



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة خميس مليانة
Université de Khemis-miliana
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الارض
Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des Sciences de la terre



Mémoire de fin d'Etude

*En Vue de l'obtention du diplôme Master en
Sciences Agronomiques
Spécialité : Production animale*

Thème

***Initiation à la production des vers de terre, destinés à
des fins agro-zootechniques***

**Soutenu le
Par:**

29/5/2022
M^{me} LITIM Mouna
M^{elle} OUAR Wafa

Devant le Jury

Président	M ^r HAMIDI Djamel	MAA	UDBKM
Promoteur	M ^r KOUACHE Benmoussa	MCB	UDBKM
Co promoteur	M ^r RAHMOUNE Bilal	MCA	ENSA
Examineurs	M ^{elle} AIZA Asma	MAA	UDBKM
	M ^r KHELILI A	MAA	UDBKM

Promotion: 2021-2022

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé la santé et les moyens de conception de ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements aux personnes qui ont bien voulu encadrer ce travail : notre promoteur **Mr KOUACHE Benmoussa**, et notre Co promoteur **Mr RAHMOUNE Bilal.**, d'avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre tout au long de la réalisation de ce mémoire par leurs esprits scientifiques de haut niveau, et par leurs caractères de noblesse incomparable, pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos profonds remerciements vont aussi au membre du jury pour avoir accepté l'évaluation et la discussion de notre travail. Nous remercions vivement **M^r Hamidi Dj.**, d'avoir accepté de présider le jury. Nous remercions **M^{elle} Aiza** et **M^r Khelili** d'avoir consacré de leurs temps pour examiner ce travail.

Sans oublier **Mr K.A** qui a accepté de partager son expérience avec nous, pour ses conseils, son temps et sa sincérité.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes parents, que Dieu vous garde en bonne santé inshallah.

A mon père **Taher** pour son amour et son encouragement,

A ma source de bonheur, la prunelle de mes yeux, ma mère **Djamila**

A mon mari, pour leur soutien et leur encouragement

A mes chers frères, Yakoub, Ridha et Titou, pour tous

A mes chères nièces : Rodina, chahd et Wissal et A mon adorable neveu Ishak

A ma amie la plus chère ; Ferial,

A Wafoua, Garyocha et Sarah pour notre amitié, et nos bons moments

MOUNA

Dédicaces

A mon très cher **PERE**: pour ses conseils et ses efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Que Dieu, le tout puissant, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

A ma très chère **MERE** : pour ses encouragements, ses prières et sa bénédiction qui ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Que Dieu, le tout puissant, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

A mes aimables frères **FAROUK, SALAH EDDINE, et MOUNIR FADHEL** je vous dédie ce modeste travail avec tous mes vœux de bonheur, santé et réussite dans vos vies personnelles et professionnelles.

A mes cousines, plus proches que des sœurs, **HOUDA, MAISSOUNE, NOUSSAIBA et FARAH** merci pour votre amour, amitié et soutien.

A mon amie adorée, ma sœur **IMANE** merci pour ton amour, ta pure amitié je te souhaite tout le bonheur du monde.

A mes chères **CHAHRAZED, SARAH** je vous souhaite une vie pleine de bonheur, santé et de réussite.

Sans oublier celle qui a partagé ce modeste travail avec moi, ma chère amie **TITA**, je te souhaite toute la joie du monde.

Tables des matières :

Remerciements

Dédicaces

Tables des matières

Liste des abréviations

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Introduction : 1

Partie bibliographique

Chapitre I : Introduction au monde des vers de terre..... 3

I.1 Présentation des vers de terre : 3

I.2 Classification : 3

I.2.1 Classification taxonomique : 3

I.2.2 Classification écologique : 4

I.2.2.1 Les vers épigés : 5

I.2.2.2 Les vers endogés : 5

I.2.2.3 Les vers anéciques : 6

I.3 Morphologie : 7

I.4 Anatomie : 7

I.5 Respiration et circulation sanguine : 8

I.6 Locomotion : 9

I.7 Reproduction : 9

I.8 Cycle de vie : 11

Chapitre II : Elevage des vers de terre : La Lombriculture 12

II.1 Définitions : 12

II.2 Historique : 12

II.3 Espèces les plus utilisées : 12

II.4	Système d'élevage :.....	14
II.4.1	Système discontinu :	14
II.4.1.1	Andains statiques :	14
II.4.2	Système continu :	15
II.4.2.1	Andains alimentés par le haut :	15
II.4.2.2	Enclos (cases ou boxes) :	15
II.4.2.3	Bacs ou sacs suspendus :	16
II.5	Besoins d'élevage :.....	16
II.5.1	Alimentation :	16
II.5.2	Humidité :	17
II.5.3	Température :	18
II.5.4	Aération :	18
II.5.5	Ph :	18
II.6	Conditions d'élevage :.....	18
II.6.1	Infrastructures	18
II.6.2	Litière :	19
II.6.3	Pré-compostage des aliments :	19
II.6.4	Santé, hygiène, sécurité :	19
II.7	Récolte de la biomasse de ver de terre :	20
II.7.1	Période de récolte :	20
II.7.2	Méthodes de récolte :	20
II.8	Importance de la lombriculture :	21
II.8.1	Importance économique :	21
II.8.2	Importance environnementale et écologique :	22
II.8.3	Importance agronomique et biologique :	22
II.8.4	Importance zootechnique et nutritionnelle :	22
II.9	Utilisations des produits de la lombriculture :	23

II.9.1	Utilisation dans l'alimentation des monogastriques :	23
II.9.2	Utilisation en aquaculture :	25
II.9.3	Utilisation dans la fabrication des bio-engrais	26

Partie expérimentale

Chapitre III : Essai d'élevage de vers de terre.....	29
III.1 Matériel et méthode.....	29
III.1.1 Matériel :	29
III.1.1.1 <i>Déroulement de l'étude</i> :	29
III.1.1.2 <i>Matériel biologique</i> :	29
III.1.1.3 <i>Equipements d'élevage</i> :	30
III.1.1.3.1 Cases d'élevage :	30
III.1.1.3.2 Substrat d'élevage :	31
III.1.1.3.2.1 Litière :	31
III.1.1.3.2.2 Source de nourriture :	31
III.1.2 Méthode :	32
III.1.2.1 Dispositif expérimental :	32
III.1.2.2 Mise en place de la litière :	32
III.1.2.3 Mise en place des ressources de nourriture :	33
III.1.2.4 Mise en place des vers de terre :	33
III.1.2.5 Collecte des données :	35
III.1.2.5.1 Contrôle de la reproduction :	35
III.1.2.5.2 Produits finaux :	35
III.2 Résultats et discussion :	36
III.2.1 Comportement des vers :	36
III.2.2 Reproduction des vers :	37
III.2.2.1 Cycle de vie :	37
III.2.2.1.1 L'accouplement :	37

III.2.2.1.2 Les cocons :	37
III.2.2.1.3 Les vers juvéniles :	38
III.2.2.1.4 Les vers adultes :	39
III.2.2.2 Multiplication de la population des vers :	40
III.2.3 Substrat d'élevage	41
III.3 Discussion générale :	42
Chapitre IV : Projet : Produire des vers pour alimenter un élevage avicole	45
IV.1 Concept général :	45
IV.2 Description de la maquette :	45
IV.3 Description du projet :	47
Conclusion :	51
Références bibliographiques :	53

Liste des abréviations :

% : Pourcentage

cm : Centimètre

m : Mètre

C : Carbone

N : Azote

pH : Potentiel Hydrogène

h : Heure

g : Gramme

T° : Température

DA : Dinar Algérien

Résumé :

L'utilisation des vers de terre comme source alternative de protéines pour l'alimentation des volailles est une opportunité pour fournir des services environnementaux moins coûteuses . Grâce aux vers de terre, les déchets et sous-produits organiques générés par les activités d'élevage peuvent être valorisés et devenir une ressource pour l'alimentation animale dans une économie circulaire. Dans ce contexte, ce travail est mené dans le but d'améliorer les connaissances sur les vers de terre, et de présenter des pistes pour l'optimisation de l'élevage des vers et la valorisation de ses produits finaux dans l'alimentation des volailles et la fertilisation des cultures. Après un élevage à domicile, les résultats issus étaient encourageants avec un taux de multiplication de 64% preuve de la prolificité et la rentabilité de cette filière. De même, pour une meilleure exploitation de ces ressources, un projet intégral a été proposé et une maquette artisanale démonstrative a été conçue avec un devis des couts attribué par un éleveur de vers de terre. Ce travail est une contribution à la connaissance des vers de terre et aux perspectives de leur valorisation pour l'alimentation animale et l'amélioration des fertilités des sols agricoles.

Mots clés : Vers de terre, vermiculture, élevage avicole, compost, maquette artisanale.

المخلص

يعد استخدام ديدان الأرض كمصدر بديل للبروتين في تغذية الدواجن فرصة لتقديم خدمات بيئية قليلة التكلفة بفضل هاته ديدان يمكن تثمين النفايات والمنتجات الثانوية العضوية الناتجة عن أنشطة الثروة الحيوانية وتصبح مورداً لتغذية الحيوانات في حلقة متكاملة.

في هذا السياق، تم تنفيذ هذا العمل بهدف تحسين المعارف حول ديدان الأرض، وتقديم طرق لتحسين تربية الديدان وتثمين واستغلال منتجاتها النهائية في النظام الغذائي للدواجن وكذا في تخصيب المحاصيل. بعد التجربة التي قمنا بها في المنزل كانت النتائج مشجعة حيث بلغت نسبة التوالد 64% مما يدل على غزارة وربحية هذا المجال. وكذلك، من أجل تحسين استغلال هذه الموارد، قمنا باقتراح مشروع متكامل وتم تصميم نموذج حرفي توضيحي مع تقدير للتكاليف قدمت لنا من قبل أحد مربّي دودة الأرض. هذا العمل هو مساهمة في معرفة ديدان الأرض وآفاق تثمينها لتغذية الحيوانات وتحسين خصوبة التربة الزراعية.

الكلمات المفتاحية: ديدان الأرض، تربية الديدان، السماد العضوي، تربية الدواجن، نموذج حرفي،

Abstract:

The use of earthworms as an alternative source of protein for poultry feed offers an opportunity to provide less expensive environmental services. Thanks to earthworms, waste and organic by-products generated by livestock activities can be valorized and become a resource for animal feed in a circular economy. In this context, this work is carried out with the aim of improving knowledge on earthworms, and presenting ways to optimize worm farming and the valorization of its end products in the diet of poultry and crop fertilization. After rearing at home, the results were encouraging with a multiplication rate of 64%, proof of the prolificacy and profitability of this sector. Similarly, for a better exploitation of these resources, an integral project was proposed and a demonstrative artisanal model was designed with an estimate of the costs attributed by an earthworm breeder. This work is a contribution to the knowledge of earthworms and the prospects for their valorization for animal feed and the improvement of the fertility of agricultural soils.

Keywords: Earthworms, , vermiculture, poultry farming, compost, artisanal Mock-up.

Liste des figures :

Figure 1: Aspect général d'un ver de terre.....	3
Figure 2: Répartition écologique des vers de terre	4
Figure 3: ver de terre épigé	5
Figure 4: Ver de terre endogé	6
Figure 5: Ver de terre anécique.....	6
Figure 6: Morphologie du ver de terre	7
Figure 7: Anatomie du ver de terre	8
Figure 8: Etapes de la reproduction des vers de terre	10
Figure 9: Cycle biologique des vers de terre	11
Figure 10: Andains de lombricompostage	15
Figure 11: Vermicomposteur (à gauche) et Sac de vermicompostage (à droite).....	16
Figure 12: Récolteuse mécanique.	21
Figure 13: l'apport protéique de différentes matières premières végétales).....	24
Figure 14: Schéma des différentes utilisations des vers de terre	27
Figure 15: amas de vers de terre « <i>Eisenia foetida</i> » (photo personnelle).....	30
Figure 16: Conception des boites d'élevage (photo personnelle).....	31
Figure 17: Mise ne place de la litière pour vers (photo personnelle).....	33
Figure 18: Introduction des vers de terre (photo personnelle).....	34
Figure 19: Vermicomposteur (photo personnelle).....	34
Figure 20: Migration des vers à travers les pores (Photo personnelle).....	36
Figure 21: Cocons de vers de terre (Photo personnelle)	37
Figure 22: Ecllosion d'un cocon (photo personnelle).....	38
Figure 23: Vers de terre juvéniles (Photo personnelle)	39
Figure 24: vers de terre adulte (Photo personnelle)	39
Figure 25: Evolution de la population des vers durant l'essai	40
Figure 26: Transformation du substrat d'élevage (photo personnelle).....	41
Figure 27: Vermicompost (photo personnelle)	42
Figure 28: Plan représentatif de la maquette.....	45
Figure 29: Maquette illustrative du projet proposé (photo personnelle).....	46
Figure 30: Bâtiments d'élevage avicole (photo personnelle)	48
Figure 31: Bâtiment et terrain pour vers de terre (photo personnelle).....	49

Liste des tableaux :

Tableau 1: Espèces les plus utilisées en vermiculture	13
Tableau 2: Alimentation utilisée dans l'élevage à petite et grande échelle	17
Tableau 3: Apports nutritionnels recommandés pour le poulet de chair (ITAB)	23
Tableau 4: Composition en protéines , énergie et acides aminés des vers de terre	25
Tableau 5: Matériel utilisé dans la fabrication de la maquette	47
Tableau 6: Fiche technique valorisée d'un élevage de vers de terre en Algérie (unité DA)	50

Glossaire :

- **Annélide** : embranchement qui renferme des animaux vermiformes composés d'une série d'unités répétées qui contiennent chacune une cavité interne remplie de fluide.
- **Biomasse** : Désigne la masse totale des organismes animaux et végétaux concernés sur une surface ou dans un volume donné.
- **Clitellates** : Classe des annélides qui disposent sur son corps du clitellum.
- **Clitellum** : Organe participant à la reproduction des vers de terre et qui permet de d'identifier le vers matures sexuellement.
- **Coelomates** : Animal pourvu d'un coelome.
- **Cœlome** : Cavité interne qui se trouve entre la paroi du corps et le tube digestif. Le coelome contient les organes.
- **Macrofaune du sol** : tous les invertébrés du sol facilement visibles à l'œil nu.
- **Mésafaune du sol** : compartiment de la faune du sol de taille intermédiaire.
- **Métamère** : Anneau du corps du ver de la famille des annélides, segment transversal d'un annélide.
- **Métazoaire** : organisme animal formé de plusieurs cellules.
- **Microfaune du sol** : ensemble des tout petits animaux dans le sol, ils ne sont visible que par la loupe ou sous le microscope.
- **Oligochètes** : Désigne l'ordre des vers dont le corps est pourvu de minuscules soies appelées "setae".
- **Protostomien** : Animal caractérisé par le fait que la bouche se forme en premier.
- **Triploblaste** : se dit d'un animal dont les divers organes s'édifient à partir de trois feuilletts embryonnaires.

Introduction :

À l'échelle mondiale, l'agriculture et la production alimentaire sont mises au défi de produire, de manière durable, des aliments suffisants, sains et sûrs pour la population mondiale croissante. On estime que près de neuf milliards de personnes vivront sur la planète en 2020. Pour nourrir cette population mondiale, il faudra augmenter sensiblement la production des denrées alimentaires de base, à savoir les céréales, par une augmentation de 40%, et les viandes, par une augmentation de 63% (**FAO, 2020**). Cette dernière demande une mobilisation massive des surfaces agricoles utiles, des structures d'élevage moderne et une utilisation intensive des facteurs de production, notamment des engrais chimiques pour améliorer les rendements des plantes et des aliments synthétiques pour améliorer les rendements des animaux d'élevages (**Kumar et al., 2018**). Cependant, la continuation de l'utilisation de ces produits et aliments synthétiques pour assurer les rendements des plantes et des animaux affectera négativement la santé humaine et détruira les écosystèmes naturels (**Bahadori et al., 2017**).

