Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Échahid Cheikh Larbi Tebessi -Tébessa-
Faculté Des Sciences Exactes Et de la Nature et de la Vie
Département des Êtres vivants

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Écophysiologie animale

Thème

Etude de la toxicité du nematicide DACAP chez l'espece lombricienne *Aporrectodea caliginosa* (savigny , 1826)

Présenté par :

HARKATI Ouafa

Membres du jury :

Dr. DJELLAB Sihem	**MCA**	**Président**
Dr. BOUAZDIA Karim	**MCA**	**Rapporteur**
Dr. HANNACHI Mohamed Salah	**MCB**	**Examinateur**

Année Universitaire :**2024/2025**

Remerciement

Avant tout, j'exprime ma gratitude infinie à Allah, le Tout-Puissant, pour sa guidance et ses bénédictions tout au long de mon parcours académique. C'est grâce à sa sagesse et à sa miséricorde que j'ai pu surmonter les défis et les obstacles rencontrés durant ces années d'études.

Je le remercie pour la force et la détermination qu'il m'a accordées, ainsi que pour la patience et le courage dont j'ai bénéficié afin de mener à bien ce travail. Sans sa bienveillance et son soutien divin, cet accomplissement n'aurait pas été possible.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury pour leur précieuse contribution à l'évaluation de ce travail. Je suis particulièrement reconnaissant ***Mem. DJELLAB Sihem*** *qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.*

Je remercie sincèrement mon directeur de recherche, ***M. Karim BOUAZDIA,*** *pour son encadrement précieux, ses conseils avisés et son soutien indéfectible tout au long de ce travail. Ses encouragements et sa confiance ont été une source constante de motivation.*

J'adresse également mes remerciements chaleureux à ***M. Mohamed Salah HANNACHI,*** *examinateur de ce travail, pour ses remarques constructives qui ont permis d'enrichir cette étude.*

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont apporté leur aide, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

HARKATI Ouafa

Dédicace

Louange à Dieu, par la grâce duquel les bonnes actions sont accomplies. Qui m'a donné ces moments et m'a béni avec succès et joie .Je dédie cet humble ouvrage aux âmes de mes ancêtres, que Dieu ait pitié d'eux.

À mon bien le plus précieux, mon père TAHER , mon soutien dans ce monde,à qui je dois tout le mérite et les éloges de ma présence ici .

À ma chère mère MEBARQA , ma compagne et la bougie de ma vie, à celle qui a partagé tous mes sentiments de réussite et d'échec

Je vous dédie cette œuvre à laquelle vous avez participé avec votre cœur et votre âme. Je te dédie les fruits des années.

À mes sœurs : Chaima , Khadidja , Chada , Narjes .

À vous, les fleurs de ma vie, mes compagnons et ceux qui ont partagé mes échecs avant mes succès.

A mon seul soutien dans ce monde, mon frère Achrfe , mon compagnon et ami. Merci pour vos efforts avec moi tous ces jours.

À mes sœurs Djihane et son mari Nacre Eldine .

A ma petite Outine , notre nouvelle invitée, tu as partagé avec moi les moments les plus importants de ma vie.

À mon soutien éternel, mon âme et mon être , je te dédie mon travail avec les significations d'amour les plus sincères.

À mes chers amis : Nivine , Tasnime , Ranime ,Kanza

HARKATI Ouafa

Résumés

Résumé

Résumé :

Les lombriciens sont constamment exposés à des polluants, notamment des pesticides, qui menacent la distribution et la propagation des vers et affectent la santé des sols. On a d'abord identifié les différentes espèces de la région d'étude. Ensuite, on a testé l'effet du nematicide DACAP (Fosthiasate), sur la croissance, la reproduction, le comportement d'évitement et la production des turricules des vers de terre *Aporrectodea caliginosa*. On a pu identifier deux espèces de vers *A.caliginosa* et *A.rosea* appartenant à la famille lumbricidae. Les résultats de l'expérience ont montré que la dose recommandée (RAD) du nematicide ainsi que 1/10 RAD réduisaient le taux de croissance des vers prenant les valeur -30% et 15% respectivement. De la même façon, le nombre de cocons pondu par les vers traités à RAD est réduit à 0,5±0,7 cocons. Le comportement des vers est affecté par la présence de DACAP, aux doses RAD et 1/10 RAD, où le taux de migration vers le sol témoin était de 83,33% et 61,11% respectivement. Aussi, la production de turricules diminuait avec l'augmentation des doses. Nos résultats suggèrent que les nematicides peuvent avoir un effet négatif sur les vers de terre et soulignent la nécessité de faire preuve de prudence dans l'utilisation des pesticides.

Mots clés : Fosthiazate, *Aporectodea caliginosa*, turricules, reproduction, croissance.

Abstract

Abstract:

Earthworms are constantly exposed to pollutants, particularly pesticides, which threaten the distribution and spread of worms and affect soil health. Firstly , we identified the different species of earthworms in the study area. Then we tested the effect of the nematicide DACAP (Fosthiazate) on the growth, reproduction, avoidance behavior, and casting production of *Aporrectodea caliginosa* . Two species of worms, *A. caliginosa* and *A. rosea*, belonging to the Lumbricidae family, were identified. The results of the experiment showed that the recommended dose (RAD) of the nematicide and 1/10 RAD reduced the growth rate of the worms by -30% and 15%, respectively. Similarly, the number of cocoons laid by RAD-treated worms was reduced to 0.5±0.7 cocoons. Worm behavior was affected by the presence of DACAP at doses RAD and 1/10 RAD, with migration rates to the control soil being 83.33% and 61.11%, respectively. Casting production also decreased with increasing doses. Our results suggest that nematicides can have a negative effect on earthworms and highlight the need for caution in pesticide use.

Keywords : Fosthiazate, *Aporectodea caliginosa*, castings, reproduction, growth

ملخص:

تتعرض ديدان الأرض باستمرار للملوثات، بما في ذلك المبيدات الحشرية، التي تهدد توزيع وانتشار الديدان وتؤثر على صحة التربة. أولاً، ثم التعرف على الأنواع المختلفة في منطقة الدراسة. بعد ذلك، تم اختبار تأثير مبيد النيماتودا ا(Fosthiasate) DACAP على نمو وتكاثر وسلوك التجنب وإنتاج الصب لديدان الأرض Aporrectodea caliginosa تم التعرف على نوعين من الديدان، A. caliginosa و A. rosea، تنتميان إلى عائلة Lumbricidae. وأظهرت نتائج التجربة أن الجرعة الموصى بها (RAD) من مبيد النيماتودا وكذلك RAD 10/1 أدت إلى خفض معدل نمو وزن الديدان حيث بلغت القيم – 01 % و11 % على التوالي. وعلى نحو مماثل، انخفض عدد الشرانق التي وضعتها الديدان المعالجة بـ RAD إلى. 1.1 ± 1.0 شرنقة. تأثر سلوك الديدان بوجود DACAP، عند جرعات RAD و11/1 من RAD، حيث بلغ معدل الهجرة إلى التربة الغير معالجة 30.00% و11.11% على التوالي. كما انخفض إنتاج الصب مع زيادة الجرعات. تشير نتائجنا إلى أن مبيدات النيماتودا قد يكون لها تأثير سلبي على ديدان الأرض وتسلط الضوء على الحاجة إلى الحذر في استخدام المبيدات الحشرية.

الكلمات المفتاحية: *Aporectodea caliginosa* ,Fosthiazate ، الصب، التكاثر، النمو.

Table des matières

Table des matières

Les matières	La Page
Introduction	01
Matériel et methods	04
1 . Présentation de la zone agricoles	04
1.1. Situation géographique	04
1.2. Sites d'échantillonnage	04
1.2.1. Premier site	04
1.2.2. Deuxième site	04
2. Matériel biologique	04
2.1. Biologie de espèce *Aporrectodea caliginosa*	05
2.1.1. Taxonomie et systématique	05
2.1.2. Morphologie	06
2.1.3. Cycle de vie	07
2.2. Ecologie de espèce *A.caliginosa*	08
3. Présentation de nematicide	08
4. Partie expérimentale	09
4. 1.Travaux de terrain	09
4.1. 1. Prélèvement d'echantillons	09
4.1.2 Matériel utilisé	09
4.2. . Travaux de laboratoire	10
4.1.1 Matériel **utilisé**	10
4.2..2. Rinçage et tri des vers de terre	10
4.2.3. Identification des vers de terre	11
4.2.4 . Préparation du sol naturel	12
4.3.. Conditions expérimentales	12
4.4. Traitement	13
4.5. Effet sur la croissance pondérale	14
4.6. Effet sur la reproduction	14
4.7. Effet sur la comprtement	15

Table des matières

4.7.1. Consommation de litière et production de turricules	15
4.7.2. Test d'évitement	15
5. Analyse statisque des résultat	16
Résultaue	18
1. Indentification	18
2. Croissance pondérale	19
3. Reproduction	19
4. Comportement	20
4.1. Test d'évitement	20
4 .2 . production de turricule	21
Discussion	24
1. Indentification	24
2. Effet sur la Croissance pondérale	24
3. Effet sur la Reproduction	26
4. Effet sur la Comportement	27
4.1. Test d'évitement	27
4 .2 .La production de turricule	27
Conclusion	30

Table Des Figures

Les Figurs	La Page
Figure 01. Localisation géographique des sites d'étude	04
Figure 02. Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre	05
Figure 03. *Aporrectodea caliginosa*	06
Figure 04. Cycle de vie en laboratoire dans un sol limoneux complété par la bouse de cheval broyée à 1 mm de la nourriture à 15°C, entre 60 et 70 de la capacité de rétention en eau du sol	07
Figure 05. Le nematicide DACAP	09
Figure 06. Étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain	09
Figure 07 . Matériel utilisé sur le terrain	10
Figure 08. Matériel utilisé au laboratoire	10
Figure 09. Étapes de tri des vers	11
Figure 10. Identification des vers de terre	11
Figure 11. Tamisage du sol naturel	12
Figure 12 . vidage de l'estomac des vers sur du papier filtre	12
Figure 13. Mesure de la capacité maximale de rétention d'eau (CMR)	13
Figure 14. Les étapes de test.	14
Figure 15. Extraction des vers de terre dans un bain-marie	14
Figure 16 . Test d'évitement des vers de terre	16
Figure 17 . Morphologie générale d'*A. caliginosa.* a : vivant ; b : fixé	18
Figure 18 . Morphologie générale de *A.rosea.* a : vivant ; b : fixé	18
Figure 19 . Variation du taux de croissance pondérale des vers de terre *A.caliginosa* dans le sol naturel après 07 jours d'exposition à deux doses du nematicide : DACAP	20
Figure 20. Effet du nematicide : DACAP sur le nombre de cocons produit par les vers *A.caliginosa*	20
Figure 21. Taux de migration des vers de terre *A.caliginosa* dans le sol naturel témoin et contaminé par deux doses du nematicide DACAP	21
Figure 22. Effet du nematicide DACAP appliqué dans le sol naturel aux doses RAD et 1/10 RAD sur le comportement : production de turricules (cercles blancs) produit par les vers *A. caliginosa* au cours de la période d'étude	22

❖ Liste Des Tableaux

Les Tableaux	La Page
Tableau 01 : Protocole de mesure du CMR	13

❖ Liste Des Abréviations :

- *A.caliginosa : Aporrectodea caliginosa.*
- *A.rosea : Aporrectodea.rosea*
- *L.terrestris : Lumbricus terrestris.*
- CMR : capacité maximale de rétention d'eau
- Mg : Milligramme.
- Kg : Kilogramme.
- Km : Kilomètre.
- m : mètre.
- µl : Microlitres.
- RAD : Dose agricole recommandée.
- ml : millilitre.
- µg : Microgramme.
- pH : Potentiel hydrogène.
- ANOVA : Analyse de variance

Introduction

Introduction :

Les organismes du sol jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, notamment dans le cycle des nutriments, la décomposition de la matière organique (Bardgett & Van Der Putten, 2014). Malgré leur importance écologique, la biodiversité du sol reste largement sous-étudiée par rapport à celle des organismes terrestres visibles, tels que les plantes et les animaux vertébrés (FAO, ITPS, GSBI, SCBD & EC, 2020). Les vers de terre (famille des Lumbricidae) agissent comme ingénieurs de l'écosystème en modifiant la structure physique du sol, en facilitant l'infiltration de l'eau et en augmentant la disponibilité des nutriments pour les plantes (Edwards & Bohlen, 1996; Lavelle et *al*., 2006). Leur présence est associée à une augmentation significative de la productivité des cultures agricoles dans plusieurs écosystèmes tempérés (Blouin et *al*, 2013).

