

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI-MOKHTAR-ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE DOCTORAT es SCIENCE

Spécialité : BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Réponses *in situ* et en laboratoire de deux espèces communes de gastéropodes (*Helix aspersa* et *Helix aperta*) à une contamination des agrosystèmes par un insecticide néonicotinoïde (Actara): activité de l'AChE et stress oxydatif.

Présentée par : M^{lle} Louiza DOUAFER

Membre de jury :

Mr : T. DAAS	Professeur	Président	Université d'Annaba
Mr : N. SOLTANI	Professeur	Directeur	Université d'Annaba
Mr : R. DJEMAI	Professeur	Examineur	Université d'Annaba
M ^{me} : N. ZAIDI	Maitre de conférences	Examinatrice	Université de Skikda
Mr : H. NASRI	Maitre de conférences	Examineur	Université d'El-Taref
Mr : R. BEN SAID	Professeur	Examineur	Université de Skikda

Année 2015

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail, au terme du quel, il m'est un agréable devoir de formuler mes vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation tant morale qu'intellectuelle.

En tête de ce mémoire, je voudrais faire figurer les noms de ceux qui m'ont aidé dans la conception et la réalisation du travail qui y est présenté.

*Mes plus vifs remerciements vont à Monsieur **N. SOLTANI** qui a fait preuve d'une grande volonté en assurant l'encadrement de ce travail en dépit de son temps fort chargé et de ses multiples occupations, à qui j'adresse toute ma gratitude pour son aide, son soutien, sa patience qu'il m'a apporté en vue de concrétiser ce travail et je tiens à lui exprimer ma sincère reconnaissance pour les encouragements.*

*Je tiens à remercier Monsieur **T. DAAS**, Professeur à L'université d'Annaba, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse et pour m'avoir prodigué ses critiques, conseils et encouragements avec tant de rigueur mais aussi de gentillesse.*

*Je remercie chaleureusement Monsieur **R. DJEMAI**, Professeur à L'université d'Annaba, d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'évaluer ce travail de recherche. C'est l'occasion pour moi de remercier également pour leur aide quand j'ai fait les analyses de sols au sein de laboratoire de pédologie.*

*Je tiens également à remercier Monsieur **H. NASRI**, Maître de conférences classe A à L'université d'El-Taref, et Monsieur **S. BEN SAID**, Professeur à L'université de Skikda, qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail. Je souhaite leur exprimer ici toute ma gratitude.*

*Il m'est agréable d'exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à Mme **N. ZAIDI**, Maître de conférence classe A à L'université de Skikda pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, ses encouragements, son soutien moral, et pour nous avoir honoré de participer à ce jury.*

*J'adresse une attention particulière à mes collègues biologistes du **Laboratoire de Biologie Animale Appliquée** qui ont largement contribué à l'exécution de ce travail en m'apportant à des moments divers leur aide, leur compétence et leur bonne humeur, qui m'ont tant aidés.*

Que mes remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

*Enfin, je remercie affectueusement **ma famille** pour son soutien moral constant qu'elle m'a fourni tout au long de ces années d'études, exceptionnellement mes sœurs : **Hanene et Sabah**, ainsi **Djihen, Imen, Ahmed***

DAFRJ et Mohamed SIGUENI.

Merci à tous

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

1. INTRODUCTION GENERALE.....	01
2. MATERIEL ET METHODES.....	06
2. 1. Présentation des sites d'étude.....	06
2. 1. 1. Guelma.....	06
2. 1. 2. Néchmaya.....	06
2. 1. 3. Sidi Amar.....	06
2. 1. 4. El Bouni.....	06
2. 1. 5. Parc National d'El Kala (PNK).....	07
2. 2. Inventaire des gastéropodes terrestres.....	08
2. 2. 1. Biométrie des gastéropodes inventoriés.....	08
2. 2. 2. Indices écologiques.....	09
2. 2. 2. 1. Indices de composition.....	09
2. 2. 2. 2. Indices de structure.....	10
2. 3. Inventaire de la flore.....	11
2. 4. Détermination des paramètres physico-chimiques des sols.....	11
2. 4. 1. pH _{eau}	12
2. 4. 2. Texture.....	12
2. 4. 3. Matière organique.....	14
2. 4. 4. Conductivité électrique.....	15
2. 4. 5. Calcaire.....	16
2. 4. 6. Porosité.....	17
2. 5. Teneurs des métaux lourds dans les sols.....	19
2. 6. Traitement insecticide.....	19
2. 6. 1. Matériel biologique.....	19
2. 6. 1. 1. Distribution géographique des escargots.....	20
2. 6. 1. 2. Morphologie de l'escargot.....	21
2. 6. 1. 3. Anatomie interne de l'escargot.....	22
2. 6. 1. 4. Les rythmes de vie de l'escargot.....	23
2. 6. 1. 5. Croissance et survie de l'escargot.....	25
2. 6. 1. 6. Reproduction de l'escargot.....	25

2. 6. 2. Présentation de l'insecticide.....	26
2. 6. 3. Test de toxicité.....	29
2. 6. 3. 1. Traitement par ingestion.....	29
2. 6. 3. 2. Traitement par application topique.....	29
2. 7. Dissection et prélèvement des organes de l'escargot.....	30
2. 8. Extraction et dosage des biomarqueurs.....	31
2. 8. 1. Dosage du glutathion.....	31
2. 8. 2. Dosage de l'acétylcholinestérase	32
2. 8. 3. Extraction et dosage des protéines.....	33
2. 9. Analyses statistiques des données.....	34
3. RESULTATS.....	36
3. 1. Inventaire des gastéropodes terrestres.....	36
3. 1. 1. Structure et distribution des gastéropodes terrestres dans les sites d'étude.....	36
3. 1. 2. Biométrie des gastéropodes terrestres	40
3. 1. 2. 1. Poids corporel.....	40
3. 1. 2. 2. Diamètre de la coquille.....	40
3. 1. 2. 3. Hauteur de la coquille	41
3. 1. 3. Indices écologiques.....	42
3. 1. 3. 1. Indices de composition.....	42
3. 1. 3. 2. Indices de structure.....	45
3. 2. Inventaire de la flore.....	46
3. 3. Détermination des paramètres physico-chimiques des sols.....	46
3. 3. 1. pH _{eau}	47
3. 3. 2. Texture.....	47
3. 3. 3. Matière organique	48
3. 3. 4. Conductivité électrique.....	48
3. 3. 5. Calcaire.....	49
3. 3. 5. 1. Calcaire total.....	49
3. 3. 5. 2. Calcaire actif	50
3. 3. 6. Porosité.....	50
3. 4. Analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques des sols.....	51
3. 5. Teneurs des métaux lourds dans les sols.....	55

3. 5. 1. Comparaison des teneurs des métaux lourds dans différents sites.....	56
3. 6. Variation mensuelle de l'activité des biomarqueurs.....	58
3. 6. 1. Taux du glutathion.....	58
3. 6. 2. Activité de l'acétylcholinestérase.....	60
3. 7. Toxicité du thiaméthoxam sur <i>Helix aspersa</i> et <i>Helix aperta</i>.....	62
3. 7. 1. Traitement par ingestion.....	62
3. 7. 1. 1. Effet du traitement sur les biomarqueurs.....	63
3. 7. 1. 1. 1. Taux du glutathion.....	63
3. 7. 1. 1. 2. Activité de l'acétylcholinestérase.....	66
3. 7. 2. Traitement par application topique.....	70
3. 7. 2. 1. Effet du traitement sur les escargots.....	70
3. 7. 2. 2. Mortalités corrigées observées chez les deux espèces traitées....	70
3. 7. 2. 3. Les doses (DL ₁₀ et DL ₅₀) obtenues chez les deux espèces traitées.....	73
4. DISCUSSION.....	74
4. 1. Inventaire des gastéropodes terrestres.....	74
4. 2. Paramètres physico-chimiques de sols et pollution des sols.....	79
4. 3. Activité insecticide du thiamétoxam sur les escargots.....	84
4. 4. Réponse des biomarqueurs	88
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	92
6. RESUMES.....	94
Français.....	94
Anglais.....	95
Arabe.....	96
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	97
8. ANNEXES.....	118

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Localisation géographique des sites d'échantillonnage dans le Nord-Est algérien (1 : PNK, 2 : El Bouni, 3 :Sidi Amar, 4 : Néchmaya, et 5 : Guelma) (fr.weather-forecast.com).	07
02	Paramètres biométriques mesurés chez l'escargot : diamètre (D) et hauteur (H) de la coquille.	08
03	L'escargot <i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774) collecté au niveau du Nord-Est algérien (PNK).	20
04	L'escargot <i>Helix aperta</i> (Born, 1778) collecté au niveau du Nord-Est algérien (PNK).	20
05	Morphologie externe de l'escargot (Kerney <i>et al.</i> , 2006).	22
06	Anatomie interne de l'escargot (www.nature-scientia.com). Légendes : 1 : coquille ; 2 : foie ; 3 : poumon ; 4 : anus ; 5 : pore respiratoire ; 6 : œil ; 7 : tentacule ; 8 : cerveau ; 9 : conduit salivaire ; 10 : bouche ; 11 : panse ; 12 : glande salivaire ; 13 : orifice génital ; 14 : pénis ; 15 : vagin ; 16 : glande muqueuse ; 17 : oviducte ; 18 : sac de dards ; 19 : pied ; 20 : estomac ; 21 : rein ; 22 : manteau ; 23 : cœur ; 24 : canal déférent.	23
07	Structure chimique du thiaméthoxam (A.R.L.A.S.C., 2007).	27
08	Dissection et prélèvement des organes de l'escargot.	30
09	Les familles malacologiques inventoriées dans les cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	37
10	Les gastéropodes terrestres recensés dans la région Nord-Est Algérien durant la période s'étalant de Novembre 2011 à Juin 2012.	38
11	Structure des gastéropodes terrestres inventoriés à Guelma (A), Néchmaya (B), Sidi Amar (C), El Bouni (D) et PNK (E) durant la période s'étalant de Novembre 2011 à Juin 2012.	39
12	Richesse spécifique des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	42
13	Richesse moyenne des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	43
14	Nombre total d'individus inventoriés dans chaque site d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	43
15	Variation de pH _{eau} mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) (m ± s, n = 3). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05).	47

16	Variation de l'humidité (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	48
17	Teneur de la matière organique (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	48
18	Variation de la conductivité électrique mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) (mS/cm, $m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	49
19	Variation du calcaire total (%) mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	49
20	Variation du calcaire actif (%) mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	50
21	Variation de la porosité (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	51
22	Projection des paramètres physico-chimiques des sols selon l'exposition sur le plan factoriel (1x2).	54
23	Projection des différents sites selon l'exposition sur le plan factoriel (1x2).	54
24	Projection des différents sites et paramètres physico-chimiques des sols étudiés selon l'exposition sur le plan factoriel (1x 2).	55
25	Teneurs (%) de chaque métal dans les sols des différents sites ($n = 3$) (Avril 2012). Test de Tukey : <i>les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).</i>	58
26	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aspersa</i> adulte récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).</i>	59

27	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aperta</i> adulte récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($P > 0,05$).	60
28	Activité moyenne de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d' <i>H. aspersa</i> adulte, récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($P > 0,05$).	61
29	Activité moyenne de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d' <i>H. aperta</i> adulte, récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($P > 0,05$).	62
30	Mortalités corrigées (%) (96H) observées chez <i>H. aspersa</i> (A : adultes, B : juvéniles) et <i>H. aperta</i> (C : adultes, D : juvéniles) récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($n = 10$).	72

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Moyennes mensuelles des paramètres climatiques (Novembre 2011- Juin 2012) recordés dans les sites d'étude (Station météorologique).	8
02	La gamme de pH des sols (Gauchers & Solter, 1981).	12
03	Echelle de la texture selon (Gauchers, 1968).	14
04	Classification des sols d'après leurs teneurs en matière organique (Anne, 1945).	15
05	Echelle de salinité du sol (Delaunoy, 1976).	16
06	Classification des sols d'après leurs teneurs en calcaire (Duchauffour, 1970).	17
07	Classification des sols d'après leur porosité (Delaunoy, 1976).	19
08	Propriétés physico-chimiques du thiaméthoxam (A.R.L.A.S.C., 2007).	28
09	La gamme d'étalonnage des protéines	33
10	Liste systématique des espèces malacologiques inventoriées dans les sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	36
11	Moyennes pondérales des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, g, n = 100).	40
12	Diamètres moyens de coquilles des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, mm, n = 100).	41
13	Hauteurs Moyennes de coquilles des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, mm, n = 100).	41
14	Richesse spécifique et richesse moyenne des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	42
15	Fréquence centésimale (%) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	44
16	Constance (%) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	45
17	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).	45
18	Espèces botaniques recensées dans les cinq sites d'études*.	46

19	Paramètres physico-chimiques des sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm SD$, $n = 3$).	46
20	Variation de l'humidité et classe texturale des différents sols des cinq sites d'étude.	47
21	Contributions des différentes variables (%) par rapport aux axes principaux des paramètres physico-chimiques des sols.	52
22	Contributions des différentes observations (%) par rapport aux axes principaux.	53
23	Teneurs moyennes (%) des métaux lourds dans les sols des différents sites* (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$).	56
24	Teneurs (%) des métaux lourds dans les sols des différents sites. Analyse de la variance à deux critères de classification.	56
25	Teneurs (%) des métaux dans les sols des différents sites (Avril 2012). Test de Tukey : pour un même métal, <i>les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($p > 0,05$).	57
26	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aspersa</i> adulte témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($p > 0,05$).	63
27	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aperta</i> adulte témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($p > 0,05$).	64
28	Pourcentage d'inhibition (%) du taux de glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$).	65
29	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$). Analyse de la variance à deux critères de classification.	65
30	Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes</i> ($p > 0,05$).	66

31	Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d' <i>H. aspersa</i> témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). ANOVA à un critère de classification. Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)</i> .	67
32	Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d' <i>H. aperta</i> , témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). ANOVA à un critère de classification. Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)</i> .	67
33	Pourcentage d'inhibition (%) de l'activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> , traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$).	68
34	Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Analyse de la variance à deux critères de classification.	69
35	Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d' <i>H. aspersa</i> et d' <i>H. aperta</i> traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : <i>les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$)</i> .	70
36	Mortalités corrigées (%) (96 h) observées chez les escargots juvéniles traités par le thiaméthoxam, récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($n = 10$).	71
37	Mortalités corrigées (%) (96 h) observées chez les escargots adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($n = 10$).	72
38	Toxicité aigue (DL_{10} et DL_{50}) (96 h) de thiaméthoxam sur <i>H. aspersa</i> et <i>H. aperta</i> (juvéniles et adultes) récoltés au niveau du PNK, (DL, IC, $n = 10$).	73
39	Différentes normes et références françaises de teneurs totales en métaux lourds dans les sols exprimées en $\text{mg}/\text{Kg}/\text{MS}$ (Baize & Sterckeman, 2002).	83

Liste des abréviations

AChE : Acétylcholinestérase.

ACh : Acétylcholine.

ACP : Analyse en composantes principales.

Al₂O₃: Oxyde d'aluminium.

A.R.L.A.S.C : Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada.

A.T.P.I.A : Agence Tunisienne de Promotion des Investissements Agricoles.

CAT : Catalase.

C : Constance.

CE : Conductivité électrique.

CA : Calcaire actif.

CT : Calcaire total.

CEC : Capacité d'échange cationique.

Cr : Chrome.

Cd: Cadmium.

Cu : Cuivre.

Co: Cobalt.

CB: Carbamate.

DL : Dose létale.

DMSO : Diméthyle sulfoxyde.

E : Indice d'équitabilité.

ETM: Elements traces métalliques.

F : Fréquence centésimale.

FeT : Fer total.

Fe : Fer.

GSH : Glutathion réduit.

GST : Glutathion S-transférase.

H' : Indice de Shannon-Weaver.

Hum: Humidité.

MO : Matière organique.

Mn : Manganèse.

Mg: Magnésium.

NF : Norme AFNOR.

Ni : Nickel.

N.R.C.C.B.M : National Research Council Committee on Biological Markers. **N.R.A**: National Registration Authority.

OMg: Oxyde de magnésium.

OMn : Oxyde de manganèse.

OFe : Oxyde de fer.

OP: Organophosphoré.

PNK : Parc National d'El Kala.

pH : pH_{eau}.

PO : Porosité.

Pa : Porosité apparente.

Pr : Porosité réelle.

Pb: Plomb.

ROS: Espèces réactives de l'oxygène.

S : Richesse spécifique.

S' : Richesse moyenne.

Se: Sélénium.

WHO: World health organization.

Zn: Zinc.

1. INTRODUCTION GENERALE

La prise de conscience et les préoccupations croissantes concernant l'impact de la pollution sur la vie et la santé humaine ont suscité l'intérêt des chercheurs pour caractériser et surveiller la qualité des milieux (Nica *et al.*, 2012). La surveillance de l'environnement est définie comme une série dans le temps de mesures physiques, chimiques et/ou variables biologiques, conçue pour répondre à des questions sur le changement de l'environnement (Lovett *et al.*, 2007). Les activités humaines génèrent des rejets qui sont des risques majeurs pour la santé de l'environnement et la diversité biologique. Aujourd'hui, au niveau mondial la destruction et la fragmentation des habitats, la pollution, le changement climatique, l'exploitation irrationnelle des ressources, la croissance de la population humaine et la propagation des espèces exotiques sont les principales menaces à la biodiversité. La perte de biodiversité est l'une des plus importantes urgences de l'environnement (Caoduro *et al.*, 2014). Concernant les gastéropodes terrestres, les ramassages successifs non autorisés des gastéropodes et les contaminants résultants des activités humaines sont une menace pour la biodiversité (Boutigny *et al.*, 2009 ; Bianchi *et al.*, 2006).

Dans ce contexte, pour évaluer la biodiversité, plusieurs travaux ont été menés sur les inventaires des mollusques gastéropodes pulmonés terrestres (Awad, 2013 ; Amr & Al-Shammari, 2013). Par ailleurs, d'autres études ont été consacrées à la taxonomie et la biogéographie des gastéropodes dans diverses contrées comme la Péninsule ibérique et des îles Baléares (Gomez, 1988 ; Puente, 1997), la vallée de Najerilla (Ortiz de Zarate, 1991), la commune de Valence (Ondina, 1988 ; Martinez Orti, 1999). Gomez (1988) a adressé un catalogue des espèces de la région ibérique. Bigot & Aguesse (1984) traitent des variations de structure des écosystèmes méditerranéens hautement caractéristiques du delta du Rhône (Camargue). Sen *et al.* (2012) examinent les stratégies de conservation des gastéropodes terrestres en Inde, et à Columbia (Bretagne) (Forsyth, 1999). Enfin, des recherches ont été effectuées sur la nouvelle nomination et taxonomie pour une meilleure classification systématique des espèces des gastéropodes terrestres de la Sicile (Italie) (Reitano *et al.*, 2007 ; Reitano *et al.*, 2009 ; Colomba *et al.*, 2011 ; Liberto *et al.*, 2012 ; Colomba *et al.*, 2012 ; Welter-Schultes *et al.*, 2013 ; Liberto & Sparacio, 2013).

Le Nord-Est de l'Algérie est un biotope caractérisé par une flore et une faune très riches, principalement au niveau du Parc National d'El Kala (PNK) (Benyacoub &

Chabi, 2000). Les efforts réalisés en matière d'inventaire des ressources naturelles en Algérie ont conduit à la découverte d'une riche faune de mollusques terrestres dans quelques biotopes: à l'Ouest à Tlemcen (Damerdji *et al.*, 2005 ; Damerdji, 2008, 2010, 2012, 2013 ; Damerdji & Amara, 2013) au Nord (Boudechiche, 2007 ; Larba & Soltani, 2013).

Le sol assure des fonctions fondamentales : alimentation, filtre biologique ou un réacteur qui a pour but de réduire les pertes de polluants vers les eaux souterraines ou de fuite dans l'atmosphère (Sanchez-Hernandez, 2011) ; il joue un rôle essentiel comme interface de l'environnement vis-à-vis des principales pollutions provoquées par l'Homme (Calvet, 2003), un support d'une activité biologique intense (Le Bras, 2007). Ainsi, il est l'habitat d'une grande variété d'organisations (Jeffery *et al.*, 2010). Il n'y a pas de développement durable sans une bonne gestion des sols.

Un sol est considéré pollué lorsque la dégradation de sa qualité par l'apport anthropique d'élément toxique peut porter atteints à la santé humaine et/ou à l'environnement (Promeyrat, 2001). La contamination des sols par les polluants présente une importance majeure engendrant un impact sanitaire et environnemental qu'il est nécessaire d'évaluer (Grand *et al.*, 2012). La contamination du sol par les métaux lourds et les pesticides est prédominante, devenue de plus en plus un problème mondial avec le développement de l'industrie, l'activité minière, et l'activité agricole (Wharfe, 2004 ; Chapman *et al.*, 2003) et ses effets sur l'écosystème terrestre et les humains sont durables et graves (Agarwal, 2002). Des travaux antérieurs ont montré que la pollution par les métaux est prépondérante dans la région d'Annaba (Semadi & Deruelle, 1993 ; Abdennour *et al.*, 2000 ; Beldi *et al.*, 2006 ; Drif & Abdenour, 2010 ; Grara *et al.*, 2012 ; Brahmia *et al.*, 2013).

Les polluants doivent être considérés comme des intrants susceptibles d'agir sur le fonctionnement et la structure des écosystèmes. Si la nature et les propriétés intrinsèques des polluants conditionnent leur devenir dans l'environnement, de nombreux facteurs chimiques, physiques et biologiques vont moduler leur transfert (de Vaufleury & Gimbert, 2013). La toxicité des métaux lourds et les pesticides dans l'environnement dépend de plusieurs facteurs : physico-chimiques et biologiques. Dans ce contexte, plusieurs études montrent que les caractéristiques physico-chimiques du sol dont le pH, la teneur en matière organique et l'humidité affectent la biodisponibilité des métaux dans le sol (Portail, 2005 ; Scheifler, 2002). L'interaction entre les caractéristiques du sol, la spéciation des polluants et leur partition dans le sol

(Traina & Laperche, 1999), et enfin les effets des paramètres du sol (matière organique, argile) sur le transfert sol-escargot du Cd et Pb (de Vaufleury *et al.*, 2009) ont été rapportés.

Les pesticides constituent un ensemble complexe de molécules aux propriétés physico-chimiques différentes. Ils sont caractérisés par leur stabilité et leur résistance aux processus de dégradation dans l'environnement, ainsi que par leur tendance à s'accumuler dans les chaînes alimentaires (Marliere, 2000). Il est rapidement apparu que ces produits peuvent engendrer des dangers pour l'environnement, la biodiversité et la santé humaine grâce aux infiltrations des substances non dégradables dans les sols, dans les sources et les nappes, puis vers les végétaux, les animaux et nécessairement l'Homme (Bouziani, 2007 ; Ukpebor & Halsall, 2012). En Algérie, l'actara (matière active thiaméthoxam) a été le premier insecticide représentant des néonicotinoïdes. Il est largement utilisé en raison de son efficacité à faibles doses, la variété des méthodes d'application et la longue demi-vie (Maienfisch *et al.*, 2001). Toutefois, il présente des risques pour l'environnement, notamment en raison de sa haute toxicité pour les abeilles (Henry *et al.*, 2012 ; Cresswell, 2011).

L'utilisation d'organismes vivants présente l'intérêt d'observer les écosystèmes avec une vision plus écologique intégrant l'ensemble des facteurs environnementaux (Grand *et al.*, 2012). Les gastéropodes terrestres sont considérés comme des indicateurs écologiques pertinents de la pollution de l'écosystème terrestre par les métaux et les polluants organiques (Berger & Dallinger, 1993 ; Cortet *et al.*, 1999 ; Beeby & Richmond, 2003 ; Viard *et al.*, 2004 a ; Gomot de Vaufleury, 2000 ; Coeurdassier *et al.*, 2001). Ils sont connus par leur grande capacité d'accumulation des éléments traces métalliques et les autres polluants, notamment les pesticides (El-Wakil & Radwan, 1991 ; Bhowmik *et al.*, 2005 ; Rawi *et al.*, 2011 ; Hamed *et al.*, 2007 ; EL Gohary *et al.*, 2011 ; Abobakr *et al.*, 2007 ; El-Gendy *et al.*, 2009).

Parmi les espèces d'escargots, *Helix aspersa* (Müller, 1774) est utilisé comme bioindicateur de la pollution des sols (Gomot & Deray, 1987 ; Gimbert *et al.*, 2006 ; Regolis *et al.*, 2006 ; Zawisza-Raszka, 2010 ; Nowakowska *et al.*, 2012 ; Pauget *et al.*, 2013 ; Abdel-Halim *et al.*, 2013 ; Larba & Soltani, 2014). En outre, un certain nombre d'études ont suggéré qu'*H. aspersa* est également un bon bioindicateur de l'exposition aux pesticides (Coeurdassier *et al.*, 2001 ; Snyman *et al.*, 2002 ; Salama *et al.*, 2005 ; Rorke & Gardner, 1974 ; Schuytema *et al.*, 1994 ; Gomot de Vaufleury, 2000 ; El-Gendy *et al.*, 2009 ; El-Zemity, 2006 ; Samir *et al.*, 2010), aux insecticides

néonicotinoides (Radwan & Mohamed, 2013) et à la toxicité de thiaméthoxam (Ait Hamlet *et al.*, 2012). De plus, la toxicité de thiaméthoxam a été évaluée chez les mollusques terrestres comme *Macrochlamys indica* (Bhavsar & Patel, 2011) ou *Achatina fulica* (Feliz *et al.*, 2012).

La région d'Annaba qui est considérée comme un pôle économique et industriel très important dont les rejets contaminent les milieux. À cet effet, des études ont examiné la dégradation d'un insecticide dans l'eau de mer (Soltani & Morsli, 2003), dans l'eau douce (Zaidi & Soltani, 2013), et l'évaluation de ses risques écotoxicologiques sur les espèces non-ciblées comme les crevettes, *Penaeus kerathurus* (Morsli & Soltani, 2003), les poissons, *Gambusia affinis* (Zaidi & Soltani, 2010, 2011) et les mollusques marins, *Donax trunculus* (Belabed & Soltani, 2013).

Les effets toxiques des métaux et pesticides semblent s'appuyer sur la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans les systèmes biologiques (Radwan & Mohamed, 2013). Le stress oxydatif provoqué par les xénobiotiques induit l'activité des antioxydants qui protègent les cellules et les tissus contre les dommages oxydatifs (Almeida *et al.*, 1997 ; Yang & Dettbarn, 1996). Le système de défenses anti-oxydatives a été étudié chez l'escargot dans le cadre de cycles annuels de la photopériode et de la température ainsi que de leurs cycles estivation/éveil (Ramos-Vasconcelos *et al.*, 2005 ; Nowakowska *et al.*, 2009), ainsi chez *Helix aspersa* comme réponse à la toxicité des métaux (Nowakowska *et al.*, 2012).

L'évaluation des biomarqueurs du stress oxydatif est donc un bon outil environnemental pour évaluer l'exposition et les effets des xénobiotiques sur les organismes (McLoughlin *et al.*, 2000). Pour minimiser les dommages des ROS induits, les organismes ont développé des complexes de défenses anti-oxydatives de nature à la fois enzymatique et non enzymatique. Les défenses anti-oxydatives non enzymatiques comprennent des molécules de bas poids moléculaire qui agissent comme des piègeurs de radicaux libres tel que le glutathion (GSH) (Nowakowska *et al.*, 2012), l'enzyme de neurotoxicité acétylcholinestérase (AChE) est l'une des enzymes les plus efficaces de système nerveux qui est concentrée au niveau des synapses cholinergiques et synapses neuromusculaires où elle joue un rôle important dans la neurotransmission par hydrolyse rapide du neurotransmetteur acétylcholine à la choline et acétate (Kwong, 2002).

La présente étude s'inscrit dans un programme de biosurveillance de la qualité du sol, et a pour objectif : 1/ d'évaluer la diversité biologique des mollusques

gastéropodes pulmonés terrestres, et 2/ d'estimer la toxicité de thiaméthoxam sur les deux espèces les plus abondantes (*Helix aspersa* et *Helix aperta*). À cet effet, le manuscrit est organisé en trois grandes parties :

- La première partie concerne l'inventaire qui vise l'identification et le recensement des espèces malacologiques, la biométrie et les indices écologiques, et d'effectuer leur structure dans différents sites du Nord-Est algérien (PNK, Annaba et Guelma).
- La deuxième partie est consacrée à l'analyse des paramètres physico-chimiques des sols des divers sites retenus (pH_{eau}, conductivité électrique, texture, matière organique, porosité, calcaire total et calcaire actif) et à la quantification des métaux lourds dans le sol, dans le but de rechercher d'éventuelles corrélations entre les propriétés physico-chimiques des sols et la distribution des gastéropodes recensés.
- La troisième partie vise à déterminer les paramètres de létalité du thiaméthoxam (Actara ® 25WG) en exposition aiguë à l'égard de deux espèces communes dans la région Nord-Est du pays, *H. aspersa* et *H. aperta* (adultes et juvéniles).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation des sites d'étude:

Cette étude a été réalisée dans la région Nord-Est du pays (Fig. 1) qui est caractérisée par un climat méditerranéen avec des variations mensuelles des paramètres climatiques (température, précipitations et humidité) au niveau des cinq sites (Tableau 1):

2. 1. 1. Guelma:

Ce site est situé dans la commune de Guelma, au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) ; la commune de Guelma est entourée au Nord par la commune de Héliopolis, au Sud par Ben Djarrah, à l'Est par Belkheir et à l'Ouest par Medjez Amar. Elle a une superficie de 44,74 km². Ses Coordonnées géographiques sont : N° : 36,59275°, E° : 007,32970°; elle est le chef-lieu de la wilaya, et est située à 60 km au Sud-Ouest d'Annaba, à 110 km à l'Est de Constantine, à 60 km de la mer Méditerranée et à 150 km de la frontière tunisienne. Elle se caractérise par un climat subhumide. C'est une zone agricole et comprend quelques industries : CYCMA (Complexe de fabrication cycles et cyclomoteurs), raffinerie de sucre, Unité de céramique et vaisselle (ETER) et le Groupe agro-alimentaire Benamor, entre autres.

2. 1. 2. Néchmaya :

Cette commune fait partie de la wilaya de Guelma et se trouve à environ 20 km de Guelma, elle se situe entre Annaba et Guelma. Le site est situé dans un jardin public près de la route nationale. Ses coordonnées géographiques sont : N° : 36,603°, E° : 007,510°.

2. 1. 3. Sidi Amar :

La commune de Sidi Amar est située au centre de la wilaya d'Annaba à environ 12 Km de la ville d'Annaba et est encadrée en Nord par El Bouni, au Sud par Cheurfa, à l'Est par El Hadjar et à l'Ouest par Berrahel. Ce site est à proximité du complexe Arcelor Mittal d'El Hadjar. La commune de Sidi Amar (N°:36,82023°, E°: 007,72720°) couvre 42 km², soit 3 % de la superficie de la Wilaya d'Annaba. Elle bénéficie d'un climat humide. L'échantillonnage s'effectue dans un espace vert dans l'université Bedji Mokhtar.

2. 1. 4. El Bouni :

Ce site est situé dans l'espace vert près du complexe Ferroviar. El Bouni est situé à l'Est de la wilaya d'Annaba à environ 8 Km au Sud. La commune d'El Bouni (N°:

36,84624°, E°: 007,7309°) se trouve au pied du massif de l'Edough, entourée par Annaba et Seraïdi au Nord, au Sud par El Hadjar et Sidi Amar, à l'Est par El Tarf et à l'Ouest par Berrahal et Oued Aneb ; elle est considérée comme la 2^{ème} commune de la Willaya d'Annaba avec une superficie de 94,24 km². El Bouni est caractérisée par un ensemble d'activités industrielles (complexe des fertilisants FERTIAL, complexe sidérurgique d'ISPAT, Ferrovia) qui sont considérés comme des sources principales de la pollution. Elle bénéficie d'un climat humide.

2. 1. 5. Parc National d'El Kala (PNK):

Le PNK a été créé en 1983. Il a été classé sur la liste du patrimoine national et réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990. Il est considéré comme une entité de référence sur le plan de la biodiversité en Algérie, c'est un parc marin, terrestre et lacustre et comprend une belle mosaïque d'habitats : zones humides d'importance écologique internationale qui sont les lacs : Oubeira, Tonga et le lac des oiseaux, forêts de Pins et de chênes (dont une rare forêt littorale de Pins d'Alep), zones montagneuses et écosystèmes marins. Cet ensemble d'écosystème abrite une faune et une flore unique au monde qui a toujours attiré depuis longtemps l'attention des naturalistes nationaux et internationaux pour étudier sa faune et sa flore (Samraoui *et al.*, 1993). Le PNK (N : 36,85490°, E : 8,33262°) se situe à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, entouré par la mer Méditerranée en Nord, à l'Est par les frontières algéro-tunisiennes, à l'Ouest par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba, et au Sud par le contrefort des monts de la Medjerda. Il s'étend une superficie de 78400 ha.



Figure 1. Localisation géographique des sites d'échantillonnage dans le Nord-Est algérien (1: PNK, 2: El Bouni, 3: Sidi Amar, 4: Néchmaya et 5: Guelma).

Tableau 1: Moyennes mensuelles des paramètres climatiques (Novembre 2011- Juin 2012) recordés dans les sites d'étude (Station météorologique).

Paramètres / Sites	El Kala	Annaba	Guelma
Temperature (°C)	14,60	14,85	14,83
Humidité (%)	80,00	72,76	72,62
Precipitations (mm)	146,00	101,60	88,36

2. 2. Inventaire des gastéropodes terrestres

L'échantillonnage aléatoire des gastéropodes pulmonés terrestres a été réalisé durant la période s'étalant de Novembre 2011 à Juin 2012 dans différents sites, une fois par mois. L'identification et la détermination des espèces est basée sur la forme, le nombre et la coloration des bandes spirales de la coquille (Bonnet *et al.*, 1990 ; Chevallier, 1992). De plus, les caractères anatomiques notamment de l'appareil génital demeurent des critères déterminants pour l'identification des espèces (Germain, 1969 a, 1969 b).

2. 2. 1. Biométrie des gastéropodes inventoriés

Les mesures biométriques prises en compte sont: le poids corporel de l'animal en utilisant une balance de précision (0,1 mg) Sortorius H11 ; le diamètre et l'hauteur de la coquille sont relevés en utilisant le pied à coulisse gradué au 1/10 mm (Charrier, 1981) (Fig. 2).

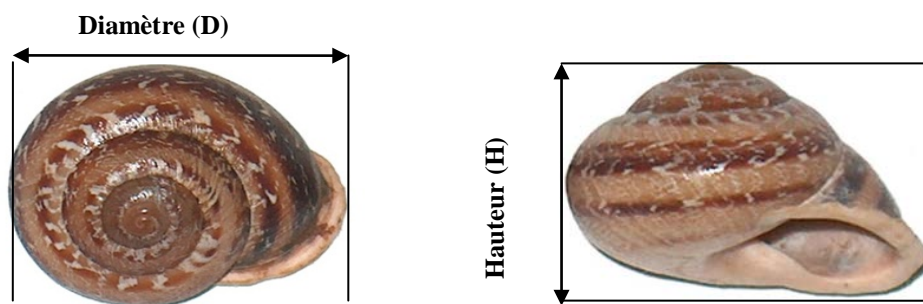


Figure 2. Paramètres biométriques mesurés chez l'escargot : diamètre (D) et hauteur (H) de la coquille.

2. 2. 2. Indices écologiques :

Afin de caractériser le peuplement des gastéropodes dans tous les sites, dans cette étude on a utilisé les indices écologiques de composition et les indices écologiques de structure pour exploiter nos résultats:

2. 2. 2. 1. Indices de composition :

La richesse spécifique (S), la richesse moyenne (S'), la fréquence centésimale (F), et la constance (C) sont les indices de composition utilisés dans cette étude.

- **Richesse spécifique (totale) (S)** : est le nombre d'espèces rencontrées dans la région d'étude (Blondel, 1975 ; Ramade, 1984).

- **Richesse moyenne (S')** : est exprimée par le quotient du nombre total d'individus (**K_i**) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés (**N**) effectuées (Blondel, 1975):

$$S' = K_i / N.$$

- **Fréquence centésimale (F)**: elle permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée et de dire si elle est commune, rare ou très rare (Dajoz, 1985). Elle est donnée par la formule suivante :

$$F = (n_i \cdot 100) / N$$

n_i : le nombre d'individus de l'espèce prise en considération.

N : le nombre total d'individus.

Espèce commune : présente dans plus de 50 % de relevés.

Espèce rare : présente dans 25 à 50 % de relevés.

Espèce très rare : présente dans moins de 25 % de relevés.

- **Constance (C)**: est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce **i** prise en considération, divisé par le nombre total de relevés (Dajoz, 1985), elle s'exprime de la manière suivante :

$$C = p / N \times 10$$

p : le nombre de relevés contenant l'espèce.

N : le nombre de relevés effectués.

Selon la valeur de **C**, on distingue les catégories suivantes :

Espèce omniprésente : si $C = 100 \%$.

Espèce constante : si $75 \% \leq C < 100 \%$.

Espèce régulière : si $50 \% \leq C < 75 \%$.

Espèce accessoire : si $25 \% \leq C < 50 \%$.

Espèce accidentelle : si $5 \% C < 25 \%$.

Espèce rare : si $C \leq 4 \%$.

2. 2. 2. 2. Indices de structure :

Les deux indices écologiques de structure utilisés dans notre étude sont l'indice de Shannon-Weaver (H') et l'indice d'équitabilité (E).

- **Indice de diversité de Shanon-Weaver (H')** : C'est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (Daget, 1976). Cet indice permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné et de comparer entre les faunes de différents milieux même lorsque les nombres d'individus récoltés sont très différents (Dajoz, 1985). Cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces, dont la distribution d'abondance est équilibrée. Selon Ramade (1984), cet indice est donné par la formule suivante :

$$i = n$$
$$H' = - \sum_{i=1} [p_i \cdot \text{Log}_2 p_i] \quad \text{ou} \quad p_i = n_i / N$$
$$i = 1$$

H' : Diversité spécifique (s'exprime en bits).

N : Effectif total du peuplement.

n_i : Effectif de l'espèce (i).

- **Équitabilité (équirépartition) (E)**: Elle constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). L'équitabilité (E) est définie comme le rapport de la diversité spécifique (H') à la diversité maximale (H_{\max}) (Ponel, 1983), elle s'exprime comme suit :

$$E = H' / H_{\max}$$

$H_{\max} = \text{Log}_2(S)$ (S = nombre d'espèces) (s'exprime en bits).

Les valeurs de l'équitabilité varient entre 0 et 1. Quand E est inférieur à 0,5 et tend vers 0, ceci traduit que les effectifs des populations en présence sont en déséquilibre entre elles au sein d'un peuplement où une ou deux espèces seulement pullulent par rapport aux autres. Si E est supérieur à 0,5 et tend vers 1, il s'établit un équilibre entre les effectifs des différentes espèces composant cette population.

2. 3. Inventaire de la flore :

Comme tous les mollusques l'escargot est un phytophage qui se nourrit d'aliments verts (la salade, le chou, les carottes, les orties, les laitues, le chardon, etc.). Son

régime alimentaire n'est pas spécialisé et l'escargot s'adapte en fonction des plantes qui colonisent le milieu (Chevalier *et al.*, 2001). Le sol fait également partie de son alimentation et peut influencer sa croissance (Gomot *et al.*, 1989). Des sols pauvres en calcium peuvent constituer un facteur limitant à la croissance des escargots, le calcium étant un élément indispensable à la formation de la coquille (Dallinger *et al.*, 2001). Il est indispensable de recenser et identifier préalablement les espèces végétales naturellement consommées par les escargots où ils s'abandonnent.

2. 4. Détermination des paramètres physico-chimiques des sols :

L'écosystème terrestre est l'habitat des gastéropodes terrestres, sa qualité et son équilibre physico-chimique ont une influence sur la distribution et la croissance des individus. Les caractéristiques physico-chimiques étudiés sont: la texture, le pH_{eau} , la matière organique, le calcaire total et le calcaire actif, la porosité et la conductivité électrique. Les échantillons du sol prélevés manuellement à l'aide d'une truelle (Koranteng-Addo *et al.*, 2011) à une profondeur d'environ 10 cm où les mollusques peuvent exister. Les échantillons de sol ont été conservés dans des sacs en polyéthylène. Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'aire libre, puis ils ont été broyés et tamisés à 2 mm.

2. 4. 1. pH_{eau} :

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre/eau normalisé (1/5). Il indique aussi la concentration en ions « H^+ » présente dans l'eau (Morel, 1986). 25 ml d'eau distillée sont ajoutés aux échantillons du sol (5 g), puis on agite par un agitateur culbuteur pendant deux heures à température proche de 20°C , après un repos de 24 heures de la solution, on mesure le pH_{eau} à l'aide d'un pH maitre. On compare les valeurs du pH_{eau} du sol selon (Gauchers & solter, 1981) (Tableau 2).

Tableau 2: La gamme de pH des sols (Gauchers & Solter, 1981).

pH	Désignation des sols
3 - 4,5	Extrêmement acides
4,5- 5	Très fortement acides
5 - 5,5	Très acides
5,5 - 6	Acides
6 - 6,75	Faiblement acides
6,75 - 7,25	Neutres
7,25 - 8,5	Alcalins
> 8,5	Très alcalins

2. 4. 2. Texture :

On a utilisé la méthode par saturation (Gauchers, 1968) qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (**Y**) et à le comparer à une échelle qui détermine la texture lui correspondant. Tout d'abord, on a pris 50 g de sol et on a imbibé d'eau, goutte à goutte tout en mélangeant jusqu'au point où la pâte devienne luisante et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient. Ensuite, on a suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide (**P1**).
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé) et la mettre dans la capsule puis repeser (**P2**).
- Mettre à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (**P3**), le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.

La texture est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{X1 = P2 - P3}$$
 (poids de l'humidité).

$$\mathbf{X2 = P3 - P1}$$
 (poids du sol sec).

P1 : poids de la capsule vide (g).

P2 : poids de la capsule + sol mouillé (g).

P3 : correspond au poids de la capsule vide + le poids du sol sec après la sortie de l'étuve (g). Ensuite on applique la règle de trois pour calculer le pourcentage d'humidité :

X1 —————> **X2 g de sol sec.**

Y —————> **100 g de sol sec.**

Enfin comparer (**Y**) au tableau 3 pour déterminer la texture.

Tableau 3: Echelle de la texture selon (Gauchers, 1968).

Humidité (%)	Texture
< 12	Sableuse
12 - 24	Sablo-limoneuse
24 - 37,5	Limono-sableuse
37,5 - 45	Limono-argileuse
45 - 75	Argilo-limoneuse
> 75	Argileuse

2. 4. 3. Matière organique:

Elle est déterminée selon la méthode de Anne (1945), elle se base sur le titrage de la solution avec le sel de Mohr (0,2 N) jusqu'à virage de la solution qui passera de la couleur violette à la couleur verte, on comparant avec un témoin. La matière organique est déterminée selon les étapes suivantes :

- On met 1 g de sol dans un erlenmeyer, on ajoute 10 ml de bichromate de potassium (8 %) avec 15 ml d'acide sulfurique concentré. On le laisse sur la plaque chauffante jusqu'à voir les premières gouttes de la vapeur, puis on le refroidit, on transverse le contenu dans une fiole de 100 ml, et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, le tout sous la haute.

- On prend 20 ml de la solution, on l'ajoute à 100 ml d'eau distillée puis on ajoute 2 à 3 gouttes de diphénylamine et une pincée de Naf. On titre la solution avec le sel de Mohr (0,2 N) jusqu'à virage de la solution qui passera de la couleur violette à la couleur verte, la quantité de sel de Mohr utilisée est **X**.

- On fait un témoin dans les mêmes conditions que l'échantillon, mais sans sol, soit **Y** la quantité de sel de Mohr utilisée pour le titrage du témoin.

La matière organique est calculée à partir de la relation suivante :

$$\mathbf{C\% = (Y-X) \times 0,615 \text{ mg} \times (100/20) \times (100/P) \times (1/1000).}$$

Y : la quantité de sel de Mohr utilisée pour titrer le témoin.

X : la quantité de sel de Mohr utilisée pour l'échantillon à doser.

0,615 : facteur d'équivalence entre le sel de Mohr et le carbone (en mg).

100/20 : on utilise 20 ml à partir de 100 ml.

1/1000 : facteur de conversion.

P : poids du sol sec (1 g).

1,72: coefficient de passage du carbone à la matière organique.

$$\% \text{ matière organique} = \% \text{ C} \times 1,72$$

La classification de la matière organique se fait selon le tableau 4.

Tableau 4: Classification des sols d'après leurs teneurs en matière organique (Anne, 1945) :

Matière organique (%)	Appréciation
< 1	Extrêmement faible
1 - 1,5	Très faible
1,5 - 2,5	Faible
2,5 - 3,5	Moyen
3,5 - 4,5	Moyennement élevé
4,5 - 5	Elevé
> 5	Très élevé

2. 4. 4. Conductivité électrique :

La conductivité électrique est la mesure du degré de la salinité du sol étudié. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (rapport sol/eau = 1/5) à l'aide d'un conductimètre (Delaunois, 1976). Les valeurs sont comparées à une échelle de salinité (Delaunois, 1976) illustrée dans le tableau 5.

Tableau 5: Echelle de salinité du sol (Delaunois, 1976).

Conductivité électrique (mS/cm)	Salure
0 - 0,6	Non salé
0,6 - 1,4	Peu salé
1,4 - 2,4	Salé
2,4 - 6	Très salé

2. 4. 5. Calcaire :

Le calcaire total et le calcaire actif désignent la mesure du pourcentage du calcaire contenant le sol, on utilisant la méthode de Duchauffour (1970). La classification des sols d'après leurs teneurs en calcaire se fait selon (Duchauffour, 1970) (Tableau 6).

La méthode de dosage du **calcaire total** se base sur l'ajout de 10 ml d'acide sulfurique et 15 ml d'HCL (0,5 N) à 5 g du sol, le tout dans un erlenmeyer. Ensuite on met l'erlenmeyer sur la plaque chauffante jusqu'à voir la première goutte de la vapeur, on laisse refroidir et on filtre la solution. On prélève 20 ml de filtrat, on le verse dans un bécher puis on ajoute deux gouttes de phénophtaléine, on titre le mélange par NaOH jusqu'à que la solution aura une couleur rose. Le calcaire total est calculé selon la formule suivante :

$$\%Ca CO_3 = \frac{50 \text{ ml (HCL)} \times 0,5 \text{ N} - X \text{ ml (NaOH)} \times \text{X} 5}{\text{Poids du sol (g)}}$$

Concernant le **calcaire actif**, on met 10 g du sol dans un flacon avec 250 ml d'oxalate d'ammonium (0,2 N). Ensuite, on agite pendant deux heures à l'aide d'un agitateur mécanique ; puis on filtre la solution et on prélève 9 ml du filtrat, on complétant par 1 ml d'acide sulfurique. Finalement, on titre le mélange par le permanganate de potassium jusqu'à la coloration rose, avec agitation, le tout sur une plaque chauffante de 60°C.

Le calcaire actif est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Teneur de calcaire actif (\%)} = (N - n) \times 12,5$$

N : quantité de permanganate de potassium nécessaire pour titrer le témoin.

n : quantité de permanganate de potassium nécessaire pour titrer l'échantillon.

Tableau 6: Classification des sols d'après leurs teneurs en calcaire (Duchauffour ,1970).

Calcaire (%)	Désignation des sols
0 - 5	Peu calcaires
5 - 15	Moyennement calcaires
15 - 30	Calcaires
> 30	Très calcaires

2. 4. 6. Porosité :

La détermination de la porosité totale des petits agrégats de terre conduit à l'évaluation de la porosité texturale ou l'estimation de la porosité minimale d'assemblage. Elle se fait selon la méthode de Delaunois (1976). La partie de l'espace poral qui est à l'origine de la diminution de la porosité totale des blocs de terre est due aux fissures et aux canalicules est appelée la porosité structurale. Elle comprend deux paramètres, la densité apparente (D_a) et la densité réelle (D_r).

Concernant **la densité apparente**, on met un agrégat de sol (10 à 15 g) dans l'étuve pendant 24 heures à une température de 105°C, on l'entoure par un fil à coudre de poids négligeable. Puis, on pèse l'agrégat (P1). Ensuite, on plonge l'agrégat dans une solution de paraffine dissoute pendant 5 à 10 minutes, après on pèse l'échantillon avec la paraffine (P2). On replonge l'agrégat dans une éprouvette de 100 ml contenant un volume (V1) d'eau distillée (50 ml) et on note le changement de volume V2 (agrégat + paraffine).

La densité apparente est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Densité apparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Masse du l'échantillon}}{\text{Volume du l'échantillon}} \times 100$$

P1 : poids de l'échantillon.