La viande de poulet et les œufs, qui font partie des sources de protéines animales, sont des produits incontournables pour l'alimentation humaine (**Wu et al., 2019**). L'aviculture s'est développée pour devenir dans de nombreux pays, y'a compris l'Algérie, la première production animale tant par le volume des viandes produites que par le tonnage des aliments composés (**Alloui et Bennoune, 2013**). Actuellement, le ministère de l'agriculture et de développement rural Algérien (MADR) compte fortement sur le développement de ce secteur pour améliorer l'alimentation et pour assurer une source protéique des habitants et même pour la réalisation d'une autosuffisance en produits avicoles (**Berghiche et al., 2018**). Cependant, l'aviculture en Algérie reste confrontée à plusieurs obstacles limitant, à l'image des bâtiments de culture, les aliments de cout élevés et faible qualités et la manque des additifs de croissance. Ces derniers facteurs retentissent fortement sur les performances de croissance et donc sur la production des élevages (**Alloui et Bennoune, 2013**).

Récemment de nouvelles approches ont été proposées, elles pourraient assurer la durabilité des systèmes de production avicole et l'amélioration de la productivité des poulets (Viande et Œufs) face aux contraintes. Dans ce contexte, la valorisation des ressources génétiques naturelles telles que les vers de terre (lombrics) et l'application des

voies de cultures modernes et innovantes sont considérées comme des outils promettant pour fournir des avantages substantiels à l'aviculture (**Bahadori et al., 2017**).

Les vers de terre sont un membre important des invertébrés du sol, contribuant à environ 40 à 90 % de la biomasse de la macrofaune du sol (**Zirbes et al., 2011**). Aristote a été le premier à attirer l'attention sur l'importance des vers de terre et les a appelés « Intestin of Earth » (**Edwards et Bohlen 1992**). L'importance des lombrics a beaucoup évolué grâce à ses multiples usages dans la gestion des déchets organiques, la fertilisation des terres agricoles (**Kumar et al., 2018**) et l'élevage des volailles (**Coulibaly et al., 2014; Temgoua et al., 2014**). Les vers de terre sont une source de nourriture naturelle pour les volailles élevées en plein air et, vivants ou séchés, sont très appétissants pour les volailles. Plusieurs études ont rapporté l'intérêt zootechnique du ver de terre dans l'alimentation animale (**Moula et al., 2018**) particulièrement comme source de protéine pour l'aviculture mais aussi pour son avantage économique. Selon (**Ouahrani et Rached-Mosbah, 2001**) la biomasse de vers de terre produite par la lombriculture est la meilleure solution pour résoudre les problèmes liés à l'approvisionnement en protéines des animaux d'élevage.

Ainsi, le présent travail s'inscrit dans le but de valoriser les ressources en vers de terre dans l'agriculture en général et notamment dans l'aviculture.

Pour ce faire, on a :

- ❖ Isoler et/ou élever des vers de terre ;
- ❖ Caractériser morphologiquement les vers de terre ;
- ❖ Elaborer une maquette représentative d'un projet d'élevage de vers de terre destiné à alimentation d'un élevage avicole.

Ce travail s'articule autour de trois grandes parties :

- ✚ La première partie est une revue de la littérature qui donne une présentation générale des vers de terre et leurs utilisations, l'élevage des vers de terre ainsi que des généralités sur volailles.
- ✚ La deuxième, décrit le matériel et les méthodes utilisés durant notre travail.
- ✚ Et, la troisième décrit tous les résultats obtenus et les discute en les comparant avec d'autres travaux dans cet axe de recherche.

Une conclusion générale est donnée à la fin du présent travail en tirant les principaux résultats obtenus et quelques perspectives ont été suggérées.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Introduction au monde des vers de terre

Les vers de terre, également appelés lombriciens, sont des organismes invertébrés (Peres, 2011). Ils sont l'un des ingénieurs physiques de l'écosystème qui renouvellent la structure du sol (Saurel et *al.*, 2010).

I.1 Présentation des vers de terre :

Les Lombricidé sont des métazoaires, triploblastes, coelomates et protostomiens, font partie des Annélides qui sont principalement représentés dans les écosystèmes terrestres par les vers de terre de la classe des oligochètes, représentant une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse. (Edwards et Bohlen, 1996).



Figure 1: Aspect général d'un ver de terre (STEPHANE.V, 2019)

I.2 Classification :

Les vers de terre font partie de la faune du sol qui regroupe un nombre très important d'organismes animaux. Ces derniers sont regroupés en microfaune, mésofaune et macrofaune suivant leur taille. Avec les limaces et les araignées, les vers de terre appartiennent à la macrofaune.

I.2.1 Classification taxonomique :

Les vers de terre sont des invertébrés (animaux ne possédant pas de colonne vertébrale). Ils appartiennent à l'embranchement des **Annélides**, à la classe des

Clitellata et à l'ordre des **Haplotaxida** (Morin, 1999). La classification se présente comme suit :

- ✓ **Règne** : Animal
- ✓ **Phylum**: Annélide
- ✓ **Classe** : Clitellata
- ✓ **Sous-classe** : Oligochaeta
- ✓ **Ordre** : Haplotaxida
- ✓ **Sous-ordre** : Lumbricina
- ✓ **Famille**: La détermination du nombre exact de familles de vers de terre dépend de la méthode taxonomique utilisée. D'après (Samuel in Razafindrakoto, 2013), il existe 20 familles : Lumbricidae, Ailoscolecidae, Syngenodrilidae, Almidae, Biwadrilidae, Criodrilidae, Lutodrilidae, Hormogastridae, Kynotidae, Sparganophilidae, Komarekionidae, Microchaetidae, Eudrilidae, Ocnodrilidae, Megascolecidae, Octochaetidae, Moniligastridae, Tumakidae, Acanthodrilidae, Exxidae et Glossoscolecidae.

I.2.2 Classification écologique :

En fonction de leur mode de vie, de leur taille, de leur habitat, de leur comportement et de leurs ressources alimentaires, les vers de terre se répartissent en trois grandes catégories : **épigés, anéciques et endogés**.

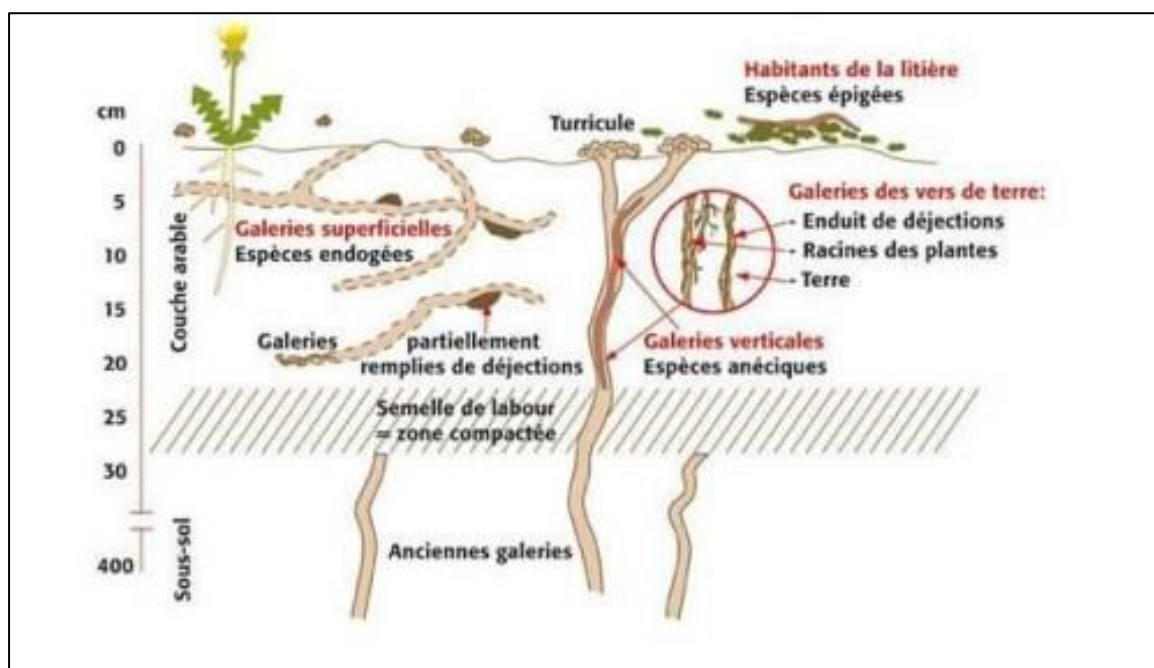


Figure 2: Répartition écologique des vers de terre (PFIFFNER, 2013)

I.2.2.1 Les vers épigés :

Qui vivent en surface dans les amas de matières organiques et creusent peu ou pas de galeries dans le sol. (Pérès et al., 2011) ; Ils sont petits et fins, ils mesurent 5 à 10cm maximum avec des mouvements rapides.

Ce sont des décomposeurs, trouvés également dans les excréments des grands herbivores ou dans le bois humide, utilisés de façon industrielle pour la production d'appâts de pêche, dans le lombricompost et le traitement des déchets (vers de compost). Peu protégés, ils subissent une forte prédation (oiseaux) qu'ils compensent par une fertilité élevée (42 à 106 cocons par adulte et par an). L'espèce caractéristique peut être *Lumbricus castaneus* Sav. (autres espèces *Eisenia fetida.*, *Dendrobaena octaedra.*(Bouché, 1977).



Figure 3: ver de terre épigé (MIHAI .D, 2006)

I.2.2.2 Les vers endogés :

Les vers endogés habitent en permanence dans les premiers 20 à 30cm du sol (Fraser, 1999). Ils se nourrissent de la terre riche en éléments nutritifs. Ils creusent des galeries Horizontales pour se déplacer dans le sol (Bouché, 1984). Leur corps mesure 10 à 20 cm. Les vers endogés ont une fécondité moyenne. Un adulte pond 8 à 27 cocons par an. Ils sont peu pigmentés. Leur refuge leur met à l'abri des prédateurs.

Espèces caractéristiques : *Aporrectodea caliginosa* (Fraser, 1999)



Figure 4: Ver de terre endogé (Hobern D, 2016)

I.2.2.3 Les vers anéciques :

Les vers anéciques habitent la couche profonde du sol (1 à 2,5 m). Ils se nourrissent des matières organiques qu'ils cherchent en surface. Ils y viennent aussi déposer leurs déjections (Fraser, 1999). Leurs déplacements laissent des galeries verticales (Bouché, 1984). Ils mesurent 15 à 45 cm et quelques fois plus d'1 m. Un adulte ne produit qu'un cocon par an. ils sont très rarement attaqués par les prédateurs.

Espèces caractéristiques : *Lumbricus terrestris* (Fraser, 1999).



Figure 5: Ver de terre anécique (Site Web 01)

I.3 Morphologie :

Les vers de terre sont des Annélides fousseurs, dont le corps très extensible de forme cylindrique est constitué par plusieurs segments avec une extrémité antérieure effilée où s'ouvre la bouche tandis que la région postérieure qui porte l'anus est légèrement aplatie. La peau est recouverte d'un mucus qui permet à la fois de la maintenir humide et de la lubrifier, facilitant ainsi le déplacement. Vers le tiers antérieur du corps se trouve une zone renflée, le clitellum, qui joue un rôle important dans la reproduction.

La face dorsale montre, par transparence à travers la peau, une ligne rouge constituée par un vaisseau sanguin. La face ventrale, aplatie, est beaucoup plus claire. Chaque anneau porte, sur la face ventrale, quatre paires de soies rigides. Les soies permettent au ver de prendre appui sur le sol lors de ses déplacements.

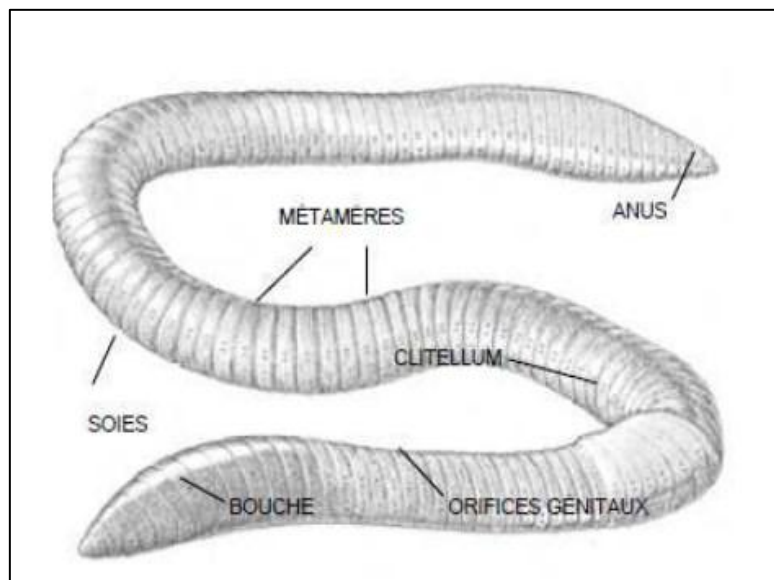


Figure 6: Morphologie du ver de terre (Bouché, 1972)

I.4 Anatomie :

Les vers de terre sont des animaux qui appartiennent à la macrofaune du sol. Ils se distinguent par une anatomie allongée et circulaire. Leurs corps sont constitués par une série de nombreux anneaux successifs appelés « métamères » (de 60 à 200), Lesquels ont tous une anatomie à peu près semblable et se répétant régulièrement. (Lavelle Et Spain, 2001)

Les vers de terre n'ont ni yeux ni tête distincte et ils possèdent quatre cœurs et trois paires de reins et beaucoup de cellules sensorielles.

Selon (Sims et Gerard ; 1999) l'anatomie du ver de terre est caractérisée par la présence d'organes axiaux, s'étendant sur toute la longueur du corps de l'animal (appareil circulatoire, appareil digestif et chaîne nerveuse), d'organes métamériques pairs de répétant dans chaque segment (néphridies, cavités coelomiques, ganglions nerveux) et d'organes à localisation stricte comme les structures génitales (testicules et vésicules séminales de l'appareil génital male, ovaires, oviductes et spermathèques de l'appareil femelle). On outre, il prouve une symétrie bilatérale nette.

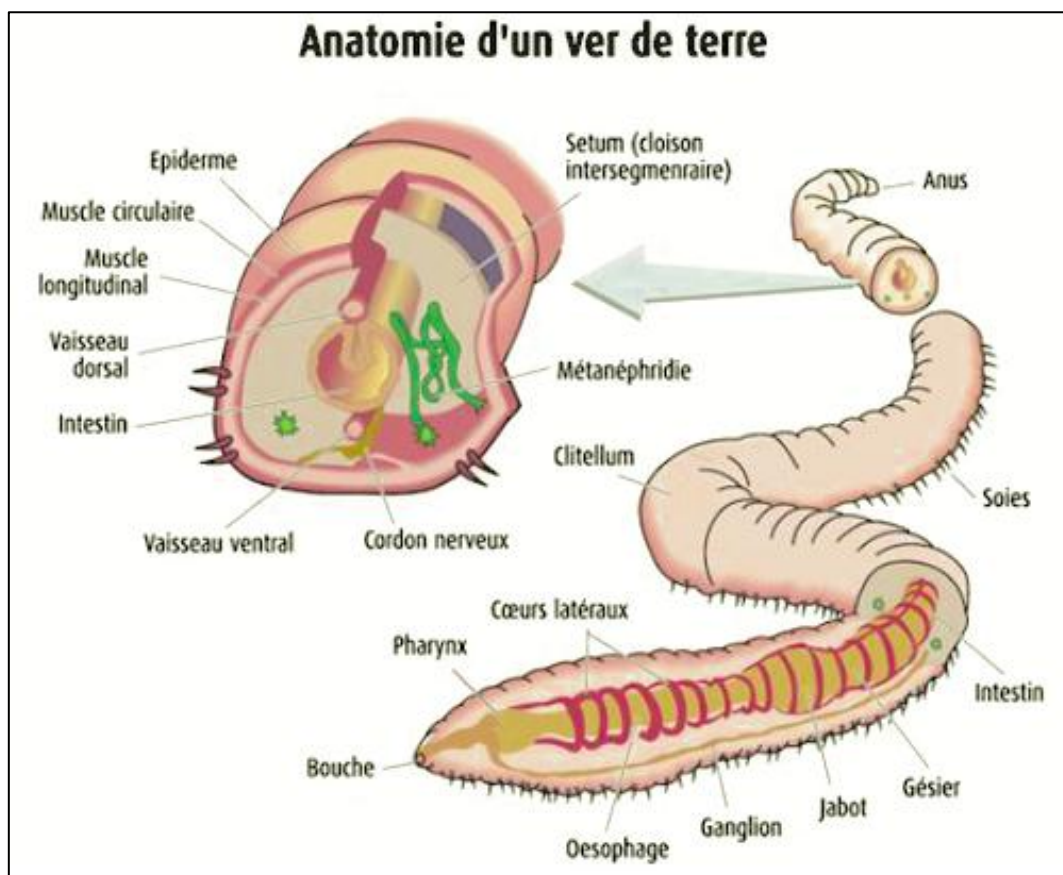


Figure 7: Anatomie du ver de terre (BUISSON JF, 2011)

I.5 Respiration et circulation sanguine :

Les vers de terre n'ont ni poumons ni branchie pour respirer. La prise d'oxygène se fait par toute la surface du corps grâce à la peau qui assimile directement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est pour cette raison que les vers de terre doivent toujours maintenir leur peau humide (Herger, 2003 ; Chaoui, 2010).

