



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE 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

Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Etude de la biodiversité des Blattes dans les régions semi-arides  
et arides et évaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattella  
germanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae).

Présentée par: M. Samir TINE

Membre de Jury:

Pr. SOLTANI NOUREDDINE	Président	Université de Annaba
Pr. ARIBI NADIA	Directeur de thèse	Université de Annaba
Pr. BENOURETH DJAMEL	Examineur	Université de Guelma
Pr. BERCHI SALIMA	Examineur	Université de Constantine
Dr. HABES DAHBIA	Examineur	Université de Annaba
Pr. HASSAINE KARIMA	Examineur	Université de Tlemcen

Année universitaire: 2012/2013

## *Remerciements*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. Noureddine SOLTANI (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.*

*C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance à Melle Nadia ARIBI (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) pour avoir dirigé ce travail, je lui témoigne respect et déférence.*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à Mme Karima HASSAINE (Professeur à l'Université de Tlemcen) qui a bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de me faire l'honneur de juger ce travail. Je lui témoigne mes sentiments de considération et de respect.*

*Toute ma considération à l'égard de Mme Dahbia HABES (Maître de conférences, au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.*

*Mes plus vifs remerciements vont à M. Djamel BENOURETH (Professeur à l'Université de Guelma) et Melle Selima BERCHI (Professeur à l'Université de Constantine) qui ont bien voulu accepter d'être membre du jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.*

*Je ne peux qu'exprimer mes sentiments d'amitié à M<sup>lle</sup> Karima SIFI (Maître de conférences, au Département de Biologie, Université d'Annaba) et à M. Hamid BOUDJELIDA (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui m'ont soutenue tout le long de ce travail.*

*A ma femme et mes enfants.*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	1
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	7
1. Présentation de la région de Tébessa	7
2. Méthode d'échantillonnage	7
3. Etude taxonomique	7
4. Matériel biologique utilisé dans les expérimentations	9
4.1. <i>Blattella germanica</i>	9
4.2. <i>Blatta orientalis</i>	9
5. Elevage	9
6. Présentation des insecticides et traitements	10
6.1. Acide borique	10
6.2. Azadirachtine	10
6.3. Spinosad	10
7. Toxicité	13
8. Prélèvement et morphométrie des ovaires	13
9. Extraction et dosage des métabolites	14
9.1. Dosage des protéines ovariennes	16
9.2. Dosage des glucides ovariens	17
9.3. Dosage des lipides ovariens	18
10. Dosages des biomarqueurs	19
10.1. Activité de l'acétylcholinestérase	20
10.2. Dosage des glutathion S-transférases	21
10.3. Dosage du glutathion	22
11. Analyse statistique	23
<b>CHAPITRE 1 : INVENTAIRE</b>	25
1. Introduction	25
2. Résultats	27
2.1. Tébessa ville (Site 1)	27
2.1.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées	27
2.1.2. Analyse des composantes simples (ACS) pour le site Tébessa ville (lieux /périodes)	28
2.1.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme)	31
2.2. Morsott (Site 2)	32
2.2.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées	32
2.2.2. Analyse des composantes simples (ACS) pour le site Morsott (lieux /périodes)	33

2.2.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme)	35
2.3. Chréa (Site 3)	36
2.3.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées	36
2.3.2. Analyse des composantes simples (ACS) pour le site Chréa (lieux /périodes)	37
2.3.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme)	39
2.4. Bir El Atter (Site 4)	40
2.4.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées	40
2.4.2. Analyse des composantes simples (ACS) pour le site Bir El Atter (lieux /périodes)	42
2.4.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme)	43
3. Discussion	45
<b>CHAPITRE 2 : TOXICITE ET BIOMARQUEURS</b>	<b>49</b>
1. Introduction	49
2. Résultats	52
2.1. Efficacité de l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique à l'égard des adultes de <i>B. orientalis</i>	52
2.1.1. Efficacité de l'azadirachtine : Essai insecticide	52
2.1.2. Efficacité du spinosad : Essai insecticide	54
2.1.3. Efficacité de l'acide borique : Essai insecticide	56
2.2. Biomarqueurs	58
2.2.1. Activités de l'acétylcholinestérase (AChE)	58
2.2.2. Comparaison de l'effet des molécules sur l'activité spécifique de l'AChE	60
2.2.3. Activité des glutathions-S-transférases (GSTs)	63
2.2.4. Comparaison de l'effet des molécules sur l'activité spécifique des GSTs	66
2.2.5. Taux du Glutathion	69
2.2.6. Comparaison de l'effet des molécules sur le taux du glutathion	71
3. Discussion	74
<b>CHAPITRE 3: REPRODUCTION</b>	<b>85</b>
1. Introduction	85
2. Résultats	87
2.1. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez <i>B. orientalis</i> au cours du premier cycle gonadotrophique	87
2.1.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire	87
2.1.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire	93
2.1.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire	98
2.1.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de <i>B. orientalis</i>	107
2.2. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez <i>B.</i>	114

<i>orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque	
2.2.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire	114
2.2.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque	120
2.2.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire	123
2.2.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque	132
2.3. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque	137
2.3.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire	137
2.3.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque	143
2.3.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire de <i>B. germanica</i>	146
2.3.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque.	155
3. Discussion	160
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</b>	167
<b>RESUMES</b>	169
<b>Français</b>	169
<b>Anglais</b>	170
<b>Arabe</b>	171
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	172
<b>ANNEXE</b>	199

## Liste des Tableaux

<u>Tableaux</u>	<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
Tableau 1	Dosage des protéines ovariennes: réalisation de la gamme d'étalonnage.	16
Tableau 2	Dosage des glucides ovariens: réalisation de la gamme d'étalonnage.	17
Tableau 3	Dosage des lipides ovariens: réalisation de la gamme d'étalonnage.	18
Tableau 4	La codification des structures, des espèces et des sites utilisée pour l'AFC	30
Tableau 5	Toxicité de l'azadirachtine, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95%)	53
Tableau 6	Toxicité de l'azadirachtine, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95%)	54
Tableau 7	Toxicité du spinosad, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95%)	55
Tableau 8	Toxicité du spinosad, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95%)	56
Tableau 9	Toxicité de l'acide borique, administré, par ingestion, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95%)	57
Tableau 10	Toxicité de l'acide borique, administré, par ingestion, à l'émergence chez les adultes de <i>B. orientalis</i> : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95%).	57
Tableau 11	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	61
Tableau 12	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	61
Tableau 13	Classement par ordre décroissant de l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	62
Tableau 14	Classement par ordre décroissant de l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	63
Tableau 15	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur l'activité	67

spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

<b>Tableau 16</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	67
<b>Tableau 17</b>	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	68
<b>Tableau 18</b>	Classement par ordre croissant de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	68
<b>Tableau 19</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le taux du glutathion GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	72
<b>Tableau 20</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le taux du glutathion GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	72
<b>Tableau 21</b>	Classement par ordre décroissant du glutathion ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	73
<b>Tableau 22</b>	Classement par ordre décroissant du glutathion ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines), chez les adultes de <i>B. orientalis</i> , après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	73
<b>Tableau 23</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	94
<b>Tableau 24</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	94
<b>Tableau 25</b>	Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	95
<b>Tableau 26</b>	Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	96
<b>Tableau 27</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm s$ , $n=4$ ).	96



<b>Tableau 28</b>	Volume de l'ovocyte basal (mm <sup>3</sup> ) chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules (m ± sem, n=4).	97
<b>Tableau 29</b>	Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	97
<b>Tableau 30</b>	Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.0	98
<b>Tableau 31</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes (µg/ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	108
<b>Tableau 32</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes (µg/ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	108
<b>Tableau 33</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	109
<b>Tableau 34</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	109
<b>Tableau 35</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en glucides ovariens (µg/paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	110
<b>Tableau 36</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en glucides ovariens (µg/paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	110
<b>Tableau 37</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	111
<b>Tableau 38</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	111
<b>Tableau 39</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en lipides ovariens (µg/paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	112
<b>Tableau 40</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en lipides ovariens (µg/paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique (m ± sem, n=4).	112

<b>Tableau 41</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	113
<b>Tableau 42</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	114
<b>Tableau 43</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4).	121
<b>Tableau 44</b>	Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	122
<b>Tableau 45</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le volume de l'ovocyte basal ( $mm^3$ ) chez les femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4).	123
<b>Tableau 46</b>	Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal ( $mm^3$ ) chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	123
<b>Tableau 47</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu g$ / paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4).	133
<b>Tableau 48</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique, après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	133
<b>Tableau 49</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu g$ / paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4).	134
<b>Tableau 50</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	135
<b>Tableau 51</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu g$ / paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4).	136
<b>Tableau 52</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. orientalis</i> après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	136

<b>Tableau 53</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles adultes de <i>B. germanica</i> , au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	144
<b>Tableau 54</b>	Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	145
<b>Tableau 55</b>	Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le volume de l'ovocyte basal ( $\text{mm}^3$ ) chez les femelles adultes de <i>B. germanica</i> , au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	146
<b>Tableau 56</b>	Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal ( $\text{mm}^3$ ) chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	146
<b>Tableau 57</b>	Contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	156
<b>Tableau 58</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	156
<b>Tableau 59</b>	Contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	157
<b>Tableau 60</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	158
<b>Tableau 61</b>	Contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules ( $m \pm \text{sem}$ , $n=4$ ).	159
<b>Tableau 62</b>	Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.	159

## Liste des Figures

<u>Figures</u>	<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
<b>Figure 1.</b>	Présentation de la région d'étude.	8
<b>Figure 2.</b>	Cycle biologique (Cornwell, 1968) et position systématique de <i>Blattella germanica</i> (L.).	11
<b>Figure 3.</b>	Cycle biologique (Cornwell, 1968) et position systématique de <i>Blatta orientalis</i> (L.).	12
<b>Figure 4.</b>	Extraction (Shibko <i>et al.</i> , 1966) et dosage des métabolites (glucides, lipides et ovariens) ovariens chez les adultes femelles de <i>B. germanica</i> et <i>B. orientalis</i> .	15
<b>Figure 5.</b>	Dosage des protéines: droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).	16
<b>Figure 6.</b>	Dosage des glucides: droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).	17
<b>Figure 7.</b>	Dosage des lipides: droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).	19
<b>Figure 8.</b>	Fluctuations du nombre des larves, adultes mâles et femelles de <i>B. germanica</i> (A) et <i>B. orientalis</i> (B) au cours d'une année dans le site Tébessa ville.	28
<b>Figure 9.</b>	Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces récoltées suivant les mois dans le site Tébessa ville (La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau).	29
<b>Figure 10.</b>	Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Tébessa ville suivant les mois d'étude.	32
<b>Figure 11.</b>	Fluctuations du nombre des larves, adultes mâles et femelles de <i>B. germanica</i> (A) et <i>B. orientalis</i> (B) au cours d'une année dans le site de Morsott.	33
<b>Figure 12.</b>	Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces récoltées suivant les mois dans le site de Morsott (La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée	35

dans le tableau).

- Figure 13.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Morsott suivant les mois d'étude. 36
- Figure 14.** Fluctuations du nombre des larves, des adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site de Chréa. 37
- Figure 15.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces de Blattes dans le site de Chréa selon les périodes (La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau). 39
- Figure 16.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Chréa suivant les mois d'étude. 40
- Figure 17.** Fluctuations du nombre des larves, des adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site de Bir El Ater. 41
- Figure 18.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces de Blattes dans le site de Bir El Atter selon les périodes (La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau). 43
- Figure 19.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Bir El Atter suivant les mois d'étude. 44
- Figure 20.** Toxicité de l'azadirachtine, administré par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité corrigée (%) aux différentes doses testées (ng/insecte) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$  ; n=3 répétitions comportant chacune 20 individus). 53
- Figure 21.** Toxicité du spinosad, administré par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité corrigée (%) aux différentes doses testées (ng/insecte) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$  ; n=3 répétitions comportant chacune 20 individus). 55
- Figure 22.** Toxicité de l'acide borique, administré par ingestion, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité 57

corrigée (%) aux différentes doses testées (%) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$  ;  $n=3$  répétitions comportant chacune 20 individus).

- Figure 23.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 58
- Figure 24.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 59
- Figure 25.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 60
- Figure 26.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 64
- Figure 27.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 65
- Figure 28.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 66
- Figure 29.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 69
- Figure 30.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 70
- Figure 31.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % 71

et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

- Figure 32.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 88
- Figure 33.** Effets du spinosad (DL50 et DL90), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 89
- Figure 34.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 90
- Figure 35.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 91
- Figure 36.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 92
- Figure 37.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 93
- Figure 38.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 99
- Figure 39.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 100
- Figure 40.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B.* 101

*orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

- Figure 41.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 102
- Figure 42.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 103
- Figure 43.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 104
- Figure 44.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 105
- Figure 45.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 106
- Figure 46.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 107
- Figure 47.** Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 115
- Figure 48.** Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 116



<b>Figure 49.</b>	Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	117
<b>Figure 50.</b>	Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	118
<b>Figure 51.</b>	Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	119
<b>Figure 52.</b>	Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	120
<b>Figure 53.</b>	Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	124
<b>Figure 54.</b>	Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	125
<b>Figure 55.</b>	Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	126
<b>Figure 56.</b>	Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	127
<b>Figure 57.</b>	Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de <i>B. orientalis</i> , sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$ paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4).	128
<b>Figure 58.</b>	Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le	129

jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

- Figure 59.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 130
- Figure 60.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 131
- Figure 61.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 132
- Figure 62.** Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 138
- Figure 63.** Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 139
- Figure 64.** Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 140
- Figure 65.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 141
- Figure 66.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 142
- Figure 67.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième 143

cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

- Figure 68** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 147
- Figure 69.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 148
- Figure 70.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 149
- Figure 71.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 150
- Figure 72.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 151
- Figure 73.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 152
- Figure 74.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 153
- Figure 75.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 154
- Figure 76.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g/}$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). 155



## INTRODUCTION GENERALE

Les Blattes nommées indifféremment « Cafards » ou « Cancrélats » suivent l'homme depuis l'antiquité (Rust *et al.*, 1995 ; Grancolas, 1998) ; Ces insectes descendants des Aptérygotes, semblent être originaires du vieux monde et plus particulièrement des zones subtropicales de l'Afrique, du moyen orient et de l'Asie, zones de fortes chaleurs et d'humidité importante, facteurs favorables à leur développement (Schal *et al.*, 1984 ; Grancolas, 1998).

Quatre milles espèces environ sont connues (Garfield, 1990), et parmi ces dernières, une vingtaine seulement sont commensales de l'homme, vivant à l'intérieur des habitations ou dans leur voisinages immédiats et, par conséquent, sont qualifiées de domestiques telles *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis*, *Supella longipalpa* et *Blattella germanica* (Grancolas, 1998). La plupart des Blattes qui vivent dans les maisons sont nocturnes et fuient la lumière (Grancolas, 1998) ; Ces insectes qui vivent groupés, ne possèdent pas, dans ce comportement grégaire, de hiérarchie ou de spécialisation de tâches car ce ne sont pas de véritables insectes sociaux (Rivault *et al.*, 1998).

Dans une classification basée surtout sur la morphologie et le comportement d'oviposition, McKittrick (1964) subdivise les Blattes en deux grandes super familles : les Blaberoidea et les Blattoidae qui sont respectivement réparties en 3 familles (Blaberoidae, Blattellidae et Polyphagidae) et en deux familles (Blattidae et Cryptocercidae). Cette classification est aujourd'hui utilisée car elle a été appuyée par des études morphologiques (Cornwell, 1968 ; Roth, 1970 ; Huber, 1974 ; Roth, 1985 ; Grancolas, 1994), physiologiques (Brossut, 1973 ; Brossut *et al.*, 1975 ; Takegawa & Takahashi, 1990 ; Christensen *et al.*, 1991) et comportementales (Schal *et al.*, 1984 ; Schal & Bell, 1986 ; Abed, 1992 ; Sirugue, 1992 ; Grancolas, 1996 ; Vimard, 2000 ; Durier, 2001). La mauvaise réputation des Blattes domestiques vient en grande partie du fait qu'elles transmettent une odeur et un goût désagréable aux produits alimentaires dont elles se nourrissent. Elles souillent la nourriture par leurs excréments et peuvent potentiellement transmettre de nombreuses

maladies infectieuses et provoquer des réactions allergiques allant jusqu'aux crises d'asthme (Mindykowski *et al.*, 2010 ; Peden & Reed, 2010).

La lutte contre les Blattes a été longtemps effectuée en utilisant différents insecticides, essentiellement chimiques, à action neurotoxique tels que les pyréthrénoïdes, les organophosphorés, les organochlorés et les carbamates (Reiersen *et al.*, 1983 ; Appel, 1990 ; Garfield, 1990 ; Reid *et al.*, 1990 ; Appel et Benson, 1995 ; Kaakeh *et al.*, 1997). Ces insecticides conventionnels ont été efficaces mais leur application pendant de nombreuses années a largement contribué à entraîner non seulement une résistance chez les Blattes, mais aussi des effets néfastes pour l'homme et son environnement (Ishaaya & Horowitz, 1998 ; Gagné *et al.*, 1999). L'utilisation massive et non raisonnée des pesticides a fait apparaître chez les Blattes des modifications physiologiques, biochimiques et comportementales conduisant à l'apparition de souches de plus en plus résistantes (Scharf *et al.*, 1997 ; Saito & Hama, 2000). En outre, la biodégradabilité très lente de ces insecticides de synthèse a permis l'accumulation des résidus et a entraîné la pollution de l'atmosphère, de l'eau et du sol (Conlong & Mugoya, 1996). Par conséquent, l'industrie chimique a pu développer, grâce aux différentes connaissances acquises en physiologie de l'insecte (Smith, 1985 ; Gade *et al.*, 1997), des pesticides non polluants agissant sur des processus physiologiques et biochimiques spécifiques aux organismes visés, les régulateurs de croissance ou IGRs (Insect growth regulators) et pesticides d'origine naturelle tels que les néonicotinoïdes, l'azadirachtine et le spinosad.

Les régulateurs de croissance sont des produits de synthèse agonistes ou antagonistes de l'hormone juvénile (JH) ou de l'ecdysone, dont les rôles principaux sont le contrôle du développement et de la reproduction chez les insectes (Dhadialla *et al.*, 1998, 2005) ; ils comportent aussi des molécules inhibitrices de la synthèse de la chitine, composé majeur de la cuticule des insectes (Ishaaya, 1990 ; Dhadialla *et al.*, 1998, 2005). Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (diflubenzuron, flucycloxyuron et triflumuron) perturbent la mue, la croissance (Dhadialla *et al.*, 2005 ; Soltani *et al.*, 2008 ; Zaidi & Soltani, 2011), et affectent le taux des métabolites et des ecdystéroïdes et la reproduction (Bouaziz *et al.*, 2011 ; Soltani-Mazouni & Soltani, 1995 ; Soltani *et al.*, 1996 ; Chebira *et al.*, 2006 ; Kellouche & Soltani, 2006). Les analogues de l'hormone juvéniles (méthoprène, fenoxycarbe, pyriproxyfène) ont

pour principaux effets de produire, chez les individus traités, un stade surnuméraire, des larves permanentes ou des intermédiaires larve-pupe (Gadenne *et al.*, 1990). Ils présentent une efficacité chez plusieurs coléoptères et lépidoptères des denrées stockées (Horowitz & Ishaaya, 1996 ; Oberlander *et al.*, 1998 ; Aribi *et al.*, 2006). Les antagonistes de l'HJ (précocène I, précocène II et KK-42) induisent une altération des ovaires et des mues nymphales prématurées (Delbecque *et al.*, 1986 ; Aribi *et al.*, 1999). Enfin, les agonistes des ecdystéroïdes, composés à structure non stéroïdale, sont représentés par les bisacylhydrazines, comme le RH-5849 ou dibenzoylhydrazine, le RH-5992 ou tebufenozide, le RH-2485 ou méthoxyfenozide et enfin le RH-0345 ou halofenozide. Ces molécules qui agissent par compétition en se fixant aux récepteurs nucléaires spécifiques des ecdystéroïdes (Wing *et al.*, 1988 ; Oberlander *et al.*, 1995), entraînent une perturbation de la croissance, de la reproduction et du développement (Tine-Djebbar & Soltani, 2008 ; Smagghe *et al.*, 1996) en interférant avec le processus de mue, en modifiant *in vivo* et *in vitro* la synthèse des ecdystéroïdes (Soltani *et al.*, 1998 ; Soltani *et al.*, 2002 ; Taibi *et al.*, 2003 ; Berghiche *et al.*, 2008 ; Khebbeb *et al.*, 2008 ; Kilani-Morakchi, 2009 a,b ; Soltani-Mazouni *et al.*, 2012).

La lutte contre les Blattes a aussi fait appel à des produits chimiques inorganiques tels que le phosphore, le sodium fluoride (Rust *et al.*, 1995) et l'acide borique (Appel, 1990 ; Strong *et al.*, 1993 ; Rust *et al.*, 1995 ; Hubbard, 1998). Cet insecticide inorganique, fut le premier composé efficace contre les Blattes (Walter, 1918), mais à partir de 1940, l'utilisation des borates diminue au profit d'autres insecticides à effets plus rapides (Strong *et al.*, 1993 ; Cornwell, 1976) représentés par les insecticides conventionnels (organochlorés, carbamates et pyréthrinoïdes) (Reierson *et al.*, 1983 ; Appel, 1990 ; Reid *et al.*, 1990). Au cours des années 1960, les borates retrouvent un regain d'intérêt pour leur prix de revient et leur facilité d'application (Hubbard, 1998). Il retrouve aujourd'hui une place dans la lutte intégrée et ce, de par son innocuité pour l'homme et son environnement (Gore & Schal, 2004 ; Gore *et al.*, 2004 ; Appel *et al.*, 2004 ; Habes *et al.*, 2006 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009a ; Habes *et al.*, 2013). L'acide borique a fait l'objet de nombreuses recherches et plusieurs modes d'action ont été proposés tels que l'abrasion de la cuticule, l'action neurotoxique ou encore la désorganisation de l'intestin moyen (Cochran, 1995 ; Habes *et al.*, 2006). Toutefois, le mécanisme d'action reste inconnu et nécessite des recherches approfondies.

Les produits naturels à action insecticide sont de plus en plus utilisés pour une lutte propre et efficace dans le cadre d'un développement durable tels que les néonicotinoïdes (Nauen & Bretschneider, 2002), l'azadirachtine (Vinuela *et al.*, 2000 ; Breuer *et al.*, 2003 ; Shafeek *et al.*, 2004) et le spinosad (Salgado *et al.*, 1998 ; Schneider *et al.*, 2004). Les néonicotinoïdes, insecticides d'origine végétale (imidaclopride, thimethoxan et acétamipride) agissent *via* les récepteurs de l'acétylcholine nicotinyne (nAChR) sur le système nerveux central et périphérique des insectes et plusieurs travaux existent dans la littérature (Kiryama *et al.*, 2003 ; Nauen *et al.*, 2003 ; Salgado & Saar, 2004). L'azadirachtine, ou *Azadirachta indica*, substance naturelle dérivée du Neem (membre de Miliaceae) est un tétranotritéropénoïde, structurellement semblable aux ecdysones d'insectes (Mordue & Blackwell, 1993). Ce pesticide naturel peut aussi être considéré comme un régulateur de croissance, vu son rôle antiecdystéroïde et anti-HJ (Schmutterer, 1997). L'azadirachtine inhibe l'hormone prothoracicotropique et l'hormone allatotropique (Schmutterer, 1990 ; Mordue *et al.*, 2005), stimulant les ecdystéroïdes et l'HJ respectivement, affectant ainsi le développement et la reproduction. L'azadirachtine est capable d'induire de multiples effets chez divers espèces nuisibles (Naumann & Isman, 1995 ; Liang *et al.*, 2003 ; Riba *et al.*, 2003 ; Seljansen & Meadow, 2006 ; Pineda *et al.*, 2009); c'est un puissant anti-appétant et répulsif (Tommé *et al.*, 2013) qui perturbe la mue, le développement et cause de forte mortalités chez les divers groupes d'insectes phytophages (Liu & Stansly, 1995 ; Mitchell *et al.*, 2004 ; Kumar *et al.*, 2005). Ce pesticide qui agit comme un régulateur de croissance inhibe la fécondité et l'attractivité sexuelle. Cette molécule peut également agir en paralysant le mouvement naturel de l'intestin, provoquant le dépérissement des insectes et un impact au niveau de la « fitness » de l'organisme (Stark *et al.*, 1990 ; Schmutterer & Singh, 1995 ; Andreu *et al.*, 2000 ; Senthil Nathan *et al.*, 2004, 2005, 2006). Ces effets ont été notés chez plusieurs espèces après traitement avec différentes formulations commerciales d'azadirachtine (Qadri & Narsaiah, 1978 ; Prabhakaran & Kamble, 1996 ; Shafeek *et al.*, 2004). Par ailleurs, l'azadirachtine, très utilisée dans le domaine agricole est considérée comme non toxique pour les organismes non cibles par rapport aux insecticides conventionnels (Medina *et al.*, 2004 ; Charleston *et al.*, 2006 ; Mordue *et al.*, 2010) ; cependant, cette idée est quelquefois controversée (Medina *et al.*, 2004 ; Arno & Gabarra,



2011 ; Biondi *et al.*, 2012 ). Par ailleurs, le développement de populations d'insectes résistants à ce composé reste à l'étude (Feng & Isman, 1995).

Le spinosad, insecticide naturel (Thompson *et al.*, 2000) est issue de la fermentation d'une bactérie, *Saccharopolyspora spinosa* Merts et Yao (Thompson & Hutchins, 1999). Ce bioinsecticide est classé comme produit à risque réduit du fait de sa faible toxicité pour les mammifères, poissons, oiseaux et les arthropodes bénéfiques (Thompson & Hutchins, 1999 ; Cisneros *et al.*, 2002). Le spinosad agit par contact ou ingestion (Salgado *et al.*, 1998) et présente une dualité d'action en affectant les récepteurs nicotiniques et GABAergiques (Watson & Salgado, 2001 ; Hsu & Feng, 2006 ; Abd El Mageed & Elgohary, 2006) induisant la paralysie puis la mort de l'insecte. Le spinosad est très toxique envers les lépidoptères et diptères mais est à très faibles risques envers les insectes non ciblés, les invertébrés aquatiques et les mammifères (Thompson & Sparks, 2002 ; Pineda *et al.*, 2004 ; Sarfraz *et al.*, 2005 ; Gao *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2004, 2005, 2009 ; Besard *et al.*, 2011; Biondi *et al.*, 2012). Les caractéristiques du spinosad comme la biodégradabilité, la sélectivité et la dualité d'action, permettent à ce pesticide d'être une molécule de choix dans les programmes de lutte intégrée et les applications anti-résistance.

En Algérie, les blattes domestiques sont des fléaux urbains importants et seuls les insecticides conventionnels sont utilisés. Des travaux antérieurs réalisés dans notre laboratoire ont permis d'évaluer certains pesticides non polluants comme l'acide borique, (Habes *et al.*, 2006 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009a) l'halofenozide et le tebufenozide (Maiza *et al.*, 2004 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009b, 2009c), mais aussi l'indoxacarbe et le benfuracarbe (Maiza *et al.*, 2004, 2010, 2013) sur *B. germanica* mais aucune étude n'a été réalisée sur *B. orientalis*. La littérature reste fragmentaire sur cette blatte comparativement à *P. americana* ou *B. germanica*. Par ailleurs et dans le cadre d'une lutte intégrée, il est nécessaire d'évaluer l'impact du pesticide sur des paramètres biologiques et physiologiques de l'organisme visé dans une région donnée.

Ce travail propose donc d'étudier l'efficacité d'un insecticide inorganique (Acide borique) et de deux pesticides d'origine naturelle, l'azadirachtine et le spinosad chez les blattes, insecte à intérêt médical. L'impact de ces molécules non polluantes ont été évalués chez *Blatta orientalis* et *Blattella germanica*, principales espèces dans la Wilaya de Tébessa (N.E-Algérie). Dans un premier temps, l'inventaire réalisé et dont les résultats sont

présentés dans le premier chapitre, désigne et confirme les espèces prépondérantes. Le second chapitre traite de la toxicité des molécules choisies et précise les différentes doses létales (et temps létaux) chez *B. orientalis* ; par ailleurs, l'impact de ces pesticides a été évalué en utilisant les marqueurs connus de neurotoxicité (AChE), de détoxification (GSTs) et de stress oxydatif (GSH). Enfin, le potentiel reproducteur étant un des facteurs majeurs de la pullulation des Blattes, les différents pesticides testés ont été évalués sur des paramètres morphométriques et biochimiques de la reproduction ; les résultats obtenus ont fait l'objet du troisième et dernier chapitre.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Présentation de la région de Tébessa

La wilaya de Tébessa se situe à l'Est de l'Algérie ; s'étendant entre 34,75° et 36° de latitude Nord, et 8,5° et 7,25° de longitude Est, et présentant une superficie de l'ordre de 13878 km<sup>2</sup> et une altitude de 960 m au-dessus du niveau de la mer. La wilaya de Tébessa est limitée au Nord par la wilaya de Souk Ahras, au Sud par la wilaya d'El Oued, à l'Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchela, et à l'Est par la frontière algéro-tunisienne (Figure 1). La wilaya de Tébessa, située dans les hauts plateaux telliens, a un climat semi-aride avec un hiver assez froid et faiblement neigeux.

### 2. Méthode d'échantillonnage

Afin de déterminer les différentes espèces existantes dans la région de Tébessa, un échantillonnage a été réalisé dans quatre villes différentes, Bir El Ater, Chéria, Morsott et Tébessa ville, de janvier à décembre 2006. Les prélèvements ont été effectués dans des sites choisis au hasard. Des pièges ont été placés dans les immeubles, les pizzerias, les boulangeries, les hôpitaux, les restaurants et les pâtisseries. Ils ont été récupérés 1 fois par semaine et les Blattes fixées ont été prélevées puis placées dans des flacons contenant de l'alcool à 70° pour leur conservation au laboratoire jusqu'à leur identification.

### 3. Etude taxonomique

La classification la plus communément acceptée des Blattes est basée sur quatre caractères (Mckittrick, 1964) : la morphologie du proventricule, la morphologie des génitalia mâle et femelle, la musculature des génitalia et le comportement de l'oviposition. Ainsi, la classification des Blattaria comporte 5 familles et 20 sous-familles (Mckittrick, 1964; Mckittrick & Mackerras, 1965). Les clés d'identification des familles et sous-familles de Blattaria ont été élaborées par Mckittrick (1964). Enfin, les clés les plus détaillées, relatives aux espèces nuisibles, ont été établies par Hebard (1917). L'identification des espèces a été réalisée grâce aux clés dichotomiques (Voir annexe) de Chopard (1943) et Cornwell (1968).

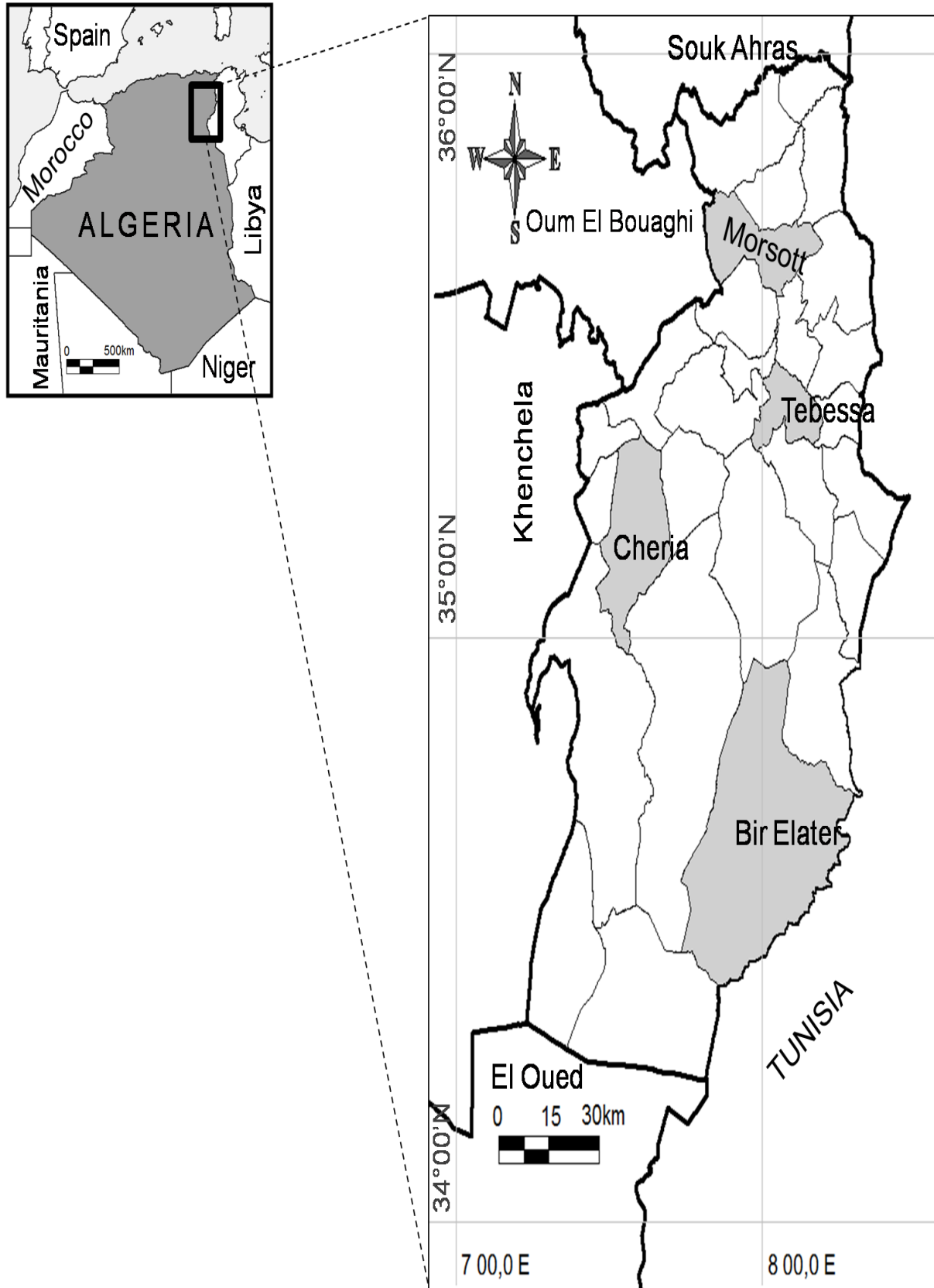


Figure 1. Présentation de la région d'étude.

#### 4. Matériel biologique utilisé dans les expérimentations

**4.1. *Blattella germanica* :** C'est un insecte Dictyoptère de la famille des Blattellidae, à développement hétérométabole, qui est caractérisé par deux phénotypes post-embryonnaires, les larves et les adultes. *B. germanica*, blatte cosmopolite la plus étroitement liée à l'homme, constitue un important problème en termes d'hygiène et de santé humaine. *B. germanica* est de petite taille (10 à 15mm de long) avec un corps aplati dorso-ventralement et de couleur roussâtre à brun avec deux bandes noires longitudinales sur le pronotum. Les adultes femelles possèdent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi complètement recouvert par les ailes, alors que les mâles présentent un abdomen effilé et un pygidium non recouvert par les ailes laissant visible le segment terminal de l'abdomen. Les femelles matures déposent entre 4-8 oothèques, chaque oothèque peut contenir jusqu'à 37 œufs ; l'éclosion a lieu après une période d'incubation de 17 à 22 jours. Les larves obtenues subissent un nombre de mues variant de 5 à 7 au cours d'une période de 5 à 6 mois suivant les conditions écologiques. Les larves de dernier stade, d'une taille visiblement plus grande, subissent enfin la mue imaginale et donnent naissance à des adultes ailés (Figure 2).