Les vers de terre créent des macropores lors de leur déplacement ce qui facilite l'infiltration de l'eau, le drainage et les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère (Jouquet et *al*, 2006, European Journal of Soil Biology). De plus, ces galeries offrent des chemins préférentiels pour les racines, permettant un accès plus profond aux ressources hydriques et minérales (Capowiez et *al*, 2009, Soil Biology & Biochemistry). Par leur activité de digestion de la matière organique, les vers de terre produisent des turricules riches en nutriments, ce qui améliore la disponibilité en azote et en phosphore (Marinissen & de Ruiter, 1993). Ils contribuent aussi à une meilleure agrégation du sol, essentielle à sa stabilité (Le Bayon et *al*, 2002), et favorisent la séquestration du carbone en le protégeant dans des agrégats stables (Lubbers et *al*, 2013). La biomasse de sol déplacée par les vers de terre peut atteindre jusqu'à 250 tonnes par hectare et par an dans les systèmes agricoles intensifs (Bertrand et *al*, 2015).

Cependant, cette biodiversité souterraine est menacée par l'usage massif des pesticides. À l'échelle mondiale, plus de 2,5 millions de tonnes sont pulvérisées chaque année, affectant gravement les invertébrés du sol, y compris les vers de terre (Aktar et *al*, 2009). En Algérie, la consommation atteint environ 30 000 tonnes par an, suscitant des inquiétudes pour l'environnement (Chiali et *al*, 2013). Cette menace s'amplifie avec l'introduction continue de nouvelles substances actives sur le marché, complexifiant les processus de régulation et de contrôle des risques (Wang et *al*, 2020). Cela souligne la nécessité de recherches approfondies menées par des laboratoires publics et privés afin d'évaluer les effets cumulatifs sur la biodiversité (Sharma et *al*, 2019). Parmi ces produits figure le fosthiazate, un nématicide

organophosphoré efficace à faibles doses (1–3 kg/ha), principalement utilisé pour lutter contre les nématodes tels que *Meloidogyne spp* et *Globodera spp* dans les cultures maraîchères et céréalières (Zhang et *al*., 2020). Son mécanisme d'action repose sur l'inhibition de l'acétylcholinestérase, entraînant la paralysie puis la mort des nématodes (FAO & WHO, 2002). Par ailleurs, bien que les doses soient réduites, la forte activité biologique du fosthiazate présente des risques écotoxicologiques sur les organismes non ciblés, comme les vers de terre (Liu et *al*, 2022 ; Wang et *al*, 2024). Les vers de terre, en contact direct avec les résidus de pesticides dans le sol, sont souvent exposés à des niveaux préoccupants de contamination. Ils ingèrent une grande quantité de sol, ce qui accroît leur vulnérabilité aux composés organophosphorés comme le fosthiazate (Schreck et *al*, 2008). Les études montrent que cette molécule peut causer un stress oxydatif, altérer les fonctions enzymatiques et réduire la reproduction des vers (Liu et *al*, 2022). Pour ces raisons, ces organismes sont reconnus comme bioindicateurs sensibles dans les études écotoxicologiques terrestres (Owagboriaye et *al*, 2020). La détection et la mesure de faibles concentrations de fosthiazate dans le sol et les eaux restent difficiles, ce qui limite la compréhension complète de son devenir environnemental et de ses effets à long terme (Calvet, 2005).

Parmi les nombreuses espèces de vers de terre recensées dans le monde, *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) occupe une position centrale dans les sols agricoles des régions tempérées. C'est l'espèce la plus commune dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017). Stephenson (1930) et Omodeo (1948) l'ont caractérisé comme l'espèce de vers de terre la plus communément trouvée. Compte tenu de sa présence fréquente dans les sols cultivés, de sa sensibilité élevée aux produits chimiques et de ses réponses biologiques et physiologiques facilement mesurables, elle est considérée comme une espèce modèle écologiquement pertinente pour les études d'écotoxicité (Pelosi et *al*, 2013b ; Bart et *al*, 2018).

Nous nous sommes donc intéressés à étudier l'effet du nématicide DACAP sur la croissance, la reproduction et le comportement de production des turricules et le taux d'évitement des vers adultes de l'espèce *A.caliginosa* dans un sol naturel à la dose recommandée RAD et à la dose sub-létale 1/10 RAD.

Matériel et méthodes

1. Présentation de la zone agricole

1.1. Situation géographique

La wilaya de Tébessa (Fig. 01) se situe à l'Est de l'Algérie (35° 20'N, 8° 6'E, Altitude : 960 m). Elle est bordée au nord par la wilaya de Souk Ahras et au sud par la wilaya d'El Oued. À l'est, elle est directement bordée par la République Tunisienne, et à l'Ouest par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi. Sa superficie est estimée à 13878 km². Elle est divisée en 28 communes (Bouabida et *al,* 2012).

Tébessa est situé dans une zone au relief diversifié qui comprend des montagnes, des plaines et des déserts.

1.2. Sites d'échantillonnage

1.2.1. Premier site

Il s'agit d'une pépinière (35°12'12.1''N 8 10' 39 .7''E) située dans la municipalité d'Elma Labiod (Fig. 01). Elle est entourée de terres agricoles et de vergers contenant des arbres.

1.2.2. Deuxième site

C'est un verger familial (35°12'53.1"N8°10'11.3"E) située dans la municipalité d'Elma Labiod (Fig. 01). Ce verger contient des pommiers et des figuiers et il est constamment arrosé.

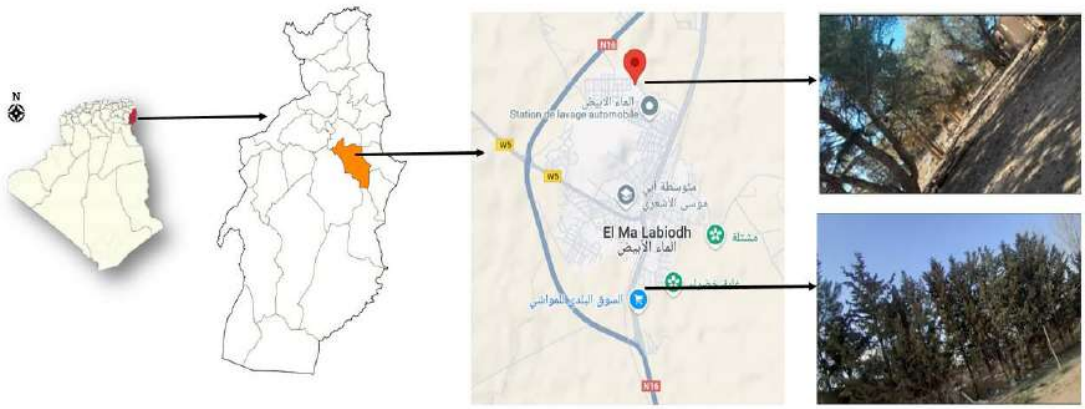


Figure 01. Localisation géographique des sites d'étude (photos personnelles, 2025)

2. Matériel biologique

Les vers de terre sont un composant biologique important du sol et sont appelés ingénieurs de l'écosystème (Latif et *al,* 2009). Les vers de terre représentent jusqu' à 70 % de la biomasse totale du sol (Zirbes *al,* 2011). Par conséquent, les vers de terre en tant qu'ingénieurs du sol, ont une influence fondamentale sur les processus de formation et de

fonctionnement du sol grâce à leurs activités de bioturbation (Le Bayon et *al*, 2022). En fait, les vers de terre jouent un rôle important dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils assurent la transformation des déchets organiques et les matériaux biodegradables en vermi-compost riches en éléments nutritifs (Jansirani et *al.* 2012). Ce dernier permet d'augmenter la souplesse du sol, la porosité et la capacité de la rétention en eau ce qui nécessite donc moins de labour et d'irrigation (Jansirani et *al*, 2012).(Latif et *al*,2009) notent que les vers de terre sont les organismes les plus important de la faune invertébrée du sol. Ils sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème car ils produisent des effets prononcés sur la structure du sol en raison de leurs activités de fouille, d'ingestion de sol et de production de moulages.

Plusieurs études ont classé les vers de terre en trois catégories (Fig.02)et en cinq familles à travers le monde (Byambas et *al.*, 2017). Les trois groupes écologiques qui regroupent les vers de terre sont :

– 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).

– les vers anéciques occupent la couche supérieure du sol autour de 25 cm, ils creusent des galeries verticales dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres (Morin, 1999).

– les vers endogés vivent dans les couches plus profondes et creusent des galeries horizontales (Pérès et *al*, 2011).

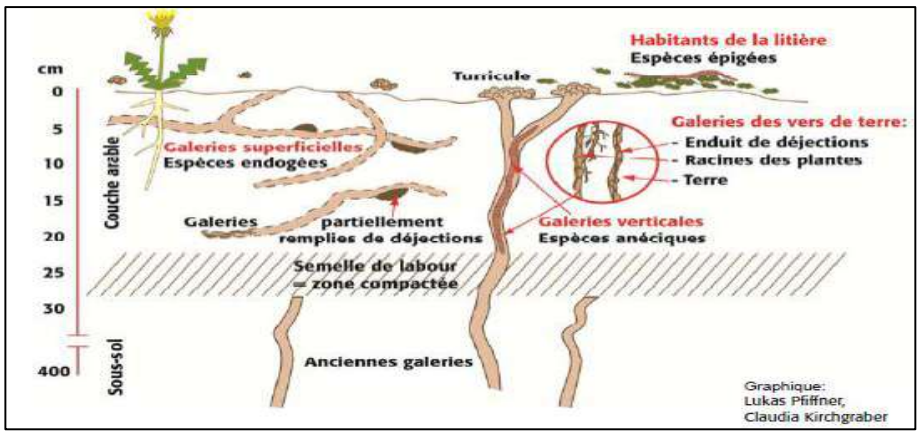


Figure 02. Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre (Pfiffner, 2013)

2.1. Biologie de l'espèce *Aporrectodea caliginosa*

2.1.1. Taxonomie et systématique

Aporrectodea caliginosa (Savigny, 1826) appartient aux Annélides : Oligochètes :

Lumbricidés. Sa classification taxonomique a changé plusieurs fois et elle est considérée comme un complexe d'espèces. Bouché (1972) a divisé *A.caliginosa* en deux espèces portant un autre nom de genre : *Nicodrilus caliginovy* (composé de trois sous -espèces : *N.e.caliginosus* , *N.c. alternisetosus* et *N.c. meridionalis*) et *Nicodrilus nocturnus* (Sylvain et *al,* 2020).