La respiration est donc cutanée ou les échanges gazeux entre l'atmosphère et le sang se font à travers la peau et sont facilités par le mucus, si la peau se dessèche, le ver meurt par asphyxie.

Le sang, qui circule dans un système vasculaire clos, est coloré en rouge par une hémoglobine qui y est dissoute directement, contrairement à celle des vertébrés qui est contenue dans les globules rouges.

Le vaisseau dorsal, observable par transparence, est contractile et met en mouvement le sang de l'arrière vers l'avant. Dans chaque anneau, des vaisseaux latéraux le relient à un vaisseau ventral dans lequel le sang circule de l'avant vers l'arrière.

I.6 Locomotion :

Les déplacements des vers se font en ligne droite en prenant appui sur les soies rigides grâce à une succession d'allongements et de raccourcissements de leur corps.

Le mucus présent sur la peau facilite l'avancée dans les galeries par son action lubrifiante. La partie antérieure s'allonge lorsque les muscles circulaires de la paroi du corps se contractent, puis, tandis que les soies de la partie antérieure s'accrochent sur le sol, la partie postérieure est ramenée vers l'avant par la contraction des muscles longitudinaux de la paroi du corps.

I.7 Reproduction :

Les vers de terre ont une reproduction sexuée mais ils sont hermaphrodites, le système reproducteur est bien développé et comprend à la fois des organes mâles (testicules) et des organes femelles (ovaires). La reproduction nécessite néanmoins l'accouplement de deux individus, quand ils sont prêts à s'accoupler ils gagnent la surface du sol durant la nuit ou au crépuscule pour chercher un partenaire (Strässle, 2011)

La fécondation des œufs a lieu après l'accouplement. Le transfert du sperme se fait le long de deux sillons formés par des replis de la cuticule ce qui réduit les chances d'autofécondation.

L'accouplement se déroule en plusieurs étapes ;

- les deux partenaires commencent par se positionner tête bêche et sécrètent une substance blanche collante au niveau de leur clitellum, ce qui leur permet de rester attachés ;
- ensuite la femelle expulse les œufs hors de son pore génital qui sera entouré du mucus sécrété par le clitellum pour former un cocon, ce même cocon passera ensuite devant le port génital mâle qui le fécondera en fécondation externe par l'expulsion à son tour des spermatozoïdes ;

- Après environ 3 semaines, chaque cocon libère de 1 à 4 petits vers qui atteindront bien souvent leur maturité sexuelle à 3 mois. Cette durée peut s'allonger si les températures ne sont pas assez élevées.

En général, dans les conditions idéales, les petits vers atteignent leur maturité sexuelle à 3 mois, et 1m² de litière produit entre 5000 à 90 000 vers chaque année (soit 1 à 18kg en poids frais). Un adulte donne une descendance de 1000 à 1500 vers/an (Mustin, 1987).

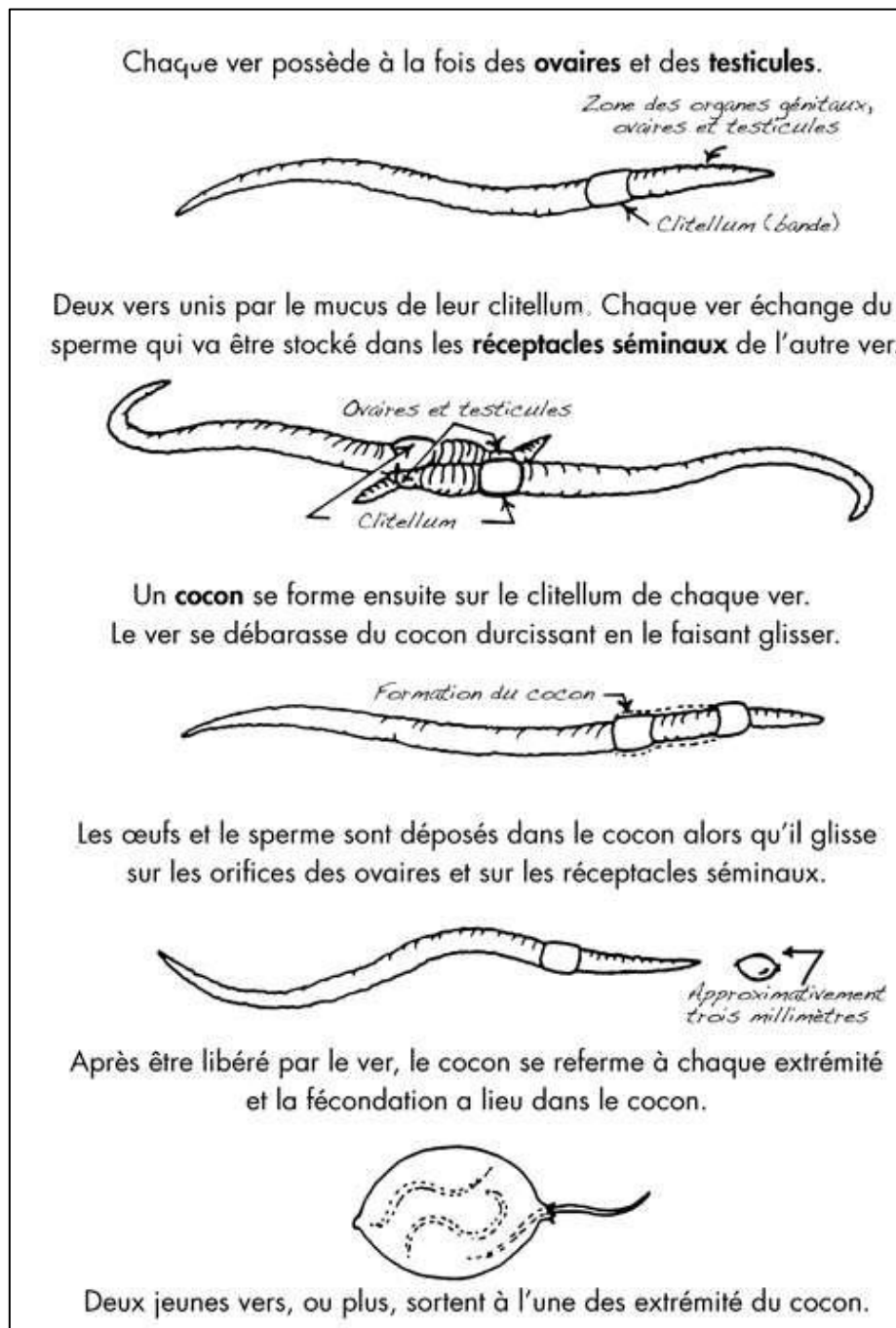


Figure 8: Etapes de la reproduction des vers de terre (CARION, 2012)

I.8 Cycle de vie :

Après accouplement et fécondation, les vers de terre pondent des œufs enfermés dans un cocon qui donne vie à 5 à 20 vermisseaux après 2 à 3 semaines d'incubation.

Après 2 à 6 mois les vermisseaux deviennent adultes et peuvent à leur tour se reproduire après maturation sexuelle.

La durée du cycle varie de 3 à 8 mois selon les espèces. Elle dépend néanmoins des conditions climatiques et de l'âge du ver. Un ver adulte peut féconder une fois par semaine, par mois ou par an selon l'espèce. La durée de vie d'un ver diffère aussi d'une espèce à une autre. Elle est de 2 ans pour les vers épigés, 5 à 7 ans pour les vers endogés et anéciques (Luckas, 2013).

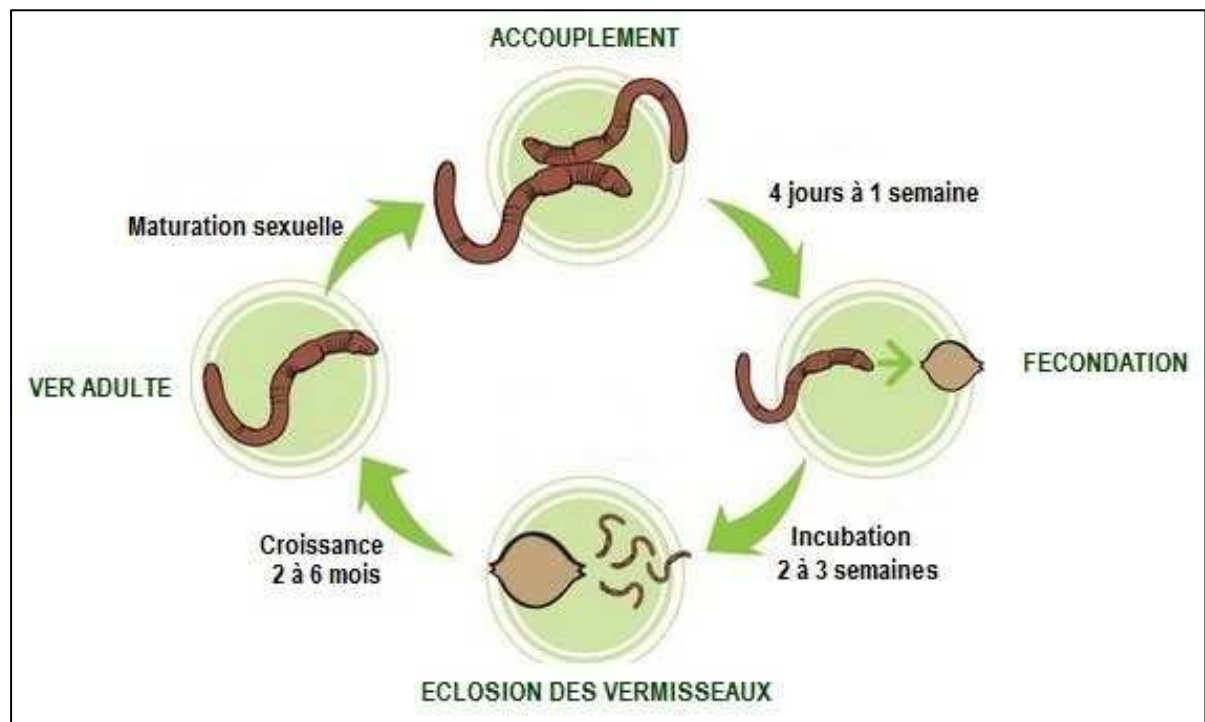


Figure 9: Cycle biologique des vers de terre (Luckas, 2013)

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte), ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu. (Pelosi, 2008).

Chapitre II : Elevage des vers de terre : La Lombriculture

II.1 Définitions :

La vermiculture est l'élevage intensif en conditions contrôlées de vers de terre épigés, commercialement développée depuis les années 1980 (Rouelle J 1984).

L'objectif de la lombriculture est l'accroissement continu du nombre de vers en vue d'obtenir une production durable. Les vers servent au lombricompostage ou sont vendus à des clients qui les utilisent dans le même but ou à d'autres fins. (Munrøe, 2008).

Ces vers, grâce aux bactéries symbiotiques abritées par leur intestin peuvent manger jusqu'à une fois leur poids par jour. Ils réduisent le volume des déchets organiques de 40 % à 60 %. Et 50 % de ce qu'ils ont ingéré est excrété sous forme de déjections (Adhikary, 2012). Ces derniers peuvent ensuite être vendus pour divers usages (Bedon P, 1986).

II.2 Historique :

L'histoire des vers de terre remonte il y a environ 700 millions d'années (Bouché, 1984). Les États-Unis sont les premiers à pratiquer sérieusement l'élevage des vers de terre en 1930. Plus tard et surtout durant ces dernières décennies, le concept de l'exploitation des vers de terre s'est propagé dans beaucoup de pays. En effet, l'élevage de vers est pratiqué depuis 12 ans en Amérique du Nord et central (Canada, USA, Cuba, Mexique et Bolivie), depuis 10 ans en Asie (Inde, Japon et Chine), récemment en Europe (Belgique, France et Italie), en Australie et en Afrique (Francis *et al.*, 2003).

La production de biomasse de vers de terre pour alimentation des animaux d'élevage dont les porcs et les volailles, est particulièrement observée aux pays asiatiques, notamment au Sud-Vietnam (Francis *et al.*, 2003).




II.3 Espèces les plus utilisées :



Les vers utilisés dans le lombricompostage sont pratiquement utilisables dans la lombriculture. Leur élevage est intéressant du fait qu'ils se nourrissent des matières

organiques décomposées. Ces espèces présentent de meilleurs taux de croissance et de bonne capacité de reproduction (Edwards et Lofty, 1972). Elles promettent de meilleurs résultats dans la production de biomasse de vers destinés à l'alimentation animale.

Les principales espèces utilisées en lombricompostage suivant le climat et la région, sont : *Eisenia fetida*, *E. andrei*, *Perionyx excavatus* et *Eudrillus eugeniae* (Francis et al., 2003)

Tableau 1: Espèces les plus utilisées en vermiculture

Espèce	Caractéristiques	Reproduction	Taille adulte	Auteurs
 <p><i>Eisenia fetida</i> (Vers rouge ou ver tigré/Red Wiggler)</p>  <p><i>Eisenia andrie</i> (Ver rouge de Californie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • les vers les plus courants pour le lombricompostage dans les régions tempérées. • Peuvent vivre entre 1°C et 33 °C. La température optimale se situe entre 15° et 25 °C. • Ces deux espèces sont très proches et assez difficiles à distinguer 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 à 70 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rasoloharisoa JP.2016 • Pelosi. C, 2008 • Munroe G., 2008
 <p><i>Perionyx Excavatus</i> (Blue worm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Issu des climats tropicaux. • Il a des reflets bleu à violet (d'où son nom commun). • Consommation rapide des déchets. • Ils préfèrent les conditions climatiques chaudes (20°-35°C). • Ils sont sensible aux changements de conditions du milieu (humidité, acidité...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction très rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 mm et avec un aspect fin 	

 <p>Eudrillus eugeniae (African Nightcrawlers)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Originaire de l'ouest tropical de l'Afrique. • Il est de couleur rose à violet. • Il ne supporte pas le froid. • Température optimale pour entre 23° et 30 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction moins rapide que les autres espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut atteindre 200 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Randriamalala O.M., 2013 • Byambas P. 2020
 <p>Lumbricus Rubellus (Red Earthworm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Originaire d'Europe du Nord. • Ils sont de couleur « brun-rougeâtre » ou « rouge-violet ». • Adaptation facile à des conditions d'acidité importante (pH entre 3 et 7.7) • Ils Supportent des températures plus froides. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction lente. 	<ul style="list-style-type: none"> • 105 mm 	

II.4 Système d'élevage :

La vermiculture peut se faire de façon discontinue ou en continu.

