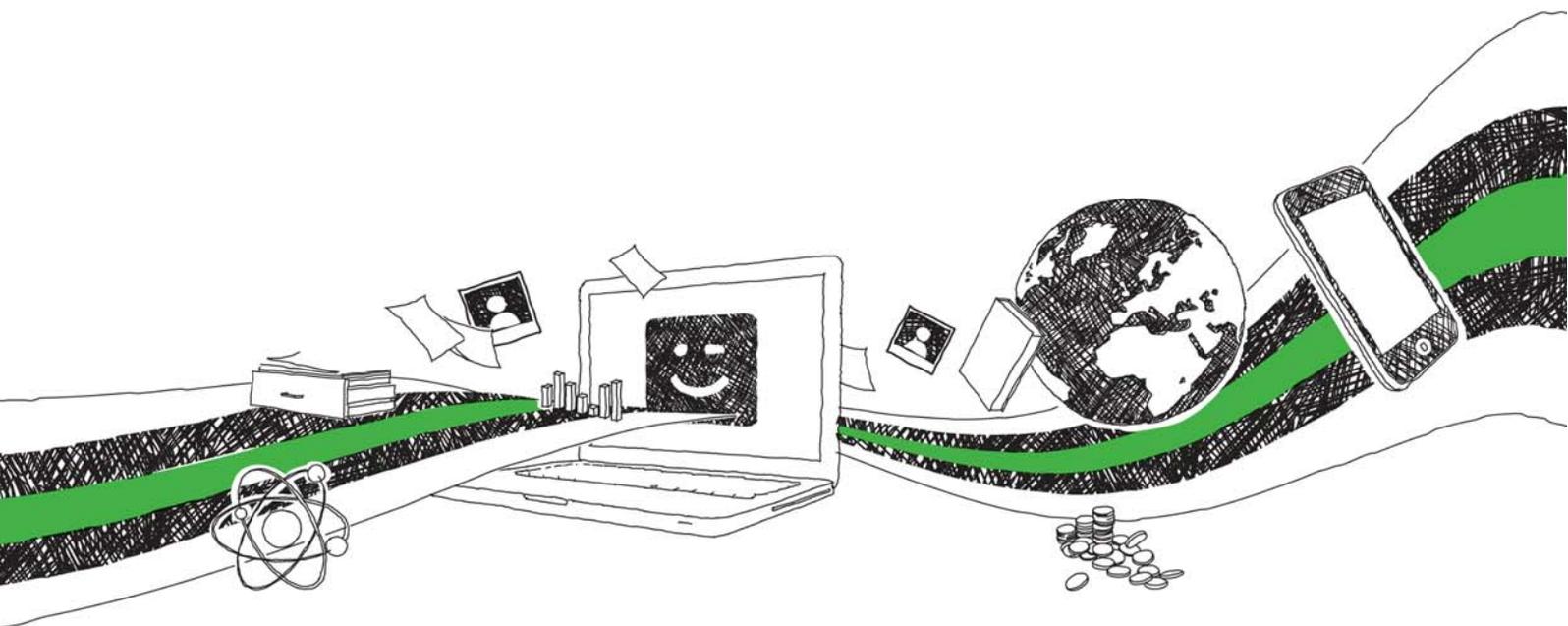


Fouzia Tine-Djebbar / Samira Halaimia / Samir Tine / Nouredine Soltani

Evaluation des risques écotoxicologiques des engrais chimiques sur un ver de terre, bioindicateur de pollution

Travail de Recherche

SUR GRIN VOS CONNAISSANCES SE FONT PAYER



- Nous publions vos devoirs et votre thèse de bachelor et master
- Votre propre eBook et livre – dans tous les magasins principaux du monde
- Gagnez sur chaque vente

Téléchargez maintenant sur www.GRIN.com
et publiez gratuitement



Bibliographic information published by the German National Library:

The German National Library lists this publication in the National Bibliography; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de> .

This book is copyright material and must not be copied, reproduced, transferred, distributed, leased, licensed or publicly performed or used in any way except as specifically permitted in writing by the publishers, as allowed under the terms and conditions under which it was purchased or as strictly permitted by applicable copyright law. Any unauthorized distribution or use of this text may be a direct infringement of the author s and publisher s rights and those responsible may be liable in law accordingly.