**4.2. *Blatta orientalis* :** La blatte orientale est un insecte Dictyoptère de la famille des Blattidae. La blatte orientale mesure à l'âge adulte entre 3 et 4 cm, et de couleur brune très foncée, presque noire. La femelle possède des ailes rudimentaires (réduites à de simples lobes) et les ailes du mâle sont bien développées mais courtes n'atteignant pas l'extrémité abdominale. Elle pond un maximum de 14 oothèques au cours de son existence, et l'oothèque peut contenir jusqu'à 18 œufs. La période d'incubation est d'environ 45 jours. Les larves subissent entre 7 à 10 mues au cours d'une période de 7 à 13 mois (Figure 3). Les larves de dernier stade subissent enfin la mue imaginale et donnent naissance à des adultes ailés

## 5. Elevage

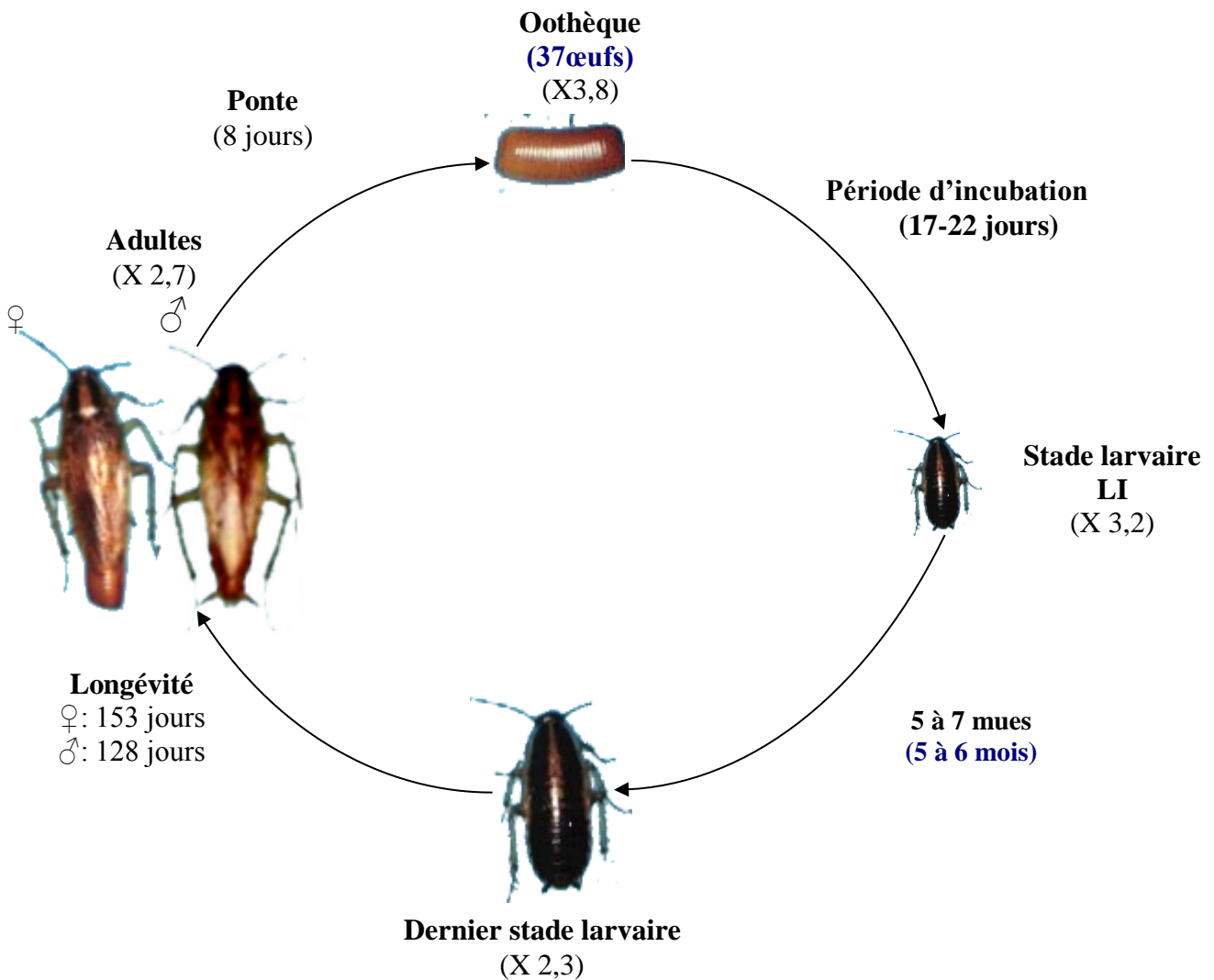
Les Blattes sont placées dans des boîtes en plastiques (longueur : 24 cm; largeur : 18 cm; hauteur : 10 cm) portant des ouvertures grillagées sur les côtés et contenant des emballages alvéolés d'œufs servant d'abris. Les Blattes sont nourries avec des biscuits et abreuvées grâce à du coton imbibé d'eau. L'élevage est maintenu à une température de  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , une humidité relative de 70 % et une photopériode de 12 heures.

## 6. Présentation des insecticides et traitements

**6.1. Acide borique :** ( $H_3BO_3$ ), composé inorganique (PM=61,83), inodore, incolore, de saveur fade, commercialisé (Merck) sous forme de cristaux ou poudre blanche, a un poids moléculaire de 61,8g et un point de fusion de 171°C. L'acide borique est très peu volatile, faiblement soluble dans l'eau (5,75 g/100 ml à 25 °C d'après Ebeling *et al.*, 1968) ce qui lui confère une grande stabilité avec un effet résiduel relativement long (Hubbard, 1998). Il est également un bon poison stomacal et adhère bien à la cuticule (Rust *et al.*, 1995). L'insecticide a été administré oralement sous forme de mélange alimentaire (biscuit + acide borique) à différentes concentrations : 10, 20, 40, 60 et 80 % aux adultes de *B. orientalis* nouvellement exuviés.

**6.2. Azadirachtine :** D'origine naturelle, il provient des graines d'*Azadirachta indica*, un arbre originaire d'Inde appartenant à la famille des Meliaceae. Il agit comme un régulateur de croissance à dualité d'action, antagoniste des ecdystéroïdes et anti hormone juvénile. La formule chimique est  $C_{33}H_{44}O_{16}$ , et le poids moléculaire est de 720,7g. L'azadirachtine, émulsion concentrée (EC) à 1%, a été utilisée, sur des adultes mâles et femelles de *B. orientalis* nouvellement exuviées (0 jour), par application topique, à différentes doses (300, 600, 1200, 2400, 4800 et 9000 ng/insecte), choisies après un screening. Une quantité de 7µl a été déposée sur la face latéro-ventrale de l'abdomen à l'aide d'une microseringue. Les témoins reçoivent 7µl de solvant (acétone).

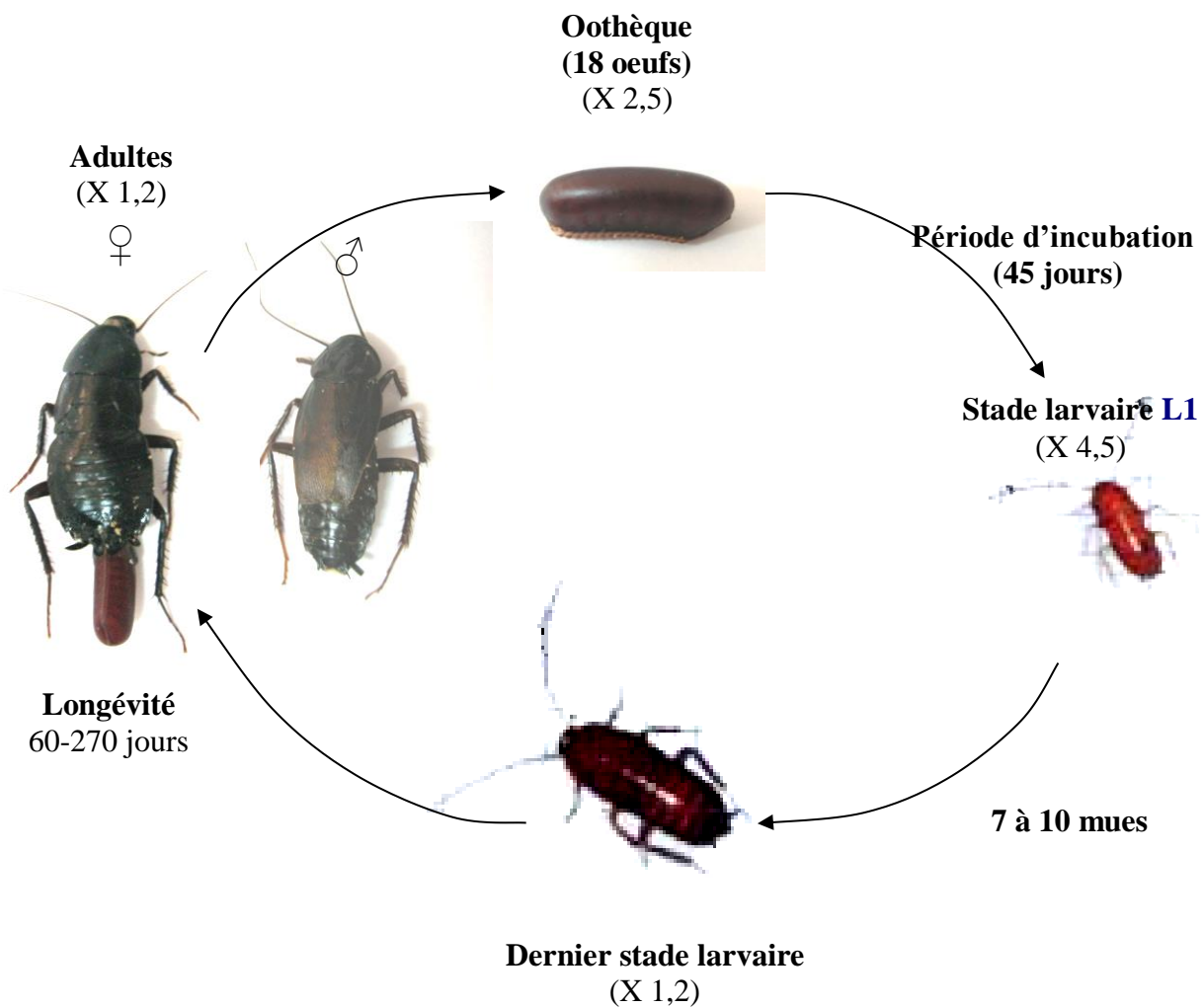
**6.3. Spinosad :** molécule d'origine naturelle, issue de la nouvelle famille chimique des spinosynes, ou toxines insecticides produites par une bactérie *Saccharopolyspora spinosa* (Kirst *et al.*, 1992). Le spinosad, neurotoxique, est un mélange de spinosyn A ( $C_{42}H_{67}NO_{16}$ ) et spinosyn D ( $C_{41}H_{65}NO_{16}$ ). Les doses (125, 250, 500, 1000, 2000 et 5000 ng/insecte) choisies, après un screening, ont été administrées par application topique (7µl) le jour de l'exuviation des adultes. Les témoins reçoivent seulement 7µl de solvant (acétone).



**Position Systématique :**

<b>Embranchement</b>	: Arthropoda
<b>Sous embranchement</b>	: Mandibulata
<b>Classe</b>	: Insecta
<b>Sous classe</b>	: Pterygota
<b>Section</b>	: Polyneoptera
<b>Ordre</b>	: Dictyoptera
<b>Sous ordre</b>	: Blattaria
<b>Super famille</b>	: Blaberoidae
<b>Famille</b>	: Blattellidae
<b>Sous famille</b>	: Blattellinae
<b>Genre</b>	: Blattella
<b>Espèce</b>	: <i>Blattella germanica</i> (Linné, 1767)

**Figure 2.** Cycle biologique (Cornwell, 1968) et position systématique de *Blattella germanica* (L.).



**Position Systématique :**

<b>Embranchement</b>	: Arthropoda
<b>Sous embranchement</b>	: Mandibulata
<b>Classe</b>	: Insecta
<b>Sous classe</b>	: Pterygota
<b>Section</b>	: Polyneoptera
<b>Ordre</b>	: Dictyoptera
<b>Sous ordre</b>	: Blattaria
<b>Super famille</b>	: Blattoidea
<b>Famille</b>	: Blattidae
<b>Sous famille</b>	: Blattinae
<b>Genre</b>	: Blatta
<b>Espèce</b>	: <i>orientalis</i> (Linné, 1758)



**Figure 3.** Cycle biologique (Cornwell, 1968) et position systématique de *Blatta orientalis* (L.).

### 7. Toxicité : Essais insecticides

Une étude toxicologique a été menée chez *B. orientalis* afin de mettre en évidence l'efficacité de l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad et de définir les doses létales (DL50, DL90) et les temps létaux (TL50, TL90) pour chaque molécule. L'essai est conduit en utilisant les différentes doses et concentrations citées plus haut ; pour chacune des doses, il est effectué trois répétitions comportant chacune 20 individus. Par ailleurs, une série témoin est conduite en parallèle pour chaque répétition.

La mortalité des individus est enregistrée à différents intervalles de temps 5, 10, 15 et 20 jours après traitement. La mortalité observée est ensuite corrigée selon la formule d'Abbott (1925), afin d'éliminer la mortalité naturelle. Les pourcentages de mortalités observées subissent une transformation angulaire suivant Bliss cité par Fisher & Yates (1957). Les données obtenues font l'objet d'une analyse de la variance à deux critères de classification (âge, doses). L'analyse des probits (Finney, 1971), réalisée sur les données corrigées, permet d'obtenir les doses létales (DL) et les temps létaux (TL), puis la méthode de Swaroop (1957) et Swaroop & Vemura (1966) précisent les intervalles de confiance des DL et TL estimés.

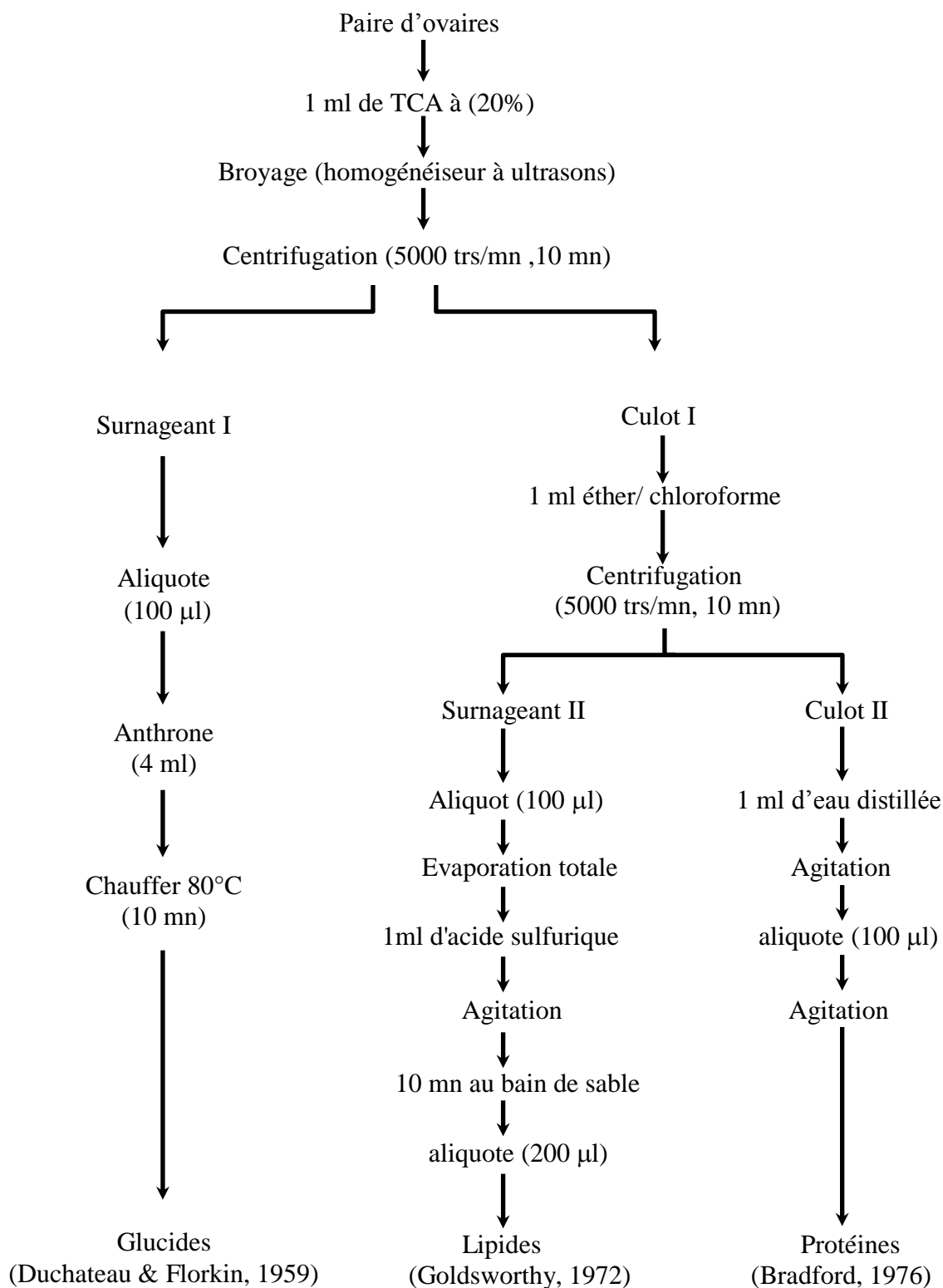
### 8. Prélèvement et morphométrie des ovaires

Les femelles de *B. germanica* et *B. orientalis* des séries témoins et traitées aux différentes molécules sont échantillonnées, au cours du premier (*B. orientalis*) et deuxième cycle gonadotrophique (*B. germanica* et *B. orientalis*), à différents âges de la vie adulte 0, 2, 4 et 6 jours après la mue imaginale et après le dépôt de la première oothèque respectivement. Les ovaires sont prélevés et différents paramètres morphométriques sont considérés à savoir, le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, la taille (longueur et largeur) de l'ovocyte basal ainsi que le volume de l'ovocyte basal ; ce dernier, exprimé en mm<sup>3</sup>, est obtenu grâce à la formule de Lambreas *et al.* (1991) :

$$[\text{Volume} = 4\pi/3 (\text{Longueur}/2) (\text{largeur}/2)^2]$$

## 9. Extraction et dosage des métabolites

L'extraction des différents métabolites (protéines, glucides et lipides) a été réalisée selon le procédé de Shibko *et al.* (1966) (Figure 4) sur des ovaires des séries témoins et traitées des femelles adultes de *B. germanica* et *B. orientalis* ; les ovaires prélevés à 0, 2, 4 et 6 jours après l'exuviation adulte, sont conservés dans 1 ml d'acide trichloroacétique (TCA) à 20 %. Les échantillons sont ensuite broyés à l'aide d'un homogénéiseur à ultrasons. Après une première centrifugation (5000 trs / min à 4°C, 10 mn), le surnageant I obtenu est utilisé pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de Duchateau & Florkin (1959). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 trs/min, 10 mn), on obtient le surnageant II qui sera utilisé pour le dosage des lipides (Goldsworthy *et al.*, 1972 ). Le culot II, est ensuite repris dans de l'eau et servira au dosage des protéines selon Bradford (1976).



**Figure 4.** Extraction (Shibko *et al.*, 1966) et dosage des métabolites (glucides, lipides et ovariens) ovariens chez les adultes femelles de *B. germanica* et *B. orientalis*.

### 9.1. Dosage des protéines ovariennes

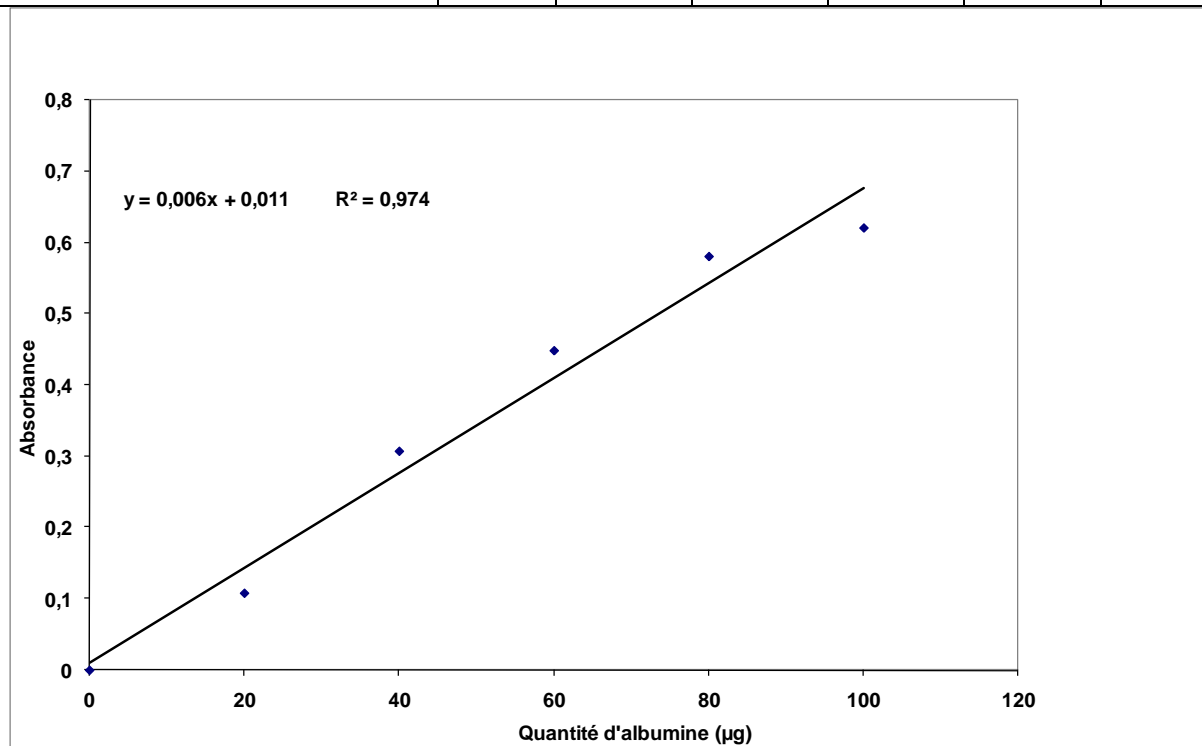
Le dosage des protéines ovariennes est effectué selon la méthode de Bradford (1976) dans une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de comassie (BBC) G 250 (Merck). Le réactif révèle la présence des protéines par une coloration bleue. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (Sigma) titrant 1 mg/ml (Tableau 1, Figure 5).

La solution de BBC, se prépare comme suit:

On homogénéise 100 mg de BBC, dans 50 ml d'éthanol 95°, on y ajoute ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec l'eau distillée. La durée de la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4 °C

**Tableau 1:** Dosage des protéines ovariennes: réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
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



**Figure 5.** Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (µg) ( $R^2$  : coefficient de détermination).

### 9.2. Dosage des glucides ovariens

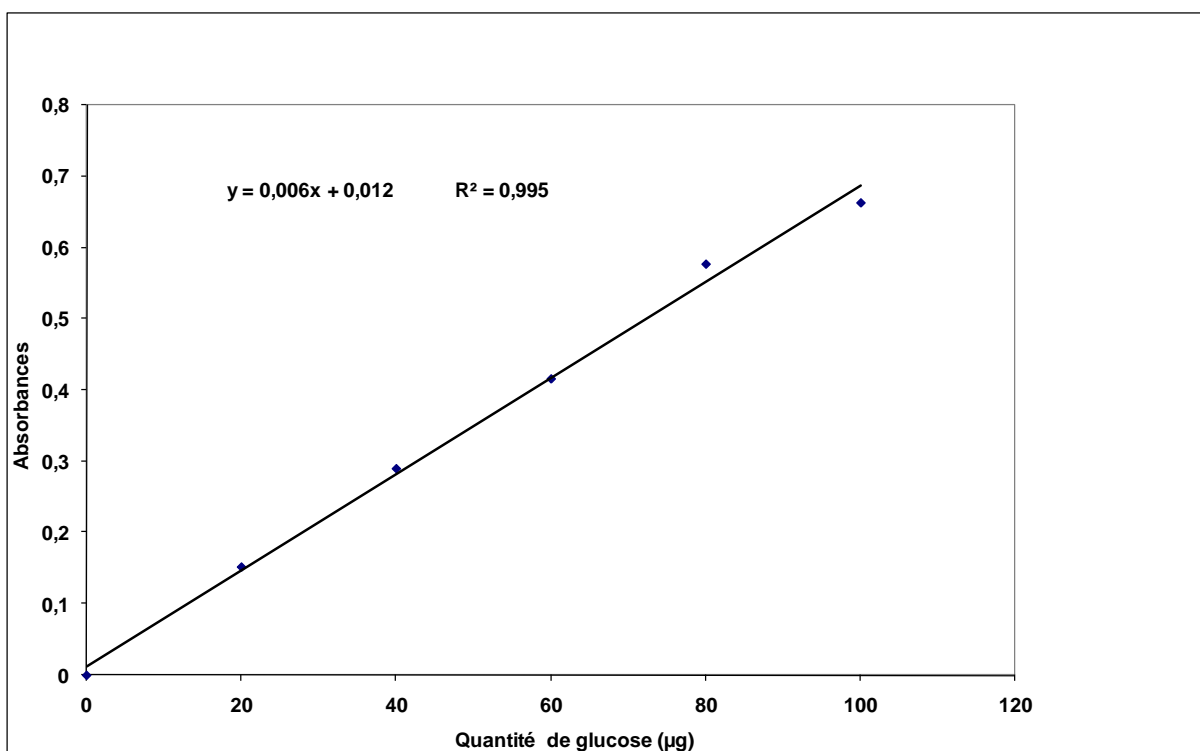
Le dosage des glucides ovariens a été réalisé selon Duchateau & Florkin (1959). Elle consiste à additionner 100 µl du surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'anthrone et de chauffer le mélange à 80 °C pendant 10 mn ; une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucide présente dans l'échantillon. La lecture de l'absorbance est faite à une longueur d'onde de 620 nm. La gamme d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution mère de glucose (1mg/ml) (Tableau 2, Figure 6).

La préparation du réactif d'anthrone se fait comme suit :

Peser 150 mg d'anthrone, ajouter 75 ml d'acide sulfurique concentré et 25 ml d'eau distillée.

**Tableau 2:** Dosage des glucides ovariens: réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Glucose (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4



**Figure 6.** Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose (µg) ( $R^2$  : coefficient de détermination).

### 9.3. Dosage des lipides ovariens

Les lipides ovariens ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972) utilisant le réactif sulfophosphovanillinique et une solution mère de lipides (2,5mg/ml). Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100 µl des extraits lipidiques ou de gamme étalon auxquelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré, les tubes sont agités, et mis pendant 10 mn dans un bain à sec. Après refroidissement, on prend 200 µl de ce mélange auquel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophosphovanillinique. Après 30 mn à l'obscurité, la densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm. Les lipides forment à chaud avec l'acide sulfurique, en présence de la vanilline, des complexes roses (Tableau 3, Figure 7).

**Le réactif est préparé comme suit :**

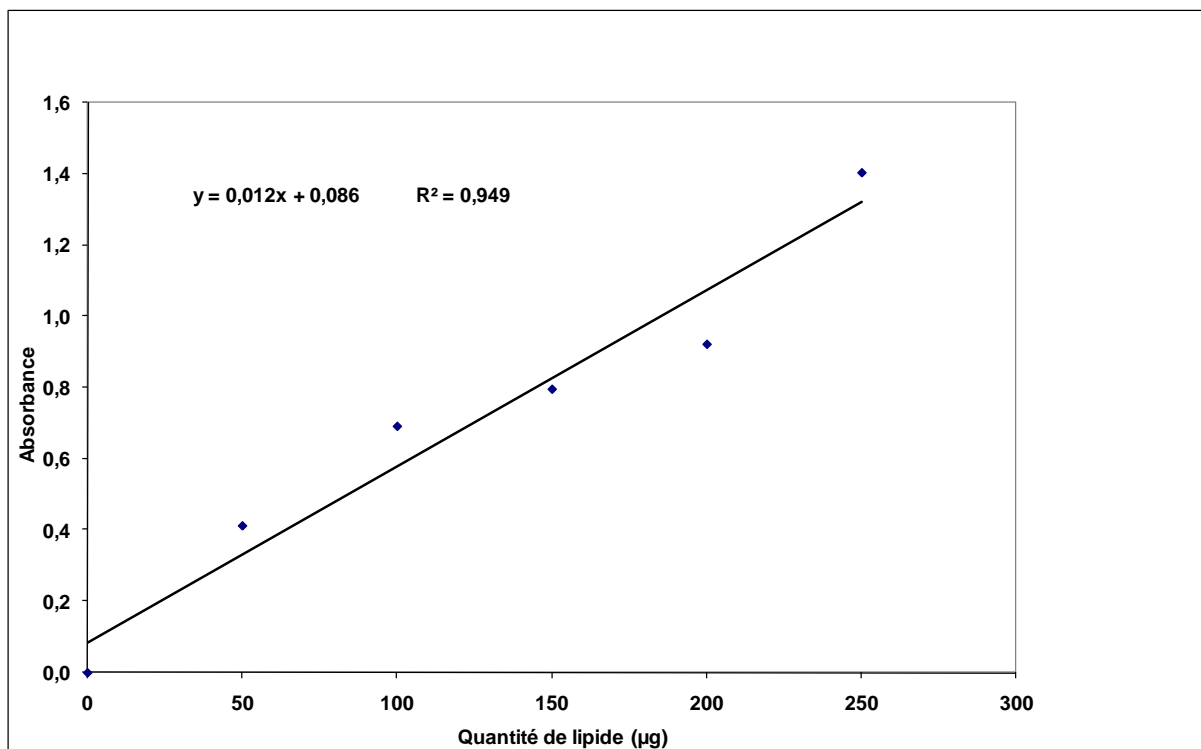
Dissoudre 0,38 g de vanilline dans 55 ml d'eau distillée et ajouter 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%. Ce réactif se conserve pendant 3 semaines à 4 °C et à l'obscurité.

**La solution mère des lipides est préparée comme suit :**

On prend 2,5 mg d'huile de table (tournesol 99% triglycérides) dans un tube eppendorf, on ajoute 1 ml d'éther chloroforme (1V/1V)

**Tableau 3:** Dosage des lipides ovariens: réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipide (µl)	0	20	40	60	80	100
Solvant (éther /chloroforme)(µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5



**Figure 7.** Dosage des lipides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$  : coefficient de détermination).

## 10. Dosages des biomarqueurs

Les têtes des adultes mâles des séries témoins et traitées aux différents insecticides (acide borique, azadirachtine et spinosad) ont été utilisés pour le dosage de l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase (AChE). Les corps décapités ont servis aux dosages de l'activité des glutathion S-transférases (GST) et du taux du glutathion (GSH).

Tous les dosages ont été menés sur des échantillons biologiques prélevés à 24, 48 et 72 heures après traitement avec les différentes molécules. Par ailleurs, la concentration en protéines totales des différents échantillons a été préalablement déterminée suivant la méthode de Bradford (décrite plus haut), afin de pouvoir calculer les différentes activités spécifiques et le taux du glutathion. Des séries témoins sont réalisées parallèlement.

### 10.1. Activité 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 libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine, en présence de DTNB (acide 5, 5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) forme un complexe de couleur jaune dont l'intensité est lue à une longueur d'onde de 412 nm.

Les têtes des adultes mâles (séries témoins et traitées) sont homogénéisées dans 1 ml de solution détergente [38,03 mg éthylène glycol tris beta aminoethyl éther NNN'N' (EGTA); 1ml de Triton X 100 %; 5,845 g de chlorure de sodium (NaCl) et 80 ml tampon Tris 10 mM, pH 7] puis centrifugés (5000trs/mn). Le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage de l'activité AChE est réalisé sur une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 100 µl de DTNB [39,6 mg DTNB, 15 mg CO<sub>3</sub>HNa (bicarbonate de sodium), 10 ml tampon tris (0,1 M, pH 7)] et 1 ml de tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, 100 µl de substrat acétylthiocholine [23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée] sont ajoutés. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc où la solution détergente remplace le surnageant. L'activité spécifique est calculée selon la formule suivante:

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{1.36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (µM/min/mg de protéines).

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

1,36 x 10<sup>4</sup> : coefficient d'extinction molaire du DTNB (M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

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

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

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

## 10.2. Dosage des glutathion S-transférases

La mesure de l'activité des glutathion S-transférases (GSTs) est déterminée selon la méthode de Habig *et al.* (1974). Elle est basée sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un cofacteur le



glutathion (GSH) et mesurée à une longueur d'onde de 340 nm dans un spectrophotomètre visible /UV.

Les échantillons (séries témoins et traitées) sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (0,1 M, pH 6). L'homogénat est centrifugé à 1400 trs/ mn pendant 30 mn et le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage consiste à faire réagir 200 µl du surnageant avec 1,2 ml du mélange CDNB (1mM)/GSH (5mM) [20,26 mg CDNB, 153,65 mg GSH, 1 ml ethanol, 100 ml tampon phosphate (0,1 M, pH 6)]. La lecture des absorbances est effectuée toutes les minutes pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm contre un blanc contenant 200 µl d'eau distillée remplaçant la quantité de surnageant.

L'activité spécifique est déterminée d'après la formule suivante:

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{9,6} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

X : millimoles de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (mM/min/mg de protéines).

$\Delta Do$  : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

9,6 : coefficient d'extinction molaire du CDNB ( $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

Vt : volume total dans la cuve : 1,4 ml [0,2 ml surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,2 ml.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

### 10.3. Dosage du glutathion

Le taux du glutathion (GSH) est quantifié selon la méthode de Weckberker & Cory (1988), dont le principe repose sur la mesure colorimétrique de l'acide 2-nitro 5-mercaptopurique, résultant de la 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 % [0,25 g ASS, 100 ml eau distillée] où 0,2 ml du ASS sont additionnés à 0,8 ml d'homogénat. Le mélange après agitation est plongé dans un bain de glace pendant 15 mn, puis centrifugé à 1000 trs/mn pendant 5 mn.

Un aliquote de 500 µl de l'homogénat (séries témoins et traitées) récupéré est ajouté à 1 ml du tampon tris/ EDTA (0,02 M, pH 9,6) [63,04 g tris, 7,4448 g EDTA, 1000 ml eau distillée] et 0,025 ml de DTNB (0,01 M) [3,96 g DTNB, 1000 ml méthanol absolu]. La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 412 nm après 5 minutes de repos pour la stabilisation de la couleur contre un blanc où les 500 µl de surnageant sont remplacés par 500 µl d'eau distillée.

Le taux du glutathion est estimé selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do}{13,1} \times \frac{Vd}{Vh} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{ mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par mg de protéines (µM / mg de protéines).

Δ Do : différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat.

13,1 : coefficient d'extinction molaire concernant le groupement thiol (-SH)(mM<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>).

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

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

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

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

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

## 11. Analyse statistique

Les moyennes  $\pm$  SEM sont calculées pour chaque groupe d'expérience. La régression linéaire, le test t de student, l'analyse de la variance à un et deux critères de classification ont permis de mettre en évidence les différences entre les échantillons pour toutes les expérimentations. Le test HSD a permis de classer les pesticides testés en groupes de doses selon leurs effets. Pour toutes les séries de données l'égalité des variances a été confirmée grâce aux tests de Bartlett et de Levène avant l'utilisation de l'analyse de la variance.

