) ou microsites d'origine biotique, participent à la création d'une hétérogénéité dans le sol (Kersante, 2003).

2.7 Hétérogénéité des structures créées par les lombriciens

Selon la compacité du sol, les lombriciens construiront leurs galeries en se faufiletant par compaction Latérale ou en ingérant et excréant le sol au fur et à mesure de leur progression.

a) Les galeries : Selon la catégorie écologique des lombriciens le réseau de galeries sera différent (étendue, Orientation, diamètre...). Le nombre de galeries dans un sol dépend de l'abondance lombriciennes mais peut atteindre plusieurs centaines par mètre carré (Lee, 1985). Dans les sites avec des communautés lombriciennes importantes, le volume des galeries peut constituer une part importante des pores du sol et fournir ainsi une voie de passage pour l'air et l'eau dans le sol. Le ver de terre y vit en se déplaçant vers la surface pour y rechercher sa nourriture (feuilles mortes, débris organiques) qu'il incorpore dans la galerie (Lee, 1985).

b) Les turricules : Le sol est ingéré puis excrété par les lombriciens. Les turricules correspondent au sol excrété à la surface du sol et les fèces au sol excrété le long des parois de galeries ou dans les galeries. Les turricules représentent 2 à 250 tonnes/ha/an en sols tempérés, les valeurs moyennes en prairies étant 40 à 50 tonnes/ha/an, soit une épaisseur de sol de 3 à 4 mm (Lee, 1985 in Kersante, 2003). La production et l'abondance des turricules sont variables en fonction du milieu considéré (conditions climatiques, type de sol), du peuplement lombriciens et du couvert végétal. La durée de vie moyenne d'un turricule varie de 4 jours en période pluvieuse à 14 jours en période sèche. Les turricules plus âgés atteignent au moins deux mois. Les turricules sont progressivement intégrés à la matrice du sol (Binet et Le Bayon, 1999). Les lombriciens se nourrissent sélectivement du sol enrichi en matière organique (Binet et Le Bayon, 1999).

2.8 Rôle des vers de terre

L'importance de l'activité des vers de terre peut être observée dans une grande variété de

thèmes : la pédogenèse et les processus d'altération, la différenciation d'horizons du sol et la formation de terre végétale à travers un brassage répété du sol et l'incorporation de matières organiques, l'effet du fouissage et du rejet de turricules (bioturbation) sur la fertilité du sol et la croissance des plantes, l'enfouissement de matières organiques et l'enrichissement du sol en éléments minéraux, le cycle global érosion sédimentation avec des transferts hydriques et aériens de fines particules de sol ramenés en surface par les vers de terre (Darwin avait même mis au point un simulateur de pluie!) et la protection par enfouissement des vestiges archéologiques (Feller et *al.*, 2000 et 2003).

Les Lombriciens pratiquent un labour biologique des sols profonds. Ils assurent un brassage de la matière minérale et la matière organique du sol et améliorent ainsi la structure du sol. Ils réduisent ainsi, par une action mécanique et chimique, la taille des particules organiques du sol. Cette dégradation conduit à la libération des éléments nutritifs assimilables par les végétaux chlorophylliens. Ils sont également considérés comme indicateurs de la qualité des sols et différents travaux ont montré qu'ils pouvaient, selon les milieux, augmenter ou diminuer l'érosion des sols (Blanchart et *al.*, 2004 ; Shipitalo et Gibbs, 2000). Cependant, ils accumulent les contaminants et sont alors un chaînon important du transfert de substance toxique vers leurs prédateurs. Ils peuvent être utilisés comme de bons indicateurs biologiques de contamination des sols (Abdul, 1994).

Ces "ingénieurs de l'écosystème" accumulent ainsi dans le sol par leurs activités mécaniques des agrégats et des pores qui constituent leurs domaines fonctionnels : la drilosphère des vers de terre, La termitosphère des termites, la myrmécosphère des fourmis auxquelles s'ajoute la rhizosphère des racines (Fig2.2).