P2 : poids de l'échantillon + paraffine.

V2 : volume du l'agrégat + paraffine.

La densité réelle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol, la « D_r » représente la masse du solide / le volume du solide. Dans une fiole de 50 ml, on met 50 ml d'eau distillée dégazée et on la pèse (P1). Ensuite, dans la même fiole, on met 10 g du sol et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au 50 ml et on la pèse (P2), la densité réelle est calculée par la formule suivante :

$$\text{Densité réelle (g/cm}^3\text{)} = \frac{10}{10 + P2 - P1}$$

P1 : poids de la fiole + l'eau distillée dégazée.

P2 : poids de la fiole + l'eau distillée dégazée + le sol.

Donc la porosité est exprimée par la formule suivante et la classification des sols d'après leur porosité est mentionnée dans le tableau 7 :

$$\text{Porosité (\%)} = \frac{\text{Densité réelle - densité apparente}}{\text{Densité réelle}} \times 100$$

Tableau 7 : Classification des sols d'après leur porosité (Delaunoy, 1976).

Porosité (%)	Désignation des sols
< 10	Porosité faible
10 - 20	Porosité assez faible
20 - 30	Porosité assez forte
> 30	Porosité forte

2. 5. Teneurs des métaux lourds dans les sols :

Une fraction aliquote de sol (200 g) de chaque site a été spécifiée pour le dosage et la quantification des métaux lourds contenant les sols, ce dosage a été réalisé dans le laboratoire d'analyse de la matière première du complexe ArcelorMittal (Annaba), selon les méthodes d'analyse (Standard AFNOR): Fer total (FeT): NF A O6125; Oxyde de magnésium (OMg): NF B 49-417, Oxyde d'aluminium (Al₂O₃): NF B 49-412, Oxyde de manganèse (OMn): NF A O6-134, Oxyde de fer (OFe): NF A O6-115; Chrome (Cr): NF A O6-308 , Nickel (Ni): NF O6-307.

2. 6. Traitement insecticide

2. 6. 1. Matériel biologique

Afin de déterminer les effets de l'insecticide étudié, il est nécessaire de disposer de modèle biologique représentatif du milieu étudié. Les modèles biologiques utilisés pour le traitement de l'insecticide : *Helix aspersa* (Müller, 1774) (Fig. 3) et *Helix aperta* (Born, 1778) (Fig. 4), qui ont été prélevés du site référence du Nord-Est de l'Algérie : le Parc National d'El Kala (PNK), pendant le printemps (Mars, Avril et Mai 2013). Les escargots collectés sont de deux stades : adultes et juvéniles ; les adultes de deux espèces pèsent environ 8 g. Concernant les juvéniles, ils pèsent environ 0,3 g. Ils ont été transférés au laboratoire, placés dans des boîtes en polystyrène perforées bien aérées (25×13,5×16,5 cm, avec 10 individus par boîte) pour l'acclimatation avec les conditions normales de laboratoire (une lumière

naturelle, la photopériode est d'environ 14 h L:10 h D ; une température d'environ 20°C, et une humidité relative de 70 à 90 %). Ce sont des conditions proches à celles décrites par Gomot (1994). Pendant quinze jours avant de commencer les expériences, et ils ont été nourris par les feuilles de laitue fraîche.



Figure 3. L'escargot *Helix aspersa* (Müller, 1774) collecté au niveau du Nord-Est algérien (PNK).



Figure 4. L'escargot *Helix aperta* (Born, 1778) collecté au niveau du Nord-Est algérien (PNK).

2. 6. 1. 1. Distribution géographique des escargots

Grâce à ses pouvoirs adaptatifs aux variations climatiques, *H. aspersa* est très commun ; se trouve dans ses zones habituelles de répartition : jardins, buissons, haies, champs, mais également dans les zones cultivées (Kerney *et al.*, 2006). Généralement, il est très commun dans la région méditerranéenne, se distribue dans les régions : Royaume-Uni, l'Italie, la France et le long des frontières des mers Méditerranée et Noire (Dekle & Fasulo, 2008). Il est introduit en Argentine, Australie, Canada, Chili, Haïti, la Nouvelle-Zélande, le Mexique, l'Afrique du Sud, Etats-Unis et les îles de l'Atlantique (Dekle & Fasulo, 2008). De nos jours mondialement répandu.

H. aperta est originaire de l'Europe, surtout à proximité de la mer Méditerranée, et aussi en Afrique du Nord. Ce mollusque habite garrigue méditerranéenne, les champs

près des cultures, des jardins, en bois épandage sur les champs cultivés récemment abandonnés, plus rarement dans les habitats naturels. La répartition d'*H. aperta* comprend: France (l'ouest de Rhône estuaire, îles de la mer Tyrrhénienne), Italie (Péninsule italienne de Ligurie et Romagne), Îles Ioniennes, centrale Grèce, Îles de la mer Égée, Chypre. Il a également été introduit dans d'autres domaines, y compris l'Australie, États-Unis.

2. 6. 1. 2. Morphologie de l'escargot :

L'escargot se compose d'une coquille et d'un corps (Pol, 2006) (Fig. 5).

- La coquille

La coquille de l'escargot est un cylindre conique calcaire de forme spiralée. Elle est globulaire, a un enroulement dextre, son ouverture est évasée, descendante ; son bord externe est appelé: péristome ; la forme, l'épaisseur et la couleur du péristome ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces des gastéropodes. La coquille se compose d'une partie organique (une trame protéique externe : la conchyoline, représentant 1 à 2 % de la coquille) et d'une partie minérale (carbonate de calcium sous forme de calcite et d'aragonite, représentant 98 % de la coquille). La coquille représente 30 % du poids du gastropode. Le rôle principal de la coquille est d'assurer la protection du corps en cas de danger.

- Le corps

En extension, l'escargot repose sur le sol par le pied : cette partie en avant de la coquille permet le déplacement de l'escargot par reptation. Cette masse musculaire pédieuse est recouverte par le mucus (Cadart, 1975). La partie antérieure de cette masse viscérale est couronnée par la tête qui se compose de deux grands tentacules (oculaires), deux petits tentacules (tactiles) (Bonnet *et al.*, 1990), une bouche et un orifice génital. Pour le reste de la masse viscérale, contenue dans la coquille, on remarque la présence de :

- Le pneumostome, orifice de la cavité palléale pour la respiration.
- L'anus qui est situé en dessous du pneumostome.
- L'orifice urinaire : invisible, car il est trop petit.

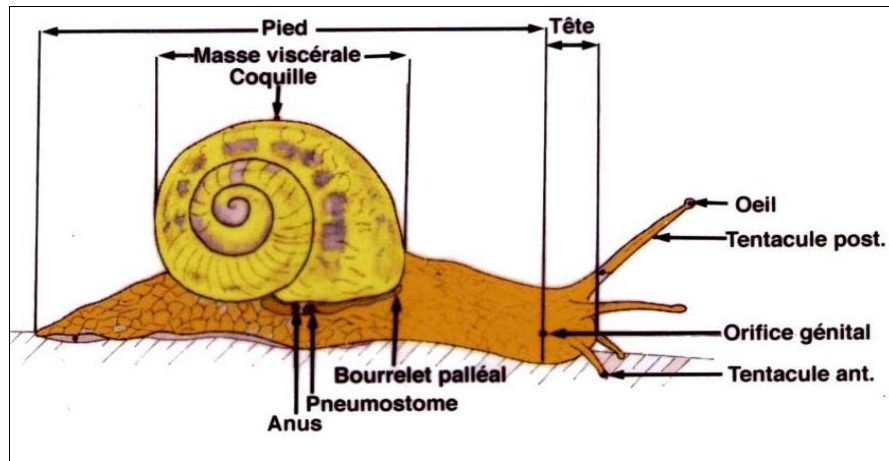


Figure 5. Morphologie externe de l'escargot (Kerney *et al.*, 2006).

2. 6. 1. 3. Anatomie interne de l'escargot :

Le corps d'un escargot consiste en un pied unique, une tête et une masse viscérale enroulée qui est placée dans la coquille. Les glandes de mucus placées dans la partie antérieure du pied, il y a aussi des glandes de mucus sur le reste du corps protégeant l'escargot contre la perte d'eau. La coquille est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le manteau. Elle est reliée au corps par un puissant muscle qui est attaché à la columelle. La contraction de ce muscle permet à l'escargot de se retirer dans sa coquille. À l'intérieur de la coquille, se trouve une cavité du manteau, qui contient le cœur, le rein et le poumon (Fig. 6).

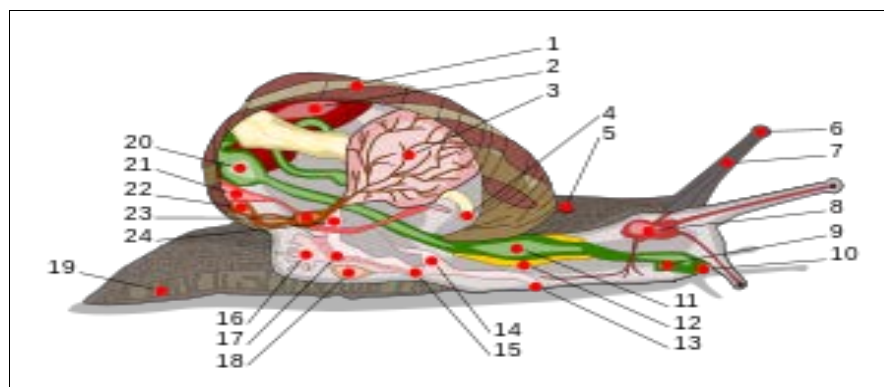


Figure 6. Anatomie interne de l'escargot (www.nature-scientia.com).

Légendes : 1 : coquille ; 2 : foie ; 3 : poumon ; 4 : anus ; 5 : pore respiratoire ; 6 : œil ; 7 : tentacule ; 8 : cerveau ; 9 : conduit salivaire ; 10 : bouche ; 11 : panse ; 12 : glande salivaire ; 13 : orifice génital ; 14 : pénis ; 15 : vagin ; 16 : glande muqueuse ; 17 : oviducte ; 18 : sac de dards ; 19 : pied ; 20 : estomac ; 21 : rein ; 22 : manteau ; 23 : cœur ; 24 : canal déférent.

2. 6. 1. 4. Les rythmes de vie de l'escargot

L'activité des escargots est préférentiellement nocturne. Elle se synchronise avec la photopériode naturelle (Chevallier, 1992). L'escargot a deux rythmes d'activité, l'un journalier et l'autre saisonnier :

Activité journalière:

L'escargot présente un rythme d'activité journalier en relation étroite avec la photopériode. Lorvellec (1982) a établi un modèle théorique du rythme d'activité nyctéméral de l'escargot en condition de photopériode « jour long ». La première phase d'activité débute à la tombée de la nuit et a une durée six heures. Une phase d'inactivité relative a une durée inférieure à 18 heures, et une autre phase d'activité ne concernant pas tous les individus, se produit avant le lever du jour.

Activité saisonnière:

Les escargots harmonisent leurs rythmes biologiques sur le rythme des saisons, en occurrence la longueur du jour. Il s'est donc adapté en climat tempéré aux variations thermiques saisonnières selon trois rythmes d'activités annuels marqués par trois états physiologiques :

- L'un se caractérise par un ralentissement du métabolisme et intervient lors des basses températures hivernales : l'hibernation. Elle se caractérise par un état de vie ralentie. Au début d'hibernation, l'escargot sécrète un voile muqueux appelé épiphragme qui vient obturer l'ouverture de sa coquille. Celui-ci limite les pertes en eau qui atteignent cependant 30 % du poids frais de l'animal (Aupinel, 1984).

- L'autre s'étend entre le printemps et l'automne. Il se caractérise par une reprise de l'activité locomotrice, le déclenchement de la croissance des jeunes et la reproduction des adultes.

- Durant les périodes sèches et chaudes, l'escargot présentera également une période de vie ralentie appelée estivation. Contrairement à l'hibernation, l'estivation est un état de résistance ponctuel qui disparaît lorsque les conditions climatiques redeviennent favorables. L'animal se présente complètement rétracté à l'intérieur de sa coquille (operculé) dont l'ouverture est fermée par l'épiphragme (A.T.P.I.A., 2004).

L'activité de l'escargot est influencée par trois facteurs (A.T.P.I.A., 2004) qui sont:

- **L'humidité** : l'escargot doit maintenir en permanence un équilibre constant entre la teneur en eau de ses tissus et l'humidité relative du milieu ambiant ; une humidité relative de 70 % à 95 % est préférée.

- **La température** : Au dessous de 6°C, l'activité de l'escargot se ralentit et il entre en hibernation et au dessous de -5°C, il meurt. Si la température est trop élevée (au dessus de 28°C), le phénomène de l'estivation sera déclenché et se traduit par le même phénomène que lors de l'hibernation. La température optimale pour la croissance et la reproduction de l'escargot est de 20°C.
- **La lumière** : la lumière influe sur la croissance et la reproduction de l'escargot. Cette influence se manifeste par une stimulation par les longues photo-phases.

2. 6. 1. 5. Croissance et survie de l'escargot :

Chez les gastéropodes pulmonés, nombreux sont les facteurs abiotiques (climatiques, nutritionnels) ou biotiques (âge, densité, génétique) qui conditionnent la croissance (Daguzan, 1982). La croissance de l'escargot correspond à une prise de poids et à un accroissement de la coquille en longueur, mais également en épaisseur (Gomot de Vaufleury, 2001). La croissance de ce mollusque se distingue en quatre phases en fonction de la taille et de la masse des animaux mais aussi de leur différenciation sexuelle (Gomot, 1997 b) :

- La phase infantile qui dure de 1 à 2 mois avec un coefficient mensuel de croissance de 4 ou plus, durant laquelle le tractus génital est non-différencié chez des animaux de 0,02 à 0,6 g.
- La phase juvénile avec un coefficient mensuel de croissance de 2, puis qui va en s'amenuisant. Cette phase relative à un tractus génital qui s'organise et à une gamétogenèse active. La masse est comprise entre 0,6 et 6 g.
- La phase de maturation sexuelle ou phase préadulte durant laquelle les glandes annexes femelles se développent. Elle concerne des escargots non bordés (absence d'épaississement du péristome) de plus de 6 g. L'animal est à maturité sexuelle et où sa taille est maximale qui est généralement atteinte après 12 à 18 mois de la naissance.
- La phase adulte, où l'animal commence à se reproduire. Ils sont alors bordés. Cette phase est suivie par une autre phase c'est : la phase sénile qui se caractérise par une baisse pondérale. Il est difficile de savoir si l'escargot meurt de vieillesse ou de maladies.

La durée de vie des escargots varie selon les espèces. Dans la nature, les *Helix* dépassent l'âge de trois ans (Gomot & Gomot, 1995). Leur mort est souvent due à des prédateurs ou à des parasites.

2. 6. 1. 6. Reproduction de l'escargot :

Les escargots, comme les limaces, sont hermaphrodites (à la fois mâle et femelle) produisant des spermatozoïdes et des ovules, mais ils doivent s'accoupler pour se reproduire. L'autofécondation n'étant pas possible. La saison de reproduction des régions méditerranéennes aura lieu à la fin du printemps ou début de l'été (Druart, 2011). La reproduction se déroule en quelques phases principales :

- **Accouplement :** les escargots matures sont généralement bordés. Les spermatozoïdes sont alors émis sous forme d'un long filament (le spermatophore). Suivant les régions, les escargots s'accouplent durant toute la période d'activité avec une périodicité bien définie ; ce qui synchronise les individus (Pirame, 2003).
- **Ponte:** l'intervalle entre l'accouplement et la ponte est variable. En conditions constantes de température et d'hygrométrie (20° C et 85 %) les durées moyennes sont de 10 à 15 jours. La ponte dure 12 à 48 heures. Un escargot pond en moyenne 120 œufs par ponte (Pirame, 2003).
- **Incubation-éclosion:** après la ponte, dès les premiers jours d'incubation, l'embryon élabore une coquille protéique qui se calcifie au cours de son développement. En conditions naturelles, la durée d'incubation varie de 15 à 30 jours. Il se libère par rupture de la membrane externe de l'œuf qu'il consomme. Le nouveau-né va séjourner dans le nid de ponte de 6 à 10 jours ; puis il remonte jusqu'à la surface du sol. Il pèse alors de 10 à 40 mg, mesure 2 à 4 mm de diamètre, il est apte à se nourrir (Pirame, 2003).

2. 6. 2. Présentation de l'insecticide:

Le thiaméthoxam dont la formulation commerciale est l'actara, c'est un insecticide de synthèse organique inclus dans la famille chimique des néonicotinoïdes, classe de thianicotynils. Sa formule chimique est 3-[(2-Chloro-1,3-thiazol-5-yl) méthyl]-5-méthyl-*N*-nitro-1, 3,5-oxadiazinan-4-imine (Fig. 7). L'actara® (25 WG), contient environ 25 % de matière active sous forme de granules mouillables. Le thiaméthoxam est un insecticide systémique qui est rapidement absorbé par les plantes et transporté à toutes ses parties, où il agit comme un moyen de dissuasion à l'alimentation des insectes. La substance active interfère avec le récepteur acétylcholine nicotinique du système nerveux : une heure voire 30 minutes après l'absorption de thiaméthoxam, l'insecte arrête de s'alimenter et meurt un jour plus tard.

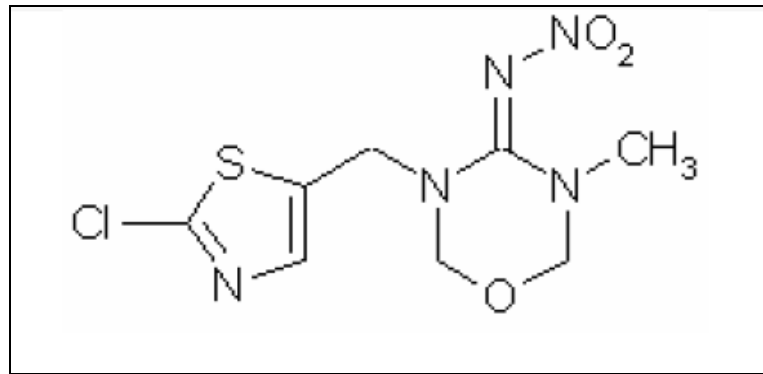


Figure 7. Structure chimique du thiaméthoxam (A.R.L.A.S.C., 2007).

Le thiaméthoxam se caractérise par une bonne stabilité chimique, ses principales propriétés physico-chimiques sont présentées dans le tableau 8 selon (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada, 2007).

Le thiaméthoxam a également une toxicité modérée pour les mammifères (Bingham *et al.*, 2008), les oiseaux et les poissons (Tomizawa & Casida, 2005). Il est faiblement toxique, la DL_{50} par voie orale est > 5000 mg/kg de poids corporel chez le rat, tandis que par voie cutanée elle est > 2000 mg/kg (A.R.L.A.S.C., 2007).

Le thiaméthoxam est non mutagène. Une étude sur la reproduction des rats, alimentés jusqu'à 61 mg/kg de poids corporel/jour n'a entraîné à aucun effet néfaste attribuable au traitement sur les indices de reproduction (accouplement, gestation, fertilité, viabilité) (A.R.L.A.S.C., 2007).

Peu de données d'écotoxicité sur d'autres organismes que les insectes pour le thiaméthoxam. Cette molécule semble pourtant relativement toxique pour les organismes aquatiques (Sánchez-Bayo & Goka, 2006). Cependant, ce composé est surtout mis en cause dans le phénomène de surmortalité des abeilles (Nauen *et al.*, 2001; Iwasa *et al.*, 2004 ; Rortais *et al.*, 2005 ; Aliouane *et al.*, 2009 ; Henry *et al.*, 2012).

Tableau 8: Propriétés physico-chimiques du thiaméthoxam (A.R.L.A.S.C., 2007).

Propriété	Résultat														
État physique et couleur	Poudre de couleur blanc cassé														
Odeur	Inodore														
Union internationale de chimie pure et appliquée (IUCPA)	3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylméthyl)-5-méthyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidène(nitro)amine														
Chemical Abstracts Service (CAS)	3-[(2-chloro-5-thiazolyl)méthyl]tétrahydro-5-méthyl-Nnitro- 4 <i>H</i> -1,3,5-oxadiazin-4-imine														
Numéro CAS	153719-23-4														
Poids moléculaire	291,7 g/mol-1														
Formule brute	C ₈ H ₁₀ ClN ₅ O ₃ S														
Point ou plage de fusion	139,1 °C														
Densité à 25 °C	1,57 × 10 ³ kg/m ³														
Pression de vapeur à 20 °C	2,7 × 10 ⁻⁹ Pa														
Constante de la loi d'Henry à 20 °C	1,9 × 10 ⁻¹⁰ Pa m ³ /mol														
Spectre d'absorption ultraviolet (UV)-visible	Pas d'absorption significative aux longueurs d'onde > 300 nanomètres (nm)														
Solubilité dans l'eau à 25 °C	4,1 g/L														
Solubilité dans des solvants organiques à 20 °C	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Solvant</th> <th>Solubilité (g/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acétone</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>Dichlorométhane</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Acétate d'éthyle</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1-octanol</td> <td>0,62</td> </tr> <tr> <td>Méthanol</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Toluène</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Solvant	Solubilité (g/L)	Acétone	48	Dichlorométhane	110	Acétate d'éthyle	7	1-octanol	0,62	Méthanol	13	Toluène	0,68
Solvant	Solubilité (g/L)														
Acétone	48														
Dichlorométhane	110														
Acétate d'éthyle	7														
1-octanol	0,62														
Méthanol	13														
Toluène	0,68														
Coefficient de partage <i>n</i> -octanol-eau (log Kow) à 25°C	Log Kow = - 0,13														
Constante de dissociation (pKa)	Pas de dissociation dans la plage 2 à 12 de pH														
Stabilité (température, métaux)	Aucun changement du thiaméthoxam par contact avec les métaux et les ions métalliques (Zn ⁺² , Al ⁺³ , Cu ⁺² et Fe ⁺²).														

2. 6. 3. Test de toxicité:

Une enquête personnelle sur les pesticides les plus utilisés sur les fruits et les légumes dans la région Nord-Est du pays, nous a conduits à choisir un insecticide qui figurait dans la liste des pesticides les plus utilisés par les agriculteurs. C'est l'insecticide néonicotinoïde : Actara® ou thiaméthoxam. Le test de toxicité est réalisé pendant le printemps (Mars, Avril et Mai 2013).

2. 6. 3. 1. Traitement par ingestion :

L'actara a été utilisé sous forme de préparation commerciale. On a choisi plusieurs doses à testées (100, 200, 400, 800 et 1600 mg/L) (correspondant à 25, 50, 100, 200 et 400 mg/L de matière active). On a utilisé pour traitement la méthode du trempage. Pour chaque dose, on a divisé les escargots en 4 lots : un premier lot témoin et trois autres lots (10 escargots chacun) sont destinés au traitement par thiaméthoxam. Les groupes d'escargots sont conservés dans des boîtes en polystyrène perforées bien aérées (25×13,5×16,5 cm) couvertes de filet de tissu et fixé avec des bandes de caoutchouc pour empêcher les escargots de s'échapper ; et ils sont nourris de laitue fraîche (escargots témoins), ou de laitue imbibée (durant 30 s) dans la solution d'insecticide (escargots traités). Toutes les dilutions d'insecticide à base de thiaméthoxam, ont été préparées avec de l'eau distillée. La nourriture est fournie une fois par jour lors du nettoyage des boîtes durant les 96 heures. Durant la période de traitement, chaque jour on a noté l'effet du traitement sur les mollusques (mortalité, changement comportemental, mouvement..).

2. 6. 3. 2. Traitement par application topique :

La méthode utilisée pour traitement est l'application topique celle décrite par Hussein *et al.* (1994). L'actara était sous la forme des granules à disperser dans l'eau. Il a été préparé dans un solvant approprié : diméthyle sulfoxide (DMSO, pureté (10 %), Sigma-Aldrich). C'est le solvant le plus approprié pour une application topique (Young & Wilkins, 1989 ; Radwan *et al.*, 2008).

Les concentrations testées sont les suivantes (en matière active) : 720, 1000, 2000 et 3200 µg/escargot pour les adultes et les concentrations : 52, 70, 100, 150 et 240 µg/escargot pour les juvéniles. Trois répétitions ont été réalisées comportant chacune 10 animaux. 20 microlitres (pour les escargots juvéniles) et 40 microlitres (pour les escargots adultes) de chaque concentration testée a été délicatement appliquée sur toute la surface du corps de l'escargot à l'aide d'une micropipette ; tandis que les

escargots témoins (10 animaux) ont été traités avec le DMSO. Les escargots ont été conservés dans des boîtes en polystyrène perforées bien aérées (25×13,5×16,5 cm) couvertes de filet de tissu et fixé avec des bandes de caoutchouc pour empêcher les escargots de s'échapper. Les escargots ont été nourris par des feuilles de laitue fraîche. Les animaux morts ont été enregistrés chaque 24 heures après le traitement durant 96 heures, par la perte de réponse à une aiguille fine en acier inoxydable selon la procédure de l'WHO (Anonymous, 1965). Les données ont été analysées à l'aide d'un logiciel (Graph Pad Prism, version 5.03).

2. 7. Dissection et prélèvement des organes de l'escargot

À la fin de 96 h de traitement. On découpe la coquille de l'escargot avec un ciseau en suivant le bord d'enroulement de la coquille. On prélève délicatement la coquille et on observe les organes de l'escargot. Les fragments de tissu de la tête et d'hépatopancréas sont récupérés rapidement dans des tampons adéquats destinés au dosage des biomarqueurs. Les escargots destinés au dosage des biomarqueurs sont les individus témoins et les traités par l'insecticide (traitement par ingestion) à des doses 400, 800 et 1600 mg/L (Fig. 8).

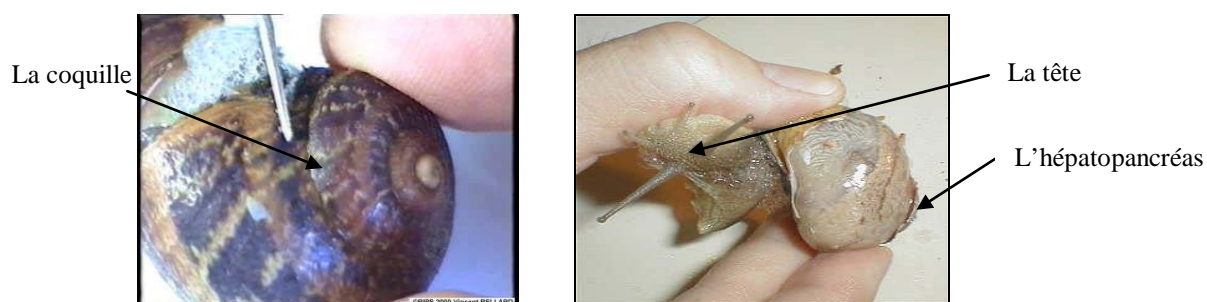


Figure 8. Dissection et prélèvement des organes de l'escargot.

2. 8. Extraction et dosage des biomarqueurs

Le dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) est effectué dans le tissu de la tête de l'escargot, tandis que le dosage du glutathion (GSH) est effectué dans l'hépatopancréas. L'activité des biomarqueurs est exprimée par rapport aux protéines dont le dosage est réalisé selon Bradford (1976).

2. 8. 1. Dosage du glutathion :

Le taux de glutathion est quantifié selon la méthode de Weckberker & Cory (1988), dont le principe repose sur la mesure colorimétrique de l'acide 2-nitro 5-mercapturique, résultant de réduction de l'acide 5-5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (DTNB) par les groupements thiol (-SH) du glutathion mesuré à une longueur d'onde de 412 nm. Le dosage s'effectue après homogénéisation des échantillons dans 1 ml d'une solution d'éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) à 0,02 M (7,448 g EDTA, 1000 ml eau distillée). Afin de protéger les groupements thiols du glutathion, l'homogénat doit subir une déprotéinisation par l'acide sulfosalicylique (ASS) à 0,25 % (0,25g ASS, 100 ml eau distillée) où 0,2 ml ASS sont additionnées à 0,8 ml d'homogénat. Le mélange après agitation est plongé dans un bain de glace pendant 15 mn, puis centrifuger à 100 tours/min pendant 5 min.

Une fraction aliquote de 500 µl du surnageant récupéré est ajoutée à 1 ml du tampon tris / EDTA (0,02 M, pH 9,6) (63,04g tris, 7,4448g EDTA, 1000 ml eau distillée) et 0,025 ml de DTNB (0,01 M) (3,96g DTNB, 1000 ml méthanol absolu). La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 412 nm après 5 mn de repos pour la stabilisation de la couleur.

Le taux de glutathion est estimé selon la formule suivante :

$\text{Taux de GSH } (\mu\text{M/mg de protéines}) = \frac{\Delta D_0 \times V_d \times V_t}{13,1 \times V_h \times V_s}$	mg de protéines
---	------------------------

Δ D0 : différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

Vd : volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation : 1 ml (0,2 ml ASS + 0,8 ml homogénat).

Vt : volume total dans la cuve : 1,525 ml [0,5 ml surnageant + 1 ml tris / EDTA + 0,025 ml DTNB].

13,1 : coefficient d'extinction molaire concernant le groupement thiol (-SH).

Vh : volume de l'homogénat utilisé dans la déprotéinisation : 0,8 ml.

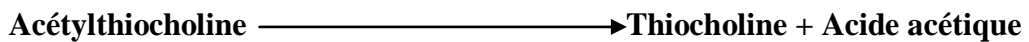
Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,5 ml.

2. 8. 2. Dosage de l'acétylcholinestérase :

Le dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) est réalisé selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) qui consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh) dont l'hydrolyse par l'AChE libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine libérée agit avec l'acide 5-5'-dithiobis-2-nitrobenzoate (DTNB) pour former un complexe de couleur jaune dont l'intensité est lue à une longueur d'onde de 412 nm.

Le principe de la réaction est décrit ci-après :

Acétylcholinestérase



Les fragments de tissu de la tête sont homogénéisés pendant quelques secondes dans 1 ml de solution détergente [38,03 mg EGTA (acide éthylène glycol-bis, β -aminoethyl ether NNN'N' tetra-acétique), 1 ml triton X 100 %, 5,845g NaCl, 80 ml tampon tris (10 mM, pH 7)] à l'aide d'un homogénéiseur à Ultrason (Sonifer B-30), puis centrifugés à 5000 tours/mn, 5mn. Le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme pour la mesure de l'activité de l'AChE.

Une fraction aliquote de 100 μ l du surnageant est additionnée à 100 μ l de DTNB (0,1 M; pH 7) [39,6 mg de DTNB, 15 mg CO₃ Na (bicarbonate de sodium), 10 ml du tampon Tris (0,1 M, PH 7)] et 1 ml de tampon Tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, 100 μ l du substrat acétylthiocholine préparé extemporanément (23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée) sont ajoutés. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 min pendant 20 mn à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc où 100 μ l de la solution détergente remplace les 100 μ l du surnageant. L'activité spécifique de l'acétylcholinestérase est exprimée en μ M/min/mg de protéines ; elle est calculée selon la formule suivante:

$$\text{AChE } (\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg de protéines}) = \frac{\Delta \text{D0} / \text{mn} \times \text{Vt}}{1,36 \times 10^4 \times \text{Vs}} \quad \text{mg de protéines}$$

ΔD0 : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

$1,36 \times 10^4$: coefficient d'extinction molaire du DTNB.

Vt : volume total dans la cuve : 1,3 ml [0,1 ml surnageant + 0,1 ml DTNB + 1ml tampon tris (0,1 M, pH 7) + 0,1 acétylthiocholine].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,1 ml.

2. 8. 3. Extraction et dosage des protéines

Les protéines ont été dosées selon la méthode de Bradford (1976), le dosage s'est effectué sur une fraction aliquote de 0,1 ml de l'homogénat avec 4 ml de Bleu Brillant de Comassie (BBC) (C250, Merk) comme réactif [100 mg de BBC, 50 ml d'éthanol (95%), 100 ml d'acide orthophosphorique (85%) et complétés à 1000 ml par l'eau distillée] et l'albumine sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme standard. La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 595 nm, dans un spectrophotomètre Janway 6300 et la gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution mère d'albumine de bœuf (1 mg/ml) selon les indications ci-dessous dans le tableau 9.

Tableau 9 : La gamme d'étalonnage des protéines.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution d'albumine (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif (BBC) (ml)	4	4	4	4	4	4

2. 9. Analyses statistiques des données

L'analyse statistique des données est effectuée avec le logiciel MINITAB d'analyse et traitement statistique des données (Version 16, PA State College, USA) disponible au Laboratoire de Biologie Animale Appliquée. La répartition des mesures biologiques (biométrie, analyses physico-chimiques des sols, teneurs des métaux et biomarqueurs) répond à une loi normale et ces paramètres sont exprimés par leur moyenne et leur écart type ($m \pm SD$) établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisées dans les figures et les tableaux. La démonstration statistique des effets recherchés est réalisée à l'aide de tests paramétriques. Les différents tests réalisés sont: analyse de la variance à un critère, à deux critères de classification en utilisant le Modèle linéaire Généralisé (MLG), suivi du test de Tukey. Les variations sont considérées comme significatives lorsque la significativité présente une

probabilité supérieure à 95 % ($p < 0,05$). Le pourcentage d'inhibition des biomarqueurs s'effectue selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{Témoïn - traité}}{\text{Témoïn}} \times 100$$

- **Analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques des sols :**

L'analyse en composantes principales a pour objectif de décrire les propriétés physico-chimiques du sol les plus abondantes en utilisant un logiciel XL STAT (Version 2012).

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive (Dagnelie, 1986 ; Palm, 1998). Elle est utilisée pour interpréter une matrice de données sans structure particulière ne comportant, à priori, aucune distinction, ni entre les variables initiales fortement corrélées entre elles en p variables appelées composantes principales ou axes principaux synthétiques non corrélés entre eux, et de variances progressivement décroissantes. Les premières composantes pouvant éventuellement faire l'objet d'une interprétation particulière et les dernières pouvant généralement être négligées (Dagnelie, 1970, 2006). Aussi, en ce qui nous concerne nous ne prenons en considération que les composantes principales ayant une valeur propre égale ou supérieure à l'unité.

Cette méthode (ACP) a été appliquée pour chacun des cinq sites (Guelma, Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni et PNK) pour les variables des paramètres physico-chimiques des sols (5 sites et 7 variables pour chaque site).

3. RESULTATS:

3. 1. Inventaire des gastéropodes terrestres :

3. 1. 1. Structure et distribution des gastéropodes terrestres dans les sites d'étude

L'inventaire des gastéropodes terrestres réalisé dans les cinq sites révèle la présence de 11 espèces appartenant à cinq familles malacologiques (Milacidae, Helicidae, Cochlicellidae, Subulinidae et Ferussaciidea). La famille des Helicidae est présentée par deux sous-familles : Helicinae et Helicellinae. En se basant sur la classification de Bonnet *et al.* (1990), Chevallier (1992) et Germain (1969 a, 1969 b), une liste systématique des espèces retrouvées est réalisée (Tableau 10).

Tableau 10 : Liste systématique des espèces malacologiques inventoriées dans les sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Familles	Sous-Familles	Genres-Espèces
Milacidae		<i>Milax gagates</i> (Draparnaud, 1801)
		<i>Milax nigricans</i> (Phillipi, 1836)
Helicidae	Helicinae	<i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774)
		<i>Helix aperta</i> (Born, 1778)
		<i>Otala lactea</i> (Müller, 1774)
		<i>Dupotetia alabastra zonata</i> (Pallary, 1926)
	Helicellinae	<i>Helicella virgata</i> (Da Costa, 1778)
		<i>Helicella (Trochoidae) elegans</i> (Gmelin, 1791)
Cochlicellidae		<i>Cochlicella barbara</i> (Linnaeus, 1758)
Subulinidae		<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus, 1758)
Ferussaciidea		<i>Ferussacia sp.</i>

La famille des Helicidae est la plus riche spécifiquement avec six espèces : *Helix aspersa* (Müller, 1774), *Helix aperta* (Born, 1778), *Otala lactea* (Müller, 1774), *Dupotetia alabastra zonata* (Pallary, 1926), *Helicella virgata* (Da Costa, 1778), *Trochoidae elegans* (Gmelin, 1791) ; tandis que la famille des Melacideae contient deux espèces : *Milax gagates* (Draparnaud, 1801) et *Milax nigricans* (Phillipi, 1836) ; les familles des Cochlicellidae, Subulinidae et Ferussaciidea sont représentées par une espèce chacune qui sont : *Cochlicella barbara* (Linnaeus, 1758), *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758) et *Ferussacia sp.*, respectivement pour ces trois familles. *Trochoidea elegans* a été trouvée seulement à Néchmaya ainsi que l'espèce *Ferussacia sp.* a été observée qu'au niveau des sites : Guelma et PNK (Fig. 9).

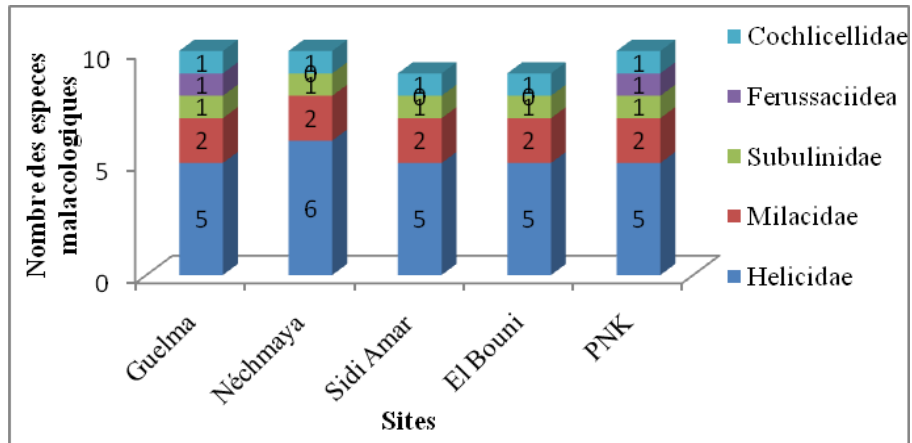


Figure 9. Les familles malacologiques inventoriées dans les cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

On a noté que les sites : PNK, Guelma contiennent 10 espèces malacologiques (*H. aspersa*, *H. aperta*, *H. virgata*, *D. alabastra zonata*, *C. barbara*, *O. lactea*, *R. decollata*, *Ferussacia sp.*, *M. gagates* et *M. nigricans*), et ainsi que le site de Néchmaya (*H. aspersa*, *H. aperta*, *H. virgata*, *D. alabastra zonata*, *C. barbara*, *O. lactea*, *R. decollata*, *T. elegans*, *M. gagates* et *M. nigricans*). Les sites: Sidi Amar et El Bouni contiennent 9 espèces malacologiques (*H. aspersa*, *H. aperta*, *H. virgata*, *D. alabastra zonata*, *C. barbara*, *O. lactea*, *R. decollata*, *M. gagates* et *M. nigricans*) (Fig. 10).



Helix aspersa (Müller, 1774)



Helix aperta (Born, 1778)



Dupotetia alabastra zonata (Pallary, 1926)



Trochoidea elegans (Gmelin, 1791)



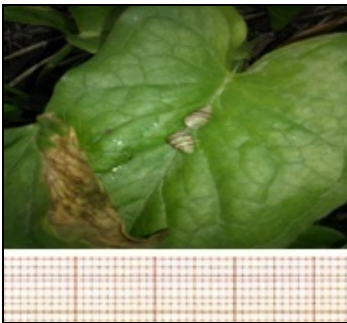
Otala lactea (Müller, 1774)



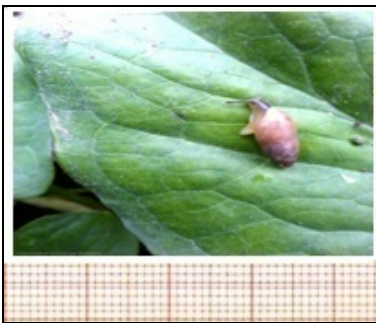
Helicella virgata (Da Costa, 1778)



Rumina decollata (Linnaeus, 1758)



Cochlicella barbara (Linnaeus, 1758)



Ferussacia sp.



Milax gagates (Draparnaud, 1801)



Milax nigricans (Phillipi, 1836)

Figure 10. Les gastéropodes terrestres recensés dans la région Nord-Est Algérien durant la période s'étalant de Novembre 2011 à Juin 2012.

Les familles des Helicidae (à l'exception de l'espèce : *T. elegans*), Milacidae, Subulinidae et Cochlicellidae sont présentes dans tous les sites. *H. aspersa* présente un pourcentage important dans tous les sites (16 à 21%) suivie par l'espèce *H. aperta*. Cependant, les limaces présentent un faible pourcentage (3 à 5 %) (Fig. 11).

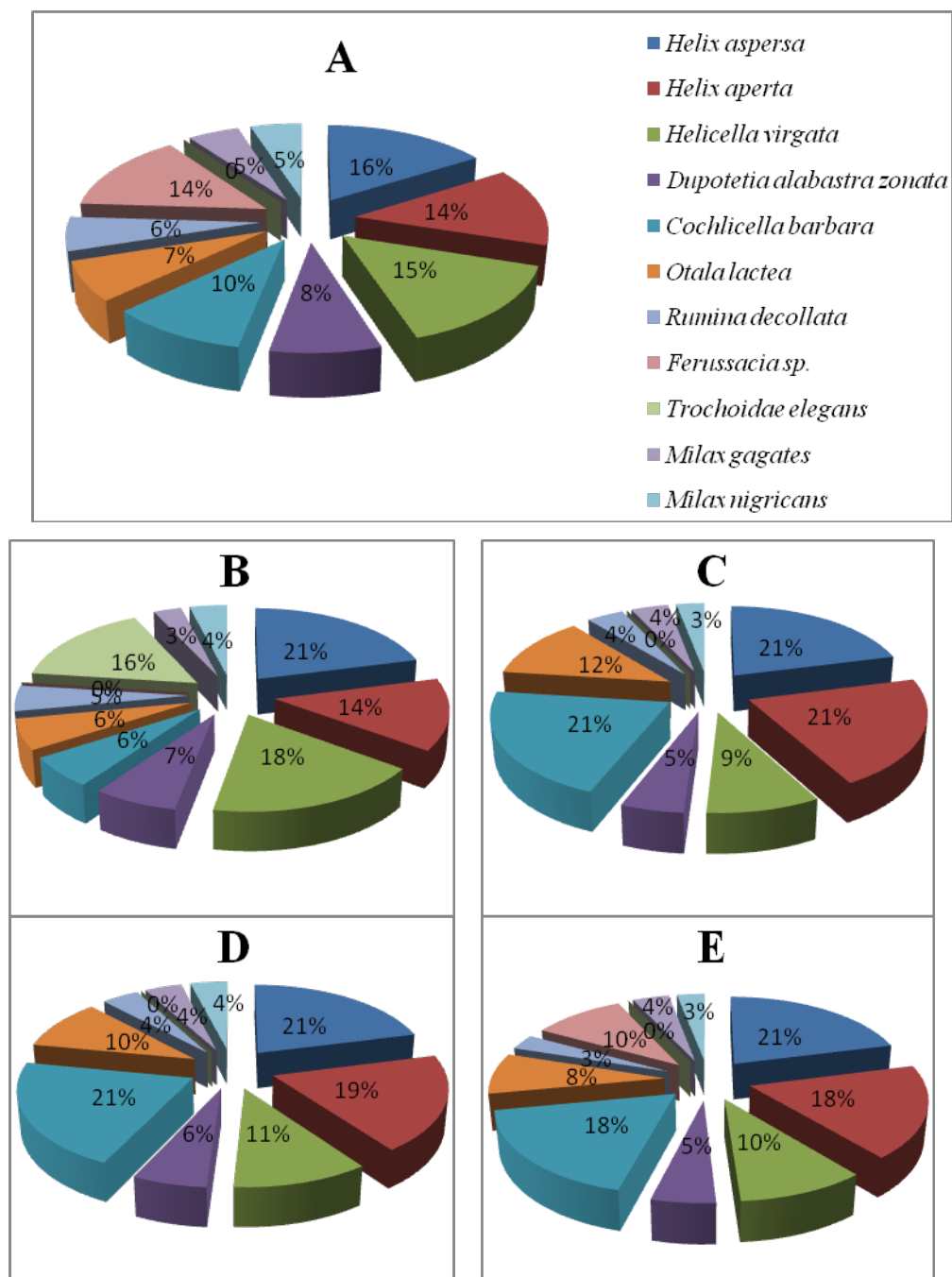


Figure 11. Structure des gastéropodes terrestres inventoriés à Guelma (A), Néchmaya (B), Sidi Amar (C), El Bouni (D) et PNK (E) durant la période s'étalant de Novembre 2011 à Juin 2012.

3. 1. 2. Biométrie des gastéropodes terrestres:

3. 1. 2. 1. Poids corporel

Le poids corporel moyen des différents gastéropodes est mentionné dans le tableau 11. Les résultats montrent que le poids le plus élevé est enregistré chez *H. aspersa* au niveau du PNK ($10,94 \pm 3,27$ g) et le poids le plus faible a été trouvé à Néchemya ($7,72 \pm 2,00$ g) pour la même espèce. Les espèces : *C. barbara* ($0,09 \pm 0,03$ g), *Ferussacia sp.* ($0,09 \pm 0,007$ g) et *H. virgata* ($1,41 \pm 0,40$ g) sont caractérisées par un poids moyen faible par rapport aux autres espèces. Les limaces ont presque un poids similaire dans l'ensemble des sites.

Tableau 11: Moyennes pondérales des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, g, $n = 100$).

Espèces / Sites	Guelma	Néchemya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
<i>Helix aspersa</i>	8,93±2,01	7,72±2,00	9,99±2,50	10,57±3,20	10,94±3,27
<i>Helix aperta</i>	6,45±1,66	6,36±1,27	6,77±2,00	7,61±1,38	8,45±2,80
<i>Helicella virgata</i>	1,18±0,77	1,64±0,99	1,11±0,99	1,14±0,09	2,02±0,23
<i>Dupotetia alabastra zonata</i>	4,96±0,93	4,58±0,17	4,02±0,10	4,30±0,26	5,37±0,97
<i>Cochlicella barbara</i>	0,08± 0,03	0,07±0,02	0,15±0,08	0,10±0,05	0,09±0,04
<i>Otala lactea</i>	5,47±1,14	5,25±0,10	5,74±1,03	5,92±1,28	5,75±1,20
<i>Rumina decollata</i>	3,81±1,14	4,05±1,17	3,10±0,50	3,52±0,84	3,04±0,66
<i>Ferussacia sp.</i>	0,09±0,04	-	-	-	0,10±0,05
<i>Trochoidea elegans</i>	-	2,10±0,96	-	-	-
<i>Milax gagates</i>	2,14±0,26	1,78±0,17	1,85±0,20	2,02±0,18	2,26±0,27
<i>Milax nigricans</i>	1,88±0,22	1,93±0,23	1,98 ± 0,25	2,13±0,28	2,24±0,30

3. 1. 2. 2. Diamètre de la coquille

H. aspersa présente un grand diamètre de la coquille ($33,51 \pm 8$ mm) au niveau du PNK, par contre un diamètre plus réduit a été enregistré à Néchemya ($27,41 \pm 4,36$ mm). Les espèces : *C. barbara* et *Ferussacia sp.* sont caractérisées par un diamètre de la coquille réduit comparativement aux autres espèces (Tableau 12).

Tableau 12: Diamètres moyens de coquilles des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, mm, $n = 100$).

Espèces / Sites	Guelma	Néchemya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
<i>Helix aspersa</i>	29,61±6,76	27,41±4,36	32,50±7,15	32,80±7,26	33,51±8,00
<i>Helix aperta</i>	22,73±5,43	16,44±4,70	23,71±6,06	23,02±5,82	24,72±6,10
<i>Helicella virgata</i>	12,96±1,57	14,89±2,11	10,05±1,06	10,66±1,20	14,91±2,04
<i>Dupotetia alabastra zonata</i>	20,18±6,07	19,77±5,12	15,94±4,47	16,46±4,50	20,84±6,70
<i>Cochlicella barbara</i>	03,89±0,80	3,35±1,02	4,50±1,42	4,18±1,29	3,93±1,16
<i>Otala lactea</i>	20,33±3,98	21,03±4,17	26,19±5,05	25,44±5,00	27,62±6,08
<i>Rumina decollata</i>	12,40±3,01	14,15±4,06	9,62±2,95	12,66±3,57	9,70±3,00
<i>Ferussacia sp.</i>	3,50±0,57	-	-	-	3,69±0,70
<i>Trochoidea elegans</i>	-	9,87±2,20	-	-	-

3. 1. 2. 3. Hauteur de la coquille

L'hauteur de la coquille la plus longue a été enregistrée à Néchemaya chez l'espèce *R. decollata* ($28,04 \pm 8,19$ mm), tandis que la plus réduite a été enregistrée chez *C. barbara* dans le même site et *H. virgata* à Sidi Amar (Tableau 13).