Ces vers ont été prélevés avec leur sol naturel sur les sites (Fig. 03). Ils ont été élevés dans une seau en plastique au laboratoire, où ils ont été nourris de feuilles d'arbres.



Figure 03. *Aporrectodea caliginosa* (photo personnelle, 2025)

L'espèce *A.caliginosa* est classée selon le Muséum national d'Histoire naturelle de France (2006) comme suit :

- **Règne :** Animalia
- **Phylum :** Annelida
- **Classe :** Clitellata
- **Sous -Classe :** Oligocchaeta
- **Ordre :** Crassiclitellata
- **Sous-Ordre :** Lumbricina
- **Genre :** Aporrectodea
- **Espèce :** *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)

2.1.2 Morphologie

Les adultes d' *A.caliginosa* sont généralement constitués de 120 à 150 segments. Leur longueur varie de 60 à 85 mm et leur biomasse varie entre 200 et 1200 mg ; (Sims et Greard , 1999 ; Sylvain et *al* , 2020) . Ces individus ne présentent pas de pigmentation significative, bien que les segments antérieurs présentent une coloration rose pale (Bouché ,1972 ; Sims et Greard, 1999). La reproduction est obligatoirement biparentale et le clitellum en forme de selle s'étend sur

au moins six segments (27,31,34,35) (Sims et Greard, 1999 ; Sylvain et *al,* 2020). Les tubercules pubertaires sont des structures en forme de crêtes situées sur les segments 31 à 33 et sont souvent bipartites, divisées par un sillon transversal sur le segment 32.

2.1.3. Cycle de vie

A.caliginosa est une espèce hermaphrodite nécessitant une reproduction biparentale (accouplement entre deux individus). L'accouplement a lieu à la surface du sol lorsque les conditions sont favorables. II y a alors échange de spermatozoïdes (Pelosi et *al,* 2014). Le clitellum sécrète un cocon contenant les gamètes mâles et femelles, qui est déposé dans le sol sous forme de capsule fermée (Fernandez et *al,* 2010).

L'incubation des cocons dure entre 3 à 6 semaines selon la température et l'humidité (Pelosi et *al,* 2014). Les juvéniles (Fig. 04) ressemblent aux adultes mais sont sexuellement immatures à l'éclosion (Fernandez et *al,* 2010). La maturité sexuelle est atteinte après 3 à 6 semaines en laboratoire. Le cycle de vie complet dure 4 à 6 mois à 15°C en laboratoire (Bart et *al,* 2018).

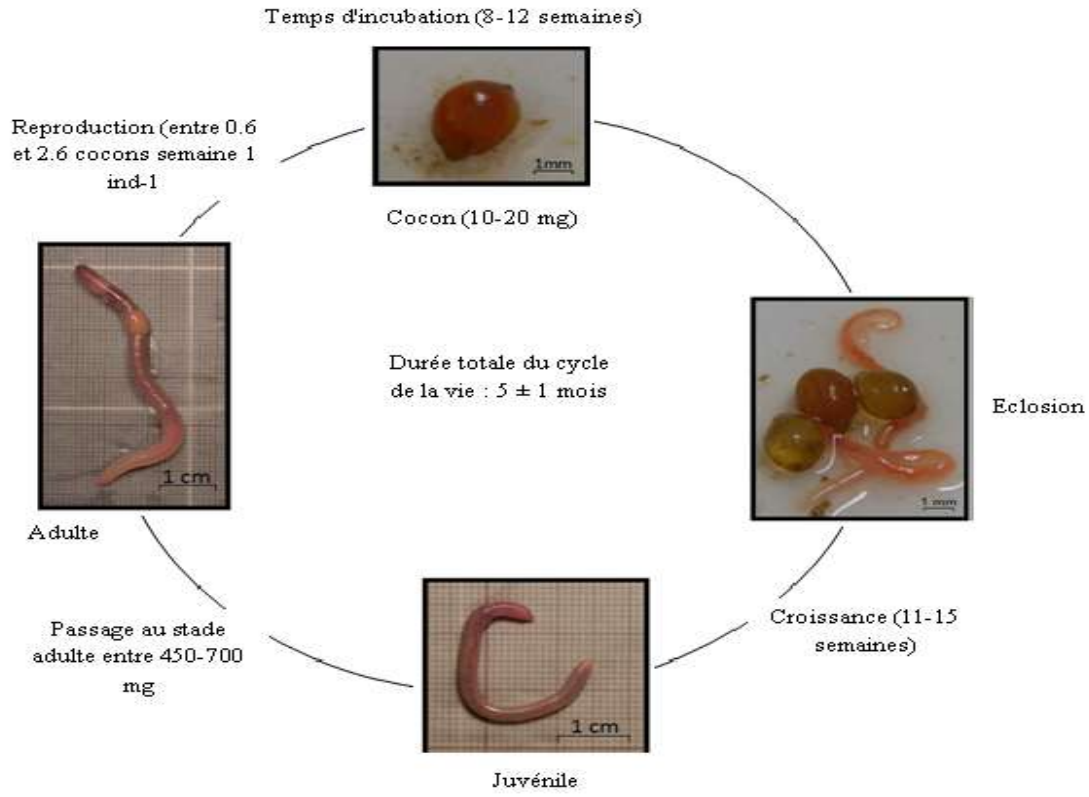


Figure 04. Cycle de vie en laboratoire dans un sol limoneux complété par la bouse de cheval broyée à 1 mm de la nourriture à 15°C, entre 60 et 70 de la capacité de rétention en eau du sol (Bart et *al.*, 2018)

2.2. Ecologie de l'espèce *A.caliginosa*

A.caliginosa (Savigny, 1826) (Fig. 02) est un vers de terre pèlerin endogène qui vit principalement dans les couches superficielles du sol, à une profondeur de 10 à 30 cm. Préfère les sols humides et riches en matière organique tels que les sols de prairie et les terres agricoles (Edwards et Bohlen ,1996).

Ce ver essentiel à la structure et à la fertilité du sol. Il crée des trous qui améliorent la ventilation et la circulation de l'eau, convertit la matière organique en humus, améliore la structure du sol, facilite la croissance des racines et réduit le risque d'érosion (Lavelli et L'Espagne, 2001).

3. Présentation du nematicide :

Le nematicide DACAP dont la matière active est la Fosthiazate 10% (Fig. 05). Selon University of Hertfordshire, 2023 nematicide DACAP est :

- **Catégorie :** Pesticide / Nématicide
- **Type de pesticide :** Nématicide , Insecticide
- **Substance active :** Fosthiazate à 10 %
- **Famille chimique :** Organophosphorés
- **Formule chimique :** C6H12Cl2O
- **Forme :** Granulés (GR)
- **Description :** Un insecticide obsolète non classé pour la lutte contre les ravageurs du sol, en particulier les nématodes.
- **Exemples de parasites contrôlés :** Nématode à galles des racines ; Nématode à Kyste des céréales ; Nématode des racines du riz ; Nématode des agrumes.
- **Exemples d'applications :** Légumes ; Fruits, y compris figues, mures, agrumes ; Plantes ornementales ; Certaines céréales.
- **Statut de disponibilité :** Considéré comme obsolète mais peut être disponible dans certains pays.



Figure 05. Le nematicide DACAP (photo personnelle, 2025)

4. Partie expérimentale :

4.1. Travaux de terrain

4.1.1. Prélèvement d'échantillons

Les échantillons ont été prélevés en février et mars 2025 (Fig. 06), au plus fort de leur activité et avant les travaux agricoles (Josephine et *al*, 2017), notamment après les jours de pluie. Les études sont plus difficiles sur sols secs, humides et sableux. Nous avons adopté une méthode physique pour collecter les vers de terre (Bouché, 1972) **:**

- Enlever les mauvaises herbes et les déchets.
- Creusez un trou de 30 cm de profondeur ou plus.
- Récupérez soigneusement les vers adultes du sol.

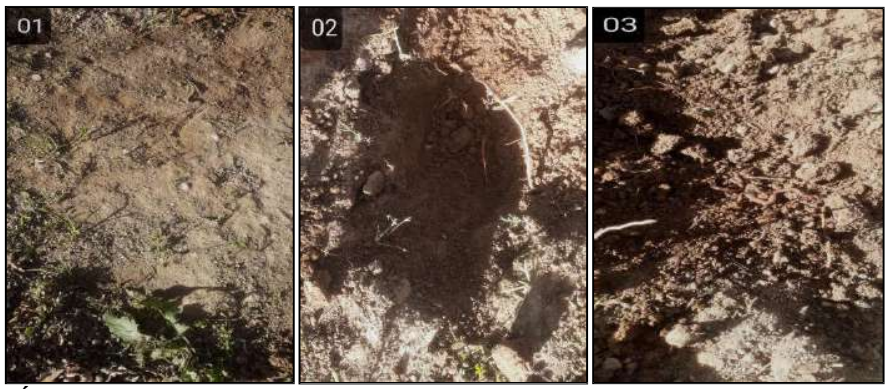


Figure 06. Étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain (photos personnelles, 2025)

4.1.2. Matériel utilisé

Les techniques d'extraction des vers de terre varient, le tri manuel est souvent effectué (Le Bayon

et *al* , 2022). Où nous avons utilisé des outils (Fig. 07).

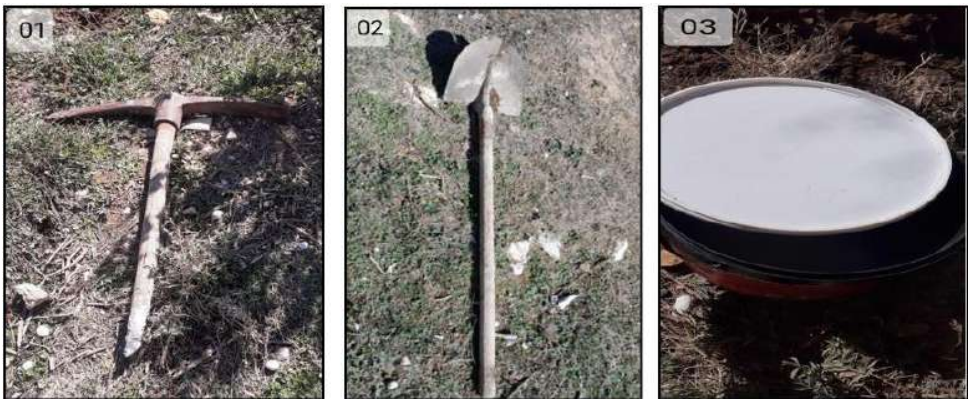


Figure 07 . Matériel utilisé sur le terrain (1) une pioche , (2) une truelle , (3) une seau avec couvercle perforé (photos personnelle ,2025)

4.2. Travaux de laboratoire

4.2.1. Matériel utilisé

Nous avons utilisé des outils et des appareils (Fig. 08) lors de notre travail en laboratoire.