Imprint:

Copyright © 2022 GRIN Verlag
ISBN: 9783346680174

This book at GRIN:

<https://www.grin.com/document/1239297>

Fouzia Tine-Djebbar, Samira Halaimia, Samir Tine, Nouredine Soltani

Evaluation des risques écotoxicologiques des engrais chimiques sur un ver de terre, bioindicateur de pollution

GRIN - Your knowledge has value

Since its foundation in 1998, GRIN has specialized in publishing academic texts by students, college teachers and other academics as e-book and printed book. The website www.grin.com is an ideal platform for presenting term papers, final papers, scientific essays, dissertations and specialist books.

Visit us on the internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

**Evaluation des risques écotoxicologiques des engrais
chimiques sur un ver de terre, bioindicateur de pollution**

**HALAIMIA Samira ; TINE Samir ; TINE-DJEBBAR Fouzia ; SOLTANI
Noureddine**

TABLE DES MATIERES

Titres	Pages
I. INTRODUCTION	01
II. MATERIEL ET METHODES	05
2.1. Présentation de la zone d'étude	05
2.2. Analyses pédologiques	06
2.2.1. Texture	06
2.2.2. pH	06
2.2.3. Conductivité électrique	07
2.2.4. Matière organique	08
2.2.5. Calcaire total	08
2.3. Présentation de l'espèce <i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	09
2.3.1. Cycle de vie	10
2.3.2. Critères d'identification	11
2.4. Collecte et technique d'élevage	13
2.5. Préparation des vers de terre	13
2.6. Présentation des engrais chimiques	14
2.6.1. Azote phosphaté potassique sulfaté NPKs (15.15.15)	14
2.6.2. Triple superphosphate TSP (46% de P ₂ O ₅)	14
2.7. Traitement et essais toxicologiques	15
2.8. Prélèvement des échantillons	16
2.9. Suivi de la croissance	17
2.10. Dosage des biomarqueurs du stress oxydatif	17
2.10.1. Dosage des glutathions S-transférases (GSTs)	18
2.10.2. Dosage du glutathion (GSH)	18
2.10.3. Dosage de la glutathion peroxydase (GPx)	19
2.10.4. Dosage de la lactate déshydrogénase (LDH)	20
2.11. Extraction et dosage des métabolites	21
2.11.1. Dosage des protéines totales	21
2.11.2. Dosage des glucides totaux	22
2.11.3. Dosage des lipides totaux	22
2.12. Etude histologique	23
2.12.1. Fixation	23
2.12.2. Inclusion	23
2.12.3. Enrobage et confection des coupes histologiques	24
2.12.4. Coloration	25
2.12.5. Montage et observation microscopique	26
2.13. Analyse des résidus par Spectrométrie de Fluorescence des rayons X (FRX)	27
2.14. Analyses statistiques	29
III. RESULTATS	31
3.1. Effet des engrais chimiques sur les biomarqueurs physiologiques des vers de terre	31
3.1.1. Effet sur la mortalité des juvéniles	31
3.1.1.1. Effet du NPK	31
3.1.1.2. Effet du TSP	31
3.1.2. Effet des engrais chimiques sur la croissance des vers de terre	32
3.1.2.1. Effet sur la croissance des adultes	32
3.1.2.2. Effet sur la croissance des juvéniles	36