Tableau 13: Hauteurs Moyennes de coquilles des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012) ($m \pm SD$, mm, $n = 100$).

Espèces / Sites	Guelma	Néchemaya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
<i>Helix aspersa</i>	20,98±4,05	19,52±3,29	22,43±4,40	22,99±4,50	24,64±4,56
<i>Helix aperta</i>	15,44±3,71	11,03±3,25	17,66±4,13	17,26±4,22	18,30±5,02
<i>Helicella virgata</i>	7,88±1,87	8,65±2,23	5,92±0,77	6,17±1,15	9,32±2,30
<i>Dupotetia alabastra zonata</i>	16,54±4,40	14,9±4,30	12,02±3,11	12,59±3,39	16,92±4,45
<i>Cochlicella barbara</i>	7,33±1,50	5,12±1,10	9,00±2,58	8,36±1,83	7,52±1,57
<i>Otala lactea</i>	14,40±3,84	15,00±3,79	20,00±6,92	18,30±4,33	21,90±4,68
<i>Rumina decollata</i>	27,89±8,02	28,04±8,19	21,43±5,98	26,9±6,75	22,09±6,09
<i>Ferussacia sp.</i>	12,00±2,24	-	-	-	12,32±2,81
<i>Trochoidea elegans</i>	-	8,78±2,11	-	-	-

D'après les résultats de la biométrie, généralement les populations des gastéropodes du site PNK se caractérisent par des tailles maximales comparativement avec celles des autres sites.

3. 1. 3. Indices écologiques

3. 1. 3. 1. Indices de composition

La richesse spécifique est représentée par 10 espèces de gastéropodes dans le PNK, Guelma, Néchemaya, et 9 espèces dans les autres sites (Tab. 14, Fig. 12). En ce qui concerne la richesse moyenne, la valeur maximale (508) est obtenue au niveau du PNK et la valeur minimale (391,87) à Néchemaya (Tab. 14, Fig. 13). Cependant, le nombre des individus est plus important au niveau du PNK (4064) et minimal à Néchemaya (3135 individus) (Tab. 14, Fig. 14).

Tableau 14: Richesse spécifique et richesse moyenne des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Paramètres / Sites	Guelma	Néchemaya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
Richesse spécifique	10	10	9	9	10
Nombre total d'individus	3502	3135	3305	3146	4064
Nombre des relevées	8	8	8	8	8
Richesse moyenne	437,75	391,87	413,12	393,25	508

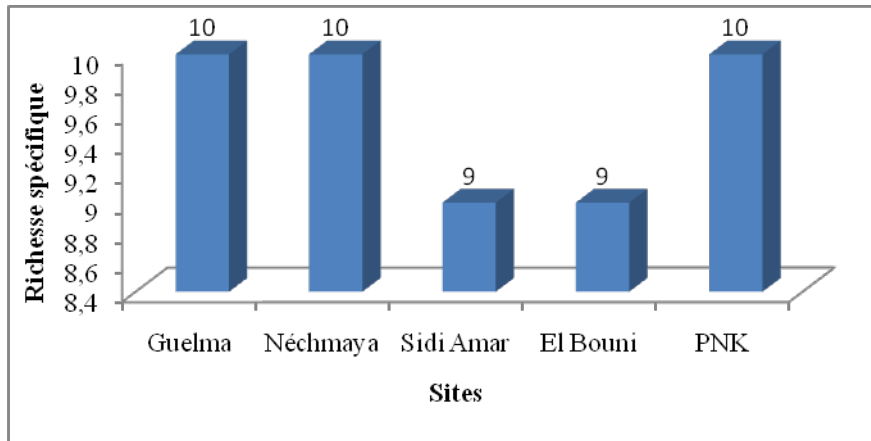


Figure 12. Richesse spécifique des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

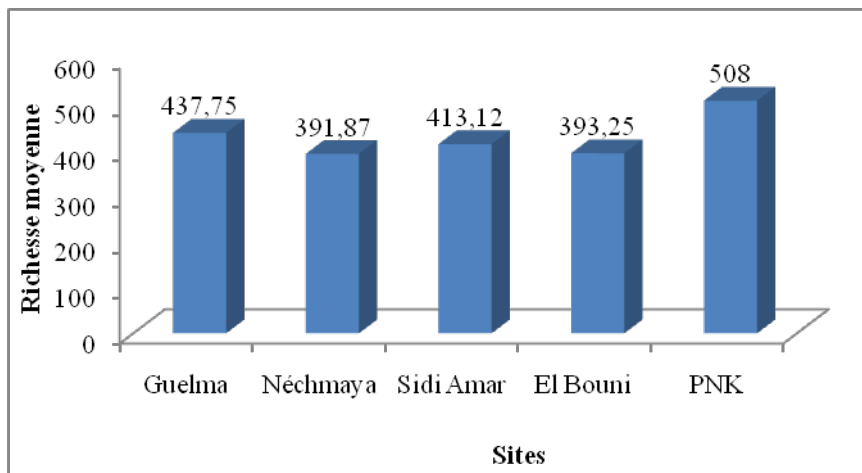


Figure 13. Richesse moyenne des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

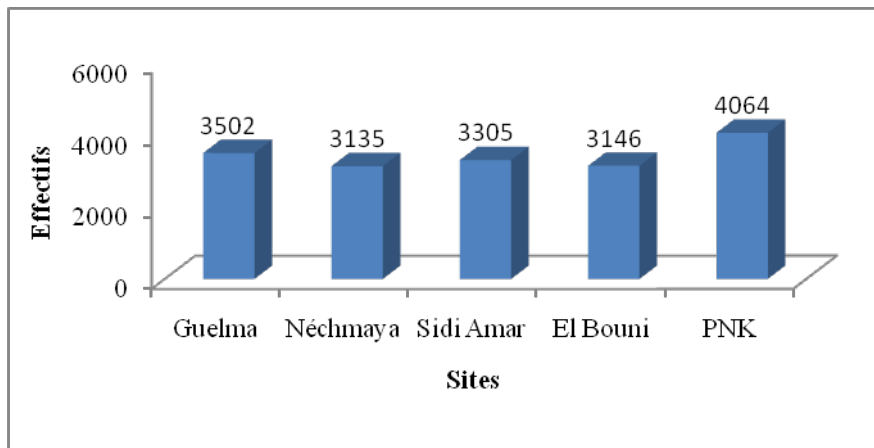


Figure 14. Nombre total d'individus inventoriés dans chaque site d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Les résultats de la fréquence centésimale mentionnés dans le tableau 15, on a noté que l'espèce *H. aspersa* présente une fréquence maximale varie entre 17,13 % à Guelma et 22,14 % au PNK ; ainsi l'espèce *H. aperta* présente des valeurs maximales entre 19,07 % à El Bouni et 21,18 % à Sidi Amar. L'espèce *H. aspersa* est la plus abondante dans tous les sites suivie par l'espèce *H. aperta*.

L'espèce *Ferussacia sp.* a une fréquence maximale (13,70 %) à Guelma, et minimale marquée au PNK, elle n'existe pas dans les autres sites ; ainsi que l'espèce *T. elegans* a une valeur de (13,70 %) à Néchemaya, mais elle n'existe pas dans les autres sites.

Généralement, la fréquence centésimale se varie d'un site à l'autre en fonction des conditions climatiques des régions ; mais elle est moins de 25 % dans les cinq sites ce qui explique qu'elles sont des espèces très rares.

Tableau 15: Fréquence centésimale (%) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Espèces / Sites	Guelma	Néchemaya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
<i>Helix aspersa</i>	17,13	20,73	20,87	21,13	22,14
<i>Helix aperta</i>	14,27	14,35	21,18	19,07	20,48
<i>Helicella virgata</i>	14,70	17,54	9,07	11,12	11,38
<i>Dupotetia alabastra zonata</i>	7,85	7,01	4,84	6,10	6,11
<i>Cochlicella barbara</i>	9,99	6,37	21,18	20,66	20,54
<i>Otala lactea</i>	7,42	6,06	12,10	10,17	8,87
<i>Rumina decollata</i>	5,71	4,78	3,63	4,13	3,55
<i>Ferussacia sp.</i>	13,70	-	-	-	9,84
<i>Trochoidea elegans</i>	-	13,70	-	-	-
<i>Milax gagates</i>	4,56	3,34	3,63	3,78	4,26
<i>Milax nigricans</i>	4,62	3,82	3,47	3,81	3,41

Les résultats relatifs à la constance (Tableau 16) indiquent la présence de deux espèces omniprésentes (*H. aspersa* et *H. aperta*) dans tous les sites, *H. virgata* est omniprésente à Guelma, Néchemaya et le PNK. Toutefois, *C. barbara* est omniprésente dans les sites: Sidi Amar, El Bouni et le PNK, mais elle est constante dans les autres sites. *O. lactea* est constante dans tous les sites à l'exception de Néchemaya. *T. elegans* est constante à Néchemaya et rare dans les autres sites ; *R. decollata* est une espèce régulière dans les sites : Sidi Amar, El Bouni et le PNK, elle est constante à Guelma et Néchemaya. Alors que l'espèce *Ferussacia sp.* est rare dans les sites : Néchemaya, Sidi Amar et El Bouni, régulière dans les deux sites: Guelma et le PNK. Les limaces sont des espèces accessoires dans tous les sites.

Tableau 16: Constance (%) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Espèces / Sites	Guelma	Nécmaya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
<i>Helix aspersa</i>	100	100	100	100	100
<i>Helix aperta</i>	100	100	100	100	100
<i>Helicella virgata</i>	100	100	87,5	87,5	100
<i>Dupotetia alabastra zonata</i>	87,5	87,5	62,5	62,5	75
<i>Cochlicella barbara</i>	87,5	87,5	100	100	100
<i>Otala lactea</i>	75	62,5	87,5	87,5	87,5
<i>Rumina decollata</i>	75	75	50	50	50
<i>Ferussacia sp.</i>	62,5	00	00	00	50
<i>Trochoidea elegans</i>	00	75	00	00	00
<i>Milax gagates</i>	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
<i>Milax nigricans</i>	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5

3. 1. 3. 2. Indices de structure

L'indice de diversité de Shannon-Weaver indique le niveau de la diversité des espèces présentes ; il est relativement très élevé au niveau du PNK (3,05 bits) où on a compté 10 espèces avec un effectif plus élevé des gastéropodes. Cet indice est le plus faible à Sidi Amar (2,70 bits) avec 9 espèces (Tableau 17).

La valeur de l'équitabilité la plus élevée a été enregistrée au PNK (0,91), et la plus basse à Sidi Amar (0,85) ; ces valeurs sont supérieures à 0,50 ce qui signifie que les différentes espèces présentes ont tendance à être en équilibre entre elles (Tableau 17).

Tableau 17 : Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres collectés au niveau des cinq sites d'étude (Novembre 2011- Juin 2012).

Indices / Sites	Guelma	Nechmaya	Sidi Amar	El Bouni	NPK
Shannon-Weaver (bits)	2,99	2,90	2,70	2,77	3,05
Equitabilité	0,90	0,87	0,85	0,87	0,91

3. 2. Inventaire de la flore :

Les espèces de plantes recensées dans tous les sites d'échantillonnage sont illustrées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Espèces botaniques recensées dans les cinq sites d'études*.

Familles	Espèces
Asteraceae	<i>Picris inermis</i>
	<i>Urospermum dalichampii</i>
Poaceae (Gramineae)	<i>Deschampsia cespitosa</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia terracina</i>

*Identification des espèces botaniques a été aimablement réalisée par Dr. M. ZAAFOUR (Département de Biologie, Université Badji Mokhtar, Annaba).

3. 3. Détermination des paramètres physico-chimiques des sols :

Les résultats des paramètres physico-chimiques du sol des différents sites d'étude sont mentionnés dans le tableau 19.

Tableau 19: Paramètres physico-chimiques des sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm SD$, $n = 3$).

Paramètres / Sites	Guelma	Néçmaya	Sidi Amar	El Bouni	PNK
pH _{eau}	8,47±0,02	8,71±0,07	7,89±0,08	8,28±0,07	7,79±0,09
Humidité (%)	58,02±8,44	48,07±9,77	41,66±8,02	62,83±12,18	67,7±10,73
Conductivité (mS/cm)	0,13±0,005	0,15±0,04	0,11±0,01	0,15±0,02	0,43±0,02
Matière organique (%)	6,11±1,88	5,87±1,32	5,83±1,35	4,87±1,44	7,69±0,19
Calcaire total (%)	24,94±0,03	24,90±0,01	24,94±0,02	24,90±0,02	24,93±0,01
Calcaire actif (%)	38,33±5,05	39,74±9,39	31,00±3,77	31,25±4,50	31,66±4,60
Porosité (%)	09,39±2,01	16,61±1,49	11,77±3,54	18,23±3,56	17,17±2,86

3. 3. 1. pH_{eau}:

Le pH_{eau} le plus élevé est noté dans le sol du site : Néçmaya ($8,71 \pm 0,07$) et le plus faible au niveau du PNK ($7,79 \pm 0,09$) ; les sols des cinq sites sont de pH_{eau} alcalin ($pH > 7,5$) (Fig. 15).

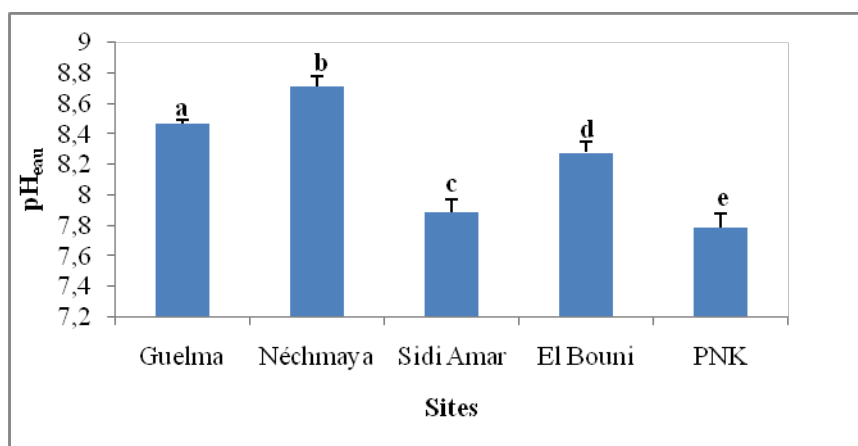


Figure 15. Variation de pH_{eau} mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

3. 3. 2. Texture:

Les valeurs d'humidité varient entre $48,07 \pm 9,77$ % et $67,7 \pm 10,73$ % dans les sites : Néchmaya, Guelma, El Bouni et le PNK respectivement, ces sols sont qualifiés par une texture argilo-limoneuse. La valeur d'humidité la plus faible ($41,66 \pm 8,02$ %) a été notée à Sidi Amar avec un sol de texture limono-argileuse (Tab. 20, Fig. 16).

Tableau 20: Variation de l'humidité et classe texturale des différents sols des cinq sites d'étude.

Sites	Humidité (%)	Classe texturale
Guelma	$58,02 \pm 8,44$	Argilo-limoneuse
Néchmaya	$48,07 \pm 9,77$	Argilo-limoneuse
Sidi Amar	$41,66 \pm 8,02$	Limono-argileuse
El Bouni	$62,83 \pm 12,18$	Argilo-limoneuse
PNK	$67,7 \pm 10,73$	Argilo-limoneuse

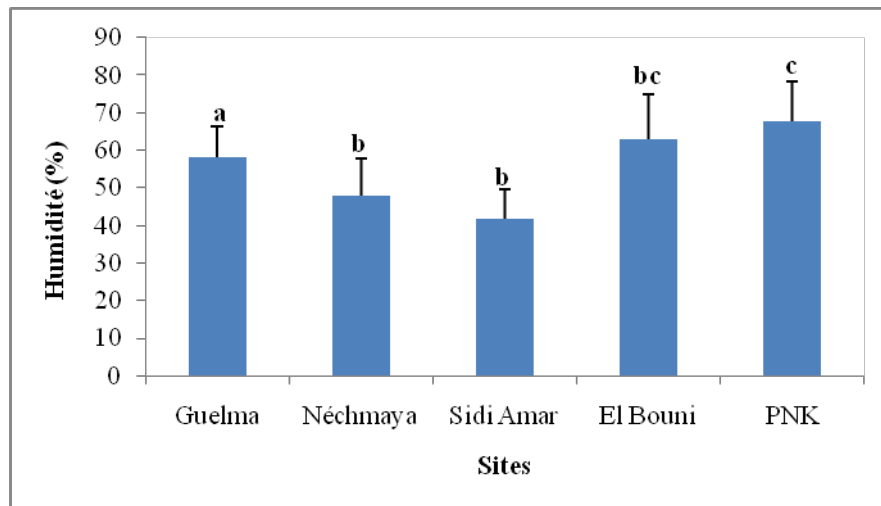


Figure 16. Variation de l'humidité (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

3. 3. 3. Matière organique:

Les sols étudiés contiennent un taux de matière organique (> 5 %) relativement élevé notamment au PNK ($7,69 \pm 0,19$ %) excepté le site d'El Bouni qui a une teneur faible ($4,87 \pm 1,44$ %) (Fig. 17).

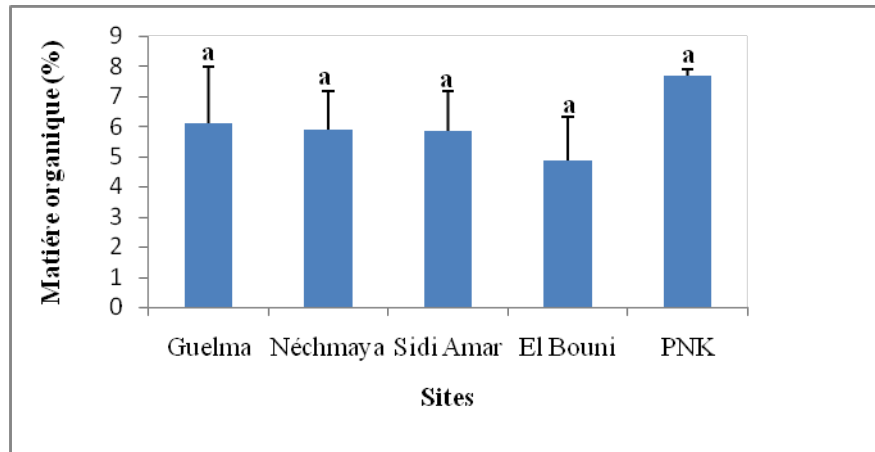


Figure 17. Teneur de la matière organique (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

3. 3. 4. Conductivité électrique:

La conductivité électrique (Fig. 18) est la mesure du degré de la salinité du sol étudié. La conductivité varie entre une valeur minimale ($0,11 \pm 0,01$ mS/cm à Sidi Amar) et une valeur maximale ($0,43 \pm 0,02$ mS/cm au PNK), dans tous les sites la conductivité électrique est inférieure à 0,6 mS/cm, donc ces sols ne sont pas salés.

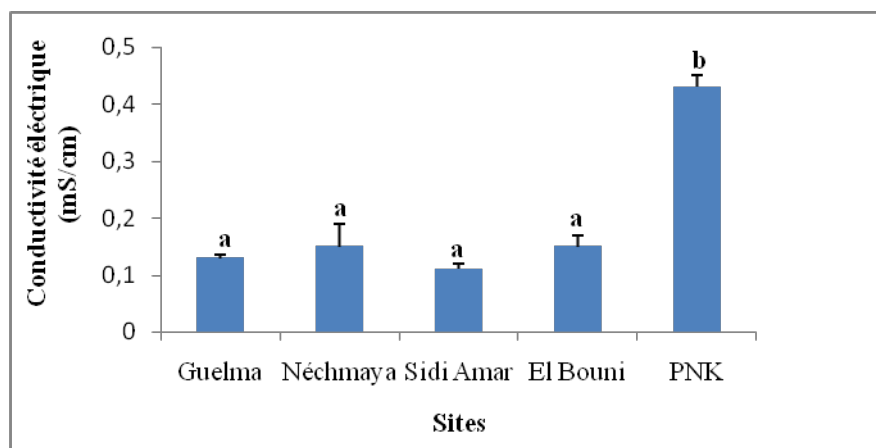


Figure 18. Variation de la conductivité électrique mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) (mS/cm, $m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

3. 3. 5. Calcaire :

3. 3. 5. 1. Calcaire total :

Le pourcentage du calcaire total (%) mesuré dans les sols de tous les sites est presque similaire, avec une valeur élevée de 24,94 % à Guelma et Sidi Amar et une

valeur faible de 24,90 % à Néchmaya et El Bouni. Les sols des cinq sites contenant un taux de calcaire entre (15 - 30 %), se sont de types calcaires (Fig. 19).

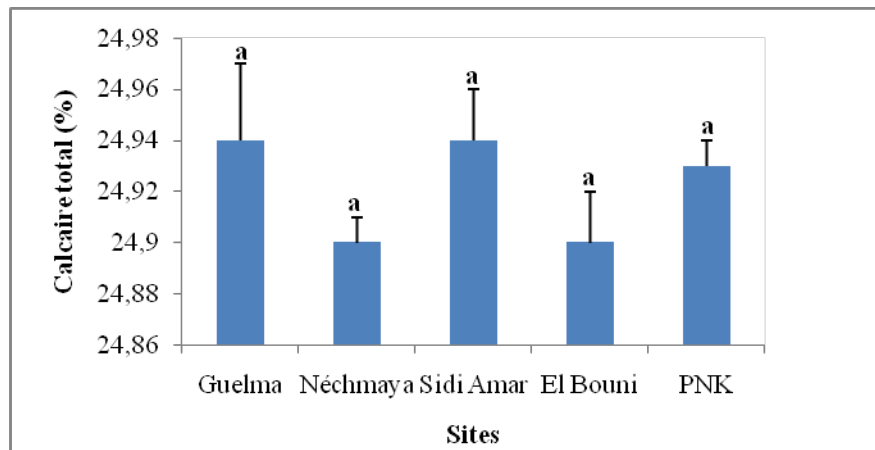


Figure 19. Variation du calcaire total (%) mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : *les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).*

3. 3. 5. 2. Calcaire actif :

Le calcaire actif (Fig. 20) mesuré présente un taux faible enregistré à Sidi Amar (31,00 ± 3,77 %) et un taux plus important (39,74 ± 9,39 %) noté à Néchmaya. Ces teneurs des calcaires sont supérieures à 30 %, donc ces sols sont très calcaires.

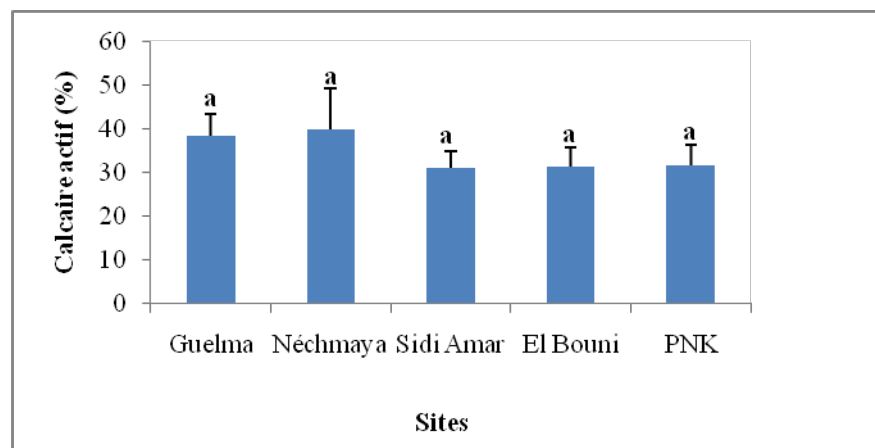


Figure 20. Variation du calcaire actif (%) mesuré dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : *les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).*

3. 3. 6. Porosité :

La porosité la plus basse est enregistrée à Guelma (09,39 ± 2,01 %) qui se caractérise par une porosité faible et la valeur de la porosité la plus forte est

enregistrée au niveau d'El Bouni ($18,23 \pm 3,56$ %), les sols des sites : Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni et PNK ont une porosité assez faible (10 - 20 %) (Fig. 21).

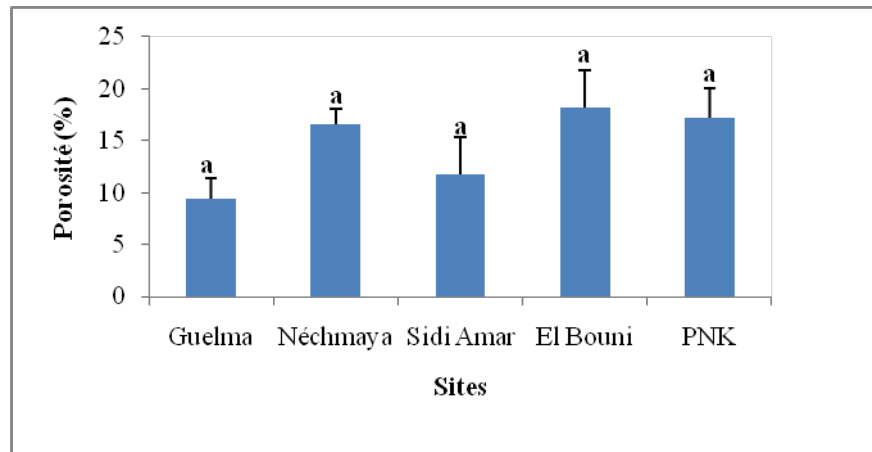


Figure 21. Variation de la porosité (%) mesurée dans les sols des cinq sites d'étude (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$). Test de Tukey : *les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)*.

L'ANOVA à un critère de classification révèle un effet (site) hautement significatif pour les paramètres: pH_{eau} ($F_{4, 10} = 87,56$, $p < 0,001$), conductivité électrique ($F_{4, 10} = 78,77$, $p < 0,001$) et un effet (site) significatif pour l'humidité ($F_{4, 10} = 4,09$, $p < 0,05$). Aucun effet significatif ($p > 0,05$) a été enregistré pour les paramètres: matière organique ($F_{4, 10} = 1,03$, $p = 0,439$), calcaire total ($F_{4, 10} = 2,60$, $p = 0,101$), calcaire actif ($F_{4, 10} = 1,73$, $p = 0,220$) et porosité ($F_{4, 10} = 1,12$, $p = 0,399$) (Annexe II : Tableaux : 1 à 7).

3. 4. Analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques des sols :

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée pour chacun des cinq sites (Guelma, Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni et PNK) pour les variables des paramètres physico-chimiques des sols (5 sites et 7 variables pour chaque site).

Analyse de l'ensemble des paramètres étudiés :

En prenant en considération l'ensemble des paramètres physico-chimiques des sols étudiés des 5 sites (Guelma, Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni et PNK), on a réalisé une ACP pour mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre ces différents paramètres. Les paramètres suivants : pH_{eau} , porosité, calcaire total, calcaire actif, matière organique, humidité et conductivité électrique, ont été pris en considération.

La matrice de corrélation (Annexe II : Tableau 8) montre des corrélations significatives entre les différentes variables étudiées. Ainsi, le pH_{eau} est corrélé négativement avec la porosité, le calcaire total est corrélé négativement avec l'humidité.

Pour ce qui est des valeurs propres, le plus fort taux de variance est expliqué par deux axes qui ont donc les plus fortes contributions à cette inertie avec 53,03 % pour l'axe 1 et 29,15 % pour l'axe 2. La combinaison de ces deux axes traduit 82,18 % de la variance totale. D'où le choix du plan factoriel 1x2 qui intègre les variables suivantes : pH_{eau} , porosité, calcaire total, calcaire actif, matière organique, humidité et conductivité électrique.

Le tableau 21 montre que le calcaire actif, la matière organique, l'humidité ainsi que la conductivité électrique ont les plus fortes contributions par rapport à l'axe 1. Pour l'axe 2, ce sont le pH_{eau} , la porosité, et le calcaire total qui ont les plus fortes contributions.

Par rapport à l'axe 1, la conductivité électrique, l'humidité et la matière organique sont opposées au calcaire total, la porosité est opposée au pH_{eau} et le calcaire actif. Par rapport à l'axe 2, le calcaire total est opposé au calcaire actif, pH_{eau} ainsi que la porosité.

Tableau 21 : Contributions des différentes variables (%) par rapport aux axes principaux des paramètres physico-chimiques des sols.

Paramètres / Axes	Axe 1	Axe 2
pH_{eau}	13,259	<u>19,789</u>
Porosité	8,828	<u>26,806</u>
Calcaire total	0,005	<u>44,802</u>
Calcaire actif	<u>11,617</u>	6,462
Matière organique	<u>25,491</u>	0,694
Humidité	<u>19,519</u>	1,438
Conductivité électrique	<u>21,280</u>	0,010

Les contributions des observations par site montre que les sites Guelma, PNK ont les plus fortes contributions par rapport à l'axe 1. Concernant l'axe 2, les sites Néchmaya, Sidi Amar et El Bouni ont les plus fortes contributions (Tableau 22).

Par rapport à l'axe 1, le PNK est opposé au Sidi Amar et Guelma, El Bouni est opposé à Néchmaya. Selon l'axe 2, Sidi Amar et Guelma sont opposés au Néchmaya et El Bouni.

Tableau 22 : Contributions des différentes observations (%) par rapport aux axes principaux.

Sites / Axes	Axe 1	Axe 2
Guelma	<u>12,716</u>	8,119
Néçmaya	16,625	<u>35,542</u>
Sidi Amar	4,816	<u>38,819</u>
El Bouni	3,861	<u>16,605</u>
PNK	<u>61,983</u>	0,915

L'examen du plan 1x2 discrimine les sols des 5 sites en fonction de l'exposition en 4 groupes (Figs. 22, 23 et 24):

* **Le groupe A :** renferme le site du PNK, le sol de ce site se caractérise par une teneur élevée en matière organique, un taux élevé en humidité et conductivité électrique.

* **Le groupe B :** réunit les sites : Sidi Amar et Guelma, les sols de ces sites se caractérisent par leur taux élevé en calcaire total.

* **Le groupe C :** est représenté par le site de Néçmaya, le sol se caractérise par un taux très important de calcaire actif et un pH_{eau} plus élevé.

* **Le groupe D :** contient le site d'El Bouni, se caractérise par une forte porosité.

Le plan 1x2 montre une opposition entre les groupes A, C selon l'axe 1 et entre B, D selon l'axe 2.

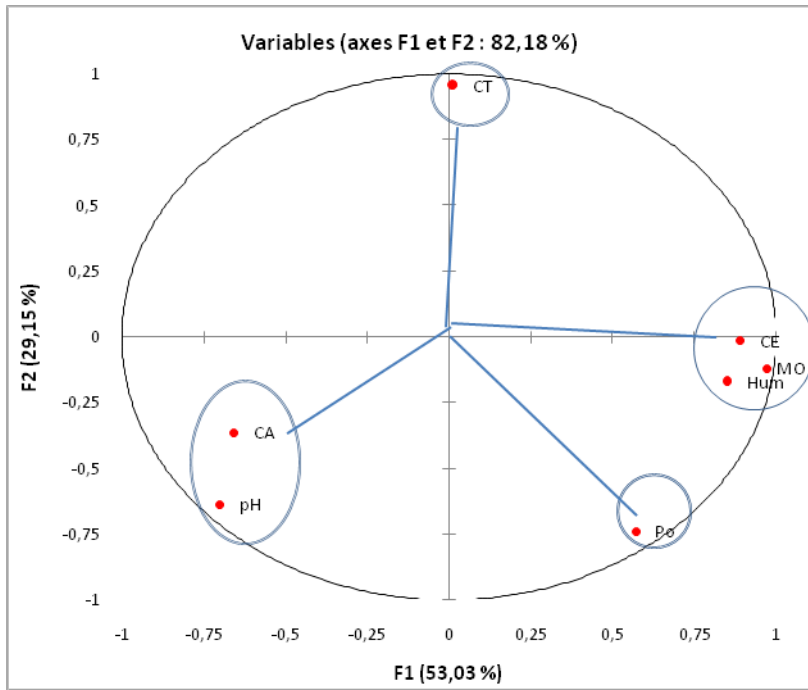


Figure 22. Projection des paramètres physico-chimiques des sols selon l'exposition sur le plan factoriel (1x2).

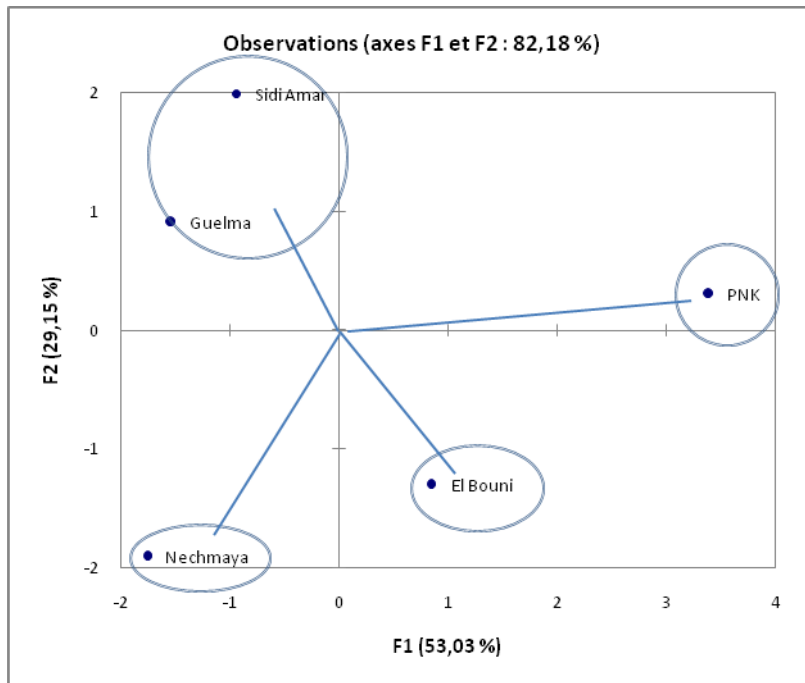


Figure 23. Projection des différents sites selon l'exposition sur le plan factoriel (1x2).

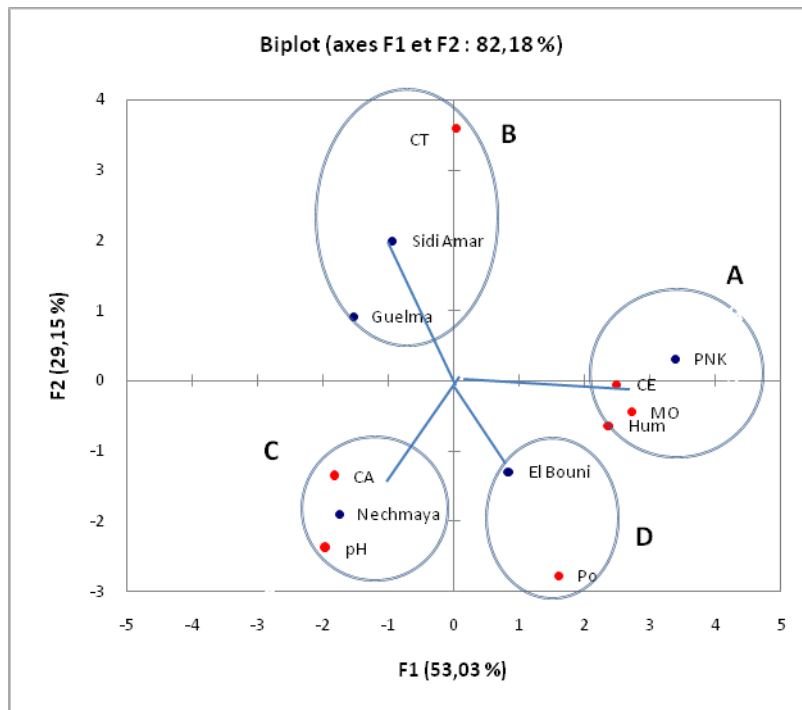


Figure 24. Projection des différents sites et paramètres physico-chimiques des sols étudiés selon l'exposition sur le plan factoriel (1x 2).

3. 5. Teneurs des métaux lourds dans les sols :

L'analyse des métaux lourds dans les différents sols (Tableau 23) obtenus par la norme AFNOR permet de quantifier des différents métaux et oxydes en quantités variables. Parmi les métaux : des traces de chrome (Cr) et de nickel (Ni) ont été détectées dans l'ensemble des sols ; le fer total est le métal le plus abondant dans tous les sites avec des teneurs importantes, la teneur la plus élevée a été notée à El Bouni ($10,13 \pm 0,23$ %) suivie par le site Sidi Amar, tandis que le taux le plus faible a été enregistré au PNK ($3,23 \pm 0,20$ %).

Concernant les oxydes, l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) a des taux élevés comparativement aux autres oxydes, un taux maximal ($6,11 \pm 0,015$ %) a été observé à El Bouni et un taux minimal au PNK ($3,13 \pm 0,02$ %). L'oxyde de fer (FeO) présente un pourcentage élevé à El Bouni ($1,08 \pm 0,043$ %) suivi par Guelma ($0,88 \pm 0,02$ %) et un pourcentage plus faible au niveau du PNK ($0,48 \pm 0,02$ %). Les sols des sites du PNK et de Guelma se caractérisent par un très faible taux d'oxyde de magnésium (MgO) $0,06 \pm 0,002$ et $0,09 \pm 0,003$ %, respectivement. Dans les autres sites, le taux de MgO varie entre $0,48 \pm 0,015$ à $0,97 \pm 0,01$ %. L'oxyde de

manganèse (MnO) est le moins abondant dans tous les sites avec des taux très faibles fluctuant entre $0,24 \pm 0,015$ % au PNK et $0,33$ % à El Bouni et Sidi Amar.

Tableau 23 : Teneurs moyennes (%) des métaux lourds dans les sols des différents sites* (Avril 2012) ($m \pm s$, $n = 3$).

Site/Métal	FeT	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	NI	Cr
El Bouni	10,13± 0,23	6,11±0,015	1,08±0,043	0,97±0,01	0,33±0,023	Traces	Traces
Sidi Amar	7,03±0,15	3,79±0,036	0,75±0,04	0,85±0,01	0,33±0,032	Traces	Traces
Guelma	3,95±0,05	3,36±0,015	0,88±0,020	0,09±0,003	0,30±0,015	Traces	Traces
Néchemaya	6,47±0,06	4,48±0,036	0,54±0,020	0,48±0,015	0,27±0,026	Traces	Traces
PNK	3,23±0,20	3,13±0,02	0,48±0,020	0,06±0,002	0,24±0,015	Traces	Traces

*: Laboratoire d'Analyse de sol, Qualité, ArcelorMittal, Annaba.

3. 5. 1. Comparaison des teneurs des métaux lourds dans les sols des différents sites :

L'ANOVA à deux critères de classification (site, métal) des teneurs en métaux et oxydes (FeT, Al₂O₃, FeO, MgO, MnO) révèle un effet site hautement significatif ($F_{4, 50} = 2138,83$, $p < 0,001$), et un effet métal hautement significatif ($F_{4, 50} = 18863,66$, $p < 0,001$). Ainsi que l'interaction métal/site est hautement significatif ($F_{16, 50} = 698,86$, $p < 0,001$) (Tableau 24).

Tableau 24: Teneurs (%) des métaux lourds dans les sols des différents sites. Analyse de la variance à deux critères de classification.

Sources variation	DL	SC séq	SC ajust	CM ajust	F	P
Métal	4	421,891	421,891	105,473	18863,66	0,000***
Site	4	47,836	47,836	11,959	2138,83	0,000***
Métal/ Site	16	62,521	62,521	3,908	698,86	0,000***
Erreur	50	0,280	0,280	0,006		
Totale	74	532,527				

NS : non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$).

La comparaison des teneurs des différents métaux lourds et oxydes dans chaque site se fait à l'aide de test de Tukey. Concernant le site de Guelma, la comparaison révèle 5 groupes : le premier groupe regroupe le FeT, le deuxième groupe regroupe

l'Al₂O₃, le troisième groupe regroupe le FeO, le quatrième groupe regroupe le MnO et le cinquième groupe regroupe le MgO. Pour les sites : El Bouni, Sidi Amar et Néchmaya, cette comparaison indique qu'il existe 4 groupes : le premier groupe englobe le FeT, le deuxième groupe englobe l'Al₂O₃, le troisième groupe englobe les deux oxydes : FeO et MgO et le quatrième groupe englobe le MnO. La comparaison dans le PNK montre qu'il existe 4 groupes : le premier groupe présenté par le FeT et l'Al₂O₃, le deuxième groupe présenté par le FeO, le troisième groupe présenté par le MnO et le quatrième groupe présenté par le MgO (Annexe II : Tableaux 9 à 13).

La comparaison des teneurs de chaque métal entre différents sites se fait par application du test de Tukey. Pour les oxydes des métaux : FeT, MgO, la comparaison montre qu'il existe 5 classes : classe A regroupe le site d'El Bouni, classe B regroupe le site de Sidi Amar, classe C regroupe le site de Néchmaya, classe D regroupe le site de Guelma, et classe E regroupe le site du PNK. Ainsi que l'Al₂O₃ présente 5 classes : classe A regroupe le site d'El Bouni, classe B regroupe le site de Néchmaya, classe C regroupe le site de Sidi Amar, classe D regroupe le site de Guelma et classe E regroupe le site du PNK. Cependant, le MnO a été présenté par 3 classes : classe A englobe les deux sites : El Bouni et Sidi Amar, classe AB englobe le site de Guelma et classe B englobe les deux sites : Néchmaya et le PNK. Finalement, le FeO englobe 4 classes : classe A présentée par le site d'El Bouni, classe B présentée par le site de Guelma, classe C présentée par le site de Sidi Amar et classe D présentée par les deux sites : Néchmaya et le PNK (Tab. 25, Fig. 25) (Annexe II : Tableaux : 14 à 18).

Tableau 25 : Teneurs (%) des métaux dans les sols des différents sites (Avril 2012). Test de Tukey : *pour un même métal, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05).*

Site/Métal	FeT	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO
El Bouni	10,13 ± 0,23 A	6,11 ± 0,01 A	1,08 ± 0,043 A	0,97 ± 0,01 A	0,33 ± 0,023 A
Sidi Amar	7,03 ± 0,15 B	3,79 ± 0,036 C	0,75 ± 0,04 C	0,85 ± 0,01 B	0,33 ± 0,032 A
Guelma	3,95 ± 0,05 D	3,36 ± 0,015 D	0,88 ± 0,020 B	0,09 ± 0,003 D	0,30 ± 0,015 AB
Néchmaya	6,47 ± 0,06 C	4,48 ± 0,036 B	0,54 ± 0,020 D	0,48 ± 0,015 C	0,27 ± 0,026 B
PNK	3,23 ± 0,20 E	3,13 ± 0,02 E	0,48 ± 0,02 D	0,06±0,002 E	0,24 ± 0,015 B

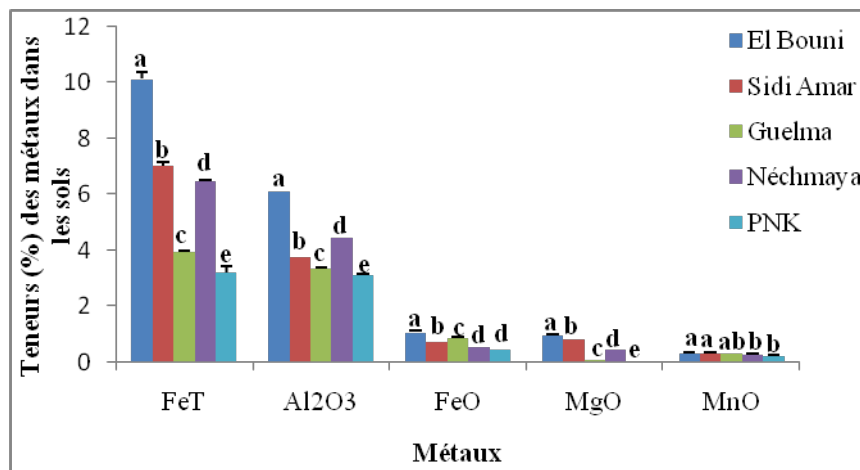


Figure 25. Teneurs (%) de chaque métal dans les sols des différents sites (n = 3) (Avril 2012). Test de Tukey : les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

3. 6. Variation mensuelle de l'activité des biomarqueurs :

3. 6. 1. Taux du glutathion :

La variation mensuelle du taux de GSH hépatopancréatique a été évaluée chez les espèces *H. aspersa* et *H. aperta* adultes durant la période s'étalant du novembre 2012 à juin 2013. La détermination du taux de GSH a été réalisée selon la méthode de Weckberker & Cory (1988) exprimée en ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines).

Chez *H. aspersa*, le taux de GSH le plus élevé est enregistré en novembre ($2,820 \pm 0,03 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) et diminue progressivement en février ($1,940 \pm 0,17 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) jusqu'à un taux plus faible marqué en juin ($1,551 \pm 0,05 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance à un critère de classification (mois) (Annexe II : Tableau : 19) révèle un effet mois ($F_{7, 16} = 55,37$, $p < 0,001$) hautement significatif.

La comparaison des taux de GSH entre les différents mois par application de test de Tukey permet de distinguer six groupes : le premier groupe englobe le mois de novembre, le deuxième groupe englobe décembre, le troisième groupe englobe janvier, le quatrième groupe englobe février, le cinquième groupe englobe les mois : mars, avril et mai, et le sixième groupe a été enregistré en juin (Fig. 26).

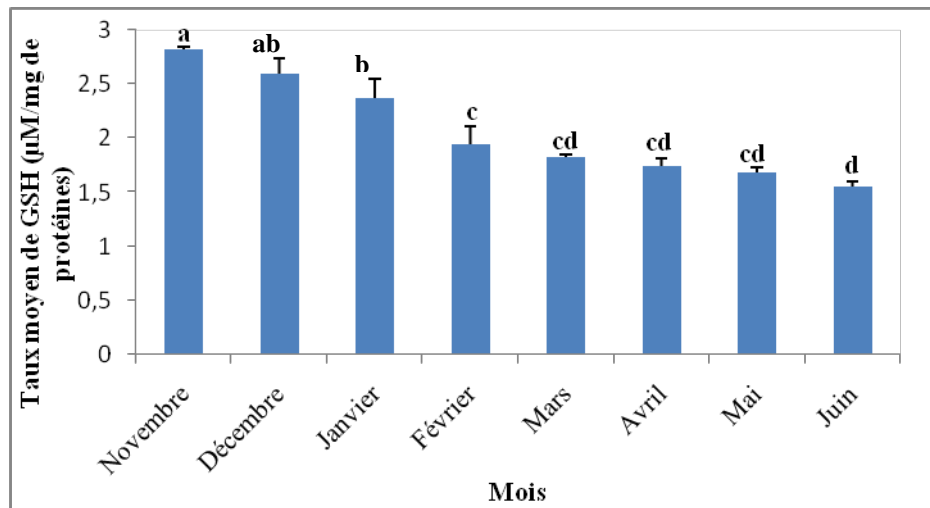


Figure 26. Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aspersa* adulte récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Chez *H. aspersa*, le taux de GSH le plus élevé est enregistré en novembre ($3,020 \pm 0,11 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), tandis que le taux le plus faible a été noté en juin ($1,580 \pm 0,05 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance à un critère de classification (mois) (Annexe II : Tableau : 20) indique un effet mois ($F_{7, 16} = 90,02$, $p < 0,001$) hautement significatif.

La comparaison des taux de GSH entre les différents mois par application du test de Tukey indique l'existence de six groupes : le premier groupe englobe les mois : novembre et décembre, le deuxième groupe englobe janvier, le troisième groupe englobe février, le quatrième groupe englobe mars, le cinquième groupe englobe les mois : avril et mai, et le sixième groupe englobe juin (Fig. 27).

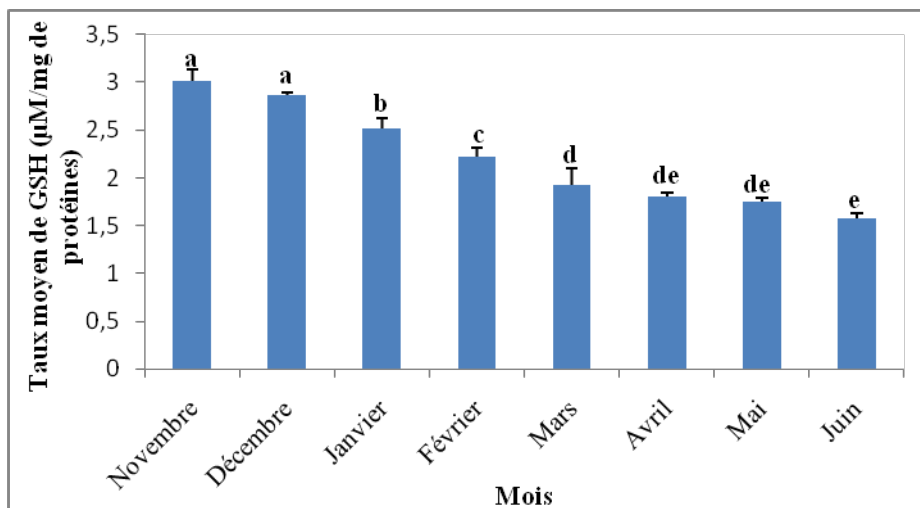


Figure 27. Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aperta* adulte récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3. 6. 2. Activité de l'acétylcholinestérase

La variation mensuelle de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase a été déterminée dans les tissus des têtes des escargots : *H. aspersa* et *H. aperta* adultes durant la période s'étalant du novembre 2012 à juin 2013. La détermination de l'activité spécifique de l'AChE a été réalisée selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961), elle est exprimée en $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines.