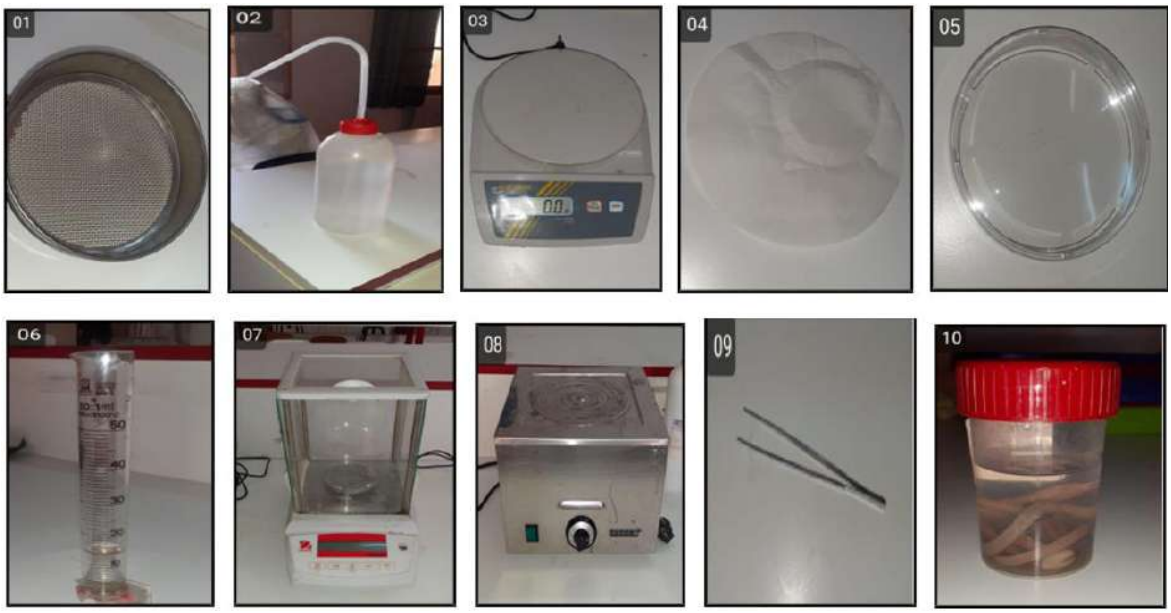


Figure 08. Matériel utilisé au laboratoire (1) Tamis, (2) Pissette, (3) Balance électronique, (4) Papier filtre, (5) Boites de pétri, (6) Cylindre, (7) Balance analytique, (8), (9) Pince, (10) Boites de plastique (photos personnelles,2025).

4.2.2. Rinçage et tri vers de terre

Après avoir collecté les vers de terre, ils sont lavés à l'eau pour faciliter le tri et le comptage de vers adultes contenant le clitellum (Fig. 09).

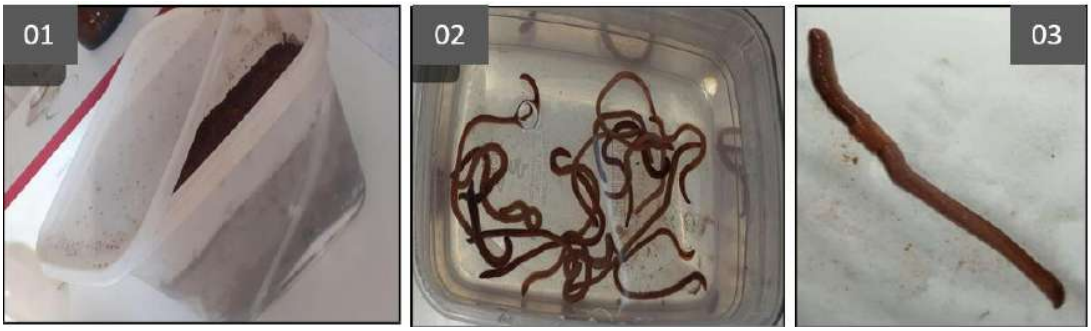


Figure 09. Étapes de tri des vers (1) L'élevage, (2) rinçage à l'eau, (3) Tri des vers adultes (photos personnelles, 2025)

4.2.3. Identification des vers de terre

Après avoir rincé les vers adultes, on a mesuré les éléments suivants : Poids, longueur et diamètre du corps (Fig. 10) (Baha, 2008). Les vers de terre sont ensuite conservés dans de l'alcool et observés au microscope binoculaire pour les identifier en fonction des caractéristiques morphologiques :

- Couleur
- Type de soies.
- Forme du prostomium.
- Longueur du corps
- Nombre de segments.
- Formes du clitellum.
- Nombre de segments du clitellum.
- Forme et Nombre de segments des tubercules pubères.



Figure 10. Identification des vers de terre (1) longueur du ver de terre ; (2) Diamètre du ver de terre ; (3) Poids du ver de terre ; (4) Conservation du ver de terre dans l'Alcool (photos personnelles, 2025).

4.2.4. Préparation du sol naturel

Le sol utilisé est prélevé sur un terrain agricole non contaminée. Un trou d'environ 30 cm de profondeur a été creusé et la terre a été recueillie, séchée à l'ombre puis tamisée (Fig. 11).



Figure 11. Tamisage du sol naturel (photos personnelle, 2025)

4.3. Conditions expérimentales

Les vers ont été élevés pendant une période d'environ un mois afin de s'adapter aux conditions laboratoire. Les vers adultes ont été sélectionnés pour notre expérience.

Après rinçage les vers sont placés sur du papier filtre dans des boites de pétri pendant plus de 4 h afin de vider leur estomac (Fig. 12).



Figure 12 . vidage de l'estomac des vers sur du papier filtre

Le test a été réalisé dans des terrariums en plastique contenant le sol naturel dont la capacité maximale de rétention d'eau (CMR) (Tab. 01 ; Fig. 13) a été mesurée comme suit.

CMR = (Volume d'eau retenu par le sol / Poids de l'échantillon) x 100

Tableau 01 : Protocole de mesure du CMR

Poids de l'échantillon de sol (g)	Volume d'eau utilisé (ml)	Volume d'eau retenu par le sol (ml)	Capacité de rétention d'eau (%)
25	50	14	56



Figure 13. Mesure de la capacité maximale de rétention d'eau (CMR) (photos personnelle, 2025)

L'expérience est suivie sous la température ambiante du laboratoire (environ 20°C) et une photopériode de 12 heures d'obscurité /12 heures d'éclairage.

4.4. Traitement

Le test a été réalisé selon les étapes (Fig. 14) suivantes : 500 g de sol humidifié avec de l'eau distillée est placé dans chaque terrarium. 5 vers adultes avec un clitellum bien développé sont déposés à la surface du sol. Ensuite, on applique le nematicide DACAP à deux doses (dose recommandée RAD = 45,9 mg/kg de sol et 1/10 RAD = 4,95 mg/ kg de sol) à la surface du sol. Cinq grammes de feuilles de plantes, asséchées à l'ombre, sont déposées à la surface du sol afin d'assurer une source d'alimentation pour les vers. Enfin, les terrariums sont fermés hermétiquement pour empêcher les vers de s'échapper avec des couvercles qui assurent une bonne ventilation. Le test est suivi pendant 07 jours avec 3 répétitions pour les deux doses et le témoin. L'humidité du sol est contrôlée en ajoutant de l'eau distillée en fonction du poids perdu.

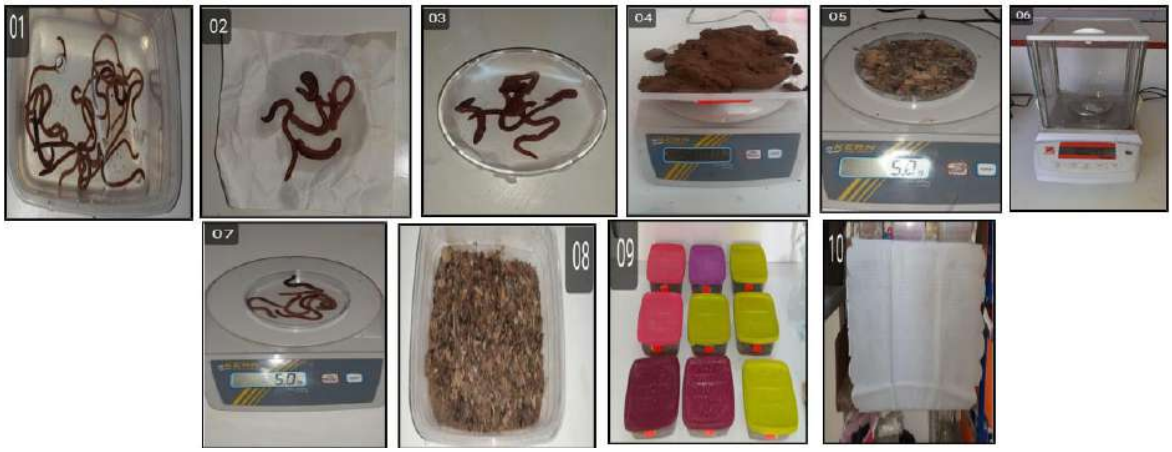


Figure 14. Les étapes de test, (1) rinçage des vers, (2) Sécher les vers, (3) vidage de l'estomac des vers, (4) pesée du sol, (5) pesée de la nourriture, (6) pesée du nematicide, (7) Pesez 05 vers, (8) Déposer la nourriture à la surface, (9) Fermeture des boites, (10) maintien des boites dans un endroit obscur (photo personnelle, 2025).

4.5. Effet sur la croissance pondérale

Les vers ont été pesés au début du test. A la fin de la période du test (07 jours), les vers ont été extraits des récipients sous l'influence de la température dans un bain-marie et le nombre de vers a été compté (Fig. 15)



Figure 15. Extraction des vers de terre dans un bain-marie (photo personnelle, 2025)

4.6. Effet sur la reproduction

Après 07 jours, les vers ont été retirés et les boites ont été conservées pendant 20 jours (Fig. 16) avec de l'eau distillée ajoutée pour contrôler l'humidité des boites. A la fin de la période, les cocons étaient collectés et comptés (Garcia et *al*, 2011).

4.7. Effet sur le comportement

4.7.1. Consommation de litière et production de turricules

Les vers de terre ne peuvent pas remplir leurs fonctions vitales dans le sol en raison de leur exposition aux pesticides (Rathore et Nollet, 2012), les boites ont été surveillées tout au long du test. Des photographies ont été prises quotidiennement et des observations ont été enregistrées pour déterminer l'effet de la substance sur le comportement de production de turricules par les vers.

4.7.2. Test d'évitement

L'essai d'évitement (Fig. 16) a été établi dans des terrariums. Chaque terrarium a été divisé en deux sections égales à l'aide d'un séparateur vertical en plastique. Au tot*al*, chaque boite reçoit 700 g de sol d'essai. La moitié de la boite reçoit 350 g de sol témoin (section A) et l'autre moitié 350 g de sol contaminé (section B). Le sol de la section B est préparé selon la dose choisie. Après avoir enlevé le séparateur, 6 vers de terre adultes ont été placés dans la fente de séparation entre les deux sections.

Ensuite, la fente a été fermée en appuyant doucement sur le sol des deux bords de la fente. Pour empêcher les vers de s'échapper des terrariums, chaque boite a été solidement
fermée par un couvercle perforé pour assurer l'échange d'air. Les boites ont été conservées à une photopériode 12/12. Enfin d'essai (après 48h), le séparateur a été remis dans la fente entre les deux sections, et le nombre de vers dans chaque section est compté. Les vers de terre qui ont été coupés en deux parties par la réinsertion du séparateur ont été comptés dans la section où leurs têtes sont dirigées (Loureiro et *al.*, 2005).