II.4.1 Système discontinu :

Les systèmes discontinus sont ceux dans lesquels la litière et la nourriture sont mélangées avant qu'on y ajoute les vers. Le travail s'arrête là (hormis pour les vers!) jusqu'à ce que le processus soit achevé. (Munröe, 2008).

Dans ce système, la méthode d'élevage en andains est utilisée :

II.4.1.1 Andains statiques :

Les andains statiques sont de simples tas de litière et de nourriture mélangées (ou de litière avec la nourriture étalée par-dessus) dans lesquels on introduit les vers et qu'on ne touche plus jusqu'à l'achèvement du processus. Ces tas sont généralement formés en andains (allongés), mais on peut également former des carrés, des rectangles ou toute autre forme. Ils ne devraient pas dépasser un mètre de hauteur (avant tassement) et il faut fournir un bon environnement aux vers – le choix et la quantité de litière sont importants. (Munröe, 2008).



Figure 10: Andains de lombricompostage (Munroe G., 2008)

II.4.2 Système continu :

Dans les systèmes en continu, les vers sont introduits dans la litière, et on ajoute progressivement et régulièrement de la nourriture et de la nouvelle litière.

On utilise les méthodes suivantes :

II.4.2.1 Andains alimentés par le haut :

Les andains alimentés par le haut sont analogues aux statiques, hormis le fait qu'ils ne sont pas mélangés et laissés à eux-mêmes mais qu'ils constituent plutôt une exploitation continue. Cela signifie qu'on commence par étaler la litière, puis qu'on l'ensemence avec les vers avant de la couvrir à plusieurs reprises avec de minces couches (moins de 10 cm) de nourriture. Avec le temps, un andain de couches superposées se crée : le produit fini se retrouve à la base, avec de la litière partiellement transformée au milieu et la nourriture la plus fraîche au-dessus. (Munroe, 2008).

II.4.2.2 Enclos (cases ou boxes) :

Un stock initial de vers dans sa litière est placé dans une structure de type box (espace cloisonné à 3 côtés) n'ayant pas plus d'un mètre de haut. Les côtés du box peuvent être de béton, de bois ou même de balles de foin ou de paille. Le matériau frais est ajouté selon un calendrier d'alimentation régulier par le côté ouvert. Les vers se dirigent progressivement vers la nourriture fraîche et laissent la matière transformée derrière eux. (Munroe, 2008).

II.4.2.3 Bacs ou sacs suspendus :

utilisé pour l'élevage à petite échelle (lombricompostage à domicile) qui est bien adapté pour transformer les déchets de cuisine en amendements de sol de haute qualité , là où l'espace est limité. Les vers peuvent décomposer la matière organique sans l'effort physique humain supplémentaire, une grande variété de bacs est disponible dans le commerce Les bacs (ou vermicomposteur) ont besoin de trous ou de treillis pour l'aération, Les matériaux les plus couramment utilisés sont le plastique: polyéthylène et polypropylène recyclés et bois. (Andreasheeschen ; 2016)

Il existe aussi le sac de vermicompostage dont la partie inférieure comporte une ouverture refermable par laquelle le vermicompost fini est recueilli.et les déchets frais sont ajoutés par le haut.



Figure 11: Vermicomposteur (à gauche) (Site Web 02) et Sac de vermicompostage (à droite) (Site Web 03)

II.5 Besoins d'élevage :

II.5.1 Alimentation :

Les vers de terre sont omnivores (Edwards et Bohlen, 1996 ; Sims et Gerard, 1999) car, s'ils se nourrissent principalement des fragments de matériel végétal plus ou moins dégradés et incorporés dans le sol, ils ingèrent également des microorganismes

vivants, des champignons, de la micro- et de la mésofaune vivante ou morte.(Pelosi ,2008).

De façon générale, plus l'apport de matière à composter est varié, meilleures sont la santé de l'écosystème et la qualité du lombricompost.

Tableau 2: Alimentation utilisée dans l'élevage à petite et grande échelle

	<i>Systèmes à petite échelle ou domestiques</i>	<i>Systèmes à grande échelle ou commercial</i>	<i>Auteurs</i>
<i>Alimentation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Les épluchures et déchets de fruits et légumes (y compris les agrumes, en quantités limitées) • Marcs de café et filtres • Sachets de thé • Grains tels que pain, craquelins et céréales • Coquilles d'œufs (rincées) • Feuilles et herbes coupées • Les fleurs fanées et leurs tiges (max 5 cm de long). • Les papiers, cartons et tissus cellulosiques (mouchoirs en papier, essuie-tout, feuilles de papier journal où on a épluché des légumes, etc.). On évite toutes les parties colorées qui peuvent contenir des métaux lourds. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fumier de vache laitière ou de porc • Boues d'épuration • Déchets de brasserie • Déchets de filature de coton • Déchets agricoles • Traitement des aliments et déchets d'épicerie • Déchets de cafétéria • Coupures de gazon et copeaux de bois 	<ul style="list-style-type: none"> • Pelosi. C, 2008 • Munroe G., 2008 • Byambas P. 2020

II.5.2 Humidité :

Les vers de terre sont composés à 80-90 % d'eau lorsqu'ils sont pleinement hydratés (Lee, 1985) et, même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils restent très sensibles à la faible humidité. La teneur en humidité des déchets devrait être de 75 % et ne jamais dépasser 85 %. Il faut habituellement un arrosage régulier. Si on ajoute des déchets à forte teneur en eau comme des déchets d'aliments (les fruits et les légumes ont un taux d'humidité d'environ 90 %), l'arrosage n'est pas nécessaire. L'animal respire et détecte son environnement à travers la peau tant que le taux d'humidité est adéquat. Lorsque le sol est sec, le ver de terre est désorienté et il peut s'asphyxier très vite (Siegrist, 2011).

II.5.3 Température :

La température influence l'activité des vers. La température idéale se situe entre 15 et 25 °C. Les vers épigés tolèrent cependant une large variation de température entre 10 et 30 °C (Georg, 2004).

Une température inférieure à 15°C dans le milieu du ver de terre, va entraîner une diminution de l'activité métabolique et de la croissance. (Byambas P 2020), Lorsque la température du milieu dépasse 30°C, une baisse de la reproduction est observée et l'apparition du clitellum peut être retardée. Au-delà de 35°C, le ver de terre meurt (Hallmann et al., 2014).

II.5.4 Aération :

Les vers respirent et ne peuvent survivre à des conditions anaérobies. Si certains facteurs tels que des teneurs élevées en graisses dans leur nourriture ou une humidité excessive combinée à une mauvaise aération s'additionnent et restreignent l'arrivée d'oxygène, certaines parties de la litière ou même le système entier peuvent devenir anaérobies, ce qui tuera les vers très rapidement. (Munrøe, 2008).

II.5.5 Ph :

Le pH du sol dans lequel se trouve le ver de terre doit se situer entre 6,4 et 7,0. En deçà, il peut entraîner une réduction de la vitesse de croissance (Coulibaly et Zoro Bi, 2010).

Dans des conditions d'élevage expérimental, le pH du substrat a tendance à baisser. Pour le faire remonter, l'usage du carbonate de calcium est recommandé. Dans le cas où le pH est trop élevé, il faut le faire baisser par l'ajout d'un aliment acide (Shagoti et al., 2001).

II.6 Conditions d'élevage :

Les conditions à remplir pour l'efficacité d'une lombriculture sont les infrastructures, la litière, le pré-compostage des aliments, la santé, l'hygiène et la sécurité des vers en élevage.(Rasoloharisoa ,2016)

II.6.1 Infrastructures

Quel que soit la taille de l'unité de production, la lombriculture peut se faire avec ou sans infrastructure, à l'intérieur d'un bâtiment ou tout simplement en plein air (Munrøe, 2008). Un site lombricole doit être installé à l'abri du vent dominant mais toutefois de bonne aération (Munrøe, 2008). Il doit avoir un bon ombrage et une

lumière la moins intense possible (Francis et al, 2003). A part le bâtiment d'élevage, l'élevage de vers peut avoir besoin de structures. Les types de structure les plus utilisés sont les fosses, les cases et les bacs ou caisses (Munrøe, 2008).

Ils ont des dimensions variables selon l'échelle de l'exploitation (artisanale ou industrielle) .L'élevage en plein air, la couverture des lits d'élevage permet de lutter contre les insupportables variations des conditions climatiques.(Rasoloharisoa ,2016)

II.6.2 Litière :

La litière est une couche de matériaux biodégradables déposés préalablement au fond du lit d'élevage. Elle fournit aux vers un habitat relativement stable. La litière doit présenter les caractéristiques suivantes : un pouvoir absorbant élevé, un bon potentiel de gonflement et un faible teneur en azote. Elle participe effectivement à la rétention de l'humidité et à la circulation de l'air au fond du lit d'élevage. La litière sert aussi de refuge pour les vers au cas où les conditions d'en haut deviennent défavorables (Munrøe, 2008).

Les matériaux les plus utilisés et les plus accessibles sont les chaumes, les pailles, les foin et les cartons ondulés déchiquetés (Georg, 2004).

Il est intéressant de mélanger deux ou plusieurs matériaux pour obtenir une litière de meilleure qualité (Munrøe, 2008) .

II.6.3 Pré-compostage des aliments :

L'introduction des vers de terre n'intervient qu'après une période de précompostage de 14 jours (Nayak et Sahu, 2013) pour permettre l'évacuation d'éventuels gaz qui peuvent être toxiques pour le ver de terre (Coulibaly et al., 2016).

Cette phase de préparation élimine les agents pathogènes, les graisses et les ammoniacales. Il permet de mélanger les différents constituants du substrat. Le pré-compostage permet également d'éviter une fermentation ultérieure durant le processus d'élevage. La fermentation affecte négativement le développement des vers. (Rasoloharisoa ,2016).

II.6.4 Santé, hygiène, sécurité :

Comme chaque élevage, celui des vers de terre est exposé à plusieurs risques sanitaires, hygiéniques et environnementaux à savoir :

- Des maladies dont la plus fréquente est appelée « *sour crop* » qui se caractérise par le renflement du clitellum, elle est généralement causée par des intoxications

alimentaires ou par un taux trop élevé de protéines dans le substrat (Gaddie, 2002 in Munröe, 2008). Elle provoque des mortalités massives des vers et peut mettre en péril toute une exploitation (Morin, 1999). Le contrôle de l'alimentation permet de lutter contre cette maladie.

- La présence de substances potentiellement toxiques dans l'alimentation, à savoir les vermifuges les détergents dans les ordures ménagères, les pesticides dans les résidus de cultures, les résines de certains arbres et l'ammoniac. Le triage à la source des déchets permet néanmoins de réduire les risques (Munröe, 2008).
- La prédation par plusieurs animaux carnivores et insectivores la taupe, de la chouette, des hérissons, des rats, des mouettes, du renard, des oiseaux, des volailles, des reptiles..., La surveillance continue et la couverture des lits d'élevage sont des méthodes efficaces de lutte contre ces prédateurs.

II.7 Récole de la biomasse de ver de terre :

II.7.1 Période de récolte :

La récolte des vers de terre peut se faire à tout moment. Elle dépend du stade de croissance recherché. En effet, les produits attendus de la lombriculture sont essentiellement des vers de terre vivants en l'occurrence des vermisseaux, des juvéniles et des adultes ; mais également des cocons (Munröe, 2008).

II.7.2 Méthodes de récolte :

La récolte consiste à séparer les vers de leur substrat. L'objectif de la séparation est d'obtenir d'amas de vers de terre vivant le plus propre possible et exempt de toute impureté ou saleté (Morin, 1999). Les méthodes de récolte les plus pratiquées sont :

- La **méthode manuelle** consiste à séparer à la main les vers de leur substrat. Le substrat contenant les vers est exposé au soleil. Les vers s'enfuient rapidement et s'entassent au fond.

- La **méthode avec intervention réduite** utilise une source de nourriture comme appât des vers. Le substrat plein de vers est mis dans un bac à fond grillagé. Un autre récipient contenant d'aliment est placé dessous. Les vers sentent l'odeur de l'aliment, ils quittent leur substrat et vont conquérir l'appât, ainsi les vers sont séparés puis collectés.

- La **méthode mécanique** fait appel à l'utilisation d'un matériel spécialement conçu pour la récolte des vers de terre. L'appareil est appelé "récolteuse mécanique"



Figure 12: Récolteuse mécanique (Munrøe, 2008).

II.8 Importance de la lombriculture :

Le ver de terre a vu son importance grandir grâce aux différents rôles qu'il joue dans l'économie, l'environnement, l'agronomie et la zootechnie notamment. En effet les multiples usages qui sont fait du ver de terre font de lui un atout important pour la gestion des déchets organiques, la fertilisation des terres agricoles, et l'alimentation animale (Coulibaly et al., 2014 ; Temgoua et al., 2014).

II.8.1 Importance économique :

La mise en place d'unité d'exploitation lombricole peut se faire avec des systèmes à faible technicité et à moindre coût (Munrøe, 2008). Sa mise en œuvre crée de l'emploi. Cela concerne toutes les classes sociales particulièrement les gens défavorisés. La chaîne de production nécessite de mains d'œuvre. Il s'agit entre autres la collecte, le triage, le transport et le traitement des matières organiques. De plus, le suivi de l'élevage, la récolte, le conditionnement et la vente des vers requièrent de personnel qualifié (Munrøe, 2008).

Le ver de terre joue un rôle économique dans différents pays où il est exploité pour des besoins divers. Le surplus de vers de terre produits, est vendu à d'autres agriculteurs comme source d'aliment pour l'aviculture, la pisciculture ou pour

ensemencer d'autres lombricompostages (Misra et al., 2005) ce qui est une source supplémentaire d'entrée de devises pour l'exploitation.

II.8.2 Importance environnementale et écologique :

La lombriculture est l'activité qui permet de mieux gérer les déchets solides quel que soit leur provenance (Georg, 2004). Elle contribue à l'assainissement et à la lutte contre les plantes envahissantes des marécages comme la jacinthe d'eau (Hardouin et Stievenart, 1991). L'utilisation du sous-produit lombricompost dans l'agriculture améliore la fertilité du sol (Luckas, 2013). Aussi, le lombricompost contribue à l'équilibre écologique des microorganismes du sol (Bouché, 1984).

A cause de la forte contribution aux taux de renouvellement du sol, les vers de terre sont d'une importance spéciale pour le cycle des nutriments, la structure du sol et les processus de transfert de matières (Pelosi, 2008). Les galeries des vers de terre augmentent la macroporosité du sol et, par conséquent, contribuent à son aération (Lavelle et al., 2000) et à l'infiltration de l'eau. Elles facilitent aussi la pénétration des racines, ainsi que les mouvements des invertébrés (Jegou et al., 2002 in Pelosi, 2008).

II.8.3 Importance agronomique et biologique :

La biomasse de vers de terre produite par la lombriculture est la meilleure solution pour résoudre les problèmes liés à l'approvisionnement en protéines des animaux d'élevage (Ouahrani et Rached-Mosbah, 2001).

Les vers de terre participent fortement à la fertilité des sols et à la croissance des plantes à travers les turricules qu'ils produisent (Hatti et al., 2012). Le passage de la matière organique à travers le tractus digestif du ver de terre permet le transfert d'une partie de la flore microbienne et des éléments minéraux vers le lombricompost (Lemtiri et al., 2014 ; Coulibaly et al., 2016).

II.8.4 Importance zootechnique et nutritionnelle :

Le corps du ver de terre est composé de 80 à 90 % d'eau lorsqu'il est pleinement hydraté (Lee, 1985) et 85 % si le tube digestif est vidé (Rarivonandrasana, 1999). Le reste 15 % constitue la matière sèche qui est composée de protéines, lipides, glucides et éléments minéraux. Les vers de terre sont plus riches en acides aminés essentiels, en acide gras à longue chaîne, en minéraux et en vitamine (Edwards, 1984).