3.2. Effet des engrais chimiques sur les biomarqueurs du stress oxydatif	40
3.2.1. Activité spécifique des GSTs chez les adultes et les juvéniles	40
3.2.2. Taux du GSH chez les adultes et les juvéniles	44
3.2.3. Activité de la GPx chez les adultes et les juvéniles	48
3.2.4. Activité de la LDH chez les adultes et les juvéniles	52
3.3. Effet des engrais chimiques sur la composition biochimique des vers de terre	55
3.3.1. Effet sur le taux de protéines totales chez les adultes et les juvéniles	55
3.3.2. Effet sur le taux de glucides totaux chez les adultes et les juvéniles	59
3.3.3. Effet sur le taux de lipides totaux chez les adultes et les juvéniles	63
3.4. Bioaccumulation des engrais chimiques dans les tissus des vers de terre adultes	67
3.5. Effet des engrais sur la structure histologique des adultes	70
IV. DISCUSSION	76
4.1. Effet des engrais chimiques sur les biomarqueurs	76
4.1.1. Effet sur les biomarqueurs physiologiques	77
4.1.1.1. Mortalité	77
4.1.1.2. Croissance	79
4.1.2. Effet sur les biomarqueurs du stress oxydatif	81
4.1.2.1. Effet sur l'activité des GSTs	83
4.1.2.2. Effet sur le taux du GSH	85
4.1.2.3. Effet sur l'activité de la GPx	87
4.1.2.4. Effet sur l'activité de la LDH	88
4.2. Effet des engrais chimiques sur la composition biochimique	89
4.3. Bioaccumulation des engrais	93
4.4. Effet des engrais sur la structure histologique	96
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	100
VI. RESUMES	102
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Classes des sols selon la texture (Gauchers, 1968).	06
Tableau 2	Classes des sols selon leur statut acido-basique (Baize, 2000).	07
Tableau 3	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (Mathieu, 2003).	07
Tableau 4	Classification des sols d'après leur teneur en matière organique (Solter, 1981 in Hamdi-Ourfella & Soltani, 2016).	08
Tableau 5	Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol (Baize, 2000).	09
Tableau 6	Les propriétés physiques et chimiques du sol.	09
Tableau 7	Dosage des protéines totales chez les juvéniles et les adultes d' <i>A. caliginosa</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	21
Tableau 8	Dosage des glucides totaux chez les juvéniles et les adultes d' <i>A. caliginosa</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	22
Tableau 9	Dosage des lipides totaux chez les juvéniles et les adultes d' <i>A. caliginosa</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	22
Tableau 10	Toxicité du NPK appliqué à différentes doses sur les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> .	31
Tableau 11	Toxicité du TSP appliqué à différentes doses sur les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> .	31
Tableau 12	Classement par ordre croissant du taux d'inhibition de la croissance (%), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	34
Tableau 13	Classement par ordre croissant du taux d'inhibition de la croissance (%), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	34
Tableau 14	Classement par ordre décroissant du taux de la croissance spécifique (%), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	35
Tableau 15	Classement par ordre décroissant du taux de la croissance spécifique (%), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	35
Tableau 16	Classement par ordre croissant du taux d'inhibition de la croissance (%), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	38
Tableau 17	Classement par ordre croissant du taux d'inhibition de la croissance (%), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	38
Tableau 18	Classement par ordre décroissant du taux de la croissance spécifique (%), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	39
Tableau 19	Classement par ordre décroissant du taux de la croissance spécifique (%), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	40
Tableau 20	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	42
Tableau 21	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	43
Tableau 22	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	43
Tableau 23	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	44
Tableau 24	Classement par ordre décroissant du taux du GSH ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	47

Tableau 25	Classement par ordre décroissant du taux du GSH ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	47
Tableau 26	Classement par ordre décroissant du taux du GSH ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	48
Tableau 27	Classement par ordre décroissant du taux du GSH ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	48
Tableau 28	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GPx ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	50
Tableau 29	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GPx ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	51
Tableau 30	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GPx ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	51
Tableau 31	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GPx ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	52
Tableau 32	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la LDH ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	54
Tableau 33	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la LDH ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	54
Tableau 34	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la LDH ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	55
Tableau 35	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la LDH ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	55
Tableau 36	Classement par ordre décroissant du taux de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	58
Tableau 37	Classement par ordre décroissant du taux de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	58
Tableau 38	Classement par ordre décroissant du taux de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	59
Tableau 39	Classement par ordre décroissant du taux de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	59
Tableau 40	Classement par ordre décroissant du taux de glucides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	62
Tableau 41	Classement par ordre décroissant du taux de glucides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	62
Tableau 42	Classement par ordre décroissant du taux de glucides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	63

Tableau 43	Classement par ordre décroissant du taux de glucides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	63
Tableau 44	Classement par ordre décroissant du taux de lipides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 1 : test HSD de Tukey.	66
Tableau 45	Classement par ordre décroissant du taux de lipides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	66
Tableau 46	Classement par ordre décroissant du taux de lipides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	67
Tableau 47	Classement par ordre décroissant du taux de lipides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais), chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> , après traitement à la Dose 2 : test HSD de Tukey.	67
Tableau 48	Pourcentages massiques des éléments et de leurs oxydes dans les tissus des adultes témoins et traités d' <i>A. caliginosa</i> , après 1 mois de traitement par l'engrais NPK.	68
Tableau 49	Pourcentages massiques des éléments et de leurs oxydes dans les tissus des adultes témoins et traités d' <i>A. caliginosa</i> , après 1 mois de traitement par l'engrais TSP.	69