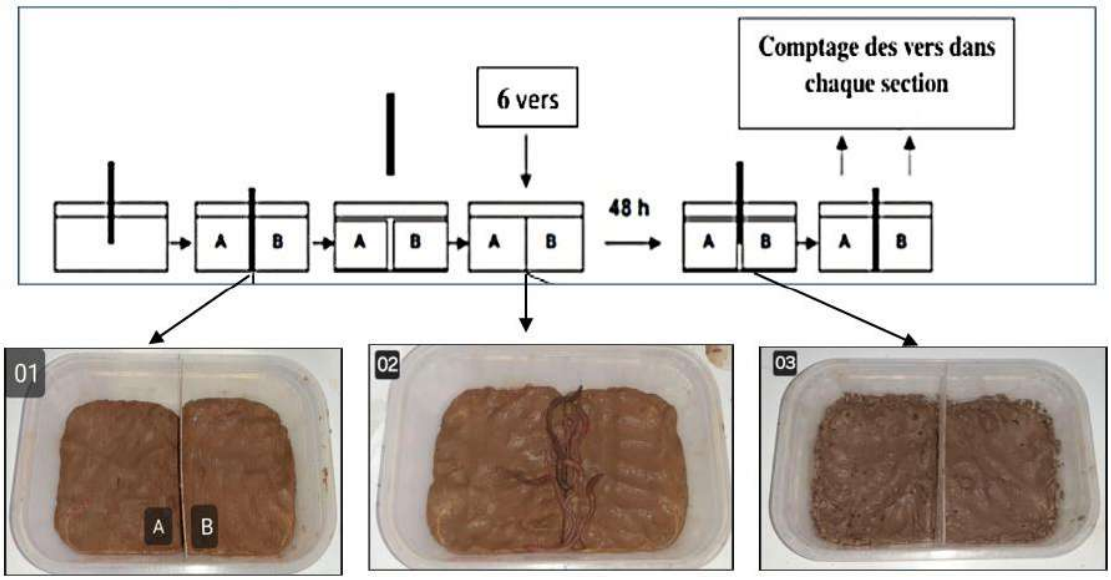


Figure 16 . Test d'évitement des vers de terre (Loureiro et & *al,* 2005). (1) La boite contenant : (A) sol contaminé, (B) sol témoin, (2) Déposer les vers au centre de la boite, (3) réinsertion du séparateur dans la boite (Photos personnelles, 2025).

5. Analyse statistique des résultats

Dans notre étude, pour mieux visualiser les résultats obtenus, la représentation graphique choisie est celle des histogrammes. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique grâce au logiciel Minitab 21.4.2. Les données sont représentées par la moyenne plus ou moins l'écart-type (m ± s). Une analyse de la variance à deux critères de classification (concentration, temps) a été effectuée en utilisant le test ANOVA. En cas de significativité de différence, le test de Tukey HSD est utilisé afin de déterminer les traitements différents. Le seuil de significativité est 0,05.

Résultats

1. Identification :

Parmi 29 individus adultes récoltés dans les sites cités dans la figure (17) on a recensé 2 espèces appartenant à la famille des lumbricidés. Ces deux espèces sont : *Aporrectodea caliginosa* (25 individus) et *Aporrectodea rosea* (04 individus).

1.1. *A.Caliginosa*

Cette espèce est caractérisée par une longueur comprise entre 9 et 14 cm et un poids entre 0,4 et 1,8 g. Le clitellum d'*A.caliginosa* est compris entre le 27ème et 34èmesegment et les tubercules pubères entre le 31ème et le 33ème segment (Fig. 16).



Figure 17 . Morphologie générale d'*A. caliginosa.* a : vivant ; b : fixé (photo personnelle 2025)

1.2. *A. rosea :*

Cette espèce est caractérisée par une longueur comprise entre 9 et 14 cm et un poids entre 0,6 et 1,7 g. Son clitellum est compris entre le 26ème et le 32ème segment alors que les tubercules pubères entre le 29ème et le 31èmesegment (Fig. 18).



Figure 18 . Morphologie générale de *A.rosea.* a : vivant ; b : fixé (photo personnelle 2025)

1.1. Croissance pondérale :

La figure (19) illustre comment le taux de croissance pondérale des vers de terre évolue au fil du temps, en présence de deux doses : dose recommandée aux agriculteurs (RAD) et la dose sub-létale 10 (1/10 RAD) du nematicide DACAP, chez l'espèce *A.Caliginosa* dans le sol naturel .

On a constaté que le taux de croissance des vers *A.Caliginosa* témoin après 07 jours atteignait 45 %, et la valeur du taux de croissance diminuait à la dose (1/10 RAD) prenant la valeur 15% et prenait des valeurs négatives à la dose la plus élevée , atteignant -30 %.

Plus la dose est élevée, plus le taux de croissance des vers est petit.

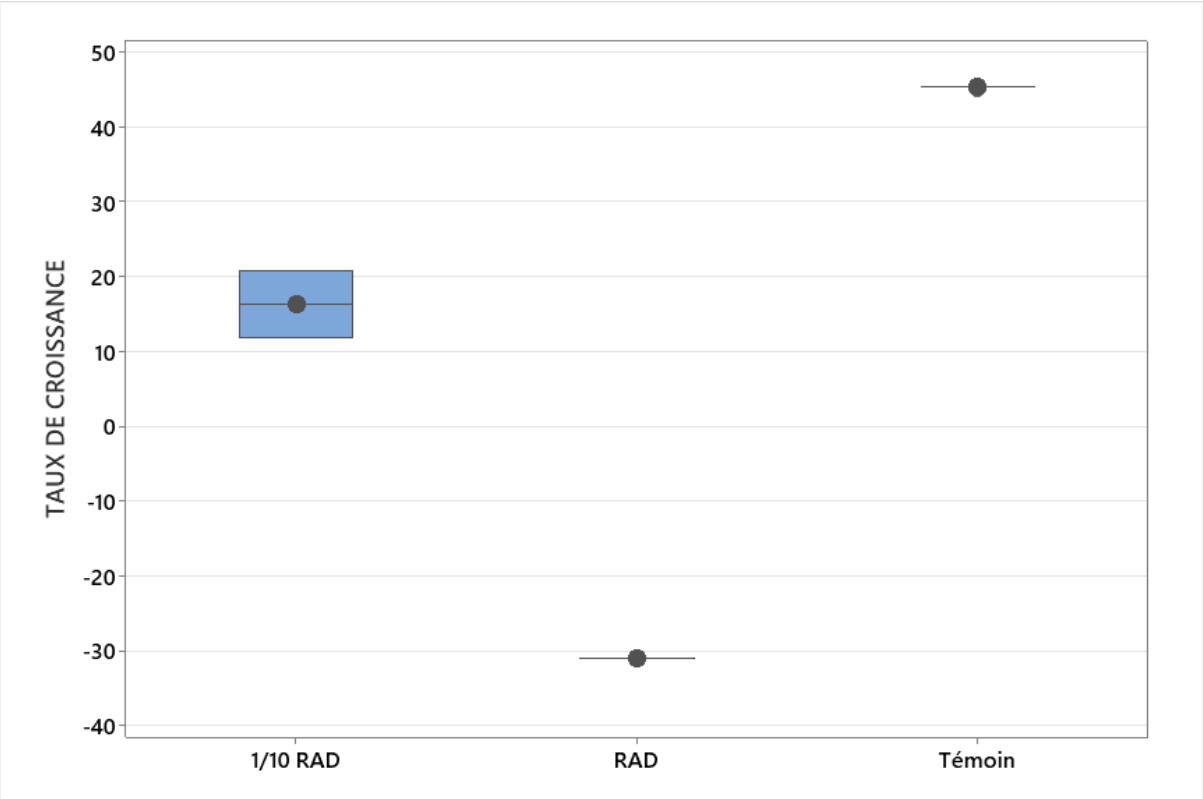


Figure 19 . Variation du taux de croissance pondérale des vers de terre *A.caliginosa* dans le sol naturel après 07 jours d'exposition à deux doses du nematicide : DACAP (m±s, n= 3 ; 5 vers par réplication)

1.2. Reproduction

La figure (20) met en évidence le nombre de cocons pondus dans le sol naturel par les vers *A.caliginosa* pendant la période expérimentale. On remarque que chez *A.Caliginosa*, le nombre de cocons des vers exposés à la dose 1/10 RAD est comparable à celui des vers témoin. Tandis que le nombre de cocons des vers traités avec la dose RAD à une valeur inférieure.

Plus la dose est élevée, moins de cocons sont pondus.

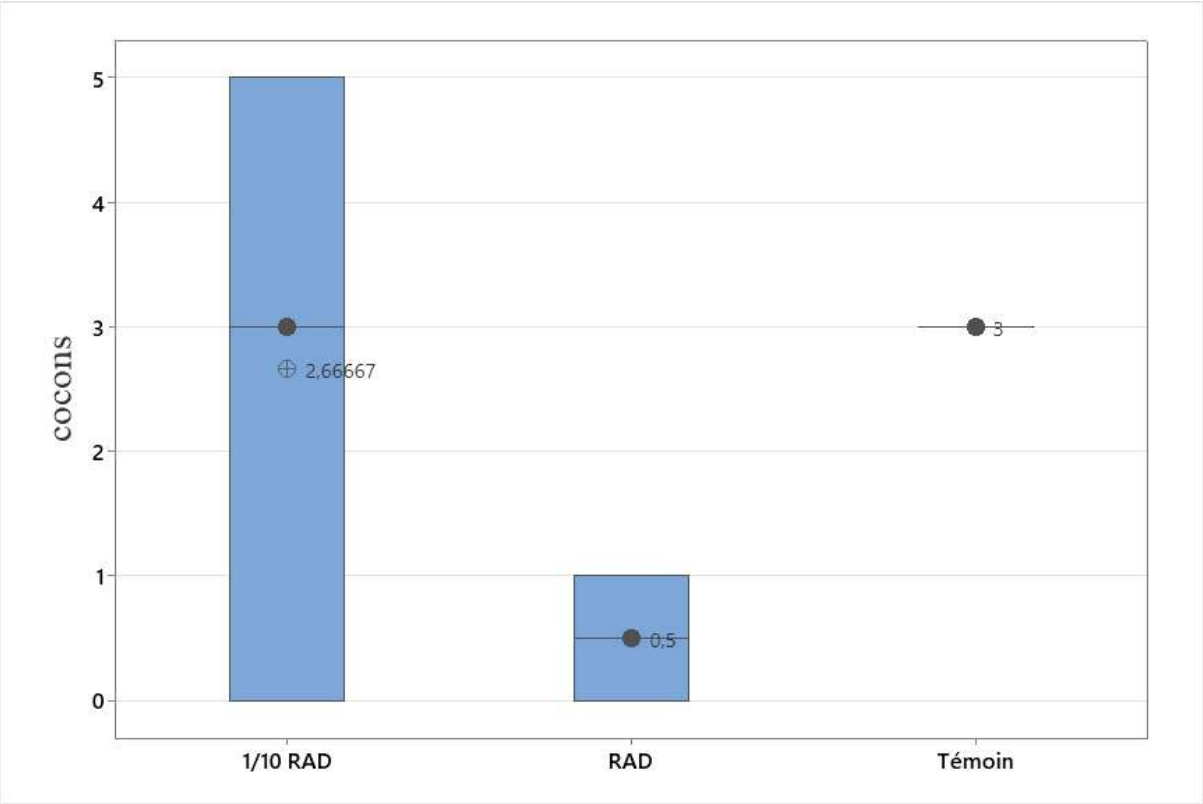


Figure 20. Effet du nematicide : DACAP sur le nombre de cocons produit par les vers *A.caliginosa* (m±s, n= 3 ; 5 vers par replication)

1.3. Comportement :

1.3.1. Test d'évitement :

La figure (21) représente les taux de migration des vers entre le sol naturel traité et le sol témoin. On a noté que le taux de migration d'*A.caliginosa* sous l'influence du nematicide DACAP était similaire dans les deux sections des boites témoins. Cependant, à la dose la plus élevée, le taux de migration des vers dans le sol témoin était très élevé avec une valeur de 83,33%. On a noté également qu'à la dose la plus faible, le taux de migration vers le sol témoin atteignait 61,11%.