### **Analyse des correspondances simples (ACS) :**

L'analyse des correspondances simples est une méthode d'analyse multidimensionnelle. Elle donne une représentation graphique de nuage de point projetés dans les plans formés par les axes pris deux à deux. Pour faire la correspondance entre les effectifs des différentes espèces de blattes rencontrés dans les différents sites visités selon les mois d'étude, nous avons eu recours à l'analyse des correspondances simples.

Tous les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel MINITAB d'analyse et de traitement statistique des données version 13,31 pour Windows (X, 2000).

### **Classification ascendante hiérarchique (CAH) :**

La classification hiérarchique ascendante CAH est une méthode de classification permettant une construction de hiérarchies indicées. On parle de classification hiérarchique, car chaque classe d'une partition est incluse dans une classe de la partition suivante. Chaque niveau de hiérarchie représente une classe et que des individus appartiennent à ces classes. La représentation visuelle est beaucoup plus explicite.

L'analyse hiérarchique consiste à définir le critère de regroupement de deux classes et plus, en recherchant à chaque étape les classes les plus proches pour les fusionner. On les fusionne jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une seule chose. Cette classification est basée sur le degré de similarité entre les classes et doit satisfaire à deux conditions : la cohésion (ou l'indice d'agrégation du lien minimum (cas euclidien) ou homogénéité à l'intérieur des

classes) et l'isolement (ou hétérogénéité entre les classes). La hiérarchie est représentée graphiquement par un arbre hiérarchique ou dendrogramme (Bouroche & Saporata, 1980).

# 1. Chapitre 1 : Inventaire

## 2. INTRODUCTION

Les Blattes représentent un groupe largement varié ; elles ont été placées, initialement, au niveau taxonomique comme famille (Kirby, 1904 ; Shelford, 1906a ; Hebard, 1917, 1919) ou superfamille (Rehn, 1951) des Orthoptères. Elles sont aussi classées comme un sous-ordre avec les Mantidés dans l'ordre des Dictyoptères (Chopard, 1920, 1949 ; Imms, 1957). Princis (1960) présente une excellente critique de l'histoire de la taxonomie des Blattes et juge que tous les travaux ont insuffisamment considéré les caractères biologiques et anatomiques de ces insectes. Shelford (1906 b, 1912) suggère que le potentiel de reproduction des Blattes, la structure et l'émission de l'oothèque peuvent aussi être considérés comme les critères de classification. Plusieurs caractères ont été utilisés dans la classification des Blattes, comme les nervures des ailes (Rehn, 1951) ou l'apparence du proventricule (Miller & Fisk, 1971).

Plusieurs milliers d'espèces de Blattes sont connues dans le monde, mais, la plupart d'entre elles habitent les zones équatoriales et tropicales car ces insectes affectionnent tout particulièrement la chaleur et l'humidité ; la faune des Blattes est très riche dans les régions chaudes et humides de l'Afrique et de l'Amérique tropicale (Gutherie & Tindall, 1968 ; Grandcolas, 1998). Les Blattes vivent sous les feuilles et les pierres, et quelques-unes dans les grottes ; certaines, au contraire, se sont adaptées au climat désertique (*Polyphaga Héteroganodes*) et vivent dans le sable (Wattiez & Beys, 1999).

La résistance des Blattes, aux conditions extrêmes, a conduit les scientifiques à rechercher leur capacité d'adaptation en étudiant leur systématique, leur biologie, leur écologie, et leur comportement sexuel (Roth & Willis, 1960 ; Princis, 1962, 1971 ; Roth, 1970 ; Brossut, 1983). Parmi la grande diversité de Blattes, estimée à quelques 3500 espèces, seule, une vingtaine d'espèces domestiques, a été identifiée (Garfield, 1990). Les espèces les plus représentatives sont : la Blatte germanique (*Blattella germanica*), la blatte des meubles (*Supella supellectilium*), la blatte orientale (*Blatta orientalis*) et la blatte américaine (*Periplaneta americana*). Ces espèces se sont adaptées au voisinage de l'homme et ont été disséminées dans le monde entier par les échanges commerciaux (Cornwell, 1968).

En Afrique du Nord, peu de recherches ont été effectuées sur la faune des Orthoptéroïdes et particulièrement sur les Dictyoptères. En Algérie, la faune des Blattidés n'est pas suffisamment connue tant sur le plan de la biodiversité que sur le plan de la biologie spécifique et la littérature à ce sujet est très ancienne (Finot, 1895 ; Krauss & Vosseler, 1896 ; Vosseler, 1902 ; Finot, 1902 ; Werner, 1914 ; Chopard, 1929, 1940) et nécessite une actualisation des données. Dans la région Est de l'Algérie, les seules études récentes sur les Blattes, réalisées par des travaux de notre laboratoire, ont été effectuées dans la wilaya de Guelma (Cherairia, 2003) et dans la wilaya de Annaba (Habes, 2006). Aussi, et afin de compléter les données dont nous disposons, nous avons eu pour objectif de recenser les espèces de Blattes présentes dans la région de Tébessa. Par ailleurs et parallèlement à la mise en évidence de la biodiversité de ce taxon, les espèces de Blattes domestiques sont connues pour être des insectes nuisibles et vecteurs d'agent pathogènes (Mindykowski *et al.*, 2010), d'où l'intérêt non seulement économique mais aussi médical qui leur est porté. Cependant, l'application des insecticides à l'échelle urbaine nécessite une parfaite connaissance de la répartition spatiotemporelle des espèces visées ; aussi, une étude biologique et écologique des différentes populations de Blattes, s'avère donc indispensable afin de proposer une lutte appropriée dans la cadre de la lutte intégrée et en adéquation avec le développement durable.

## 2. Résultats

### 2.1. Tébessa ville (Site 1)

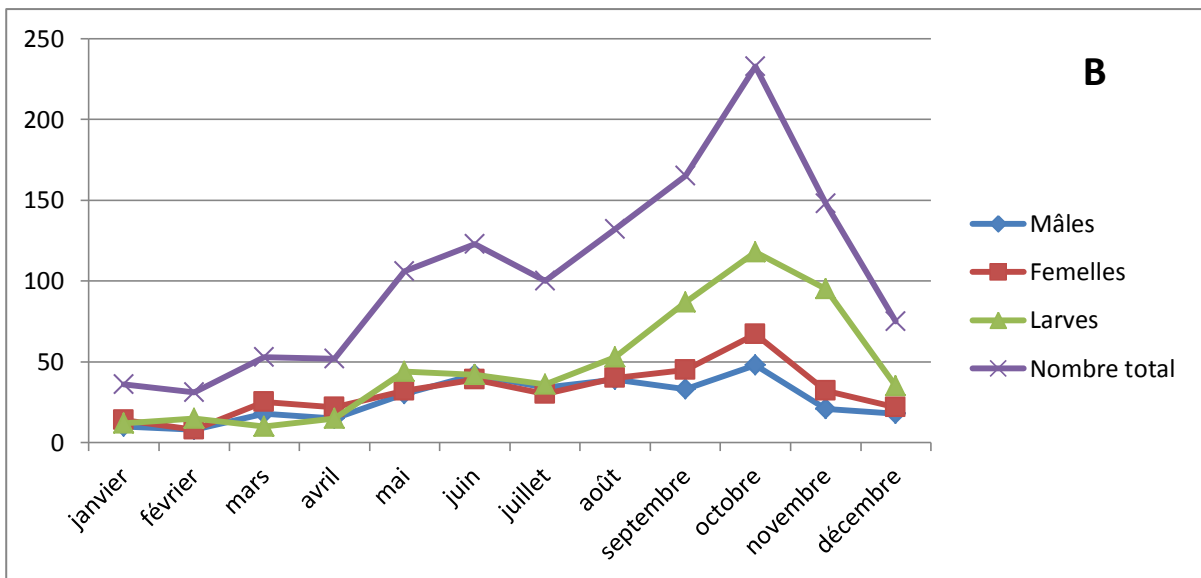
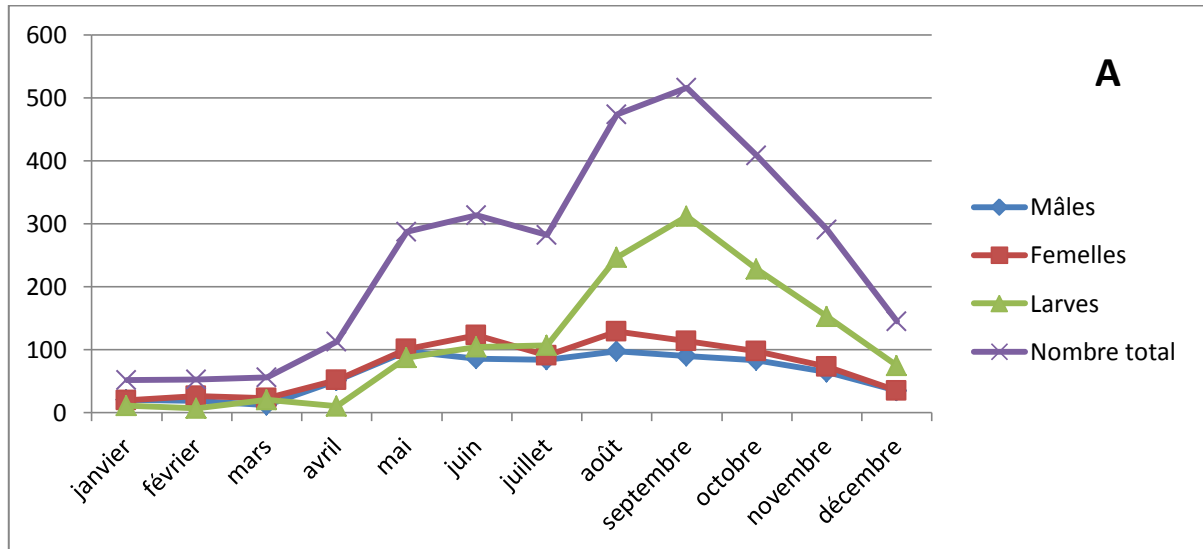
#### 2.1.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées

Deux espèces de Blattes domestiques sont présentes au niveau de ce site, il s'agit de *B. germanica* et *B. orientalis*. La période d'étude s'étale de janvier 2006 à décembre 2006.

L'effectif total de *B. germanica* présente une première augmentation dès le mois d'avril puis une seconde au mois d'août avec un maximum atteint au mois de septembre ; une diminution est ensuite enregistrée dès le mois d'octobre et ce, jusqu'en décembre avec un minimum notée entre janvier et mars. Les adultes et les larves suivent la même tendance et montrent les valeurs les plus fortes aux mois de mai, juin, août et septembre. Au cours de ces périodes, les femelles (101, 123, 129 et 114 individus respectivement) sont plus importantes que les mâles (98, 86, 98 et 90 individus respectivement) (Figure 8A). Les larves augmentent considérablement dès le mois d'août avec un maximum en septembre (312 individus).

*B. orientalis* présente un profil légèrement différent et trois augmentations sont notées, la première en mars, la seconde en mai et juin et la troisième en août avec un maximum en octobre ; la baisse de son effectif total débute dès novembre avec un minimum en janvier et février. Les adultes ont la même tendance avec un nombre maximale en octobre. Les fortes valeurs du nombre d'individus sont signalées chez les adultes femelles et les larves, du mois de septembre à octobre et chez les mâles durant le mois d'octobre avec 48 individus. Cependant, les larves suivent la même évolution que chez *B. germanica* avec un décalage dans les valeurs maximales. En effet, deux augmentations sont observées, la première dès le mois de mai et la seconde en août avec un maximum de larves en octobre (Figure 8B).

Il est à noter que l'effectif total (toutes catégories confondues) de *B. germanica* (2976) est supérieur à celui de *B. orientalis* (1254), cela pour toute la période de collecte concernant cette région.



**Figure 8.** Fluctuations du nombre des larves, adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site Tébessa ville.

### 2.1.2. Analyse des correspondances simples (ACS) pour le site Tébessa ville (lieux /périodes) :

L'Analyse des correspondances simples (ACS) (Figure 9) appliquée pour la distribution des effectifs spécifiques des échantillons en relation avec les différentes périodes de collectes est représentée sur le plan factoriel F1XF2 avec le maximum d'inertie 65,00% (axe 1 = 48,38%, axe 2 = 16,62%). Le plan F1x F2 permet de mettre en évidence deux

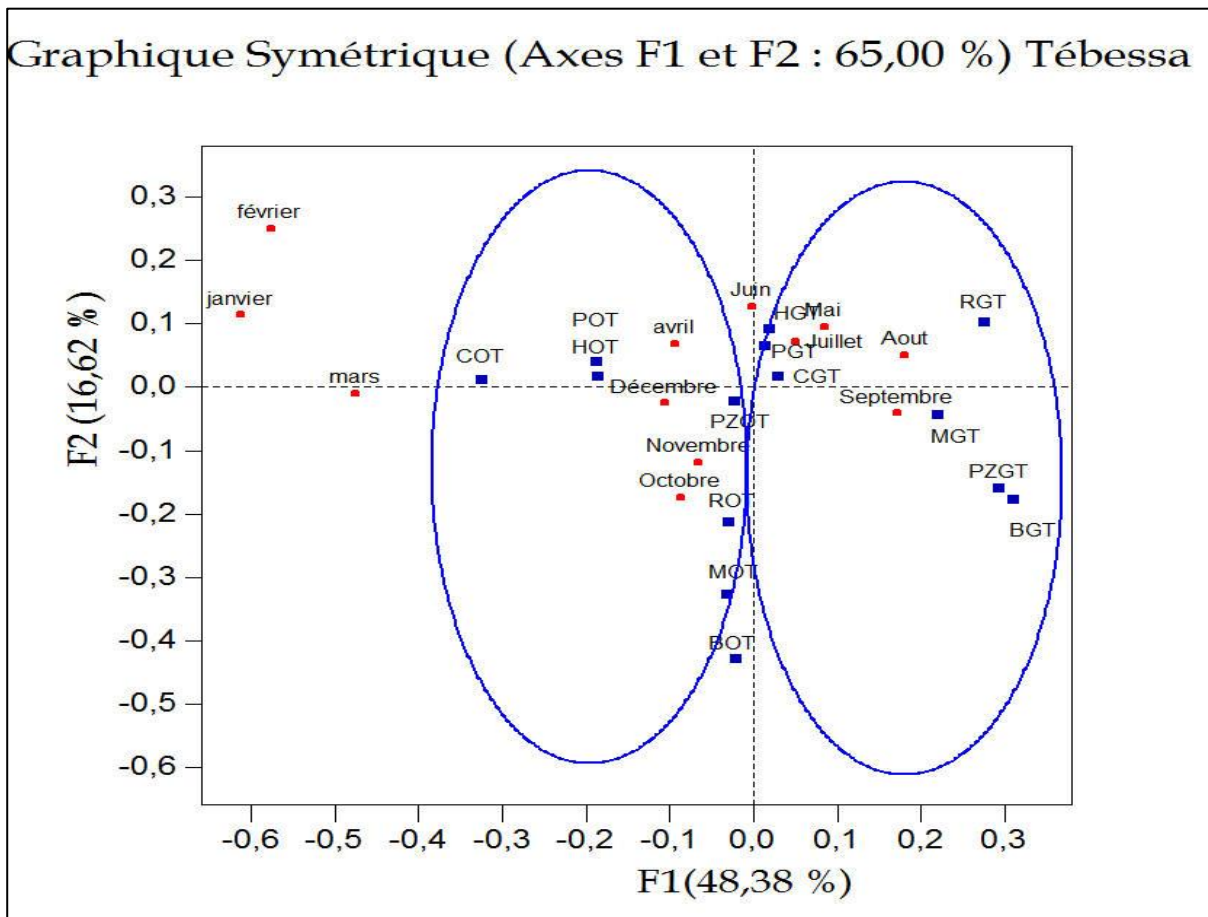


ensembles par rapport à l'axe des abscisses (48,38%) ; concernant la répartition des effectifs collectés au niveau des différentes structures, durant toute la période de notre travail. La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau 4.

**Groupe 1 :** composé essentiellement d'un groupe de valeurs positives par rapport à l'axe des abscisses. Il est formé par les sites échantillonnés pour l'espèce *B. germanica* : HGT, CGT, PGT et RGT (745, 931, 442, et 334). Ainsi que MGT, PZGT et BGT (75, 289 et 176)

**Groupe 2 :** de valeurs négatives par rapport à l'axe des abscisses, composé essentiellement des sites dans lesquelles ont été collectés les individus de l'espèce *B. orientalis*, COT, POT et HOT (365, 190 et 354), Ils représentent les sites avec les plus fortes valeurs pour l'espèce *B. orientalis* au cours de l'année. Ainsi que PZOT, BOT, ROT et MOT (122, 67, 146 et 10). Ce groupe rassemble les sites qui présentent les effectifs les plus bas au cours de l'année, pour cette espèce.

L'ACS nous a permis de distinguer deux groupes (espèces) avec des sous-groupes dans lesquels les effectifs sont en relation avec les lieux de collectes.



**Figure 9.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces récoltées suivant les mois dans le site Tébessa ville.

**Tableau 4 :** La codification des structures, des espèces et des sites utilisée pour l'ACS.

#	Structure, Espèce, Site	#	Structure, Espèce, Site
MGT	Maison, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	MOT	Maison, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
BGT	Boulangerie, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	BOT	Boulangerie, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
PZGT	Pizzeria, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	PZOT	Pizzeria, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
RGT	Restaurant, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	ROT	Restaurant, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
PGT	Pâtisserie, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	POT	Pâtisserie, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
HGT	Hôpital, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	HOT	Hôpital, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
CGT	Cafeteria, <i>B. germanica</i> , Tébessa ville	COT	Cafeteria, <i>B. orientalis</i> , Tébessa ville
MGM	Maison, <i>B. germanica</i> , Morsott	MOM	Maison, <i>B. orientalis</i> , Morsott
BGM	Boulangerie, <i>B. germanica</i> , Morsott	BOM	Boulangerie, <i>B. orientalis</i> , Morsott
PZGM	Pizzeria, <i>B. germanica</i> , Morsott	PZOM	Pizzeria, <i>B. orientalis</i> , Morsott
RGM	Restaurant, <i>B. germanica</i> , Morsott	ROM	Restaurant, <i>B. orientalis</i> , Morsott
PGM	Pâtisserie, <i>B. germanica</i> , Morsott	POM	Pâtisserie, <i>B. orientalis</i> , Morsott
HGM	Hôpital, <i>B. germanica</i> , Morsott	HOM	Hôpital, <i>B. orientalis</i> , Morsott
CGM	Cafeteria, <i>B. germanica</i> , Morsott	COM	Cafeteria, <i>B. orientalis</i> , Morsott
MGC	Maison, <i>B. germanica</i> , Chréa	MOC	Maison, <i>B. orientalis</i> , Chréa
BGC	Boulangerie, <i>B. germanica</i> , Chréa	BOC	Boulangerie, <i>B. orientalis</i> , Chréa
PZGC	Pizzeria, <i>B. germanica</i> , Chréa	PZOC	Pizzeria, <i>B. orientalis</i> , Chréa
RGC	Restaurant, <i>B. germanica</i> , Chréa	ROC	Restaurant, <i>B. orientalis</i> , Chréa
PGC	Pâtisserie, <i>B. germanica</i> , Chréa	POC	Pâtisserie, <i>B. orientalis</i> , Chréa
HGC	Hôpital, <i>B. germanica</i> , Chréa	HOC	Hôpital, <i>B. orientalis</i> , Chréa

CGC	Cafeteria, <i>B. germanica</i> , Chréa	COC	Cafeteria, <i>B. orientalis</i> , Chréa
MGB	Maison, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	MOB	Maison, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
BGB	Boulangerie, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	BOB	Boulangerie, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
PZGB	Pizzeria, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	PZOB	Pizzeria, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
RGB	Restaurant, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	ROB	Restaurant, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
PGB	Pâtisserie, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	POB	Pâtisserie, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
HGB	Hôpital, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	HOB	Hôpital, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter
CGB	Cafeteria, <i>B. germanica</i> , Bir El Atter	COB	Cafeteria, <i>B. orientalis</i> , Bir El Atter

### 2.1.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme) :

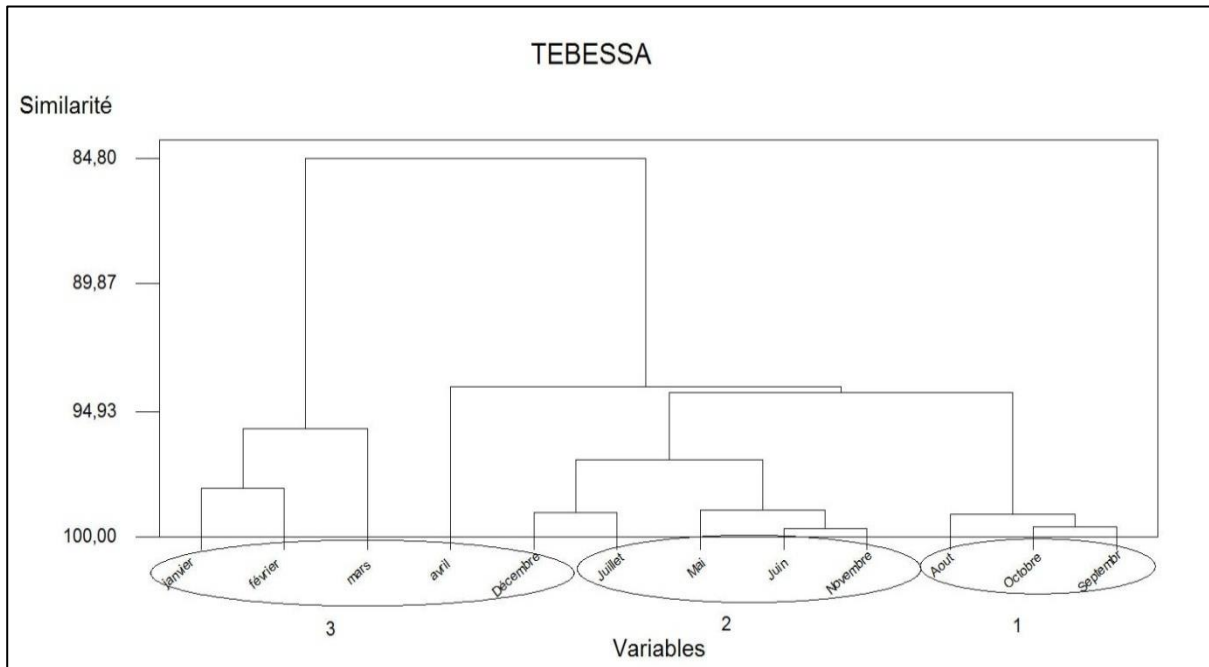
En recherchant les similitudes entre les différentes périodes de collectes, l'application d'une classification ascendante hiérarchique (CAH), tenant compte des distances euclidiennes et regroupant les relevés en fonction de la méthode simple, a permis de tracer les dendrogrammes de la CAH (Figure 10). L'application de la CAH fait ressortir les groupes de mois suivants :

**Groupe 1** : composé essentiellement d'août, septembre et octobre (606-681-642) avec une forte similarité, et un maximum d'effectif total, avec une nette augmentation des larves.

**Groupe 2** : constitué par les mois de mai, juin, juillet et novembre (393, 437, 382 et 439) une nette augmentation des effectifs. C'est la période de reconstitution des effectifs.

**Groupe 3** : de moindre similarité et présente une distance euclidienne très importante par rapport aux autres groupes, il est formé de mois de janvier, février, mars et avril (88-84-109-165) où les effectifs sont les plus bas. La période de diminution des effectifs correspond à l'automne et l'hiver (période de froid). Le mois de décembre (220) se situe entre le 2ème groupe et le 3ème groupe.

La CAH nous a permis de mettre en évidence trois grandes périodes au cours de l'année, où on note une période de forte pullulation, une période de moyenne pullulation et une troisième période de faible pullulation (repos, reconstruction des effectifs).



**Figure 10.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site Tébessa ville suivant les mois d'étude.

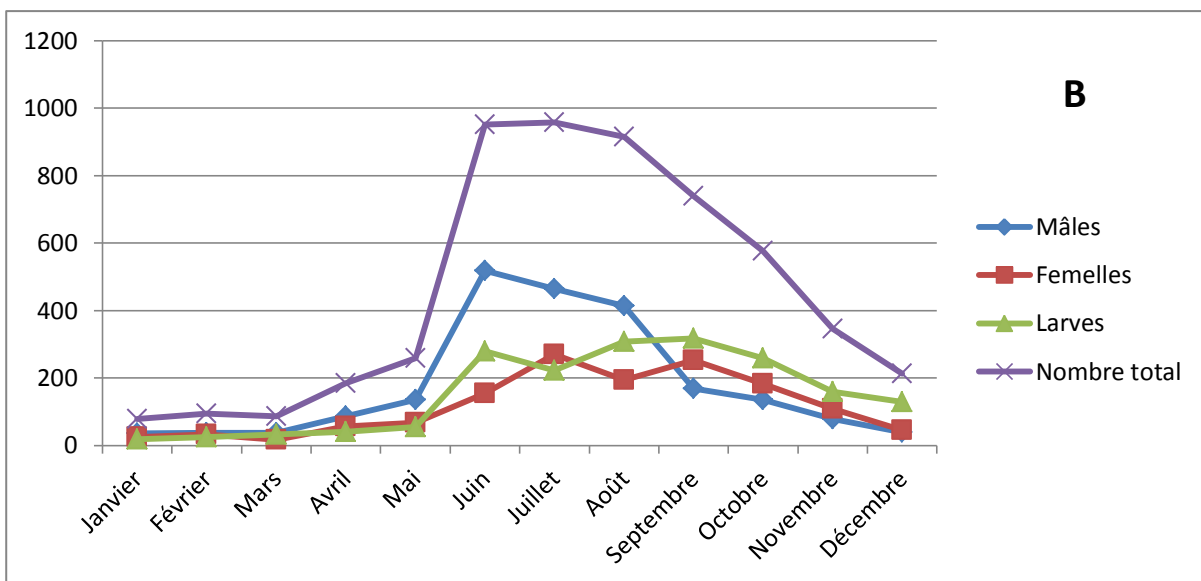
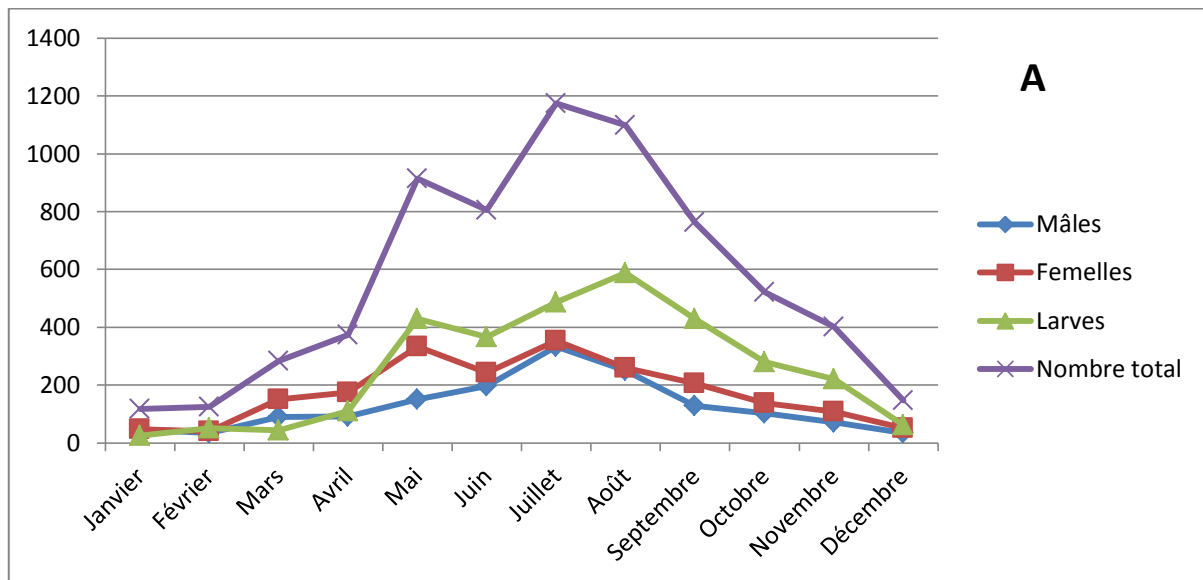
## 2.2. Morsott (Site 2)

### 2.2.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées

La distribution mensuelle des individus de *B. germanica* et *B. orientalis* au cours de l'année 2006 dans le site de Morsott est représentée dans la figure 11 A et B.

*B. germanica* est présente tout au long de l'année avec une augmentation maximale de son effectif aux mois de juillet et août et une diminution dès le mois de décembre. Les mois de mai et juillet sont caractérisés par la présence d'un grand nombre d'adultes femelles, alors que les larves marquent un pic au mois d'août avec 588 individus. Les fortes valeurs sont signalées au mois de juillet (333 individus) et août (251 individus) pour les mâles.

Concernant *B. orientalis*, le nombre total des individus marque une augmentation aux mois de juin, juillet et août, avec un pic de 958 individus et une diminution aux mois de janvier, février et mars. Les fortes valeurs sont enregistrées chez les adultes mâles aux mois de juin, juillet et août et chez les femelles aux mois de juillet, août et septembre, alors que chez les larves, un pic est signalé au mois de septembre avec une valeur de 318 individus.



**Figure 11.** Fluctuations du nombre des larves, adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site de Morsott.

### 2.2.2. Analyse des composantes simples (ACS) pour le site Morsott (lieux/périodes) :

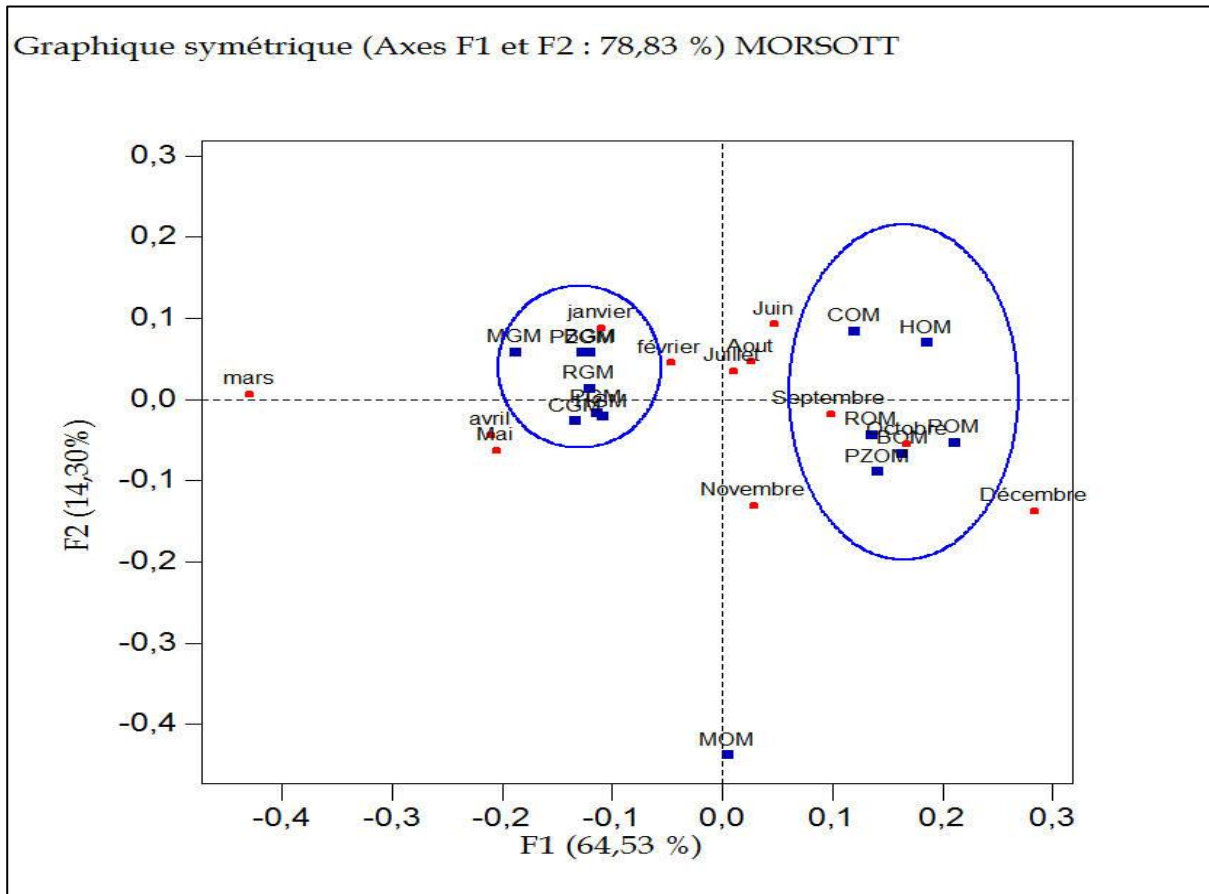
L'Analyse des correspondances simples (ACS) appliquée pour la distribution des effectifs spécifiques des échantillons en relation avec les différentes périodes de collectes est représentée sur le plan factoriel F1XF2 (Figure 12) avec le maximum d'inertie 78,83% (axe 1 = 64,53%, axe 2 = 14,30%). Le plan F1x2 permet de mettre en évidence deux ensembles bien individualisés de valeurs différentes, concernant la répartition des effectifs collectés au niveau des différentes structures visitées par rapport à l'axe des

abscisses (64,83%). La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau 4.

**Groupe 1** : de valeurs positives par rapport à l'axe des abscisses, constitué essentiellement des sites échantillonnés pour l'espèce *B. orientalis*. On note la présence des sites avec des effectifs inférieurs à 800 individus : ROM, POM, PZOM, BOM (790, 617, 703, 639), ainsi que les sites avec des effectifs supérieurs à 1000 individus : COM, HOM (1406 et 1159). MOM représente les individus collectés dans les maisons où l'effectif est le plus bas par rapport aux autres structures visitées (89).

**Groupe 2** : de valeurs négatives par rapport à l'axe des abscisses, composé essentiellement des sites dans lesquelles les individus de l'espèce *B. germanica* ont été collectés. Dans ce groupe, on a d'une part les sites RGM, MGM, BGM, PZGM (814, 160, 719, 701) qui présentent des valeurs positives par rapport à l'axe des ordonnées, avec des effectifs ne dépassant pas les 800 individus. D'autre part, on a des sites avec des valeurs négatives par rapport à l'axe des ordonnées : HGM, PGM et CGM (1780, 903 et 1649), avec des effectifs supérieurs à 900 individus

Cette ACS nous a permis de distinguer deux groupes (espèces) avec des sous-groupes dans lesquels les effectifs sont en relation avec les lieux de collectes.