II.9 Utilisations des produits de la lombriculture :

II.9.1 Utilisation dans l'alimentation des monogastriques :

Les vers de terre constituent les sources de protéines de haute qualité des animaux d'élevage monogastriques (Edwards, 1983). Leur apport dans l'alimentation animale est très conseillé vue leur composition protéique riche en lysine, qui est un acide aminé très important pour la croissance musculaire des porcs (Francis, 2003). Réduite en farine ou à l'état frais, l'incorporation de biomasse de vers dans l'aliment des porcs, des poulets et des animaux de compagnie donnent d'excellents résultats de point de vue tonus, croissance corporelle, résistance aux maladies et réduction de mortalité (Munrøe, 2008).

Vers de terre comme aliment de volailles :

Dans les élevages de volailles, le poulet occupe une place privilégiée, il est très apprécié par ses qualités gustatives et nutritionnelles. L'alimentation joue un rôle majeur dans la croissance, le poids et la vitalité du poulet de chair, de même que pour les qualités organoleptiques.

Selon l'ITAB, les apports nutritionnels recommandés pour le poulet de chair sont exprimés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Apports nutritionnels recommandés pour le poulet de chair (ITAB)

Âge du poulet	Démarrage	Croissance-finition	Finition
	(1 - 4 semaines)	Abattage précoce (5 - 12 semaines)	Abattage tardif (9 - 16 semaines)
Energie métabolisable (EMA en Kcal/kg)	2750 - 2850	2800 - 2900	2700 - 2800
Protéines brutes (%) maxi	21	19	16
Lysine digestible (%) mini	0,90	0,74	0,65
Méthionine digestible (%) mini	0,35	0,30	0,25
Méthionine + cystine digestible (%) mini	0,68	0,56	0,49
Matière grasse (%) maxi	2 - 5	2 - 7	2 - 7
Calcium (%) mini	1,1	1	1
Phosphore disponible (%) mini	0,42	0,35	0,35
Sodium (%) mini	0,15	0,15	0,15

Selon Sauveur et al, 2002 l'apport protéique de différentes matières premières végétales est illustré dans la figure

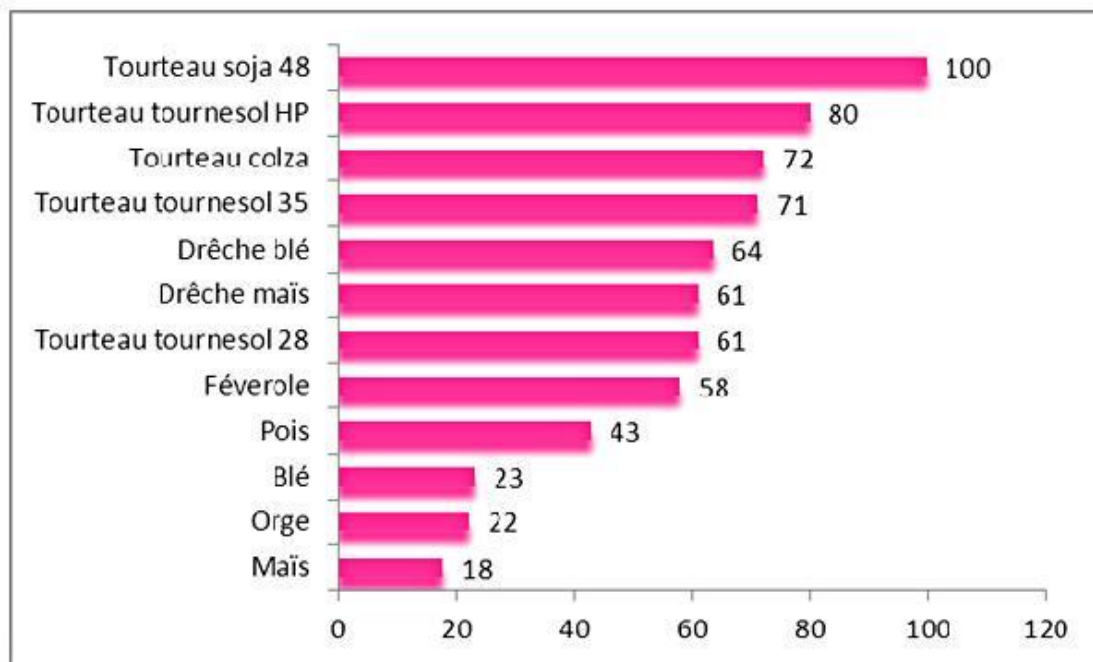


Figure 13: l'apport protéique de différentes matières premières végétales (Sauveur et al, 2002)

Le tourteau de soja constitue un quart des rations distribuées aux poulets de chair. Intéressant d'un point de vue nutritionnel, il est cependant critiqué pour des raisons environnementales (association à la déforestation), économique (dépendance protéique et volatilités des prix) et sociale (culture souvent OGM). (Dusart.L, 2016).

Vorester et al, 1992 ont élevé des vers de terre comme source de protéine pour l'alimentation de poulets. Ils ont ainsi produit un Kg de vers frais quotidiennement sur une surface de 25m², cette quantité de biomasse suffit à supplémer un minimum de 50 poulets en protéine de haute qualité.

Différentes espèces de vers de terre, dont *E. eugeniae* ont été utilisées pour évaluer leur apport en protéine pour l'aviculture. Leur composition en protéine brute rapportée à la matière sèche (*E. foetida* : 66,1%, *E. eugeniae* : 58,4%, and *P. excavatus* : 61,6%). En général, le taux de protéine des vers de terre varie entre 64,5% et 72,9%, suivant l'âge et l'espèce de ver de terre.

Sogbesan et al. (2007) ont montré que l'utilisation de la protéine issue du ver de terre ne poserait aucun problème nutritionnel. Cela confirme bien le fait que l'utilisation de la poudre de ver de terre comme source de protéine pour l'alimentation des volailles

ne devrait pas avoir d'effets indésirables sur le gain de poids chez le poulet (Agbedé et al., 1994 ; Prayogi, 2011).

En plus des protéines, les vers de terre sont une source d'acides gras totaux (6,6 à 10,5 mg/g), de calcium (1020 à 7070 µg/g), de fer (1050 à 2990 µg/g) et bien d'autres éléments nutritifs pour les animaux d'élevage (Tiroesele et Moreki, 2012).

Tableau 4: Composition en protéines , énergie et acides aminés des vers de terre

Composant	Valeur (unité)	Auteurs
Protéine brute (PB)	63,3 (g/100g de MS)	<ul style="list-style-type: none"> • Sogbesan &Ugwamba, 2008 • Tiroesele et Moreki, 2012 • Byambas P. 2020
Fibre	1,9 (g/100g de MS)	
Lipide	5,9 (g/100g de MS)	
Energie brute (EB)	1943 (kJ/ 100g de MS)	
Lysine	7,8 (g/16 g N)	
Leucine	9,6 (g/16 g N)	
Arginine	9,2 (g/16 g N)	
Valine	5,9 (g/16 g N)	
Phénylalanine	3,2 (g/16 g N)	
Isoleucine	4,6 (g/16 g N)	
Méthionine	1,7 (g/16 g N)	
Tyrosine	2,9 (g/16 g N)	

II.9.2 Utilisation en aquaculture :

Dans la nature, les vers qui se trouvent sur le fond et sur le bord des canaux constituent une alimentation naturelle pour les poissons d'eau douce ou d'eau de mer comme la truite et l'anguille. En anguilliculture, l'apport de vers de terre dans leur ration évite le problème de la mortalité des petites anguilles pendant leurs premiers mois de vie. Par ailleurs, les vers de terre sont l'aliment par excellence des poissons carnivores (Morin, 1999). Ils peuvent être apportés à l'état frais ou réduits en farine et incorporés dans de l'aliment concentré.

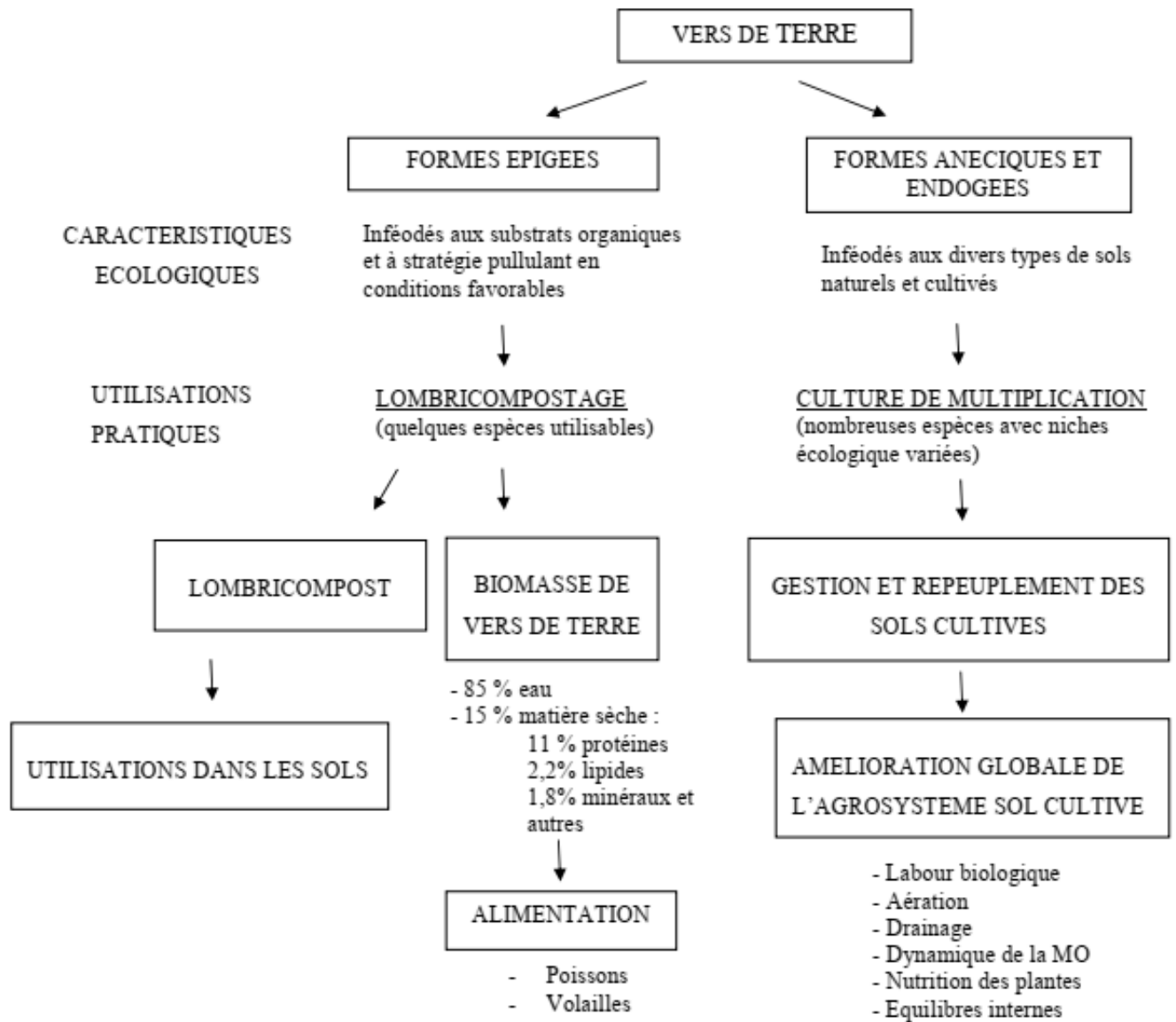
II.9.3 Utilisation dans la fabrication des bio-engrais

Par le biais du vermicompostage (ou lombricompostage) qui utilise des vers pour décomposer les déchets et produire du «fumier de vers» riche en nutriments.

Le lombricompostage permet aux vers de terre, tels qu'*Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae* et *Perionyx excavatus*, de décomposer des déchets organiques en éléments nutritifs assimilables par les plantes grâce la libération des éléments simples comme l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le calcium (Ca). Ce procédé permet aussi à la plante de disposer de substance biologique active telle que les régulateurs de croissance des plantes (Coulibaly et al., 2014).

Le percolat (Thé de vers ou jus de vers) est un liquide de couleur foncée. Il provient de la décomposition des déchets de cuisine, constitués de 85% d'eau. En s'écoulant à travers le compost, cette eau entraîne une partie des minéraux et forme un excellent engrais pour les plantes d'intérieur et de jardin. Il est très concentré. Pour l'utiliser, on le dilue : une part de percolat pour 10 parts d'eau.

Le compost représente 10 à 20% du poids de départ des déchets. Il est plus fin et ne doit pas être tamisé. Il peut être utilisé pour le repotage des plantes, les semis, les bacs à fleurs et les plantes d'intérieur. On mélange le compost avec de la terre avant de l'utiliser en proportion de 1/4 de compost pour 3/4 de terre.



Source : MUSTIN, 1987

Figure 14: Schéma des différentes utilisations des vers de terre (Randriamalala, 2012)

PARTIE
EXPERIMENTALE

Objectifs :

Le principal objectif de ce travail est de contribuer, d'une part, à l'amélioration des connaissances sur les vers de terre (morphologie, alimentation, reproduction) et leur élevage (équipement et conditions d'élevage, importance et utilisations) .

D'autre part , à valoriser ce domaine de recherche et de production animale à travers une proposition d'un projet de production de vers de terre (ferme à vers) destinée à nourrir un élevage avicole, en élaborant une maquette représentative de ce plan.

Chapitre III : Essai d'élevage de vers de terre

III.1 Matériel et méthode

III.1.1 Matériel :

III.1.1.1 Déroulement de l'étude :

- ✚ L'étude portera sur un essai d'élevage de vers de terre tout en abordant des généralités sur les vers de terre (leur morphologie, mode de vie, reproduction et alimentation) et en précisant les étapes et les conditions à respecter
- ✚ La durée d'étude est de 8 semaines (Mois de Mars et Avril), à domicile.
- ✚ La prise de note et collecte de donnée se fait une fois par **10** jours.

III.1.1.2 Matériel biologique :

L'espèce utilisée dans cet essai de est « *Eisenia foetida* » encore appelée ver du compost en raison de son appréciation aux matières organiques en décomposition, elle se caractérise par un cycle de vie relativement court par rapport aux autres espèces (~ 2 mois), et elle est facile à manipuler, ces critères expliquent le choix de cette espèce.

Cette espèce se caractérise par une couleur rouge violacée avec des anneaux jaunes clairs ce qui lui offre une apparence d'un tigre d'où encore son appellation de "vers tigré" .A l'âge adulte, il pèse entre **0,3** et **0,5 g** et mesure entre **6 à 9** cm de long et est composé généralement de **105** segments.

Pour cet essai nous avons acheté **100g** de vers de terre équivalent de **140** vers adultes par un éleveur situé à Msila.

NB : L'accès aux vers de terre en Algérie n'est pas facile, vu le manque des éleveurs : la plupart que nous avons contacté travaillent à échelle individuelle et ne possèdent pas de service de livraison.



Figure 15: amas de vers de terre « *Eisenia foetida* » (photo personnelle)

III.1.1.3 Equipements d'élevage :

III.1.1.3.1 Cases d'élevage :

Les cases utilisées dans cette expérience sont des boîtes en plastique mesurant **24cm** de longueur, **12 cm** de largeur et **16 cm** de hauteur, elles sont d'une capacité de **3L** et d'un volume de **0,004 m³**.

Le but est de simuler un vermicomposteur , pour cela nous avons mis en place 3 boîtes identiques superposées en étage une sur l'autre :

- La première (en bas) : consacrée à récupérer l'excédent de l'eau (l'engrais liquide ou thé de vers).
- La deuxième (au milieu) : c'est où les vers sont élevés, contenant la litière et les matières organiques à consommer, le fond de cette boîte doit être perforé et recouvert d'un bout de grillage coupé aux dimensions du fond pour filtrer et laisser passer l'engrais liquide vers la 1^{ère} boîte et aussi pour assurer l'aération du vermicomposteur .