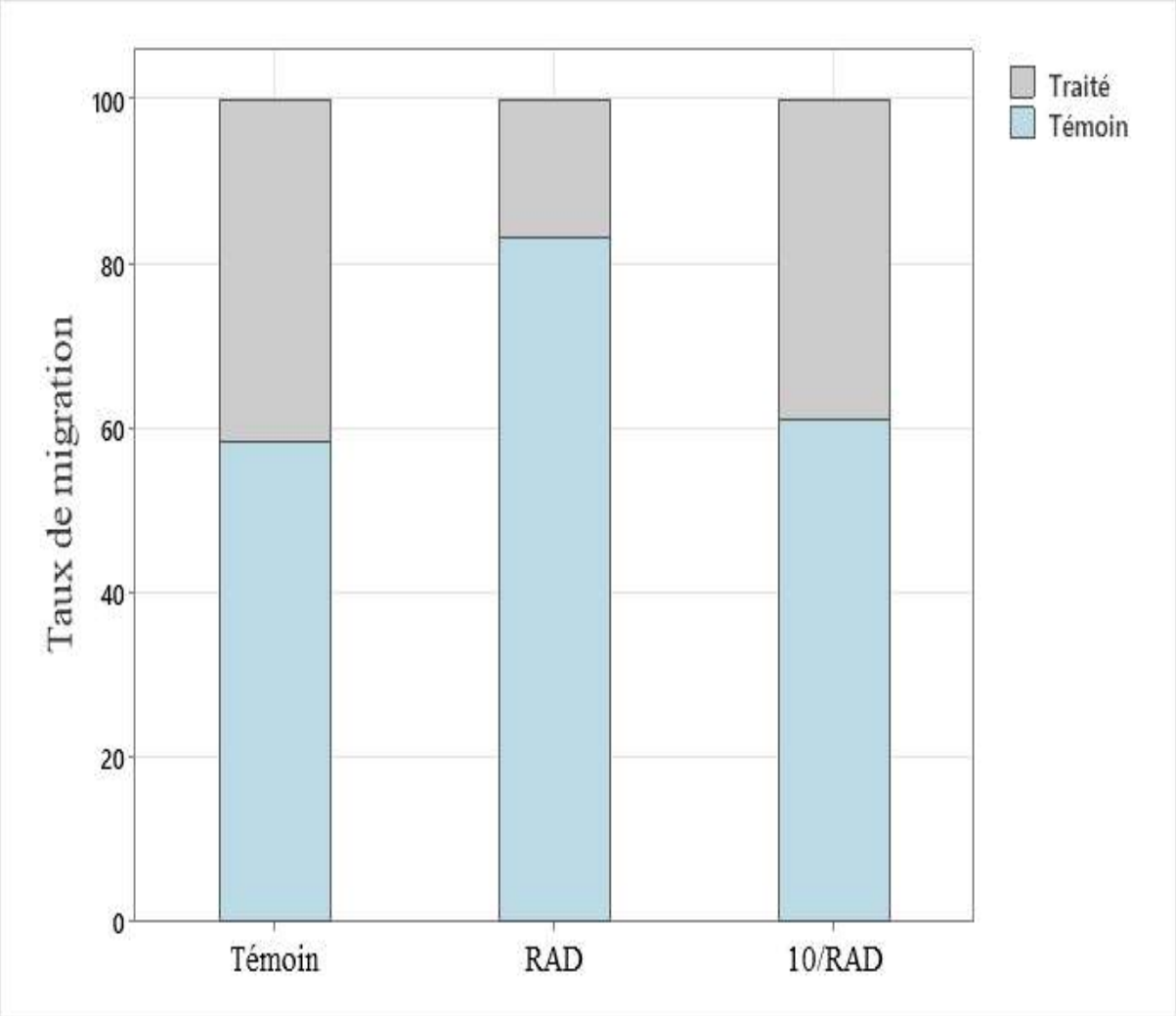


Figure 21. Taux de migration des vers de terre *A.caliginosa* dans le sol naturel témoin et contaminé par deux doses du nematicide DACAP (m±s, n= 3 ; 5 vers par réplication)

1.3.2. Production de turricules:

L'effet du nematicide DACAP appliqué dans le sol naturel aux doses RAD et 1/10 RAD sur le comportement de production de turricules des vers *A.caliginosa* au cours de la période d'étude, est reporté dans la figure (22). La quantité de turricules produite par les vers était très élevée chez les séries témoin. Cependant, cette quantité diminuait avec l'augmentation des doses appliquées suggérant un ralentissement du mouvement de *A.caliginosa* vers la surface du sol.

	Début	Fin
Témoin		
1/10 RAD		
RAD		

Figure 22. Effet du nematicide DACAP appliqué dans le sol naturel aux doses RAD et 1/10 RAD sur le comportement : production de turricules (cercles blancs) produit par les vers *A. caliginosa* au cours de la période d'étude (n=3 ; 5 vers par réplication).

Discussion

Discussion

1. Identification :

En Algérie, Omodeo et *al*., (2003) estiment que la biodiversité est faible sur l'ensemble du territoire Maghrébin (Maroc, Algérie et Tunisie). En effet, ils n'ont signalé que 38 espèces dont 24 se trouvent en Algérie. Ainsi, dans le secteur algérois, Baha (1997) a recensé 11 espèces. Dans le Constantinois, Ouahrani (2003) a déterminé 11 espèces et dans la vallée du Soummam dans la Kabylie, Kherbouche et *al.*, (2012) ont signalé 5 espèces (*A.caliginosa, A.rosea, Allolobophora chlorotica, Octodrilus complanatus* et *Microscolex dubius*).

A travers l'échantillonnage réalisé dans la région d'Elma Labiod, on a recensé 02 espèces lombriciennes : *Aporrectodea caliginosa, Aporrectodea rosea.*

- **L'espèce *A.caliginosa* ou *Nicodrilus caliginosus* :**

L'espèce la plus commune et dominante dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017), elle a été trouvée dans les deux sites de collecte. Elle est fréquente dans les sites de El Merdja (Litim et Zoughlami, 2015), Hammamet et El Malabiod (Labchakin et Mrah, 2016) ainsi que Negrine et Gourigueur (Saadi et Menasria, 2017). Kherbouche et *al.*, (2012) ont signalé la présence de cette espèce dans la région de Bejaia, El-Okki et *al*. (2013) dans l'Oued El kebir, Baha (1997) dans la plaine de Metidja, Bazri (2015), Zeriri et *al*, (2013) dans la région de Annaba ainsi que Kourtel et *al*, (2017) dans le Nord Est de la Wilaya de Batna. Smith (1917), Stephenson (1930) et Omodeo (1948) l'ont caractérisé comme l'espèce de vers de terre la plus communément trouvée.

- **L'espèce *A. rosea* :**

Cette espèce a été signalé dans le site de Negrine par Saadi et Menassria (2018), par Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et par Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Ce résultat est comparable à celui de Bazri (2015) qui constatait que cette espèce est fréquente dans les zones semi arides et arides, dans les points où il y a suffisamment d'eau.

Le nombre réduit d'espèces recensées dans les sites de collecte peut être expliqué par la courte période d'échantillonnage, la méthode utilisée et le nombre réduit d'habitats exploré.

2. Effet sur la croissance pondérale :

La mesure de la mortalité et du changement de la biomasse d'un organisme sont des tests couramment utilisés pour déterminer l'impact des substances écotoxiques sur les vers de terre. Le changement de biomasse est la différence entre la masse initiale du ver de terre et sa masse à la

fin de la période d'exposition au contaminant. Elle est exprimée en pourcentage de la masse initiale et est comparée à un témoin (**Zeriri et *al*., 2014**).

L'étude de l'effet du nématicide DACAP à deux doses (RAD=45,9 mg/kg sol sec et 1/10 RAD=4,95 mg/kg sol sec) sur les vers *A.caliginosa* dans le sol naturel pendant 07 jours indiquent que la biomasse des vers adultes diminue avec l'augmentation de la concentration. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de **Dittbrenner et *al,* (2010)** qui ont constaté une réduction significative de la masse corporelle des vers allant jusqu'à 39% après exposition à l'insecticide Imidaclopride à une concentration de 0,66 mg/kg pendant 07 jours. Reinecke et Reinecke **(2007)** ont étudié l'effet du chlorpyrifos et ont observé une réduction significative de la biomasse d'*A.caliginosa* après 05 semaines d'exposition, même à des concentrations aussi faibles que 08 µg/kg. De la même façon, **Bouazdia (2020)** a montré une réduction de la biomasse d'*A.caliginosa* après exposition à la deltaméthrine. **Yasmin et D'Souza (2010)** ont noté que la perte de poids est un indicateur sensible des effets toxiques des pesticides sur les vers de terre, car une perte de poids a été documentée à la suite d'une exposition à des pesticides tels que le malathion et le parathion. **Mosleh et *al,* (2003)** ont montré que les pesticides tels que le chlorfluazuron , l'atrazine et le minalaxyl provoquaient une diminution du taux de croissance d'*A.caliginosa.* Booth et O'Halloran , (2001) Les chercheurs ont constaté que l'exposition aux pesticides chlorpyrifos et diazinon réduisait considérablement la croissance des vers *A.caliginosa* , en particulier à fortes doses , indiquant un effet négatif sur la croissance. **Booth et *al,* (2000)** ont montré que l'exposition des juvéniles *A.caliginosa* à des concentrations élevées de pesticides tels que le chlorpyrifos (sept fois la dose recommandée) et le diazinon (cinq fois la dose recommandée) entrainait une réduction significative de la croissance pondérale. Selon **Mostert et *al.* (2000),** l'exposition à l'imidaclopride à des concentrations de 0,2 à 2 mg /kg de sol sec a entrainé une perte de masse corporelle significative chez *A.caliginosa* après 07 jours. Les pesticides affectent la physiologie des vers, entrainant une diminution de leur biomasse.

Par contre, **Springett et Gray, (1992)** ont constaté que l'exposition au glyphosate n'entrainait pas de réduction significative de la biomasse d'*A.caliginosa* après une exposition allant jusqu'à 100 jours.

Les vers de terre réduisent l'apport alimentaire pour éviter les toxines. Cette stratégie est couramment utilisée chez les vers de terre pour éviter l'empoisonnement par les métaux lourds (**Burrows et *al*., 2002**) mais aussi par les produits chimiques organiques (**Ribeiro et *al*., 2011**).

Par conséquent, les lombriciens perdent de leur poids.

Nos résultats mettent en évidence les effets sublétaux des pesticides, même à des concentrations faibles sur la croissance des lombrics.