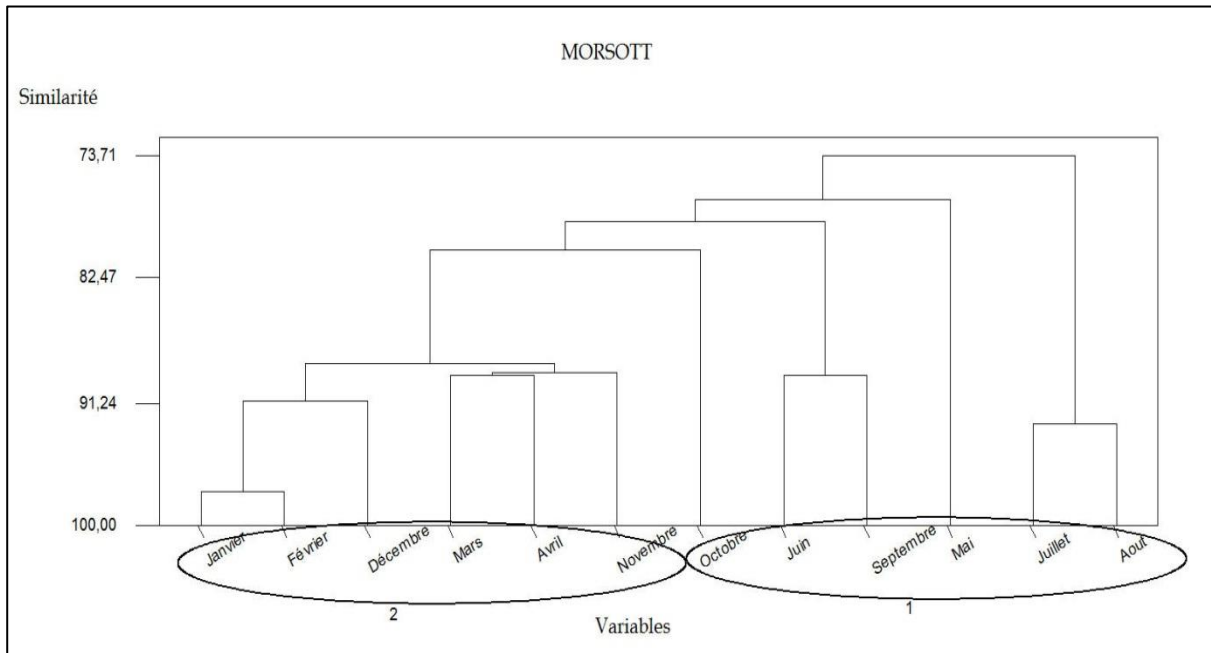
**Figure 12.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces récoltées suivant les mois dans le site de Morsott.

### 2.2.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme) :

En recherchant les similitudes entre les différentes périodes de collectes, l'application d'une classification ascendante hiérarchique (CAH), tenant compte des distances euclidiennes et regroupant les relevés en fonction de la méthode simple, a permis de tracer les dendrogrammes de la CAH (Figure 13). L'application de la CAH fait ressortir les groupes de mois suivants :

**Groupe 1 «effectifs supérieur à 1000» :** composé essentiellement de mois d'octobre, juin, septembre, mai, juillet et août, avec des effectifs de 1097, 1519, 1503, 1396, 2132 et 2019 individus respectivement.

**Groupe 2 «effectifs entre 190 et inférieur à 750» :** formé par le mois de janvier, février, décembre, mars, avril et novembre, avec des effectifs de 196, 219, 360, 396, 572 et 747 individus respectivement.



**Figure 13.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Morsott suivant les mois d'étude.

## 2.3. Chréa (Site 3)

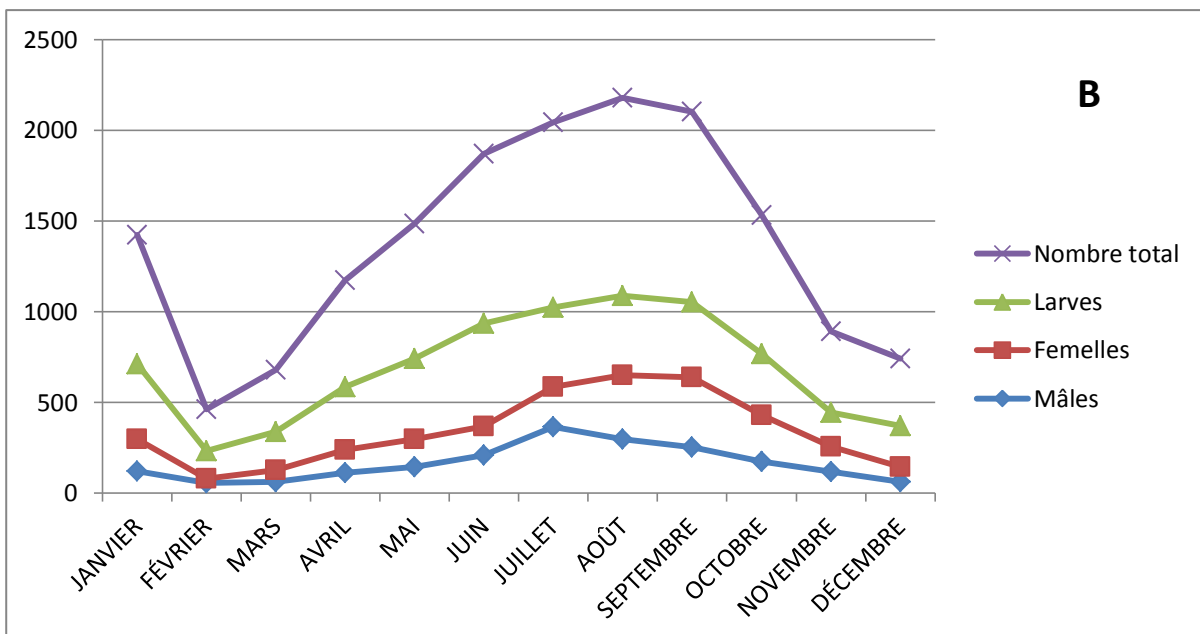
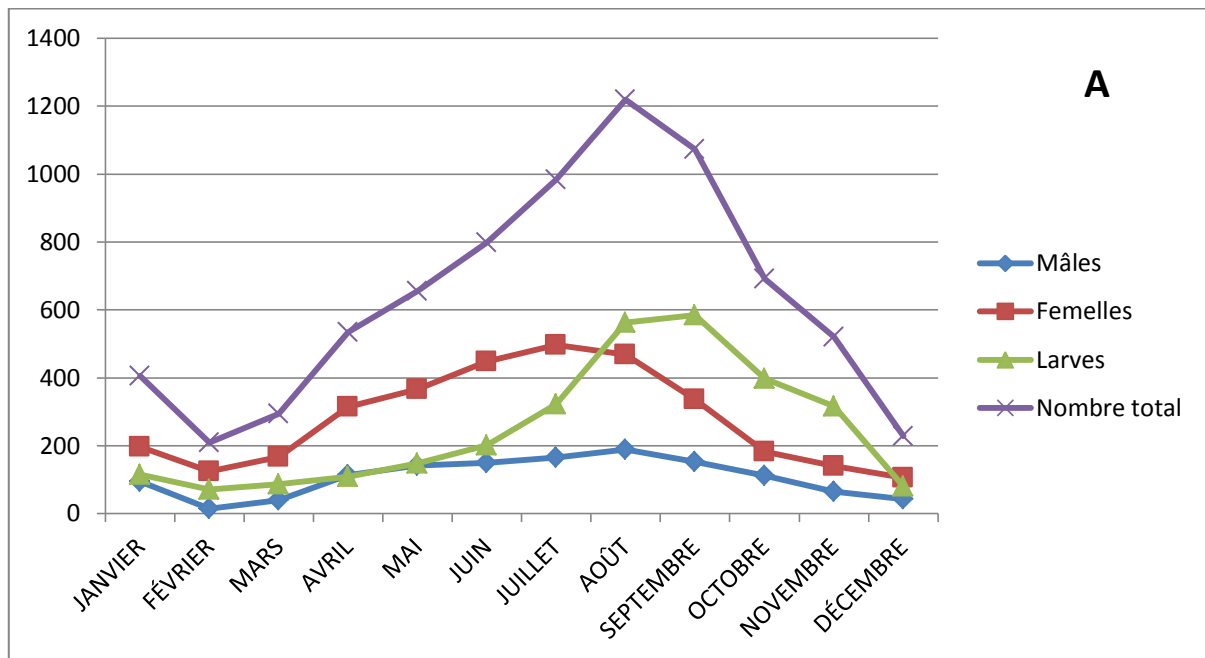
### 2.3.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées

La distribution mensuelle des larves et des adultes de *B. germanica* et *B. orientalis* au cours de l'année 2006 dans le site de Chrea est représentée par les figures 14A, B.

L'effectif de *B. germanica* (7615) varie en fonction de la période testée. Les valeurs affichent un maximum d'individus aux mois de juillet, août et septembre et un minimum aux mois de février et décembre. Les adultes femelles et mâles marquent de fortes valeurs au mois de juillet et août, alors que chez les larves, une augmentation est signalée du mois d'août (563 individus) au mois de septembre (585 individus).

Chez *B. orientalis*, le nombre total (8290) des individus augmente du mois de février au mois d'août. Un pic est enregistré chez les adultes mâles au mois de juillet avec 365 individus et chez les adultes femelles au mois de septembre (386). Les larves augmentent progressivement en nombre de février au mois d'août.





**Figure 14.** Fluctuations du nombre des larves, des adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site de Chréa.

### 2.3.2. Analyse des correspondances simples (ACS) pour le site Chréa (lieux /périodes) :

L'Analyse des correspondances simples (ACS) (Figure 15) appliqu e pour la distribution des effectifs spécifiques des échantillons en relation avec les différentes périodes de collectes est repr sent e sur le plan factoriel F1XF2 avec le maximum d'inertie

70,18% (axe 1 = 54,21%, axe 2 = 15,96%). Le plan F1xF2 permet de mettre en évidence deux ensembles concernant les sites échantillonnés et cela par rapport à l'axe des abscisses ; de même pour la répartition des effectifs collectés au niveau des différentes structures visitées, où on note également deux grands groupes bien individualisés de valeurs différentes par rapport à l'axe des abscisses (54,21%). La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau 4.

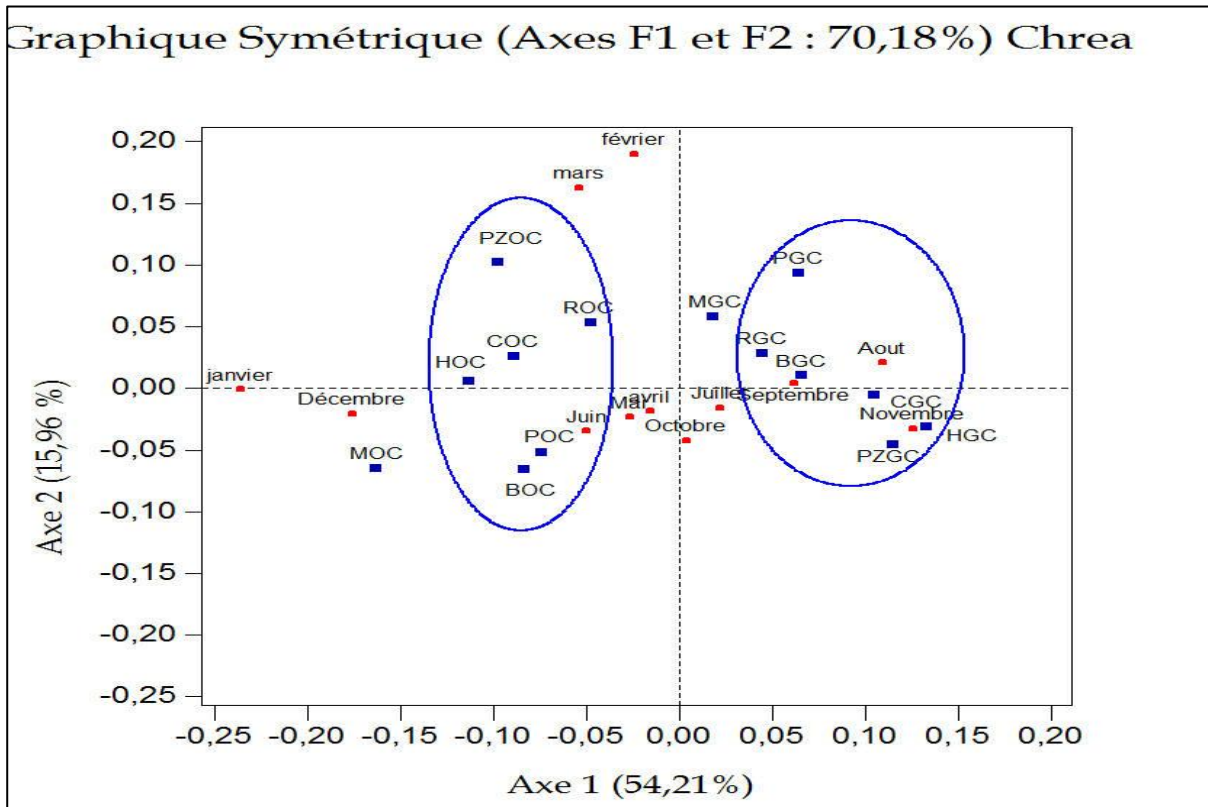
**Groupe 1** : de valeurs négatives par rapport à l'axe des abscisses, constitué essentiellement des sites échantillonnés pour l'espèce *B. orientalis*, avec 2 sous-groupes :

Sous-groupe 1 : constitué de ROC, HOC et COC, PZOC de valeurs positives par rapport à l'axe des ordonnées (1045, 1556 et 2021, 1706) et également,

Sous-groupe 2 : formé de POC, BOC et MOC (726, 975 et 261) de valeurs négatives par rapport à l'axe des ordonnées.

**Groupe 2** : de valeurs négatives par rapport à l'axe des abscisses, rassemble l'essentiel des sites échantillonnés pour l'espèce *B. germanica* dans la ville de Chréa. Un groupe de valeurs positive par rapport à l'axe des ordonnées PGC, RGC, BGC (662, 950, 787) et MOC (247) ; ainsi qu'un deuxième groupe de valeur négative par rapport à l'axe des ordonnées composé de HGC, PZGC et CGC (1405, 1640 et 1924).

On remarque une séparation et un éloignement entre les sites des deux espèces : des sites avec des effectifs important et les sites avec des effectifs réduits.



**Figure 15.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces de Blattes dans site de Chréa selon les périodes.

### 2.3.2. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme) :

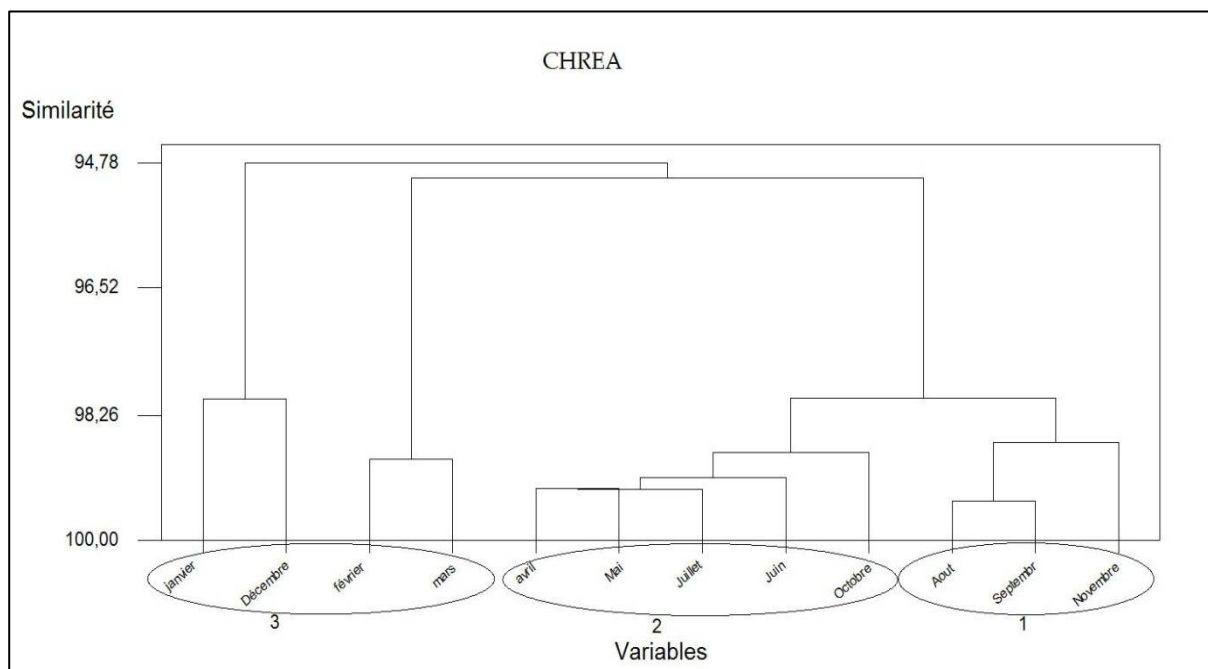
En recherchant les similitudes entre les différentes périodes de collectes, l'application d'une classification ascendante hiérarchique (CAH), tenant compte des distances euclidiennes et regroupant les relevés en fonction de la méthode simple, a permis de tracer les dendrogrammes de la CAH (Figure 16). L'application de la CAH (Figure 16) fait ressortir les groupes de mois suivants :

**Groupe 1 :** composé essentiellement d'août, septembre et novembre (2308-2125-966, avec un maximum d'effectif chez les larves plus que les adultes).

**Groupe 2 :** formé par les mois suivants : avril, mai et juillet (1121-1398-2005-début de l'augmentation des effectifs adultes plus que les larves). Cet ensemble de groupe de mois affiche une similarité avec le mois de juin (1735-début des augmentations) ainsi que le mois d'octobre (1458-début de la diminution des effectifs).

**Groupe 3 :** formé par les mois de janvier et décembre (1117-599, début de la diminution), de moindre similarité et présente une distance euclidienne très importante par rapport aux autres groupes, formés de février et mars (440-633, effectifs les plus bas).

La classification ascendante hiérarchisée nous a permis de ressortir trois périodes d'évolution des effectifs des deux espèces. Une période de forte fluctuation, une deuxième période de moyenne fluctuation et une troisième de faible fluctuation.



**Figure 16.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchisée (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Chréa suivant les mois d'étude.

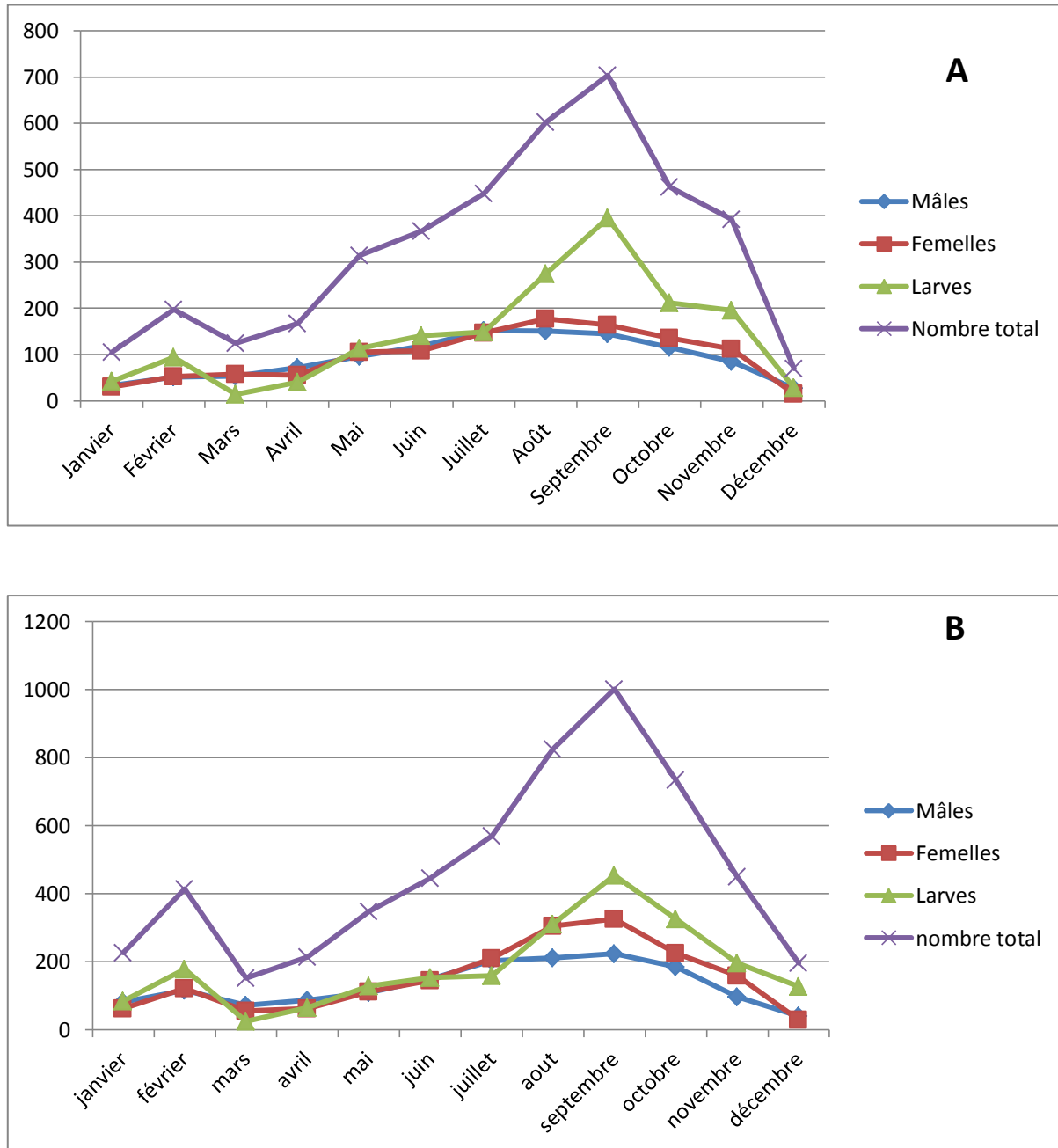
## 2.4. Bir El Atter (Site 4)

### 2.4.1. Répartition qualitative et quantitative des espèces de Blattes inventoriées

Pour ce site, les effectifs mensuels dénombrés pour les deux espèces sont représentés dans la figure 17A, B. Cette figure montre la prédominance des larves de *B. germanica* et *B. orientalis* comparativement aux adultes et cela pour la majorité des mois testés. Chez *B. germanica*, le nombre total d'individus (3952), l'effectif des larves et des adultes femelles marquent des valeurs supérieures aux mois d'août et septembre (177, 164 individus). Pour les mâles, on note une augmentation du nombre d'individus (33 en janvier) au mois de juillet avec 152 individus, puis une diminution dans les mois qui suivent.

Par ailleurs chez *B. orientalis*, le nombre total d'individus (5569), l'effectif des femelles et des mâles affichent une supériorité des valeurs aux mois d'août (211, 304) et septembre (223, 325). Une augmentation du nombre des larves est signalée du mois de mars (25

individus) au mois de septembre (454 individus), puis diminue dans le mois d'octobre (325).



**Figure 17.** Fluctuations du nombre des larves, des adultes mâles et femelles de *B. germanica* (A) et *B. orientalis* (B) au cours d'une année dans le site de Bir El Atter.

**2.4.2. Analyse des correspondances simples (ACS) pour le site de Bir El Atter (lieux /périodes) :**

L'Analyse des correspondances simples (ACS) (Figure 18) appliquée pour la distribution des effectifs spécifiques des échantillons en relation avec les différentes périodes de collectes, est représentée sur le plan factoriel F1XF2 avec le maximum d'inertie 68,78% (axe 1 = 42,51%, axe 2 = 26,27%).

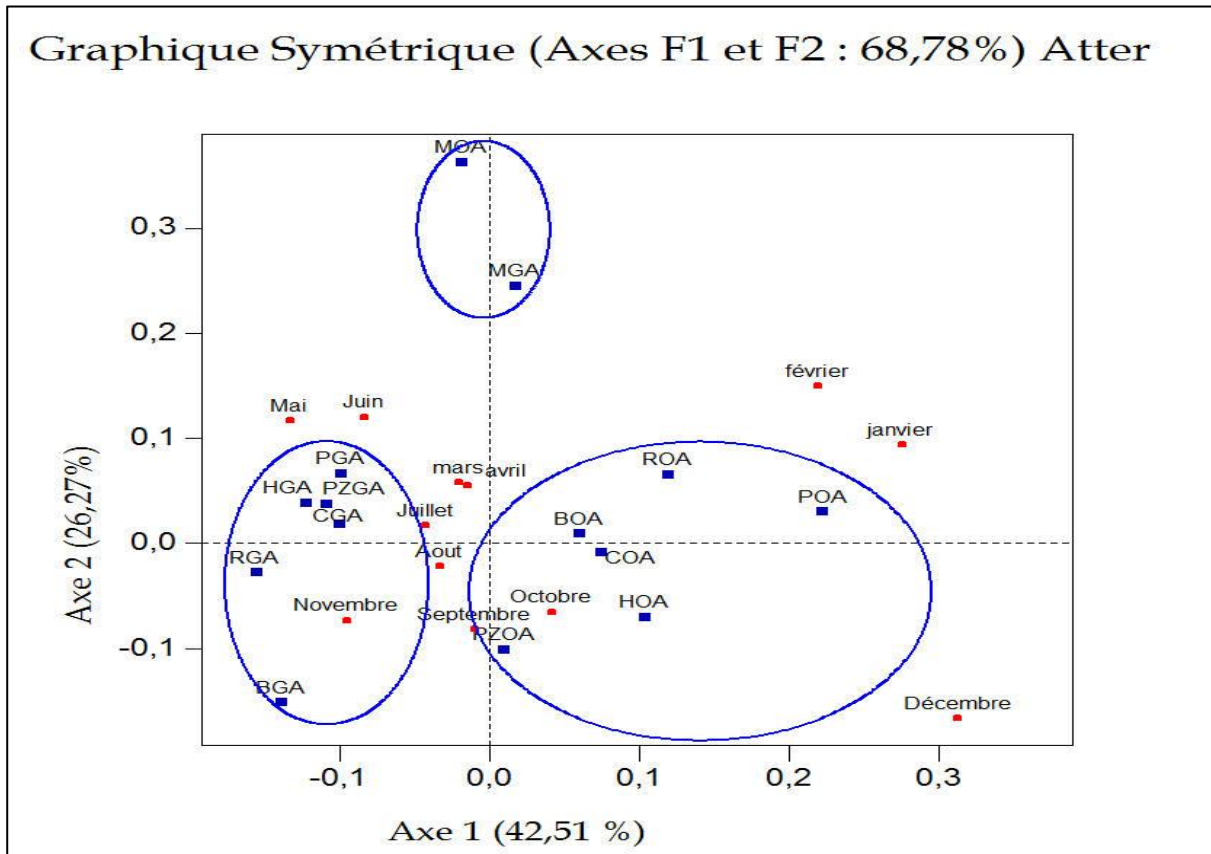
Le plan F1x2 permet de mettre en évidence deux ensembles bien individualisés, de valeurs différentes, concernant les effectifs collectés au niveau des différentes structures visitées ; par rapport à l'axe des abscisses (42,51%). La codification des stations, des espèces et des sites est rapportée dans le tableau 4.

**Groupe 1 :** de valeurs positives par rapport à l'axe des abscisses, constitué essentiellement de la majorité des sites échantillonnés pour l'espèce *B. orientalis* ; ROA, POA, BOA et (676, 492, 595 et) ainsi que PZOA, HOA et COA (1152, 1095 et 1359).

**Groupe 2 :** de valeurs négatives par rapport à l'axe des abscisses, composé essentiellement des sites dans lesquelles ont été collectés les individus de l'espèce *B. germanica*, formé essentiellement par PGA, HGA, PZGA, CGA, RGA et BGA (454, 690, 679, 1039, 539 et 436).

**Groupe 3 :** Les sites représentés par MOA et MGA (200 et 118) de signes différents par rapport à l'axe 1, forment un groupe isolé (l'effectif le plus bas de toutes les sorties et pour tous les sites).

La répartition spatiale nous a permis de mettre en évidence les espèces dont chacune dans son biotope spécifique, en fonction de leur importance en effectif.



**Figure 18.** Diagramme de l'ACS des distributions des effectifs des espèces de Blattes dans le site de Bir El Atter selon les périodes.

### 2.4.3. Classification ascendante hiérarchique (Dendrogramme) :

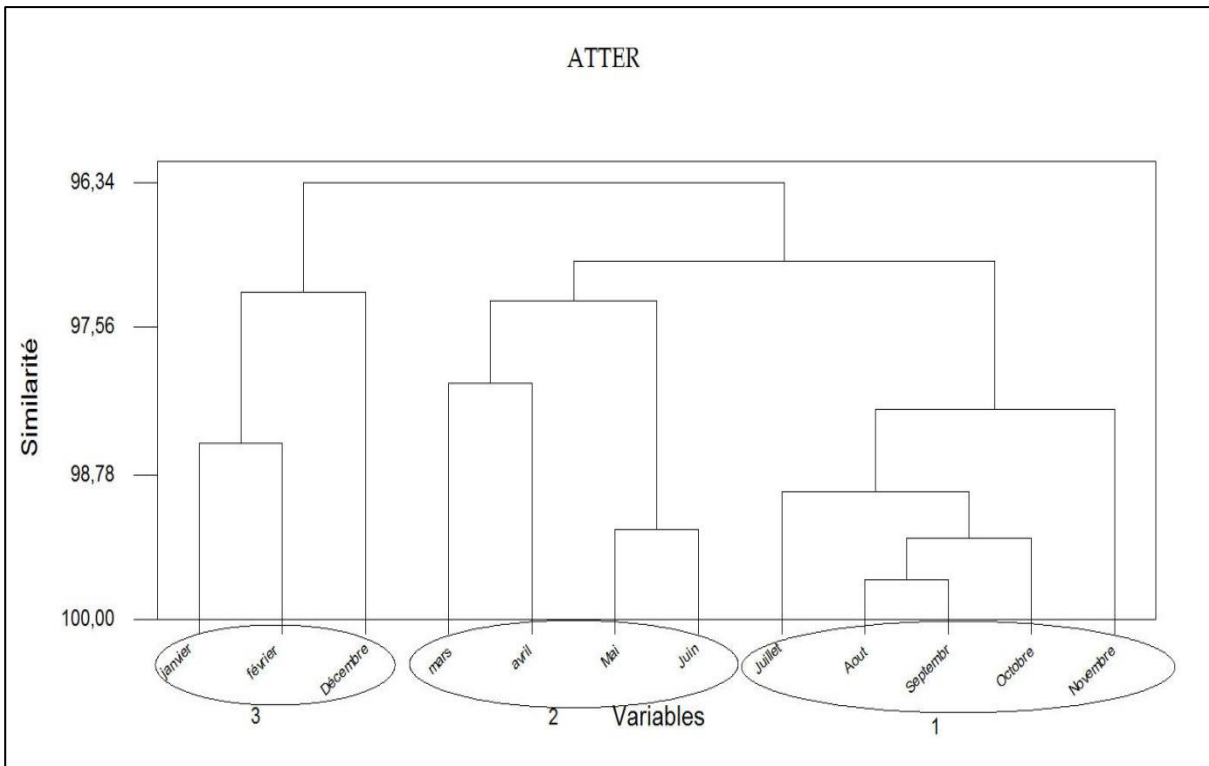
En recherchant les similitudes entre les différentes périodes de collectes, l'application d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) tenant compte des distance euclidiennes et regroupant les relevés en fonction de la méthode simple ; a permis de tracer les dendrogrammes de la CAH (Figure 19). L'application de la CAH fait ressortir les groupes de mois suivants :

**Groupe 1 :** composé essentiellement des mois présentant un effectif  $> 1000$  : août, septembre (1427-1706, le maximum d'effectif chez les larves plus que chez les adultes) en liaison avec le mois d'octobre (1196). Cet ensemble de groupe de mois forme un groupe avec le mois de juillet (1017) et finalement le mois de novembre (841, début des diminutions des effectifs).

**Groupe 2 (début de l'augmentation des effectifs) :** formé par le mois de mai et juin (661-812) qui présente des effectifs réduits mais qui sont en relation avec le groupe du mois de mars, avril (275-380 respectivement, début de l'augmentation des effectifs)

**Groupe 3 (diminution des effectifs)** : de moindre similarité et présente une distance euclidienne très importante par rapport aux autres groupes, formé de janvier, février et décembre (331-610-265, les effectifs les plus bas pour toute l'année).

Trois périodes ont été signalées dans ce dendrogramme et cela en rapport avec la fluctuation des effectifs au cours de chaque période.



**Figure 19.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux effectifs des espèces inventoriées dans le site de Bir El Atter suivant les mois d'étude.



### 3. Discussion

Plusieurs travaux ont été entrepris sur la détermination des Blattes rencontrées dans les habitations ou à proximité dans les différentes régions du monde. Rehn (1950) et Pratt (1955), établissent une clé précise de 26 genres existants dans les Etats-Unis, Rehn & Hebard (1927), réalisent une clé de 156 espèces (comprenant 47 genres de Blattes) dans l'Ouest Indien. Rehn (1931, 1937), propose la description et la clé de nombreuses espèces Africaines et des Blattes Malgache ; Chopard (1943) élabore une clé de 14 genres des Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord et Hebard (1929) détermine la clé des espèces Malaisiennes.

Les prospections réalisées dans la région de Tébessa, nous ont permis de recenser deux espèces de Blattes domestiques : *B. germanica* et *B. orientalis*. Au cours de cette étude, nous avons remarqué que l'espèce *B. germanica* était plus abondante que *B. orientalis*.

*B. germanica* décrite par Linné en 1767, à partir des insectes récoltés au Danemark. Cette espèce, originaire de l'Afrique (Cornwell, 1968) est rencontrée dans le Nord-Est Africain, l'Ethiopie et le Soudan. Dans le genre *Blattella*, *B. germanica* est la plus répandue et deviendra domiciliaire. Du Nord-Est Africain, elle s'est étendue vers l'Est de l'Europe (Grèce, Asie mineure, Mer Noire et le Sud de la Russie) (Rehn, 1945); ainsi, elle se propage dans toutes les parties du monde grâce aux échanges commerciaux. Sa présence a été signalée en Angleterre, où elle fut introduite par les corbeilles à pain apportées par les soldats revenant de la guerre de Crimée (Miall & Denny, 1886). Par ailleurs, cette espèce est omniprésente aux Etats-Unis et au Canada (Cornwell, 1968). *B. germanica* a été également trouvée en Tunisie par Bonnet & Finot (1885), au Maroc par Bolivar (1914) et Chopard (1936). En Algérie, cette espèce a été décrite dans la région du Grand Alger et Maison-Carré par Bolivar en 1914 et par Chopard en 1932. *B. germanica* est la plus commune et la plus cosmopolite des espèces domestiques (Grandcolas, 1998) ; elle préfère la chaleur et l'humidité et se rencontre dans les habitations, les hôpitaux mais aussi dans les commerces liés à la nourriture (Ebeling, 1978 ; Ross *et al.*, 1984 ; Rust *et al.*, 1995). On peut occasionnellement la rencontrer sous les fondations au début de l'été jusqu'à l'automne

(Shuyler, 1956), sous les débris et les dattiers de Californie (Herms, 1926), sous les décharges de New-York (Felt, 1926), dans les mines d'or et les caves (Porter, 1930).

Concernant *B. orientalis*, découverte par Linné en 1758 à partir d'insectes collectés en Amérique, Russie, Suède et Finlande ; il conclut que cette espèce est originaire d'Amérique et fut introduite par la suite en Orient. Par ailleurs, des études réalisées par Rehn (1945) sur plusieurs espèces de *B. orientalis* montrent que cette espèce est originaire du Nord-africain et qu'elle est arrivée en Europe grâce aux échanges commerciaux. De l'Espagne, elle gagne le Chili et l'Argentine, où elle s'installe pour plusieurs années. Rehn (1945) et Cornwell (1968) ont signalé sa présence en Angleterre où elle constitue l'espèce majeure domiciliaire. En Russie, elle occupe les caves habitées par les chauves-souris ; en Crimée péninsule, elle est présente sous les pierres et les feuilles mortes. En Algérie, *B. orientalis* est rencontré à Tlemcen, Oran (Finot, 1895), Ain Safra (Krauss & Vosseler, 1896), Biskra, Touggourt et Ouargla (Finot, 1902 ; Bolivar, 1914 ; Chopard, 1940). Cette espèce préfère les endroits frais (température entre 20-29°C) ; elle vit typiquement dans les caves et les sous-sols (Cornwell, 1968 ; Grandcolas, 1998).