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Présentation de la zone d'étude, El Mardja à Tébessa.	05
Figure 2	Mesure du pH. A : Mélange du sol-eau après homogénéisation. B : pH mètre (Photos personnelles).	07
Figure 3	Des creusets contiennent le sol calciné dans un four à moufle (Photos personnelles).	08
Figure 4	Dégagement gazeux (CO ₂) sous forme d'effervescence (Photo personnelle).	09
Figure 5	Espèce <i>Aporrectodea caliginosa</i> A : cocon (×10), B : éclosion du cocon, C : ver juvénile, D : ver sub-adulte, E : ver adulte (Photos personnelles).	11
Figure 6	Cycle de vie de l'espèce <i>A. caliginosa</i> dans les conditions du laboratoire (15°C, 60-70% capacité de rétention d'eau du sol (loameux)) (Bart <i>et al.</i> , 2018).	11
Figure 7	Critères d'identification de l'espèce <i>A. caliginosa</i> (Bouché, 1972) (Photo personnelle).	12
Figure 8	Caractères externes observables chez <i>A. caliginosa</i> (Bouché, 1972) (Photo personnelle).	12
Figure 9	Echantillonnage manuel des vers de terre (Photos personnelles).	13
Figure 10	Vidange du tube digestif des vers de terre. A : Mettre les lombrics dans les boîtes de Pétri, B : Vidange digestif, C : Lavage (Photos personnelles).	14
Figure 11	Engrais NPKs (15.15.15) (Photos personnelles).	14
Figure 12	Engrais TSP (46% P ₂ O ₅) (Photos personnelles).	15
Figure 13	Préparation des engrais pour le traitement. A : Broyage manuel, B : NPK et TSP sous forme de poudre, C : Ajout du traitement au sol (Photos personnelles).	16
Figure 14	Fixation par le formol (10%) (Photos personnelles).	23
Figure 15	A : Placement des échantillons dans les cassettes. B : Panier d'automate. C : Déshydratation et inclusion des échantillons dans l'automate (Photos personnelles).	24
Figure 16	Enrobage et confection des coupes histologiques. A : Enrobage, (B , C): Refroidissement, D : Coupe par microtome, (E , F): Collage des lames, (G , H) : Deshydratation des coupes histologiques (Photos personnelles).	25
Figure 17	Coloration des coupes histologiques. A : Hydratation par l'alcool absolu, B : Bain d'hématoxyline, C : Bain d'éosine (Photos personnelles).	26
Figure 18	Montage et observation microscopique. A : Déshydratation, B : Montage des lames et lamelles, C : Lames prêtes pour observation, D : Observation par microscope optique (Photos personnelles).	26
Figure 19	Schéma récapitulatif de la technique FRX (Photos personnelles).	28
Figure 20	Schéma récapitulatif du protocole expérimental (Photos personnelles).	30
Figure 21	Effet du NPK (D1 et D2) sur l'inhibition de la croissance (%) (A) et sur le taux de la croissance spécifique (%) (B) chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n = 5 répétitions, chacune contenant 10 individus) : test HSD de Tukey.	32
Figure 22	Effet du TSP (D1 et D2) sur l'inhibition de la croissance (%) (A) et sur le taux de la croissance spécifique (%) (B) chez les adultes d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n = 5 répétitions, chacune contenant 10 individus) : test HSD de Tukey.	33

Figure 23	Effet du NPK (D1 et D2) sur l'inhibition de la croissance (%) (A) et sur le taux de la croissance spécifique (%) (B) chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n = 5 répétitions, chacune contenant 10 individus) : test HSD de Tukey.	36
Figure 24	Effet du TSP (D1 et D2) sur l'inhibition de la croissance (%) (A) et sur le taux de la croissance spécifique (%) (B) chez les juvéniles d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n = 5 répétitions, chacune contenant 10 individus) : test HSD de Tukey.	37
Figure 25	Effet du NPK (D1 et D2) sur l'activité spécifique des GSTs (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	41
Figure 26	Effet du TSP (D1 et D2) sur l'activité spécifique des GSTs (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	41
Figure 27	Effet du NPK (D1 et D2) sur le taux du GSH (µM/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	45
Figure 28	Effet du TSP (D1 et D2) sur le taux du GSH (µM/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	46
Figure 29	Effet du NPK (D1 et D2) sur l'activité spécifique de la GPx (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	49
Figure 30	Effet du TSP (D1 et D2) sur l'activité spécifique de la GPx (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	50
Figure 31	Effet du NPK (D1 et D2) sur l'activité spécifique de la LDH (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	52
Figure 32	Effet du TSP (D1 et D2) sur l'activité spécifique de la LDH (µM/min/mg de protéines) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	53
Figure 33	Effet du NPK (D1 et D2) sur le taux de protéines (µg/mg de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	56
Figure 34	Effet du TSP (D1 et D2) sur le taux de protéines (µg/mg de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	57
Figure 35	Effet du NPK (D1 et D2) sur le taux de glucides (µg/mg de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	60
Figure 36	Effet du TSP (D1 et D2) sur le taux de glucides (µg/mg de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	61
Figure 37	Effets du NPK (D1 et D2) sur le taux de lipides (µg/mg de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> (m ± SEM, n=3 pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey.	64