3. Effet sur la reproduction :

Les résultats obtenus à partir de l'étude de l'effet du nematicide DACAP à deux doses (RAD = 45,9 mg et 1/10 RAD = 4,95 mg) sur les vers *A.caliginosa* dans le sol naturel pendant 07 jours, indiquent que le nombre de cocons produits par les vers adultes diminue avec l'augmentation de la concentration. Similairement, Bart et *al,* (2019) ont révélé que l'exposition aux fongicides Cuprafor micro (composé d'oxychlorure de cuivre) et Swing Gold (composé de fluquinconazole) réduisait de manière significative la production de cocons. À la concentration la plus élevée de cuivre (232,5 mg/kg de sol sec), la production de cocons a diminué de moitié par rapport au témoin. Ces résultats soulignent l'importance de considérer la production de cocons dans l'évaluation des risques liés aux pesticides. Berthold et *al,* (2014) a analysé l'effet du deltaméthrine et de l'imidaclopride sur *A.caliginosa* et a observé une réduction de la fécondité des vers de terre. L'exposition à ces pesticides a non seulement réduit la production de cocons, mais a également causé des anomalies dans la morphologie des cocons eux-mêmes, ce qui a un impact direct sur le taux de survie des jeunes vers. Gauthier et *al,* (2018) ont testé les effets de divers pesticides sur *A.caliginosa* dans des conditions de laboratoire simulant des environnements contaminés. Cette recherche a révélé que les vers exposés aux pesticides systémiques, comme le thiaclopride, ont montré une réduction significative de la production de cocons, mais aussi une baisse de la vitalité des vers, ce qui a directement influencé leur capacité à se reproduire. Les auteurs ont suggéré que les effets à long terme de l'exposition aux pesticides pouvaient entraîner une réduction progressive de la population de lombrics dans les sols contaminés, avec des conséquences écologiques importantes. Une étude menée par Yasmin et *al,* (2010) a indiqué que les pesticides tels que le chlorpyrifos et le diazinon affectent négativement la croissance et la production de cocons chez le ver de terre *A.caliginosa*. Une étude menée par Badawy et *al,* 2013 a montré les effets négatifs des insecticides propafène, triflumuron et lufénuron sur le taux de reproduction du ver de terre *A.caliginosa* après 28 jours. Une étude de Van Erp et *al,* (2002) ont montré les effets négatifs des insecticides organophosphorés tels que le chlorpyrifos et le diazinon sur la croissance et la production de cocons du ver de terre *A.caliginosa* exposés pendant 4 semaines. Aussi, Booth et *al,* (2000) ont montré les effets négatifs des pesticides

organophosphorés chlorpyrifos et diazinon sur le taux de reproduction du ver de terre *A.caliginosa* pendant 4 semaines d'exposition. Alshawish et *al*, (2004) ont étudié l'effet de l'insecticide Chlorpyrifos sur le ver de terre *A.caliginosa* et ont démontré une baisse de la production de cocons.

Notre étude a mis en lumière les effets sublétaux des pesticides, où des concentrations faibles à modérées peuvent provoquer des perturbations dans la reproduction des lombrics.

4. Effet sur le comportement :

4.1. Test d'évitement :

La réaction d'évitement des vers de terre aux sols contaminés par des substances nocives a été proposée comme le plus simple, sensitif, valable et faisable test d'évaluation de la toxicité du sol (Tuomas & Jari, 2004). Le test d'évitement s'est avéré efficace pour détecter la pollution du sol, même sans mortalité apparente.

Nos résultats montrent que les vers de terre vers exposés aux deux doses RAD et 1/10RAD migrent vers le sol témoin avec des taux atteignant 83,33% et 61,11% successivement.

Bouazdia, (2020) a rapporté un comportement d'évitement clair chez *A.caliginosa* exposés au glyphosate et à la deltaméthrine où 75 % des vers quittait la zone contaminée. Selon De Batista et *al*, (2024), les vers de terre ont clairement évité le sol contaminé par la cypermethrine. Tous les individus se sont déplacés vers la section non contaminée en moins de 48 heures. Givaudan et *al*, (2014) ont constaté que les vers *A.caliginosa* manifestaient, en sol naturel, un comportement d'évitement envers certaines mauvaises herbes contenant du glyphosate.

Hodge et *al*, (2000) ont constaté que les vers *A.caliginosa* ne présentaient pas de comportement d'évitement lorsqu'ils étaient exposés au chlorpyrifos et Diazinon même à des concentrations élevées. Dittbrenner et *al*, (2012) ont montré que les vers *A.caliginosa* n'évitaient pas le sol traité à l'imidaclopride, indiquant une faible réponse comportementale à ce type de pesticide.

La différence de résultats du comportement d'évitement peut être expliquée par la différence du type de sol testé. Le comportement d'évitement est également influencé par l'humidité et la température du sol.

4.2. La production de turricules :

Les vers de terre se nourrissent et creusent dans le sol en ingérant les particules de sol. Apres transfert intestinale, le sol est éjecté sous forme de turricules, qui jouent un rôle écologique important dans le sol (Lee and Foster, 1991). A cause de sa simplicité, la production de turricules

peut être utilisée comme un test d'étude de l'activité des vers (Capowiez et *al*., 2010).

La quantité de turricules produites par les vers *A.caliginosa* exposés au nematicide DACAP était très élevée dans la série témoin. Cependant, cette quantité a diminué avec l'augmentation des doses appliquées, indiquant un ralentissement du mouvement *d'A.caliginosa* vers la surface du sol et/ou une diminution de consommation de la litière.

Booth et *al*, (2000) ont montré l'effet du chlorpyrifos et du diazinon sur le comportement des vers où il n'y a pas d'effet significatif sur la production de turricules au doses recommandées. Par contre, à des doses sept fois supérieures à la dose recommandée de chlorpyrifos, une diminution de la production de turricules a été signalée. Dittbrenner et *al*, (2010) ont observé une réduction importante de la production de turricules, allant de 45 % à 97%, chez les vers exposés à des concentrations à partir de 0,66 mg/kg de sol sec d'imidacloprid. Mostert et *al*, 2000 ont noté que l'exposition à long terme aux pesticides affecte le comportement d'*A.caliginosa* dont la capacité à produire des turricules a été réduite jusqu'à 50%.

Les effets négatifs sur le comportement d'enfouissement et de production de turricules indiquent des effets sublétaux des pesticides qui perturbent les fonctions écologiques des vers.

Conclusion

Conclusion :

Les organismes vivants sont constamment exposés aux polluants, notamment aux pesticidesLes vers de terre sont considérés comme des ingénieurs des écosystèmes en raison de leur role efficace et important dans la durabilité des systémes agricoles.Dans ce travail, on s'est intéressé d'abord à identifier les différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude. Ensuite, on a étudié l'effet du nematicide DACAP (Fosthiasate) sur le ver de terre *A.caliginosa*, considéré comme un modèle biologique en raison de sa large distribution dans les sols agricoles et de sa sensibilité aux composés chimiques, ce qui en fait un bioindicateur idéal pour mesurer l'impact environnemental des pesticides. On a pu identifier deux espèces de vers *A.caliginosa* et *A.rosea* appartenant à la famille lumbricidae. Les résultats de l'expérience ont montré que la dose recommandée (RAD) du nematicide ainsi que 1/10 RAD réduisaient le taux de croissance des vers prenant les valeur -30 % et 15% respectivement. De la même façon, le nombre de cocons pondu par les vers traités à RAD est réduit à 0,5±0,7 cocon. Le comportement des vers est affecté par la présence de DACAP, aux doses RAD et 1/10 RAD, où le taux de migration vers le sol témoin était de 83,33% et 61,11% respectivement. Aussi, la production de turricules diminuait avec l'augmentation des doses.

Ces résultats soulignent la nécessité de faire preuve de prudence dans l'utilisation des pesticides. Sur la base de nos résultats, on pense qu'il est nécessaire à l'avenir d'élargir la recherche sur :

- Surveiller l'effet à long terme de ce pesticide, notamment en ce qui concerne les changements comportementaux, génétiques et biochimiques.
- Etudier l'effet du nematicide sur les soies des vers de terre afin de mieux comprendre son comportement.
- Faire progresser la recherche en mesurant les enzymes de détoxification telles que l'acétylcholinestérase et le cytochrome P450 chez *A. caliginosa.*
- Déterminer l'effet du nematicide sur la reproduction, la survie et la croissance des juvéniles des vers de terre.
- Etudier l'effet du nematicide sur d'autres espèces biologiques présentes dans les sols agricoles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1 Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. Interdisciplinary Toxicology, 2(1), 1–12.

2 Alshawish, S. A., Mohamed, A. I., & Nair, G. A. (2004). Prolonged exposure to cypermethrin affects growth and reproduction in earthworms. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 39(5), 757–768.

3 Badawy, M. E. I., et *al*. (2013). Toxicity assessment of buprofezin, lufenuron, and triflumuron to the earthworm *Aporrectodea caliginosa* under laboratory conditions. Journal of Environmental and Analytical Toxicology, 3(6), 174523.

4 Baha, M. (1997). The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. Tropical Zoology, 10(2), 367–377.

5 Baha, M. (2008). Étude de la biodiversité des lombriciens dans quelques sols forestiers

6 Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014). Below ground biodiversity and ecosystem functioning. Nature, 515(7528), 505–511.

7 Bart, S., Capowiez, Y., & Decaëns, T. (2018). Habitat selection by earthworms in grasslands: Interplay of biotic and abiotic drivers. Applied Soil Ecology, 130, 85–94.

8 Bart, S., Capowiez, Y., & Pery, A. R. R. (2019). Growth and reproduction of Aporrectodea caliginosa in relation to food quality and quantity. Applied Soil Ecology, 134, 45–53.

9 Berthold, R., Schirmer, M., & Streck, T. (2014). Influence of soil management practices on earthworm communities in vineyards. Applied Soil Ecology, 83, 59–65.

10 Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., & Roger-Estrade, J. (2015). Earthworm services for cropping systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, 35, 553–567.

11 Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K. R., ... Brun, J.

12 Booth, L. H., & O'Halloran, K. (2001). A comparison of biomarker responses in the earthworm Aporrectodea caliginosa to the organophosphorus insecticides diazinon and chlorpyrifos. Environmental Toxicology and Chemistry, 20(11), 2494–2502.

13 Booth, L. H., et al. (2000a). Lysosomal neutral red retention time as a biomarker of organophosphate exposure in the earthworm Aporrectodea caliginosa. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(5), 1295–1300.

14 Booth, L. H., Heppelthwaite, V. J., & O'Halloran, K. (2000). Lysosomal neutral red retention

15 Bouabida, H., Bouche, M. B., & Belabed, A. (2012). Biodiversité des vers de terre (Oligochaeta, Lumbricidae) dans les sols agricoles du nord-est algérien. European Journal of Scientific Research, 74(1), 129–139.

16 Bouazdia, K. (2020). Combined effect of two agrochemicals on Aporrectodea caliginosa in a semi-arid land. Journal of Biological and Environmental Sciences, 14(42), 115–126.

17 Bouazdia, K., & Habes, D. (2017). Contribution à l'étude des vers de terre dans quelques sols

18 Bouazdia, K., & Habes, D. (2017). Earthworm species identified in the region of Tebessa (Eastern Algeria). International Journal of Zoological Research, 13, 38–44.

19 Bouché, M. B. (1972). Lombriciens de France: écologie et systématique. Institut National

de la Recherche Agronomique (INRA), Paris.

20 Burrows, L. A., Edwards, C. A., & Doran, J. W. (2002). Molecular and culture-based analyses of prokaryotic communities from different soil microhabitats of earthworm burrows. Applied and Environmental Microbiology, 68(3), 1265–1279.

21 Byambas, E., Yamamuro, M., & Urgamal, M. (2017). Earthworm diversity and distribution in Mongolian grasslands under grazing pressure. Applied Soil Ecology, 117–118, 170–179.

22 Calvet, R. (2005). Les pesticides dans les sols. Éditions France Agricole.

23 Capowiez, Y., et al. (2010). Earthworm cast production as a new behavioural biomarker for pesticide risk assessment. Environmental Pollution, 158(3), 388–393.