- La troisième (en haut) : contient de la nourriture fraîche permettant la migration des vers de la 2^{ème} boîte dès que le substrat est transformé en compost, elle doit aussi être perforée pour le passage des vers, et fermée par un couvercle mené de quelque trou pour l'aération.



Figure 16: Conception des boîtes d'élevage (photo personnelle)

III.1.1.3.2 Substrat d'élevage :

III.1.1.3.2.1 Litière :

La litière est constituée des éléments suivants :

- ✚ Carton brun et carton d'œufs découpés en petits morceaux,
- ✚ Feuilles d'arbres et de plantes vertes et jaunes,
- ✚ De la terre des plantes (riches en nutriments) pour simuler le milieu naturel des vers de terre.
- ✚ Coquilles d'œufs

III.1.1.3.2.2 Source de nourriture :

La nourriture servie est :

- ✚ Les épluchures de légumes (carotte, navet, concombre, salade) et fruit (banane, pomme) ;
- ✚ Fumier de bovin ;
- ✚ Marc de café et sachet de thé.

III.1.2 Méthode :

III.1.2.1 Dispositif expérimental :

Le but de ce travail est d'améliorer les connaissances sur les vers de terre et leur importance, un élevage expérimental du vers « *Eisenia foetida* » a été mené chez nous à domicile sur une période de deux mois (Mars et Avril) dans des conditions contrôlées :

- ✚ L'élevage est placé dans un endroit calme et bien aéré.
- ✚ La température dans laquelle l'élevage est placé est la température ambiante de la maison se situant entre **22°** et **25°C**.
- ✚ L'élevage est arrosé une fois par deux jours pour assurer une humidité adéquate pour la survie des vers.

III.1.2.2 Mise en place de la litière :

La litière pour vers de terre devrait toujours être humide comme une éponge pressée, qui ne dégoutte pas, mais n'est pas sèche. Si elle est sèche on arrose avec de l'eau ou on rajoute de la nourriture, et si elle est trop humide (condensation de gouttelette sous le couvercle) on ouvre le couvercle pour un jour ou deux.

Conception de notre litière :

- Le carton qui ne doit pas être ciré, glacé ou coloré est découpé en petits morceaux trempé dans de l'eau et placé au fond de la boîte (pour éviter la sortie des vers à travers les trous).
- On rajoute ensuite des feuilles d'arbre et des plantes pour équilibrer le rapport C/N qui ne doit pas dépasser 10.
- Enfin on ajoute de la terre noire utilisée dans le jardinage qui est riche en nutriments et qui doit être aussi arrosée.
- Pour équilibrer le Ph et un apport en calcium, on rajoute des coquilles d'œufs, rincées et de préférence broyées.

La figure 17 présente la mise en place de notre litière avec **(A)** : terre noire de jardinage, **(B)** : carton et feuilles découpés, **(C)** : Mélange et superposition des composants.



Figure 17: Mise en place de la litière pour vers (photo personnelle)

III.1.2.3 Mise en place des ressources de nourriture :

Les vers sont alimentés une à deux fois par semaine, les vers de terre sont capables de manger leur propre poids en 24h, donc l'alimentation doit être disponible en quantité suffisante.

En général on n'introduit une nouvelle ration que lorsque l'ancienne soit consommée.

Les aliments sont découpés en petits morceaux pour faciliter leur digestion par les vers, et déposés sur les côtés de la boîte pour éviter une mauvaise circulation de l'air et la purification de la litière.

III.1.2.4 Mise en place des vers de terre :

Les vers sont introduits dans l'élevage (soit **100g** équivalent de **140** vers adultes), répartis sur la surface avant d'ajouter sur le dessus le reste du substrat et laissés pendant une semaine pour s'adapter à leur environnement, ensuite l'alimentation est rajoutée d'une façon rationnée.

Les vers de terre en élevage présentent une forte rapidité de croissance et, en un mois ils promettent déjà une production de biomasse remarquable si les conditions sont réunies.

Pour cet essai, la durée de l'élevage est de deux mois, pour but d'avoir à la fin du compost en plus d'un taux important de reproduction, le suivi se fait par collecte et interprétation des données.



Figure 18: Introduction des vers de terre (photo personnelle)

La Figure 19 montre l'aspect final de notre vermicomposteur utilisé dans cette expérience :



Figure 19: Vermicomposteur (photo personnelle)

III.1.2.5 Collecte des données :

La collecte des données se fait par manipulation de l'élevage une fois par **10** jours pour éviter le stress des vers, les informations sont ainsi relevées, enregistrées pour être ensuite analysées et interprétées.

Les paramètres à observer sont :

- La reproduction et le nombre final des vers.
- Le substrat d'élevage : les produits finaux (compost solide et liquide)

III.1.2.5.1 Contrôle de la reproduction :

La multiplication de la population des vers de terre est assurée par leur reproduction en se passant par les différentes étapes du cycle de vie. Le suivi se fait donc par observation des étapes de cycle à savoir :

- ✚ L'accouplement : qui se fait entre deux vers adultes (cette étape est difficile à prendre en photo car les vers fuient la lumière).
- ✚ La production des cocons : les substrats sont fouillés très légèrement dans tous les endroits. Les procédés sont répétés jusqu'à la rencontre d'un ou plusieurs cocons qui se trouvent à la surface ou entre les cartons.
- ✚ Eclosion des cocons et libération des petits vers (vermisseaux) et vont subir des modifications morphologiques pour atteindre leur maturité sexuelle (formation du clitellum).

Nous avons réussi à identifier et photographier les différentes étapes du cycle (les cocons, les vermisseaux et les vers adultes).

- ❖ A la fin de la période de l'essai on procède à mettre en évidence l'évolution de la biomasse des vers en comparant le nombre de vers de terre mis en élevage et leur nombre à la fin, ainsi que le taux de mortalité.

III.1.2.5.2 Produits finaux :

- Le compost qui est composé des déjections des vers, se constitue après dégradation de la matière organique, de couleur noire et riche en nutriments.
- Le thé de vers qui est l'engrais liquide, c'est l'excédent d'eau et aussi le résultat de la dégradation de la matière organique, de couleur claire puis sombre, trop concentré et doit être dilué avant utilisation.

III.2 Résultats et discussion :

III.2.1 Comportement des vers :

L'observation des vers de terre pendant le jour et la nuit a donné les informations suivantes :

- Les vers se concentrent au milieu ou au fond de litière autour de la nourriture ou au milieu des cartons : observé pendant le jour du fait que les vers fuient la lumière.
- Pendant la nuit les vers gagnent la surface et se trouvent se balader sur les bords des boîtes et essayent de s'échapper : ce comportement nous informe que soit l'alimentation n'est pas suffisante ou les vers ne l'apprécient pas ou un problème d'aération de suite nous avons procédé à corriger ces fautes en mettant une bonne quantité de nourriture et changer l'emplacement de notre vermicomposteur à un endroit plus aéré.
- Les couches de litière sont soulevées pour identifier l'état général des vers : Les vers peuvent être en bonne forme ou maigres, plus actifs ou moins actifs cela dépend du stade de croissance (vermisseau/ ver adulte) ainsi que des conditions d'élevage (T°, humidité, manque d'alimentation ou d'aération).
- Migration des vers de terre vers la 3^{ème} boîte 10 jours après l'avoir rempli de nourriture fraîche (Figure20).



Figure 20: Migration des vers à travers les pores (Photo personnelle)

III.2.2 Reproduction des vers :

Dans cette partie nous allons présenter les étapes du cycle de vie de nos vers, ainsi que l'évolution de la biomasse des vers par calcul du nombre final et le taux de multiplication ainsi que de la mortalité.

III.2.2.1 Cycle de vie :

III.2.2.1.1 L'accouplement :

Illustré précédemment, il nous a été impossible de voir ce phénomène et le prendre en photo vu la sensibilité des vers envers la lumière, se déroule généralement à la surface de la litière où deux vers se positionnent tête bêche conduisant à la production des cocons qui ferment les œufs fécondés des vers.

III.2.2.1.2 Les cocons :

Les photos qui suivent représentent des cocons qui ont été trouvés par des manipulations légères dans tous les endroits du substrat, ils peuvent se trouver sur la surface, au fond de litière ou entre les cartons et les feuilles, se sont une sorte de capsule qui protège les œufs fécondés à l'intérieure, ils sont d'une consistance plus au moins dure, de couleur brune et de la taille d'une tête d'allumette.

Tout au long de la période d'essai nous avons pu identifier **2 à 3** cocons par contrôle donnant un total de **25** cocons.



Figure 21: Cocons de vers de terre (Photo personnelle)

III.2.2.1.3 Les vers juvéniles :

L'éclosion des cocons survient après une période d'incubation de 2 à 3 semaines, une période variable selon les conditions d'élevage, et donnant naissance à un ou plusieurs petit vers juvéniles (de 1 à 3), leur corps est transparent dans les jours qui suivent l'éclosion, d'une taille croissante au fur et à mesure de leur croissance et ne dispose pas de clitellum ce qui leur distingue des vers adulte.

La figure 22 représente le phénomène d'éclosion d'un cocon et la libération du vermisseau qui est de couleur très claire à transparent.



Figure 22: Eclosion d'un cocon (photo personnelle)

Les images dans la figure 23 présentent : **(A)** : vermisseau d'un âge estimé de quelque jour en se basant sur son aspect, **(B)** : ver juvénile d'un âge estimé de 2 ou 3 semaines et **(C)** : taille d'un ver juvénile (3cm).

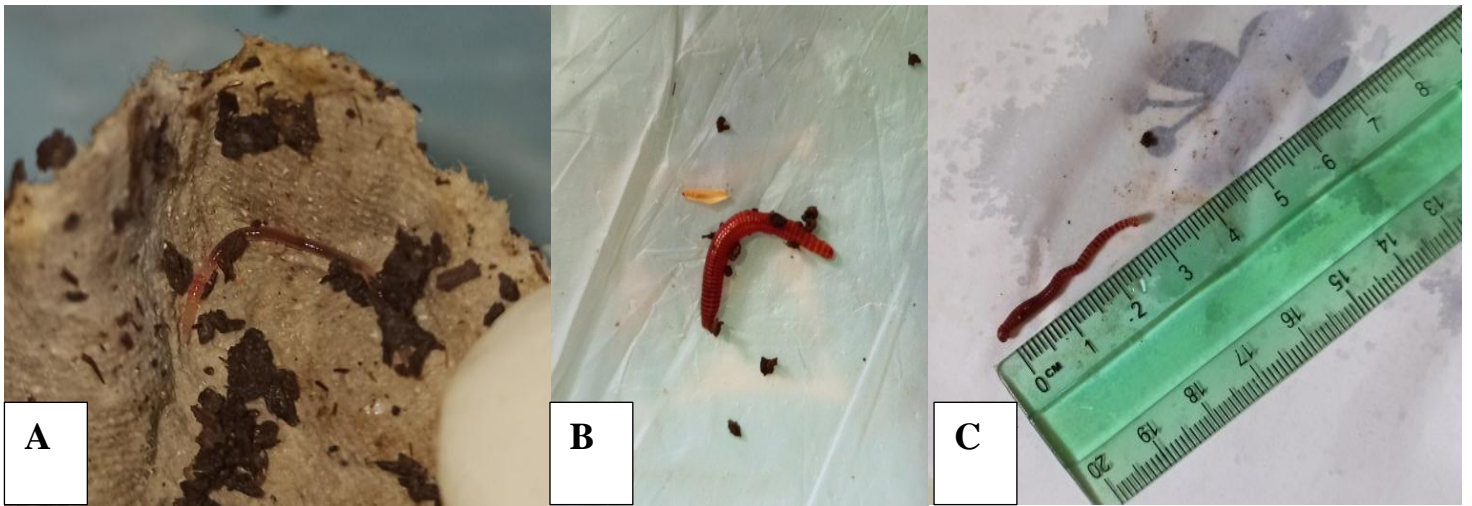


Figure 23: Vers de terre juvéniles (Photo personnelle)

III.2.2.1.4 Les vers adultes :

Les vers juvéniles acquièrent leur maturité sexuelle lorsque le clitellum est formé (image A : le clitellum est entouré du cercle jaune) et deviennent de suite adulte pouvant s'accoupler et commencer un nouveau cycle, cette période est d'un mois ou peut aller jusqu'à 1 an selon les conditions d'élevage et les espèces. Dans le cas du vers utilisé lors de notre essai un ver juvénile peut devenir adulte en un mois seulement. Leur corps devient de couleur rouge, tigré d'une taille allant jusqu'à 10cm (image B).



Figure 24: vers de terre adulte (Photo personnelle)

III.2.2.2 Multiplication de la population des vers :

Durant les premières semaines de l'essai nous avons relevés un certain nombre de vers morts (**30** au total), ceci a disparu en corrigeant les erreurs liées à l'alimentation et l'emplacement du dispositif.

A la fin de l'essai nous avons passé à la collecte du taux de la multiplication du nombre des vers, pour cela un calcul à la main a été effectué en séparant les couches supérieures du substrat ce qui laisse les vers au fond du compartiment, les résultats sont exprimés dans le graphe suivant :

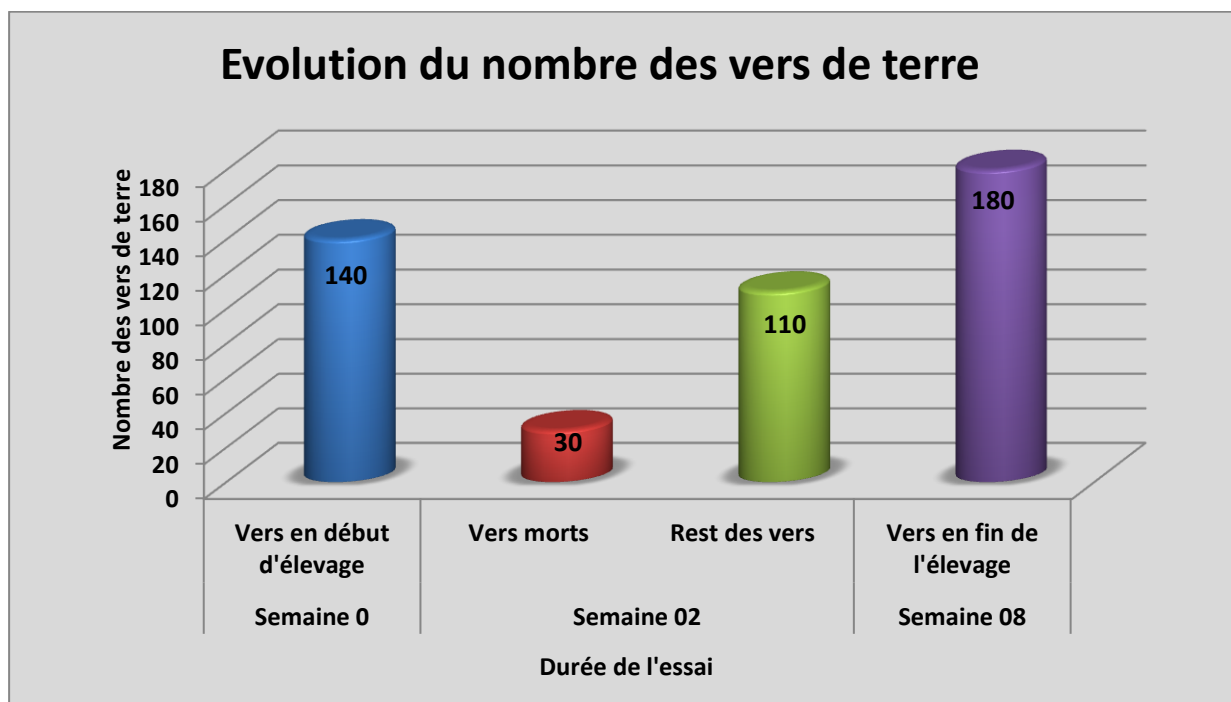


Figure 25: Evolution de la population des vers durant l'essai

Comme le montre le graphe, **30** des vers mis en élevage sont trouvés morts ce qui présente **21%** du nombre total, cette mortalité est due à des erreurs liées aux conditions d'élevage (alimentation et emplacement) et qui a rapidement disparu dès la corrections des erreurs , le reste des vers soit **110** équivalent de **79%** s'est multiplié et a donnée **70** nouveaux vers soit une augmentation de **64%** dans la population des vers de terre remontant le total des vers à **180** . Ces résultats montre une réussite de cet essai sachant qu'il était porté dans des conditions et des ressources limités et avec des moyens simples et qui donne une bonne vision sur la faisabilité et la rentabilité de cette discipline.