Chez *H. aspersa*, l'activité spécifique de l'AChE la plus élevée est enregistrée en novembre ($1,630 \pm 0,15 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) et diminue progressivement jusqu'à une valeur plus faible observée en juin ($0,530 \pm 0,09 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance à un critère de classification (mois) (Annexe II: Tableau : 21) révèle un effet mois ($F_{7, 16} = 32,33$, $p < 0,001$) hautement significatif.

La comparaison de l'activité spécifique de l'AChE entre les différents mois par application du test de Tukey montre qu'il existe sept groupes : le premier groupe a été enregistré en novembre, le deuxième groupe a été noté en décembre, le troisième groupe englobe janvier, le quatrième groupe englobe février, le cinquième groupe englobe les mois : mars et avril, le sixième groupe a été enregistré en mai et le septième groupe a été marqué en juin (Fig. 28).

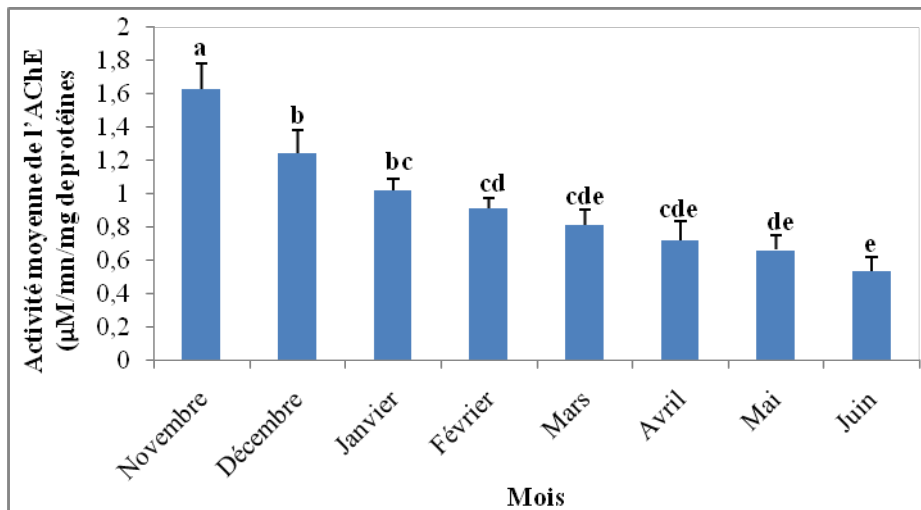


Figure 28. Activité moyenne de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d'*H. aspersa* adulte, récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Chez *H. aperta*, l'activité spécifique de l'AChE la plus élevée est marquée en novembre ($1,560 \pm 0,04 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) et se diminue à une activité très faible notée en juin ($0,580 \pm 0,07 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance à un critère de classification (Annexe II : Tableau : 22) révèle un effet mois hautement significatif ($F_{7, 16} = 100,26$, $p < 0,001$).

La comparaison de l'activité spécifique de l'AChE entre les différents mois par application de test de Tukey montre qu'il existe sept groupes : le premier groupe a été noté en novembre, le deuxième groupe englobe les mois : décembre et janvier, le troisième groupe englobe février, le quatrième groupe englobe mars, le cinquième groupe englobe avril, et le sixième groupe englobe mai et le septième groupe englobe juin (Fig. 29).

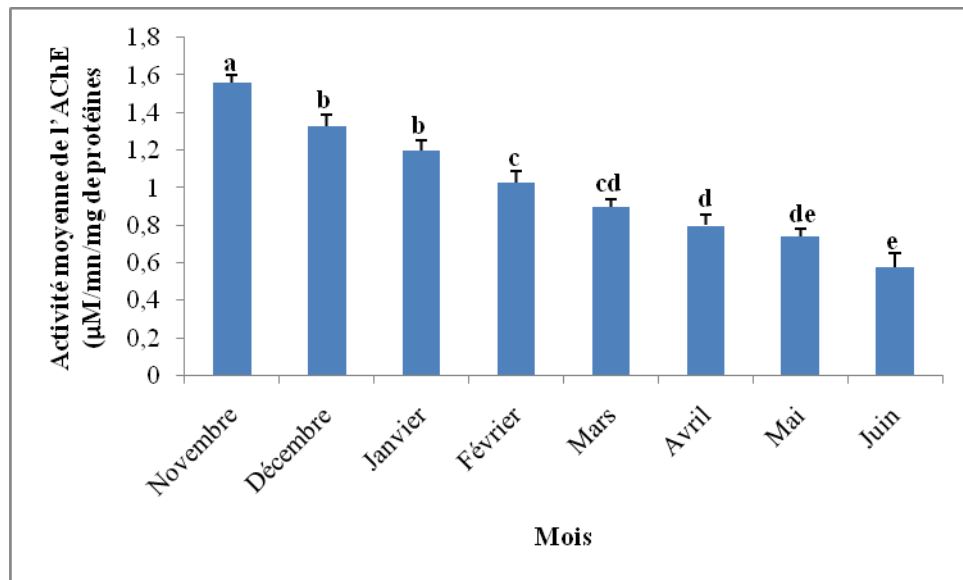


Figure 29. Activité moyenne de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d'*H. aperta* adulte, récolté dans le PNK (Novembre 2012 - Juin 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3. 7. Toxicité du thiaméthoxam sur *Helix aspersa* et *Helix aperta*

3. 7. 1. Traitement par ingestion

Les escargots exposés au thiaméthoxam ont montré une série de symptômes, tels que la sécrétion du mucus et le refus de la nourriture, de sorte que les escargots ne sont pas attirés par la nourriture comparativement aux escargots témoins. À des concentrations élevées 800 et 1600 mg/L, les escargots ont passé la plupart de leur temps au sommet des boîtes sans montrer ses activités habituelles soit de locomotion et/ou de nutrition après 48 h d'exposition, ceci comparativement avec les escargots témoins. À la concentration (400 mg/L) de thiaméthoxam la plupart des escargots refusent la consommation de la laitue traitée offerte comme nourriture après 48 h d'exposition. Cependant, dans les faibles concentrations (100 et 200 mg/L), la plupart des animaux ont montré une activité normale pendant toute la période expérimentale. Après 96 h d'exposition au thiaméthoxam, aucune mortalité n'a été enregistrée chez les individus traités.

3. 7. 1. 1. Effet du traitement sur les biomarqueurs

3. 7. 1. 1. 1. Taux du glutathion

L'effet de thiaméthoxam sur le taux de glutathion hépatopancréatique a été évalué chez les deux espèces *H. aspersa* et *H. aperta* traitées par les concentrations 400, 800 et 1600 mg/L d'insecticide.

Comparaison du taux de GSH entre témoins et traités

La comparaison du taux de GSH entre le groupe témoin et les groupes traités par différentes concentrations chez *H. aspersa* est mentionnée dans le tableau 26. L'ANOVA à un critère de classification (concentration) révèle un effet traitement très significatif ($F_{1, 4} = 84$, $p < 0,01$) entre le groupe témoin et le groupe traité par la concentration 400 mg/L de thiaméthoxam, et un effet traitement hautement significatif entre le groupe témoin et les groupes traités par les concentrations 800 mg/L ($F_{1, 4} = 117,54$, $p < 0,001$) et 1600 mg/L ($F_{1, 4} = 969,98$, $p < 0,001$). De plus, le test de Tukey montre qu'il existe deux groupes : le premier groupe englobe le groupe témoin et le deuxième groupe englobe le groupe traité par chaque concentration (Annexe II : Tableaux : 23, 24 et 25).

Tableau 26: Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aspersa* adulte témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Concentrations (mg/L)	Témoins	Traités	P
400	1,771 \pm 0,110 a	1,617 \pm 0,029 b	0,001**
800	1,771 \pm 0,110 a	1,364 \pm 0,065 b	0,000***
1600	1,771 \pm 0,110 a	0,706 \pm 0,059 b	0,000***

NS: non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$).

Concernant l'espèce *H. aperta*, l'ANOVA à un critère de classification (concentration) révèle un effet traitement hautement significatif entre le groupe témoin et les groupes traités par les concentrations 400 mg/L ($F_{1, 4} = 344,08$, $p < 0,001$), 800 mg/L ($F_{1, 4} = 2452,57$, $p < 0,001$) et 1600 mg/L ($F_{1, 4} = 2026,69$, $p < 0,001$). Ainsi, le test de Tukey montre qu'il existe deux groupes : le premier groupe englobe le groupe témoin et le deuxième groupe englobe le groupe traité par chaque concentration (Tableau 27) (Annexe II : Tableaux : 26, 27 et 28).

Tableau 27: Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aperta* adulte témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Concentrations (mg/L)	Témoins	Traités	P
400	1,800 \pm 0,119 a	1,523 \pm 0,025 b	0,000**
800	1,800 \pm 0,119 a	1,199 \pm 0,021 b	0,000***
1600	1,800 \pm 0,119 a	0,500 \pm 0,050 b	0,000***

NS: non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$).

Effet comparé de l'insecticide sur le taux de GSH :

Le traitement par le thiaméthoxam à différentes concentrations (400, 800 et 1600 mg/L) induit une inhibition du taux de GSH dans l'hépatopancréas de ces mollusques. Le taux de GSH se réduit significativement ($p < 0,05$) après 96 heures d'exposition dans les trois concentrations testées comparativement avec les témoins. Une faible inhibition de GSH (8,69 % à 15,38 %) a été notée dans la concentration 400 mg/L avec un taux élevé de GSH ($1,617 \pm 0,029 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines chez *H. aspersa* et $1,523 \pm 0,025 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines chez *H. aperta*). Cependant, une inhibition maximale de GSH a été marquée dans la concentration 1600 mg/L pour atteindre une valeur de 60,13 % chez *H. aspersa* et 72,22 % chez *H. aperta* avec un taux très faible de GSH varie de $0,706 \pm 0,059$ et $0,500 \pm 0,050 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines respectivement pour les deux espèces ceci comparativement aux escargots témoins (Tableau 28).

Tableau 28: Pourcentage d'inhibition (%) du taux de glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d' *H. aspersa* et d'*H. aperta* adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$).

Concentrations (mg/L)	Taux moyen de GSH		Inhibition (%)	
	<i>H. aspersa</i>	<i>H. aperta</i>	<i>H. aspersa</i>	<i>H. aperta</i>
400	1,617 \pm 0,029	1,523 \pm 0,025	8,69	15,38
800	1,364 \pm 0,065	1,199 \pm 0,021	22,98	33,38
1600	0,706 \pm 0,059	0,500 \pm 0,050	60,13	72,22

De plus, l'ANOVA à deux critères de classification (espèce, concentration) révèle un effet espèce ($F_{1, 12} = 53,05$, $p < 0,001$) et un effet traitement (concentration) ($F_{2, 12} =$

727,39, $p < 0,001$) hautement significatif. L'interaction espèce*concentration n'est pas significative ($F_{2, 12} = 2,36$, $p > 0,05$) (Tableau 29).

Tableau 29: Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aspersa* et d'*H. aperta* adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Analyse de la variance à deux critères de classification.

Sources	DL	SC	SC ajust	CM ajust	F	P
Espèce	1	0,10780	0,10780	0,10780	53,05	0,000***
Concentration	2	2,95653	2,95653	1,47827	727,39	0,000***
Espèce*concentration	2	0,00957	0,00957	0,00479	2,36	0,137 NS
Erreur résiduelle	12	0,02439	0,02439	0,00203		
Total	17	3,09829				

NS: non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$).

La comparaison de la variation du taux de GSH par application du test de Tukey entre concentrations pour la même espèce (*H. aspersa*, *H. aperta*) montre qu'il existe trois groupes : le premier groupe englobe la concentration 400 mg/L, le deuxième groupe englobe la concentration 800 mg/L, et le troisième groupe englobe la concentration 1600 mg/L (Annexe II : Tableaux : 29 et 30).

D'une autre part, la comparaison de la variation du taux de GSH par application du test de Tukey entre espèces (*H. aspersa* et *H. aperta*) pour la même concentration (400, 800 et 1600 mg/L) indique qu'il existe deux classes : classe A présente l'espèce *H. aspersa* et classe B présente l'espèce *H. aperta* (Tableau 30) (Annexe II : Tableaux : 31, 32 et 33). Il existe une différence significative de l'inhibition et la réduction de GSH entre les deux espèces, ainsi que *H. aperta* présente une forte inhibition comparativement avec *H. aspersa*.

Tableau 30: Taux moyen du glutathion ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mesuré dans l'hépatopancréas d'*H. aspersa* et d'*H. aperta* adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Espèce/Concentrations (mg/L)	400	800	1600
<i>H. aspersa</i>	1,617 \pm 0,029 a A	1,364 \pm 0,065 b A	0,706 \pm 0,059 c A
<i>H. aperta</i>	1,523 \pm 0,025 a B	1,199 \pm 0,021 b B	0,500 \pm 0,050 c B

Les lettres en minuscules comparent les moyennes d'une même espèce entre les concentrations ; tandis que les lettres en majuscules comparent les moyennes d'une même concentration entre les espèces.

3. 7. 1. 1. 2. Activité de l'acétylcholinestérase

Comparaison de l'activité de l'AChE entre témoins et traités

La comparaison de l'activité de l'AChE entre le groupe témoin et les groupes traités par différentes concentrations chez *H. aspersa* est mentionnée dans le tableau 31. L'ANOVA à un critère de classification (concentration) révèle un effet traitement significatif ($F_{1,4} = 18,75$, $p < 0,05$) entre le groupe témoin et le groupe traité par la concentration 400 mg/L de thiaméthoxam, et un effet traitement hautement significatif entre le groupe témoin et les groupes traités par les concentrations 800 mg/L ($F_{1,4} = 1209,14$, $p < 0,001$) et 1600 mg/L ($F_{1,4} = 2880,57$, $p < 0,001$). De plus le test de Tukey montre qu'il existe deux groupes : le premier groupe englobe le groupe témoin et le deuxième groupe englobe le groupe traité par chaque concentration (Annexe II : Tableaux : 34, 35 et 36).

Tableau 31: Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d'*H. aspersa* témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). ANOVA à un critère de classification. Test de Tukey : *les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes* ($p > 0,05$).

Concentrations (mg/L)	Témoins	Traités	P
400	$0,780 \pm 0,030$ a	$0,733 \pm 0,023$ b	0,012*
800	$0,780 \pm 0,030$ a	$0,475 \pm 0,018$ b	0,000***
1600	$0,780 \pm 0,030$ a	$0,308 \pm 0,014$ b	0,000***

NS: non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$).

La comparaison de l'activité de l'AChE entre le groupe témoin et les groupes traités par différentes concentrations chez *H. aperta* est illustrée dans le tableau 32. L'ANOVA à un critère de classification (concentration) révèle un effet traitement hautement significatif entre le groupe témoin et les groupes traités par les concentrations 400 mg/L ($F_{1,4} = 169$, $p < 0,001$), 800 mg/L ($F_{1,4} = 730,32$, $p < 0,001$) et 1600 mg/L ($F_{1,4} = 694,23$, $p < 0,001$). De plus le test de Tukey indique qu'il existe deux groupes : le premier groupe englobe le groupe témoin et le deuxième groupe englobe le groupe traité par chaque concentration (Annexe II : Tableaux : 37, 38 et 39).

Tableau 32: Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans la tête d'*H. aperta* témoin et traité par le thiaméthoxam, récolté dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). ANOVA à un critère de classification. Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Concentrations (mg/L)	Témoins	Traités	P
400	0,830 \pm 0,09 a	0,577 \pm 0,037 b	0,000***
800	0,830 \pm 0,09 a	0,355 \pm 0,031 b	0,000***
1600	0,830 \pm 0,09 a	0,200 \pm 0,042 b	0,000***

NS: non significatif, * significatif ($P < 0,05$), ** très significatif ($P < 0,01$), *** hautement significatif ($P < 0,001$)

Effet comparé de l'insecticide sur l'activité de l'AChE:

Le traitement par le thiaméthoxam à différentes concentrations (400, 800 et 1600 mg/L) induit une inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase dans la tête des escargots.

L'activité de l'AChE se diminue significativement ($p < 0,05$) après 96 h d'exposition dans les trois concentrations testées, une faible inhibition de l'AChE a été marquée dans la concentration 400 mg/L d'une valeur varie de 6,02 % chez *H. aspersa* et 30,48 % chez *H. aperta*, en marquant une activité élevée de l'AChE (0,733 \pm 0,023 et 0,577 \pm 0,037 $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines), respectivement pour les deux espèces.

Cependant, une inhibition maximale de l'AChE a été enregistrée dans la concentration 1600 mg/L avec une valeur de 60,51 % chez *H. aspersa* et 75,90 % chez *H. aperta*, ceci correspond à une activité très faible de l'AChE varie de 0,308 \pm 0,014 et 0,200 \pm 0,042 $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, respectivement pour les deux espèces, comparativement aux escargots témoins (Tableau 33).

Tableau 33: Pourcentage d'inhibition (%) de l'activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d'*H. aspersa* et d'*H. aperta*, traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$).

Concentrations (mg/L)	Activité moyenne de l'AChE		Inhibition (%)	
	<i>H. aspersa</i>	<i>H. aperta</i>	<i>H. aspersa</i>	<i>H. aperta</i>
400	0,733 \pm 0,023	0,577 \pm 0,037	6,02	30,48
800	0,475 \pm 0,018	0,355 \pm 0,031	39,10	57,22
1600	0,308 \pm 0,014	0,200 \pm 0,042	60,51	75,90

De plus, l'ANOVA à deux critères de classification (espèce, concentration) révèle un effet espèce ($F_{1, 12} = 89,34$, $p < 0,001$) et un effet traitement (concentration) ($F_{2, 12} = 296,53$, $p < 0,001$) hautement significatif. L'interaction espèce*concentration n'est pas significative ($F_{2, 12} = 1,11$, $p > 0,05$) (Tableau 34).

Tableau 34: Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d'*H. aspersa* et d'*H. aperta* traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm SD$; $n = 5$). Analyse de la variance à deux critères de classification.

Source	DDL	SCE	SC ajust	CM ajust	F	P
Espèce	1	0,07373	0,07373	0,07373	89,34	0,000***
Concentration	2	0,48945	0,48945	0,24472	296,53	0,000***
Espèce*Concentration	2	0,00182	0,00182	0,00091	1,11	0,363 NS
Erreur	12	0,00990	0,00990	0,00083		
Total	17	0,57490				

NS : non significatif ; * significatif ($p < 0,05$) ; **très significatif ($p < 0,01$) ; *** hautement significatif ($p < 0,001$).

La comparaison de la variation de l'activité de l'acétylcholinestérase par application du test de Tukey entre concentrations (400, 800 et 1600 mg/L) pour la même espèce (*H. aspersa*, *H. aperta*) montre qu'il existe trois groupes : le premier groupe englobe la concentration 400 mg/L, le deuxième groupe englobe la concentration 800 mg/L et le troisième groupe englobe la concentration 1600 mg/L, respectivement pour les deux espèces (Annexe II : Tableaux : 40 et 41).

D'un autre coté, la comparaison de la variation de l'activité de l'AChE par le test de Tukey entre espèces pour la même concentration montre qu'il existe deux classes : classe A regroupe l'espèce *H. aspersa* et classe B regroupe l'espèce *H. aperta* (Tableau 35) (Annexe II : Tableaux : 42, 43 et 44).

Il existe une différence significative de la diminution et l'inhibition de l'activité de l'AChE entre les deux espèces, ainsi que *H. aperta* présente une forte inhibition ou l'activité de l'AChE est plus faible de $0,200 \pm 0,042 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines dans la concentration 1600 mg/L comparativement avec *H. aspersa*.

Tableau 35: Activité de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) mesurée dans les têtes d'*H. aspersa* et d'*H. aperta* traités par le thiaméthoxam, récoltés dans le PNK (Mars, Avril et Mai 2013) ($m \pm \text{SD}$; $n = 5$). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Espèces/Concentrations (mg/L)	400	800	1600
<i>H. aspersa</i>	0,733 \pm 0,023 a A	0,475 \pm 0,018 b A	0,308 \pm 0,014 c A
<i>H. aperta</i>	0,577 \pm 0,037 a B	0,355 \pm 0,031 b B	0,200 \pm 0,042 c B

Les lettres en minuscules comparent les moyennes d'une même espèce entre les concentrations, tandis que les lettres en majuscules comparent les moyennes d'une même concentration entre les espèces.

3. 7. 2. Traitement par application topique

3. 7. 2. 1. Effet du traitement sur les escargots

Les escargots exposés au thiaméthoxam, dès les premières 24 heures les mêmes symptômes ont été observés chez tous les individus traités: la sécrétion du mucus, ils seront inactifs et immobiles, avec un refus de la nourriture. Puis certains escargots sont morts. Par contre les escargots témoins font leurs activités (nourriture, locomotion) d'une manière naturelle et les mortalités enregistrées sont naturelles peut être dues à la non adaptation aux vivre dans les boites.

3. 7. 2. 2. Mortalités corrigées observées chez les deux espèces traitées

Chez les juvéniles

Après 24 heures d'exposition chez les juvéniles des deux espèces, le pourcentage de mortalités corrigées est très faible dans toutes les doses traitées, essentiellement pour les concentrations 52 et 70 $\mu\text{g}/\text{escargot}$, on a marqué un taux de mortalités corrigées varie de 0 à 1 %. Après 48 heures, ce pourcentage commence à s'élever particulièrement à partir de la dose 100 $\mu\text{g}/\text{escargot}$. Finalement après 96 heures, pour chaque dose de traitement, le taux de mortalités atteindra son maximum, mais ce taux varie d'une concentration à l'autre selon sa toxicité, c'est la dose 240 $\mu\text{g}/\text{escargot}$ qui présente un taux plus élevé de mortalités corrigées comparativement aux autres doses et aux témoins.

On a observé que l'espèce *H. aperta* présente un pourcentage très élevé de mortalités corrigées qui arrive à 9,09 % dans la dose 240 $\mu\text{g}/\text{escargot}$ après 96 h

d'exposition comparativement à l'espèce *H. aspersa*, et la même observation notée pour les autres doses testées (Tab. 36, Fig. 30).

Tableau 36 : Mortalités corrigées (%) (96 h) observées chez les escargots juvéniles traités par le thiaméthoxam, récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) (n = 10).

Taitement ($\mu\text{g}/\text{escargot}$)	Mortalités corrigées (%)	
	<i>Helix aspersa</i>	<i>Helix aperta</i>
0 (Témoins)	1	1
52	2,02	2,02
70	2,35	3,03
100	3,03	5,38
150	5,38	8,41
240	7,07	9,09

Chez les adultes

On a enregistré des mortalités qu'après 48 heures d'exposition pour les individus traités par la dose 720 $\mu\text{g}/\text{escargot}$ chez les deux espèces *H. aspersa* et *H. aperta*. D'autre part, on a recordé un faible taux de mortalités corrigées chez les individus traités par les doses 720 et 1000 $\mu\text{g}/\text{escargot}$. Puis, le pourcentage de mortalités s'augmente significativement à partir de la dose 2000 $\mu\text{g}/\text{escargot}$, où il arrive à un taux maximal essentiellement chez les escargots traités par la concentration 3200 $\mu\text{g}/\text{escargot}$ après 96 h d'exposition. Après 96 h d'exposition, le pourcentage de mortalités corrigées noté chez l'espèce *H. aperta* est très élevé par rapport à celui de l'espèce *H. aspersa* (Tab. 37, Fig. 30).

Tableau 37 : Mortalités corrigées (%) (96 h) observées chez les escargots adultes traités par le thiaméthoxam, récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) (n = 10).

Taitement ($\mu\text{g}/\text{escargot}$)	Mortalités corrigées (%)	
	<i>Helix aspersa</i>	<i>Helix aperta</i>
0 (Témoin)	0	1
720	1,66	2,02
1000	3	4,04
2000	7	6,73
3200	7,33	9,09

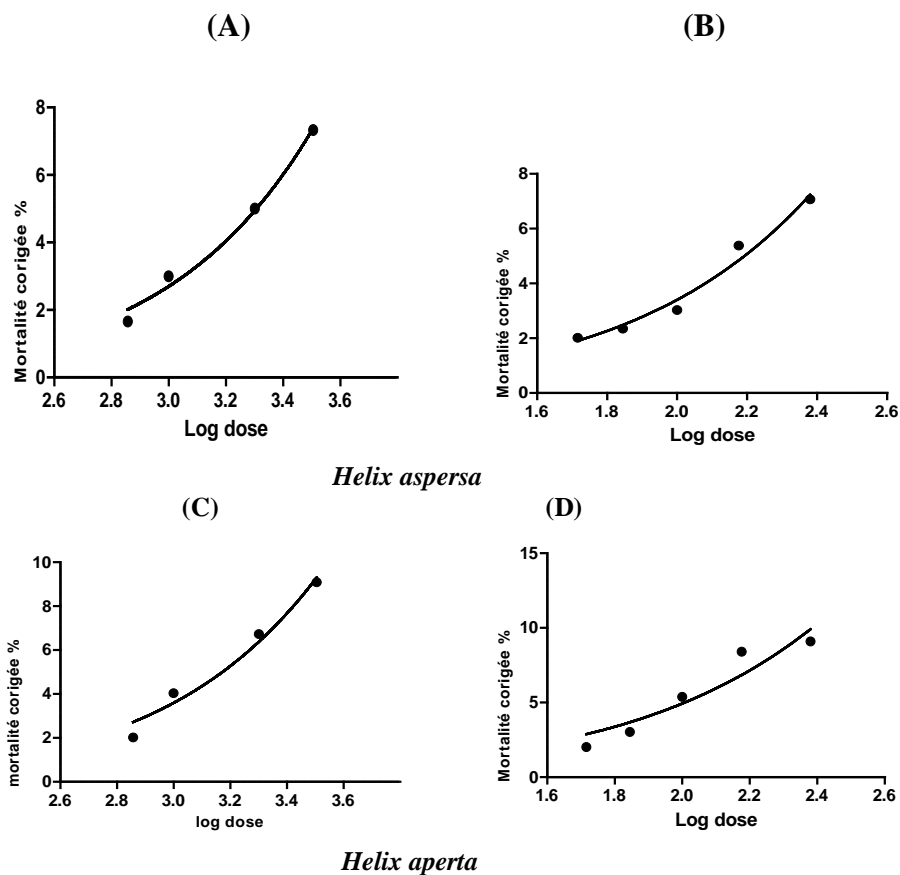


Figure 30. Mortalités corrigées (%) (96H) observées chez *H. aspersa* (A: adultes, B: juvéniles) et *H. aperta* (C : adultes, D : juvéniles) récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013) (n = 10).

3. 7. 2. 3. Les doses (DL₁₀ et DL₅₀) obtenues chez les deux espèces traitées

Les résultats obtenus de l'analyse de mortalités corrigées du traitement des escargots par le thiaméthoxam pendant 96 h montrent que chez les adultes, la dose sublétales DL₁₀ de thiaméthoxam établie est de 4612 µg/escargot chez *H. aspersa*, et 3508 µg/escargot chez *H. aperta*, tandis que la DL₁₀ retenue chez les juvéniles est variée de 354,1 µg/escargot et 242,6 µg/escargot respectivement pour *H. aspersa* et *H. aperta*. Concernant la dose létale DL₅₀ de thiaméthoxam obtenue chez les adultes, elle est de 51850 µg/escargot chez *H. aspersa* et 43830 µg/escargot chez *H. aperta*. Toutefois, chez les juvéniles la DL₅₀ retenue chez *H. aspersa* est de 3978 µg/escargot et 3138 µg/escargot chez *H. aperta*. Les valeurs de DL₁₀ et DL₅₀ trouvées ne sont pas dans la gamme de concentrations testées lors du traitement, ceci revient à la nature

toxique de l'insecticide. Les valeurs des doses DL₁₀ et DL₅₀ sont mentionnées dans le tableau 38.

Tableau 38 : Toxicité aiguë (DL₁₀ et DL₅₀) (96 h) de thiaméthoxam sur *H. aspersa* et *H. aperta* (juvéniles et adultes) récoltés au niveau du PNK (Mars, Avril et Mai 2013), (DL, IC, n = 10).

Concentrations (µg/escargot)	<i>H. aspersa</i>		<i>H. aperta</i>	
	Juveniles	Adultes	Juveniles	Adultes
DL₁₀ (IC)	354,1 (264,2 - 474,5)	4612 (3342 - 6365)	242,6 (151,4 - 388,8)	3508 (2369-5195)
DL₅₀ (IC)	3978 (1379 - 11475)	51850 (14807 - 181569)	3138 (329,3 - 29899)	43830 (6642-289220)
Hill Slope (IC)	0,9083 (0,6087-1,208)	0,9081 (0,5434 - 1,273)	0,8584 (0,2161 - 1,501)	0,8701 (0,3192 - 1,421)

* : IC : intervalle de confiance.

4. DISCUSSION

4. 1. Inventaire des gastéropodes terrestres

La conservation de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources biologiques sont essentielles pour parvenir au développement durable. Le maintien d'une grande biodiversité dans l'environnement doit être un objectif primordial pour la production des activités (Caoduro *et al.*, 2014). Cependant, les activités humaines intensives ont provoqué une perte massive de biodiversité (Sen *et al.*, 2012). Concernant la biodiversité des invertébrés des sols et du milieu aquatique diminue très rapidement lorsque les conditions du sol, de l'eau et de l'air sont altérées par différentes causes telles que la pollution métallique, les pesticides organiques, les mauvaises pratiques des terres (Caoduro *et al.*, 2014). Plusieurs études ont mis en évidence la nécessité de la conservation de la biodiversité des mollusques à l'échelle mondiale (Bouchet, 1992 ; Herbert, 1998 ; Killeen & Seddon, 2004 ; Budha, 2005 ; Solymos & Feher, 2005 ; Régnier *et al.*, 2009). En outre, l'accélération de la baisse et des pertes de biodiversité ont diminué la capacité de nombreux écosystèmes à fournir des services, et ont eu de profondes répercussions négatives sur les possibilités de développement durable autour de la planète.

Plus de 35000 espèces de gastéropodes terrestres sont recensées à l'échelle mondiale (Barker, 2001). Les escargots terrestres représentent environ six pour cent du total des espèces sur terre (Clark & Mai, 2002). Certains inventaires de gastéropodes terrestres ont récemment été effectués dans différents biotopes en Algérie (Boudechiche, 2007 ; Damerdji, 2008 ; Damerdji *et al.*, 2005 ; Damerdji, 2013 ; Larba & Soltani, 2013). La présente étude menée dans quelques sites (Guelma, Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni et PNK) situés dans le Nord-Est de l'Algérie, montre une assez grande diversité de la faune malacologique, notamment dans le PNK. Ainsi, la richesse spécifique a été exprimée par deux espèces de limaces et 9 espèces d'escargots. Dans des études antérieures faites dans le Nord du pays ont signalé 13 espèces de gastéropodes pulmonés terrestres à El Kala (Boudechiche, 2007) et également dans d'autres sites de l'Est (El Hadjar, Sidi Kassi et El Kala) (Larba & Soltani, 2013). À l'Ouest du pays, des enquêtes ont été réalisées sur la malacofaune terrestre dans la région de Tlemcen, caractérisée par un climat aride (Damerdji *et al.*, 2005 ; Damerdji, 2008, 2009, 2010) ; la richesse spécifique de la malacofaune

observée varie de 8 à 19 selon les sites examinés. Récemment, Damerdji (2012) a mené une étude sur la faune malacologique de quatre plantes médicinales (romarin, thym, marrube et le ciste à feuilles de sauge) dans la même région ; la richesse malacologique sur le thym est estimée de 19, celle sur le romarin de 18, celle sur le ciste à feuilles de sauge de 11 et seulement de 7 sur le marrube. Auparavant, la diversité malacologique sur trois plantes xérophiiles comme le doum, le diss et le balai a été également étudiée (Damerdji, 2005). Enfin, Damerdji & Amara (2013) ont examiné la composition et la structure des gastéropodes terrestres dans la région de Naâma, située au Sud-Ouest algérien et la richesse spécifique rapportée est de quatre réparties entre deux familles ; Sphincterochilidae et Helicidae.

À travers le monde, Bigot (1965) a rapporté 8 espèces de gastéropodes terrestres dans la Sansouire camarguaise (France), tandis que 66 espèces ont été recensées dans la Virginie-Occidentale (Hotopp *et al.*, 2008), et 39 espèces dans une ville en voie d'urbanisation en Turquie (Kebapci, 2008). Jusqu'à ce jour, 1129 espèces d'escargots terrestres sont enregistrées en Inde (Sen *et al.*, 2012). Ainsi, la Bulgarie (Alibotush) considérée comme un réservoir de la diversité des espèces malacologiques, 44 gastéropodes terrestres ont été inventoriés (Dedov, 2008). En Arabie Saudia, Amr & Al-Shammari (2013) ont rapporté 5 espèces dans la région de Ha'il appartenant à cinq familles malacologiques (Subulinidae, Ferussaciidae, Hygromiidae, Helicidae et Pupillidae) tandis que plus récemment Neubert (1998) cite 11 nouvelles espèces. Dans la province de Taif (Arabie Saudia) El-Wakil *et al.* (2011) ont trouvé pour la première fois trois espèces : *Helix aspersa*, *Rumina decollata* et *Eobina vermiculata*, les aspects morphologiques et biologiques sont mentionnés. Enfin, Awad (2013) en Egypte (Port Said) a révélé l'existence de quatre espèces d'escargots terrestres.

L'étude révèle des différences dans les indices écologiques (richesse spécifique, constance, fréquence centésimale, indice de Shanon-Weaver et équitabilité) entre les sites retenus. En effet, concernant la constance, on a noté deux espèces omniprésentes (*H. aspersa* et *H. aperta*) dans tous les sites étudiés. Damerdji (2008) a rapporté trois espèces constantes et quatre espèces accidentelles dans le Sud de la région de Tlemcen. Sur l'ensemble des espèces malacologiques associées au Thym, on a analysé quatre espèces constantes, quatre espèces accessoires et 11 espèces accidentelles (Damerdji, 2010). De plus, à Naâma, située au Sud-Ouest algérien ; la richesse spécifique rapportée est de quatre, deux espèces sont constantes, une seule est accessoire et la dernière est accidentelle (Damerdji & Amara, 2013).

Notre étude révèle que l'indice de diversité de Shanon-Weaver est le plus élevé au PNK (3,05 bits) contre une valeur de 2,91 bits à El Kala par (Larba & Soltani, 2013) et 0,26 bits à Tlemcen (Damerdji, 2008). En ce qui concerne l'équitabilité, elle varie entre 0,85 et 0,91 (supérieures à 0,50) ce qui suggère que la répartition des différentes espèces des gastéropodes est en équilibre entre elles (Ramade, 1984). Des résultats similaires ont également été obtenus à El Kala (Larba & Soltani, 2013), tandis qu'à Tlemcen, située dans une étage bioclimatique aride, l'équitabilité est inférieure à 0,50 (Damerdji, 2008). Puente (1997) étudie la biodiversité des gastéropodes dans la région méditerranéenne (Espagne), il indique que l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'équitabilité sont en rapport avec la richesse des espèces.

Concernant la nutrition des mollusques, l'inventaire de la flore montre la pullulation des gastéropodes sur certaines espèces botaniques dominantes dans les sites d'étude appartenant à trois familles (Asteraceae, Poaceae (Gramineae) et Europhobiaceae). Ainsi, les espèces *Picris inermis* et *Urospermum dalichampii* appartenant à la famille des Asteraceae, présentent une grande infestation des gastéropodes comparativement aux autres espèces. À Tlemcen, Damerdji (2013) trouve que la malacofaune associée aux quatre plantes médicinales (thym, romarin, lavande et marrube) se rapporte à quatre familles, à savoir Milacidae, Sphincterochilidae, Helicidae et Subulinidae. La famille des Milacidae est présente uniquement dans le marrube et la lavande. D'autre part, *Sphincterochila candidissima* (Sphincterochilidae) est absente sur le marrube. L'impact du traitement de l'alimentation en ajoutant différents produits (minéraux et additifs, comme les oligo-éléments et vitamines, le phosphate de calcium) sur la reproduction et les processus thermophysiological chez les escargots *H. aspersa* et *H. pomatia* a été étudié (Nicolai, 2010).

L'étude biométrique des espèces récoltées au niveau des cinq sites d'étude montrent que le poids moyen ($10,94 \pm 3,27$ g) et le diamètre ($33,51 \pm 8$ mm) de la coquille les plus importants ont été enregistrés chez *H. aspersa* au PNK confirmant des observations antérieures (Larba & Soltani, 2013). L'espèce *H. aspersa* est également la plus volumineuse dans la région Nord-Est du pays, suivie par l'espèce *H. aperta*. Les espèces *M. nigricans*, *M. gagates*, *Ferussacia sp.*, *C. barbara*, *H. virgata* et *T. elegans* sont caractérisées par un faible poids et un diamètre relativement réduit. Dans la région de Tlemcen, la taille maximale des gastéropodes est enregistrée en période hivernale (Damerdji, 2001, 2012). Les facteurs abiotiques et biotiques restent

importants dans la variation de la taille des gastéropodes terrestres (Riddle, 1986) ; de même, Damerdji (2001) prouve que ces facteurs influencent la taille des coquilles de *Sphincterochila candidissima*. Généralement, les tailles maximales des gastéropodes ont été remarquées chez les populations du PNK en accordant Larba & Soltani (2013). Certains caractères particuliers, comme la taille et la couleur, distinguent les espèces susceptibles de s'élever en altitude (Damardji, 2010). La richesse spécifique, la fréquence, et l'abondance varient selon les sites et suivant les saisons et les mois (Damerdji, 2010). Damerdji (2008) montre que les variations mensuelles et saisonnières des facteurs climatiques influencent la taille et la distribution des gastéropodes entre les différents sites de Tlemcen.

L'inventaire des pulmonés terrestres réalisé dans les cinq sites révèle la présence de 11 espèces appartenant à cinq familles malacologiques (Milacidae, Helicidae, Cochlicellidae, Subulinidae et Ferussaciidea). La famille des Helicidae est présentée par deux sous familles : Helicinae et Helicellinae, c'est la famille la plus riche en espèces malacologiques dans tous les sites, parallèlement aux résultats obtenus par (Damerdji, 2013).

Nos résultats indiquent que *H. aspersa* est l'espèce la plus dominante dans l'ensemble des sites particulièrement au PNK (21%). Cette valeur est similaire à celle obtenue au PNK par Boudechiche (2007) et Larba & Soltani (2013). Cette espèce présente une grande saveur culinaire et est connue pour être indigène aux rivages de la mer Méditerranée (Chevallier, 1992), suivie par l'espèce *H. aperta* (14 à 21%). Cependant, la famille des Milacidae représentée par deux espèces : *M. gagates* et *M. nigricans*, se caractérise par un faible pourcentage dans tous les sites. En outre, les espèces *T. elegans* et *Ferussacia sp.* sont présentes dans certains sites et absentes dans d'autres. La présence ou l'absence de certaines espèces de gastéropodes peut être attribuée à l'influence des conditions environnementales, y compris le sol et les paramètres climatiques (Bonavita, 1964 ; Ondina *et al.*, 2004).

Sur la base de nos observations, nous remarquons que les espèces à coquilles sombres (*H. aspersa*, *H. aperta*, *O. lactea*, *C. barbara*) sont plus abondantes au PNK, Sidi Amar et El Bouni, respectivement. Ces sites sont caractérisés par des valeurs élevées d'humidité et de précipitations, tandis que les espèces avec des coquilles claires (*D. alabastra zonata*, *T. elegans*, *R. decollata*, *H. virgata* et *Ferussacia sp.*) sont en revanche plus abondantes à Néchmaya et Guelma présentant un faible taux d'humidité. Ceci affirme les observations de Chevalier (1992).

La comparaison des cinq sites d'étude montre que le site PNK contient 10 espèces malacologiques avec un nombre plus important d'individus (4064). Le PNK est considéré comme un biotope idéal pour la survie des gastéropodes ; il se caractérise par des facteurs écologiques optimales (Boudechiche, 2007), tels que la température et l'humidité nécessaires pour l'élevage et la reproduction (Damerdji, 2012). Dans cette étude, au printemps, le nombre des gastéropodes inventoriés est très important suivi par l'hiver, et se diminue en été. Ainsi, Sacchi (1971) a montré qu'en hiver, un nombre important des gastéropodes terrestres a été recensé en Italie avec une richesse importante de 14 espèces malacologiques. La même valeur a été obtenue au printemps sur le romarin par Damerdji *et al.* (2005). Contrairement, en période estivale où les conditions climatiques seront défavorables (Ondina, 1988 ; Damerdji & Benyoucef, 2006 ; Boudchiche, 2007).

Les gastéropodes terrestres occupent une grande variété d'habitats et montrent de grandes différences dans l'histoire de la vie (de Vaufleury & Gimbert, 2009). Des variations au sein des espèces (paramètres biométriques: poids, hauteur et diamètre de la coquille) dépendent de l'habitat, de la saisonnalité, le climat, la tolérance écologique, l'adaptation et le stade de la vie des individus parentaux (de Vaufleury & Gimbert, 2009).

4. 2. Paramètres physico-chimiques de sols et pollution des sols

Plusieurs travaux s'intéressent à l'étude des relations entre les propriétés physico-chimiques des sols et la distribution des gastéropodes terrestres (Ondina *et al.*, 2004), particulièrement l'influence des différents variables écologiques (propriétés du sol, habitat, facteurs climatiques, etc.) sur la diversité et l'abondance des escargots terrestres (Anderson & Coppelino, 2007). Ainsi, des corrélations de ces facteurs (propriétés, végétation, topographie, climat) avec l'abondance et la diversité des gastéropodes terrestres observées sur chaque site ont été établies (Emberton, 1997 ; Nekola, 1999 ; Tattersfield *et al.*, 2001). Les escargots vivent en contact intime avec le sol et ils sont influencés par ses propriétés physico-chimiques. De nombreuses recherches ont utilisé des données similaires pour évaluer la façon dont les caractéristiques des sols affectent l'abondance et la diversité des escargots terrestres (Emberton *et al.*, 1996 ; Nekola & Smith, 1999).

La distribution et l'activité des escargots terrestres dépendent de plusieurs facteurs, y compris les précipitations, le pH du sol, la teneur en calcium et en matière organique, la densité du couvert végétal, etc. La disponibilité de calcium dans le sol est un facteur limitant majeur pour leur survie, car il est nécessaire pour la formation de leur coquille (Sen *et al.*, 2012). Plusieurs études ont montré que le calcium est positivement corrélé avec la richesse en espèces et la densité (Hotopp, 2002 ; Aravind, 2005). La teneur du sol en calcium a été montrée pour avoir une influence positive sur l'abondance et la distribution des gastéropodes (Coney *et al.*, 1982 ; Nation, 2005). En général, il a été montré que les escargots terrestres sont plus abondants dans les sols à pH élevé (alcalin) (Burch, 1955 ; Riggle, 1976 ; Nekola, 1999 ; Nekola & Smith, 1999 ; Tattersfield *et al.*, 2001). Dans les régions où le sol est généralement acide, la richesse des escargots est généralement élevée, mais l'abondance est faible. Riggle (1976) a trouvé une corrélation négative entre le pH et la diversité. Il a été montré une association positive de l'humidité du sol avec la présence des gastéropodes (Burch, 1955 ; Pearce & Örstan, 2006 ; Cameron, 1973 ; Nekola, 2003).

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure de la capacité du sol à retenir les éléments nutritifs ; elle peut avoir une influence sur l'abondance de la végétation et la diversité (Chapin *et al.*, 2002). La matière organique dans le sol fournit des nutriments essentiels pour la croissance des plantes et influe sur la capacité du sol à retenir l'humidité (Chapin *et al.*, 2002) et peut également influencer positivement l'abondance des gastéropodes terrestres (Burch, 1955).

La plupart des auteurs ont conclu que les facteurs édaphiques les plus importants sont le calcium, le pH et la texture (Ondina *et al.*, 1998). Ainsi, André (1982) et Hermida *et al.* (1994, 2000) ont constaté que le pH et le calcium sont les facteurs les plus importants, tandis que Johannessen & Solshøy (2001) montrent que la capacité d'échange de cations est l'importante. Tandis que Riballo (1990) et Outeiro *et al.* (1993) soulignent le rôle majeur de la texture.

En conclusion: selon Evans (1972), les caractéristiques du sol sont les principaux déterminants de la répartition des gastéropodes. En revanche, Bishop (1977) a suggéré que le premier déterminant est en rapport avec les caractéristiques de la litière ; le deuxième avec les propriétés du sol et le troisième avec le type de végétation.

La contamination de l'environnement par les métaux lourds a augmenté au cours des dernières décennies en raison de leur large utilisation étendue dans plusieurs

processus (agriculture, chimie, industrie et trafic routier) ; elle devenue une menace à la matière organique (Reichman, 2010), à la santé des êtres vivants (Carpenter, 1994) et à la qualité et la sécurité alimentaire (Agarwal, 2002 ; Ryu *et al.*, 2010).

Le sol est un système complexe se compose d'une phase liquide, d'une phase solide et d'une phase gazeuse (en interface avec l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère) (Rivière, 1998). Un sol est défini par sa texture (proportion relative de différents constituants minéraux et organiques tels que : sable, limon, argile, complexe argilo-humique, microflore et microfaune) et sa structure qui présente l'organisation spatiale de ces différents constituants (matière organique ou humus) qui contient les produits de décomposition partielle des végétaux, matière inorganique provenant de l'érosion des roches (Rivière, 1998).

Le transfert des métaux dans différents compartiments de la chaîne alimentaire est influencé par de nombreux facteurs : le type de métal, la spéciation des métaux et les caractéristiques de sols, notamment le pH, la teneur du sol en matière organique et en argile qui influencent fortement la spéciation des métaux et donc la biodisponibilité des métaux dans le sol (Portail, 2005).

Nos résultats révèlent que le pH_{eau} des sols des cinq sites est supérieur à 7,5, se sont des sols alcalins, ceci en accord avec Larba (2014) qui trouve que les sols de quelques sites du Nord-Est du pays sont alcalins au printemps (McBride, 1994). Plusieurs travaux de recherche affirment que la biodisponibilité des polluants dans le sol dépend du pH, la plupart des ETM sont plus mobiles en conditions acides qu'en conditions alcalines car la liaison des ETM à la phase solide du sol (par différents mécanismes : adsorption, précipitation, etc.) augmente avec le pH (Alloway, 1995). Donc l'acidité du sol est un facteur principal influençant la spéciation des ETM (Gimbert, 2006). La teneur en MO du sol peut être estimée à partir de l'évaluation du carbone organique, dans notre étude la teneur en MO est $> 5 \%$, ce sont des sols très riches en matière organique (Abiven *et al.*, 2009), avec une quantité plus élevée enregistrée au PNK ($7,69 \pm 0,19 \%$) sauf à El Bouni où la teneur est faible ($< 5 \%$), ceci est caractérisé par un faible apport ou par une forte activité biologique, c'est dans ces sols que le processus de minéralisation prédomine. L'augmentation des teneurs en matière organique et en matière argileuse diminue généralement la toxicité des métaux, Cd et Zn (Jäggy & Striet, 1982). La diminution de la teneur en matière organique des sols présente l'une des principales menaces des sols cultivés (European

Commission, 2002) et influence les propriétés fonctionnelles du sol (Loveland & Webb, 2003).

La porosité comprend deux paramètres : la densité apparente et la densité réelle ; la densité apparente indique l'état ou la condition de sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus (Duthil, 1971) ; la densité réelle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol. Les résultats obtenus indiquent que les sols se caractérisent par une porosité généralement assez faible entre (10 - 20 %), cependant à Guelma, le sol a une porosité faible < 10 %. La faible porosité correspond à la texture fine des sols qui sont riches en argile et limon (Kaouritchev, 1970).

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. Dans notre étude, le taux d'humidité du sol compris entre $41,66 \pm 8,02$ % et $67,7 \pm 10,73$ %, un taux faible a été enregistré à Sidi Amar ($41,66 \pm 8,02$ %) qui est de texture limono-argileuse, une texture argilo-limoneuse caractérise les sols des autres sites. Le pourcentage de l'humidité décrit la texture du sol, les sols argilo-limoneux à texture fine retiennent plus d'eau que les sols sableux à structure particulière (Baize & Jabiol, 1995).