L'inventaire réalisé dans une région de l'Est Algérien (Guelma), a permis le recensement de six espèces de Blattes : *Blattella germanica*, *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis*, *Supella longipalpa*, *Loboptera decipiens* et *Ectobius lividus* (Cherairia, 2003). De plus, l'échantillonnage mené dans divers sites de la région d'Annaba a mis en évidence la présence de trois espèces de Blattes domestiques : *B. germanica*, *B. orientalis* et *Periplaneta americana* (Habes, 2006).

La variabilité des habitats et l'adaptation aux facteurs éco-climatiques entraînent des variations considérables entre les sexes et les individus de Blattes de régions différentes (Cornwell, 1968). Ainsi, la composition de la faune Blattoptère peut varier d'une région à une autre du globe et la convenance de l'habitat dépend de nombreux facteurs biotiques et abiotiques (Rust *et al.*, 1995). Les Blattes sont des insectes qui s'adaptent efficacement (Rust *et al.*, 1995 ; Potera, 1997) et qui se distribuent rapidement au sein des locaux dès que la nourriture et l'eau sont repérés (Potera, 1997) .

*B. germanica* est retrouvée dans tous les sites urbains et ruraux où elle prédomine ; cette présence peut s'expliquer par le fait qu'elle est l'espèce la moins sensible aux variations de la température qui représente le facteur le moins déterminant pour sa distribution. Les

effectifs de *B. germanica* augmentent au printemps et en été diminuent en hiver. Les résultats de Rehn (1945), Cornwell (1968), Roth (1985) et Grancolas (1998) notent que *B. germanica* est de loin la Blatte domestique la plus commune et la plus cosmopolite en Europe et dans le monde. Cette espèce est surtout fréquente en ville (Wright, 1965 ; Cornwell, 1968 ; Telle, 1970 ; Hamman & Gold, 1994 ; Rust *et al.*, 1995 ; Lyon, 1997) dans toutes sortes de locaux chauds, humides et liés à la nourriture et même dans des bases militaires (Wright & Mc Daniel, 1969, 1973). *B. germanica* s'abrite dans des microclimats qui lui confèrent surtout un accès facile à la nourriture. Sa présence et son abondance dans les divers sites urbains prouvent que cette espèce semble être la mieux adaptée aux conditions écologiques de la région (Roth & Willis, 1967).

Selon Cornwell (1968), Hamman & Gold (1994) et Grancolas (1998), *B. orientalis* est rencontrée surtout dans les sous-sols, caves, soubassements, égouts, tuyaux d'évacuation ; elle a été aussi retrouvée sous l'écorce des arbres, et souvent à proximité des constructions. A l'intérieur des habitations elle a été observée dans les toilettes et salles de bain (Cornwell, 1968) proche des sources d'eau. Cornwell (1968), Hamman & Gold (1994) et Grancolas (1998), signalent que *B. orientalis* s'épanouit à des températures faibles et que la valeur thermique préférée de cette espèce se situe entre 20 et 29°C. Grancolas (1998) note aussi que *B. orientalis* infeste les endroits les mieux pourvus en nourriture. Cornwell (1968) rapporte qu'elle est influencée par l'humidité et Zahradnik & Severa (1984) mettent en évidence sa préférence pour les fortes températures. En effet, selon Faurie *et al.* (1980) et Ramade (1984), le climat joue un rôle fondamental dans la distribution de la vie des êtres vivants ; Cependant, l'influence des facteurs climatiques, en particulier, la température et l'humidité sont sans doute les plus déterminants parmi les facteurs naturels limitant les effectifs des populations d'insectes. De plus, Ballard *et al.* (1984), Appel & Rust (1986) et Benson (1988) signalent que les effectifs des Blattes échantillonnées sont influencés par les facteurs de l'environnement qui varient entre les périodes d'échantillonnage. Les Blattes sont des insectes ectothermes (Schal *et al.*, 1984) qui doivent garder une température interne convenable et ceci justifie leur choix d'habitat chauds. La sélection de refuges humides est interprétée par le fait que les Blattes doivent avoir un accès à l'eau pour éviter la déshydratation (Rust *et al.*, 1995) car ces insectes sont caractérisés par une grande

perméabilité cuticulaire (Appel *et al.*, 1986). Les Blattes domestiques se caractérisent également par leur résistance à la soif et à la faim.

## Chapitre 2 : Toxicité et Biomarqueurs

### 1. INTRODUCTION

Pendant de nombreuses années, différentes méthodes de lutte ont été appliquées pour maintenir les populations de cafards dans des limites raisonnables. Les insecticides conventionnels, utilisés principalement pendant des décennies ont conduit non seulement à la pollution de l'environnement (Long, 2000), mais aussi à l'apparition de phénomènes de résistance (Dong *et al.*, 1998). Cette situation a incité le développement de nouvelles molécules, tels que les régulateurs de croissance des insectes (IGR), et les biopesticides comme le spinosad et l'azadirachtine.

Ces derniers ont peu d'impact sur les organismes bénéfiques (Dhadialla *et al.*, 2005; Mordue *et al.*, 2005), mais leurs effets varient selon le stade de développement étudié et l'espèce testée (Schneider *et al.*, 2004). La toxicité des régulateurs de croissance est liée à leur forte rétention et leur stabilité en tant que composés actifs sur les organismes (Schneider *et al.* (2003, 2004)).

Au moment où l'insecte entre en contact avec l'insecticide, ce dernier pénètre dans l'organisme et atteint, plus ou moins rapidement, au niveau cellulaire, les protéines et les enzymes cibles dont il entrave le fonctionnement normal. L'acquisition d'une résistance à un insecticide représente l'habilité de l'insecte à tolérer des doses de toxines habituellement létales pour la plupart des individus d'une population normale (Mullin & Scott, 1992). Cette résistance met en jeu un nombre limité de mécanismes (Vontas *et al.*, 2000) qui se traduisent par une diminution de la pénétration du produit toxique (Valles *et al.*, 2000), la désensibilisation des sites cibles (Dong *et al.*, 1998 ; Li & Han, 2004) et enfin, l'induction des processus métaboliques de détoxification se traduisant par l'augmentation de l'activité de certaines enzymes notamment les monooxygénases à cytochrome P450, les estérases et les glutathion S-transférases (Ishaaya, 2001 ; Wei *et al.*, 2001 ; Enayati *et al.*, 2005 ; Li *et al.*, 2007). La mise au point d'outils permettant de diagnostiquer les différents types de résistance en cause a permis de nos jours d'entrevoir des possibilités de gestion de ce phénomène. Les biomarqueurs représentent l'un des principaux moyens d'études (Haubruge & Amichot, 1998). L'inhibition ou l'induction des biomarqueurs sont de bons

outils écotoxicologiques pour évaluer l'exposition et les effets potentiels des xénobiotiques sur l'organisme (Ozmenn *et al.*, 1999 ; Sturn *et al.*, 2000 ; Varo *et al.*, 2001).

Chez les insectes, l'acétylcholinestérase (EC : 3.1.1.7) est une enzyme clé du système nerveux central, elle est responsable de l'hydrolyse du neurotransmetteur acétylcholine en choline et acétate au niveau des synapses (Eldefrawi, 1985). L'AChE est la cible des organophosphorés et des carbamates qui agissent en inhibant son activité catalytique en se fixant sur le site actif de l'enzyme à la place de l'acétylcholine (Eldefrawi, 1985 ; Haubruge & Amichot, 1998). Plusieurs insecticides ont différentes affinités pour les sites actifs de l'AChE. Si l'action de cette enzyme est bloquée, la membrane post-synaptique reste continuellement excitée ce qui conduit à l'accumulation de l'acétylcholine dans la région synaptique provoquant une paralysie et la mort de l'insecte (Haubruge & Amichot, 1998).

Les glutathion-S-transférases (EC : 2.5.1.18) sont des enzymes cytosoliques jouant un rôle important dans les mécanismes de détoxification des xénobiotiques (Sue *et al.*, 2006). L'effet principal des GSTs est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig *et al.*, 1974). En effet, comme tout xénobiotique, les insecticides sont soumis à une panoplie de réactions enzymatiques visant à détoxifier le produit initial et accélérer son excrétion. Le processus de détoxification enzymatique se réalise en trois phases dont les principales sont

- Enzymes de phase I dite de fonctionnalisation (oxydases, réductases, hydrolases) permettant de démasquer les éléments électrophiles ou nucléophiles du xénobiotique.
- Enzymes de phase II dite de conjugaison, qui fixent des dérivés endogènes hydrophiles (glutathion, glucoside, phosphate, sulfate ou acide glycuronique) sur les groupements fonctionnels révélés en phase I. Ces enzymes de conjugaison sont des transférases dont les plus connus sont les GSTs (Cassier *et al.*, 1997).

Dans ce chapitre, notre étude vise dans une première partie, à évaluer la toxicité (doses létales et temps létaux) de trois molécules, l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique à l'égard de *B. orientalis*, espèce de blatte domestique à grand potentiel reproducteur mais relativement peu étudiée. Les activités AChE et GST ainsi que le taux de GSH, également déterminés durant différentes périodes (24, 48 et 72 heures) après traitement, permettront

de mettre en évidence l'effet neurotoxique des différentes molécules, l'intensité du mécanisme de détoxification ainsi que le stress oxydatif mis en jeu.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Efficacité de l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique à l'égard des adultes de *B. orientalis*

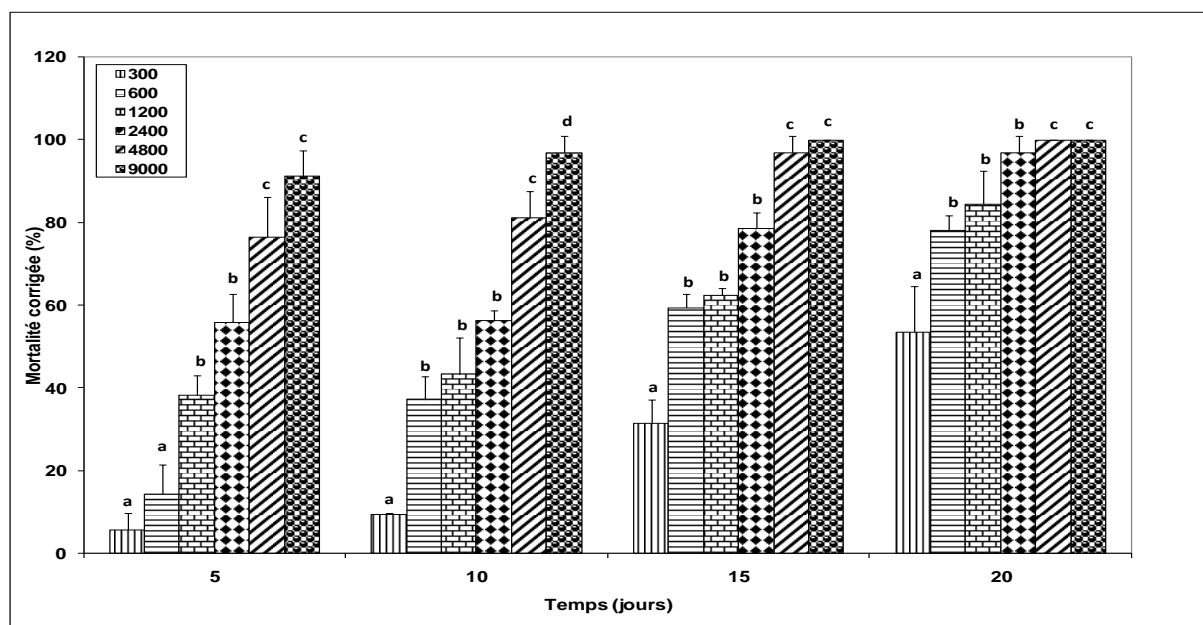
L'efficacité de ces molécules a été testée, chez les adultes nouvellement exuviés de *B. orientalis* ; l'administration des pesticides a été réalisée par application topique pour l'azadirachtine et le spinosad et par ingestion pour l'acide borique. Les doses létales et subléthales (DL50 et DL90), caractérisant la toxicité d'un insecticide ont été déterminées.

#### 2.1.1. Efficacité de l'azadirachtine: Essai insecticide

L'azadirachtine a été utilisé par application topique aux doses de : 43, 86, 172, 343, 686 et 1286 ppm équivalent à 300, 600, 1200, 2400, 4800 et 9000 ng/insecte, sur les adultes de *B. orientalis* le jour de l'émergence (jour 0) ; ces doses ont été retenues après un screening préalable. La mortalité observée est notée, au cours de la vie adulte, à 5, 10, 15 et 20 jours après traitement. La mortalité corrigée (Abott, 1925), exprimée en pourcentage, est représentée dans la figure 20, avec des valeurs variant de 5 % (300 ng/insecte) à plus de 90% (9000 ng/insecte) à 5 jours, de 9% (300 ng/insecte) à plus de 90% (9000 ng/insecte) à 10 jours, de 31% (300 ng/insecte) à 100% (9000 ng/insecte) à 15 jours et de 50% (300 ng/insecte) à 100% (9000 ng/insecte) à 20 jours, avec une relation dose-réponse. La mortalité enregistrée chez les témoins est de  $8,33 \pm 1,3\%$ .

Le classement des doses est déterminé par le test HSD de Tukey. On observe 3 groupes de doses à 5 jours (300 et 600 ; 1200 et 2400 ; 4800 et 9000), 4 groupes à 10 jours (300 ; 600, 1200 et 2400 ; 4800 ; 9000), et enfin 3 groupes à 15 et 20 jours (300 ; 600, 1200 et 2400 ; 4800 et 9000). Les doses létales (ng/insecte) et les temps létaux (jours) sont ensuite déterminés à partir de l'équation de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses ou bien des temps. Les doses létales obtenues, 5, 10, 15 et 20 jours après traitement, sont, respectivement, de 1937,51, 1349,32, 577,21 et 335,46 ng/insecte pour la DL50 et 8732,18, 6346,27, 1500,93 et 1012,67 pour la DL90 (Tableau 5). Les temps létaux, pour les différentes doses testées, sont

respectivement de 20,26, 15,27, 14,03, 4,72, 1,32 et 0,91 jours pour la TL50 et de 52,24, 38,96, 35,5, 8,82, 7,62 et 2,97 pour la TL90 (Tableau 6).



**Figure 20.** Toxicité de l'azadirachtine, administré par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité corrigée (%) aux différentes doses testées (ng/insecte) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$ ;  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

**Tableau 5:** Toxicité de l'azadirachtine, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95% ; DL50 et DL90 en ng/insecte).

Temps (jours)	Equation de régression	Slope	DL50 (IC)	DL 90 (IC)
5	$y = 1,960 x - 1,443$	3,21	<b>1937,51</b> (1602,70 - 2342,00)	<b>8732,18</b> (8181,69 - 9319,69)
10	$y = 1,906 x - 0,966$	3,32	<b>1349,32</b> (1139,07 - 1598,37)	<b>6346,27</b> (5935,79 - 6785,12)
15	$y = 3,088 x - 0,927$	2,09	<b>577,21</b> (518,06 - 643,11)	<b>1500,93</b> (1442,10 - 1562,15)
20	$y = 2,671 x - 1,746$	2,35	<b>335,46</b> (295,57 - 380,73)	<b>1012,67</b> (966,54 - 1060,98)

**Tableau 6:** Toxicité de l'azadirachtine, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95% ; TL50 et TL90 jours).

Doses (ng/insecte)	Equation de régression	Slope	TL50 (IC)	TL 90 (IC)
300	$y = 3,11 X + 0,93$	2,08	<b>20,26</b> (19,77 - 20,75)	<b>52,24</b> (49,51 - 55,12)
600	$y = 3,17 x + 1,24$	2,05	<b>15,27</b> (14,90 - 15,63)	<b>38,96</b> (36,70 - 40,79)
1200	$y = 3,18 x + 1,24$	2,05	<b>14,03</b> (13,70 - 14,37)	<b>35,5</b> (34,47 - 36,55)

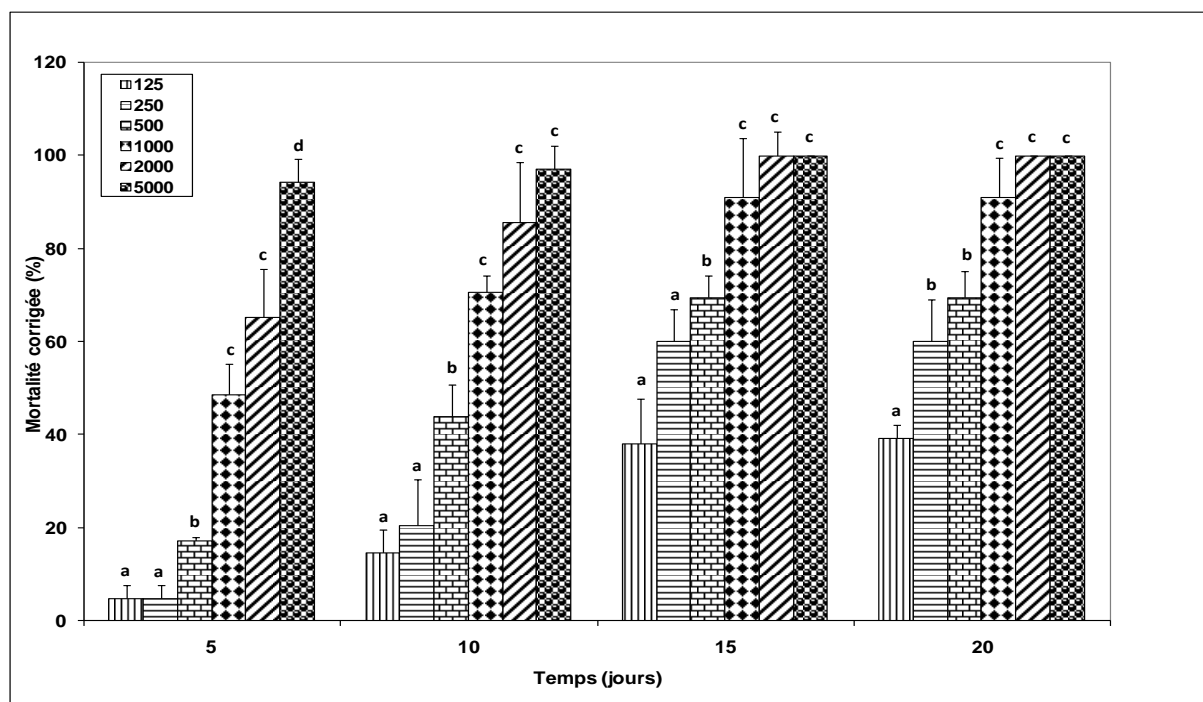


2400	$y = 4,72x + 1,82$	1,62	<b>4,72</b> (4,59 - 4,84)	<b>8,82</b> (8,47 - 9,17)
4800	$y = 1,68x + 4,98$	3,90	<b>1,32</b> (1,21 - 1,41)	<b>7,62</b> (6,95 - 8,34)
9000	$y = 2,50x + 5,09$	2,48	<b>0,91</b> (0,86 - 0,96)	<b>2,97</b> (2,78 - 3,16)

### 2.1.2. Efficacité du spinosad : Essai insecticide

La figure 21 présente les valeurs de pourcentages de la mortalité corrigée, obtenues après traitement avec le spinosad, administré par application topique le jour de l'exuviation adulte de *B. orientalis*, à différentes doses : (18, 36, 72, 144, 288 et 722 ppm) équivalent à (125, 250, 500, 1000, 2000 et 5000 ng/insecte). Les résultats révèlent, avec un effet dose réponse, une augmentation de la mortalité en fonction des doses pour le même temps et en fonction du temps pour la même dose. Les valeurs de la mortalité corrigée varient de 4 % (300 ng/insecte) à plus de 90% (9000 ng/insecte) à 5 jours, de 14% (300 ng/insecte) à plus de 90% (9000 ng/insecte) à 10 jours, de 38% (300 ng/insecte) à 100% (9000 ng/insecte) à 15 jours et de 39% (300 ng/insecte) à 100% (9000 ng/insecte) à 20 jours. La mortalité naturelle enregistrée chez les témoins est de  $8,33 \pm 1,3\%$ . Le classement des doses a permis de mettre en évidence 4 groupes de doses à 5 jours (125 et 250 ; 500 ; 1000 et 2000 ; 5000), 3 groupes à 10 et 15 jours (125 et 250 ; 500 ; 1000, 2000 et 5000), et enfin 3 groupes à 20 jours (125 ; 250 et 500 ; 1000, 2000 et 5000).

La toxicité du spinosad est ensuite définie par les doses létales (ng/insecte) et les temps létaux (jours) qui sont précisés dans les tableaux 7 et 8. Les DL50 à 5, 10, 15 et 20 jours, après traitement, sont respectivement de 1178,1, 546,11, 272,72 et 225,36 ng/insecte pour la DL50 et de 4207,97, 2527,55, 923,68 et 616,36 ng/insecte pour la DL90. Les temps létaux (jours), pour les doses de 125, 250, 500, 1000, 2000 et 5000 ng/insecte, sont respectivement, de 21,82, 19,17, 11,22, 6,26, 3,89 et 2,51 jours la TL 50 et de 57,66, 50,87, 28,85, 27,77, 12,44 et 5,48 pour la TL 90.



**Figure 21.** Toxicité du spinosad, administré par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité corrigée (%) aux différentes doses testées (ng/insecte) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$ ;  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

**Tableau 7:** Toxicité du spinosad, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95% ; DL50 et DL90 en ng/insecte).

Temps (jours)	Equation de régression	Slope	DL50 (IC)	DL 90 (IC)
5	$Y=2,31 x - 2,11$	2,68	<b>1178,1</b> (964,95 - 1438,32)	<b>4207,97</b> (3985,94 - 4442,35)
10	$Y=1,92 x + 0,27$	3,28	<b>546,11</b> (448,54 - 664,90)	<b>2527,55</b> (2365,84 - 2700,32)
15	$Y=2,41 x - 0,89$	2,58	<b>272,72</b> (245,33 - 303,16)	<b>923,68</b> (877,06 - 972,79)
20	$Y=2,93 x - 1,90$	2,18	<b>225,36</b> (200,69 - 253,06)	<b>616,36</b> (590,88 - 642,94)

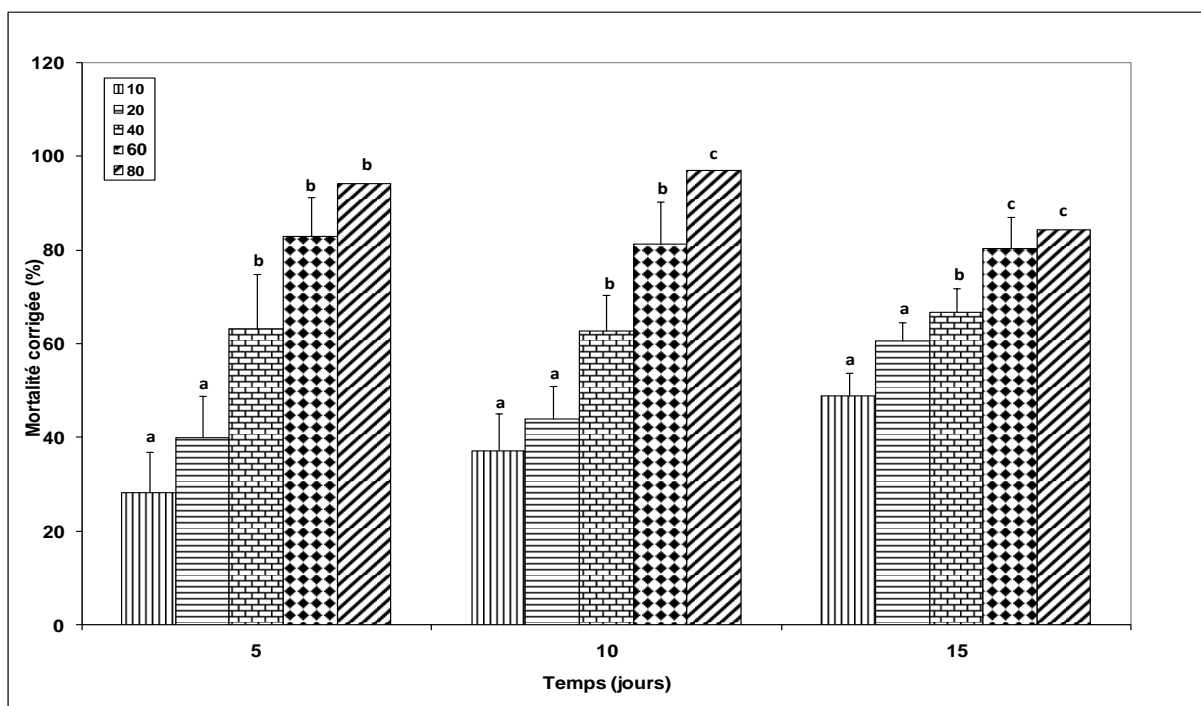
**Tableau 8:** Toxicité du spinosad, administré, par application topique, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95% ; TL50 et TL90 jours).

Doses (ng/insecte)	Equation de régression	Slope	TL50 (IC)	TL 90 (IC)
125	$y = 3,038 x + 0,932$	2,12	<b>21,82</b> (21,27 - 22,39)	<b>57,66</b> (57,42 - 57,90)
250	$y = 3,122 x + 0,954$	2,08	<b>19,17</b> (19,29 - 20,25)	<b>50,87</b> (50,32 - 51,42)
500	$y = 3,124 x + 1,72$	2,08	<b>11,22</b> (10,95 - 11,49)	<b>28,85</b> (28,00 - 29,72)
1000	$y = 1,981 x + 3,422$	4,76	<b>6,26</b> (5,87 - 6,67)	<b>27,77</b> (27,55 - 27,93)
2000	$y = 2,539x + 3,502$	3,69	<b>3,89</b> (3,68 - 4,10)	<b>12,44</b> (12,35 - 12,51)
5000	$y = 3,787x + 3,458$	1,83	<b>2,51</b> (2,01 - 3,13)	<b>5,48</b> (5,45 - 5,50)

### 2.1.3. Efficacité de l'acide borique : Essai insecticide

L'acide borique a été administré par ingestion à différentes doses (10, 20, 40, 60 et 80%) le jour de l'émergence des adultes de *B. orientalis*. La figure 22 présente les valeurs obtenues dans les pourcentages de mortalité corrigée. Cette mortalité varie de 28% (pour la dose 10%) à plus de 90% (pour la dose 80%) à 5 jours, de 37% (pour la dose 10%) à plus de 90% (pour la dose 80%) à 10 jours et de 48,87% (pour la dose 10%) à plus de 80% (pour la dose la plus élevée) à 15 jours, avec une relation dose-réponse. Le classement des doses, réalisé par le test HSD, indique 2 groupes de doses à 5 jours (10 et 20 ; 40, 60 et 80), 3 groupes à 10 jours (10 et 20 ; 40 et 60 ; 80), et enfin 3 groupes à 15 jours (10 et 20 ; 40 ; 60 et 80).

La toxicité de l'acide borique est ensuite précisée en déterminant les doses létales (ng/insecte) et les temps létaux (jours) à partir de l'équation de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses et des temps. Les DL50 à 5, 10 et 15 jours, après traitement, sont respectivement de 21,98, 19,05 et 12,95% pour la DL50 et de 79,79, 72,68 et 29,83 % pour la DL90 (Tableau 9). Les temps létaux, pour les doses de 10, 20, 40, 60 et 80 % sont respectivement, de 16,22, 4,27, 2,57, 1,81 et 1,58 jours pour la TL 50 et de 21,42, 18,87, 12,83, 4,76 et 4,10 pour la TL 90 (Tableau 10).



**Figure 22.** Toxicité de l'acide borique, administré par ingestion, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : Mortalité corrigée (%) aux différentes doses testées (%) en fonction du temps (jours) ( $m \pm s$ ;  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

**Tableau 9:** Toxicité de l'acide borique, administré, par ingestion, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination des doses létales (IC : intervalle de confiance à 95% ; DL50 et DL90 en %).

Temps (jours)	Equation de régression	Slope	DL50 (IC)	DL 90 (IC)
5	$Y = 2,289x + 1,928$	2,71	<b>21,98</b> (21,24 - 22,74)	<b>79,79</b> (77,92 - 81,70)
10	$Y = 2,204x + 2,179$	2,82	<b>19,05</b> (18,38 - 19,74)	<b>72,68</b> (70,56 - 74,86)
15	$Y = 3,536x + 1,067$	2,86	<b>12,95</b> (8,42 - 19,90)	<b>29,83</b> (28,80 - 30,89)

**Tableau 10:** Toxicité de l'acide borique, administré, par ingestion, à l'émergence chez les adultes de *B. orientalis* : détermination du temps léthal (IC : intervalle de confiance à 95% ; TL50 et TL90 jours).

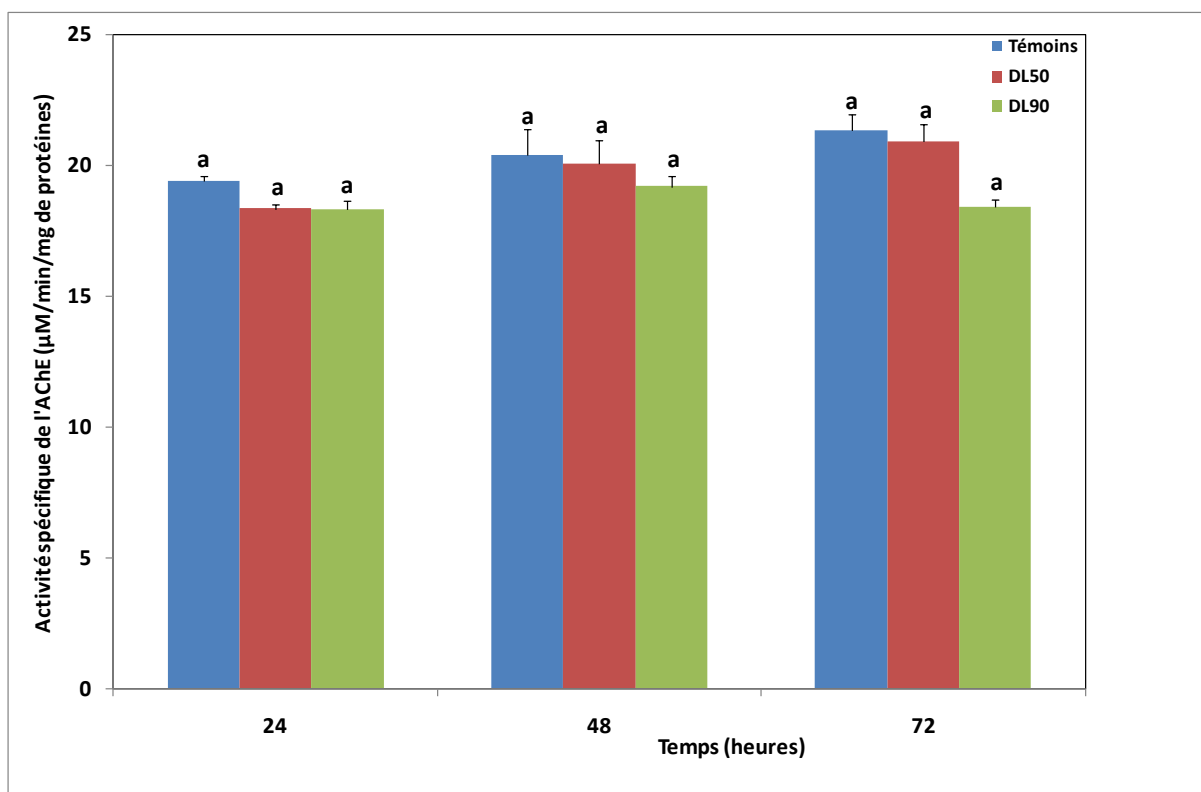
Doses (%)	Equation de régression	Slope	TL50 (IC)	TL 90 (IC)
10	$y = 1,071x + 3,704$	1,44	<b>16,22</b> (16,06 - 16,39)	<b>21,42</b> (21,30 - 21,53)
20	$y = 1,985x + 3,749$	3,16	<b>4,27</b> (4,10 - 4,43)	<b>18,87</b> (18,72 - 19,02)
40	$y = 1,835x + 4,248$	3,48	<b>2,57</b> (2,46 - 2,68)	<b>12,83</b> (12,72 - 12,93)
60	$y = 3,035x + 4,218$	2,12	<b>1,81</b> (1,76 - 1,85)	<b>4,76</b> (4,75 - 4,81)
80	$y = 3,101x + 4,382$	2,09	<b>1,58</b> (1,54 - 1,62)	<b>4,10</b> (4,07 - 4,12)

## 2.2. Biomarqueurs

### 2.2.1. Activités de l'acétylcholinestérase (AChE)

- Effets de l'azadirachtine

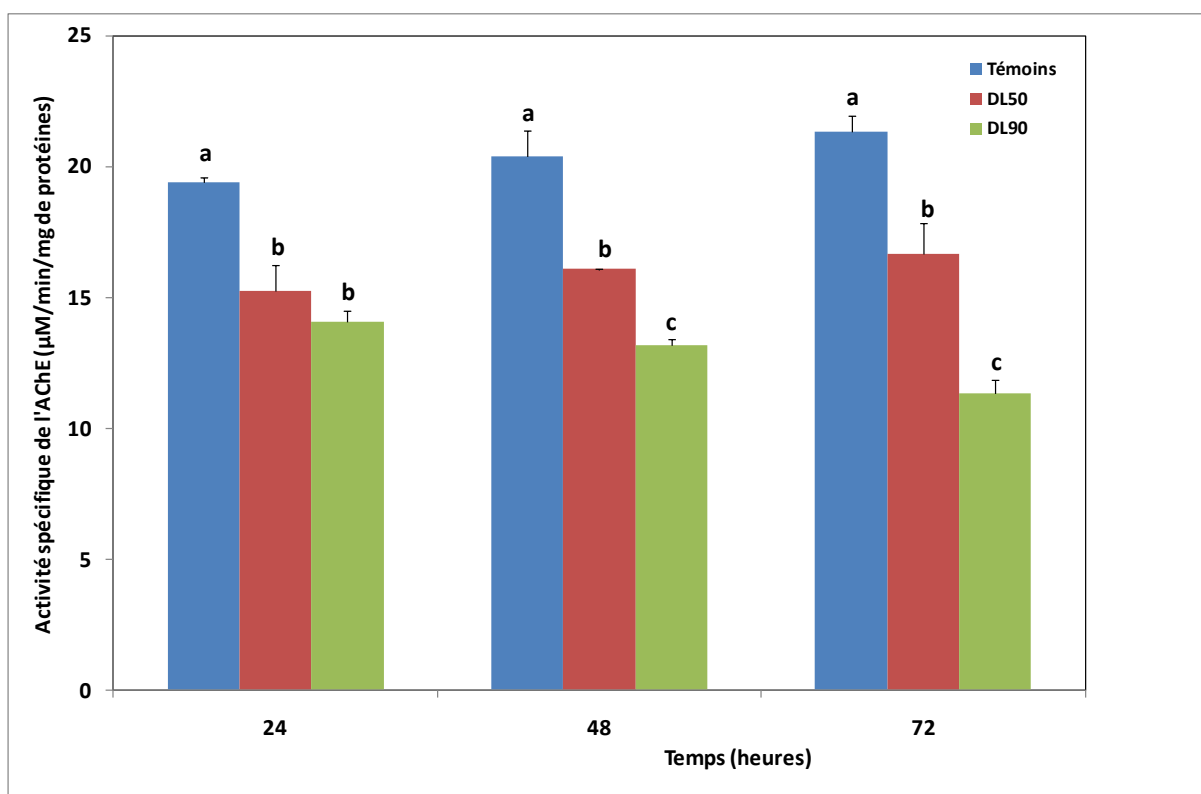
Les valeurs de l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles de *B. orientalis*, témoins et traités, le jour de l'exuviation, à l'azadirachtine (DL50 : 1937,51 et DL90 : 8732,18 ng/insecte) sont reportées dans la figure 23. L'activité de l'AChE chez les séries témoins reste constante ( $19,04 \pm 1,03$  à 24 h ;  $20,35 \pm 2,18$  à 48 h et  $21,32 \pm 1,88$   $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines à 72 heures) ; cette tendance est retrouvée chez les séries traitées. Par ailleurs, aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) n'est observée entre témoins et traités et ceci pour tous les temps et pour les deux doses testées. L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA) ne révèle aucune différence entre les traitements ou bien entre les temps ( $p > 0,05$ ). L'azadirachtine ne semble pas être neurotoxique.