III.2.3 Substrat d'élevage

Le substrat d'élevage qui est composé des matières organiques, végétales et de fumier subit des changements d'apparence, de consistance et de volume (**Figure26**); ceci est le résultat de sa dégradation par les vers en le transformant en un amendement organique 100% naturel, très fin, plein d'oligoéléments, de champignons et de bactéries, mené d'un pouvoir fertilisant très puissant qu'un compost classique.

La figure montre l'évolution du substrat chronologiquement avec (**A**) : substrat en début d'essai et (**D**) : substrat à la fin de l'essai.



Figure 26: Transformation du substrat d'élevage (photo personnelle)

En fait le processus de dégradation de la matière première donne deux types d'engrais biologique, le vermicompost et le thé de vers (engrais liquide), dans notre essai nous avons pu avoir du vermicompost (Figure27) de la consistance de terreau, de couleur noire et sans odeur, quand à l'engrais liquide notre essai ne pas donner de résultat car la quantité de vers est pas suffisante pour l'avoir ; le thé de vers nécessite un grand nombre de vers et une plus longue période.



Figure 27: Vermicompost (photo personnelle)

III.3 Discussion générale :

Au bout de deux mois, et en utilisant des ressources limitées, les résultats obtenus nous ont permis d'avoir plus de connaissance sur les vers de terre, de comprendre leur mode de vie et leurs caractéristiques. Ces résultats sont aussi venus confirmer ce qui a été cité dans la partie bibliographique sur l'importance et surtout la faisabilité et, à un certain point, la facilité d'installer un élevage des vers de terre et d'en avoir des résultats satisfaisants.

En effet au fil de deux mois nous avons pu satisfaire, à travers de cette expérience, les objectifs recherchés en première place par ce travail en se basant sur les informations tirées par les études et recherches citées précédemment :

- Le mode de vie des vers de terre à savoir leur comportement, leur alimentation et les conditions à respecter pour leur survie, a été mis en évidence : Les vers sont sensibles à la lumière et préfèrent de vivre au fond de la litière, ils s'alimentent sur les déchets cuisiniers, la matière organique dégradable et consomment environ leurs poids de nourriture chaque jour d'où la nécessité de servir une quantité suffisante, ils doivent être placés dans un environnement humide, avec une T° entre 10° et 25° et bien aéré, ces points ont été prouvés par plusieurs chercheurs (Georg, 2004 ; Munroe, 2008 ...) et aussi témoignés par notre essai.

- Selon (Pelosi, 2008) la durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens , ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu, la chose qui a été observé à travers notre études ou nous avons pu identifier, dans une période de 2 mois, ces étapes de cycle à savoir la production de cocons , leur éclosion et libération des vermisseaux à leur tour développé en en vers adultes. La reproduction assure par conséquent l'évolution de la biomasse des vers, à la fin de la période d'essai un nombre de 180 de vers a été relevé résultat de 140 vers mis en élevage et 30 vers morts, ses chiffres montre une réussite remarquable de l'expérience menée à domicile avec de simple moyens et sans extra efforts ou dépense.
- L'obtention de deux types d'engrais biologique (solide « compost » et liquide « thé de vers ») par dégradation de la matière organique encore appelé le lombricompostage , ces engrais sont, selon (Munrøe, 2008 ; Coulibaly et al., 2014 ; Lemtiri et al., 2014...), riche en nutriments, minéraux et vitamines nécessaires aux développement des plantes. Notre élevage n'a donné que du compost solide (Figure26), l'engrais liquide étant lié à un grand nombre de vers de terre n'était pas présent parmi les produits finaux de notre essai.
- La réussite de notre petit élevage et selon les informations recueillies lors de notre recherche bibliographique concernant la prolificité, la rentabilité et l'importance des vers de terre, nous ont poussé à penser à un projet de production animale ou la vermiculture est valorisée et utilisée comme aliment pour les volailles, le projet est détaillé dans le chapitre IV.

En général ce travail est passé dans des conditions favorables et a donné des résultats satisfaisants, cependant nous avons enregistré des difficultés dans l'acquisition des vers pour le démarrage de l'essai, et cela est dû au manque des fermes ou exploitations règlementées pour ce type de production , la plupart des éleveurs que nous avons contacté travaillent sur des petites échelles à domicile et aussi au déficit de communication de leurs produits et les services de livraison.

Un autre point à signaler est la maîtrise des conditions d'élevage en début d'expérience notamment la quantité de l'alimentation à distribuer, et l'emplacement de vermicompsteur, ces erreurs nous ont causé un taux de mortalité qui a disparu dès que des

conditions ont été mis à niveau ce qui prouve que la maîtrise des condition d'élevage est un point primordiale pour la sa réussite.

Chapitre IV : Projet : Produire des vers pour alimenter un élevage avicole

IV.1 Concept général :

Le but de ce travail est de valoriser ce domaine de production animale à travers une proposition d'un projet d'élevage de vers de terre (ferme à vers) destinée à nourrir un élevage avicole.

Nous allons nous intéresser beaucoup plus à la partie d'élevage des vers car c'est la nouveauté dans ce type d'exploitation, et qui reste, par rapport à l'élevage avicole, très peu connu comme pratiqué.

Le projet consiste à créer un élevage avicole où les volailles sont alimentées à base de vers de terre produits au sein de la même exploitation, l'éleveur, en plus d'avoir une source de protéine bio pour ses poules et ainsi une réduction des frais de l'alimentation, il bénéficiera de la vente du surplus des vers, de l'engrais liquide et solide (compost).

Le projet est illustré par une maquette artisanale selon le plan suivant :

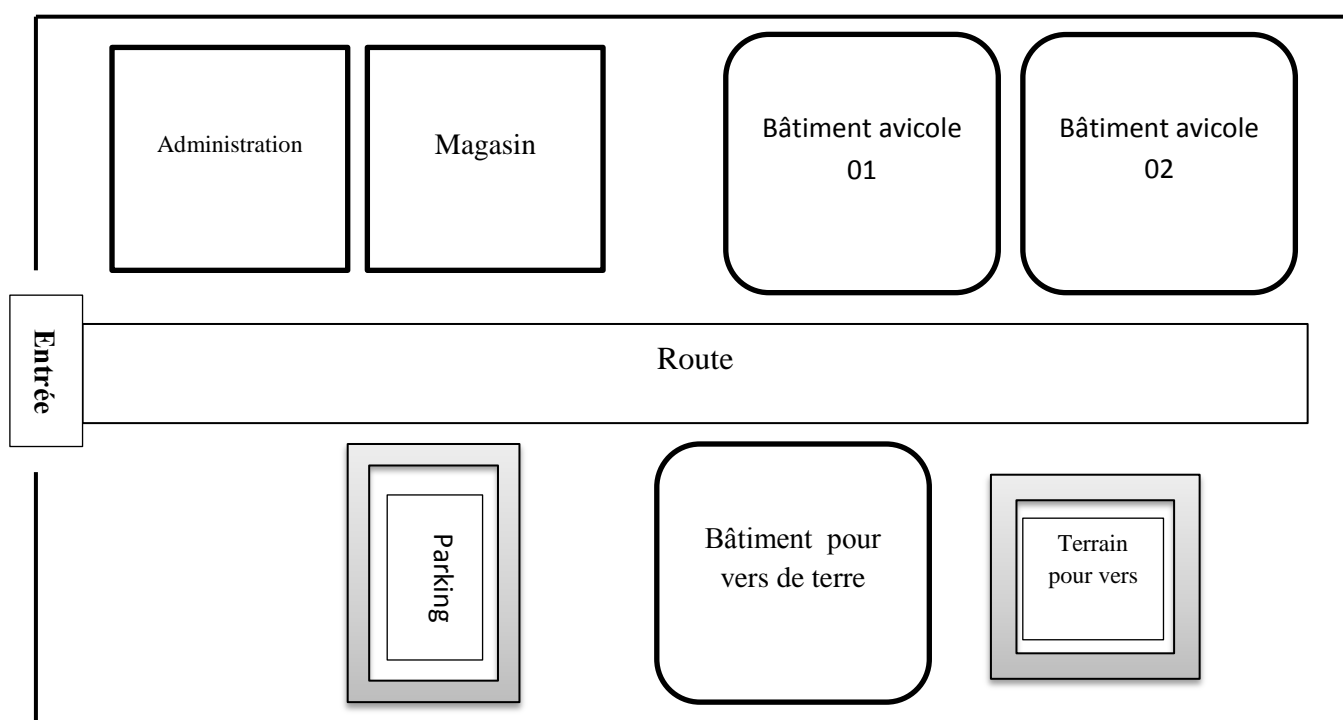


Figure 28: Plan représentatif de la maquette

Cette maquette a été confectionnée d'une façon artisanale dont le but est seulement d'expliquer et illustrer les différents compartiments que va posséder l'exploitation, et pour

cela aucune réelle échelle n'a été respectée et les mesures abordés n'ont pas d'équivalent sur le terrain.

Notre maquette est d'une longueur de **90cm** et d'une largeur de **70cm** ; est composé de :

- Deux bâtiments avicoles mesurant **25cm** de longueur, **15cm** de largeur et **20cm** de hauteur.
- Un bâtiment pour l'élevage des vers mesurant **25cm** de longueur, **15cm** de largeur et **20cm** de hauteur.
- Un terrain pour l'élevage des vers mesurant **20cm** de longueur et **20cm** de largeur.
- Un magasin pour stockage des matériaux et alimentation mesurant **15cm** de longueur, **15cm** de largeur et **20cm** de hauteur.
- Une administration pour la gestion de l'exploitation mesurant **15cm** de longueur, **15cm** de largeur et **20cm** de hauteur.

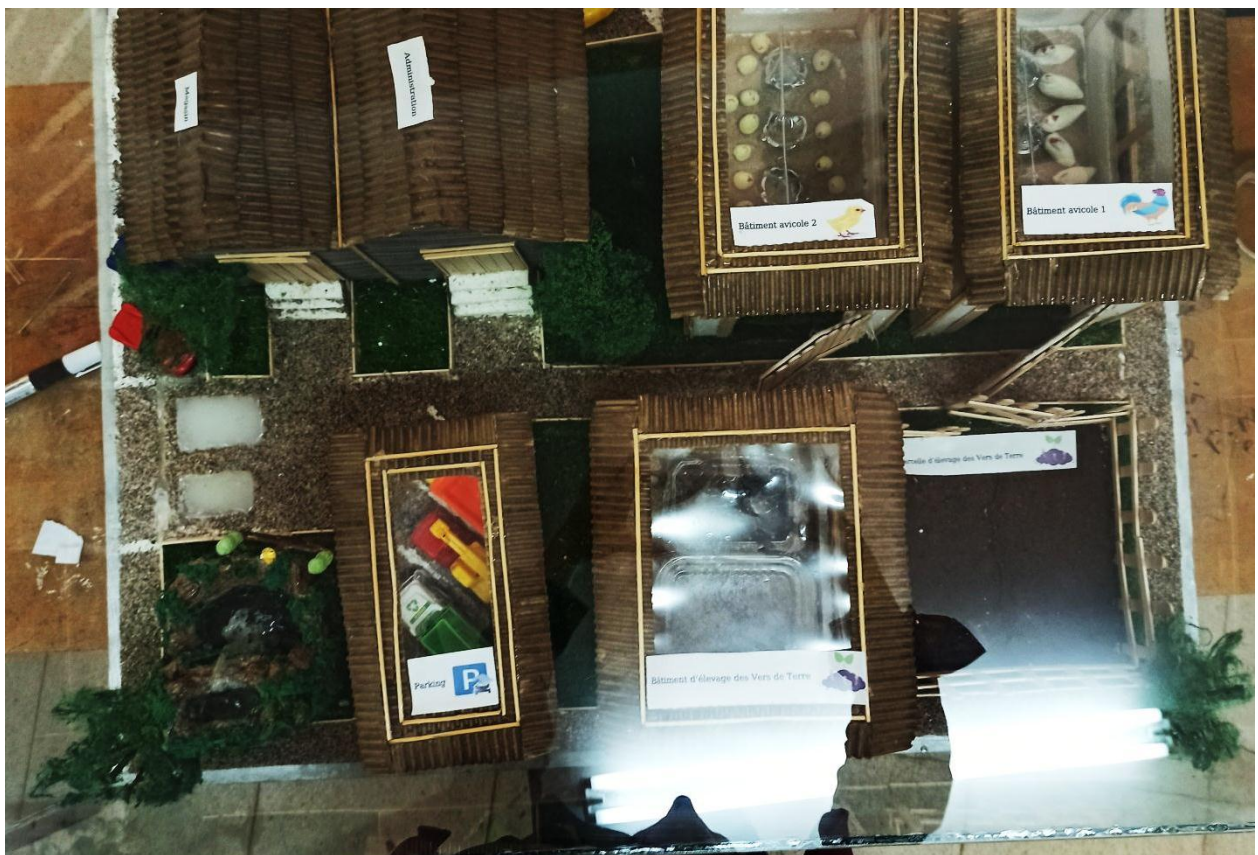


Figure 29: Maquette illustrative du projet proposé (photo personnelle)

Le matériel utilisé dans l'élaboration de la maquette est listé dans le tableau suivant :

Tableau 5: Matériel utilisé dans la fabrication de la maquette

Matériel	Utilisation
Gerlfex	Fabrication des murs des bâtiments
Carton	Fabrication des toits des bâtiments
Bois	Support de la maquette, finition des murs, bordures des trottoirs
Polystyrène et plastique (issus par recyclage des bouchons et bouteilles d'eau)	Fabrication des réservoirs d'eau (citernes), des silos d'alimentation et des mangeoires
Tapis gazon	Illustration du sol
Ciment	Fabrication des routes
Pâte à modeler	Illustration des poules et poussins
Fils	Illustration des vers
Verre	Pour couvrir la maquette

IV.3 Description du projet :

Le projet est une combinaison de deux élevages qui sont plus ou moins complémentaires, La production des vers de terre va servir d'aliment bio (protéine bio) pour les volailles et le fientes des volailles vont servir de litière et alimentation (fumier) pour les vers.

La partie du projet qui concerne l'élevage avicole est représentée par deux bâtiments entretenues et équipés d'un matériel adéquat à savoir les mangeoires et silos d'alimentation , des abreuvoirs et réservoirs d'eau , et du matériel d'entretien notamment de l'éclairage , chauffage , aération etc.. Ainsi qu'un système de récupération de fientes et vont servir de substrat pour les vers de terre.

Les dépenses consacrées à cette 1^{ère} partie englobent celles de l'aménagement des bâtiments, de l'équipement d'élevage, de la quantité des poussins de démarrage (selon la capacité des bâtiments, de l'alimentation (mis à part les aliments protéiques) et des soins et entretien du cheptel. Le profit tiré résulte de la commercialisation des poulets aux abattoirs, boucheries et revendeurs.



Figure 30: Bâtiments d'élevage avicole (photo personnelle)

La 2^{ème} partie, celle qui nous intéresse le plus est la vermiculture qui est une discipline assez rentable si certaines conditions sont respectées (température, humidité, aération, alimentation), relativement facile à gérer et ne nécessite pas beaucoup de matériel (les vers peuvent être élevés dans des boîtes ou des bacs anciennes, ou directement sur le sol dans des box faits par du ciment) organisé à l'intérieure d'un bâtiment ou ils peuvent être aussi élevés à en plein air, cependant une récolteuse mécanique peut être indispensable pour faciliter la récolte des grandes quantités de vers.