La variation des autres facteurs tels que la température qui joue un rôle indirect en activant la vie biologique du sol et la production de substances acides, susceptibles de mobiliser les micro-éléments dont les métaux (Mariussen & Van der Zee, 1997), et l'aération du sol qui permet l'immobilisation des métaux car elle favorise la formation d'oxyde de fer et de manganèse insolubles, sur lesquels se fixe une fraction notable d'ETM.

La conductivité électrique ou la salinité est une mesure physico-chimique qui donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part et du degré de salinité des sols d'autre part (McBride, 1994). Les résultats obtenus montrent que les sols ont une faible conductivité électrique à moyenne (0 - 0,6 mS/cm), se sont des sols non salés.

Les analyses de calcaire renseignent que les sols sont très riches en calcaire essentiellement le calcaire actif (> 30 %). La présence du calcaire dans le sol joue un rôle important dans les équilibres ioniques et la formation de la coquille de l'escargot. Un taux élevé en calcaire est également en rapport avec la nature du pH_{eau} , la matière organique (Duchaufour, 1989) et la porosité (Duthil, 1971).

D'après les résultats de l'ACP, le PNK contient un nombre important de gastéropodes terrestres comparativement aux autres sites, le sol de ce site se

caractérise par un taux élevé en matière organique et humidité (texture), ceci affirme que ces deux paramètres sont les principaux facteurs déterminants la distribution des escargots terrestres. Nos résultats indiquent clairement que la distribution et la diversité des gastéropodes sont corrélées avec les propriétés du sol (Peake, 1978 ; Gärderfors *et al.*, 1995 ; Nekola & Smith, 1999 ; Johannessen & Solshøy, 2001), bien que d'autres facteurs environnementaux peuvent également être importants.

Des travaux antérieurs ont montré la prédominance de la pollution métallique, essentiellement dans la région d'Annaba (Beldi *et al.*, 2006 ; Maas *et al.*, 2010 ; Brahmia *et al.*, 2013 ; Grara *et al.*, 2012). En Algérie, il n'a été pas établi des normes de teneurs totales en métaux lourds dans les sols, le tableau suivant montre les normes françaises de teneurs totales en métaux lourds dans les sols.

Tableau 39: Différentes normes et références françaises de teneurs totales en métaux lourds dans les sols exprimées en mg/Kg/MS (Baize & Sterckeman, 2002).

Métaux	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Se
Seuil d'anormalie	2	30	150	100	50	100	300	270	
Seuil d'investigation	4	60	300	200	100	200	600		
Seuil de traitement	10	150	750	500	250	500	1500		
Seuil d'urgence	20	300	1500	1000	500	1000	3000	3000	
Norme AFNOR NF U44-041(1985)	2		150	100	50	100	300		10
Article 11 de l'arrêté du 8/ 01 / 1998	2		150	100	50	100	300		

L'analyse des sols obtenus permet de quantifier les différents métaux et oxydes en quantités variables. Elle indique que le fer total est le métal le plus fréquent dans tous les sites avec des taux importants essentiellement à El Bouni ($10,13 \pm 0,23$ %) et Sidi Amar ($7,03 \pm 0,15$ %) et un taux relativement faible au niveau du PNK ($3,23 \pm 0,20$ %) ; tandis que les autres métaux comme le nickel et le chrome se trouvent sous forme de traces. Concernant les oxydes, l'oxyde d'aluminium présente un taux élevé à El Bouni ($6,11 \pm 0,015$ %), et un taux faible ($3,13 \pm 0,02$ %) au PNK. Tandis que, les autres oxydes (FeO, MgO et MnO), leur taux varie entre 0,06 % et 1,08 % entre les sites. Les métaux (Cr, Ni) qui présentent des traces dans les sols des différents sites

sont inférieures aux normes AFNOR indiquées dans le tableau 39. Le site d'El Bouni contenant des teneurs élevées du FeT, Al₂O₃, FeO, MgO et MnO, suivi par le site de Sidi Amar à cause de leur proximité au complexe sidérurgique Arcelor Mittal (Maas *et al.*, 2010). L'effet du vent et du lessivage des sols par les eaux, contribuent à la contamination métallique (Piron-Frenet *et al.*, 1994 ; Rodriguez *et al.*, 2008). Dans notre étude, les taux de métaux et oxydes dans les sols suivent un ordre décroissant, un taux maximal à partir d'Annaba (El Bouni, Sidi Amar) puis Néchmaya, Guelma et finalement le PNK qui présente le taux le plus faible.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Larba & Soltani (2014), qui signalent des concentrations relativement élevées des métaux lourds (Pb, Cd, Mn et Fe) dans les sols de la région Nord-Est du pays avec un gradient décroissant de l'ouest vers l'Est. Le fer, le métal le plus abondant dans toute la région montre des concentrations élevées atteignant 586,94 mg/kg de masse sèche à El Hadjar et un taux faible à El Kala (192,75 mg /kg de masse sèche).

Le transport et le devenir des ETM à de larges échelles spatiales (échelles régionales et continentales) sont principalement contrôlés par les propriétés physico-chimiques du polluant lui-même, mais aussi du média (atmosphère, océan, etc.) et des surfaces de déposition (Van Den Hout *et al.*, 2004 a). Fritsch (2010) indique que le transfert des contaminants métalliques dans les sites pollués a des effets sur les réseaux trophiques terrestres. De même, la pollution diffuse et chronique des métaux lourds (Cd, Cu, Pb et Zn) influe sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes terrestres (Rozema *et al.*, 2008). L'ingestion des métaux peut induire des effets toxiques avec une relation dose-dépendante sur la croissance (Gomot, 1997) et la reproduction (Gomot de Vaufleury & Kerhoas, 2000) des gastéropodes. Par conséquent, cette contamination affecte la biodiversité et la répartition des gastéropodes terrestres.

4. 3. Activité insecticide du thiamétoxam sur les escargots

Les mollusques terrestres, y compris les escargots et les limaces sont nuisibles causant des dommages économiques à une grande variété de plantes (Sallam & El-Wakeil, 2012). Ces dommages dépendent de leur activité et densité de la population, mais aussi de leurs habitudes alimentaires. Les dommages impliquant des pertes financières considérables sont infligés sur les cultures agricoles et sur le terrain (Sallam & El-Wakeil, 2012). En outre, au cours du mouvement, l'escargot provoque

une odeur indésirable qui empêche les hommes et même les animaux de se nourrir de ces plantes contaminées (El-Okda, 1984 ; Kassab & Daoud, 1964). Ces cultures contaminées perdent leur commercialisation et donc leur potentiel d'exportation dans de nombreux pays (Baker & Hawke, 1990 ; Ittah & Zisman, 1992).

Les néonicotinoïdes sont des insecticides neurotoxiques (Kindemba, 2009). Le thiaméthoxam est un néonicotinoïde de deuxième génération qui est capable de mimer l'acétylcholine (Maienfisch *et al.*, 2001). Il agit de manière sélective sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine d'insectes, en fin de compte endommager le système nerveux et entraînant la mort de l'organisme (Nauen *et al.*, 2003). Il offre un excellent contrôle d'une grande variété des insectes nuisibles (Gobel *et al.*, 1999 ; Maienfisch *et al.*, 1999 ; Hofer & Brandl, 1999 ; Zang *et al.*, 1998 ; Lawson *et al.*, 1999).

La dose létale médiane (DL₅₀) est la plus fréquemment mesure utilisée dans la toxicité aiguë d'une substance. Une valeur inférieure de (DL₅₀) signifie relativement une plus grande toxicité, ce qui indique qu'une plus petite quantité de la substance est requise pour la mort de l'organisme d'essai (Girard, 2010).

Dans cette étude, on a testé la toxicité aiguë (96 h) du thiaméthoxam sur deux espèces d'escargots terrestres commues (*H. aspersa* et *H. aperta*) en utilisant deux méthodes de traitement (traitement par ingestion et traitement par application topique).

D'après les résultats du traitement par ingestion, aucune mortalité n'a été enregistrée chez les individus exposés au thiaméthoxam, les mêmes résultats ont été obtenus chez *H. aspersa* par Ait Hamlet *et al.* (2012). Tandis que, dans le traitement par application topique, on a noté des mortalités avec des taux varient selon les doses testées, ce qui indique que le traitement par application topique est le plus efficace pour tester la toxicité de l'insecticide chez les escargots (Salama *et al.*, 2005 ; Radwan *et al.*, 2008 ; Radwan & Mohamed, 2013). La sécrétion du mucus par les escargots après quelques heures du traitement a été considérée comme première réponse à l'effet du thiaméthoxam (Bhavsar & Patel, 2011). L'escargot intègre plusieurs sources de contaminations accessibles *via* différentes voies d'exposition : voie digestive (par ingestion de nourriture), voie cutanée (par diffusion de polluants à travers l'épithélium du pied) et voie respiratoire (par inhalation des particules atmosphériques) (Scheifler, 2002).

La comparaison de l'effet du traitement entre les deux stades chez les deux espèces montre que le stade juvénile est le plus sensible au traitement que le stade adulte, ceci

traduit par les doses DL₁₀ et DL₅₀ obtenues du thiaméthoxam. À l'égard des juvéniles, la dose sublétales (DL₁₀) est de 354,1 µg/escargot chez *H. aspersa* et 242,6 µg/escargot chez *H. aperta*. La DL₅₀ chez *H. aspersa* est de 3978 µg/escargot et 3138 µg/escargot chez *H. aperta* ; ces doses sont faibles comparativement à celles obtenues chez les adultes. Concernant les adultes, la DL₁₀ retenue chez *H. aspersa* est de 4612 µg/escargot et 3508 µg/escargot chez *H. aperta*. Tandis que, la dose létale DL₅₀ obtenue chez *H. aspersa* est de 51850 µg/escargot et 43830 µg/escargot chez *H. aperta*.

D'un autre coté, les doses DL₁₀ et DL₅₀ du thiaméthoxam retenues chez les deux stades (adultes et juvéniles) sont plus fortes chez l'espèce *H. aspersa* comparativement à *H. aperta*, cette dernière est considérée la plus sensible au thiaméthoxam. Donc la toxicité du thiaméthoxam varie selon les espèces traitées (Feliz *et al.*, 2012 ; Bhavsar & Patel, 2011).

De nombreuses études ont évalué la toxicité aiguë du thiaméthoxam sur quelques espèces de gastéropodes terrestres. Dans ce contexte, Bhavsar & Patel (2011) comparent la toxicité (24 h) de deux pesticides (thiaméthoxam et diafenthiuron) pour observer leur activité molluscicide sur l'escargot terrestre *Macrochlamys indica* adulte, et montrent que le thiaméthoxam était plus efficace que le diafenthiuron, la DL₅₀ du thiaméthoxam est de 5100 mg/Kg, et celle du diafenthiuron est de 6400 mg/Kg, l'espèce *Macrochlamys indica* est plus sensible au thiaméthoxam que les espèces *H. aperta* et *H. aspersa* adultes qui présentent des valeurs de DL₅₀ comprises entre (5478,75 mg/Kg et 6481,25 mg/Kg) respectivement pour les deux espèces. Ainsi chez l'escargot africain *Achatina fulica* adulte exposé à des concentrations de 0, 50, 100, 200 et 400 µg/L du thiaméthoxam pendant 72 h, la DL₅₀ obtenue est de 0,090 mg/Kg (Feliz *et al.*, 2012), *A. fulica* est plus sensible au thiaméthoxam que *H. aspersa* et *H. aperta*. En outre, Radwan & Mohamed (2013) étudient la toxicité aiguë (48 h) de l'insecticide néonicotinoïde (imidaclopride) chez *H. aspersa* juvénile, la DL₅₀ est de 109200 µg/escargot ; *H. aspersa* juvénile présente une forte sensibilité au thiaméthoxam (DL₅₀: 3978 µg/escargot) que l'imidaclopride. *H. aspersa* (adulte) présente des repenses variables à la toxicité des différents pesticides, la DL₅₀ (48 h) établie du méthomyl est de (240 µg/escargot), le carbofuran (500 µg/escargot), le chlorpyrifos (900 µg/escargot) et le parquat (920 µg/escargot) (Salama *et al.*, 2005). Ainsi, Hamed *et al.* (2007) ont montré que les molluscicides carbamates induisent des changements histologiques et ultrastructurels sur la glande

digestive du gastéropode terrestre *Eobina vermiculata*, et l'utilisation des molluscicides avec des concentrations élevées a un effet toxique sur l'Homme et les animaux et cause la pollution de l'environnement (El-Wakil & Radwan, 1991). La toxicité des différents pesticides (bensultap, chlorpyrifos-éthyl, deltaméthrine, diazonixy, lambda-cyhalothrine et méthomyl) a été testée en laboratoire par Genena *et al.* (2008) qui évaluent leur activité molluscicide sur deux gastéropodes terrestres (*Monacha cantiana* et *Eobania vermiculata*), et que le méthomyl donne 100 % de mortalités après 7 à 12 jours d'exposition comparativement aux autres pesticides.

Les doses obtenues, DL₁₀ et DL₅₀ de thiaméthoxam chez *H. aspersa* et *H. aperta* ne sont pas dans la gamme de concentrations utilisées dans l'étude, pour les juvéniles (52 à 240 µg/escargot) et les adultes (720 à 3200 µg/escargot) ; le même résultat a été trouvé par (Feliz *et al.*, 2012) où la DL₅₀ (662,95 ± 172,98 µg/L) de thiaméthoxam d'*A. fulica* établie n'est pas dans la gamme de concentrations testées (50 à 400 µg/L).

La dégradation de thiaméthoxam est principalement causée par photolyse en milieu aqueux, alors que la dégradation par photolyse de thiaméthoxam absorbé dans le sol n'est pas significative. Dans les systèmes sol/eau, le thiaméthoxam s'accumule dans la phase de sédiments alors que la dégradation est continue (N.R.A., 2001). La demi-vie de thiaméthoxam dans le sol varie de 7 à 109 jours, avec plus de persistance sous des conditions sèches. Le thiaméthoxam a également le potentiel à s'infiltrer vers le bas dans des conditions de fortes précipitations (N.R.A., 2001 ; Gupta *et al.*, 2008).

4. 4. Réponse des biomarqueurs

Les escargots terrestres sont largement utilisés comme indicateurs de la pollution métallique (Dallinger & Weiser, 1984 b ; Brouks *et al.*, 1992 ; Gomot & Pihan, 1997 ; Menta & Parisi, 2001 ; Gomot de Vaufleury & Pihan, 2002 ; Marigomez *et al.*, 1998 ; Snyman *et al.*, 2002), de la pollution organique (Cœurassier *et al.*, 2001 ; Sverdrup *et al.*, 2006) et à l'exposition aux pesticides (Laguerre *et al.*, 2009 ; Essawy *et al.*, 2009 ; Bhavsar & Patel, 2011, Feliz *et al.*, 2012). En outre, un certain nombre d'études ont indiqué que l'escargot *H. aspersa* est un bio-indicateur de l'exposition aux pesticides (Cœurassier *et al.*, 2002 ; Salama *et al.*, 2005 ; Snyman *et al.*, 2002 ; Rorke & Gardner, 1974 ; Schuytema *et al.*, 1994) et aux insecticides néonicotinoïdes (Radwan & Mohamed, 2013 ; Ait Hamlet *et al.*, 2012).

Un biomarqueur est une variante induite par les xenobiotiques dans des processus cellulaires ou biochimiques, de structure ou de fonction qui est mesurable dans un

système biologique ou un échantillon (N.R.C.C.B.M., 1987). L'inhibition et l'induction des biomarqueurs est une bonne approche pour mesurer les impacts potentiels de polluants sur les organismes environnementaux (Rendo'n-von Osten *et al.*, 2005).

Le GSH est considéré comme un important antioxydant assure la protection des membranes cellulaires contre les dommages provoqués par les radicaux libres (Sies & Akerboom, 1984 ; Martinez-Alvarez *et al.*, 2005 ; Lam, 2009). L'AChE est l'une des enzymes les plus efficaces de système nerveux, elle joue un rôle essentiel dans la neurotransmission. Son inhibition est directement liée avec les mécanismes d'action des pesticides organophosphorés (OP) et les carbamates (CB) (Guilhermino *et al.*, 1998 ; Rendo'n-Von Osten *et al.*, 2005) et de nombreux neurotoxiques (Bocquené, 1996 ; Bairy, 2000). La mesure de l'inhibition de l'AChE constitue un marqueur dont l'expression traduit spécifiquement l'exposition des organismes à différents contaminants et est également révélée intéressante dans la surveillance de la qualité du milieu terrestre (Viar-La Rocca, 2004). Ainsi, la variation des biomarqueurs (GSH, AChE) mesurés chez les escargots terrestres et les mortalités observées constituent une première alarme de la pollution (Gomot de Vaufleury & Pihan, 2002).

Les résultats obtenus montrent des variations mensuelles de taux des biomarqueurs (GSH et AChE) au cours de la période s'étalant de novembre à juin chez les deux espèces (*H. aspersa* et *H. aperta*). Ces variations sont en rapport avec la saison pluviale. Cette variation montre des taux élevés de biomarqueurs durant la période hivernale et une diminution significative au printemps et en été. Ceci est en rapport avec l'influence de la saison et des conditions environnementales sur le taux d'accumulation des polluants essentiellement les métaux lourds chez les gastéropodes terrestres (Xu & Tao, 2004 ; Rodriguez *et al.*, 2008). Les pluies hivernales lessivent les polluants diluant leurs concentrations dans les sols ; et durant cette période les facteurs environnementaux seront défavorables pour les activités physiologiques de l'escargot, il rentre en hibernation (Bailey, 1975) ; dans ce cas les périodes d'exposition aux contaminants existant dans l'environnement sont très réduites. Par contre au printemps, les facteurs environnementaux seront favorables pour que l'escargot reprenne ses activités physiologiques. À cet effet, des longues périodes d'exposition des gastéropodes permettent la bioaccumulation des différents xénobiotiques (Gimbert *et al.*, 2006). En accord avec nos résultats, Larba & Soltani (2014) affirment qu'une forte activité de l'AChE a été mesurée chez *H. aspersa* en

hiver et la faible activité a été notée en été. Ainsi, Gabriella *et al.* (2005) suggèrent que *H. aspersa* présente des variations de l'activité des enzymes antioxydants (GSH, CAT) entre l'hiver et l'été.

Il est généralement admis que les néonicotinoïdes ciblent les récepteurs cholinergiques nicotiques et agissent comme des agonistes pleins ou partiels (Déglise *et al.*, 2002 ; Tomizawa & Casida, 2003 ; Tan *et al.*, 2007). Le stress oxydatif est l'un des processus pathologiques liés à la surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans les tissus et est considéré comme l'un des mécanismes de toxicité générale importante de nombreux xénobiotiques lipophiles (Regoli *et al.*, 2006). Les ROS sont générées par divers polluants organiques et métalliques *via* différents mécanismes localisés dans le cytoplasme et les organites cellulaires (Lemaire *et al.*, 1994 ; Lopes *et al.*, 2001). Ainsi, les pesticides peuvent provoquer la génération des ROS qui peuvent conduire au stress oxydatif chez l'escargot *H. aspersa* (Almeida *et al.*, 1997 ; Yang & Dettbarn, 1996 ; Salama *et al.*, 2005). Abdel-Halim *et al.* (2013) rapporte un stress oxydatif induit par les métaux lourds chez *H. aspersa* et que cette espèce est sentinelle pour les effets écotoxicologiques de la pollution métallique.

Cette étude montre que les escargots terrestres répondent rapidement à l'effet du traitement par différentes concentrations. Le thiaméthoxam cause une inhibition significative de GSH et AChE comparativement avec les escargots témoins, cette inhibition est corrélée avec une diminution significative de taux des biomarqueurs, et induit un stress oxydatif plus marqué chez *H. aperta* comparativement à *H. aspersa* et que la forte inhibition des biomarqueurs a été enregistrée chez l'espèce *H. aperta*. De plus, une inhibition dose-dépendante des biomarqueurs a été notée dans toutes les doses testées (400, 800 et 1600 mg/L) et que l'inhibition maximale a été marquée dans la dose 1600 mg/L chez les deux espèces. La corrélation de l'inhibition de l'AChE avec la concentration et le temps d'exposition a été rapportée par plusieurs études (Radwan & Mohamed, 2013 ; Rath & Misra, 1981).

L'AChE constitue en effet la cible privilégiée de certains insecticides (OP, CB), herbicides (triazines, paraquat) et autres molécules neurotoxiques (Herbert *et al.*, 1995 ; Bocquené *et al.*, 1997 ; Forget *et al.*, 1999). Le même résultat a été obtenu dans plusieurs études, une inhibition de l'activité de l'AChE a été établie chez *H. aspersa* traité par les pesticides (carbofuran et méthomyl), et le carbofuran est le plus toxique (Salama *et al.*, 2005). En outre, une inhibition significative de l'activité de l'AChE est

plus marquée chez *H. aspersa* exposé à un insecticide néonicotinoïde (imidaclopride) (Radwan & Mohamed, 2013). Une diminution significative de l'activité de l'AChE a été notée chez deux escargots terrestres (*Monacha cantiana* et *Eobina vermiculata*) traités par des molluscicides (El Gohary & Genena, 2011) ; et d'autre étude mis en évidence une inhibition de l'activité de l'AChE comme réponse à l'exposition de gastéropode terrestre (*Theba pisana*) aux pesticides carbamates (Radwan et al., 1992). La diminution de l'activité de l'AChE après l'exposition au thiaméthoxam est également en accord avec d'autres études sur les escargots terrestres exposés aux insecticides organophosphorés et carbamates même à des doses sublétales (Coourdassier et al., 2002 ; Essawy et al., 2009). Par conséquent, les réponses de l'AChE aux néonicotinoïdes semblent représenter une caractéristique spécifique à l'espèce (Radwan & Mohamed, 2013).

Le GSH est un antioxydant joue également un rôle majeur dans le métabolisme et la détoxification des xénobiotiques (Reidy et al., 1990 ; Avci et al., 2005 ; El-Gendy et al., 2009). En accord avec nos résultats, la diminution du taux de GSH a été également observée dans l'hépatopancréas d'*H. aspersa* traité par les pesticides : carbofuran et parquat (Salama et al., 2005) et chez la même espèce exposée aux métaux lourds (Abdel-Halim et al., 2013) ; de même Nowaskowa et al. (2012) étudient le système de défense anti-oxydative chez *H. aspersa* exposé à différents métaux (Zn, Fe, Cd, Pb et Mg) et la réduction de GSH est proportionnelle à la quantité de métaux accumulés dans l'hépatopancréas. De plus, l'évaluation *in vivo* de biomarqueur du stress oxydatif dans la glande digestive de *Theba pisana* exposé à des doses sublétales de pesticide à base de cuivre, montre une baisse significative du taux de GSH (El-Gendy et al., 2009).

Les résultats obtenus indiquent l'importance de biomarqueurs pour évaluer les effets biologiques de l'insecticide dans l'écosystème terrestre. En addition, l'altération de l'activité des biomarqueurs peuvent provoquer autres perturbations biologiques (croissance, nutrition, mouvement, production du mucus et reproduction) (Radwan & Mohamed, 2013). Ces résultats désignent que les biomarqueurs testés sont sensibles à l'exposition au thiaméthoxam, et leur sensibilité dépend de la dose testée et de l'espèce exposée.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'inventaire réalisé dans les différents sites du Nord-Est de l'Algérie a révélé 5 familles avec 11 espèces malacologiques. Les variations observées dans les paramètres biométriques (poids, hauteur et diamètre de la coquille) et la répartition des espèces seraient en relation avec le climat et les caractéristiques des sols qui influencent la biologie et la physiologie des mollusques. L'indice de diversité de Shannon-Weaver est relativement important dans le PNK, de plus l'équitabilité qui est supérieure à 0,5 et les populations sont en équilibre entre elles. Les données écologiques justifient le choix de l'espèce *Helix aspersa* dans la bioindication de la pollution des sols et à l'exposition à un insecticide représentant de la classe des néonicotinoïdes.

Les analyses physico-chimiques du sol montrent que les sols sont de pH_{eau} alcalin, non salés, de texture généralement argilo-limoneuse et limono-argileuse (à Sidi Amar), riches en matière organique et en calcaire, le fer total est le plus abondant dans les sols. Ces résultats nous amènent à conclure que les sols présentent un biotope favorable pour la survie, la distribution et la diversité des gastéropodes terrestres, de plus ces propriétés physico-chimiques peuvent affecter la biodisponibilité des polluants essentiellement les métaux lourds.

Un certain nombre de gastéropodes terrestres sont connus pour causer des perturbations écologiques ainsi que des problèmes agricoles et de santé. Cette étude visait à déterminer la toxicité aiguë, d'un insecticide néonicotinoïde thiaméthoxam (Actara ® 25WG). Celui-ci est utilisé dans la lutte contre les insectes ravageurs. Les résultats indiquent qu'aucune mortalité n'a été notée par ingestion. Cependant, des mortalités dose-dépendantes ont été enregistrées par application topique. Cette méthode semble la plus appropriée pour tester la toxicité des insecticides sur les gastéropodes.

A vu des doses sublétales et létales (DL₁₀ et DL₅₀) obtenues chez les deux espèces *H. aspersa* et *H. aperta*, il apparaît que le thiaméthoxam est plus toxique à l'égard de l'espèce *H. aperta*.

L'insecticide néonicotinoïde est capable d'induire un stress oxydatif. En outre, on enregistre une inhibition du taux de glutathion et de l'activité de l'ACHé chez les escargots traités. D'une autre part, le thiaméthoxam est neurotoxique suite à la forte

inhibition de l'AChE. De plus, des variations des biomarqueurs ont été observées et montrent un effet saison en relation avec les conditions environnementales (lessivage des sols par les pluies, exposition, accumulation...).

Des expérimentations méritent d'être menées comme perspectives de recherche :

- Tester la toxicité d'autres pesticides plus utilisés en agriculture pour connaître leurs effets toxiques sur les espèces de gastéropodes (*Helix aspersa* et *Helix aperta*) et ainsi sur la santé de l'Homme.
- Dosage des métaux lourds les plus abondants dans les sols, soit au niveau des escargots, soit utiliser des substrats contaminés par ces métaux afin d'étudier la cinétique d'accumulation et de transfert de ces métaux.
- Dosage d'autres biomarqueurs de la pollution métallique (les métallothionéines) et d'autres enzymes de détoxification (GPx et SOD), pour étudier les défenses antioxydantes parce qu'elles ne sont pas connues chez les gastéropodes terrestres.
- Dans le but de conserver la biodiversité des gastéropodes terrestres et de protéger les sols contre les différentes sources de polluants (métaux lourds et pesticides), il faut mettre des décrets législatifs précisant les normes admissibles dans les différents compartiments.

6. RESUME

Ce travail a pour objectif d'évaluer la biodiversité, le recensement des mollusques gastéropodes terrestres dans quelques sites du Nord-Est de l'Algérie : Guelma, Annaba et le Parc National d'El Kala (PNK). L'inventaire réalisé pendant la période s'étalant de novembre 2011 à juin 2012, révèle la présence de cinq familles malacologiques: (Milacidae, Helicidae, Cochlicellidae, Subulinidae et Ferussaciidea). *Helix aspersa* est l'espèce la plus abondante dans tous les sites d'étude. Certains indices écologiques sont mesurés. La richesse spécifique était de 11 espèces (9 espèces d'escargots et 2 espèces de limaces). Concernant la constance, on a obtenu deux espèces omniprésentes (*H. aspersa* et *H. aperta*) dans tous les sites. L'indice de diversité de Shannon-Weaver (3,05 bits) et l'équitabilité (0,91) sont très importants au PNK.

D'un autre côté, la présente étude vise à évaluer la toxicité aiguë (96 h) du thiaméthoxam, et ses effets toxiques sur *H. aspersa* et *H. aperta*, deux espèces communes au niveau du site référence PNK, utilisées comme espèces sentinelles de la contamination des agrosystèmes. Deux méthodes de traitement ont été utilisées : traitement par ingestion à des concentrations : 25, 50, 100, 200 et 400 mg/L; et traitement par application topique à des concentrations : 720, 1000, 2000 et 3200 µg/escargot pour les adultes ; et des concentrations : 52, 70, 100, 150 et 240 µg/escargot pour les juvéniles. Les résultats obtenus du traitement par ingestion montrent une inhibition significative des biomarqueurs (GSH, AChE) essentiellement pour les doses 200 et 400 mg/L, ceci traduit un stress oxydatif provoqué par le thiaméthoxam et aucune mortalité n'a été enregistrée. Concernant l'application topique, l'analyse des mortalités indiquent que la DL_{10} du thiaméthoxam chez les adultes est de 4612 µg/escargot pour *H. aspersa* et de 3508 µg/escargot pour *H. aperta* ; concernant les juvéniles la DL_{10} rapportée chez *H. aspersa* est de 354,1 µg/escargot et de 242,6 µg/escargot chez *H. aperta*. Cependant, la DL_{50} des adultes d'*H. aspersa* est de 51850 µg/escargot et celle d'*H. aperta* est de 43830 µg/escargot. La DL_{50} des juvéniles chez *H. aspersa* est de 3978 µg/escargot, et 3138 µg/escargot chez *H. aperta*.

Mots clés: Biodiversité, Inventaire, Gastéropodes terrestres, Toxicité, Thiaméthoxam, Nord-Est de l'Algérie.

Abstract

This work aims to assess biodiversity, identification of terrestrial gastropods mollusks in five sites in North-eastern Algeria: Guelma, Annaba and El Kala National Park (KNP). The inventory conducted during the period extending from November 2011 to June 2012 revealed the presence of five molluscan families (Milacidae, Helicidae, Subulinidae, Cochlicellidae and Ferussaciidea). *Helix aspersa* is the most abundant species in all studied sites. Some environmental indices are measured. Species richness was 11 species (9 species of snail and slug species 2). Regarding constancy yielded there are two ubiquitous species (*H. aspersa* and *H. aperta*) in all sites. The diversity index of Shannon-Weaver (3.05 bits) and evenness (0.91) are very important in the KNP site. These results were correlated with the physical and chemical characteristics of soils.

On the other hand, this study aims to assess the acute toxicity (96 h) of thiamethoxam and its toxic effects on *H. aspersa* and *H. aperta*, two common species at the reference site KNP. These species were used as sentinel species in agroecosystems.

Two treatment methods are tested: treatment by ingestion with the following doses 25, 50, 100, 200 and 400 mg/L; and treatment by topical application at concentrations: 720, 1000, 2000 and 3200 µg/snail for adults; and concentrations: 52, 70, 100, 150 and 240 µg/snail for juveniles. The results of ingestion bioassays showed a significant inhibition of acetylcholinesterase and glutathione essentially for doses 200 and 400 mg/L; thiamethoxam induced an oxidative stress, without mortality recorded. On topical application, analysis of mortality indicated the following LD₁₀ in adults 4612 µg/snail for *H. aspersa* and 3508 µg/snail for *H. aperta*; for juveniles the LD₁₀ for *H. aspersa* is 354.1 µg/snail and 242.6 µg/snail for *H. aperta*. While the LD₅₀ for adults were 51850 µg/snail for *H. aspersa* and 43830 µg/snail for *H. aperta*. The LD₅₀ of juveniles brought in *H. aspersa* is 3978 µg/snail, and 3138 µg/snail in *H. aperta*.

Keywords: Biodiversity, Inventory, Land snails, Toxicity, Thiamethoxam, North-eastern Algeria.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التنوع البيولوجي وتحديد الرخويات الأرضية الموجودة في عدد من الأماكن في شمال شرق الجزائر (قالمة، عنابة، القالة). جرت هذه الدراسة خلال الفترة الممتدة من نوفمبر 2011 إلى غاية جوان 2012. كشفت عن وجود 5 عائلات من الرخويات الأرضية (Ferussacidae, Subulinidae, Helicidae) (Milacidae, Cochlicellidae).

الحلزون (*Helix aspersa*) هو النوع الأكثر وفرة في جميع مواقع الدراسة. لقد تم قياس بعض المؤشرات البيئية، قدرت نسبة الثراء بإحدى عشرة نوعا (تسع أنواع حلزون ذو قواقع واثنان دون قواقع).

بشان الاتساق (constance) أسفرت عن اثنتين من الأنواع دائمة في كل المواقع (*Helix aspersa*, *Helix aperta*).

مؤشر التنوع (Shannon-Weaver) والتوزيع المتساوي (équitabilité) قيمتهما مهمة جدا في القالة. وقد ارتبطت هذه النتائج بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

من ناحية أخرى تهدف هذه الدراسة إلى تقييم السمية الحادة (96 ساعة) لمبيد الحشرات تياميثوكسام (Thiaméthoxam) وأثاره السامة على النوعين الشائعين في القالة (*Helix aperta*, *Helix aspersa*) استخدمنا كحارسين للتلوث في النظم الإيكولوجية الزراعية.

وقد استخدم اثنتين من طرق العلاج بالمادة الفعالة (Thiaméthoxam): العلاج عن طريق الابتلاع عند تركيز: 25، 50، 100، 200، و 400 ملغ/لتر للبالغين والعلاج عن طريق التطبيق الموضعي بتركيز: 720، 1000، 2000، و 3200 مكغ/حلزون للبالغين، وتركيز: 52، 70، 100، 150، و 240 مكغ/حلزون للصغار.

أظهرت نتائج العلاج بالابتلاع التثبيط الواضح في مستوى المؤشرات الحيوية (AChE, GSH) خاصة للجرعات 200 و 400 ملغ/ل وهذا يؤدي إلى ظهور التأكسد وتفعيل نظام ازالة السموم الناجم عن Thiaméthoxam، كما لم تسجل أي حالة وفاة.

بالنسبة للتطبيق الموضعي أثبت تحليل الوفيات الاحتمالية إلى أن DL₁₀ وجدت 4612 مكغ/حلزون (*Helix aspersa*) و 3508 مكغ/حلزون (*Helix aperta*) بالنسبة للبالغين، و قدرت بالنسبة للصغار 354,1 مكغ/حلزون (*Helix aspersa*) و 242,6 مكغ/حلزون (*Helix aperta*).

وكذلك DL₅₀ للبالغين هي: 51850 مكغ/حلزون (*Helix aspersa*) و 43830 مكغ/حلزون (*Helix aperta*)، وللصغار قدرت ب:

3978 مكغ/حلزون (*Helix aspersa*) و 3138 مكغ/حلزون (*Helix aperta*).

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي، التحقيق، الرخويات الأرضية، السمية، Thiaméthoxam، شمال شرق الجزائر

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-Halim K.Y., Abo El-Saad A.M., Talha M.M., Hussein A.A. & Bakry N.M., 2013.** Oxidative stress on land snail *Helix aspersa* as a sentinel organism for ecotoxicological effects of urban pollution with heavy metals. *Jour. Chemos.*, **93(6)**:1131-8.
- Abdenmour C., Khelili K., Boulakoud M.S. & Rainbow P.S., 2000.** Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from North-East Algeria. *Hydrobiol.*, **432**: 217-227.
- Abiven S., Menasseri S. & Chenu C., 2009.** The effects of organic inputs over time of on soil aggregate stability-a literature analysis. *Soil, Biology & Biochemistry.*, **41**: 1-12.
- Abobakr Y., Eshra E.H. & Hussein H.I., 2007.** *Calotropis procera* glycosides are more effective on *Eobania vermiculata* (Müller) than methomyl and other plant glycosides. *Jour. Agric. Sci, Mansoura Univ.*, **32(12)**:10519-10527.
- Agarwal S.K., 2002.** Pollution management: Heavy metal pollution. APH Publishing Corporation, New Delhi, **4**: 7-190 .
- Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire de Santé Canada (A.R.L.A.S.C.), 2007.** Rapport d'évaluation du thiaméthoxam - ERC2007-01. *Santé Canada*, CANADA. 105 p.
- Agence Tunisienne de Promotion des Investissements Agricoles (A.T.P.I.A.), 2004.** Etude sectorielle: l'élevage d'escargots-Partie monographique, Rapport final, 108 p.
- Ait Hamlet S., Bensoltane S., Djekoun M., Yassi F. & Berrebbah H., 2012.** Histological changes and biochemical parameters in the hepatopancreas of terrestrial gastropod *Helix aspersa* as biomarkers of neonicotinoid insecticide exposure. *African. Jour. Biotechno.*, **11 (96)**: 16277-16283.
- Aliouane Y., El Hassani AK., Gary V., Armengaud C., Lambin M. & Gauthier M., 2009.** Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effects on behaviour. *Environ. Toxicol and Chemis.*, **28 (1)**: 113-122.
- Alloway B.J., 1995.** Heavy metals in soils. Chapman & Hall, (Ed.). Glasgow, UK. 368 p.
- Almeida M.G., Fanini F., Davino S.C., Aznar A., Kodi A.E. & Barros S.B.M., 1997.** Pro and anti-oxidant parameters in rat liver after short-term exposure to hexachlorobenzene. *Hum. Exp.Toxicol.*, **16**:257-261.
- Amr M.Z. & Al-Shammari A.M., 2013.** Terrestrial snails of Ha'il region, Saudi Arabia. *Int. Jour. Curr. Scie.*, **5**: 1-5.
- Anderson F.E. & Coppolino M.L., 2007.** Land snail abundance and diversity with associated ecological variables in six southern Illinois Counties . A State Wildlife Grant Project. Southern Illinois University.
- André J., 1982.** Les peuplements de mollusques terrestres des formations végétales à *Quercus pubescens* Willd. Du Montpelliérais. Premiers résultats. *Malacologia.*, **22**: 483-488.

- Anne P., 1945.** Sur le dosage rapide du carbone organique des sols. *Ann. agron.*, 15^e année, N° 2, pp : 161-172.
- Anonymous., 1965.** Molluscicidal screening and evaluation .*WHO. Bull.*, **38**:507-581.
- Aravind N.A., 2005.** Ecology of Land Snails of Western Ghats. PhD Thesis, Department of Applied Zoology, Mangalore University, Mangalore. 182 p.
- Aupinel P., 1984.** Etude de l'importance de l'hibernation pour la reproduction de l'escargot « Petit-gris » *Helix aspersa*. D.E.A de l'université de Rennes.
- Avcı A., Kacmaz M. & Durak I., 2005.** Peroxidation in muscle and liver tissues from fish in a contaminated river due to a petroleum refinery industry. *Ecotox. Environ. Saf.*, **60**:101-105.
- Awad M.H.M., 2013.** Logical control and population density studies on land snails in south district of Port Saied, portsaied Governate. *Egypt. Acad. Jour. Biolog. Sci.*, **5** (2): 47- 63.
- Bailey S.E.R., 1975.** The seasonal and daily patterns of locomotor activity in the snail *Helix aspersa* Müller, and their relation to environmental variables. *Proc. Malacol. Sot. London*, **35**: 43-45.
- Bainy A.C.D., 2000.** Biochemical responses in Peneids caused by contaminants. *Aquacul.*, **191**: 163-168.
- Baize D., & Jabiol B., 1995.** Guide pour la description des sols. Collection techniques et pratiques, INRA, Paris, 375 p.
- Baize D. & Sterckeman T., 2002.** Importance de la détermination du fond pédogéochimique pour évaluer la pollution des sols par des métaux. L'exemple du site de Dornach. *Rencontre nationale de la recherche sur les sites et sols pollués*. Paris. ADEME (Décembre 2002), 6 p.
- Baker G.H. & Hawke B.G., 1990.** Life history and population dynamics of *Theba pisana* (mollusca: Helicidae), in a cereal pasture rotation. *Jour. Appli. Ecology.*, **27**: 16-29.
- Barker G.M., 2001.** The biology of terrestrial molluscs. Oxon, UK: CABI Publishing, 558 p.
- Beeby A. & Richmond L., 2003.** Do the soft tissues of *Helix aspersa* serve as a quantitative sentinel of predicted free lead concentrations in soil? *Appl. Soil. Ecol.*, **22**: 159-165.
- Belabed S. & Soltani N., 2013.** Acute toxicity of cadmium on *Donax trunculus*: acetylcholinesterase, glutathione S-transferase activities and pattern of recovery. *Europ. Jour. Experim. Biolog.*, **3** (2): 54-61.
- Beldi H., Gimbert F., Maas S., Scheifler R. & Soltani N., 2006.** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *Afric. Jour. Agric. Resear.*, **1** (4): 85-90.
- Benyacoub S. & Chabi Y., 2000.** Egg size variation in Algerian population of the blue Tit (*Parus caeruleus ultramarinus*): effects of altitude and habitat. *Rev. Ecol. Terre. Vie.*, **55**: 183-192.
- Berger B. & Dallinger R., 1993.** Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. *Envir. Monoto. Assess.*, **25**: 65-84.

- Bhavsar S.S. & Patel N.G., 2011.** Molluscicidal activity of two pesticides against *Macrochlamys indica*. *Golden Resrach Thoughts.*, **1**: 1-4.
- Bhowmik P., Banerjee A., Mohasin M.D. & Somchoudhury A.K., 2005.** Effect of some herbicides on molluscs (*Pila globosa* Swainson)-an important nontarget fauna of low land crop ecosystem. *Jour. Crop and weed.*, **2(1)**: 78-80.
- Bianchi F.J.J.A., Booij C.J.H. & Tschardt T., 2006.** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.*, **273**: 1715-1727.
- Bigot L., 1965.** Essai d'écologie quantitative sur les invertébrés de la Sansouire camargaise. Imprimerie M. Declume, Lons-Le Saunier, 100 p.
- Bigot L. & Aguesse P., 1984.** Considération sur les adaptations de la faune des invertébrés aux conditions particulières de fonctionnement des écosystèmes d'un Delta méditerranéen (la Camargue ou delta du Rhône). *Bull. Muséum d'Histoire Naturelle, Marseille.*, **44** : 7-17.
- Bingham G., Gunning R.V., Delogu G., Borzatta V., Field L.M. & Moores G.D., 2008.** Temporal synergism can enhance carbamate and neonicotinoid insecticidal activity against resistant crop pests. *Pest. Managem. Scie.*, **64**: 81-85.
- Bishop M.J., 1977.** The mollusca of acid wood land in West Cork and Kerry. *Proc. R. Ir. Acad.*, **77**: 227-244.
- Blondel J., 1975.** L'analyse des peuplements d'oiseaux-élément d'un diagnostic écologique: la méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P.). *Rev. écol. (Terre et vie).*, **29 (4)**: 533-589.
- Bocquené G., 1996.** L'acétylcholinestérase, marqueur de neurotoxicité. Application à la surveillance des effets biologiques des polluants chez les organismes marins. Thèse Doctorat. Ecole Pratique des Hautes Etudes : 250 p.
- Bocquené G., Galgani F. & Walker H., 1997.** Les cholinestérases, biomarqueurs de neurotoxicité. In : Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C. and Ramade F., (eds), Biomarqueurs en écotoxicologie-Aspects fondamentaux. Masson, Paris, pp: 209-240.
- Bonavita D., 1964.** Conditions écologiques de la formation de l'épiphragme chez quelques hélicidés de Provence. *Vie et Milieu.*, **15(3)**: 21-755.
- Bonnet J.C., Aupinel P. & Vrillon J.L., 1990.** L'escargot *Helix aspersa*, biologie, élevage. Collection du Labo au terrain, Ed INRA, 124 p.
- Boudechiche L., 2007.** Biodiversité des hélicidés du Parc National d'El-Kala (extrême Nord-Est Algérien). *Bulletin de l'INSTM.*, **12 (NS)**: 12-123.
- Boutigny D., Coutarel F., Espigat B., Le Bris É., Roche P.F. & Sutter L., 2009.** Sciences de la Vie et de la Terre, programme 2008. Ed, Nathan, Elisabeth Pinard. France, 254 p.
- Bouziyani M., 2007.** L'usage immodéré des pesticides. De graves conséquences sanitaires. <http://www.santetropicale.com/santemag/algerie/poivue51.htm>.
- Bradford M.M., 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**: 248-254.

- Brahmia Z., Scheifler R., Crini N., Maas S., Giraudoux P. & Benyacoub S., 2013.** Breeding performance of blue tits (*Cyanistes caeruleus ultramarinus*) in relation to lead pollution and nest failure rates in rural, intermediate, and urban sites in Algeria. *Environ. Pollut.*, **174** : 171-178.
- Brooks A.W., White K.N. & Bailey S.E.R., 1992.** Accumulation and excretion of aluminum and iron by the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Compara. Biochemis. Physiol.*, **103 C**: 577-583.
- Burch J.B., 1955.** Some ecological factors of the soil affecting the distribution and abundance of land snails in eastern Virginia. *The Nautilus.*, **69 (2)**: 62 - 69.
- Cadart J., 1975.** Les Escargots. Biologie-Elevage-Parcage-Histoire-Gastronomie-Commerce, 38 p.
- Calvet R., 2003.** Le sol, propriétés et fonctions. Tome 1: Constitution et Structure, phénomènes aux interfaces, Dunod, Paris, 456 p.
- Cameron R.A.D., 1973.** Some wood land mollusk faunas from southern England. *Malacologia.*, **14**: 355-370.
- Caoduro G., Battiston R., Giachino P.M., Guidolin L. & Lazzarin G., 2014.** Biodiversity indices for the assessment of air, water and soil quality of the "Biodiversity Friend" certification in temperate areas. *Biodiver. Jour.*, **5 (1)**: 69-86.
- Carpenter D.O., 1994.** The public health significance of metal neurotoxicity. *Cell Mol. Neurobiol.*, **6**: 591-597.
- Chapin F.S., Matson P.A. & Mooney H.A., 2002.** Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer-Verlag, New York, Inc, 436 p.
- Chapman P.M., Wang F., Janssen C.R., Goulet R.R. & Kamunde C.N., 2003.** Conducting ecological risk assessments of inorganic metals and metalloids: current status. *Hum. Ecol. Risk assessm.*, **9**: 641-697.
- Charrier M., 1981.** Contribution à la biologie et à l'écophysiologie de l'escargot *Helix aspersa* Müller. Doctorat de 3e cycle de l'Université de Rennes I, 330 p.
- Chevallier H., 1992.** L'Elevage des Escargots. Production Et Préparation du Petit-Gris. Edit. Point Vétérinaire ; Maisons-Alfort, Francia 144 p.
- Chevalier L., Desbuquois C., Le Lannic J. & Charrier M., 2001.** Poaceae in the natural diet of the snail *Helix aspersa* Müller (Gastropoda, Pulmonata)." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III. Sciences de la Vie.*, **324 (11)**: 979-987.
- Clark J.A. & May R.M., 2002.** Taxonomic bias in Conservation Research. *Science.*, **297**: 191-192.
- Coeurdassier M., Gomot-de Vaufleury A., Lovy C. & Badot P.M., 2002.** Is the cadmium uptake from soil important in bioaccumulation and toxic effects for snails? *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, **53**: 425-431.
- Coeurdassier M., Gomot-de Vaufleury A., Saint-Denis M., Ribera D., Narbonne J.F., Badot P.M., 2002.** Effects of dimethoate on snail B-esterases as a function of dose, time and exposure route in laboratory bioassays. *Biomarkers.*, **7**:138-150.
- Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot-de Vaufleury A., Ribera D. & Badot P.M., 2001.** The garden snail (*Helix aspersa*) as bioindicator of organophosphorus

- exposure: effects of dimethoate on survival, growth and acetylcholinesterases activity. *Environm. Toxicol. Chemis.*, **20**:1951-1957.
- Colomba M.S., Gregorini A., Liberto F., Reitano A., Giglio S. & Sparacio I., 2011.** Monographic revision of the endemic *Helix mazzullii* De Cristofori & Jan, 1832 complex from Sicily and re-introduction of the genus *Ercetella* Monterosato, 1894 (Pulmonata, Stylommatophora, Helicidae). *Zootaxa.*, **3134**: 1- 42.
- Colomba M.S., Reitano A., Liberto F., Giglio S., Gregorini A. & Sparacio I., 2012.** Additional data on the genus *Muticaria* Lindholm, 1925 with description of a new species (Gastropoda Pulmonata Clausiliidae). *Biodiver. Jour.*, **3 (3)**: 251-258.
- Coney C.C., Tarpley W.A., Warden J.C. & Nagel J.W., 1982.** Ecological studies of land snails in the Hiwassee River Basin of Tennessee, USA. *Malacolo. Review.*, **15**: 69-106.
- Cortet J., Gomot-de Vaufleury A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C. & Cluzeau D., 1999.** The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutants effects. *Europ. Jour. Soil Biolo.*, **35**: 115-134.
- Cresswell J.E., 2011.** A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology.*, **20 (1)** : 149-157.
- Daget J., 1976.** Les Modèles Mathématiques En écologie 8. Ed Masson (Paris, New York), 170 p.
- Dagnelie P., 1986.** Analyse statistique à plusieurs variables. Les presses agronomiques de Gembloux. 362 p.
- Dagnelie P., 1970.** Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques (2 vol.). Gembloux, Presses agronomiques de Gembloux, pp : 378- 451.
- Dagnelie P., 2006.** Statistique théorique et appliquée. Interférence statistique à une et à deux dimensions. Deuxième Edition. De boeck Ed. 734 p.
- Daguzan J., 1982.** Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris: *Helix aspersa* Müller (Mollusque gastéropode pulmoné stylommatophore). *I.N.R.A.*, Centre Hélicicole de la Station du Magneraud. Saint-Pierre-d'Amilly, B.P. 52, F 17700 Surgères.
- Dajoz R., 1985.** Précis d'Ecologie. Ed. Bordas, Paris, 505 p.
- Dallinger R., Berger B., Triebkorn-Köhler R. & Köhler H., 2001.** Soil biology and ecotoxicology. The biology of terrestrial molluscs. Barker GM. Oxon, CABI: 489-525.
- Dallinger R. & Wieser W., 1984 b.** Molecular Fractionation of Zn, Cu, Cd, and Pb in the midgut gland of *Helix pomatia* L. *Compara. Biochemi. Physiol.*, **79 C**: 125-129.
- Damerdjji A., 2001.** Impact des facteurs abiotiques et biotiques sur la taille des coquilles de *Sphincterochila candidissima* (Mollusca-Sphincterochilidae) dans la région de Tlemcen (Algérie). *Revue I.N.R.A.A.*, **9** :101-109.
- Damerdjji A., 2005.** Diversité malacologique sur 3 plantes xérophiles (diss, doum et genêt) dans la région de Tlemcen, in: *Forum Scientifique de S.N.V. Ecol. et Env.*, (Mai 17-18, 2005).