2.9 Interaction sol et vers de terre

a) La température et l'humidité du sol : Les vers de terre sont composés de 80-90 % d'eau lorsqu'ils sont pleinement hydratés et, même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils restent très sensibles aux faibles humidités. De même, étant poïkilothermes, ils ne régulent pas leur température corporelle et sont par conséquent très sensibles aux variations de température. Les conditions optimales de température se situent en général entre 10 et 20°C pour les espèces de régions tempérées et entre 20 et 30°C pour les zones tropicales. Peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C. Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables (sécheresse, baisse ou hausse trop importante de la température), la survie, la fécondité et la croissance des lombriciens sont affectées (Lee, 1985). Différentes stratégies de survie sont utilisées par les vers de terre (cocons pour les espèces épigées ; et migration vers les horizons les plus profonds du sol pour les espèces anéciques). La température, l'humidité du sol sont les facteurs clés qui régulent l'abondance et l'activité des vers en milieu naturel et les populations lombriciennes répondent relativement rapidement à des variations de ces facteurs du milieu (Celine, 2008). Ainsi, ces variables clés influencent la dynamique d'une population de *L. terrestris*.

b) La matière organique : les populations lombriciennes se nourrissent de matière organique plus ou moins décomposée, à la surface ou dans le sol. La plupart des vers de terre ingèrent de la matière organique sous forme de matériau végétal vivant (racines, feuilles, graines), de plantes en décomposition (racines mortes, herbe tondue, feuilles fraîchement tombées au sol et litière de feuilles), de microorganismes et d'animaux microscopiques (larves de nématodes, acarien, collemboles), de fèces d'animaux surtout herbivores ainsi que de champignons, de bactéries et de levures (Sims et Gerard, 1999 in Celine, 2008).

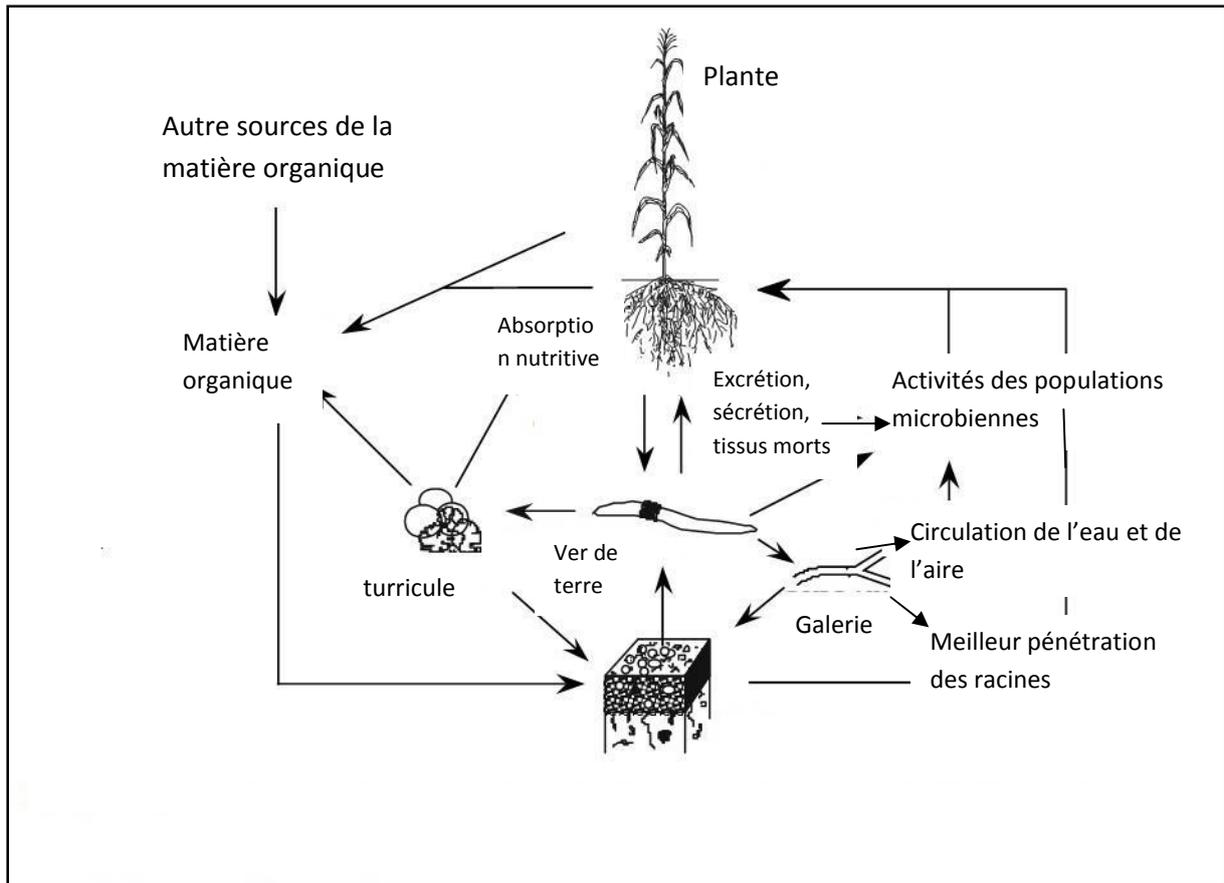


Figure 2.2 : Schéma simplifié montrant les effets physiques, chimiques et biologiques des vers de terre sur les sols et la nutrition des plantes (Cuendet et Bieri 1990 ; Syers et Springette 1983).