Figure 38	Effets du TSP (D1 et D2) sur le taux de lipides ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais) chez les adultes (A) et les juvéniles (B) d' <i>A. caliginosa</i> ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ pools contenant chacun 50 mg de tissu frais) : test HSD de Tukey	65
Figure 39	Coupes histologiques longitudinales du tégument (partie antérieure) d' <i>A. caliginosa</i> . C : cuticule, EP : épithélium, LB : lame basale, MC : muscle circulaire, ML : muscle longitudinal. A : Témoins, B : NPK, C : TSP,	71
Figure 40	Coupes histologiques longitudinales du tégument (partie moyenne) d' <i>A. caliginosa</i> : C : cuticule, EP : épithélium, LB : lame basale, MC : muscle circulaire, ML : muscle longitudinal. A : Témoins, B : NPK, C : TSP.	72
Figure 41	Coupes histologiques longitudinales du tégument (partie postérieure) d' <i>A. caliginosa</i> : C : cuticule, EP : épithélium, LB : lame basale, MC : muscle circulaire, ML : muscle longitudinal. A : Témoins, B : NPK, C : TSP.	73
Figure 42	Coupes histologiques longitudinales de la paroi intestinale (partie moyenne) d' <i>A. caliginosa</i> : EP : épithélium, MC : muscle circulaire, ML : muscle longitudinal. CH : cellule chloragogène. A : Témoins, B : NPK, C : TSP.	74
Figure 43	Coupes histologiques longitudinales de la paroi intestinale (partie postérieure) d' <i>A. caliginosa</i> : EP : épithélium, MC : muscle circulaire, ML : muscle longitudinal, CH : cellule chloragogène. A : Témoins, B : NPK, C : TSP.	75

I. INTRODUCTION

Les méthodes de fertilisation chimique, la génétique appliquée, la mécanisation de l'agriculture et le développement des techniques phytosanitaires ont tous augmenté la production agricole (Prisa, 2019). La sécurité alimentaire mondiale actuelle et future exige la nécessité d'intensifier la production agricole afin de répondre aux besoins demandés par la population mondiale croissante (Godfrey *et al.*, 2010). En Algérie, ces deux dernières décennies, le secteur agricole a été le moteur de la croissance économique du pays, qui représente près de 13 % de la population active (Bessaoud *et al.*, 2019).

Les pesticides et les engrais sont maintenant utilisés en plus grande quantité comparativement au passé afin d'accroître le rendement des cultures (Băcanu *et al.*, 2019). La gestion intensive du sol affecte ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques en particulier les microorganismes bénéfiques non ciblés et les vers de terre (Stanley & Preetha, 2016). Ces pratiques conventionnelles conduisent au lessivage des nutriments, à la dégradation du sol et à la pollution de l'eau (Sheibani & Ahangar, 2013 ; Davydov *et al.*, 2018).

La consommation mondiale des trois principaux engrais nutritifs, l'azote (N), le phosphore et le potassium atteignait 186,67 millions de tonnes en 2016, avec une hausse de 2,4 % enregistré en 2020 (FAO, 2017). Il est très important de comprendre comment parvenir à une agriculture durable en connaissant l'impact de divers contaminants dans le sol ainsi que des différentes pratiques agricoles sur les écosystèmes du sol (Fonte *et al.*, 2009). Il est également important de prévenir la contamination du sol par les pesticides et les substances toxiques (métaux lourds, radionucléides) contenu dans les engrais (Davydov *et al.*, 2018).

Les engrais peuvent être considérés comme un élément indispensable de l'agriculture moderne qui est devenue capitaliste, chimique et technologique. Bien qu'il soit réussi dans une large mesure à suivre le rythme de la demande alimentaire croissante, cela pose des problèmes économiques, environnementaux et sociaux (Prashar & Shah, 2016). L'un des résultats les plus critiques de cette technologie et de cette agriculture est la dégradation de l'environnement en particulier, le sol étant la partie la plus fondamentale des terres cultivées qui ont été gravement touchées (Prashar & Shah, 2016), ce qui affecte les organismes ciblés ainsi que les organismes non ciblés comme les vers de terre. En revanche, la fertilisation est une méthode pour améliorer la fertilité du sol et le rendement des cultures dans le monde entier, mais l'utilisation de produits chimiques et les engrais organiques facilitent la coapplication involontaire et l'augmentation