**Figure 23.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le spinosad administré à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte (DL50 et DL90 respectivement), le jour de l'exuviation adulte de *B. orientalis*, inhibe l'activité spécifique de l'AChE (Figure 24) après, 24, 48 et 72 heures de traitement ; l'analyse statistique révèle, pour les trois temps, une réduction significative aussi bien pour la DL50 ( $p=0,042$  ;  $0,032$  et  $0,021$ ) que pour la DL 90 ( $p=0,008$  ;  $0,009$  et  $0,006$ ). Il est à noter, par ailleurs, que le traitement montre un effet dose à 48 ( $p=0,004$ ) et 72 heures ( $p=0,024$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des différences significatives dans le traitement ( $p<0,001$ ), et l'interaction traitements-temps, mais aucune différence n'est constatée entre les temps ( $p>0,05$ ).

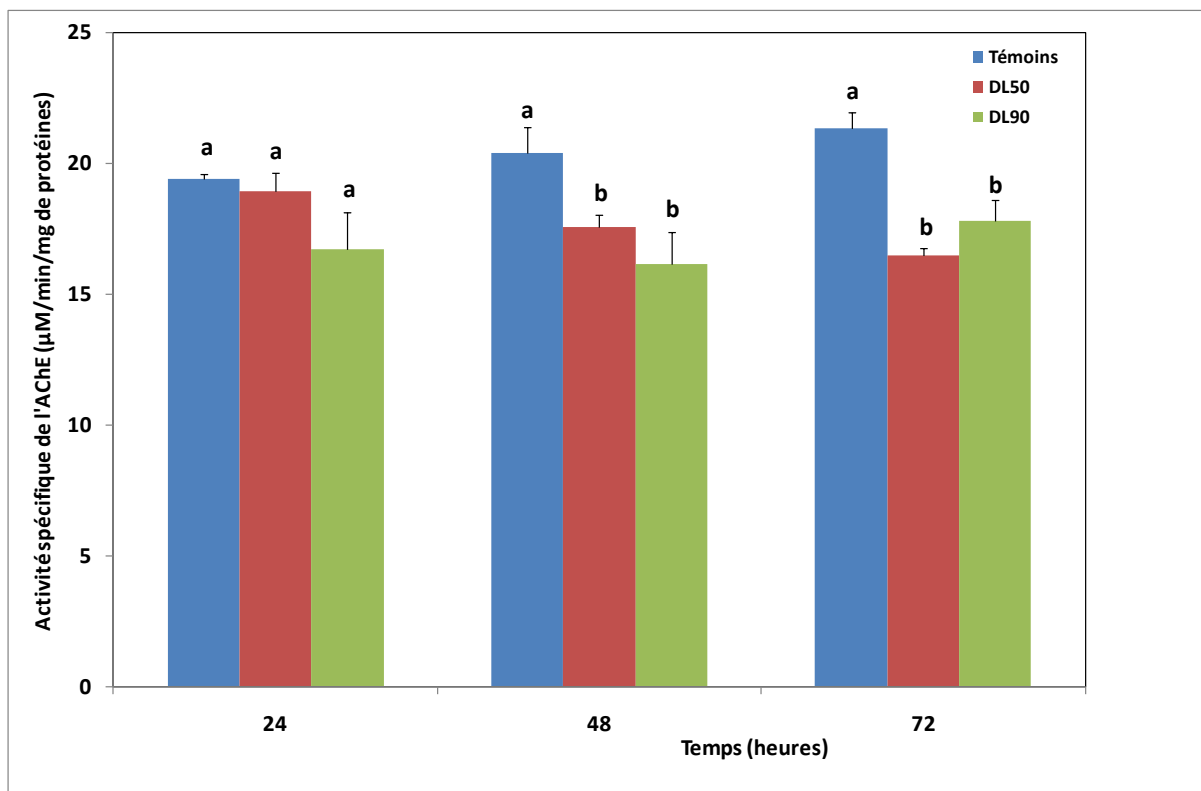


**Figure 24.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le profil de l'activité spécifique de l'AChE chez les adultes mâles de *B. orientalis* traités, par ingestion, le jour de l'exuviation, à l'acide borique (DL50 : 21,98 % et DL90 : 79,79 %) est représenté dans la figure 25. Il est observé que l'insecticide réduit de manière significative, comparativement aux témoins, l'activité de l'AChE, après 48 h ( $p=0,05$ ) et 72 h de traitement

( $p=0,005$  et  $0,05$ ) pour la DL50 et la DL90 respectivement. L'analyse statistique des données (ANOVA) révèle des différences significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement, mais aucune différence n'est constatée entre les temps ou dans l'interaction traitements-temps.



**Figure 25.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.2.2. Comparaison de l'effet des molécules sur l'activité spécifique de l'AChE

Les activités spécifiques de l'AChE, enregistrées chez les adultes mâles de *B. orientalis*, témoins et traités à la DL50 et DL90 des différentes molécules testées, sont représentées dans les tableaux 11 et 12. L'analyse statistique permet de mettre en évidence des différences significatives entre le spinosad et les deux autres molécules testées, l'azadirachtine et l'acide borique. De plus, on note que le spinosad (DL50 et DL90) est le traitement le plus efficace. Par contre, l'azadirachtine ne présente aucun effet pour tous les temps étudiés et pour les deux doses testées (DL50 et DL90). Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification relatifs à la comparaison entre les divers traitements utilisés après chaque temps d'exposition montrent des différences hautement significatives après 24 ( $p=0,003$  et  $0,001$ ), 48 ( $p<0,001$ ) et 72 h ( $p\leq 0,001$ ) de traitement pour la DL50 et la DL90.

**Tableau 11:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
24	19,40 $\pm$ 0,19 a	18,93 $\pm$ 0,70 a	18,33 $\pm$ 0,19 a	15,25 $\pm$ 0,99 b	** p=0,003
48	20,36 $\pm$ 1,00 a	17,57 $\pm$ 0,48 b	20,04 $\pm$ 0,92 a	16,06 $\pm$ 0,04 b	*** p<0,001
72	21,32 $\pm$ 0,63 a	16,48 $\pm$ 0,25b	20,89 $\pm$ 0,66 a	16,64 $\pm$ 1,19 b	*** p=0,001

**Tableau 12:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
24	19,40 $\pm$ 0,19 a	16,69 $\pm$ 1,43 a	18,29 $\pm$ 0,35 a	14,07 $\pm$ 0,41 b	*** P=0,001
48	20,36 $\pm$ 1,00 a	16,13 $\pm$ 1,25 b	19,18 $\pm$ 0,39 a	13,18 $\pm$ 0,20 b	*** p<0,001
72	21,32 $\pm$ 0,63 a	17,77 $\pm$ 0,82 b	18,39 $\pm$ 0,31 a	11,34 $\pm$ 0,51 b	*** p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil  $p<0,05$

Un classement des différents traitements utilisés selon leurs effets sur l'activité spécifique de l'AChE a été réalisé grâce à la méthode HSD de Tukey. Ce classement par ordre décroissant de l'activité de l'enzyme est résumé dans les tableaux 13 et 14. Les résultats mettent en évidence l'existence de 2 groupes pour la DL50, aussi bien à 24, 48 et 72 heures après traitement. A 24 heures, on distingue un premier groupe représenté par les témoins, l'acide borique et l'azadirachtine et un deuxième groupe renfermant le spinosad. A 48 et 72 heures, le premier groupe est composé des témoins et de l'azadirachtine, alors que le deuxième groupe est constitué du spinosad et de l'acide borique. Il est donc clairement noté que seul le spinosad présente un effet après 24h, mais après 48h, le spinosad et l'acide borique réduisent l'activité de l'AChE de manière



comparable. Cependant, après 72h, seuls l'acide borique et le spinosad peuvent induire un effet similaire sur l'inhibition de ce biomarqueur.

Pour la DL90, les traités et les témoins sont regroupés en 2 classes à 24, 48 et 72 heures, le premier groupe renferme les témoins et les traités à l'azadirachtine, le second groupe constitue l'acide borique et le spinosad.

Seuls le spinosad et l'acide borique présente un effet après 24, 48 et 72 h, et ils réduisent l'activité de l'AChE de manière comparable.

**Tableau 13:** Classement par ordre décroissant de l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
24	Témoins	19,40	a
	Acide borique	18,93	a
	Azadirachtine	18,33	a
	Spinosad	15,25	b
48	Témoins	20,36	a
	Azadirachtine	20,04	a
	Acide borique	17,57	b
	Spinosad	16,06	b
72	Témoins	21,32	a
	Azadirachtine	20,89	a
	Spinosad	16,64	b
	Acide borique	16,48	b

**Tableau 14:** Classement par ordre décroissant de l'activité spécifique de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

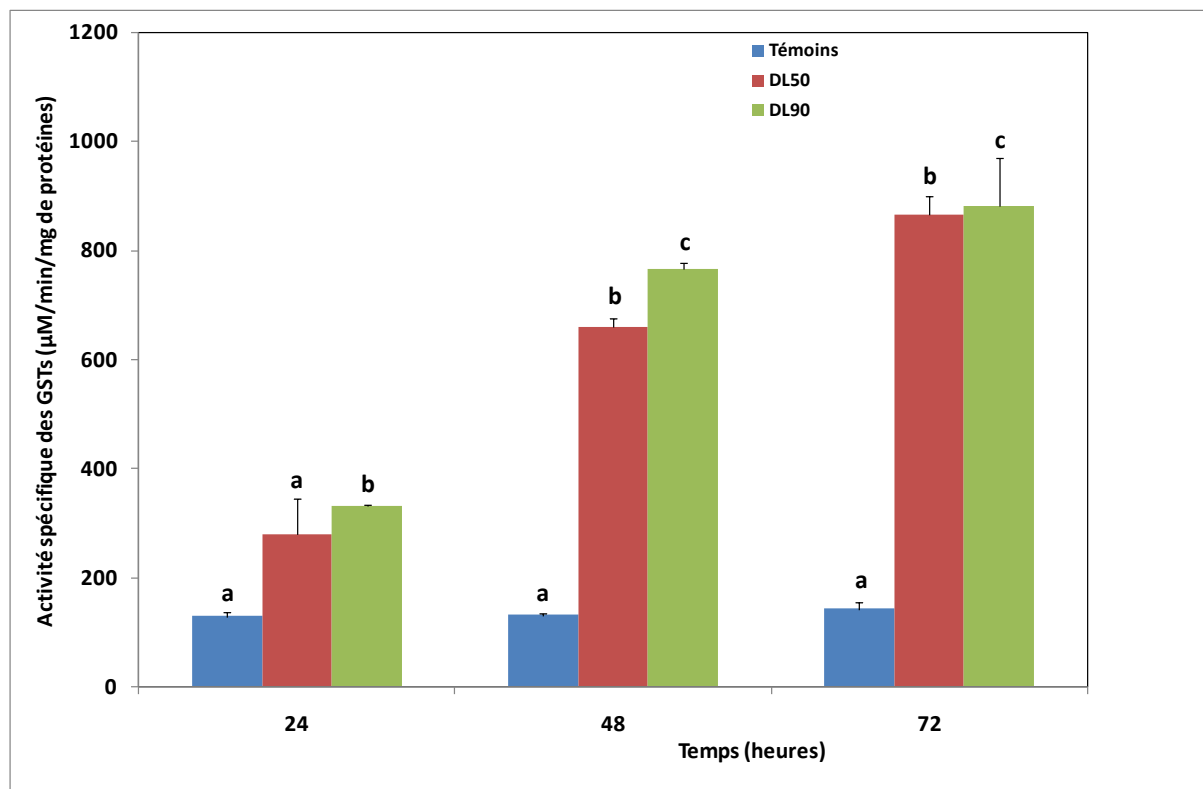
Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
24	Témoins	19,40	a
	Azadirachtine	18,29	a
	Acide borique	16,69	b
	Spinosad	14,07	b
48	Témoins	20,36	a
	Azadirachtine	19,18	a
	Acide borique	16,13	b
	Spinosad	13,18	b
	Témoins	21,32	a

72	Azadirachtine	18,39	A
	Acide borique	17,77	B
	Spinosad	11,34	B

### 2.2.3. Activité des glutathions-S-transférases (GSTs)

- *Effets de l'azadirachtine*

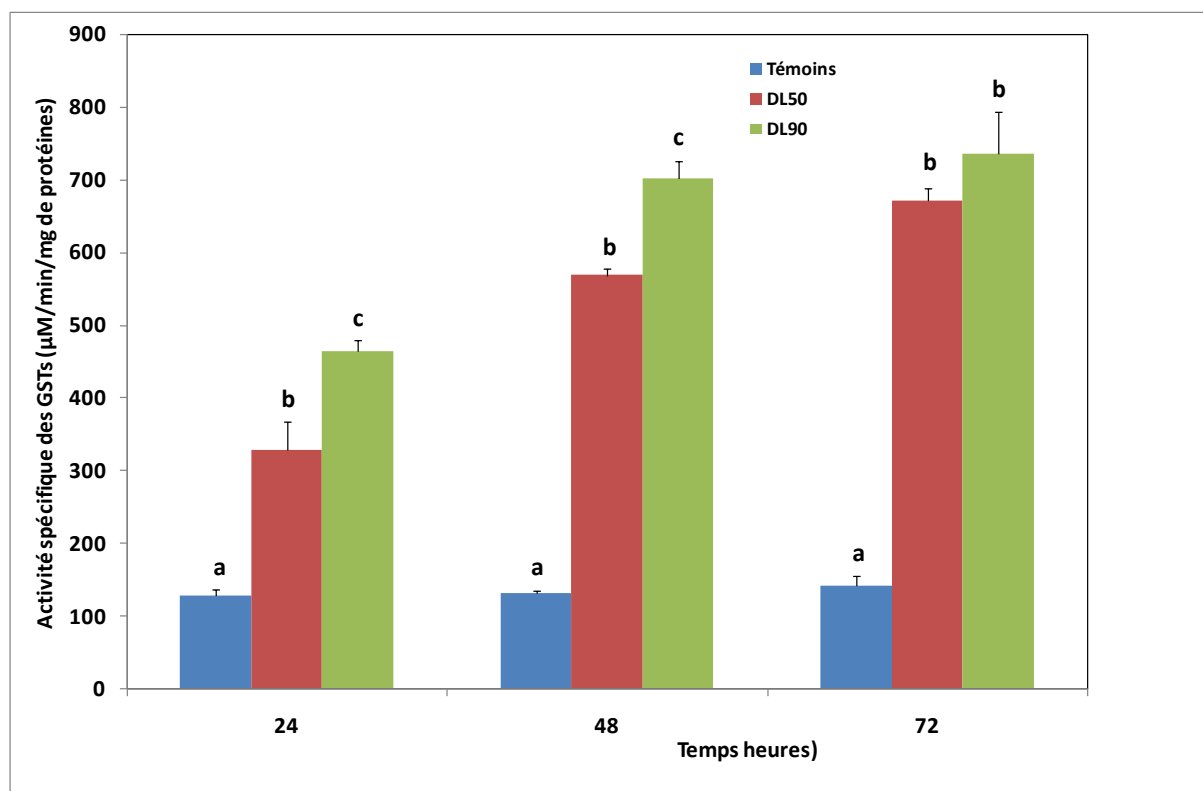
Le profil de l'activité spécifique des GSTs chez les adultes mâles de *B. orientalis*, traités à l'azadirachtine (DL50 : 1937,51 et DL90 : 8732,18 ng/insecte), le jour de l'exuviation, est précisé dans la figure 26. Chez les témoins, l'activité spécifique des GSTs est comparable ( $p > 0,05$ ) à 24, 48 et 72 h après traitement. Par contre, chez les séries traitées, une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) est signalée à 48h et 72h. L'insecticide induit, comparativement aux témoins, une augmentation significative de l'activité de ce biomarqueur après 48 et 72h ( $p < 0,001$  et 0,002 respectivement) pour la DL50 et à 24, 48 et 72 heures ( $p < 0,001$  ;  $< 0,001$  et 0,01 respectivement) après traitement pour la DL90, avec un effet dose à 48 et 72 heures. Les valeurs maximales enregistrées à 72h sont de  $865,29 \pm 34,14$  et  $880,11 \pm 88,41$   $\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines pour la DL50 et la DL90 respectivement, contre  $141,52 \pm 13,02$   $\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines pour les témoins. L'ANOVA confirme ces résultats et révèle un effet temps ( $p < 0,001$ ), mais aussi des effets traitement et interaction traitement-temps hautement significatifs ( $p < 0,001$ ).



**Figure 26.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

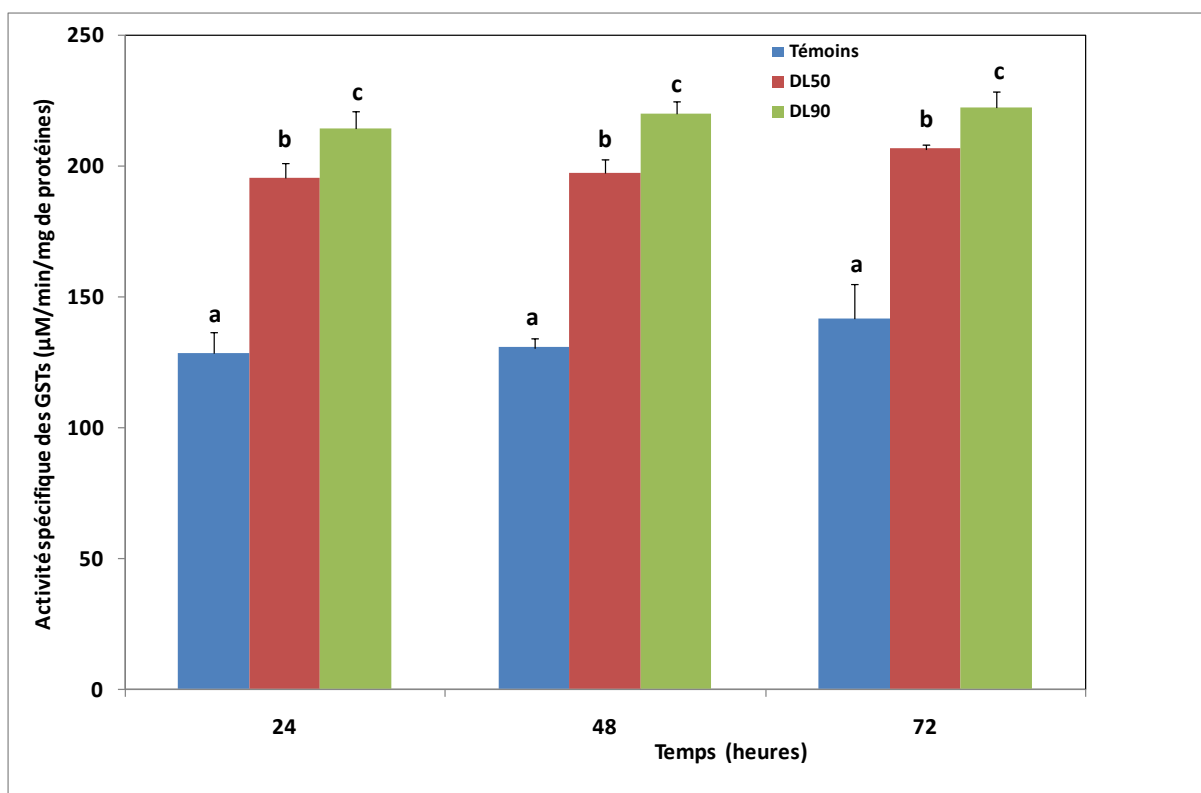
Le spinosad, administré le jour de l'exuviation des adultes mâles de *B. orientalis*, induit une augmentation significative de l'activité spécifique des GSTs après 24 ( $p=0,027$  et  $<0,001$ ), 48 ( $p<0,001$ ) et 72h ( $p=0,002$  et  $0,003$ ) de traitement pour la DL50 (1178,1 ng/insecte) et la DL90 (4207,97 ng/insecte) respectivement (Figure 27) ; il est remarqué, en outre, un effet dose-dépendant après 24 ( $p=0,024$ ) et 48 heures ( $p=0,036$ ) de traitement. L'analyse statistique (ANOVA) révèle des différences hautement significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement, le temps et l'interaction traitement-temps ( $p<0,001$ ). L'activité des GSTs augmente pour atteindre des valeurs maximales de  $671,12 \pm 17,28 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines pour la DL50 et de  $736,10 \pm 57,73 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines pour la DL90 après 72 heures de traitement ; la valeur chez les témoins à ce même temps est de  $141,52 \pm 13,02 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines.



**Figure 27.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Chez les traités, l'acide borique administré par ingestion, chez les adultes de *B. orientalis*, aux deux doses (DL50 : 21,98 % et DL90 : 79,79 %), induit une augmentation significative de l'activité spécifique des GSTs, comparativement aux témoins mais sans effet dose ( $p>0,05$ ) au cours de la période testée (24, 48 et 72 h). L'insecticide entraîne une élévation significative l'activité de l'enzyme dès 24 h de traitement à la DL50 et à la DL90 ( $p=0,004$  ;  $0,001$  respectivement). A 48 heures, l'activité spécifique des GSTs atteint des valeurs de  $197,02 \pm 5,56 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines sous l'effet de la DL50 ( $p=0,005$ ) et de  $206,39 \pm 1,71 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines sous l'effet de la DL90 ( $p=0,004$ ). A 72 heures, l'activité des GSTs atteint des valeurs de  $219,84 \pm 4,89 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines ( $p=0,027$ ) et de  $221,98 \pm 6,41 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  protéines ( $p=0,039$ ) respectivement pour la DL50 et la DL90 (Figure 28). Un effet dose est noté à tous les temps. L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des différences hautement significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement. Cependant, aucune différence n'est enregistrée entre les temps ou dans l'interaction traitement-temps ( $p>0,05$ ).



**Figure 28.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

#### 2.2.4. Comparaison de l'effet des molécules sur l'activité spécifique des GSTs

Le tableau 19 regroupe les différentes activités des GSTs enregistrées chez les séries témoins et traitées (acide borique, spinosad et azadirachtine) des adultes mâles de *B. orientalis*. L'analyse statistique, révèle des différences significatives entre l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad à 48 et 72 heures pour la DL50 et à tous les temps pour la DL90 (Tableaux 15 et 16). L'ANOVA met en évidence des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) à 24, 48 et 72 h entre les différents traitements utilisés et pour les deux doses (DL50 et DL90). De plus, on remarque que l'azadirachtine a un effet beaucoup plus marqué comparativement aux autres molécules et cela à 48 et 72 heures. Par contre à 24h, le spinosad est le plus efficace avec les deux doses testées.

**Tableau 15:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Etude de la biodiversité des Blattes dans les régions semi-arides et arides et évaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattella germanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
24	128,19 ± 8,28 a	195,40 ± 5,80 b	278,93 ± 65,61ab	327,60 ± 38,91 b	*** p<0,001
48	130,43 ± 3,74 a	197,02 ± 5,56b	658,06 ± 17,06 c	568,07 ± 9,30 d	*** p<0,001
72	141,52 ± 13,02 a	206,39 ± 1,71b	865,29 ± 34,14 c	671,12 ± 17,28 d	*** p<0,001

**Tableau 16:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
24	128,19 ± 8,28 a	214,10 ± 6,67 b	331,17 ± 2,79 c	463,95 ± 14,57 d	*** p<0,001
48	130,43 ± 3,74 a	219,84 ± 4,89 b	766,04 ± 11,67 c	702,07 ± 22,66 d	*** p<0,001
72	141,52 ± 13,02 a	221,98 ± 6,41b	880,11 ± 88,41 c	736,10 ± 57,73 d	*** p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

Enfin, le classement par ordre croissant des molécules (DL50), relatif à l'activité des GSTs après les différents temps d'exposition grâce au test de Tukey (Tableau 17) a permis d'identifier 3 groupes distincts à 24, 48 et 72 h : le premier groupe, englobe les témoins, le deuxième groupe représente le traitement à l'acide borique, et le dernier groupe renferme l'azadirachtine et le spinosad. Ainsi, l'azadirachtine et le spinosad sont des molécules pour lesquelles le processus de détoxification mis en jeu est le plus important.

Pour la DL90, le classement relatif à l'activité des GSTs (Tableau 18), a permis de mettre en évidence 4 groupes distincts à 24 h, chacun étant représenté par une molécule avec le spinosad qui montre l'effet le plus important. A 48 et 72 h, 3 groupes sont constatés : le premier groupe, englobe les témoins, le deuxième représente le traitement à l'acide borique et le troisième l'azadirachtine et le spinosad ; il faut souligner que ces deux molécules ont un effet similaire mais plus important que l'acide borique.

**Tableau 17:** Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
----------------	-------------	------------------	---------

24	Témoins	128,19	A
	Acide borique	195,40	B
	Azadirachtine	278,93	C
	Spinosad	327,60	C
48	Témoins	130,43	A
	Acide borique	197,02	B
	Spinosad	568,07	C
	Azadirachtine	658,06	C
72	Témoins	141,52	A
	Acide borique	206,39	B
	Spinosad	671,12	C
	Azadirachtine	865,29	C

**Tableau 18:** Classement par ordre croissant de l'activité spécifique des GSTs ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

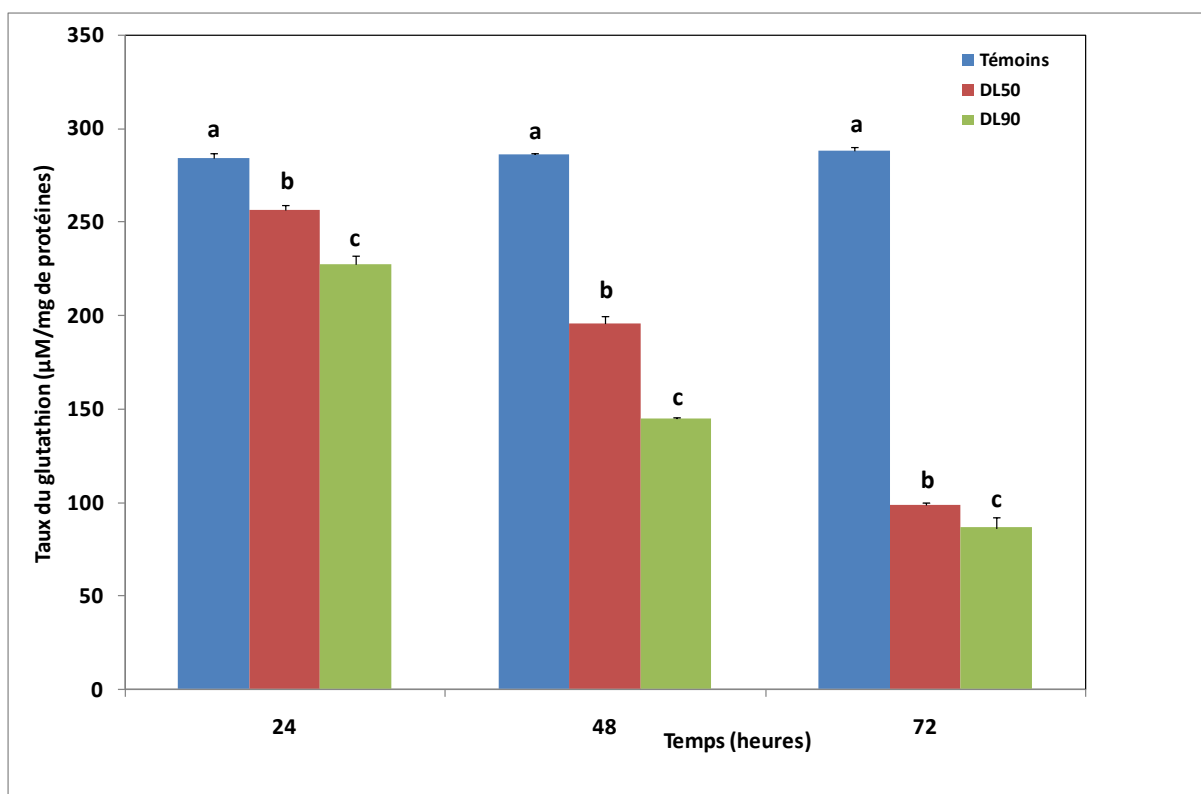
Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
24	Témoins	128,19	A
	Acide borique	214,10	B
	Azadirachtine	331,17	C
	Spinosad	463,95	D
48	Témoins	130,43	A
	Acide borique	219,84	B
	Spinosad	702,07	C
	Azadirachtine	766,04	C
72	Témoins	141,52	A
	Acide borique	221,98	B
	Spinosad	736,10	C
	Azadirachtine	880,11	C

### 2.2.5. Taux du Glutathion

- *Effets de l'azadirachtine*

L'azadirachtine, administré, le jour de l'exuviation de *B. orientalis*, à deux doses testées (DL50 : 1937,51 et DL90 : 8732,18 ng/insecte), diminue significativement le taux du glutathion à 24 (0,005 et 0,001), 48 ( $p=0,001$  et  $<0,001$ ) et 72 heures ( $p<0,001$  et 0,001) après traitement par la DL50 et la DL90 respectivement (Figure 29) ; la comparaison des valeurs entre séries traitées révèle un effet dose à tous les temps.

L'analyse de la variance montre des différences significatives dans le traitement ( $p<0,001$ ), le temps ( $p<0,001$ ) et l'interaction traitements-temps ( $p<0,001$ ).

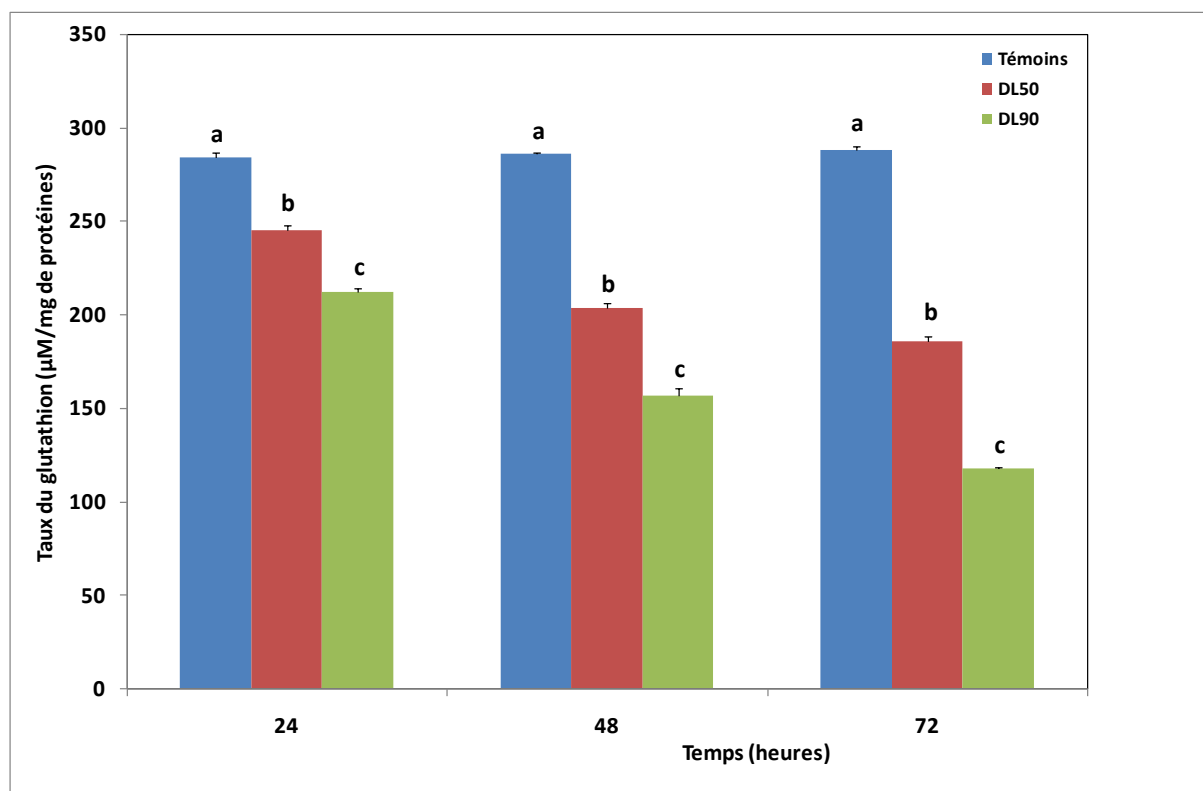


**Figure 29.** Effets de l'azadirachtine, administré par application topique à 1937,51 et 8732,18 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- **Effets du spinosad**

Le taux du glutathion chez les adultes de *B. orientalis* traités, le jour de l'exuviation, au spinosad (DL50 : 1178,1 et DL90 : 4207,97 ng/insecte) est représenté dans la figure 30. L'insecticide réduit, de manière significative et aux deux doses testées, le taux du GSH à 24 ( $p=0,002$  et  $<0,001$ ), 48 ( $p<0,001$ ) et 72 heures ( $p=0,002$  et  $<0,001$ ) après traitement, comparativement aux témoins ; il est noté également un effet dose pour tous les temps. L'analyse statistique (ANOVA) révèle des différences significatives dans le traitement ( $p<0,001$ ), le temps ( $p<0,001$ ) et l'interaction traitements-temps ( $p<0,001$ ).



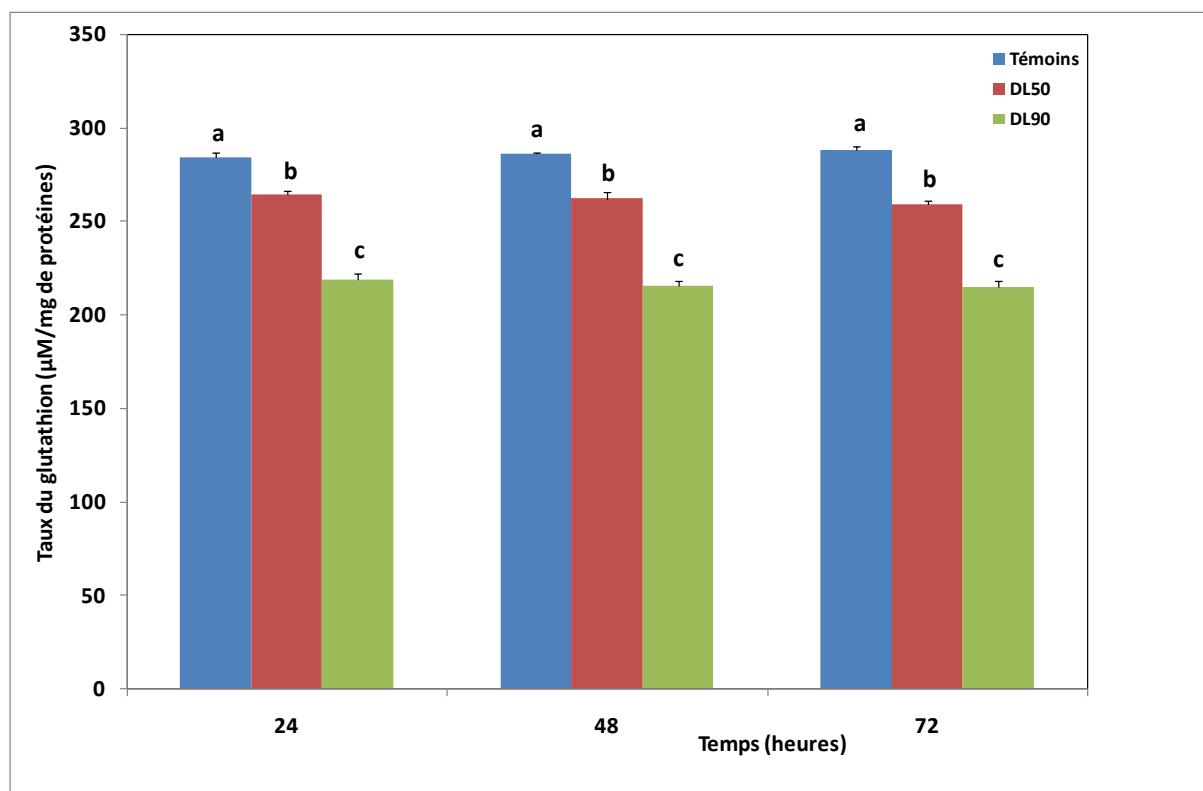


**Figure 30.** Effets du spinosad, administré par application topique à 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le taux du glutathion ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes de *B. orientalis*, témoins et après 24, 48 et 72 heures de traitement avec l'acide borique (DL50 : 21,98 % et DL90 : 79,79 %) est précisé dans la figure 31. Le taux du glutathion chez les séries témoins reste constant au cours des différents temps d'exposition ( $p>0,05$ ). Cependant, chez les traités, une diminution significative du taux du glutathion est enregistrée à la DL50 ( $p=0,002$  ; 0,014 et 0,001 respectivement) et à la DL90 ( $p\leq 0,001$ ), avec un effet dose-dépendant ( $p=0,001$  ; 0,008 et 0,001 respectivement) après 24, 48 et 72 heures de traitement.