- Damerdji A., 2008.** Contribution à l'étude écologique de la malacofaune de la zone Sud de la région de Tlemcen (Algérie). Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. *Afrique SCIENCE.*, **4 (1)**: 138-153.
- Damerdji A., 2009.** La faune malacologique sur deux plantes aromatiques (Romarin-Thym) dans la région de Tlemcen. *Journée Internationale de Produits Naturels* (Mai 20, 2009).
- Damardji A., 2010.** Composition et structure des Gastéropodes dans les stations à *Thymus ciliatus* Desf. (Labiatae) aux alentours de Tlemcen (Algérie). *Afrique SCIENCE.*, **6 (1)** 13-29.
- Damerdji A., 2012.** La faune malacologique sur différentes plantes médicinales dans la région de Tlemcen (Algérie). *Afrique SCIENCE.*, **8 (1)** :15-23.
- Damerdji A., 2012.** Diversité de la malacofaune sur deux espèces de Cistacées (*Cistus salvifolius* L. et *C. ladaniferus* L.) Dans la région de Tlemcen (Nord-Ouest Algérien). Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **19**: 102-113.
- Damerdji A., 2013.** Malacological diversity on some Lamiaceae in the Region of Tlemcen (Northwest Algeria). *Jour.Life. Scien.*, **7 (8)**:856-861.
- Damerdji A. & Amara A., 2013.** Composition et structure des Gastéropodes dans les stations à *Retama raetam* (Fabaceae) dans la région de Naâma (Algérie). *Afrique SCIENCE.*, **09 (1)**:77- 88.
- Damerdji A. & Benyoucef B., 2006.** Impact des différents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen (Algérie). *Rev. Energ. Renouv.*, **9 (4)** : 267-267.
- Damerdji A., Ladjmi L. & Doumandji S., 2005.** Malacofaune associée à *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae) : inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). *Rev. Scien.Techno.*, **C 23**: 11-20.
- Dedov I.K., 2008.** Terrestrial gastropods (Mollusca, Gastropoda) of the Bulgarian part of the Alibotush Mts. *Malacolog. Bohemoslovaca.*, **7**: 17-20. Online serial at: <http://mollusca.sav.sk>> 20-Feb-2008.
- Dégliose P., Grunewald B. & Gauthier M., 2002.** The insecticide imidacloprid is a partial agonist of the nicotinic receptor of honeybee Kenyon cells. *Neuro. Sci. Lett.*, **321**:13-16.
- Dekle G. W. & Fasulo, T.R., 2008.** Brown Garden Snail, *Cornu aspersum* (Müller, 1774) (Gastropoda: Helicidae). EENY 240, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. Institute of Entomology and Nematology Department, University of Florida. 4 p.
- Delaunois A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. Ed INRA, Montpellier, 86 p.
- de Vaufleury A., Fritsch C., Gimbert G., Pauget B., Coeurdassier M., Crini N. & Scheifler R., 2009.** Utilisation et intérêts des escargots et des micromammifères pour la bioindication de la qualité des sols. *Étu. Gest. Sols.*, **16**: 203- 217.
- de Vaufleury A. & Gimbert F., 2009.** Obtention du cycle de vie complet d'*Helix aperta* Born de sites tunisiens en conditions contrôlées. Influence de la photopériode. *Anim. Biol. Pathology. C.R. Biologie.*, **322**: 795-805.

- de Vaufleury A. & Gimbert F., 2013.** Bioaccumulation, bioamplification des polluants dans la faune terrestre : Un outil pour la biosurveillance des écosystèmes. ADEME et Laboratoire Chrono-environnement, Université de Franche-Comté, UsC INRA. France, 29 p.
- Drif F. & Abdennour A., 2010.** Trace metals in the mussel *Donax trunculus* Linnaeus 1758 from urban and industrial contaminated locations. *Jour. Appl. Scien. Resear.*, **6 (12)**: 2063-2067.
- Druart C., 2011.** Effets des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition. Thèse de doctorat. HAL Id: tel-00662413. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00662413>. Université de Franche-Comté, 316 p.
- Duchaufour P., 1989.** Pédologie et Groupes Ecologiques : Rôle du type d'humus et du pH. *Bulletin d'écologie.*, **20 (1)** :1- 6.
- Duchaufour P., 1970.** Précis de Pédologie. Ed Masson et Cie. Paris, 212 p.
- Duthil J., 1971.** Elément d'Ecologie et d'Agronomie. Ed. J.B. Baillière et fils. Paris. Dunod, 159 p.
- El-Gendy K.S., Radwan M.A. & Gad A.F., 2009.** *In vivo* evaluation of oxidative stress biomarkers in the land snail, *Theba pisana* exposed to copper-based pesticides. *Chemosphere.*, **77**: 339-344.
- El-Gohary R.A.L. & Genena M.A.M., 2011.** Biochemical effect of three molluscicide baits against the two land snails, *Monacha cantiana* and *Eobina vermiculata* (Gastropoda; Helicidae). *Internat. Jour. Agricul. Resear.*, DOI: 10.3923/ijar. 9 p.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V., & Featherstone R.M., 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Parmacol. Physiol.*, **38**: 84- 90.
- El-Okda M.K., 1984.** Land mollusca infestation & chemical control in El-Ismaelia Governorate. *Agricu. Resear. Rev*, Egypt., **62**: 87-92.
- El-Wakil H.B., Banaja A.A. & Amer S.A.M., 2011.** Morphometric and genetic insights for three terrestrial snails in Taif Province of Saudi Arabia. *World. App. Scien. Jour.*, **14 (4)**:546-551.
- El-Wakil H.B. & Radwan M.A., 1991.** Biochemical studies on the terrestrial snail *Eobania vermiculata* (Muller) treated with some pesticide. *Jour. Environ. Scien. Health.*, **26 (596)**: 479-489.
- El-Zemity S.R., 2006.** Synthesis and molluscicidal activity of novel *N*-methyl carbamate derivatives based on naturally occurring monoterpenoids. *Jour. App. Scien. Resear.*, **2 (2)**: 86-90.
- Emberton K.C., 1997.** Diversities and distributions of 80 land-snail species in southeastern-most Madagascan rainforests, with a report that lowlands are richer than highlands in endemic and rare species. *Biodivers. Conserv.*, **6**: 1137-1154.
- Emberton K.C., Pearce T.A. & Randalana R., 1996.** Quantitatively sampling land-snail species richness in Madagascan rainforests. *Malacologia.*, **38**: 203-212.

- Essawy A.E., Abdelmeguid N.E., Radwan M.A., Hamed S.S., Hegazy A.E., 2009.** Neuropathological effect of carbamate molluscicides on the land snail, (*Eobania vermiculata*). *Cell. Biol.Toxicol.*, **25**:275-290.
- European Commission 2002.** Communication of 16 April 2002 from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. COM 2002, 179 final.
- Evans J.G., 1972.** Land snails in archaeology. Seminar Press, London, 436 p.
- Feliz M.K., Abog N., Lorenzo J.J., de Rivera C., Estacio S.C.W., Fidelino J.S., Orlic J.Y.L., Pilapil J.C.A. & Tongco M.D., 2012.** Assessment of acute toxicity of thiamethoxam (Actara® 25WG) to *Achatina fulica* and its potential ecological applications. *Scien. Diliman.*, **24 (2)**: 21-27.
- Forget J., Pavillon J.F., Beliaeff B. & Bocquené G., 1999.** Joint action of pollutant combination (pesticides and metals) on survival (LC50 Values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (Copepoda, Harpacticoida). *Environ. Toxicol. Chemes.*, **8 (5)**: 912-918.
- Forsyth R.G., 1999.** Terrestrial Gastropods of the Columbia Basin, Royal British Columbia Museum. *Living Landscapes*. 133 p.
- Fritsch C., 2010.** Utilisation intégrée de bioindicateurs pour la surveillance des sols et des écosystèmes terrestres. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France. 346 p.
- Gabriella R., Luciano A., Cardoso M., & Hermes-Lima T., 2005.** Seasonal modulation of free radical metabolism in estivating land snails *Helix aspersa*. *Oxyradical Research Group*, Departamento de Biologia Cellular, Universidade de Brasilia, Brasilia, 709010-900, DF, Brazil.
- Gärderfors U., Waldén H.W. & Wäreborn I., 1995.** Effects of soil acidification on forest land snails. *Ecol. Bull.*, **44**: 259-270.
- Gauchers G., 1968.** Traité de Pédologie Agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Ed. Dunod. Paris, 578 p.
- Gauchers F. & Soltser H., 1981.** Base de La Production Végétale : Le Sol, Edition Techniques Agricoles.
- Genena A.M. & Mostafa F., 2008.** Molluscicidal activity of six pesticides against the two land snails, *Monacha cantiana* and *Eobania vermiculata* (Gastropoda: Helicidae) under laboratory conditions. *J.Agric.Sci. Mansoura Univ.*, **33 (7)**: 5307-5315.
- Germain L., 1969 a.** Mollusques Terrestres et Fluviales. Ed. Kraus, Nendeln, Liechtenstein, **21**, 477 p.
- Germain L., 1969 b.** Mollusques Terrestres et Fluviales. Ed. Kraus, Nendeln, Liechtenstein, **22**, 240 p.
- Gimbert F., 2006.** Cinétique de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de doctorat N° 1191. Université de Franche-Comté. France, 172 p.
- Gimbert F., de Vaufléury A., Douay F., Scheifler R., Coeurdassier M. & Badot P.M., 2006.** Modelling chronic exposure to contaminated soil: a toxicokinetic approach with the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Environm. Internat.*, **32**: 866-875.

- Girard J.E., 2010.** Principles of environmental chemistry. 2nd ed. Sudbury, MA: Jones and Barlett Publishers. 687 p.
- Gobel T., Gsell L. & Huter O., 1999.** Synthetic approaches towards CGA 293343: A novel broad-spectrum insecticide. *Pestic. Scien.*, **55**: 355-357.
- Gomez B., 1988.** Estudio sistematico y biogeografica de los moluscos terrestres del *Suborden orthurethra* (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) del Pais Vasco y regiones adyacentes, y catalago de las especies ibericas. Tesis Doctoral. Universitat Pais Vasco. 424 p.
- Gomot A., 1994.** Contribution à l'étude de la croissance d'escargots du genre *Helix*: influence de facteurs de l'environnement. Nutrition et composition biochimique. Contrôle neuroendocrine. Dissertation N°398, Université de Besançon, France.
- Gomot A., 1997.** Effets des métaux lourds sur le développement des escargots. Utilisation des escargots comme bio-indicateurs de pollution par les métaux lourds pour la préservation de la santé de l'homme. *Bull. Acad. Natl. Méd.*, **181**: 59-75.
- Gomot A., 1997 b.** Double labelling of neural grafts for identification of sites mediating growth in snails. *Biol. Cell.*, **89**: 133-140.
- Gomot L. & Deray A., 1987.** Les escargots. *La recherche.*, **186**: 302-311.
- Gomot A. & Gomot L., 1995.** Neurohormonal control of body and shell growth of the snail *Helix*. *Bull. Inst. Océa. Monaco.*, **14**: 141-149.
- Gomot A., Gomot L., Boukraa S. & Bruckert S., 1989.** Influence of soil on the growth of the land snail *Helix aspersa* -an experimental study of the absorption route for the stimulating factors. *Jour. Mollusc. Stud.*, **55**: 1-7.
- Gomot A. & Pihan F., 1997.** Comparison of the bioaccumulation capacities of copper and zinc in two snail subspecies (*Helix*). *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, **38**: 85-94.
- Gomot de Vaufléury A., 2000.** Standardized growth toxicity testing (Cu, Zn, Pb and pentachlorophenol) with *Helix aspersa*. *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, **46**: 41-50.
- Gomot de Vaufléury A., 2001.** Regulation of growth and reproduction. The biology of terrestrial molluscs. Barker GM. Oxon, **CABI**: 331-355.
- Gomot de Vaufléury A. & Kerhoas I., 2000.** Effects of cadmium on the reproductive system of the land snail *Helix aspersa*. *Bull. Environm. Contamin. Toxicol.*, **3**: 434-442.
- Gomot-de Vaufléury A. & Pihan F., 2002.** Methods for toxicity assessment of contaminated soil by oral or dermal uptake in land snails: metal bioavailability and bioaccumulation. *Environm. Toxicol. Chemist.*, **21**: 820-827.
- Grand C., Faure O., Harris-Hellals J., Hedde M., Le Guedard M., Pauget B., Peres G., Villenave C. & de Vaufléury A., 2012.** Quels bioindicateurs, pour quels besoins en sites contaminés? Collaboration : ADEME, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, BRGM, INRA Versailles, LEB Aquitaine Transfert-ADERA, Univ Franche-comté, Université de Rennes, ELISOL environnement, IRD, UME Eco & Sol, Supagro.
- Grara N., Atailia A., Boucenna M., Berrebeh H. & Djebbar M.R., 2012.** Toxicity of metal dust from Annaba steel complex (Eastern Algeria) on the

- morphophysiological parameters of the snail *Helix aspersa*. *Advanc. Environm. Biol.*, **6** (2): 605-611.
- Grara N., Boucenna M., Atilia A., Berrebbah H. & Djebbar M.R., 2012.** Stress oxydatif des poussières métalliques du complexe sidérurgique d'Annaba (Nord-Est algérien) chez l'escargot *Helix aspersa*. *Environm. Risqu. Santé.*, **11** (3): 221-229.
- Guilhermino L., Barros P., Silva M.C. & Soares A., 1998.** Should the use of inhibition of cholinesterases as a specific biomarker for organophosphate and carbamate pesticides be questioned? *Biomarkers.*, **3**: 157-163.
- Gupta S., Gajbhiye V.T. & Gupta R.K., 2008.** Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **80**: 431-37.
- Hamed S.S., Abdelmeguid N.E., Essawy A.E., Radwan M.A. & Hegazy A.E., 2007.** Histological and ultrastructural changes induced by two carbamate molluscicides on digestive gland of *Eobania vermiculata*. *Jour. Biolog. Scien.*, **7** (6):1017-1037.
- Henry M., Beguin M., Requier F., Rollin O., Odoux J.F., Aupinel P. & Decourtye A., 2012.** A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science.*, **336** (6079): 348-350.
- Herbet A., Guilhermino L., Assis H.C.S. & Hansen P.D., 1995.** Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift. Angewandt. Zool.*, **3**: 1-5.
- Hermida J., Outeiro A. & Rodriguez T., 1994.** Biogeography of terrestrial gastropods of North West Spain. *Jour. Biogeogr.*, **21**: 207-217.
- Hermida J., Ondina P. & Rodriguez T., 2000.** The relative importance of edaphic factors on the distribution of some terrestrial gastropod species: autoecological and synecological approaches. *Acta Zool. (Hung.)*, **46** (4): 265-274.
- Hofer D. & Bandl F., 1999.** Cruiser/Cruiser performance features of thiamethoxam as a seed treatment in worldwide cotton. *Proc. Beltwide. Cotton. Conf. Memphis, Tenn.*, **2**: 1101-1104.
- Hotopp K.P., 2002.** Land snails and soil calcium in central Appalachian Mountain forest. *South. Eastern. Natural.*, **1**: 27- 44.
- Hotopp K.P., Pearce T.A. & Dourson D.C., 2008.** Land snails of the Cheat River Canyon, West Virginia (Gastropoda: Pulmonata). *Banisteria.*, **31**: 40-46.
- Hussein H.I, Kamel A., Abou-Zeid M., El-Sebae A.H. & Saleh M.A., 1994.** Uscharin, the most potent molluscicidal compound tested against land snails. *Jour. Chem. Ecol.*, **20**: 135-140.
- Ittah Y. & Zisman U., 1992.** Evaluation of volatile ally alcohol derivatives for control of snails on cut roses for export. *Pest. Scien.*, **35**: 183-186.
- Iwasa T., Motoyama N., Ambrose J.T. & Roe M.R., 2004.** Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop. Prot.*, **23**: 371-78.
- Jäggy A. & Striet B., 1982.** Toxic effects of soluble copper on *Octolasmus cyaneum* Sav. (Lumbricidae). *Rev. Suisse. Zoolog.*, **89**: 881-889.

- Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L., Ritz K., Peres G., Römbke J. & Van der Putten W.H., 2010.** European Atlas of Soil Biodiversity. *European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg*. 128 p.
- Johannessen L.E. & Solshøy T., 2001.** Effects of experimentally increased calcium levels in the litter on terrestrial snail populations. *Pedobiologia.*, **45**: 234-242.
- Kaouritchev, I., 1970.** Manuel Pratique de Pédologie. Sciences de la vie. Tome I. Moscou. 278 p.
- Kassab A. & Daoud H., 1964.** Notes on the biology & control of land snail of economic importance in the U.A.R. *Jour. Agricu. Resear. Rev*, Cairo., **42**: 66-98.
- Kebapci Ü., 2008.** Survival and diversity of native and introduced snails in an urbanizing city in Turkey. *Natur. Montenegr. Podgor.*, **7 (2)**: 413-421.
- Kerney M., Cameron R. & Bertrand A., 2006.** A Field Guide to the Land Snails of Britain and North-west Europe, French ed. Paris, Delachaux ET Niestlé SA. 97 p.
- Kindemba V., 2009.** The impact of neonicotinoid insecticides on bumblebees, honey bees and other non-target invertebrates. *UK: Buglife-The Invertebrate Conservation, Trust.*, 52 p.
- Koranteng-Addo E.J., Owusu-Ansah E., Boamponsem L.K., Bentum J.K. & Arthur S., 2011.** Levels of zinc, copper, iron and manganese in soils of abandoned mine pits around the Tarkwa gold mining area of Ghana. *Advanc. Appli. Scien. Resear.*, **2 (1)**: 280-288.
- Kwong T.C., 2002.** Organophosphate pesticides: biochemistry and clinical toxicology, *Ther. Drug Monit.*, **24**:144-149.
- Laguerre C., Sanchez-Hernandez J.C., Kohler H.-R., Tribskorn R., Capowiez Y., Rault M., Mazzia C., 2009.** B-type esterases in the snail *Xeropicta derbentina*: an enzymological analysis to evaluate their use as biomarkers of pesticide exposure. *Environ. Pollut.*, **157**:199-207.
- Lam P.K.S., 2009.** Use of biomarkers in environmental monitoring. *Ocean and Coastal Management.*, **52**: 348-354.
- Larba R., 2014.** Biosurveillance de l'environnement dans la région Est : mesure de biomarqueurs chez *Helix aspersa* et corrélation avec les caractéristiques physico-chimiques des sols. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 105 p.
- Larba R. & Soltani N., 2013.** Diversity of the terrestrial gastropods in the Northeast Algeria: Spatial and temporal distribution. *Europ. Jour. Experim. Biol.*, **3 (4)**: 209-215.
- Larba R. & Soltani N., 2014.** Use of the land snail *Helix aspersa* for monitoring heavy metal soil contamination in Northeast Algeria. *Environ. Monit. Assess.*, **186** :7.
- Lawson D.S., Dunbar D.M., White S.M. & Ngo N., 1999.** Actara 25 WG: control of cotton pests with a new neonicotinoid insecticide, thiamethoxam. *Proc. Beltwide. Cotton. Conf. Memphis, Tenn.*, **2**: 1106-1109.
- Le Bras G.J., 2007.** Les bioindicateurs : Ecotoxicologie & méthodes d'investigation. Version 2.0-2000-2007. Enseignement M1 – ISA & Université catholique de Lille. 91 p.

- Lemaire P., Matthews A., Förlin L. & Livingstone D. R., 1994.** Stimulation of oxyradical production of hepatic microsomes of flounder (*Platichthys flesus*) and perch (*Perca fluviatilis*) by model and pollutant xenobiotics. *Arch. Environ. Cont. Toxicol.*, **26**: 191-200.
- Liberto F., Giglio S., Colomba M.S. & Sparacio I., 2012.** New and little known land snails from Sicily (Mollusca; Gastropoda). *Biodiver. Jour.*, **3 (3)**: 201-228.
- Liberto F. & Sparacio I., 2013.** Case 3604 *Helix* (Helicogena) *aspersa* insolida Monterosato, 1892 (currently *Erctella insolida*; Gastropoda, Pulmonata, Helicidae): proposed conservation of the specific name. *Bull. Zoolog. Nomencl.*, **70 (3)**: 160-165.
- Lopes P.A., Pinheiro T., Santos M.C., da Luz Mathias M., Collares-Pereira M.J. & Viegas-Crespo A.M., 2001.** Response of antioxidant enzymes in freshwater fish populations (*Leuciscus alburnoides* complex) to inorganic pollutants exposure. *Sci.Total. Environ.*, **280**:153-63.
- Lorvellec O., 1982.** Etude de l'activité et de l'hibernation chez l'escargot « Petit-gris ». Journées nationales de l'héliciculture, I.T.A.V.I.
- Loveland P., & Webb J., 2003.** Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review? *Soil and Tillage Research.*, **70**: 1-18.
- Lovett G.M., Burns D.A., Driscoll C.T., Jenkins J.C., Mitchell M.J., Rustad L., Shanley J.E., Likens G.E. & Haeuber R., 2007.** Who needs environmental monitoring? *Front. Ecol. Environ.*, **5**: 253-260.
- Maas S., Scheifler R., Benslama M., Crini N., Lucot E. & Brahmia Z., 2010.** Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria. *Environm. Pollut.*, **158**: 2294-2301.
- Maienfisch P., Bandl F., Kobel W., Rindlisbacher A. & Sen R., 1999.** CGA293'343: a novel, broad-spectrum neonicotinoid insecticide. In: *Nicotinoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor* (eds. I. Yamamoto, J.E. Casdia), Springer, Tokyo, pp: 177-209.
- Maienfisch P., Huerlimann H., Rindlisbacher A., Gsell L., Ettwiler H., Haettenschwiler J., Syeger E. & Walti M., 2001.** The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. *Pest. Managem. Scien*, London, **57 (2)**: 165-176.
- Marigomez I.A., Kortabitarte M. & Dussart G.B.J., 1998.** Tissue level biomarkers in sentinel slugs as cost-effective tools to assess metal pollution in soils. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **34**: 167-176.
- Mariussen M.P.J.C. & Van der Zee S.E.A.T.M., 1997.** Cu accumulation by *Lumbricus rubellus* as affected by total amount of Cu in soil, soil moisture and soil heterogeneity. *Soil Biol. Biochem.*, **29**: 641-647.
- Marliere F., 2000.** Mesure des pesticides dans l'atmosphère. INERIS (Institut National De L'Environnement Industriel Et Des Risques. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. Loi sur l'Air – Convention 18/99 DECEMBRE 2000 INERIS DRC-00-23449-AIRE-569a-CDu-FMr.74 p.
- Martinez-alvarez R.M., Morales A.E. & Sanz A., 2005.** Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish biology and Fisheries.*, **15**: 75-88.
- Martinez Orti A., 1999.** Moluscas terrestres testaceos de la comunidad Valenciana ». Tesis Doctoral, Universitat de Valencia, 743 p.

- McBride M.B. 1994.** Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press. New York, 406 p.
- McLoughlin N., Yin D., Maltby L., Wood R.M. & Yu H., 2000.** Evaluation of sensitivity and specificity of two crustacean biochemical biomarkers. *Environ. Toxicol. Chem.*, **19**: 2085-2092.
- Menta C. & Parisi V., 2001.** Metal concentration in *Helix pomatia*, *Helix aspersa* and *Arion rufus*: a comparative study. *Environm. Pollut.*, **115**: 205-208.
- Morel R., 1986.** Les Sols Cultivés. Lavoisier. 1ère édition. Paris. 64 p.
- Morsli S.M. & Soltani N., 2003.** Effets d'un insecticide inhibiteur de la synthèse de la chitine, le diflubenzuron, sur la cuticule de la crevette *Penaeus kerathurus*. *Jour. Recherch. Océanograph.*, **28**: 85-88.
- Nation T.H., 2005.** The influence of soil calcium on land snail diversity in the Blue Ridge Escarpment of South Carolina. Unpublished Ph.D. dissertation, Clemson University, South Carolina.
- National Registration Authority (N.R.A.), 2001.** Evaluation of the new active thiamethoxam in the product Cruiser 350 FS insecticide seed treatment. Canberra, Australia: National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals. 51 p.
- National Research Council Committee on Biological Markers (N.R.C.C.B.M), 1987.** Biological markers in environmental health research. *Environ. Health Perspect.* **74**: 3-9. Owens, W.I., Belcher, R.V., 1965. A colorimetric micro-method for the determination of glutathione. *Biochem. J.*, **94**: 705-711.
- Nauen R., Ebbinghaus-Kintscher U. & Schmuck R., 2001.** Toxicity and nicotinic acetylcholine receptor interaction of imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Pest. Managem. Scien.*, **57**: 577-586.
- Nauen R., Ebbinghaus-Kintscher U., Salgado V.L. & Kaussman M., 2003.** Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pest. Biochemist. Physiol.*, **76**: 55-69.
- Nekola J.C., 1999.** Terrestrial gastropod richness of carbonate cliff and associated habitats in the Great Lakes region of North America. *Malacologia.*, **41**: 231-252.
- Nekola J.C., 2003.** Large-scale terrestrial gastropod community composition patterns in the Great Lakes region of North America. *Divers. Distribut.*, **9**: 55-71.
- Nekola J.C. & Smith T.M., 1999.** Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin carbonate cliff communities. *Malacologia.*, **41**: 253-269.
- Neubert E., 1998.** Annotated checklist of the terrestrial and freshwater mollusks of the Arabian Peninsula with descriptions of new species. *Fauna. Arab.*, **17**: 333-461.
- Nica D., Bura M., Gergene I., Harmanescu M. & Bordean D.M., 2012.** Bioaccumulative and conchological assessment of heavy metal transfer in a soil-plant-snail food chain. *Chemis. Centr. Jour.*, **6**: 1-55.
- Nicolai A., 2010.** The impact of diet treatment on reproduction and thermophysiological processes in the land snails *Cornu aspersum* and *Helix pomatia*. *Ecolog. Environ.* University Rennes 1, Thesis doctora, 202 p.

- Nowakowska A., Laciak T. & Caputa M., 2012.** Organ profiles of the antioxidants system and the accumulation of metals in *Helix aspersa* snails. *Pol. Jour. Environ. Stud.*, **21 (5)**: 1369-1375.
- Nowakowska A., Swderska-Kolacz G., Rogalska J. & Caputa M., 2009.** Effects of winter torpor upon antioxidant defense in *Helix pomatia* snails. *Can. Jour. Zool.*, **87** : 471.
- Ondina P., 1988.** Gastéropodes Terrestres de A Coruna y Pontevedra. Tesis Doctoral. Univ. De Santiago. 386 p.
- Ondina P., Hermida J., Outeiro A. & Mato S., 2004.** Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain). *Appl. Soil Ecol.*, **26**: 1-9.
- Ondina P., Mato S., Hermida J. & Outeiro A., 1998.** Importance of soil exchangeable cations and aluminium content on land snail distribution. *Appl. Soil Ecol.*, **9**: 229-232.
- Ortiz de Zarate A., 1991.** Descripción de las Moluscas terrestres del Valle del Najerilla. Gobierno de la Riaja : Consejería de Educación Cultura y Deportes, *Lagrana*, 400 p.
- Outeiro A., Agüera C. & Parejo C., 1993.** Use of ecological profiles in a study of the relationship of terrestrial gastropods and environmental factors. *Jour. Conch.*, **34**: 365-375.
- Palm, R., 1998.** L'analyse en Composantes Principales : principes et applications. *Notes Stat. Inform.* (Gembloux) 98/2, 31 p.
- Pauget B., Gimbert F., Coeurdassier M., Crini N., Pérès G., Faure O., Douay F., Hitmi A, Beguiristain T., Alaphilippe A, Guernion M., Houot S., Legras M., Vian J.F., Hedde M., Bispo A., Grand C. & de Vaufleury A., 2013.** Ranking field site management priorities according to their metal transfer to snails. *Ecolog. Indic.*, **29**: 445-454.
- Pearce T.A. & Örstan A., 2006.** Terrestrial Gastropoda. In C. F. Sturm, T. A. Pearce, and A. Valdés, eds., *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. American Malacological Society., pp : 261-285.
- Pirame S.S.L., 2003.** Contribution à l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa*) : reproduction expérimentale. Thèse de doctorat vétérinaire (Tou 3-4097), Ecole Nationale Vétérinaire, Université Paul-Sabatier, Toulouse, France, 99 p.
- Piron-Frenet M., Bureau F. & Pineau A., 1994.** Lead accumulation in surface roadside soil: its relationship to traffic density and meteorological parameters. *The Science of the Total Environment.*, **144** : 297-304.
- Pol D., 2006.** Elevage de l'escargot. LA MAIN À LA PÂTE. Fondation pour l'éducation à la science, Académie des sciences, France.
- Ponel P., 1983.** Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes psammophiles de l'isthme de Giens. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros.*, **9**: 149-182.
- Portail A., 2005.** Écotoxicologie des sols pollués. Enjeux, outils, retours d'expériences d'un laboratoire. *INTEROL*, Paris, 33 p.

- Promeyrat S., 2001.** Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique autoroutière, caractérisation des flux de déposition et de la contamination métallique de l'environnement de proximité, Thèse en Sciences de la Vie, Université de Metz, 207 p.
- Puente A.I., 1997.** Estudio taxonomico y biogeografico de la Superfamilia Helicoidea Rafinesque, 1815 (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) de la Peninsula Ibericae Islas Baleares. Tesis Doctoral. (U.P.V /E .M.U) 970 p.
- Radwan M.A., EL-Wakil H.B. & Osman K.A., 1992.** Toxicity and biochemical impact of certain oxime carbamate pesticides against terrestrial snail, *Theba pisana* (Muller). *J. Environ. Sci. Health.*, **27 (6):** 759-773.
- Radwan M.A., Essawy A.E., Abdelmeguid N.E., Hamed S.S. & Ahmed A.E., 2008.** Biochemical and histochemical studies on the digestive gland of *Eobania vermiculata* snails treated with carbamate pesticides. *Pest. Biochem. Physiol.*, **90:** 154-167.
- Radwan M.A. & Mohamed M.S., 2013.** Imidacloprid induced alterations in enzyme activities and energy reserves of the land snail, *Helix aspersa*. *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, **95:** 91-97.
- Ramade F., 1984.** Elément d'Ecologie Fondamentale. Ed MC Grow-hill. Paris, 171 p.
- Ramos-Vasconcelos G.R., Cardoso L.A. & Hermes-Lima M., 2005.** Seasonal modulation of free radical metabolism in aestivating land snail *Helix aspersa*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **140:**165.
- Rath S. & Misra B.N., 1981.** Toxicological effects of dichlorvos (DDVP) on brain and liver acetylcholinesttterase (AChE) activity of *Tilapia mossambica*. *Toxicol.*, **19:** 239-245.
- Rawi S.M., AL-Hazmi M. & Seif Al Nassr F., 2011.** Comparative study of the molluscicidal activity of some plant extracts on the snail vector of *Schistosoma mansoni*, *Biomphalaria alexandrina*. *Internat. Jour. Zoolog. Resear.*, **7 (2):** 169-189.
- Régnier C., Fontaine B. & Bouchet P., 2009.** Not knowing, not recording, not listing: numerous unnoticed mollusk extinctions. *Conserv. Biol.*, **23:** 1214-1221.
- Regoli F., Gorbi S., Fattorini D., Tedesco S., Notti A., Machella N., Bocchetti R., Benedetti M. & Piva F., 2006.** Use of the land snail *Helix aspersa* as sentinel organism for monitoring ecotoxicologic effects of urban pollution: an integrated approach. *Environ. Health Perspect.*, **114:** 63-69.
- Reichman S.M., 2010.** The responses of plants to metal toxicity: a review focusing on copper, manganese and zinc. *Australian. Mineral. Energ. Environm. Found.*, **14:** 612-621.
- Reidy G.F., Rose H.A., Viseton S. & Murray M., 1990.** Increased glutathione Stransferase activity and glutathione content in an insecticide-resistant stain of *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pest. Biochem. Physiol.*, **36:** 269-279.
- Reitano A., Liberto F. & Sparacio I., 2007.** Nuovidati su molluschi terrestrie dulciacquicoli di Sicilia. 1°Contributo (Gastropoda Prosobranchia Neotaenioglossa; Gastropoda Pulmonata Basommatophora, Stylommatophora). *Naturalista sicil.*, S. IV, XXXI (3-4): 311-330.

- Reitano A., Liberto F., Sparacio I. & Giglio S., 2009.** I molluschi terrestri della R.N.I. “Grotta Palombara” (Melilli, Sicilia Sud-Orientale) (Gastropoda Architaenioglossa, Neotaenioglossa, Stylommatophora). *Naturalista sicil.*, S. IV, XXXIII (1-2) : 177-205.
- Rendo’n-von Osten J., Ortiz-Arana A., Guilhermino L. & Soares A.M.V.M., 2005.** *In vivo* evaluation of three biomarkers in the mosquito fish (*Gambusia yucatanana*) exposed to pesticides. *Chemosphere.*, **58**: 627-636.
- Riddle W.A., 1986.** Physiological ecology of land snails and slugs. In: Russell-Hunter, W.D., ed. *The Mollusca Academic.*, **6**: 431-461.
- Riggle R.S., 1976.** Quantitative examination of gastropod and soil relationships in an oak-hickory forest in the lower Illinois valley region. *Sterkiana.*, **62**: 1-17.
- Rivière J.L., 1998.** Evaluation du risque écologique des sols pollués. *Association RECORD*. Paris: 123 p.
- Rodriguez J.A., Nanos N., Grau J.M., Gil L. & Lopez-Arias M., 2008.** Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural top soils. *Chemosphere.*, **70**: 1085-1096.
- Rorke M.A. & Gardner D.R., 1974.** Lethality and behavioural symptoms produced by some organophosphorous compounds in the snail (*Helix aspersa*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **11**: 417-424.
- Rortais A., Arnold G., Halm M. P. & Touffet-Briens F., 2005.** Modes of honey bees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie.*, **36**: 71-83.
- Rozema J., Notten M.J.M., Aertsa R., Van Gestel C.A.M., Hobbelen P.H.F. & Hamers T.H.M., 2008.** Do high levels of diffuse and chronic metal pollution in sediments of Rhine and Meuse flood plains affect structure and functioning of terrestrial ecosystems? *Scien. Total. Environm.*, **406**: 443-448.
- Ryu H., Chung J.S., Nam T., Moon H.S. & Nam K., 2010.** Incorporation of heavy metals bioavailability into risk characterization. *Clean.*, **38** : 812-815.
- Sacchi C.F., 1971.** Ecologie comparée des gastéropodes pulmonés des dunes Méditerranéennes et Atlantiques. *Nature. Soc. It. Sc. nat. Museo, Civ. St, nat. e Acquario Civ*, Milano., **62** (3): 277-358.
- Salama A.K., Osman K.A., Saber N.A. & Soliman S.A., 2005.** Oxidative stress induced by different pesticides in the land snail, *Helix aspersa*. *Pak. Jour. Biol. Sci.*, **8** (1): 92-96.
- Sallam A. & El-Wakeil N., 2012.** Biological and ecological studies on land snails and their control, Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics, Dr. Sonia Soloneski (Ed.), ISBN: 978-953-51-0050-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/integrated-pest-managementand-pest-control-current-and-future-tactics/biological-and-ecological-studies-on-land-snails-and-their-control>.pp: 414-444.
- Samir M.H., Beltagi M.S., Al-Shinnawy A.b., Nabawy A., Elkattan I. & Yousef H.N., 2010.** Effects of sublethal doses of selected botanical molluscicides on oxygen consumption of the brown garden snail, *Eobania vermiculata*. *Egypt. Jour. Hospit. Medic.*, **40**: 402-410.

- Samraoui B., Benyacoub S., Mecibah S. & Dumont H.J., 1993.** A frotropical libellulids in the lake district of El Kala, NE Algeria, with a redescription of *Urothemis edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica.*, **3**: 365-372.
- Sánchez-Bayo F. & Goka K., 2006.** Influence of light in acute toxicity bioassays of imidacloprid and zinc pyrethrin to zooplankton crustaceans. *Aquatic. Toxicol.*, **78**: 262-71.
- Sanchez-Hernandez J.C., 2011.** Pesticide biomarkers in terrestrial invertebrates, pesticides in the modern world-Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment, Dr. Margarita Stoytcheva (Ed.), ISBN: 978-953-307-457-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-pests-control-and-pesticides-exposure-and-toxicity-assessment/pesticide-biomarkers-interrestrial-invertebrates>. pp: 213-240.
- Scheifler R., 2002.** Evaluation de la biodisponibilité et des transferts de polluants métalliques et organiques des réseaux trophiques 'sols-plantes-invertébrés'. Thèse de doctorat N° 916. Université de Franche-Comté, France. 190 p.
- Schuytema G.S., Nebeker A.V. & Griffis W.L., 1994.** Effects of dietary exposure to forest pesticides on the brown garden snail *Helix aspersa*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **26**: 23-28.
- Semadi A. & Deruelle S., 1993.** Lead pollution monitoring by transplanted lichens in Annaba area (Algeria). *Rev. Pollut. Atmosph.*, (Oct–Dec), **86**-102.
- Sen S., Ravikanth G. & Aravind N.A., 2012.** Land snails (Mollusca: Gastropoda) of India: status, threats and conservation strategies. *Jott. Rev.*, **4** (11): 3029-3037.
- Sies H. & Akerboom T.P.M., 1984.** Glutathione disulfide (GSSG) efflux, from cells and tissues. *Methods in Enzymology.*, **105**: 445-451.
- Snyman R.G., Reinecke A.J. & Reinecke S.A., 2002.** Field application of a lysosomal assay as biomarker of copper oxychloride exposure, in the snail *Helix aspersa*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **69**: 117-122.
- Soltani N. & Morsli S.M., 2003.** Quantification du Dimilin par chromatographie liquide haute performance: étude de la dégradation dans l'eau de mer. *Jour. Recher. Océanograph.*, **28**: 118-120.
- Sverdrup L.E., de Vauflery A., Hartnik T., Hagen S.B., Loibner A.P. & Jensen J., 2006.** Effects and uptake of polycyclic aromatic compounds in snails (*Helix aspersa*). *Environm. Toxicol. Chemist.*, **25**: 1941-1945.
- Tan J., Galligan J.J. & Hollingworth R.M., 2007.** Agonist actions of neonicotinoids 410 on nicotinic acetylcholine receptors expressed by cockroach neurons, *Neurotoxicology.*, **28**:829-842.
- Tattersfield P., Warui C.M., Seddon M.B. & Kiringe J.W., 2001.** Land-snail faunas of Afromontane forests of Mount Kenya, Kenya: ecology, diversity and distribution patterns. *Jour. Biogeogr.*, **28**: 843-861.
- Tomizawa M. & Casida J.E., 2003.** Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu. Rev. Entomol.*, **48**: 339-364.

- Tomizawa M. & Casida J.E., 2005.** Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **45**: 247-268.
- Traina S.J. & Laperche V., 1999.** Contaminant bioavailability in soils, sediments, and aquatic environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **96**: 3365-3371.
- Ukpebor J.E. & Halsall C.J., 2012.** Effects of dissolved water constituents on the photodegradation of fenitrothion and diazinon. *Water. Air. Soil. Pollut.*, **223 (2)**: 655-666.
- Van Den Hout K.D., Bakker D.J., Berdowski J.J.M., Van Jaarsveld J.A., Reinds G.J., Bril J., Breeuwsma A., Groenenberg J.E., De Vries W., Van Pagee J.A., Villars M. & Viard B., Maul A. & Pihan J.C., 2004 a.** Standard use conditions of terrestrial gastropods in active biomonitoring of soil contamination. *Jour. Environm. Monitor.*, **6**: 103-107.
- Viard-La rocca B., 2004.** Mise au point et validation, sur sites contaminés, (ETM-HAP) d'un test de biosurveillance en microcosme: Croissance et bioaccumulation par le gastéropode terrestre *Helix aspersa aspersa*. Thèse en Sciences de la Vie, Université de Metz, 266 p.
- Weckbercker G. & Cory J.C., 1988.** Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione-depleted mouse leukemia L 12: O Cells in vitro cancer. *Letters.*, **40**: 257-264.
- Welter-Schultes F., Altaba C.R. & Audibert C., 2013.** Comment on *Cornu* Born, 1778 (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Helicidae): request for a ruling on the availability of the generic name (Case 3518; see BZN 68: 97-104, 282-292; 69: 124-127, 219-221). *Bull. Zoolog. Nomenclat.*, **70 (1)**: 41-42.
- Wharfe J., 2004.** Hazardous chemicals in complex mixtures-a role for direct toxicity assessment. *Ecotoxicology.*, **13**: 81-88.
- Xu S., & Tao S., 2004.** Coregionalization analysis of heavy metals in the surface soil of Inner Mongolia. *Science of the Total Environment.*, **320**: 73-87.
- Yang Z.P. & Dettbarn W.D., 1996.** Diisopropylphosphofluoridate induced cholinergic hyperactivity and lipid peroxidation, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **52**: 48-53.
- Young A.G. & Wilkins R.M., 1989.** A new technique for assessing the contact toxicity of molluscicides to slugs. *Jour. Moll. Stud.*, **55**: 533-536.
- Zaidi N., Farine J.P. & Soltani N., 2013.** Experimental study on diflubenzuron: degradation in freshwater and bioconcentration in mosquitofish following chronic exposure. *Jour. Environm. Protect.*, **4 (2)**: 188-194.
- Zaidi N. & Soltani N., 2010.** Chronic toxicity of flucyclohexuron in the mosquitofish, *Gambusia affinis*: acetylcholinesterase and catalase activities and pattern of recovery. *Annal. Biolog.Resear.*, **1 (4)**: 210-217.
- Zaidi N. & Soltani N., 2011.** Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis*: chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biolog. Contr.*, **59 (2)**: 106-113.
- Zang L., Morton V. & Ngo N., 1998.** Cruiser: a new cotton insecticide seed treatment from Novartis crop protection. *Proc.Beltwide.Cotton.Conf. Memphis, Tenn.*, **2**: 1188-1190.

Zawisza-Raszka A., Dolezych B., Dolezych S. & Migula P., 2010. Effects of nickel exposure and acute pesticide intoxication on acetylcholinesterase, catalase and Glutathione S-Transferase activity and glucose absorption in the digestive tract of *Helix aspersa* (Pulmonata, Helicidae). *Int. Jour. Environm. Pollut.*, **381**: 390.

Sites d'internet:

-www.nature-scientia.com .

8. ANNEXES

ANNEXE I : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

1. Publications :

- Douafer L. & Soltani N., 2014. Inventory of Land Snails in Some Sites in the Northeast Algeria: Correlation with Soil Characteristics. *Advances in Environmental Biology*, **8(1)** : 236-243.

2. Communications :

Communications internationales :

- DOUAFER L. & SOLTANI N. Biosurveillance de la qualité des sols dans le Nord-est algérien (El kala, Annaba, et Guelma) par l'utilisation d'une espèce bioindicatrice *Helix aspersa*. II Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-resources .Tabarka, Tunisie, le 18 au 20 Mars 2014. Communication affichée.

Communications nationales :

- DOUAFER L. & SOLTANI N. Biodiversité des gastéropodes terrestres dans le nord-Est algérien (El kala, annaba et Guelma).3^{ème} Séminaire International de Biologie Animale (SIBA3).Constantine le 9, 10 & 11Mai 2011. Communication affichée.

- DOUAFER, L., & SOLTANI, N. Evaluation de la pollution des sols dans le Nord-Est Algérien par l'utilisation d'une espèce bioindicatrice *Helix aspersa*. Conférence nationale, les pollutions industrielles et environnement (CNPIE). Skikda le 5 et 6 Juin 2011. Communication orale.

- DOUAFER L. & SOLTANI N. Biodiversité des gastéropodes pulmonés terrestres dans quelques sites du Nord-est Algérien : corrélation avec les caractéristiques physicochimiques des sols. Congrès Méditerranéen : Biodiversité Animale et Ecologie de la santé. Annaba le 15 au 18 Octobre 2011. Communication affichée.

- DOUAFER L & N. SOLTANI. Toxicité aigue d'un insecticide néonicotinoïde (thiaméthoxam) sur des gastéropodes terrestres : *Helix aspersa* et *Helix aperta*. Les III^{èmes} Journées nationales de biologie et de génétique moléculaire.1^{ère} Rencontre maghrébine de biologie et de génétique moléculaire. Constantine, le 05-06 Novembre 2014. Communication orale.

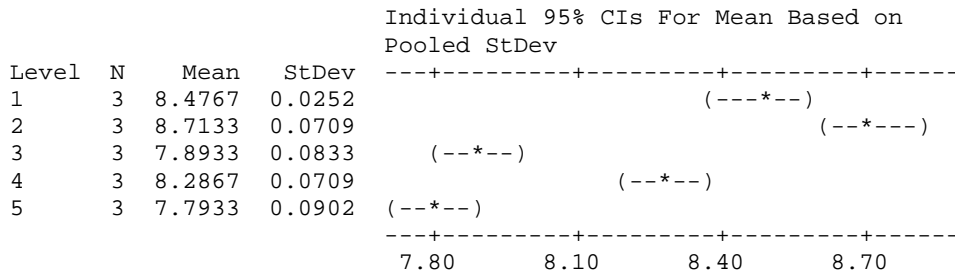
ANNEXE II: ETUDE STATISTIQUE

Tableau 1: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) de pH_{eau} des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: pH eau versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	1.80496	0.45124	87.56	0.000
Error	10	0.05153	0.00515		
Total	14	1.85649			

S = 0.07179 R-Sq = 97.22% R-Sq(adj) = 96.11%



Pooled StDev = 0.0718

Grouping Information Using Tukey Method

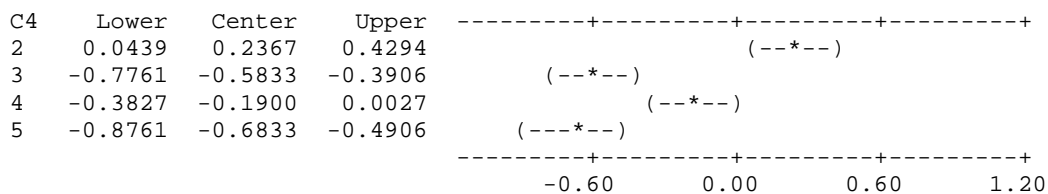
C4	N	Mean	Grouping
2	3	8.7133	A
1	3	8.4767	B
4	3	8.2867	B
3	3	7.8933	C
5	3	7.7933	C

Means that do not share a letter are significantly different.