Les dépenses sont limitées à un bâtiment d'élevage bien aéré, de température et humidité adéquate, et une quantité de vers à commencer avec. L'alimentation et la litière peuvent

être récupérer auprès de la casse des marchés à légumes et fruits ou des déchets cuisiniers, déchets des fermes et des jardins.

Les vers de terre sont très prolifiques : 1m² de litière peut produire 10 à 25 kg de vers par année (Mustin, 1987), sans oublier la production d'un engrais liquide et solide. Une quantité des vers est réservées à l'alimentation des volailles selon leurs besoins quotidiens en protéines, et le surplus est vendu en plus de l'engrais constituant un profit assez important.



Figure 31: Bâtiment et terrain pour vers de terre (photo personnelle)

En ce qui suit un exemple de devis d'un élevage de vers de terre réalisé en Algérie, Le bâtiment pour de vers de terre est d'une dimension de **40m** sur **12m** composé de plusieurs box en ciment d'une hauteur de **60 cm**, mené d'un système de ventilation il est d'un cout total de **5 millions** de dinars. La quantité de vers pour commencer : **7000** vers à raison de **20Da /ver**, les dépenses et le profit sont résumés dans le tableau dont les informations nous ont été agréablement fournies par l'éleveur lui-même :

Tableau 6: Fiche technique valorisée d'un élevage de vers de terre en Algérie (unité DA)

	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Dépense	Batiment d'élevage pour vers de terre	\	1	5000000	5000000
	Vers de terre	ver	7000	20	140000
Total dépense					5140000
Profit (Par mois)	Vers de terre	ver	15000	22	330000
	Engrais liquide	Litre	120	900	108000
	Engrais solide(Compost)	Q	4	20000	80000
Total profit (Par mois)					518000
Total profit (Par an)					6216000

L'éleveur n'a dépensé aucune somme sur les ressources d'alimentation et la litière : La nourriture est récupérée auprès des marchés, chute de fruit et légumes), fumier à partir des fermes.

Selon ce devis et l'expérience de cet éleveur, cet élevage est prolifique et rentable et ne nécessite pas une main d'œuvre importante, le risque d'échec ou d'avoir des énormes pertes est très minime voire absent, tandis que la chance de la réussite est très élevée et comme il est mentionné sur le tableau l'éleveur peut récupérer ses dépenses dès la première année de production par commercialisation des produits finaux notamment les vers aux autres éleveurs, chercheurs et étudiants, et les engrais aux agriculteurs et sociétés spécialisées en produits agricoles.

Conclusion :

Ce travail s'est intéressé à l'élevage, la caractérisation et l'évaluation des vers de terre *Eisenia foetidae* à double fins : alimentation des volailles et préparation de vermicompost. Pour ce faire, une expérimentation s'est déroulée dans des conditions à domicile en utilisant des moyens simples. 100 g de vers de terre ont été mis pour l'élevage dans des conditions optimales en température, alimentation et aération. La croissance et les produits finaux des vers de terre ont été étudiés.

Les résultats obtenus ont révélé que la multiplication de vers était d'un taux de **64%** malgré un taux de mortalité de **21%** noté lors des premières semaines, ces chiffres montrent la prolificité des vers et la facilité d'avoir une production si les conditions d'ambiance (Température, humidité, aération et pH) ainsi qu'une bonne litière et une nourriture correcte et suffisante soient respectés.

En plus d'avoir une augmentation du nombre des vers, un compost se produit qui est le résultat de la dégradation de la matière organique par les vers, il est riche en nutriment et utilisé, avec l'engrais liquide, comme amendement biologique pour la fertilisation des sols et l'amélioration des plantes.

Les vers de terre grâce à leur richesse en protéine peuvent être constitués un aliment de base dans l'élevage des volailles en Algérie. Dans notre étude, on a proposé un projet intégral pour l'élevage et l'utilisation des vers de terre en aviculture, et la commercialisation des produits en tant que engrais solide et liquide. Une maquette représentative de l'organisation et l'infrastructure nécessaire pour l'élaboration de ce projet ainsi qu'un devis d'élevage des vers ont été exposés dans ce travail.

Ces résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes en aviculture et en agriculture. Il serait, en effet, nécessaire de:

- ✓ Donne plus d'attention et d'encouragement ainsi que des formations au profit des étudiants, agriculteurs et éleveurs ;
- ✓ Application et réalisation en grande échelle du modèle proposé dans notre étude ;
- ✓ Etude de l'effet et de l'apport nutritif des vers de terre sur les volailles ;
- ✓ Etude et optimisation de la production des bioengrais obtenus lors l'élevages des vers de terre.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

- **Adhikary, S.** (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review.
- **Adorada, J. L.** (2008). Assessment of vermicomposting as a waste management technology and a livelihood alternative in the Philippines. *Journal of Environmental Science and Management*, 10(2).
- **Alloui, N., & Bennoune, O.** (2013). Poultry production in Algeria: Current situation and future prospects. *World's Poultry Science Journal*, 69(3), 613-620.
- **Bazri, K. E.** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est Algérien.
- **Bedon, P.** (1986). Lombriculture: destinée et perspectives d'utilisation des produits obtenus (Doctoral dissertation).
- **Berghiche, A., Khenenou, T., & Labied, I.** (2018). Importance of antibiotic residues in food stuffs of avian origin marketed in Souk Ahras (Algerian republic). *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 3(5), 5-10.
- **Bouché, M.** (1984). EARTH WORMS. RECHERCHE, 15(156), 796-804.
- **Bouché, M. B.** (1977). Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletins*, 122-132.
- **Buisson, J. F.** (2011). Le lombric sort de l'ombre. Marjorie Siegrist sur Terre&nature.
- **Byambas, P.** (2020). PERSPECTIVE DE DEVELOPPEMENT DE LA LOMBRICULTURE A EUDRILUS EUGENIAE POUR L'ALIMENTATION DES VOLAILLES AU GABON (Doctoral dissertation, Université de Liège, Liège, Belgique).
- **Carion, F. J.** (2012). Un peu de bio, vers la terre. 5p.
- **Chaoui, H.** (2010). Vermicompostage (ou lombricompostage): le traitement des déchets organiques par les vers de terre. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.
- **Coulibaly, S. S., & Bi, I. A. Z.** (2010). Influence of animal wastes on growth and reproduction of the African earthworm species *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *European Journal of Soil Biology*, 46(3-4), 225-229.

- **Coulibaly, S. S., Kouassi, K. I., Tondoh, E. J., & Zoro Bi, I. A.** (2011). Impact of the population size of the earthworm *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) on the stabilization of animal wastes during vermicomposting. *Philippine Agric. Sci*, 94, 359-367.
- **Coulibaly, S. S., Kouassi, K. I., Tondoh, E. J., & Zoro, B. I.** (2014). Influence of the population size of the earthworm *Eudrilus eugeniae* on the heavy metal content reduction during vermicomposting of animal wastes. *Appl. Sci. Rep*, 7(2), 96-103.
- **Coulibaly, S. S., Tondoh, E. J., Kouassi, K. I., Barsan, N., Nedeff, V., & Zoro Bi, I. A.** (2016). Vermicomposts improve yields and seeds quality of *Lagenaria siceraria* in Côte d'Ivoire. *Int. J. Agron. Agric. Res*, 8, 26-37.
- **Dominguez, J., Edwards, C. A., & Dominguez, J.** (2001). The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg)(Oligochaeta) in cattle waste solids. *Pedobiologia*, 45(4), 341-353.
- **Dusart, L.** (2016). Remplacer les tourteaux de soja dans l'alimentation des poulets de chair. Rapport d'étude.
- **Edwards, C. A.** (1983). Production of earthworm protein for animal feed from potato waste. Proceedings-Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham.
- **Edwards, C. A., & Bohlen, P. J.** (1996). Biology and ecology of earthworms (Vol. 3). London: Chapman & Hall.
- **Edwards, C. A., & Lofty, J. R.** (1977). *Biology of Earthworms*, Chapman and Hall. London, UK.
- **Francis, F., Haubruge, É., Thang, P. T., Lebailly, P., & Gaspar, C.** (2003). Technique de lombriculture au Sud Vietnam. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 7(3-4), 171-175.
- **Georg,** (2004). Feasibility of Developing the Organic and Transitional Farm Market for Processing Municipal and Farm Organic Wastes Using Large-Scale Vermicomposting, Good Earth Organic Resources Group, Halifax (NÉ) : 7-9.
- **Guesmia, N.** (2019). Contribution à l'étude de la microflore bactérienne pathogène et fongique issus de vers de terre isolées de la région de Biskra (Ain Bennoui). Université Mohamed Khider de Biskra-Algérie.

- **Hallmann, C. A., Foppen, R. P., Van Turnhout, C. A., De Kroon, H., & Jongejans, E.** (2014). Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, 511(7509), 341-343.
- **Hardouin, J., & Stiévenart, C.** (1991). Le mini-élevage dans les pays tropicaux.
- **Hatti, S. S., Londonkar, R. L., Patil, S. B., Biradar, P. M., & Patil, S. A.** (2012). Effect of *Eudrilus eugeniae* vermiwash on the growth of plants. *Journal of Experimental Zoology, India*, 15(1), 63-67.
- **Herger, P.** (2003). Regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid. Natur-Museum Luzern. Wolhusen.
- **Hoborn, D.** (2016). *Lumbricusterrestris*.
- **Hubbard, C.** (2017). Guide d'élevage du poulet de chair Hubbard 2. , p. 10.
- **ITAB,** (2010). cahier technique : produire un poulet de chair en AB, ITAB : Institut de l'Agriculture et de l'alimentation biologique.
- **Kumar, M., Chand, R., & Shah, K.** (2018). Mycotoxins and pesticides: toxicity and applications in food and feed. In *Microbial Biotechnology* (pp. 207-252). Springer, Singapore.
- **Kuntz, M., Berner, A., Gattinger, A., Scholberg, J. M., Mäder, P., & Pfiffner, L.** (2013). Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia*, 56(4-6), 251-260.
- **Lavelle, P., & Spain, A. V.** (2001). *Soil ecology.* (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands).
- **Lee, K. E.** (1985). Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use (No. QL391. O4 L45).
- **Lemtiri, A., Liénard, A., Alabi, T., Brostaux, Y., Cluzeau, D., Francis, F., & Colinet, G.** (2016). Earthworms *Eisenia fetida* affect the uptake of heavy metals by plants *Vicia faba* and *Zea mays* in metal-contaminated soils. *Applied Soil Ecology*, 104, 67-78.
- **Luckas, P.** (2013), *Vers de terre, Architectes des sols fertiles.* Institut de la recherche de l'agriculture biologique (FiBL). 6 p.
- **Mihai, D.** (2006). Redwiggler.
- **Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka, H.** (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. FAO. ed. Rome.
- **Morin, E.** (2004). Le lombricompostage: Guide pratique.

- **Morin, R.** (1999). Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivant, document d'information DADD ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation. 13p
- **Moula, N., Scippo, M. L., Douny, C., Degand, G., Dawans, E., Cabaraux, J. F., ... & Detilleux, J.** (2018). Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. *Animal Nutrition*, 4(1), 73-78.
- **Munroe, G.** (2006). Guide du lombricompostage et de la lombriculture à la ferme. Québec, Canada: Centre d'agriculture biologique du Canada.
- **Mustin, M.** (1987). Le compost: gestion de la matière organique.
- **Nayak, S. K., & Sahu, S. K.** (2013). Vermicomposting of poultry litter using *Eudrilus eugeniae*. *The Ecoscan*, 3, 267-271.
- **Ouahrani G., Rached-Mosbah O.,** 2001. Essai de Valorisation des Déchets Organiques par Lombricompostage. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*. Laboratoire d'écologie, Université Mentouri, Constantine : 83-86.
- **Pelosi, C.** (2008). Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. Contribution à l'étude de l'impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- **Peres, G. Cluzeau, D. Hotte, H. Delaveau, N.** (2011)- Les vers de terre. UMR 645, EcoBio. Fiche outil F2. Univ. Rennes 1, France, 4 p.
- **Randriamalala O.M.,** (2013). Etude des substrats adaptés à l'alimentation des lombrics *Pennesywigger*. PFE, ESSA - Département Elevage.
- **Rarivonandrasana, S.** (1996). Contribution à l'étude des vers de terre et des perspectives de leur utilisation. Mémoire de fin d'études, ESSA-Département Agriculture, Université d'Antananarivo, Madagascar, 95p.
- **Rasoloharisoa , J. P.** (2016). Essai d'élevage du ver de terre *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) et perspectives de son utilisation dans l'alimentation des poissons d'élevage. Université D'Antananarivo-Madagascar.
- **Razafindrakoto, S.** (2013). Etude des interactions plante-vers de terre (*Dichogaster saliens*) dans les cultures de riz et de l'eleusine. Memoire de master, Université Athenee Saint Joseph Antsirabe, Madagascar, 87p.

- **Rouelle, J.** (1984). La lombriculture, élevage miracle ou affaire commerciale ? Son rôle par rapport au sol et au compostage. *Revue de l'Alimentation Animale*, avec AgrisFAO.
- **Saurel, B. Bispo, A. Blanchart, E. Chenu, C. Feix, I.** (2010). La vie cachée des sols : L'élément essentiel d'une gestion durable et écologique des milieux, Programme GESSOL, France, 19 p.
- **Sauveur et al.,** (2002). Apport protéiques de différentes matières premières relatifs à ceux du tourteau de soja.
- **Shagoti, U. M., Amoji, S. D., Biradar, V. A., & Biradar, P. M.** (2001). Effect of temperature on growth and reproduction of the epigeic earthworm, *Eudrilus eugeniae* (Kinberg). *Journal of Environmental Biology*, 22(3), 213-217.
- **Siegrist, M.** (2011). Le Lombric sort de l'ombre, <http://www.terrenature.ch/jardin/16062011-1214-le-lombric-sort-de-lombre>, (15/03/2014).
- **Sims, R. W. Gerard, B. M.** (1999) *Earthworms*. FSC publications, London.
- **Sogbesan, A. O., Ugwumba, A. A., & Madu, C. T.** (2007). Productivity potentials and nutritional values of semi-arid zone earthworm (*Hyperiodrilus euryaulos*; Clausen, 1967) cultured in organic wastes as fish meal supplement. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 10(17), 2992-2997.
- **Sonaiya E. B. Swan, S. E. J.** (2004). *Production en Aviculture familiale - un manuel technique*. Rome: FAO. 1-140 pp. FAO ed.
- **Stephane, V.** (2019). Biosphoto, AFP. L'empire des vers de terre.
- **Talbi, R.** (2016). Contribution à l'étude de la bio-écologie des vers de terre à Ouargla. Université Kasdi Merbah Ouargla –Algérie.
- **Temgoua, E., Ngnikam, E., Dameni, H., & Kouedou Kameni, G. S.** (2014). Valorisation des ordures ménagères par compostage dans la ville de Dschang, Cameroun. *Tropicultura*, 32(1).
- **Tiroesele, B. Moreki, J. C.** (2012). Termites and Earthworms as Potential Alternative Sources of Protein for Poultry. *Int. J. Agro. Vet. Med. Sci.*, 6(5), 368-376.
- **Wu, K., Su, D., Liu, J., Saha, R., & Wang, J. P.** (2019). Magnetic nanoparticles in nanomedicine: A review of recent advances. *Nanotechnology*, 30(50), 502003.

- **Zirbes, L., Renard, Q., Dufey, J., Tu, P. K., Duyet, H. N., Lebailly, P., ... & Haubruge, É.** (2011). Valorisation of a water hyacinth in vermicomposting using an epigeic earthworm *Perionyx excavatus* in Central Vietnam. BASE.

➤ **Sites Web:**

- Site Web 01: <https://www.un-jardin-bio.com/vers-de-terre/>
- Site Web 02: <https://www.monpetitcoinvert.com/blog/quest-ce-que-le-lombricompostage/>
- Site Web 03: <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/10-010.htm>