L'analyse de la variance (ANOVA), révèle des différences significatives pour le critère traitement ( $p<0,001$ ), Cependant, aucune différence n'est enregistrée pour le temps ou dans l'interaction traitements-temps ( $p>0,05$ ).



**Figure 31.** Effets de l'acide borique, administré par ingestion à 21,98 % et 79,79 %, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux de la GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.2.6. Comparaison de l'effet des molécules sur le taux du glutathion

Les taux du glutathion GSH enregistrés chez les adultes mâles de *B. orientalis* témoins et traités à la DL50 et la DL90 des différentes molécules testées sont représentés dans les tableaux 19 et 20. La comparaison permet de mettre en évidence des différences significatives entre les témoins et les molécules utilisées, mais aussi entre l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad à 24, 48 et 72 heures. De plus, on note que l'azadirachtine est la molécule qui a le plus d'effets à 48 et 72 h, mais à 24 h, le spinosad est le plus efficace et cela pour les deux doses appliquées. Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification relatifs à la comparaison entre les divers traitements (DL50 et DL90) montrent des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) pour tous les temps (24, 48 et 72 heures).

**Tableau 19:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux du glutathion GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
24	283,89 $\pm$ 2,44 a	264,09 $\pm$ 2,37 b	256,31 $\pm$ 2,80 c	245,17 $\pm$ 2,32 d	*** p<0,001
48	285,86 $\pm$ 0,88 a	261,85 $\pm$ 3,42 b	195,45 $\pm$ 4,27 c	203,35 $\pm$ 2,74 c	*** p<0,001
72	288,03 $\pm$ 1,95 a	259,03 $\pm$ 1,61 b	98,29 $\pm$ 1,35 c	185,35 $\pm$ 3,03 d	*** p<0,001

**Tableau 20:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90), appliqués le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis*, sur le taux du glutathion GSH ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Temps (heures)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
24	283,89 $\pm$ 2,44 a	218,70 $\pm$ 3,28 b	227,16 $\pm$ 4,37 b	211,82 $\pm$ 2,22 c	*** p<0,001
48	285,86 $\pm$ 0,88 a	215,17 $\pm$ 2,78 b	144,71 $\pm$ 0,54c	156,44 $\pm$ 3,92 d	*** p<0,001
72	288,03 $\pm$ 1,95 a	214,53 $\pm$ 3,50 b	86,24 $\pm$ 5,49 c	117,52 $\pm$ 1,04 d	*** p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

Un classement par ordre décroissant du taux de GSH est résumé dans le tableau 21. Les résultats mettent en évidence l'existence de 2 groupes pour la DL50, aussi bien à 24 et 48 heures ; le premier est représenté par les témoins, le second groupe par l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad. A 72 heures, 3 groupes sont constatés, les témoins représentent le premier groupe, l'acide borique et le spinosad forment le deuxième groupe et l'azadirachtine, le troisième groupe. Pour la DL90, le classement relatif au taux de la GSH (Tableau 22), a permis de mettre en évidence 2 groupes distincts à 24h, le premier est représenté par les témoins, le second, par l'azadirachtine, l'acide borique et le spinosad. A 48 et 72 h, 3 groupes sont constatés : le premier groupe, englobe les témoins, le deuxième représente le traitement à l'acide borique et le spinosad et le dernier renferme l'azadirachtine.

**Tableau 21:** Classement par ordre décroissant du glutathion ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
24	Témoins	283,89	A
	Acide borique	264,09	B
	Azadirachtine	256,31	B
	Spinosad	245,17	B
48	Témoins	285,86	A
	Acide borique	261,85	B
	Spinosad	203,35	B
	Azadirachtine	195,45	B
72	Témoins	288,03	A
	Acide borique	259,03	B
	Spinosad	185,35	B
	Azadirachtine	98,29	C

**Tableau 22:** Classement par ordre décroissant du glutathion ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines), chez les adultes de *B. orientalis*, après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Temps (heures)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
24	Témoins	283,89	A
	Azadirachtine	227,16	B
	Acide borique	218,70	B
	Spinosad	211,81	B
48	Témoins	285,86	A
	Acide borique	215,17	B
	Spinosad	156,44	B
	Azadirachtine	144,71	c
72	Témoins	288,03	a
	Acide borique	214,52	b
	Spinosad	117,51	b
	Azadirachtine	86,23	c

### 3. Discussion:

#### 3.1. Toxicologie des différentes molécules

Dans notre étude, nous avons évalué la toxicité de l'azadirachtine et le spinosad par application topique et l'acide borique par ingestion, sur des adultes de *B. orientalis* nouvellement exuviés. Nos résultats révèlent que ces composés ont entraîné une mortalité avec un effet dose et un effet temps ; en effet, les valeurs des DL50 et DL90 ont diminué en fonction du temps. La toxicité des pesticides utilisés se manifeste par des symptômes comme une paralysie et des mouvements désorientés des blattes. Ces observations sont les mêmes que celles décrites avec l'acide borique (Habes *et al.*, 2006) ou encore avec le spinosad (Maiza *et al.*, 2013).

L'innocuité des dérivés de neem a été largement reportée dans la bibliographie, à l'égard de plusieurs prédateurs et parasitoïdes, malgré leurs effets néfastes enregistrés dans les conditions de laboratoire (Schmutterer, 1997). Cependant, l'azadirachtine montre des variations de mortalités en fonction de l'ordre des insectes. Les résultats obtenus chez *B. orientalis* montrent une DL50 qui est de 1937,51 ng/insecte correspondant à la CL50 de 277 ppm. *Schistocerca gregaria* et plusieurs espèces de lépidoptères montrent une forte sensibilité avec de très faible dose (0,007 ppm), tandis que chez les espèces d'hémiptères et de coléoptères, la CL 50 est de 100 ppm (Mordue *et al.*, 2005). Cependant, d'autres espèces sont moins sensibles et chez *Damalinia limbat*, une concentration de 650 ppm réduit la population après 2 à 18 semaines de traitement (Habluetzel *et al.*, 2007). Les mêmes résultats ont été obtenus sur *Damalinia ovis* (Heath *et al.*, 1995 ; Guerrini, 2000), et sur plusieurs groupes d'insectes phytophages (Liu & Stansly, 1995 ; Mitchell *et al.*, 2004 ; Kumar *et al.*, 2005). De plus, Tang *et al.* (2002) ont noté peu d'impact sur la survie des adultes d'un Aphidiinae, *Lysiphelbus testaceipes* (Cresson), exposé à un agrume plongé dans une suspension d'azadirachtine. Par ailleurs, l'azadirachtine a une sélectivité remarquable, et ne présente aucune toxicité à l'égard des vertébrés même avec de très fortes concentrations (Mordue *et al.*, 2005).

Le spinosad, agent de contrôle très efficace (Brickle *et al.*, 2001) particulièrement contre les Lépidoptères (Wanner *et al.*, 2000), est un biopesticide, provoquant des contractions musculaires involontaires, à cause du prolongement de l'hyperexcitation de l'insecte, entraînant une paralysie, en raison de la fatigue neuromusculaire. Par ailleurs, le pesticide

montre des symptômes neurotoxiques aigus chez les insectes, caractérisés par une pseudoparalysie, ainsi nommée parce que les insectes empoisonnés semblent être paralysés, mais peuvent se déplacer, (Wing *et al.*, 2005). Le spinosad, neurotoxique, agit sur le récepteur nicotinique de l'acétylcholine (nAChR), mais dans des sites différents de ceux de l'imidaclopride (Rinkevich *et al.*, 2012). Chez *B. orientalis*, les résultats sur la toxicité montrent des DL50 et DL90 de 1178,1 et 4207,97 ng/insecte, correspondant à des CL respectivement de 168 et 601 ppm. Le spinosad semble être moins efficace chez *B. orientalis* par rapport à *B. germanica* ; en effet, l'application topique du spinosad sur *B. germanica*, a révélé des DL50 de 429 ng/insecte après 6 jours de traitement (Maïza *et al.*, 2013 ; Nasirian *et al.*, 2011). Le spinosad est environ 50 fois moins toxique que les autres insecticides ; en effet, il est noté pour le fipronil (DL50 = 3,9 ng/insecte), l'imidaclopride (96 ng/ insecte), la deltaméthrin (5,4 ng/ insecte) et la perméthrine (75 ng/ insecte) (Maïza *et al.*, 2013).

Les travaux d'El Aw *et al.* (2008), montrent des concentrations létales (CL50) de spinosad de 20,05 et 16 ppm chez les mâles et de 26,96 et 19,11 ppm chez les femelles de *Bactrocera zonata* à 24 et 48 heures respectivement après traitement. El Aw, (2003), note des CL50 du spinosad de 94,4 et 78,3 ppm à 24 et 48 heures, respectivement, à l'égard des larves du deuxième stade de *Spodoptera littoralis*. Le spinosad semble plus toxique sur les adultes de *B. zonata* que sur les larves de *S. littoralis* (El Aw, 2003).

Le spinosad a été utilisé dans plus de 30 pays pour contrôler les lépidoptères, les coléoptères, les diptères et les thysanoptères (Thompson *et al.*, 2000 ; Williams *et al.*, 2004). Il a montré une toxicité élevée contre les lépidoptères (Burkness *et al.*, 2003; Wing *et al.*, 2000) et les coléoptères (Galvan *et al.*, 2005), et une faible toxicité pour les prédateurs des arthropodes et les parasitoïdes (Medina *et al.*, 2001, 2003 ; Cisneros *et al.*, 2002 ; Galvan *et al.*, 2005) tels que : *Orius spp*, *Chrysopa spp*, Coccinelidés et les mites *Phytoseiulus persimilis* (Bret *et al.*, 1997). De plus, il cause une mortalité élevée chez un hyménoptère, *Hyposoter didymator* (Schneider *et al.*, 2004) et chez un Névroptère, *Chrysoperla carnea* (Mandour, 2009). C'est le produit le plus toxique, lorsqu'il est appliqué par voie topique (Salgado *et al.*, 1998). Cependant, il semblerait que l'activité insecticide du spinosad dépend des espèces et est liée aux sous-unités des nAChR (Rinkevich & Scott, 2012). Par ailleurs, cette différence de sensibilité pourrait aussi être expliquée par la régulation intracellulaire des

récepteurs et des canaux ioniques ciblée par les insecticides qui est un processus signalé récemment (Lavialle-Defaix *et al.*, 2010)

De nombreuses études ont démontré l'efficacité des borates dans la préservation du bois contre les termites (Gay & Schulz, 1965 ; Becker, 1966 ; Johnson & Gutzner, 1978 ; Chen *et al.*, 1986). Barson, en 1982 utilise l'acide borique à une dose de 50 % contre les blattes germaniques et il constate une mortalité au bout de 7 jours, un temps létal (TL50) de 3,3 jours et une TL95 de 6,8 jours. Wright & Hillman en 1973, constatent que l'application de l'acide borique en poudre contre *B. germanica* réduit la population dans les appartements de 95 % pendant deux semaines, de 37 % pendant 1 mois et de 98 % pendant 6 mois. Ebeling *et al.* (1975) observe une mortalité de 50 % au bout de 52 heures chez les blattes germaniques traitées à l'acide borique (40 %). Les travaux de Habes *et al.* (2006) sur *B. germanica*, montrent que les doses létales (DL50 et DL90) de l'acide borique enregistrées à 144 h sont de 8,2 et 49,62 % respectivement. Par contre la sensibilité semble moindre chez *B. orientalis*, où nos résultats montrent des doses plus fortes (21,98 % pour la DL50 et 79,79 % pour la DL90). Par ailleurs, la combinaison de l'acide borique (0,05g) et du champignon, *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) (0,4g) a provoqué la mortalité de 100% de la population de *B. germanica* après 8 jours (Zurek *et al.*, 2002). Chez les Blattes adultes, l'acide borique est moins toxique que les insecticides conventionnels ; en effet, la DL50 du malathion est de 464,8 µg/g, (Abd-Elghafar *et al.*, 1990) et la cyperméthrine 0,90 µg/g (Vontas *et al.*, 2000); le fipronil et le chloropyrifos présentent respectivement une DL50 de 0,03 et 0,06 µg/g (Kaakeh *et al.*, 1997)

Les résultats obtenus indiquent, également, que la dose dépend du temps de traitement pour tous les pesticides ; en effet, Strong *et al.* (1993) et Rust *et al.* (1995) observent que les adultes de *B. germanica* traités par l'acide borique, présentent une dose létale de 150 à 200 µg/insecte et constatent que le temps décroît au fur et à mesure que l'acide borique est consommé; l'appât contenant 20 % d'acide borique provoque une mortalité des blattes au bout de 10 jours alors que celui contenant 2,5 % d'acide borique provoque une mortalité au bout de 30 jours. Le mode d'action de l'acide borique vis à vis des insectes, est inconnu, mais on suggère une destruction du tractus digestif (Ebeling, 1975).

### 3.2. Biomarqueurs enzymatiques

La lutte chimique contre les organismes nuisibles (rongeurs, arthropodes vecteurs de maladies ou ravageurs de culture) se traduit invariablement par la sélection d'individus résistants, c'est à dire capable de survivre et de se reproduire malgré la présence dans leur environnement de composés toxiques pouvant tuer des individus dits sensibles (Magnin *et al.*, 1985).

En dépit des diversités chimiques des insecticides et biologiques des ravageurs, seulement un petit nombre de mécanismes enzymatiques est capable de détoxifier les insecticides en métabolites moins toxiques (Soderlund, 1997). Ces mécanismes sont généralement classés en trois:

- Le premier est dû à une diminution de la pénétration cuticulaire qui est un mécanisme de résistance de moindre importance mais qui peut contribuer en association avec d'autres à augmenter le niveau de résistance (Georghiou, 1994 ; Pasteur & Reymond, 1996 ; Taylor & Feyereison, 1996).
- Le deuxième mécanisme, relativement le plus important, assure une bonne détoxification des différents tissus de l'organisme, est lié à une augmentation du taux des divers enzymes de détoxification (Soderlund, 1997) tels que les mono-oxygénases à cytochrome P450 (Kassi *et al.*, 1998 ; Scott, 1999), les estérases (Field *et al.*, 1999 ; Zhu *et al.*, 1999 ; Harold & Ottea, 2000) et les glutathions-S-transférases (Parapanthadara *et al.*, 2000 ; Yu & Abo-Elghar, 2000 ; Sun *et al.*, 2001).

Enfin, le troisième mécanisme qui traite de l'altération des sites cibles et leur insensibilité aux insecticides. Parmi ces sites cibles, on note les canaux sodium, les récepteurs GABA et surtout une enzyme clé du système nerveux, l'acétylcholinestérase (Rufingier *et al.*, 1999 ; Tomita *et al.*, 2000 ; Siegfried & Scharf, 2001).

La compréhension des altérations biochimiques, essentiellement enzymatiques, induites par l'exposition aux pesticides pourrait contribuer à prédire l'effet toxique se produisant au niveau de l'organisation biologique (Fransco & Guilhermino, 2002) et orienter ainsi, les organismes décideurs, vers un choix raisonné dans les molécules par rapport à l'agent nuisible à contrôler.

### **3.2.1. Effets des insecticides sur l'activité de l'acétylcholinestérase:**

Les activités neurologiques et comportementales des animaux peuvent être extrêmement sensibles à la contamination environnementale (Doving, 1991; Scherer, 1992; Silbergeled, 1993; Costa, 1996).

Plus de 90 % des insecticides de synthèse sont des organophosphorés, des carbamates et des pyréthrinoïdes, avec des sites d'action localisés dans le système nerveux, dont l'acétylcholinestérase (AChE) est le plus important (Haubruge & Amichot, 1998).



L'AChE, estérase appartenant à la famille des hydrolases, est une enzyme clé du système nerveux central des insectes, elle joue un rôle crucial dans la neurotransmission cholinergique par l'hydrolyse rapide du médiateur chimique, l'acétylcholine (Guèdes *et al.*, 1997 ; Jensen, 1998 ; Ischaaya, 2001). En effet, l'influx nerveux arrivant dans la terminaison pré-synaptique entraîne une libération d'acétylcholine qui se fixe sur des récepteurs membranaires post-synaptique. Cette fixation permet l'ouverture des canaux sodium et potassium qui entraîne la dépolarisation de l'élément post-synaptique. L'hydrolyse de l'acétylcholine par l'AChE permet la fermeture des canaux associés aux récepteurs du neurotransmetteur. L'AChE est un site cible de divers insecticides à action neurotoxique, essentiellement les organophosphorés et les carbamates (Cassanelli *et al.*, 2006 ; Alout *et al.*, 2007). La résistance à ces composés se traduit par une réduction de l'inhibition de cette enzyme (désensibilisation), phénomène résultant de l'utilisation intensive de ces pesticides (Bisset *et al.*, 2006). En effet, l'exposition à des insecticides peut conduire progressivement à une inhibition irréversible de l'AChE, et produit un effet toxique défini par un changement structural ou une altération fonctionnelle du système nerveux (Braquenier, 2009 ; Samuel & Laurent, 2005). La désensibilisation de l'AChE aux effets de divers pesticides en relation avec le développement de phénomènes de résistance a été largement rapportée dans la littérature.

L'analyse de nos résultats obtenus après dosage de l'activité enzymatique de l'AChE chez *B. orientalis* traitée par ingestion à l'acide borique et par application topique au spinosad, révèle une diminution des taux de l'AChE chez les séries traitées comparativement aux séries témoins. Cette diminution est probablement due à l'inhibition de cette enzyme par le traitement. Aucun effet n'est constaté après traitement à l'azadirachtine. Cependant cette molécule cause une inhibition de l'activité de l'AChE chez *Nilaparvata lugens* (Senthil Nathan *et al.*, 2008). Par ailleurs, la neurotoxicité de l'azadirachtine à l'égard de *Periplaneta americana* a aussi été rapportée par Shafeek *et al.* (2004) ; une action excitatrice de l'activité électrique du système nerveux des blattes est noté avec interférence sur les canaux ioniques de la membrane des neurones. Le spinosad n'agit pas sur l'AChE comme les organophosphorés mais pourtant il est constaté une forte inhibition de ce marqueur de neurotoxicité; des effets similaires sont observés chez *Spodoptera littoralis* traitée par la même molécule (Abd El Mageed & Elgohary, 2006). Cette

diminution dans l'activité de l'AChE, peut être expliquée par l'effet indirect du pesticide comme blocage du potentiel d'action du système nerveux causé par l'effet toxique. Un autre pesticide, l'indoxacarbe qui agit sur les canaux sodium et non sur l'AChE cause aussi une diminution de l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase et de la phosphatase (Gamil *et al.*, 2011).

L'altération des sites cibles de l'AChE est citée chez *B. germanica*, après traitement par l'acide borique, insecticide inorganique (Sifi, 2002 ; Gore & Schal, 2004 ; Habes *et al.*, 2006), ou encore des carbamates comme le benfuracarbe (Maiza, 2004) ou le bendiocarbe (Valles, 1998) et chez *Periplaneta americana* traitée avec un inhibiteur de la synthèse de la chitine, le diflubenzuron (Wutting *et al.*, 1991).

L'inhibition de l'AChE a aussi été observée chez *Drosophila melanogaster* (Charpentier *et al.*, 2000) traitées par différents organophosphorés essentiellement le chloriprifos-éthyl-oxon. Une inhibition a été également enregistrée chez le puceron *Nasonovia ribisnigri* traité au propoxure et au primicarbe (Rufingier *et al.*, 1999). Ce même effet a été également rapportée chez de nombreuses autres espèces d'arthropodes telles que les crustacés comme *Penaeus stylirostris*, traitée au fenithion (Lingnot *et al.*, 1998), *Porcellio dilatatus* soumis à l'action du parathion (Ribeiro *et al.*, 1999) et le copépode *Tigriopus brevicornis* traité au carbofuron et malathion (Forget *et al.*, 1999), mais aussi des espèces invertébrés comme chez les mollusques gastéropodes *Lymnaea stagnalis* et *Lymnaea acuminata* (Varanka, 1968 ; Singh & Agrawal, 1983) et chez les nématodes (Edwards & Fisher, 1991). Certaines études ont mis en évidence que l'activité de l'AChE peut être inhibée par des contaminants environnementaux autres que les organophosphorés et les carbamates incluant certains agents sulfactants, les hydrocarbures combustibles et essentiellement les métaux lourds (Bocquené *et al.*, 1997). Ces études concernent principalement les métaux lourds et leur effet sur les organismes aquatiques (Herbert *et al.*, 1995) tels que les crustacés *Daphnia magna* et *Tigriopus brevocornis* traités à l'arsenic, le cadmium et le cuivre (Guilhermino *et al.*, 1996 ; Forget *et al.*, 1999), les mollusques *Mytilus galloprovincialis* traités au cadmium, cuivre, plomb, zinc (Dellali *et al.*, 2001), *Perna perna* soumis à l'action du cadmium, cuivre et zinc (Najimi *et al.*, 1997) et enfin *Ruditapes decussatus* traité essentiellement au cuivre, cadmium et plomb (Hamza-Chaffi *et al.*, 1998 ; Dellali *et al.*,

2001). L'inhibition de l'AChE est donc de plus en plus utilisée comme indicateur de pollution par ces contaminants.

A l'opposé, d'autres travaux signalent une augmentation de l'AChE, notamment chez *Musca domestica* (Voss, 1980), *Drosophila melanogaster* (EL Abidine Salam & Pinsker, 1981), *Heliothis virescens* (Harold & Ottea, 1997) et enfin, chez *Bemisia tabaci* (Anthony *et al.*, 1998). Les travaux de Sarita *et al.* (2010), ont mis en évidence une augmentation de l'activité de l'AChE chez les souches résistantes de *P. xylostella*. Cette augmentation des taux d'AChE pourrait s'expliquer soit par une modification des fonctions catalytiques de l'enzyme (Fournier *et al.*, 1992 ; Byrne & Devonshire, 1997 ; Charpentier *et al.*, 2000), soit par une surproduction des quantités d'AChE (Voss, 1980 ; Fournier *et al.*, 1992) ou alors par une modification du gène codant pour cette enzyme (Jensen, 1998 ; Tomita *et al.*, 2000 ; Siegfried & Scharf, 2001).

En effet, la résistance aux insecticides suite à une mutation au niveau des gènes codants pour l'AChE, a été mise en évidence chez plusieurs insectes, comme la résistance aux organophosphorés chez *M. domestica* (Vontas *et al.*, 2002), *Culex tritaeniorhynchus* (Nabeshima *et al.*, 2004), et enfin *Tetranychus urticae* (Anazawa *et al.*, 2003), et *Aphis gossypii* (Li & Han, 2004), mais aussi aux carbamates comme chez *Culex tritaeniorhynchus* (Nabeshima *et al.*, 2003) ou encore aux pyréthrinoides tels que chez *B. germanica* (Kristensen *et al.*, 2005) et *M. domestica* (Walsh *et al.*, 2001).

### **3.2.2. Activité des glutathion-S-transférases :**

Les glutathion-S-transférases (EC : 2.5.1.18) ont un rôle important dans la détoxification des substances xénobiotiques exogènes ou endogènes en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogène (Jakoby & Habig, 1980), dans la protection contre les stress oxydatif et intervient dans le transport intracellulaire des hormones chez divers organismes (Zhou *et al.*, 2009). Chez les insectes, l'augmentation de cette enzyme traduit une mise en place du processus de détoxification qui est une forme de défense de l'insecte contre le pesticide (Clark, 1989) et est directement relié avec la résistance aux organochlorés, organophosphorés et divers autres insecticides (Hemingway *et al.*, 1985 ; Grant & Matsumura, 1992 ; Lagadic *et al.*, 1993 ; Chiang & Sun, 1993 ; Valles &

Yu, 1996). Néanmoins, les GSTs ne semblent pas exercer d'effet sur le mécanisme de résistance à la cyperméthrine et au chlorpirifos chez *B. germanica* (Scharf *et al.*, 1998).

L'activité spécifique des GSTs chez les adultes de *B. orientalis* a été évaluée à 24, 48 et 72 h. Les résultats obtenus montrent que l'activité spécifique de la GST, augmente de manière significative à partir de 24 h après traitement au spinosad, azadirachtine et acide borique et ce, comparativement aux témoins. L'azadirachtine est la molécule qui induit le plus le système de détoxification par rapport à l'acide borique et le spinosad. Des résultats similaires ont montré que les activités GST augmentent chez *B. germanica* traitée par un pyréthroïde, la cyperméthrine (Valles *et al.*, 2000); mais aussi par un insecticide inorganique l'acide borique (Habes *et al.*, 2006). L'élévation de l'activité des GSTs a été signalé chez 8 espèces de Blattes traitées au propoxur (Valles *et al.*, 1999), et chez *Spodoptera frugiperda* traitée à la triazine (Yu, 2004). Des résultats identiques ont été également signalés chez *Musca domestica* traitée par un organochloré, le DDT (Sohail *et al.*, 1998) et chez *Choristoneura rosaceana* traitée à l'azadirachtine (Smirle *et al.*, 1996). L'induction de la GST est rapportée chez *Drosophila pseudoobscura* exposée aux différents polluants atmosphériques (Dannau *et al.*, 2003) et chez différentes souches de Blattes germaniques traitées aux différents insecticides (Hemingway *et al.*, 1993). Cette élévation a été également enregistrée chez *Anopheles dirus* traités au DDT (Parapanthadara *et al.*, 2000), *Pyrausta sticticalis* (Leonova & Slinko, 2004), *Lygus lineolaris* (Zhu *et al.*, 2007), *Ochlerotatus cataphylla* (Boyer *et al.*, 2006) et chez *Oreochromis mossambicus* (Rao, 2006).

Toutefois, des diminutions significatives dans l'activité de la GST ont été rapportées chez la mouche domestique, *Musca domestica*, traitée au fenitrothion (Ahmed & Wilkins, 2002) et chez *Galleria mellonella*, traitée à de fortes concentrations d'acide borique (Hyrskyl *et al.*, 2007).

Nos résultats révèlent une corrélation entre l'induction du système de détoxification et la neurotoxicité des molécules. En effet, il semblerait que seuls les insecticides les plus neurotoxiques (acide borique et spinosad) induisent plus fortement et de manière significative l'activité des GSTs.

Plusieurs études ont montré l'importance du système enzymatique dans la résistance aux insecticides (Haubruge & Amichot, 1998). Chez *B. germanica*, le changement de

l'activité enzymatique de la GST et de l'AChE (Ya *et al.*, 2009 ; Gondhalekar & Sharf, 2012) de la P450 monooxygénase et des estérases (Chai & Lee, 2010) est étroitement lié avec le développement de la résistance aux insecticides. De plus, les enzymes de détoxification, telles que les GSTs, les estérases interviennent dans la résistance au spinosad chez certaines espèces d'insectes (Reyes *et al.*, 2012; Sayyed *et al.*, 2008). L'accroissement de l'activité spécifique des GSTs peut provenir soit d'une modification de la conformation de l'enzyme la rendant plus efficace soit d'une production accrue de protéine, pouvant parfois représenter jusqu'à 12% des protéines totales d'un individu. La surproduction d'enzymes peut être due à une modification d'un gène régulateur contrôlant le degré d'expression de l'enzyme, et à une augmentation du nombre de copies du gène qui code pour ces enzymes (Cédric, 2008). L'induction des mécanismes de détoxification semblent faciliter l'adaptation de l'organisme à ces nouvelles conditions physiologiques (Breuer *et al.*, 2003).

### **3.2.3. Taux du glutathion :**

Le système de défense antioxydant est présent chez toutes les cellules aérobiques, neutralisant les réactions chimiques intermédiaires produites par voie endogène et/ou le métabolisme des xénobiotiques (Kappus, 1987 ; Winston & Di Giulio, 1991). L'activité du système antioxydant peut subir une augmentation ou une inhibition sous l'effet d'un stress oxydatif, ces deux types de réponses dépendent de la durée du stress d'une part et de la sensibilité de l'espèce exposée d'autre part ; l'induction du système de défense antioxydant peut être considéré comme une adaptation de l'organisme à un environnement pollué (Droge, 2002).

Le glutathion est un tripeptide non-protéique soluble dans l'eau constitué de trois acides aminés ; glutamate, cystéine et glycine (L- $\gamma$ -glutamyl-L cysteinyl glycine), produite naturellement dans le corps (Meister & Anderson, 1983), que l'on trouve en concentration assez élevée (1-10 mM) dans presque toutes les cellules vivantes (animaux, végétaux et humaines) (Gauthier, 1997 ; Barbaro *et al.*, 1997). Le glutathion est un biomarqueur non-enzymatique joue un rôle central dans le processus de défense intracellulaire. C'est le principal système impliqué dans la détoxification des ions peroxyde et dans la lutte contre le stress oxydatif (Gannagé-Yared *et al.*, 1998). Le glutathion existe sous deux formes, oxydée GSSG et réduite GSH, et ces enzymes comprennent la glutathion peroxydase (GPx)

et la glutathion-S-transférase (GST) qui sont impliqués dans la détoxification (Yu, 1994 ; Kizek *et al.*, 2004 ; Zehnalek *et al.*, 2004). Une déficience en GSH expose les cellules à un risque de dommage oxydatif.

En plus de la détoxification et la défense cellulaire, le GSH joue un rôle dans les autres réactions cellulaires, comme la catalyse, le métabolisme, la transduction du signal, l'expression des gènes, la régulation des protéines, l'apoptose, et également en empêchant le dommage de l'ADN et les autres macromolécules par la réduction des ribonucléotides en désoxyribonucléotides (Barbaro *et al.*, 1997 ; Bounous, 1991). Le ratio GSH/GSSG doit être maintenu optimal dans la cellule car il est déterminant pour la survie. Une déficience du GSH se traduit par des troubles pathologiques tels que le cancer et les désordres neuro-dégénératifs (Lagadic *et al.*, 1997).

Une réduction des teneurs en GSH est enregistrée dans notre étude chez les individus de *B. orientalis* traitées au spinosad, azadirachtine et acide borique, pendant 24, 48 et 72 h comparativement aux séries témoins. En accord, avec nos résultats, plusieurs travaux obtenus aident à mieux expliquer la relation entre la diminution du taux de GSH et l'administration de molécules exogènes. Souissi *et al.* (2008), ont rapporté une diminution des taux de GSH chez *Eurytemora affinis* traitée au cadmium. Des résultats similaires sont observés chez *Galleria mellonella* après traitement par le malathion (Buykguzel, 2009), chez *C. virginica* exposés à un mélange de polluants industriels (Ringwood *et al.*, 1999) et chez le bivalve, *Unio tumidus*, exposé au cuivre (Doyotte *et al.*, 1997 ; Cossu *et al.*, 2000). Les travaux de Sifi (2009), ont montré également une diminution des taux du GSH chez les individus de *Donax trunculus* provenant d'un site pollué. Outre, le stress oxydatif par l'arsenic conduit à une diminution du taux de GSH chez *Saccharomyces cerevisiae* (Todorova, 2007). L'application d'inhibiteurs de synthèse de chitine comme le DFB et du FCX chez *G. affinis*, affecte le taux de la GSH, et cette réponse est plus marquée avec le FCX (Zaidi & Soltani, 2011).

La diminution du GSH pourrait être expliquée également par une consommation accrue de ce cofacteur par les GSTs afin de détoxifier l'organisme. De plus, cette diminution du GSH traduit également une réduction du système antioxydant non enzymatique. Toutefois, une augmentation des taux de GSH a été rapportée chez *B. germanica* traitée à l'acide borique (Kilani-Morakchi, 2000), *Epiphyas postvittana* traité au

méthylazinphos (Armstrong & Suckling, 1988) et *Tribolium castaneum* sous l'effet du cyfluthrine (Reidy *et al.*, 1990).

## Chapitre 3 : Reproduction

### 1. INTRODUCTION

Le potentiel reproducteur des insectes reste le facteur le plus important de leur indéniable pullulation. L'étude de la reproduction est donc capitale dans toute approche raisonnée pour diminuer sensiblement les dégâts causés par ces insectes. Le contrôle de la capacité reproductrice des insectes est un élément fondamental auquel le physiologiste peut apporter une contribution significative.

De nombreuses études réalisées sur divers ordres d'insectes ont démontré l'implication de l'hormone juvénile, de l'ecdysone ainsi que certaines neurohormones dans le contrôle de la physiologie de la reproduction (Gade *et al.*, 1997 ; Bellés & Maestro, 2005 ; Gade & Hoffmann, 2005). Les hormones juvéniles et les ecdystéroïdes assurent conjointement un rôle gonadotrophique. Chez la femelle adulte, ces hormones entrent en jeu dans le contrôle des différents aspects de la vitellogénèse (Hagedorn, 1985 ; Lanot *et al.*, 1989 ; Gade *et al.*, 1997) notamment la synthèse et l'incorporation des protéines du vitellus, l'activité des follicules ovariens et des glandes sexuelles accessoires (Gade *et al.*, 1997).

Chez les invertébrés, les systèmes nerveux et endocrine ne fonctionnent pas de manière isolée l'un de l'autre mais dans un complexe intégré ou système neuroendocrinien où l'action hormonale reste sous la dépendance des neurosécrétions (Eckert *et al.*, 1999). L'activité ovarienne est donc régulée par des facteurs intrinsèques, neurohormones et hormones, mais aussi extrinsèques environnementaux (accouplement, prise de nourriture, phéromones, température....) qui

déterminent de manière directe ou indirecte l'activation des voies endocrines et neuroendocrines conduisant à la reproduction.

Chez les insectes, sont observés au cours du développement (larve, puppe et adulte) des fluctuations métaboliques liées aux différents états physiologiques (Nowosielski & Patton, 1965). Selon Galois (1987), les fortes variations des différents métabolites s'observent pendant le cycle de mue, la vitellogénèse et l'embryogénèse. En effet, durant ses différents stades évolutifs (stade larvaire, nymphal, imaginal), des modifications métaboliques intenses liées aux différents systèmes hormonaux et neurosécrétoires sont observées (Buck, 1953 ; Lamy, 1964 a ; Lamy, 1964 b ; Marty, 1968 ; Lamy, 1969).