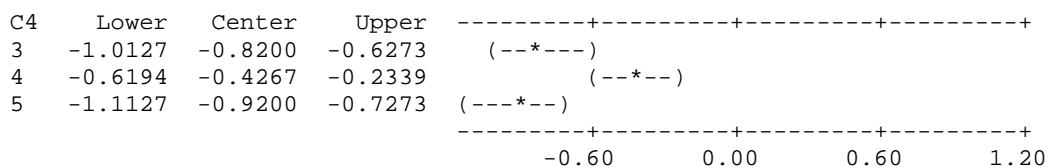
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C4

Individual confidence level = 99.18%

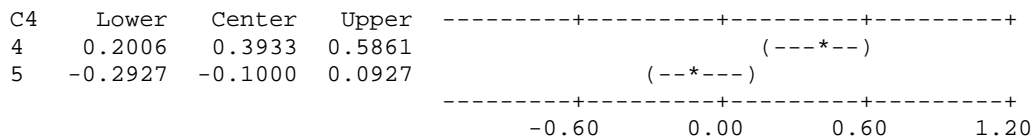
C4 = 1 subtracted from:



C4 = 2 subtracted from:



C4 = 3 subtracted from:



C4 = 4 subtracted from:

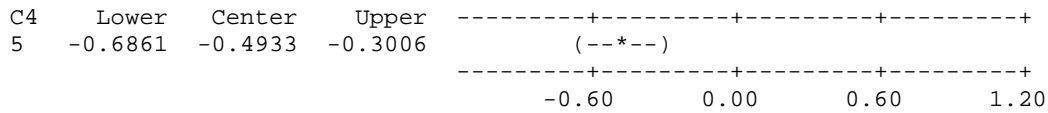
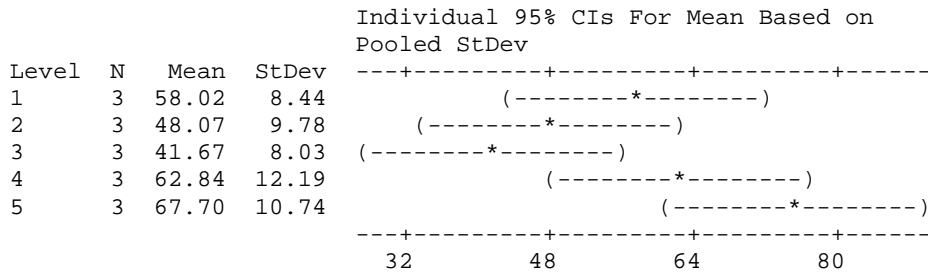


Tableau 2: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) d'humidité des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: texture versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
sites	4	2098	525	4.09	0.032
Error	10	1284	128		
Total	14	3382			

S = 11.33 R-Sq = 62.04% R-Sq(adj) = 46.86%



Pooled StDev = 11.33

Grouping Information Using Tukey Method

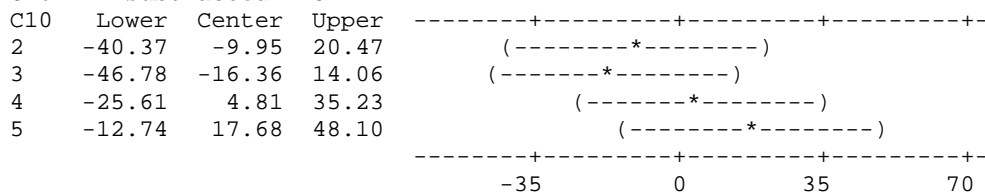
C10	N	Mean	Grouping
5	3	67.70	A
4	3	62.84	A B
1	3	58.02	A B
2	3	48.07	A B
3	3	41.67	B

Means that do not share a letter are significantly different.

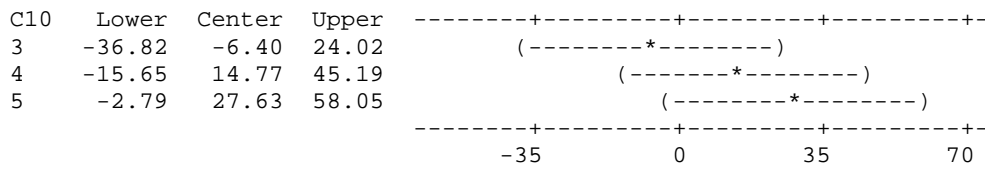
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C10

Individual confidence level = 99.18%

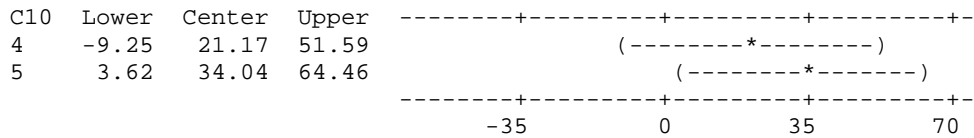
C10 = 1 subtracted from:



C10 = 2 subtracted from:



C10 = 3 subtracted from:



C10 = 4 subtracted from:

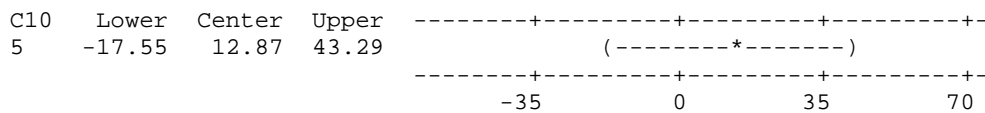
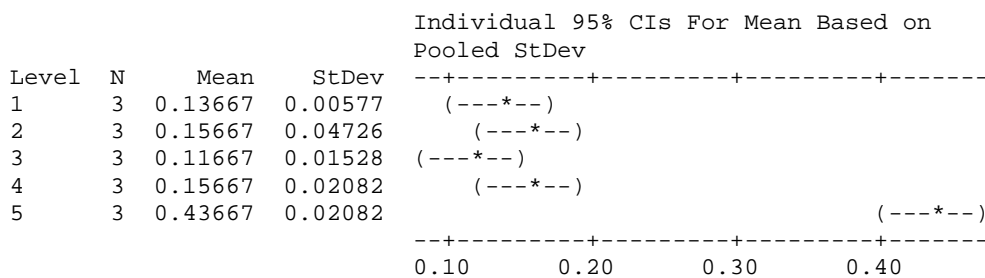


Tableau 3: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) de la Conductivité électrique des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: Conductivité électrique versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	0.212160	0.053040	78.77	0.000
Error	10	0.006733	0.000673		
Total	14	0.218893			

S = 0.02595 R-Sq = 96.92% R-Sq(adj) = 95.69%(F4, 10 = 78,77, p = 0,0001)



Pooled StDev = 0.02595
Grouping Information Using Tukey Method

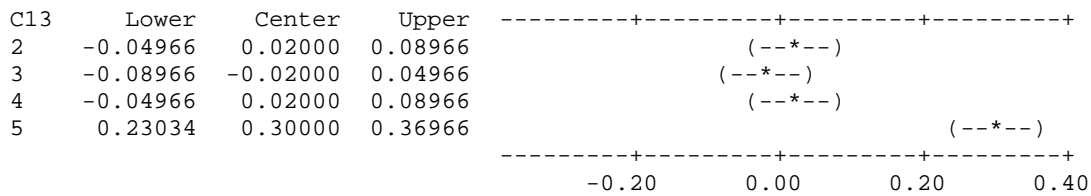
C13	N	Mean	Grouping
5	3	0.43667	A
4	3	0.15667	B
2	3	0.15667	B
1	3	0.13667	B
3	3	0.11667	B

Means that do not share a letter are significantly different.

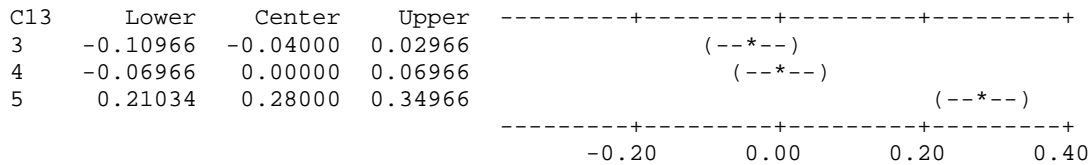
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C13

Individual confidence level = 99.18%

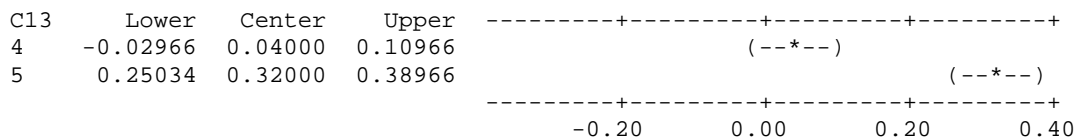
C13 = 1 subtracted from:



C13 = 2 subtracted from:



C13 = 3 subtracted from:



C13 = 4 subtracted from:

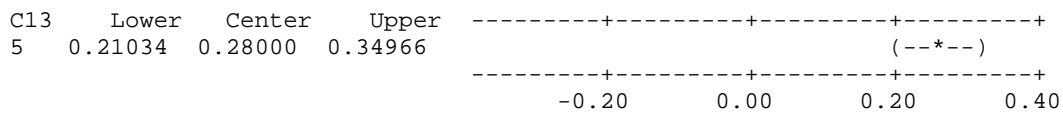
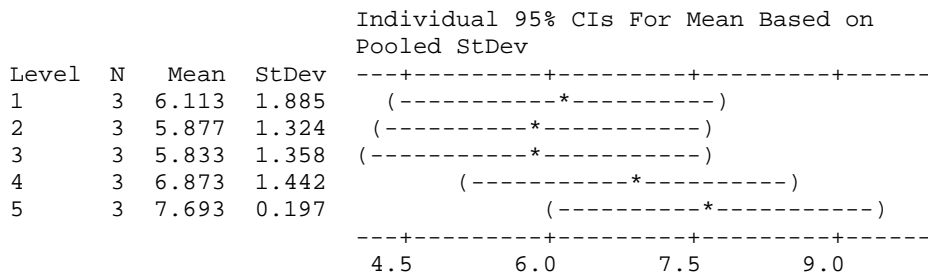


Tableau 4: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) de la matière organique des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA matière organique versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	7.63	1.91	1.03	0.439
Error	10	18.54	1.85		
Total	14	26.17			

S = 1.362 R-Sq = 29.16% R-Sq(adj) = 0.82%



Pooled StDev = 1.362

Grouping Information Using Tukey Method

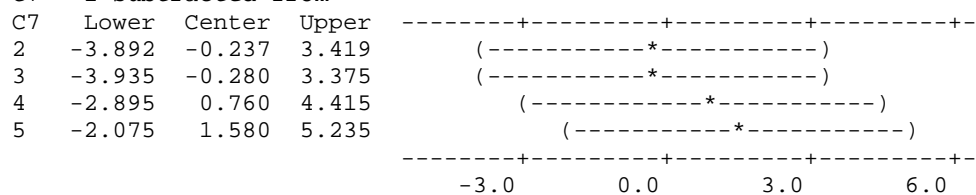
C7	N	Mean	Grouping
5	3	7.693	A
4	3	6.873	A
1	3	6.113	A
2	3	5.877	A
3	3	5.833	A

Means that do not share a letter are significantly different.

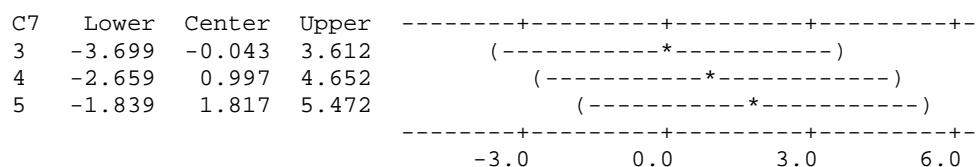
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C7

Individual confidence level = 99.18%

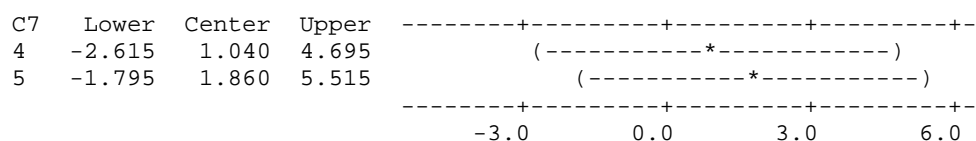
C7 = 1 subtracted from:



C7 = 2 subtracted from:



C7 = 3 subtracted from:



C7 = 4 subtracted from:

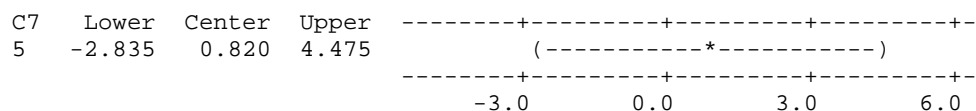
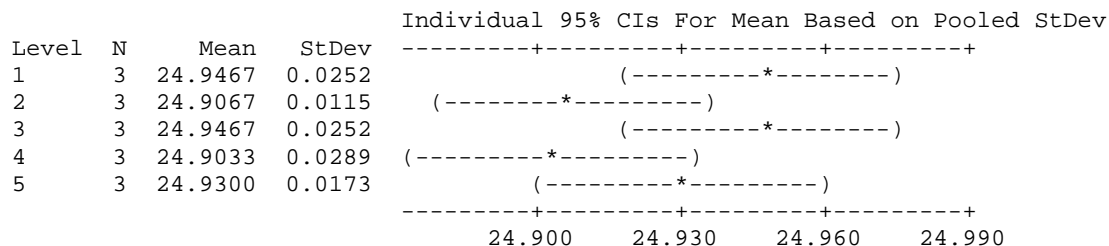


Tableau 5: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) du calcaire total des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: calcaire total versus sites

Source	DF	S	MS	F	P
Sites	4	0.005267	0.001317	2.60	0.101
Error	10	0.005067	0.000507		
Total	14	0.010333			

S = 0.02251 R-Sq = 50.97% R-Sq(adj) = 31.35%



Pooled StDev = 0.0225

Grouping Information Using Tukey Method

C1	N	Mean	Grouping
3	3	24.94667	A
1	3	24.94667	A
5	3	24.93000	A
2	3	24.90667	A
4	3	24.90333	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C1

Individual confidence level = 99.18%

C1 = 1 subtracted from:

C1	Lower	Center	Upper	
2	-0.10043	-0.04000	0.02043	(-----*-----)
3	-0.06043	0.00000	0.06043	(-----*-----)
4	-0.10376	-0.04333	0.01710	(-----*-----)
5	-0.07710	-0.01667	0.04376	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-0.060 0.000 0.060 0.120

C1 = 2 subtracted from:

C1	Lower	Center	Upper	
3	-0.02043	0.04000	0.10043	(-----*-----)
4	-0.06376	-0.00333	0.05710	(-----*-----)
5	-0.03710	0.02333	0.08376	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-0.060 0.000 0.060 0.120

C1 = 3 subtracted from:

C1	Lower	Center	Upper	
4	-0.10376	-0.04333	0.01710	(-----*-----)
5	-0.07710	-0.01667	0.04376	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-0.060 0.000 0.060 0.120

C1 = 4 subtracted from:

C1	Lower	Center	Upper	
5	-0.03376	0.02667	0.08710	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-0.060 0.000 0.060 0.120

Tableau 6: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) du calcaire actif des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: calcaire actif versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	213.9	53.5	1.73	0.220
Error	10	309.8	31.0		
Total	14	523.6			

S = 5.566 R-Sq = 40.84% R-Sq(adj) = 17.18%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	38.333	5.052	(-----*-----)
2	3	39.583	9.382	(-----*-----)
3	3	31.000	3.775	(-----*-----)
4	3	31.250	4.507	(-----*-----)
5	3	31.667	2.602	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
24.0 30.0 36.0 42.0

Pooled StDev = 5.566

Grouping Information Using Tukey Method

C4	N	Mean	Grouping
2	3	39.583	A
1	3	38.333	A
5	3	31.667	A
4	3	31.250	A
3	3	31.000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C4

Individual confidence level = 99.18%

C4 = 1 subtracted from:

C4	Lower	Center	Upper	
2	-13.692	1.250	16.192	+-----+-----+-----+-----
3	-22.275	-7.333	7.608	(-----*-----)
4	-22.025	-7.083	7.858	(-----*-----)
5	-21.608	-6.667	8.275	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
	-24	-12	0	12

C4 = 2 subtracted from:

C4	Lower	Center	Upper	
3	-23.525	-8.583	6.358	+-----+-----+-----+-----
4	-23.275	-8.333	6.608	(-----*-----)
5	-22.858	-7.917	7.025	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
	-24	-12	0	12

C4 = 3 subtracted from:

C4	Lower	Center	Upper	
4	-14.692	0.250	15.192	+-----+-----+-----+-----
5	-14.275	0.667	15.608	(-----*-----)
				(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
	-24	-12	0	12

C4 = 4 subtracted from:

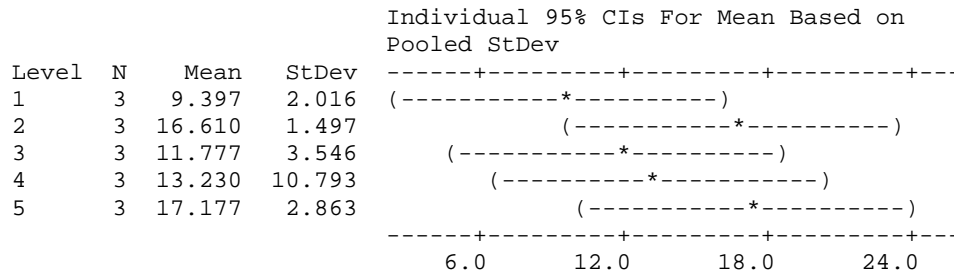
C4	Lower	Center	Upper	
5	-14.525	0.417	15.358	+-----+-----+-----+-----
				(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
	-24	-12	0	12

Tableau 7: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) de la porosité des sols dans les cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: porosité versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	128.9	32.2	1.12	0.399
Error	10	287.1	28.7		
Total	14	416.1			

S = 5.358 R-Sq = 30.99% R-Sq(adj) = 3.38%



Pooled StDev = 5.358

Grouping Information Using Tukey Method

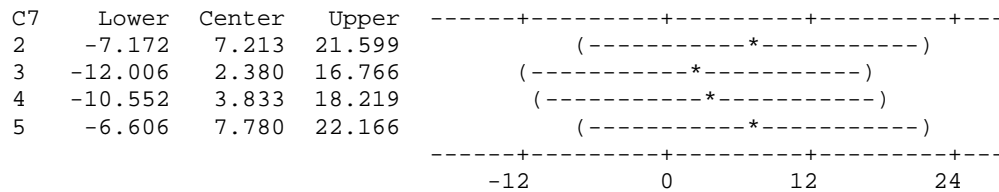
C7	N	Mean	Grouping
5	3	17.177	A
2	3	16.610	A
4	3	13.230	A
3	3	11.777	A
1	3	9.397	A

Means that do not share a letter are significantly different.

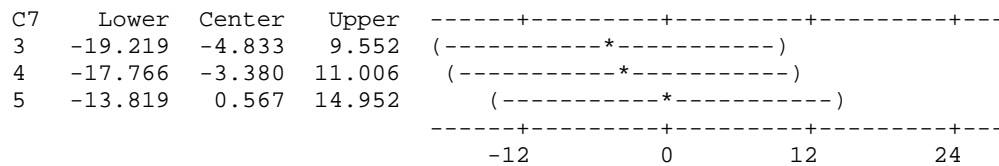
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C7

Individual confidence level = 99.18%

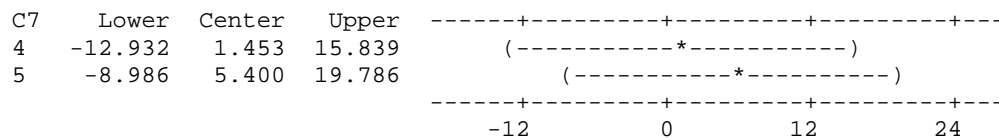
C7 = 1 subtracted from:



C7 = 2 subtracted from:



C7 = 3 subtracted from:



C7 = 4 subtracted from:

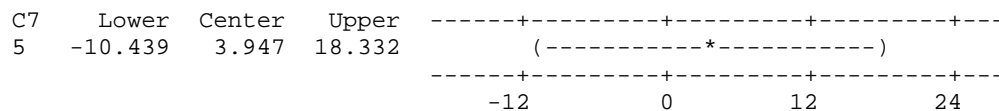


Tableau 8: Matrice de corrélation Person (n) des paramètres physico-chimiques des sols.

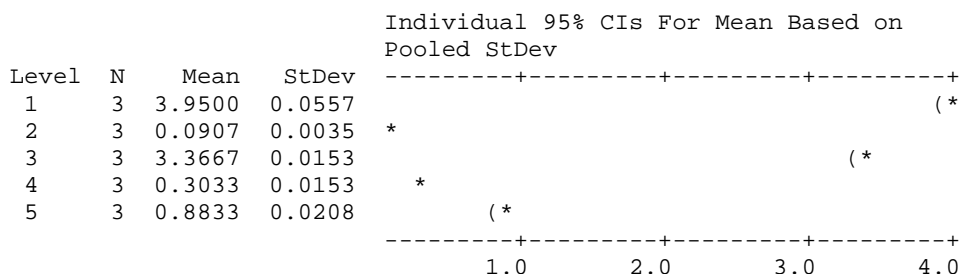
Variables	pH	Po	CT	CA	MO	Hum	CE
pH	1	-0,046	-0,535	0,862	-0,545	-0,330	-0,553
Po	-0,046	1	-0,789	-0,292	0,577	0,440	0,455
CT	-0,535	-0,789	1	-0,165	-0,059	-0,037	0,106
CA	0,862	-0,292	-0,165	1	-0,516	-0,267	-0,313
MO	-0,545	0,577	-0,059	-0,516	1	0,946	0,880
Hum	-0,330	0,440	-0,037	-0,267	0,946	1	0,821
CE	-0,553	0,455	0,106	-0,313	0,880	0,821	1

Tableau 9: Analyse de la variance à un critère de classification (métal) des teneurs des métaux (%) contenant le sol de Guelma (1: FeT, 2: MgO, 3: Al2O3, 4: MnO, 5: FeO)

One-way ANOVA: teneurs (%) des métaux versus métaux

Source	DF	SS	MS	F	P
Métaux	4	39.13826	9.78456	12193.11	0.000
Error	10	0.00802	0.00080		
Total	14	39.14628			

S = 0.02833 R-Sq = 99.98% R-Sq(adj) = 99.97%



Pooled StDev = 0.0283

Grouping Information Using Tukey Method

Métaux	N	Mean	Grouping
1	3	3.9500	A
3	3	3.3667	B
5	3	0.8833	C
4	3	0.3033	D
2	3	0.0907	E

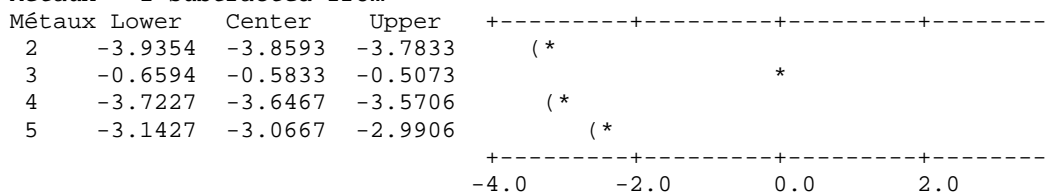
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

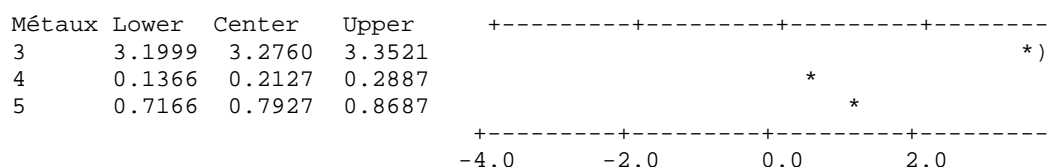
All Pairwise Comparisons among Levels of métaux

Individual confidence level = 99.18%

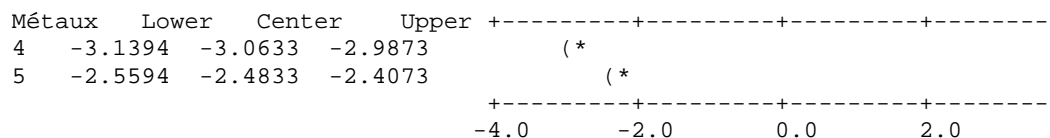
Métaux = 1 subtracted from:



Métaux = 2 subtracted from:



Métaux = 3 subtracted from:



Métaux = 4 subtracted from:

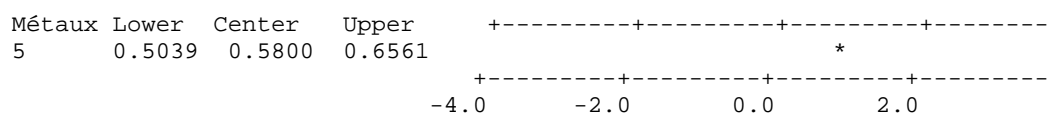
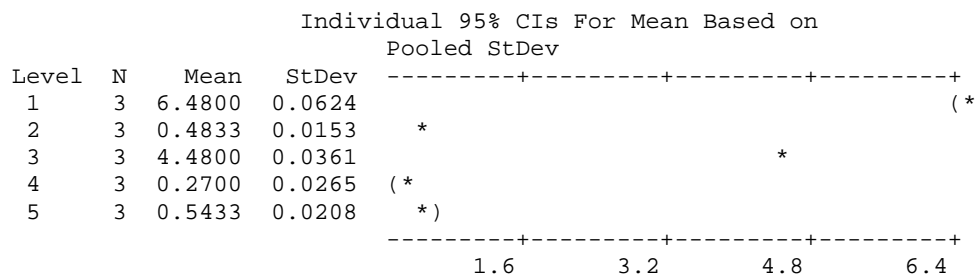


Tableau 10: Analyse de la variance à un critère de classification (métal) des teneurs des métaux (%) contenants le sol de Néčmaja (1: FeT, 2: MgO, 3: Al2O3, 4: MnO, 5: FeO)

One-way ANOVA: teneurs (%) des métaux versus métaux (type)

Source	DF	SS	MS	F	P
Métaux	4	97.85204	24.46301	18626.66	0.000
Error	10	0.01313	0.00131		
Total	14	97.86517			

S = 0.03624 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.98%



Pooled StDev = 0.0362

Grouping Information Using Tukey Method

Métaux	N	Mean	Grouping
1	3	6.4800	A
3	3	4.4800	B
5	3	0.5433	C
2	3	0.4833	C
4	3	0.2700	D

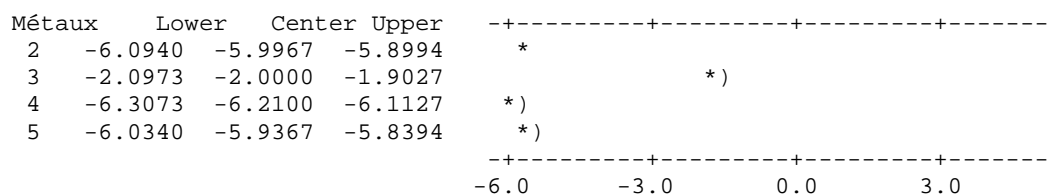
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of métaux

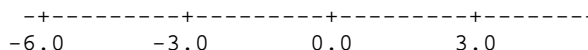
Individual confidence level = 99.18%

Métaux = 1 subtracted from:



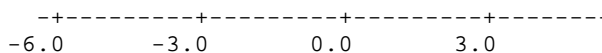
Métaux = 2 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
3	3.8994	3.9967	4.0940
4	-0.3106	-0.2133	-0.1160
5	-0.0373	0.0600	0.1573



Métaux = 3 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
4	-4.3073	-4.2100	-4.1127
5	-4.0340	-3.9367	-3.8394



Métaux = 4 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
5	0.1760	0.2733	0.3706

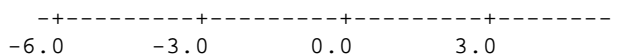


Tableau 11: Analyse de la variance à un critère de classification (métal) des teneurs des métaux (%) contenants le sol de Sidi Amar (1: FeT, 2: MgO, 3: Al2O3, 4: MnO, 5: FeO)

One-way ANOVA: teneurs (%) des métaux versus métaux (type)

Source	DF	SS	MS	F	P
Métaux	4	98.00011	24.50003	4476.25	0.000
Error	10	0.05473	0.00547		
Total	14	98.05484			

S = 0.07398 R-Sq = 99.94% R-Sq(adj) = 99.92%

individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	7.0333	0.1528
2	3	0.8500	0.0100
3	3	3.7900	0.0361
4	3	0.3367	0.0321
5	3	0.7500	0.0400

Pooled StDev = 0.0740
Grouping Information Using Tukey Method

Métaux	N	Mean	Grouping
1	3	7.0333	A
3	3	3.7900	B
2	3	0.8500	C
5	3	0.7500	C
4	3	0.3367	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of métaux

Individual confidence level = 99.18%

Métaux = 1 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
2	-6.3820	-6.1833	-5.9847
3	-3.4420	-3.2433	-3.0447
4	-6.8953	-6.6967	-6.4980
5	-6.4820	-6.2833	-6.0847

Métaux = 2 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
3	2.7414	2.9400	3.1386
4	-0.7120	-0.5133	-0.3147
5	-0.2986	-0.1000	0.0986

-----+-----+-----+-----+-----
 -6.0 -3.0 0.0 3.0

Métaux = 3 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
4	-3.6520	-3.4533	-3.2547
5	-3.2386	-3.0400	-2.8414

-----+-----+-----+-----+-----
 -6.0 -3.0 0.0 3.0

Métaux = 4 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
5	0.2147	0.4133	0.6120

-----+-----+-----+-----+-----
 -6.0 -3.0 0.0 3.0

Tableau 12: Analyse de la variance à un critère de classification (métal) des teneurs des métaux (%) contenants le sol d'El Bouni (1: FeT, 2: MgO, 3: Al2O3, 4: MnO, 5: FeO)

One-way ANOVA: teneurs (%) des métaux versus métaux

Source	DF	SS	MS	F	P
Métaux	4	218.4328	54.6082	4751.29	0.000
Error	10	0.1149	0.0115		
Total	14	218.5477			

S = 0.1072 R-Sq = 99.95% R-Sq(adj) = 99.93%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	10.130	0.234
2	3	0.970	0.010
3	3	6.117	0.015
4	3	0.337	0.023
5	3	1.080	0.044

-----+-----+-----+-----+-----
 3.0 6.0 9.0 12.0

Pooled StDev = 0.107
 Grouping Information Using Tukey Method

Métaux	N	Mean	Grouping
1	3	10.130	A
3	3	6.117	B
5	3	1.080	C
2	3	0.970	C
4	3	0.337	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of métaux

Individual confidence level = 99.18%

Métaux = 1 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
2	-9.448	-9.160	-8.872
3	-4.301	-4.013	-3.726
4	-10.081	-9.793	-9.506
5	-9.338	-9.050	-8.762

+-----+-----+-----+-----+-----
 -10.0 -5.0 0.0 5.0

Métaux = 2 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
3	4.859	5.147	5.434
4	-0.921	-0.633	-0.346
5	-0.178	0.110	0.398

+-----+-----+-----+-----+
 -10.0 -5.0 0.0 5.0

Métaux = 3 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
4	-6.068	-5.780	-5.492
5	-5.324	-5.037	-4.749

+-----+-----+-----+-----+
 -10.0 -5.0 0.0 5.0

Métaux = 4 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
5	0.456	0.743	1.031

+-----+-----+-----+-----+
 -10.0 -5.0 0.0 5.0

Tableau 13: Analyse de la variance à un critère de classification (métal) des teneurs des métaux (%) contenant le sol du PNK (1: FeT, 2: MgO, 3: Al2O3, 4: MnO, 5: FeO)

One-way ANOVA: teneurs (%) des métaux versus métaux

Source	DF	SS	MS	F	P
Métaux	4	30.98876	7.74719	873.01	0.000
Error	10	0.08874	0.00887		
Total	14	31.07750			

S = 0.09420 R-Sq = 99.71% R-Sq(adj) = 99.60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	3.2333	0.2082
2	3	0.0600	0.0020
3	3	3.1300	0.0200
4	3	0.2433	0.0153
5	3	0.4800	0.0200

+-----+-----+-----+-----+
 0.0 1.0 2.0 3.0

Pooled StDev = 0.0942

Grouping Information Using Tukey Method

Métaux	N	Mean	Grouping
1	3	3.2333	A
3	3	3.1300	A
5	3	0.4800	B
4	3	0.2433	B C
2	3	0.0600	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of métaux
 Individual confidence level = 99.18%

Métaux = 1 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper
2	-3.4262	-3.1733	-2.9204
3	-0.3562	-0.1033	0.1496
4	-3.2429	-2.9900	-2.7371
5	-3.0062	-2.7533	-2.5004

+-----+-----+-----+-----+
 -2.0 0.0 2.0 4.0

Métaux = 2 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper	
3	2.8171	3.0700	3.3229	(*-)
4	-0.0696	0.1833	0.4362	(*)
5	0.1671	0.4200	0.6729	(*)

-----+-----+-----+-----+-----
-2.0 0.0 2.0 4.0

Métaux = 3 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper	
4	-3.1396	-2.8867	-2.6338	(-*)
5	-2.9029	-2.6500	-2.3971	(-*)

-----+-----+-----+-----+-----
-2.0 0.0 2.0 4.0

Métaux = 4 subtracted from:

Métaux	Lower	Center	Upper	
5	-0.0162	0.2367	0.4896	(*)

-----+-----+-----+-----+-----
-2.0 0.0 2.0 4.0

Tableau 14: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) des teneurs de FeT (%) contenants les sols des cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: FeT (%) versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	90.2260	22.5565	878.60	0.000
Error	10	0.2567	0.0257		
Total	14	90.4828			

S = 0.1602 R-Sq = 99.72% R-Sq(adj) = 99.60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	3.950	0.056	(*)
2	3	6.480	0.062	(*)
3	3	7.033	0.153	(*)
4	3	10.130	0.234	(*)
5	3	3.233	0.208	(*)

-----+-----+-----+-----+-----
4.0 6.0 8.0 10.0

Pooled StDev = 0.160

Grouping Information Using Tukey Method

Sites	N	Mean	Grouping
4	3	10.1300	A
3	3	7.0333	B
2	3	6.4800	C
1	3	3.9500	D
5	3	3.2333	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of sites

Individual confidence level = 99.18%

Sites = 1 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper	
2	2.0998	2.5300	2.9602	(*)
3	2.6532	3.0833	3.5135	(*)
4	5.7498	6.1800	6.6102	(*-)
5	-1.1468	-0.7167	-0.2865	(*)

-----+-----+-----+-----+-----
-4.0 0.0 4.0 8.0

Sites = 2 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper
3	0.1232	0.5533	0.9835
4	3.2198	3.6500	4.0802
5	-3.6768	-3.2467	-2.8165

-----+-----+-----+-----+-----+
 (*)
 (*)
 (*)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 -4.0 0.0 4.0 8.0

Sites = 3 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper
4	2.6665	3.0967	3.5268
5	-4.2302	-3.8000	-3.3698

-----+-----+-----+-----+-----+
 (*)
 (*-)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 -4.0 0.0 4.0 8.0

Sites = 4 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper
5	-7.3268	-6.8967	-6.4665

-----+-----+-----+-----+-----+
 (*)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 -4.0 0.0 4.0 8.0

Tableau 15: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) des teneurs de MgO (%) contenants les sols des cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: MgO (%) versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	2.113225	0.528306	5874.42	0.000
Error	10	0.000899	0.000090		
Total	14	2.114124			

S = 0.009483 R-Sq = 99.96% R-Sq(adj) = 99.94%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	0.09067	0.00351
2	3	0.48333	0.01528
3	3	0.85000	0.01000
4	3	0.97000	0.01000
5	3	0.06000	0.00200

-----+-----+-----+-----+-----+
 (*)
 (*)
 *
 (*
 *)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 0.25 0.50 0.75 1.00

Pooled StDev = 0.00948

Grouping Information Using Tukey Method

Sites	N	Mean	Grouping
4	3	0.97000	A
3	3	0.85000	B
2	3	0.48333	C
1	3	0.09067	D
5	3	0.06000	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of sites

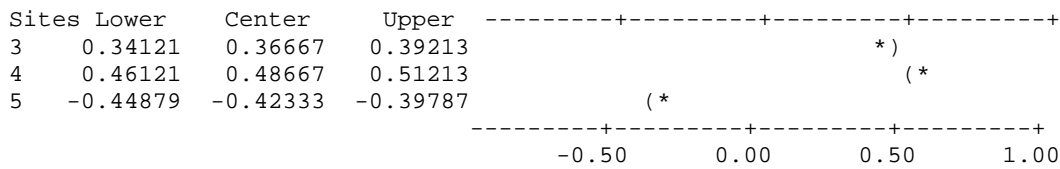
Individual confidence level = 99.18%

Sites = 1 subtracted from:

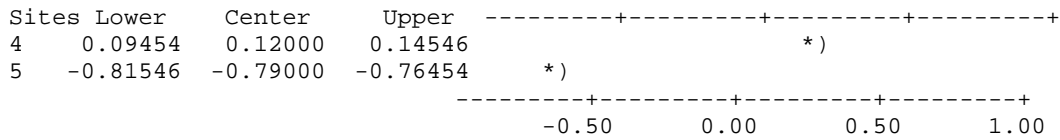
Sites	Lower	Center	Upper
2	0.36721	0.39267	0.41813
3	0.73387	0.75933	0.78479
4	0.85387	0.87933	0.90479
5	-0.05613	-0.03067	-0.00521

-----+-----+-----+-----+-----+
 (*
 *)
 (*
 *)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 -0.50 0.00 0.50 1.00

Sites = 2 subtracted from:



Sites = 3 subtracted from:



Sites = 4 subtracted from:

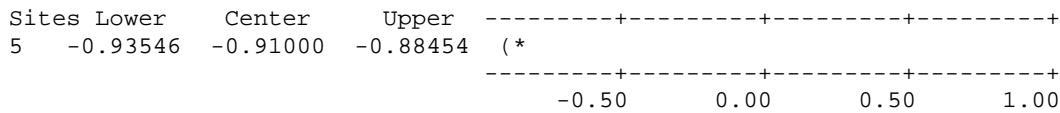
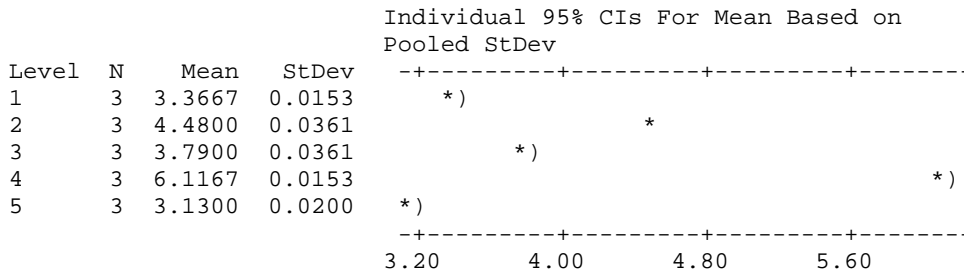


Tableau 16: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) des teneurs de Al2O3 (%) contenants les sols des cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: Al2O3 (%) versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	17.27020	4.31755	6227.24	0.000
Error	10	0.00693	0.00069		
Total	14	17.27713			

S = 0.02633 R-Sq = 99.96% R-Sq(adj) = 99.94%



Pooled StDev = 0.0263

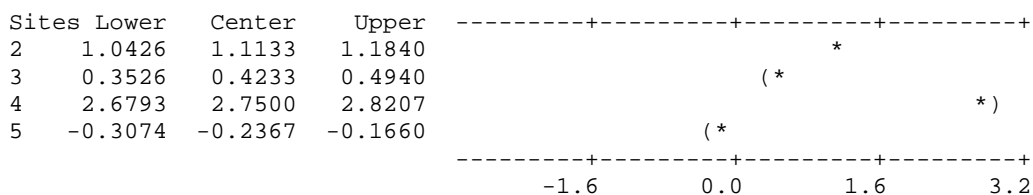
Grouping Information Using Tukey Method

Site	N	Mean	Grouping
4	3	6.1167	A
2	3	4.4800	B
3	3	3.7900	C
1	3	3.3667	D
5	3	3.1300	E

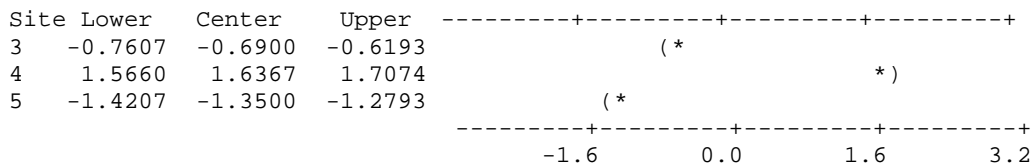
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of sites
Individual confidence level = 99.18%

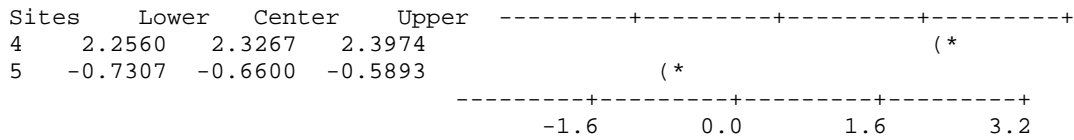
Sites = 1 subtracted from:



Sites = 2 subtracted from:



Sites = 3 subtracted from:



Sites = 4 subtracted from:

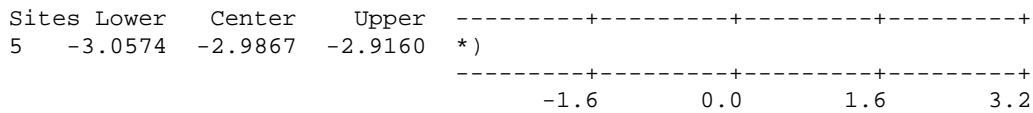
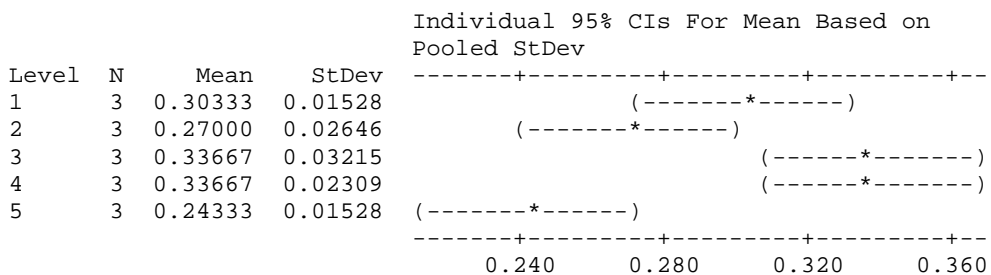


Tableau 17: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) des teneurs de MnO(%) contenants les sols des cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	0.020373	0.005093	9.32	0.002
Error	10	0.005467	0.000547		
Total	14	0.025840			

S = 0.02338 R-Sq = 78.84% R-Sq(adj) = 70.38%



Pooled StDev = 0.02338

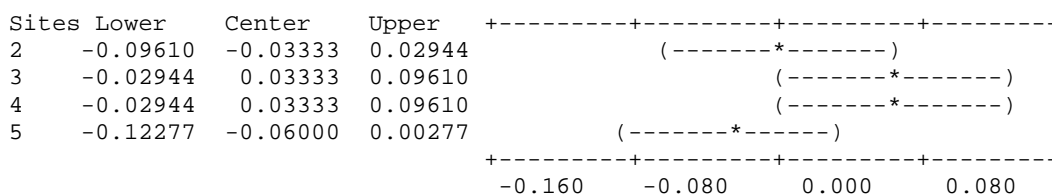
Grouping Information Using Tukey Method

Sites	N	Mean	Grouping
4	3	0.33667	A
3	3	0.33667	A
1	3	0.30333	A B
2	3	0.27000	B
5	3	0.24333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of sites

Individual confidence level = 99.18%
Sites = 1 subtracted from:



Sites = 2 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper	
3	0.00390	0.06667	0.12944	(-----*-----)
4	0.00390	0.06667	0.12944	(-----*-----)5
0.08944	-0.02667	0.03610		(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----+
				-0.160 -0.080 0.000 0.080

Sites = 3 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper	
4	-0.06277	0.00000	0.06277	(-----*-----)
5	-0.15610	-0.09333	-0.03056	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----+
				-0.160 -0.080 0.000 0.080

Sites = 4 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper	
5	-0.15610	-0.09333	-0.03056	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----+
				-0.160 -0.080 0.000 0.080

Tableau 18: Analyse de la variance à un critère de classification (sites) des teneurs de FeO (%) contenants les sols des cinq sites d'étude (1: Guelma, 2: Néchmaya, 3: Sidi Amar, 4: El Bouni, 5: PNK)

One-way ANOVA: FeO (%) versus sites

Source	DF	SS	MS	F	P
Sites	4	0.726760	0.181690	190.58	0.000
Error	10	0.009533	0.000953		
Total	14	0.736293			

S = 0.03088 R-Sq = 98.71% R-Sq(adj) = 98.19%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	0.8833	0.0208	(-*-)
2	3	0.5433	0.0208	(-*-)
3	3	0.7500	0.0400	(*-)
4	3	1.0800	0.0436	(-*-)
5	3	0.4800	0.0200	(-*-)

0.60 0.80 1.00 1.20

Pooled StDev = 0.0309

Grouping Information Using Tukey Method:

Sites	N	Mean	Grouping
4	3	1.08000	A
1	3	0.88333	B
3	3	0.75000	C
2	3	0.54333	D
5	3	0.48000	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

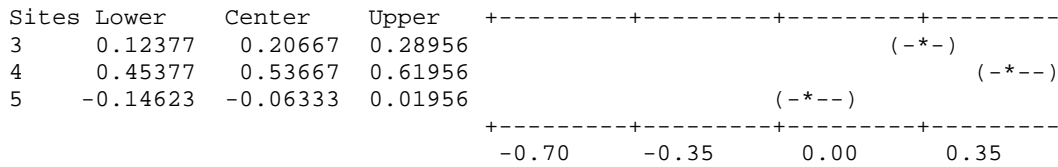
All Pairwise Comparisons among Levels of sites

Individual confidence level = 99.18%

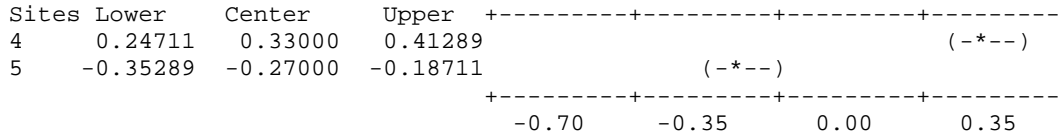
Sites = 1 subtracted from:

Sites	Lower	Center	Upper	
2	-0.42289	-0.34000	-0.25711	(-***)
3	-0.21623	-0.13333	-0.05044	(-***)
4	0.11377	0.19667	0.27956	(---*)
5	-0.48623	-0.40333	-0.32044	(-***)
				+-----+-----+-----+-----+
				-0.70 -0.35 0.00 0.35

Sites = 2 subtracted from:



Sites = 3 subtracted from:



Sites = 4 subtracted from:

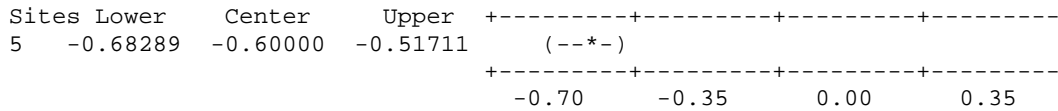
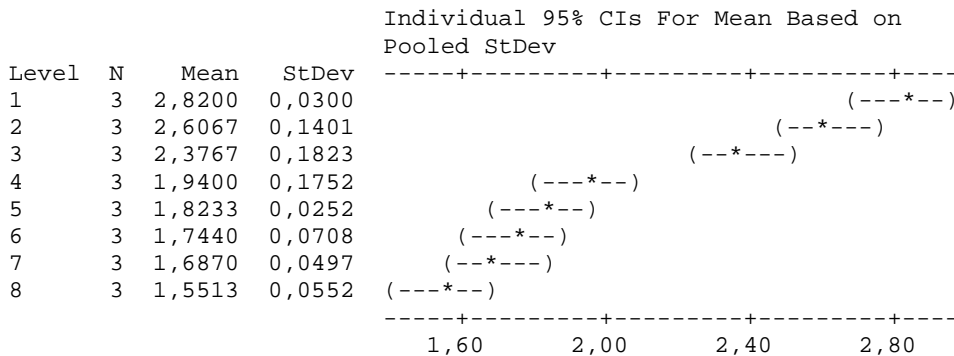


Tableau 19: Analyse de la variance à un critère de classification (mois) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancreas d'*Helix aspersa* adulte collecté au niveau du PNK (1: Novembre, 2 : Décembre, 3: Janvier, 4: Février, 5: Mars, 6 : Avril, 7 : Mai, 8:Juin)

One-way ANOVA: GSH versus mois

Source	DF	SS	MS	F	P
Mois	7	4,6328	0,6618	55,37	0,000
Error	16	0,1912	0,0120		
Total	23	4,8240			

S = 0,1093 R-Sq = 96,04% R-Sq(adj) = 94,30%



Pooled StDev = 0,1093

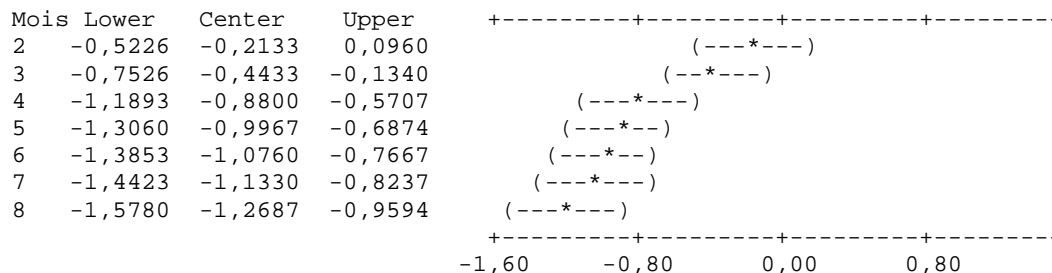
Grouping Information Using Tukey Method

Mois	N	Mean	Grouping
1	3	2,8200	A
2	3	2,6067	A B
3	3	2,3767	B
4	3	1,9400	C
5	3	1,8233	C D
6	3	1,7440	C D
7	3	1,6870	C D
8	3	1,5513	D