Ils peuvent se nourrir d'une large variété de matériaux organiques et, même en mauvaises conditions, ils peuvent extraire suffisamment de nourriture de la matière organique et des microorganismes pour survivre. La quantité, la qualité et la localisation des matières organiques sont des facteurs importants pour les lombriciens et dépendent surtout, dans les parcelles agricoles, de l'espèce cultivée. De nombreuses études ont montré une corrélation positive entre la densité et/ou la biomasse de vers de terre et la teneur en matière organique du sol. De plus, Boström et Lofs-Holmin (1986) ont démontré que la croissance d'*A. caliginosa* dépendait non seulement du type de nourriture disponible mais également de la taille des

particules ingérées. Les vers de terre ont des préférences alimentaires (le fumier ou les herbes grasses aux feuilles des arbres que les aiguilles de pin).

c) Rapport C/N : Le rapport C/N est une mesure de la qualité de la matière organique en tant que source d'énergie. Bouché (1972) distinguent 49 espèces pour lesquelles le C/N optimal pour la croissance est inférieur à 13 et 18 espèces ayant un C/N optimal supérieur ou égal à cette valeur. Phillipson *et al.*, (1976) expliquent qu'*Apporrectodea caliginosa*, *Apporrectodea rosea*, *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus castaneus* occupent des sols ayant un rapport C/N inférieur à 8 (Celine, 2008). Ce rapport est un des éléments les plus explicatifs de la distribution des vers de terre, et possède une haute signification biologique. Il est à la fois cause et résultante de la distribution des vers de terre (Bouché, 1984).

d) Le pH et le type de sol : Les vers de terre sont généralement absents des sols très acides ($\text{pH} < 3.5$) et sont peu nombreux dans les sols à $\text{pH} < 4.5$ (Curry, 1998). Il existe un pH optimal pour chaque espèce (Edwards et Bohlen, 1996). La majorité des espèces de régions tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5.0 et 7.4. Les travaux de Bhatti (1962) et Bachelier (1978) définissent des valeurs limites de pH et Satchell (1955) propose une classification des Lumbricidés selon les valeurs de pH. D'autres facteurs du milieu peuvent influencer la distribution et l'abondance des populations de vers de terre comme le type de sol (Edwards et Bohlen, 1996), la profondeur (Bachelier, 1978) et la texture du sol (Guild, 1948 ; Curry, 1998). Par exemple, Nordström et Rundgren (1974) trouvent une corrélation positive significative entre l'abondance des vers de terre et le taux d'argile des sols.

e) Salinité : D'après Parker et Metcalkf (1906) cité par Bachelier 1978, les lombriciens, réagiraient principalement aux cations des sels, alors que l'homme réagit d'abord aux anions. Les expériences de ces auteurs montrent qu'*Esenia fetida* qui vit dans les fumiers, est plus sensible au NaCl que dans l'ordre : NH_4Cl , LiCl, et au KCl. Pour d'autre vers de terre l'ordre

de sensibilité à ces chlorures serait différent.

2.10 **Maladies, prédateurs et parasites**

a) Maladies : Jusqu'à présent, peu d'études effectuées sur les maladies spécifiques au ver de terre sont connues. Seule la maladie provoquée par la bactérie *Entérobacter aérogènes*, se manifeste par un grand point au niveau du clitellum qui s'étend ensuite sur tout le corps. Les vers de terre infectés par cette bactérie, perdent rapidement du poids et meurent par manque d'O₂, ils ne peuvent plus absorber par leur peau ainsi attaquée (Hadri, 2001).

b) Prédateurs : L'ennemi numéro 1 du lombric est la taupe, mais les souris, les oiseaux, les sangliers, les renards et les hérissons l'apprécient aussi. Les rayons UV du soleil sont aussi mortels pour lui.

c) Parasites : Les vers de terre au cours de leur développement sont très souvent parasités dans leur corps par des bactéries, des flagelles, des ciliés, des filaires, des ténias et des larves de mouches, les grégariens (parasites unicellulaires des vertébrés) sont très répandues et cela dans tous les organes surtout l'intestin (Ullmann, 2004).