24 Chiali, Y., Meniai, A. H., & Benyahia, F. (2013). Sorption of pesticides onto natural clay. Desalination and Water Treatment, 51(25–27), 4978–4985.

25 d'Algérie. [Master's thesis, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].

26 de la région de Constantine (Algérie). Courrier du Savoir, 23, 17–26.

27 Dittbrenner, N., et al. (2012). Physiological and behavioural effects of imidacloprid on two ecologically relevant earthworm species (Lumbricus terrestris and Aporrectodea caliginosa). Environmental Science and Pollution Research, 19(7), 2264–2270.

28 Dittbrenner, N., Triebskorn, R., Moser, I., & Capowiez, Y. (2010). Physiological and behavioural effects of imidacloprid on two ecologically relevant earthworm species (Lumbricus terrestris and Aporrectodea caliginosa). Environmental Science and Pollution Research, 17(3), 607–618.

29 Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). Biology and ecology of earthworms , Chapman & Hall.

30 El-Okki, M. E.-H., Sahli, L., & Rached, O. (2013). Distribution of earthworms in the Kebir- Rhumel Basin (North-East Algeria). In Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta) (pp. 229–232).

31 FAO & WHO. (2002). Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. FAO and WHO.

32 FAO, ITPS, GSBI, SCBD, & EC. (2020). State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

33 Fernandez, R., Almodóvar, A., Novo, M., Gutiérrez, M., & Díaz Cosín, D. J. (2010). Impact of the earthworm Lumbricus terrestris (L.) on As, Cu, Pb and Zn mobility and speciation in contaminated soils. Science of the Total Environment, 409(1), 77–84.

34 Fernandez, R., Bertrand, M., Barot, S., & Capowiez, Y. (2010). Earthworms increase plant production: A meta-analysis. PLOS ONE, 5(2), e10746.

35 Gauthier, M., Dupont, L., & Rousseau, D. (2018). Ecological role of earthworms in soil fertility. Journal of Soil Biology, 32(4), 245–256.

36 Givaudan, N., et al. (2014). Acclimation of earthworms to chemicals in anthropogenic landscapes: physiological mechanisms and soil ecological implications. Soil Biology and Biochemistry, 70, 117–129.

37 Growth, development and fecundity of the earthworm Aporrectodea caliginosa after exposure to two organophosphates. New Zealand Plant Protection, 53, 221–225.

38 Hodge, A., et al. (2000). Plant N capture and microfaunal dynamics from decomposing grass and earthworm residues in soil. Soil Biology and Biochemistry, 32(4), 523–533.

39 J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. European Journal of Soil Science, 64(2), 161–182.

40 Jansirani, D., Premalatha, S., & Sharmila, R. (2012). Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth and yield of black gram. Asian Journal of Biological and Life Sciences, 1(2), 180–185.

41 Josephine, M., Fajloun, Z., Chabni, A., & Millet, M. (2017). The use of honey as environmental biomonitor of pesticides contamination in northern Lebanon. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 2(1), 23.

42 Jouquet, P., Dauber, J., Lagerlöf, J., Lavelle, P., & Lepage, M. (2006). Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. European Journal of Soil Biology, 42(1), S13–S18.

43 Kherbouche, D., Gherib, A., & Baha, M. (2012). Structure and diversity of earthworm communities in long-term irrigated soils with raw effluent and treated wastewater. Water Science and Technology, 88(9), 2473–2481.

44 Latif, M. A., Mehat, H., & Wahid, M. B. (2009). Earthworm populations in oil palm plantation and their relationship with soil properties. Journal of Oil Palm Research, 21, 750– 758.

45 Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., ... Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology, 42, S3–S15.

46 Lavelli, L., & L'Espagne, J. (2001). Guide des vers de terre: Identification et rôle dans le sol. Éditions de Terran.

47 Le Bayon, R.-C., & Morel, J.-L. (2022). Earthworm activity increases soil aggregation and organic matter stabilization: A key process for soil functioning. Cahiers Agricultures, 31(24).

48 Le Bayon, R.-C., Moreau, S., & Binet, F. (2002). Earthworm-induced microbial spatial heterogeneity in root detritus microsites. Soil Biology and Biochemistry, 34(4), 539–548.

49 Le Bayon, R.-C., Schlaepfer, R., Frossard, E., & Lamy, I. (2022). Earthworm activity and organic matter influence on metal dynamics in contaminated soils. Geoderma, 406, 115494.

50 Liu, C., Chen, X., Wang, X., Zhang, D., & Li, Y. (2022). Effects of pesticide residues on soil microbial communities. Environmental Pollution, 306, 119396.

51 Liu, H., Hou, L., Xie, W., Li, C., Li, Y., Lin, X., & Yin, G. (2022). Responses of soil greenhouse gas emissions to earthworm presence: A meta-analysis. Soil Biology and Biochemistry, 167, 108610.

52 Loureiro, S., Soares, A. M. V. M., & Nogueira, A. J. A. (2005). Terrestrial avoidance behaviour of earthworms exposed to pesticide contaminated soils. Environmental International, 31(5),631–638.
53 Lubbers, I. M., van Groenigen, K. J., Fonte, S. J., Six, J., Brussaard, L., & van Groenigen, J.
54 Lukkari, T., Taavitsainen, M., Väisänen, A., & Haimi, J. (2004). Effects of heavy metals on earthworms along contamination gradients in organic rich soils. Ecotoxicology and Environmental Safety, 59(3), 340–348.
55 Marinissen, J. C. Y., & de Ruiter, P. C. (1993). Contribution of earthworms to carbon and nitrogen cycling in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 45(1–2), 39– 56.
56 Mathieu, J., Caro, G., & Dupont, L. (2018). Methods for studying earthworm dispersal. Applied Soil Ecology, 123, 339–344.
57 Morin, L. (1999). Influence des vers de terre sur la dynamique de la matière organique et des nutriments dans les sols tropicaux cultivés. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon .
58 Mosleh, Y. Y., Ismail, M. M., Ahmed, M. T., & Ahmed, Y. A. (2003). Comparative toxicity and biochemical responses of certain pesticides to the mature earthworm Aporrectodea caliginosa under laboratory conditions. Environmental Toxicology, 18(5), 338–346.
59 Mostert, M. M. R., Schoeman, A. S., & Reinecke, A. J. (2000). The relative toxicities of insecticides to earthworms of the Pheretima group using an artificial soil test. Pest Management Science, 56(12), 1093–1099.
60 Muséum national d'Histoire naturelle de France. (2006). Inventaire national du patrimoine
61 naturel. Paris: MNHN.
62 Omodeo, P. (1948). Contributo allo studio della sistematica degli Oligocheti. Archivio Zoologico Italiano, 33, 197–225.
63 Omodeo, P. (1948). Studies on the morphology of earthworms. Annali del Museo Civico di Storia Naturale, 42(2), 113–134.
64 Omodeo, P., Rota, E., & Baha, M. (2003). The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb: A biogeographical and ecological characterization. Pedobiologia, 47(5-6), 431– 443.
65 Ouahrani, G. (2003). Lombritechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales [Doctoral dissertation, Université Mentouri, Constantine].
66 Owagboriaye, F. O., Dedeke, G. A., Ademolu, K. O., Olujimi, O. O., Aladesida, A. A., & Adeleke, M. T. (2020). Comparative study on the ecotoxicological effects of glyphosate-based herbicides on earthworms. Chemosphere, 242, 125183.
67 Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., & Vandenbulcke, F. (2013b). Earthworm traits for evaluation of soil ecosystem services. Pedobiologia, 56(3), 69–79.
68 Pelosi, C., Bertrand, M., Capowiez, Y., Boizard, H., Roger-Estrade, J., & Cluzeau, D. (2014). Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants

in presence/absence of hand-sorting. European Journal of Soil Biology, 62, 1–6.

69 Pérès, G., Cluzeau, D., Menasseri, S., & Buret, F. (2011). Earthworms used as bioindicators of soil health in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 144(1), 20–29.

70 Rathore, H. S., & Nollet, L. M. L. (2012). Pesticides: Evaluation of Environmental Pollution. CRC Press.

71 Reinecke, S. A., & Reinecke, A. J. (2007). The impact of organophosphate pesticides in orchards on earthworms in the Western Cape, South Africa. Ecotoxicology and Environmental Safety, 66(2), 244–251.

72 Savings, J.-C. (1826). Dictionnaire des sciences naturelles (Vol. 42). Paris: F.G. Levrault.

73 Schreck, E., Foucault, Y., Sarret, G., Sobanska, S., & Nowak, D. (2008). Metal and metalloid foliar uptake by vegetables grown on contaminated urban soils in a greenhouse experiment. Environmental Pollution, 157(1), 61–68.

74 Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., ... Brestic, M. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. Environmental Science and Pollution Research, 26, 14485–14503.

75 Sims, R. W., & Gérard, B. M. (1999). Earthworms: Notes for the identification of British species (3rd ed.). The Linnean Society of London & The Estuarine and Coastal Sciences Association.

76 Smith, F. (1917). North American earthworms of the family Lumbricidae in the collections of the United States National Museum. Proceedings of the United States National Museum, 52(2185), 157–204.

77 Springett, J. A., & Gray, R. A. J. (1992). Effect of repeated low doses of biocides on the earthworm Aporrectodea caliginosa in laboratory culture. Soil Biology and Biochemistry, 24(12), 1739–1744.

78 Stephenson, J. (1930). The Oligochaeta. Oxford University Press.

79 Svendsen , C ., Spurgeon , D . J., & Hankard , P.K. (2001). Use of biomarkers in earthworms to detect use and abuse of field applications of a model organophosphate pesticide. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 67(5), 633–640.

80 Sylvain, Z. A., Wall, D. H., & Tiemann, L. K. (2020). Soil animal diversity impacts microbial communities and soil function. Soil Biology and Biochemistry, 151, 108000.

81 time as a biomarker of organophosphate exposure in the earthworm Aporrectodea caliginosa. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(5), 1295–1300.

82 University of Hertfordshire. (2023, August 19). DCIP. Pesticide Properties DataBase (PPDB).

83 W. (2013). Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. Nature Climate Change, 3(3), 187–194.

84 Wang, L., Li, F., Zeng, Z., Zhao, Y., & Zhang, X. (2020). Pesticide residues in agricultural soils of China: Occurrence, spatial distribution, and risk assessment. Science of the Total Environment,

85 Yasmin, S., & D'Souza, D. (2010). Effects of pesticides on the growth and reproduction of earthworm: A review. Journal of Applied and Environmental Soil Science, 2010, 678360.

86 Zeriri, I., Tadjine, A., Belhaouchet, N., Berrebbah, H., & Djebar, M. R. (2013). Contribution to the identification of Oligochaeta: Lumbricidae in the region of Annaba in Eastern Algeria. European Journal of Experimental Biology, 3(6), 229–232.

87 Zeriri, I., Tadjine, A., Belhaouchet, N., Berrebbah, H., & Djebar, M. R. (2014). Impact of heavy metals on the physiology of earthworms. African Journal of Environmental Science and Technology, 8(9), 501–509.

88 Zhang, H., Wang, J., Wu, F., Xu, H., & Yu, Y. (2020). Ecological risk of pesticide residues in soils of China. Environmental Pollution, 256, 113390.

89 Zirbes, L., Mescher, M., Choleris, E., & Verheggen, F. J. (2011). Earthworms use olfactory cues to locate and feed on microorganisms in soil. PLoS ONE, 6(12), e29205.