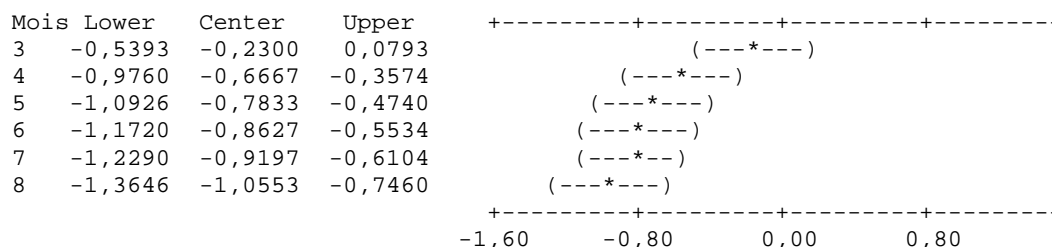
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of mois
 Individual confidence level = 99,68%

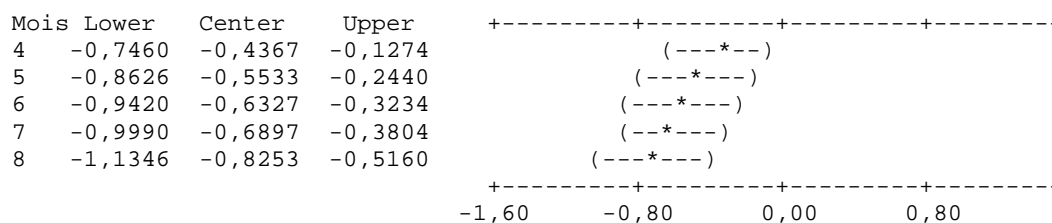
Mois = 1 subtracted from:



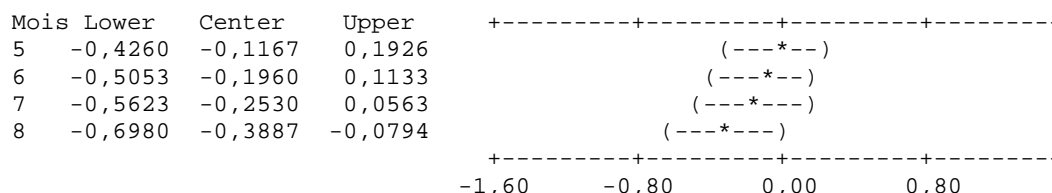
Mois = 2 subtracted from:



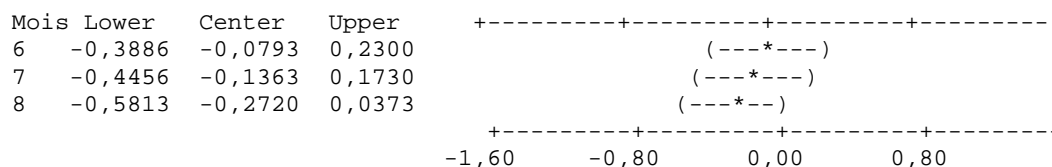
Mois = 3 subtracted from:



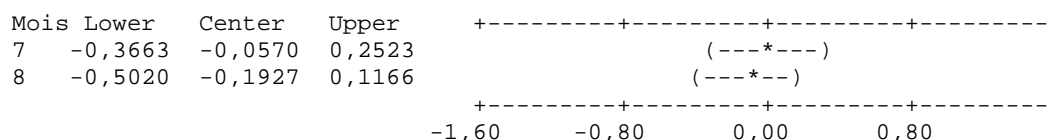
Mois = 4 subtracted from:



Mois = 5 subtracted from:



Mois = 6 subtracted from:



Mois = 7 subtracted from:

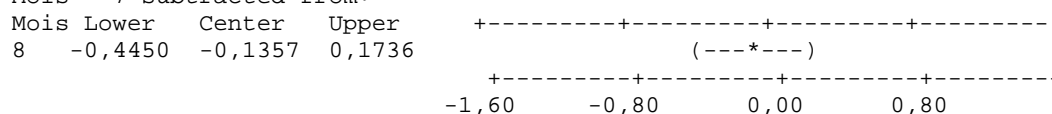
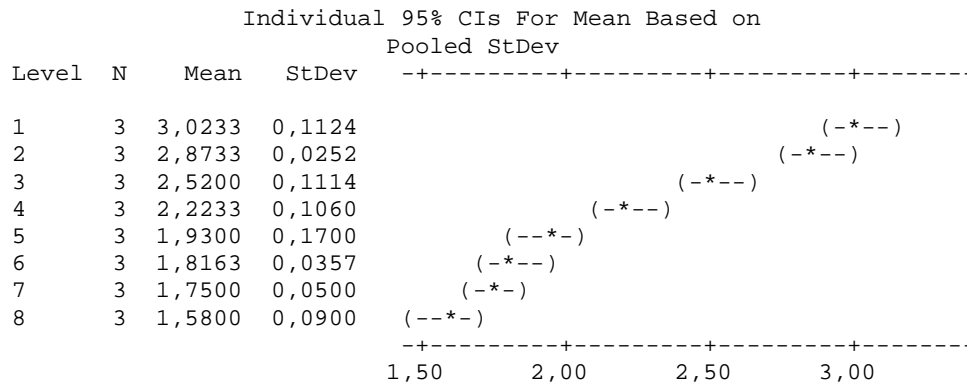


Tableau 20: Analyse de la variance à un critère de classification (mois) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aperta* adulte, collecté au niveau du PNK (1: Novembre, 2: Décembre, 3: Janvier, 4: Février, 5: Mars, 6: Avril, 7 : Mai, 8: Juin)

One-way ANOVA: GSH versus mois

Source	DF	SS	MS	F	P
Mois	7	6,11853	0,87408	90,02	0,000
Error	16	0,15535	0,00971		
Total	23	6,27388			

S = 0,09854 R-Sq = 97,52% R-Sq(adj) = 96,44%



Pooled StDev = 0,0985

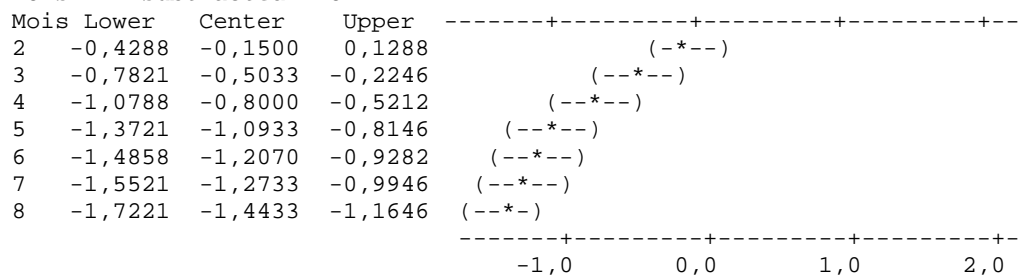
Grouping Information Using Tukey Method

Mois	N	Mean	Grouping
1	3	3,0233	A
2	3	2,8733	A
3	3	2,5200	B
4	3	2,2233	C
5	3	1,9300	D
6	3	1,8163	D E
7	3	1,7500	D E
8	3	1,5800	E

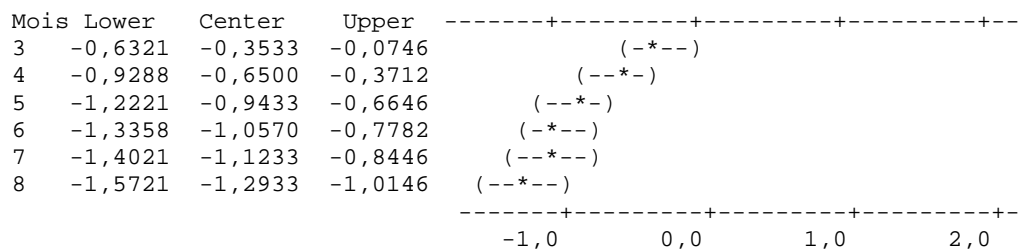
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of mois
Individual confidence level = 99, 68%

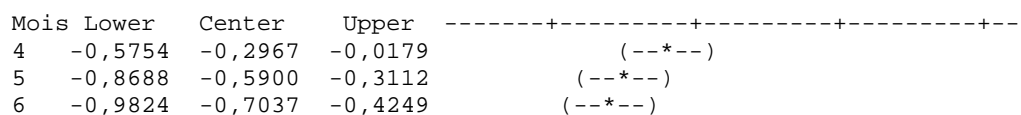
Mois = 1 subtracted from:



Mois = 2 subtracted from:



Mois = 3 subtracted from:



```

7  -1,0488  -0,7700  -0,4912      (-*--)
8  -1,2188  -0,9400  -0,6612      (--*-)
-----+-----+-----+-----+-----+
-1,0      0,0      1,0      2,0

```

Mois = 4 subtracted from:

```

Mois Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----+
5  -0,5721  -0,2933  -0,0146      (--*--)
6  -0,6858  -0,4070  -0,1282      (--*--)
7  -0,7521  -0,4733  -0,1946      (--*--)
8  -0,9221  -0,6433  -0,3646      (--*--)
-----+-----+-----+-----+-----+
-1,0      0,0      1,0      2,0

```

Mois = 5 subtracted from:

```

Mois Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----+
6  -0,3924  -0,1137  0,1651      (--*--)
7  -0,4588  -0,1800  0,0988      (--*--)
8  -0,6288  -0,3500  -0,0712      (--*--)
-----+-----+-----+-----+-----+
-1,0      0,0      1,0      2,0

```

Mois = 6 subtracted from:

```

Mois Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----+
7  -0,3451  -0,0663  0,2124      (-*--)
8  -0,5151  -0,2363  0,0424      (--*-)
-----+-----+-----+-----+-----+
-1,0      0,0      1,0      2,0

```

Mois = 7 subtracted from:

```

Mois Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----+
8  -0,4488  -0,1700  0,1088      (-*--)
-----+-----+-----+-----+-----+
-1,0      0,0      1,0      2,0

```

Tableau 21: Analyse de la variance à un critère de classification (mois) de l'activité de l'ACHé mesurée dans la tête d'*Helix aspersa* adulte collecté au niveau du PNK (1: Novembre, 2: Décembre, 3: Janvier, 4: Février, 5: Mars, 6: Avril, 7 : Mai, 8: Juin)

One-way ANOVA: AChE versus mois

Source	DF	SS	MS	F	P
Mois	7	2,6309	0,3758	32,33	0,000
Error	16	0,1860	0,0116		
Total	23	2,8169			

S = 0,1078 R-Sq = 93,40% R-Sq(adj) = 90,51%

```

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N    Mean    StDev  -----+-----+-----+-----+-----+
1      3  1,6333  0,1528      (---*---)
2      3  1,2400  0,1442      (--*---)
3      3  1,0167  0,0764      (---*---)
4      3  0,9100  0,0656      (---*---)
5      3  0,8167  0,0929      (--*---)
6      3  0,7233  0,1124      (---*---)
7      3  0,6667  0,0961      (---*---)
8      3  0,5367  0,0907      (--*---)
-----+-----+-----+-----+-----+
0,70      1,05      1,40      1,75

```

Pooled StDev = 0,1078

Grouping Information Using Tukey Method

Mois	N	Mean	Grouping
1	3	1,6333	A
2	3	1,2400	B
3	3	1,0167	B C
4	3	0,9100	C D
5	3	0,8167	C D E
6	3	0,7233	C D E
7	3	0,6667	D E
8	3	0,5367	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of mois

Individual confidence level = 99,68%

Mois = 1 subtracted from:

Mois	Lower	Center	Upper
2	-0,6984	-0,3933	-0,0883
3	-0,9217	-0,6167	-0,3116
4	-1,0284	-0,7233	-0,4183
5	-1,1217	-0,8167	-0,5116
6	-1,2150	-0,9100	-0,6050
7	-1,2717	-0,9667	-0,6616
8	-1,4017	-1,0967	-0,7916

+-----+-----+-----+-----+
 (---*---)
 (---*---)
 (----*---)
 (---*---)
 (---*---)
 (---*---)
 (---*---)
 +-----+-----+-----+-----+
 -1,40 -0,70 0,00 0,70

Mois = 2 subtracted from:

Mois	Lower	Center	Upper
3	-0,5284	-0,2233	0,0817
4	-0,6350	-0,3300	-0,0250
5	-0,7284	-0,4233	-0,1183
6	-0,8217	-0,5167	-0,2116
7	-0,8784	-0,5733	-0,2683
8	-1,0084	-0,7033	-0,3983

+-----+-----+-----+-----+
 (----*---)
 (---*---)
 (---*---)
 (----*---)
 (----*---)
 (---*---)
 +-----+-----+-----+-----+
 -1,40 -0,70 0,00 0,70

Mois = 3 subtracted from:

Mois	Lower	Center	Upper
4	-0,4117	-0,1067	0,1984
5	-0,5050	-0,2000	0,1050
6	-0,5984	-0,2933	0,0117
7	-0,6550	-0,3500	-0,0450
8	-0,7850	-0,4800	-0,1750

+-----+-----+-----+-----+
 (---*---)
 (---*---)
 (----*---)
 (---*---)
 (---*---)
 +-----+-----+-----+-----+
 -1,40 -0,70 0,00 0,70

Mois = 4 subtracted from:

Mois	Lower	Center	Upper
5	-0,3984	-0,0933	0,2117
6	-0,4917	-0,1867	0,1184
7	-0,5484	-0,2433	0,0617
8	-0,6784	-0,3733	-0,0683

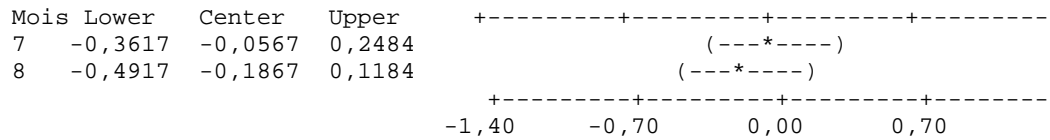
+-----+-----+-----+-----+
 (----*---)
 (---*---)
 (----*---)
 (----*---)
 +-----+-----+-----+-----+
 -1,40 -0,70 0,00 0,70

Mois = 5 subtracted from:

Mois	Lower	Center	Upper
6	-0,3984	-0,0933	0,2117
7	-0,4550	-0,1500	0,1550
8	-0,5850	-0,2800	0,0250

+-----+-----+-----+-----+
 (----*---)
 (----*---)
 (---*---)
 +-----+-----+-----+-----+
 -1,40 -0,70 0,00 0,70

Mois = 6 subtracted from:



Mois = 7 subtracted from:

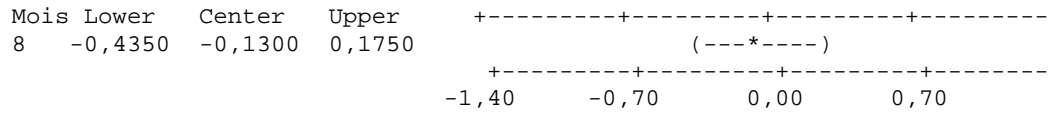
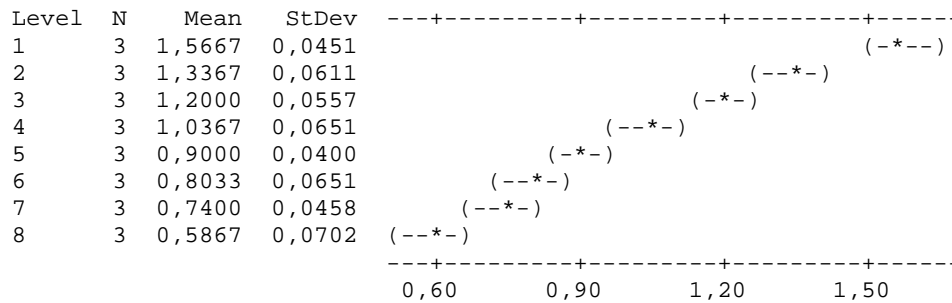


Tableau 22: Analyse de la variance à un critère de classification (mois) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aperta* adulte, collecté au niveau du PNK (1: Novembre, 2: Décembre, 3: Janvier, 4: Février, 5: Mars, 6: Avril, 7: Mai, 8: Juin)

One-way ANOVA: AChE versus mois

Source	DF	S	MS	F	P
Mois	7	2,27793	0,32542	100,26	0,000
Error	16	0,05193	0,00325		
Total	23	2,32986			

S = 0,05697 R-Sq = 97,77% R-Sq(adj) = 96,80%
 Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 0,0570

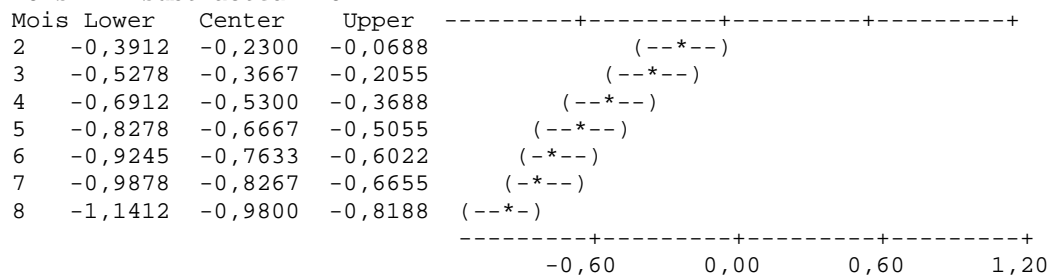
Grouping Information Using Tukey Method

Mois	N	Mean	Grouping
1	3	1,5667	A
2	3	1,3367	B
3	3	1,2000	B
4	3	1,0367	C
5	3	0,9000	C D
6	3	0,8033	D
7	3	0,7400	D E
8	3	0,5867	E

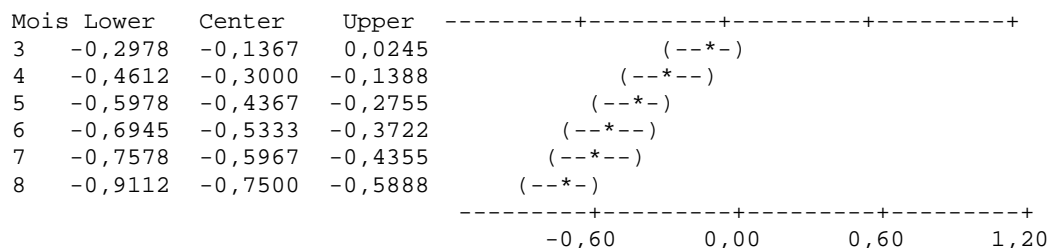
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of mois
 Individual confidence level = 99,68%

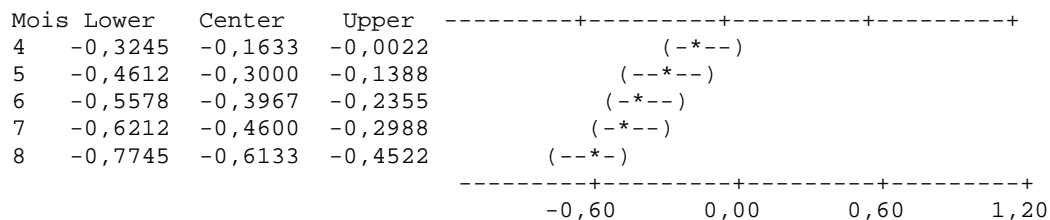
Mois = 1 subtracted from:



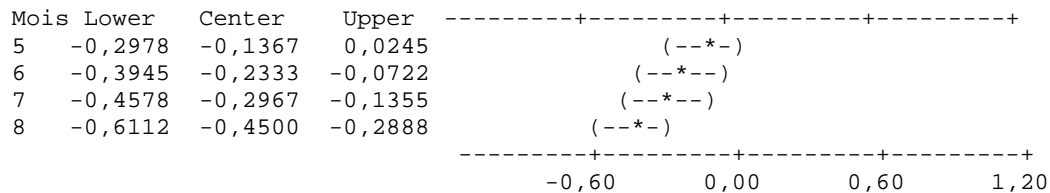
Mois = 2 subtracted from:



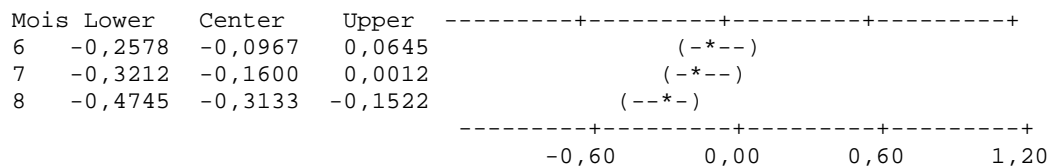
Mois = 3 subtracted from:



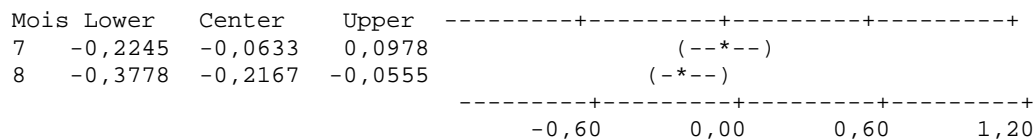
Mois = 4 subtracted from:



Mois = 5 subtracted from:



Mois = 6 subtracted from:



Mois = 7 subtracted from:

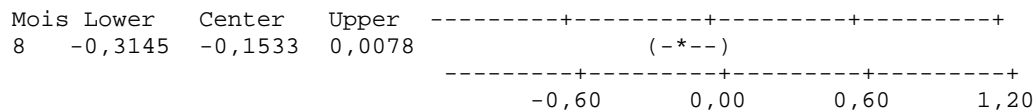
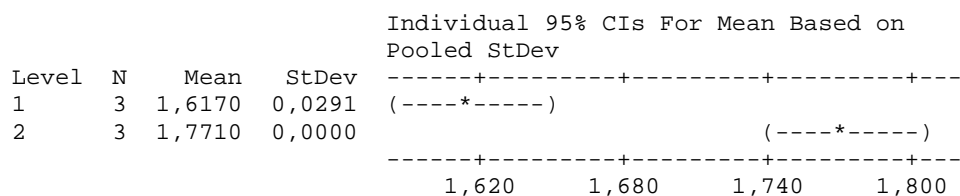


Tableau 23: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancreas d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **400 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0,035574	0,035574	84,00	0,001
Error	4	0,001694	0,000424		
Total	5	0,037268			

S = 0,02058 R-Sq = 95,45% R-Sq(adj) = 94,32%



Pooled StDev = 0,0206

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,77100	A
1	3	1,61700	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose

Tableau 24: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **800 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0,24847	0,24847	117,54	0,000
Error	4	0,00846	0,00211		
Total	5	0,25693			

S = 0,04598 R-Sq = 96,71% R-Sq(adj) = 95,89%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
1	3	1,3640	0,0650	(----*----)	
2	3	1,7710	0,0000		(----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
1,35 1,50 1,65 1,80

Pooled StDev = 0,0460

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,77100	A
1	3	1,36400	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose

Individual confidence level = 95,00%

Dose = 1 subtracted from:

Dose	Lower	Center	Upper	Lower CI	Upper CI
2	0,30277	0,40700	0,51123	(----*----)	

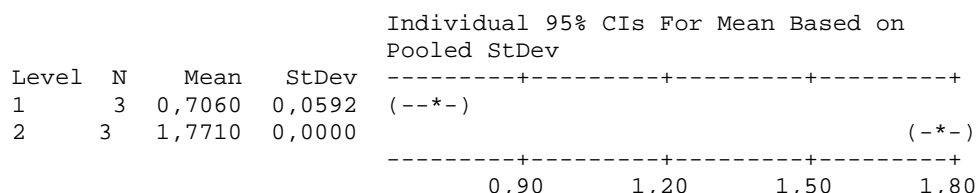
-----+-----+-----+-----+-----
0,00 0,16 0,32 0,48

Tableau 25: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **1600 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	1,70134	1,70134	969,98	0,000
Error	4	0,00702	0,00175		
Total	5	1,70835			

S = 0,04188 R-Sq = 99,59% R-Sq(adj) = 99,49%



Pooled StDev = 0,0419

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,7710	A
1	3	0,7060	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of dose
 Individual confidence level = 95,00%

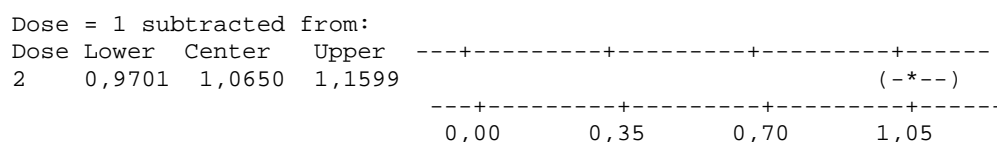
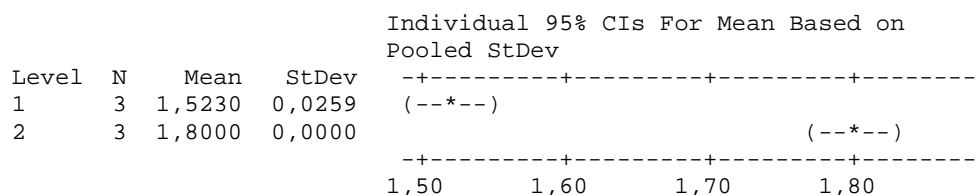


Tableau 26: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aperta* adulte, témoin et traité par la dose **400 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0,115094	0,115094	344,08	0,000
Error	4	0,001338	0,000335		
Total	5	0,116432			

S = 0,01829 R-Sq = 98,85% R-Sq(adj) = 98,56%



Pooled StDev = 0,0183

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,80000	A
1	3	1,52300	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of dose
 Individual confidence level = 95,00%

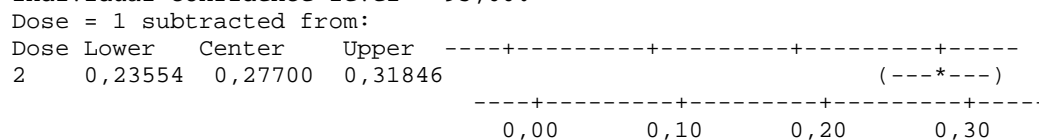
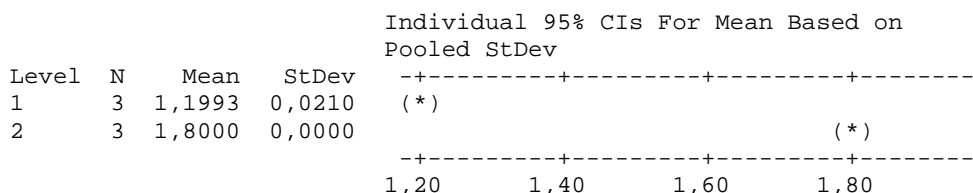


Tableau 27: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aperta* adulte témoin et traité par la dose **800 mg/L** de l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0,541201	0,541201	2452,57	0,000
Error	4	0,000883	0,000221		
Total	5	0,542083			

S = 0,01485 R-Sq = 99,84% R-Sq(adj) = 99,80%



Pooled StDev = 0,0149

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,80000	A
1	3	1,19933	B

Means that do not share a letter are significantly different.
 Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of dose

Individual confidence level = 95,00%

Dose = 1 subtracted from:

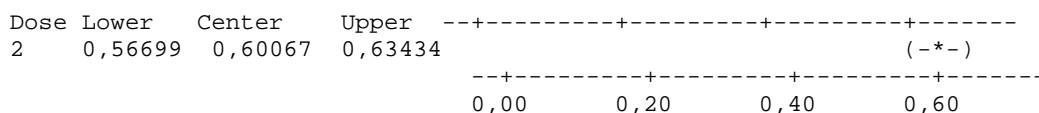
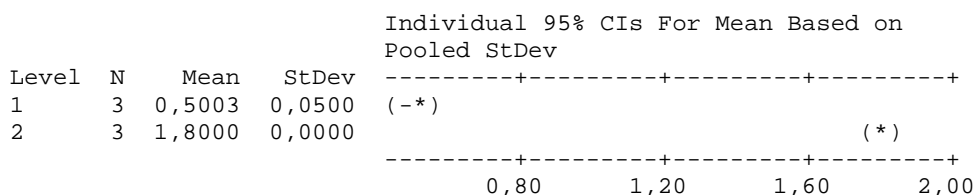


Tableau 28: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aperta* adulte, témoin et traité par la dose **1600 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: GSH versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	2,53370	2,53370	2026,69	0,000
Error	4	0,00500	0,00125		
Total	5	2,53870			

S = 0,03536 R-Sq = 99,80% R-Sq(adj) = 99,75%



Pooled StDev = 0,0354

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	1,8000	A
1	3	0,5003	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose

Individual confidence level = 95,00%

Dose = 1 subtracted from:

Dose	Lower	Center	Upper	Significance
2	1,2195	1,2997	1,3798	(-*-)

-----+-----+-----+-----+-----
0,00 0,40 0,80 1,20

Tableau 29: Analyse de la variance à un critère de classification (doses) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancreas d'*Helix aspersa* adulte, traité par les doses (1:400 mg/L, 2 :800 mg/L, et 3 :1600 mg/L) par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK

One-way ANOVA: GSH versus doses

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	2	1,32689	0,66345	231,89	0,000
Error	6	0,01717	0,00286		
Total	8	1,34406			

S = 0,05349 R-Sq = 98,72% R-Sq(adj) = 98,30%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Significance
1	3	1,6170	0,0291	(--*-)
2	3	1,3640	0,0650	(-***)
3	3	0,7060	0,0592	(--*-)

-----+-----+-----+-----+-----
0,90 1,20 1,50 1,80

Pooled StDev = 0,0535

Grouping Information Using Tukey Method

Doses	N	Mean	Grouping
1	3	1,6170	A
2	3	1,3640	B
3	3	0,7060	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Doses
Individual confidence level = 97,80%

Doses = 1 subtracted from:

Doses	Lower	Center	Upper	Significance
2	-0,3870	-0,2530	-0,1190	(--*-)
3	-1,0450	-0,9110	-0,7770	(--*-)

-----+-----+-----+-----+-----
-1,00 -0,50 0,00 0,50

Doses = 2 subtracted from:

Doses	Lower	Center	Upper	Significance
3	-0,7920	-0,6580	-0,5240	(--*-)

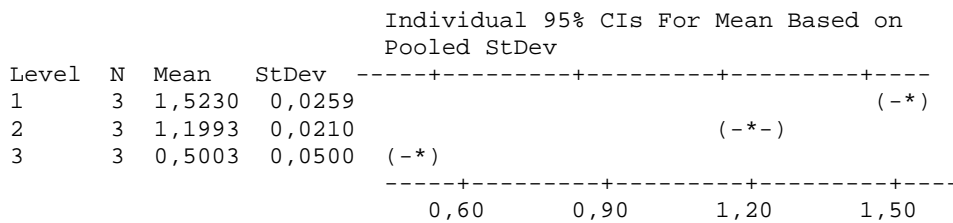
-----+-----+-----+-----+-----
-1,00 -0,50 0,00 0,50

Tableau 30: Analyse de la variance à un critère de classification (doses) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas d'*Helix aperta* adulte traité par les doses (1:400 mg/L, 2 :800 mg/L, et 3 :1600 mg/L) par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK.

One-way ANOVA: GSH versus doses

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	2	1,63921	0,81960	680,99	0,000
Error	6	0,00722	0,00120		
Total	8	1,64643			

S = 0,03469 R-Sq = 99,56% R-Sq(adj) = 99,42%



Grouping Information Using Tukey Method

Doses	N	Mean	Grouping
1	3	1,5230	A
2	3	1,1993	B
3	3	0,5003	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of doses
Individual confidence level = 97,80%

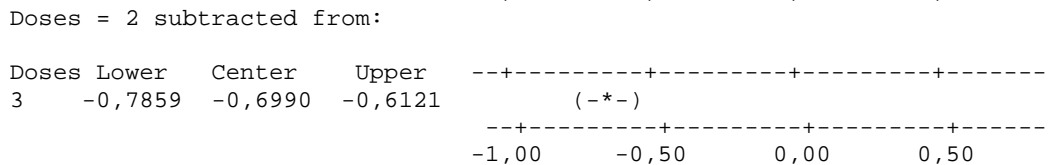
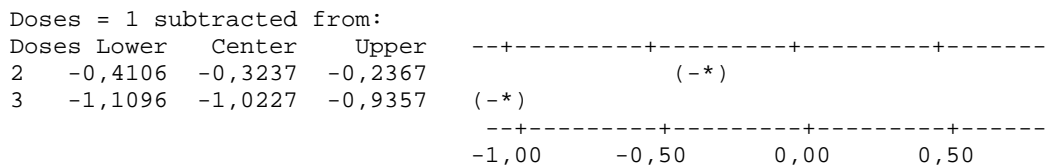


Tableau 31: Analyse de la variance à un critère de classification (espèces) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas de (1 : *Helix aspersa* et 2 : *Helix aperta* adultes) traités par la dose **400 mg/L** de l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK.

One-way ANOVA: GSH versus espèces

Source	DF	SS	MS	F	P
Espèces	1	0,013254	0,013254	17,49	0,014
Error	4	0,003032	0,000758		
Total	5	0,016286			

S = 0,02753 R-Sq = 81,38% R-Sq(adj) = 76,73%

```

            Individual 95% CIs For Mean Based on
            Pooled StDev
Level  N  Mean  StDev  +-----+-----+-----+-----+
1      3  1,6170  0,0291  (-----*-----)
2      3  1,5230  0,0259  (-----*-----)
            +-----+-----+-----+-----+
                            1,500   1,550   1,600   1,650

```

Pooled StDev = 0,0275
 Grouping Information Using Tukey Method

```

Espèces  N  Mean  Grouping
1          3  1,61700  A
2          3  1,52300  B

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of espèces
 Individual confidence level = 95,00%

```

Espèces = 1 subtracted from:
Espèces Lower  Center  Upper  +-----+-----+-----+-----+
2          -0,15641  -0,09400-0,03159  (-----*-----)
            +-----+-----+-----+-----+
                             -0,120  -0,060   0,000           0,060

```

Tableau 32: Analyse de la variance à un critère de classification (espèces) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas de (1: *Helix aspersa* et 2: *Helix aperta* adultes) traités par la dose 800 mg/L de l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK.

One-way ANOVA: GSH versus espèces

```

Source  DF  SS     MS     F     P
Espèces  1  0,04067  0,04067  17,42  0,014
Error    4  0,00934  0,00233
Total    5  0,05001

```

S = 0,04832 R-Sq = 81,33% R-Sq(adj) = 76,66%

```

            Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level  N  Mean  StDev  +-----+-----+-----+-----+
1      3  1,3640  0,0650  (-----*-----)
2      3  1,1993  0,0210  (-----*-----)
            +-----+-----+-----+-----+
                            1,120   1,200   1,280   1,360

```

Pooled StDev = 0,0483
 Grouping Information Using Tukey Method

```

Espèces  N  Mean  Grouping
1          3  1,36400  A
2          3  1,19933  B

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of espèces
 Individual confidence level = 95,00%

Tableau 33: Analyse de la variance à un critère de classification (espèces) de taux de GSH mesuré dans l'hépatopancréas de (1 : *Helix aspersa* et 2 : *Helix aperta* adultes) traités par la dose 1600 mg/L de l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK.

One-way ANOVA: GSH versus espèces

Source	DF	SS	MS	F	P
Espèces	1	0,06345	0,06345	21,12	0,010
Error	4	0,01202	0,00300		
Total	5	0,07546			

S = 0,05481 R-Sq = 84,08% R-Sq(adj) = 80,10%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	0,70600	0,05923
2	3	0,50033	0,05000

-----+-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 0,50 0,60 0,70 0,80

Pooled StDev = 0,05481
Grouping Information Using Tukey Method

Espèces	N	Mean	Grouping
1	3	0,70600	A
2	3	0,50033	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of espèces

Individual confidence level = 95,00%

Espèces = 1 subtracted from:

Espèces	Lower	Center	Upper
2	-0,32992	-0,20567	-0,08141

-----+-----+-----+-----+-----+
 (------*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 -0,24 -0,12 0,00 0,12

Tableau 34: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **400 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.003750	0.003750	18.75	0.012
Error	4	0.000800	0.000200		
Total	5	0.004550			

S = 0.01414 R-Sq = 82.42% R-Sq(adj) = 78.02%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	0.73000	0.02000
2	3	0.78000	0.00000

-----+-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----+
 0.725 0.750 0.775 0.800

Pooled StDev = 0.01414
Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	0.78000	A
1	3	0.73000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose
Individual confidence level = 95.00%

Dose = 1 subtracted from:

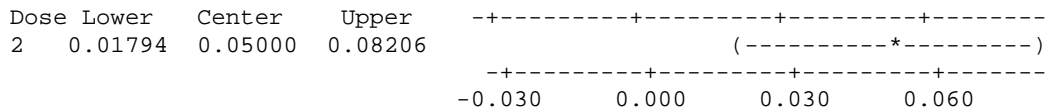
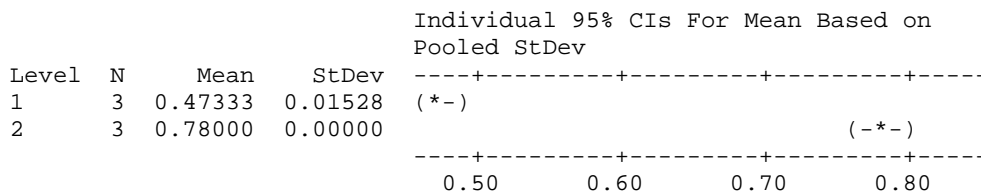


Tableau 35: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **800 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.141067	0.141067	1209.14	0.000
Error	4	0.000467	0.000117		
Total	5	0.141533			

S = 0.01080 R-Sq = 99.67% R-Sq(adj) = 99.59%



Pooled StDev = 0.01080

Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	0.78000	A
1	3	0.47333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose
Individual confidence level = 95.00%

Dose = 1 subtracted from:

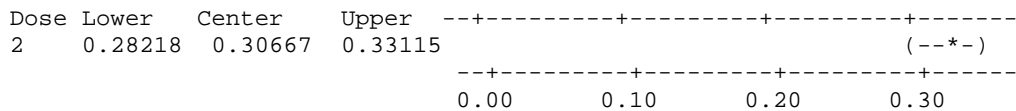
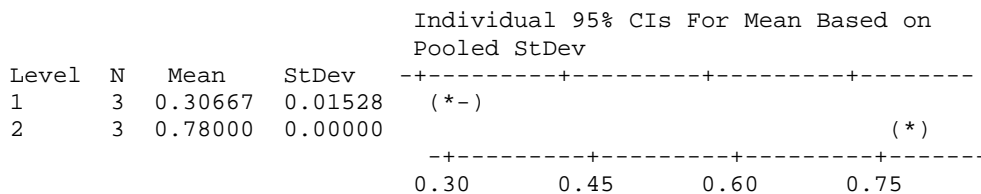


Tableau 36: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aspersa* adulte témoin et traité par la dose **1600 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.336067	0.336067	2880.57	0.000
Error	4	0.000467	0.000117		
Total	5	0.336533			

S = 0.01080 R-Sq = 99.86% R-Sq(adj) = 99.83%



Pooled StDev = 0.01080

Grouping Information Using Tukey Method

Dose N Mean Grouping
 2 3 0.78000 A
 1 3 0.30667 B

Means that do not share a letter are significantly different.
 Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of dose

Individual confidence level = 95.00%
 Dose = 1 subtracted from:

```
Dose Lower Center Upper -+-----+-----+-----+-----
2      0.44885 0.47333 0.49782 (-*)
-----+-----+-----+-----
              0.00      0.15      0.30      0
```

Tableau 37: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aperta* adulte témoin et traité par la dose **400 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.101400	0.101400	169.00	0.000
Error	4	0.002400	0.000600		
Total	5	0.103800			

S = 0.02449 R-Sq = 97.69% R-Sq(adj) = 97.11%

```
Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level N Mean StDev -+-----+-----+-----+-----
1      3 0.57000 0.03464 (---*---)
2      3 0.83000 0.00000 (---*---)
-----+-----+-----+-----
              0.60      0.70      0.80      0.90
```

Pooled StDev = 0.02449

Grouping Information Using Tukey Method

Dose N Mean Grouping
 2 3 0.83000 A
 1 3 0.57000 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of dose
 Individual confidence level = 95.00%

Dose = 1 subtracted from:

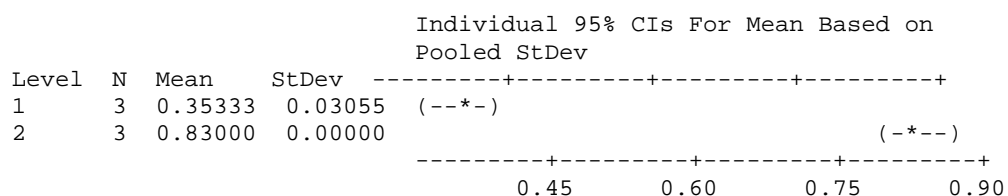
```
Dose Lower Center Upper -+-----+-----+-----+-----
2      0.20447 0.26000 0.31553 (-----*-----)
-----+-----+-----+-----
              0.00      0.10      0.20      0.30
```

Tableau 38: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aperta* adulte témoin et traité par la dose **800 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.340817	0.340817	730.32	0.000
Error	4	0.001867	0.000467		
Total	5	0.342683			

S = 0.02160 R-Sq = 99.46% R-Sq(adj) = 99.32%



Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	0.83000	A
1	3	0.35333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose
Individual confidence level = 95.00%

Dose = 1 subtracted from:

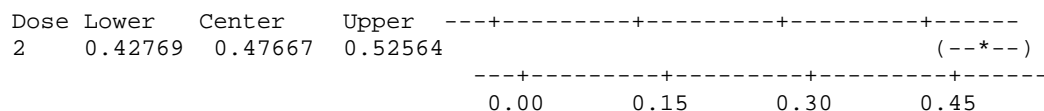
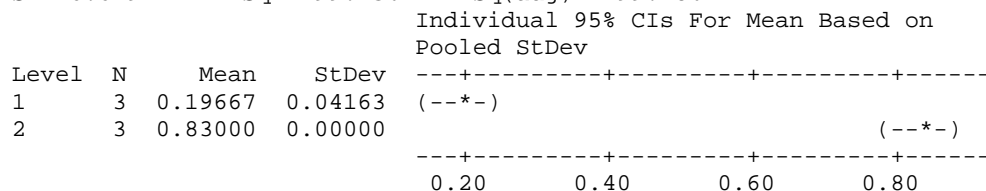


Tableau 39: Analyse de la variance à un critère de classification (dose) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aperta* adulte témoin et traité par la dose **1600 mg/L** par l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK (1: traités, 2: témoins)

One-way ANOVA: AChE versus dose

Source	DF	SS	MS	F	P
Dose	1	0.601667	0.601667	694.23	0.000
Error	4	0.003467	0.000867		
Total	5	0.605133			

S = 0.02944 R-Sq = 99.43% R-Sq(adj) = 99.28%



Grouping Information Using Tukey Method

Dose	N	Mean	Grouping
2	3	0.83000	A
1	3	0.19667	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of dose
Individual confidence level = 95.00%

Dose = 1 subtracted from:

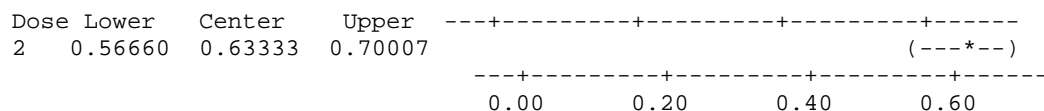
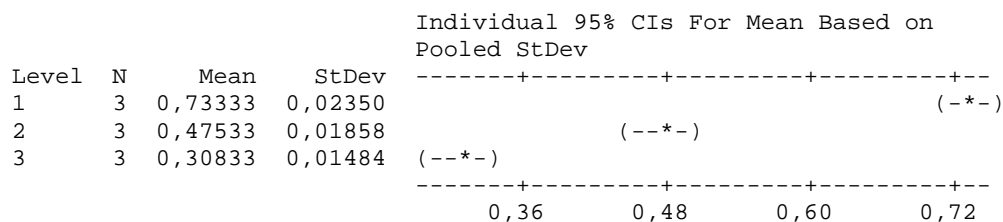


Tableau 40: Analyse de la variance à un critère de classification (doses) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aspersa* adulte traité par les doses (1:400 mg/L, 2 :800 mg/L, et 3 :1600 mg/L) de l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK

One-way ANOVA: AChE versus doses

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	2	0,275078	0,137539	369,07	0,000
Error	6	0,002236	0,000373		
Total	8	0,277314			

S = 0,01930 R-Sq = 99,19% R-Sq(adj) = 98,92%



Pooled StDev = 0,01930

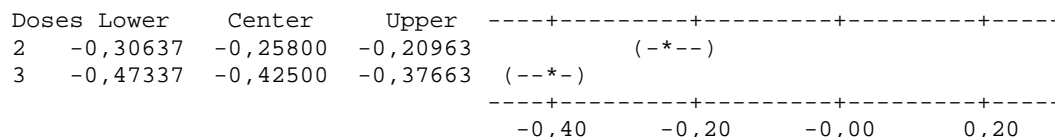
Grouping Information Using Tukey Method

Doses	N	Mean	Grouping
1	3	0,73333	A
2	3	0,47533	B
3	3	0,30833	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of doses
Individual confidence level = 97,80%

Doses = 1 subtracted from:



Doses = 2 subtracted from:

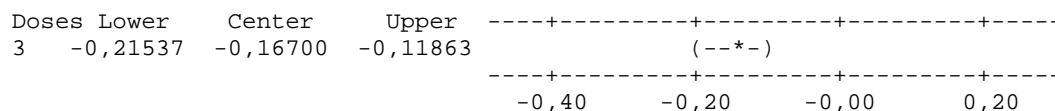


Tableau 41: Analyse de la variance à un critère de classification (doses) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête d'*Helix aperta* adulte traité par les doses (1:400 mg/L, 2 :800 mg/L, et 3 :1600 mg/L) de l'insecticide thiaméthoxam, collecté au niveau du PNK

One-way ANOVA: AChE versus doses

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	2	0,21619	0,10810	84,59	0,000
Error	6	0,00767	0,00128		
Total	8	0,22386			

S = 0,03575 R-Sq = 96,57% R-Sq(adj) = 95,43%

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----			
1	3	0,57767	0,03153				(---*---)
2	3	0,35533	0,03163		(---*---)		
3	3	0,20000	0,04288	(---*---)			
				-----+-----+-----+-----+-----			
				0,24	0,36	0,48	0,60

Pooled StDev = 0,03575

Grouping Information Using Tukey Method

Doses	N	Mean	Grouping
1	3	0,57767	A
2	3	0,35533	B
3	3	0,20000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of doses

Individual confidence level = 97,80%

Doses = 1 subtracted from:

Doses	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----			
2	-0,31191	-0,22233	-0,13276		(---*---)		
3	-0,46724	-0,37767	-0,28809	(---*---)			
				-----+-----+-----+-----+-----			
				-0,40	-0,20	-0,00	0,20

Doses = 2 subtracted from:

Doses	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----			
3	-0,24491	-0,15533	-0,06576		(---*---)		
				-----+-----+-----+-----+-----			
				-0,40	-0,20	-0,00	0,20

Tableau 42: Analyse de la variance à un critère de classification (espèces) de l'activité de l'AChE mesurée dans la tête de (1 :*Helix aspersa* et 2 :*Helix aperta* adultes) traités par la dose **400 mg/L** de l'insecticide thiaméthoxam, collectés au niveau du PNK.

One-way ANOVA: AChE versus espèces

Source	DF	SS	MS	F	P
Espèces	1	0,036348	0,036348	47,00	0,002
Error	4	0,003093	0,000773		
Total	5	0,039442			

S = 0,02781 R-Sq = 92,16% R-Sq(adj) = 90,20%

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----			
1	3	0,73333	0,02350				(-----*-----)
2	3	0,57767	0,03153	(-----*-----)			
				-----+-----+-----+-----+-----			
				0,560	0,630	0,700	0,770

Pooled StDev = 0,02781

One-way ANOVA: AChE versus espèces

Source	DF	SS	MS	F	P
Espèces	1	0,01760	0,01760	17,10	0,014
Error	4	0,00412	0,00103		
Total	5	0,02172			

S = 0,03209 R-Sq = 81,04% R-Sq(adj) = 76,30%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	0,30833	0,01484	(-----*-----)
2	3	0,20000	0,04288	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 0,180 0,240 0,300 0,360

Pooled StDev = 0,03209

Grouping Information Using Tukey Method

Espèces	N	Mean	Grouping
1	3	0,30833	A
2	3	0,20000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of espèces

Individual confidence level = 95,00%

Espèces = 1 subtracted from:

Espèces	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-----
2	-0,18108	-0,10833	-0,03559	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -0,140 -0,070 0,000 0,070