Par ailleurs, les xénobiotiques présentent des impacts sur le phénomène de reproduction de par leur action antagoniste d'hormone ou de leur neurotoxicité. Aussi, et en raison des relations étroites entre les systèmes nerveux et neuroendocrinien, nous examinons dans ce chapitre les effets de l'azadirachtine, du spinosad et de l'acide borique, sur la reproduction des femelles de *B. orientalis* mais aussi *B. germanica*, en évaluant leurs impacts sur la morphométrie (nombre d'ovocytes et taille de l'ovocyte basal) et la biochimie des ovaires (contenu en protéines, glucides et lipides).

Concernant la première espèce, les effets des pesticides ont été évalués au cours des deux cycles gonadotrophiques successifs ; cependant, pour la seconde espèce, il a été considéré, seulement, le deuxième cycle gonadotrophique qui se produit après le dépôt de la première oothèque.



## 2. RESULTATS

### 2.1. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez *B. orientalis* au cours du premier cycle gonadotrophique

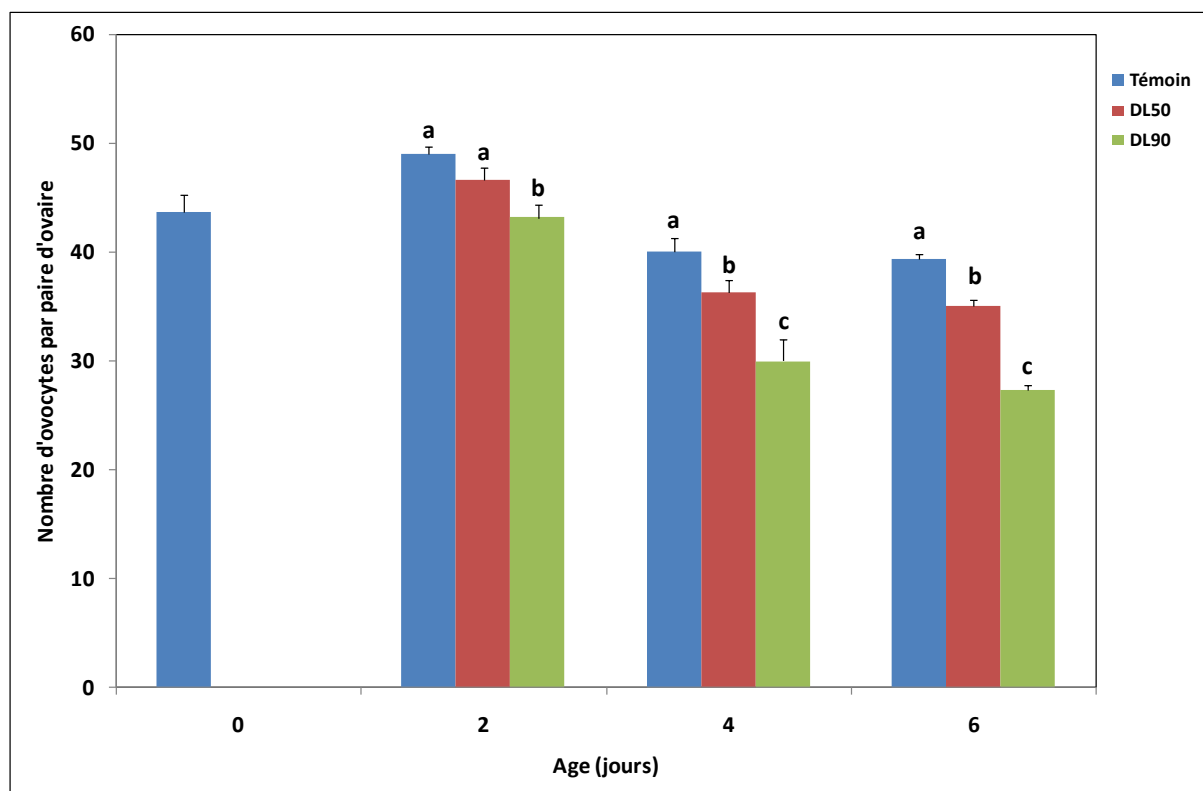
L'azadirachtine et le spinosad ont été administrés par application topique alors que l'acide borique a été administré par ingestion sur des adultes femelles de *B. orientalis* nouvellement exuviées (0 jour). Les effets de ces molécules ont été évalués sur différents paramètres morphométriques de l'ovaire (nombre d'ovocytes par paire d'ovaire et la taille de l'ovocyte basal) au cours de la vie adulte (0, 2, 4 et 6 jours).

#### 2.1.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire

##### 2.1.1.1. Nombre d'ovocytes par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

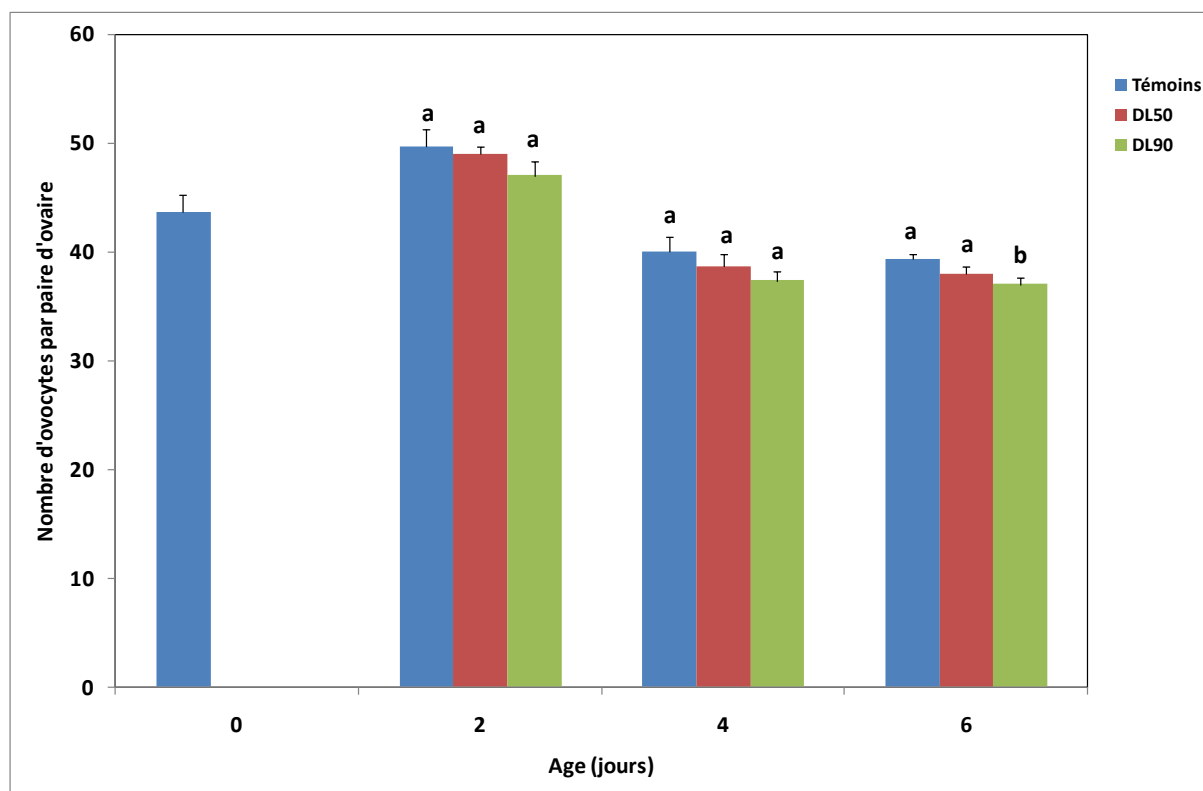
Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire, chez les séries témoins de *B. orientalis* augmente significativement de 0 à 2 jours ( $p < 0,001$ ) puis diminue à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ) après l'émergence adulte; le même profil est retrouvé chez les femelles traitées à l'azadirachtine mais une réduction dans le nombre d'ovocytes est observé. L'azadirachtine administrée, à la (DL50 : 1937,51 ng/insecte), réduit significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires à 4 ( $p = 0,008$ ) et à 6 jours ( $p = 0,023$ ) comparativement aux témoins. Cependant, à la dose la plus élevée (DL90 : 8732,18 ng/insecte), une diminution significative est constatée à tous les âges testés, 2 ( $p = 0,038$ ), 4 ( $p = 0,003$ ) et 6 jours ( $p = 0,002$ ) (Figure 32). De plus, un effet dose est observé à 2 ( $p = 0,044$ ); 4 ( $p = 0,019$ ) et 6 jours ( $p = 0,013$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification, montre des différences significatives pour le traitement ( $p < 0,001$ ), l'âge ( $p < 0,001$ ) et l'interaction traitement-âge ( $p = 0,033$ ).



**Figure 32.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

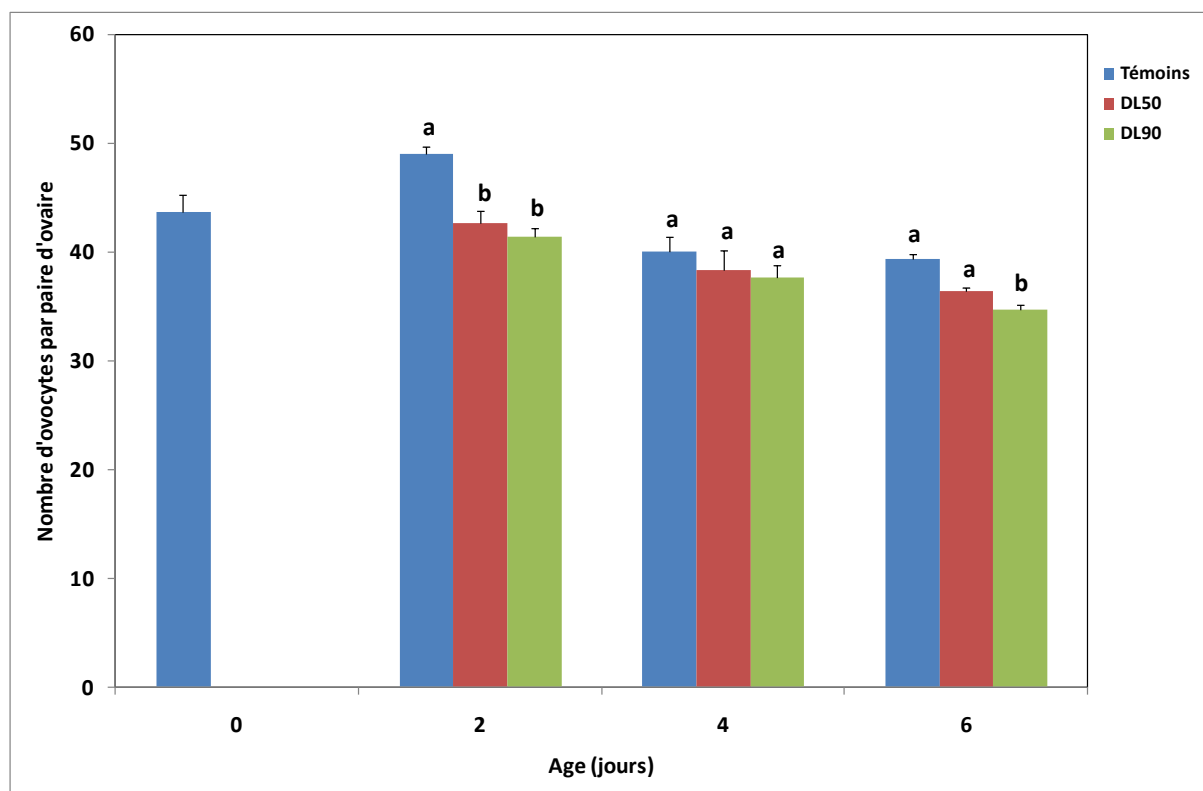
Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire chez les séries témoins et traitées augmente significativement ( $p < 0,001$ ) à 2 jours puis diminue à 4 et 6 jours (Figure 33). La comparaison entre les séries témoins et les séries traitées à la DL50 (1178,1 ng/insecte), ne montre aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) dans le nombre d'ovocytes. Par contre, une différence significative est observée à 6 jours ( $p = 0,020$ ) pour la plus forte dose. Les résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification montre des différences significatives ( $p = 0,008$ ) dans le traitement et l'âge ( $p < 0,001$ ).



**Figure 33.** Effets du spinosad (DL50 et DL90), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire, diminue de façon significative chez les séries témoins ( $p<0,001$ ) et traitées à la DL50 ( $p=0,003$ ) et la DL90 ( $p<0,001$ ) de *B. orientalis* (Figure 34). Chez les séries traitées à la DL50 (21,98%), le nombre d'ovocytes diminue significativement à 2 jours ( $p=0,011$ ) comparativement aux témoins. Cependant, à la DL90 (79,79%), le traitement affecte le nombre d'ovocytes à 2 ( $p=0,002$ ) et 6 jours ( $p=0,005$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification indique un effet traitement ( $p<0,001$ ), un effet âge ( $p<0,001$ ) et une interaction traitement- âge ( $p=0,036$ ).



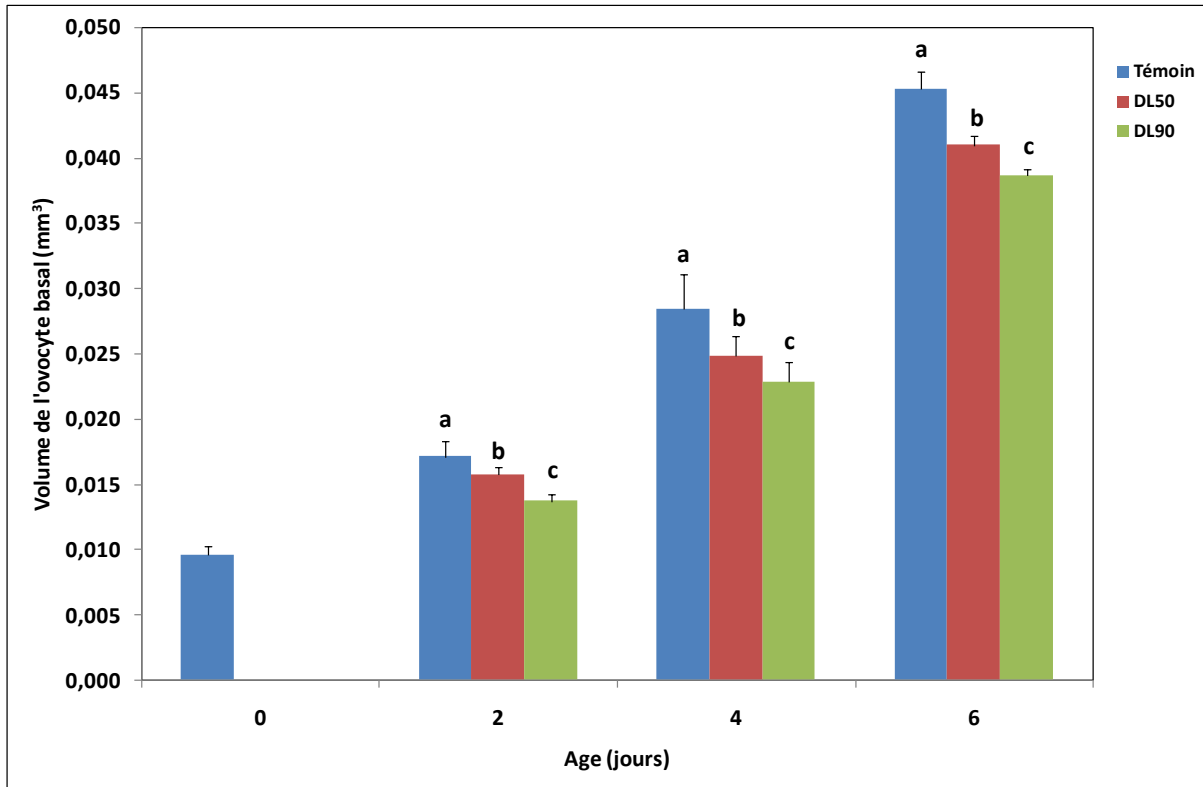
**Figure 34.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

#### 2.1.1.2. Volume de l'ovocyte basal

- *Effets de l'azadirachtine*

Le volume de l'ovocyte basal, chez les séries témoins et traitées, augmente significativement au cours du cycle gonadotrophique des femelles de *B. orientalis* ( $p < 0,001$ ) (Figure 35). L'application topique de l'azadirachtine à l'émergence réduit significativement le volume de l'ovocyte basal à 2 ( $p=0,026$  et  $0,005$ ), 4 ( $p=0,002$  et  $0,002$ ) et 6 jours ( $p=0,027$  et  $0,008$ ). Cet effet, observé pour les deux doses testées, présente une relation dose réponse à 2, 4 et 6 jours ( $p=0,037$  ;  $0,018$  et  $0,005$  respectivement)

L'ANOVA montre pour le volume de l'ovocyte basal, un effet traitement ( $p=0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p < 0,001$ ).

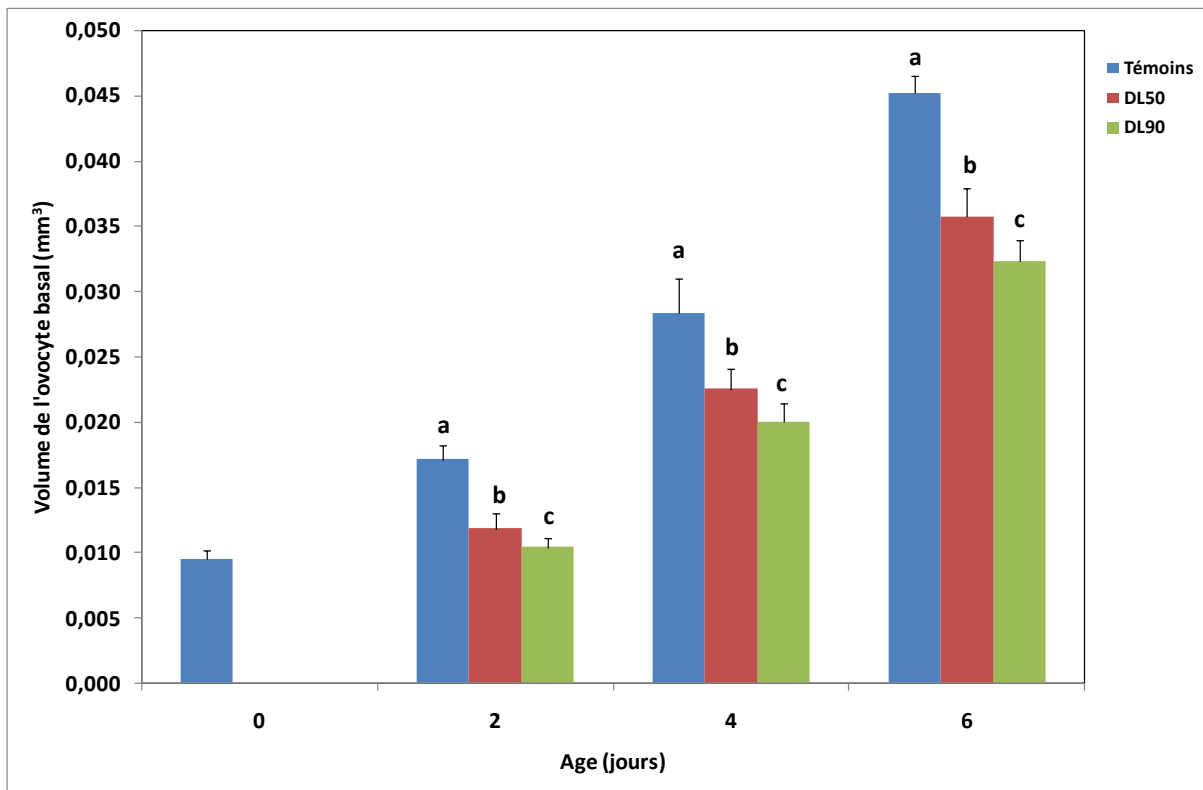


**Figure 35.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le volume de l'ovocyte basal augmente de manière significative ( $p < 0,001$ ) de 0 à 6 jours après l'émergence des femelles adultes. Après traitement au spinosad (Figure 36) à la DL50 et la DL90, une diminution significative, dans le volume de l'ovocyte basal est noté à 2 ( $p=0,001$  et  $<0,001$ ), 4 ( $p=0,001$  et  $0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,003$  et  $0,001$ ) ; Un effet dose est aussi enregistré ( $p = 0,027$  ;  $p = 0,022$  et  $p = 0,035$ ).

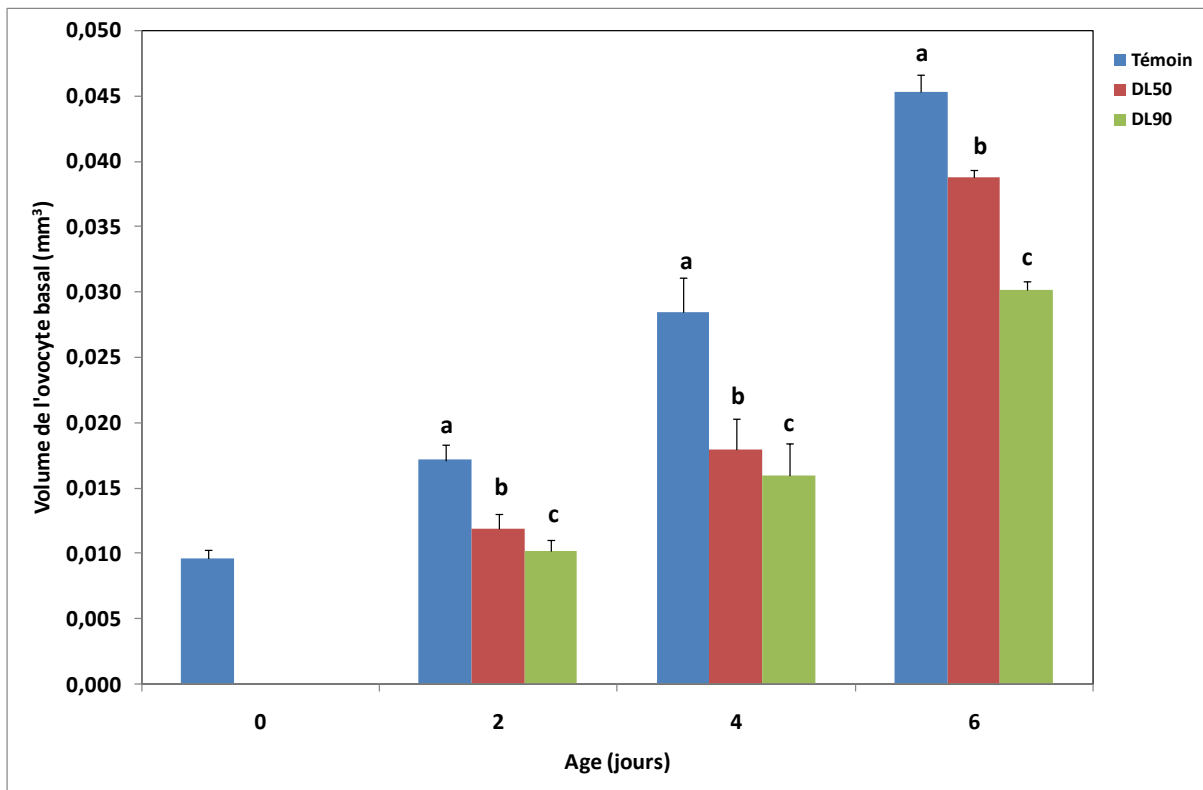
L'analyse de la variance à 2 critères de classification révèle un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p=0,029$ ).



**Figure 36.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Chez les séries témoins et traitées à l'acide borique (DL50 et la DL90), le volume de l'ovocyte basal, marque une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) durant la période testée (Figure 37). La comparaison des valeurs moyennes montre que l'acide borique (DL50 et DL90) entraîne une diminution significative du volume de l'ovocyte basal à 2 ( $p=0,001$  et  $p < 0,001$ ), 4 ( $p=0,003$  et  $0,002$ ) et 6 jours ( $p=0,001$  et  $p < 0,001$ ) respectivement (Figure 37). De plus, un effet dose est signalé à tous les âges testés ( $p=0,014$  à 2 jours et  $p < 0,001$  à 4 et 6 jours). ANOVA indique un effet traitement ( $p < 0,001$ ) et un effet âge ( $p < 0,001$ ).



**Figure 37.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

## 2.1.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire :

### 2.1.2.1.. Nombre d'ovocytes :

La comparaison des moyennes a permis de mettre en évidence des différences significatives dans le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires entre les témoins et les traités à l'acide borique (DL50) à 2 jours ( $p=0,011$ ) et entre les témoins et les traités à l'azadirachtine (DL50) à 4 jours ( $p=0,008$ ) et 6 jours ( $p=0,023$ ). Après traitement au spinosad, des différences entre témoins et traités sont observées seulement à la dose la plus forte (Tableaux 23 et 24). De plus, on remarque que l'azadirachtine est la molécule la plus efficace à 4 et 6 jours pour la DL50 et la DL90, comparativement aux deux autres traitements appliqués.

L'analyse de la variance à un critère de classification effectuée pour chaque âge et en fonction des différentes molécules utilisées, montre des différences hautement

significatives entre les traitements à 2 ( $p=0,002$ ) et 6 jours ( $p=0,001$ ) pour la DL50 et à tous les âges testés ( $p\leq 0,001$ ) pour la DL90.

**Tableau 23:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	$p>0,05$
2	49,66 ± 1,55 a	42,66 ± 1,11 b	46,67 ± 1,11 a	49,00 ± 0,67 a	** $p=0,002$
4	40,00 ± 1,33 a	38,33 ± 1,77 a	36,33 ± 1,11 b	38,66 ± 1,11 a	$p>0,05$
6	39,33 ± 0,44 a	36,33 ± 0,44 a	35,00 ± 0,67 b	38,00 ± 0,66 a	*** $p=0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 24:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	43,67 ± 1,56 a	$p>0,05$
2	49,66 ± 1,55 a	41,33 ± 1,15 b	43,17 ± 1,22 b	47,00 ± 1,33 a	*** $P=0,001$
4	40,00 ± 1,33 a	37,66 ± 1,52 a	30,00 ± 2,00 b	37,33 ± 0,88 a	*** $P=0,001$
6	39,33 ± 0,44 a	34,66 ± 0,57 b	27,33 ± 0,44 c	37,00 ± 0,66 d	*** $p<0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

Un classement des différentes molécules (DL50) utilisées selon leurs effets sur les variations du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires est réalisé grâce au test HSD (honestly significant difference) de Tukey. Les résultats révèlent l'existence à 2 jours, de 2 groupes de molécules pour la DL50 : le premier groupe renferme les insectes témoins et traités à l'azadirachtine et le spinosad, le second englobe les traitements à l'acide borique. A 4 jours, tous les insecticides sont regroupés en une seule classe avec les témoins. Enfin, à



6 jours, les insecticides sont classés en 2 groupes seulement ; l'un est représenté par les témoins et les traités au spinosad, et l'autre groupe constitue les femelles traitées à l'acide borique et à l'azadirachtine (Tableau 25).

Le classement obtenu pour la DL90, révèle 2 groupes de molécules à 2 jours : le premier correspond aux témoins et aux traités avec le spinosad ; le second est représenté par l'acide borique et l'azadirachtine. A 4 jours, les molécules sont regroupées en 2 classes avec la première qui rassemble les femelles témoins et traitées à l'acide borique et le spinosad et la seconde qui comporte les individus traités à l'azadirachtine. Finalement à 6 jours, 3 groupes sont mis en évidence par le test de Tukey et il est retrouvé un groupe témoin, un groupe traité à l'acide borique et le spinosad et un troisième groupe traité à l'azadirachtine (Tableau 26).

**Tableau 25:** Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B.orientalis* après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	49,66	a
	Spinosad	49,00	a
	Azadirachtine	46,67	a
	Acide borique	42,66	b
4	Témoins	40,00	a
	Spinosad	38,66	a
	Acide borique	38,33	a
	Azadirachtine	36,33	a
6	Témoins	39,33	a
	Spinosad	38,00	a
	Acide borique	36,33	b
	Azadirachtine	35,00	b

**Tableau 26:** Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	49,00	a
	Spinosad	47,00	a
	Azadirachtine	43,16	b
	Acide borique	41,33	b
4	Témoins	40,00	a
	Acide borique	37,66	a
	Spinosad	37,33	a
	Azadirachtine	30,00	b
6	Témoins	39,33	a
	Spinosad	37,00	b
	Acide borique	34,66	b
	Azadirachtine	27,33	c

### 2.1.2.2. Volume de l'ovocyte basal :

La comparaison des moyennes obtenues, révèle des différences significatives entre les témoins et les traités à l'acide borique, l'azadirachtine et au spinosad (DL50 et DL90), et entre les traitements appliqués aussi bien pour la DL50 (Tableau 27) que pour la DL90 (Tableau 28) à différentes périodes testées (2, 4 et 6 jours). L'ANOVA, met en évidence des différences significatives ( $p < 0,001$ ) entre les pesticides utilisés aux différents âges après traitement avec les deux doses.

**Tableau 27:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm s$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	0,096 $\pm$ 0,007 a	0,096 $\pm$ 0,007 a	0,096 $\pm$ 0,007 a	0,096 $\pm$ 0,007 a	$p > 0,05$
2	0,171 $\pm$ 0,011 a	0,118 $\pm$ 0,011 b	0,157 $\pm$ 0,005 c	0,118 $\pm$ 0,012 b	*** $p < 0,001$
4	0,284 $\pm$ 0,027 a	0,179 $\pm$ 0,023 b	0,248 $\pm$ 0,015 c	0,225 $\pm$ 0,016 d	*** $p < 0,001$
6	0,453 $\pm$ 0,013 a	0,387 $\pm$ 0,005 b	0,409 $\pm$ 0,007 c	0,357 $\pm$ 0,022 d	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 28:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm s$ , n=4).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	0,096 ± 0,007 a	0,096 ± 0,007 a	0,096 ± 0,007 a	0,096 ± 0,007 a	p>0,05
2	0,171 ± 0,011 a	0,101 ± 0,009 b	0,137 ± 0,005 c	0,104 ± 0,070 b	*** p<0,001
4	0,284 ± 0,027 a	0,059 ± 0,024 b	0,228 ± 0,015 c	0,200 ± 0,014 d	*** p<0,001
6	0,453 ± 0,013 a	0,301 ± 0,007 b	0,386 ± 0,005 c	0,323 ± 0,016 d	*** p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (p>0,05)
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

Le classement des différents insecticides testés selon leurs impacts sur le volume de l'ovocyte basal est représenté dans les tableaux 29 et 30. A tous les âges testés (2, 4 et 6 jours), les insecticides sont répartis en 2 groupes avec le premier correspondant aux témoins et le second aux traités (acide borique, azadirachtine et spinosad) et cela pour les deux doses testées DL50 et DL90.

**Tableau 29:** Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de *B.orientalis* après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	0,171	a
	Azadirachtine	0,157	b
	Spinosad	0,118	b
	Acide borique	0,118	b
4	Témoins	0,284	a
	Azadirachtine	0,248	b
	Spinosad	0,225	b
	Acide borique	0,179	b
6	Témoins	0,453	a
	Azadirachtine	0,409	b
	Acide borique	0,387	b
	Spinosad	0,357	b

**Tableau 30:** Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	0,171	a
	Azadirachtine	0,137	b
	Spinosad	0,104	b
	Acide borique	0,101	b
4	Témoins	0,284	a
	Azadirachtine	0,228	b
	Spinosad	0,200	b
	Acide borique	0,159	b
6	Témoins	0,453	a
	Azadirachtine	0,386	b
	Spinosad	0,323	b
	Acide borique	0,301	b

### 2.1.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire

L'azadirachtine et le spinosad ont été administrés par application topique alors que l'acide borique (DL50 et DL90) a été administré par ingestion, le jour de l'exuviation adulte des femelles de *B. orientalis*. L'effet de ces molécules a été évalué à différents âges (0, 2, 4 et 6 jours) après l'émergence, sur le contenu ovarien en protéines, glucides et lipides.

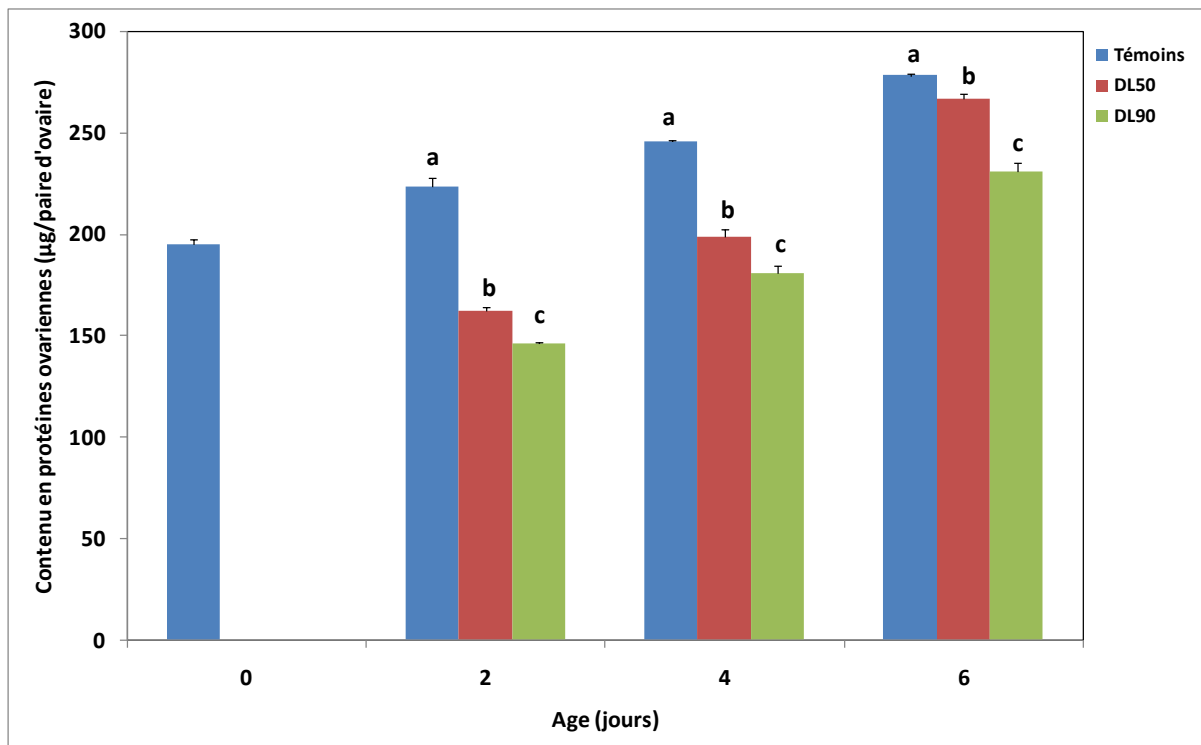
#### 2.1.3.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Le contenu en protéines ovariennes au cours de la vie adulte des femelles de *B. orientalis* augmente de manière significative ( $p < 0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours où se produit le pic qui est de l'ordre de  $278,08 \pm 0,85$  µg/paire d'ovaire. De même, les femelles traitées à l'azadirachtine aux DL50 et DL90 présentent un contenu en protéines ovariennes qui augmentent significativement de 0 à 6 jours ( $p < 0,001$ ).

La comparaison entre les séries témoins et traitées montre que l'azadirachtine entraîne une diminution dans le contenu en protéines ovariennes à 2, 4 et 6 jours après exuviation adulte. Cet effet, noté entre témoins et traités ( $p = 0,003$  ; 0,004 et 0,014 pour la DL50 et  $p = 0,002$  ; 0,001 et 0,034 pour la DL90) au cours de la période testée (2, 4 et 6 jours respectivement) est également observé

entre les séries traitées ( $p=0,003$  ;  $0,007$  et  $0,002$ ), l'azadirachtine agit donc avec un effet dose (Figure 38). ANOVA montre un effet traitement, un effet âge ( $p<0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p<0,001$ ).

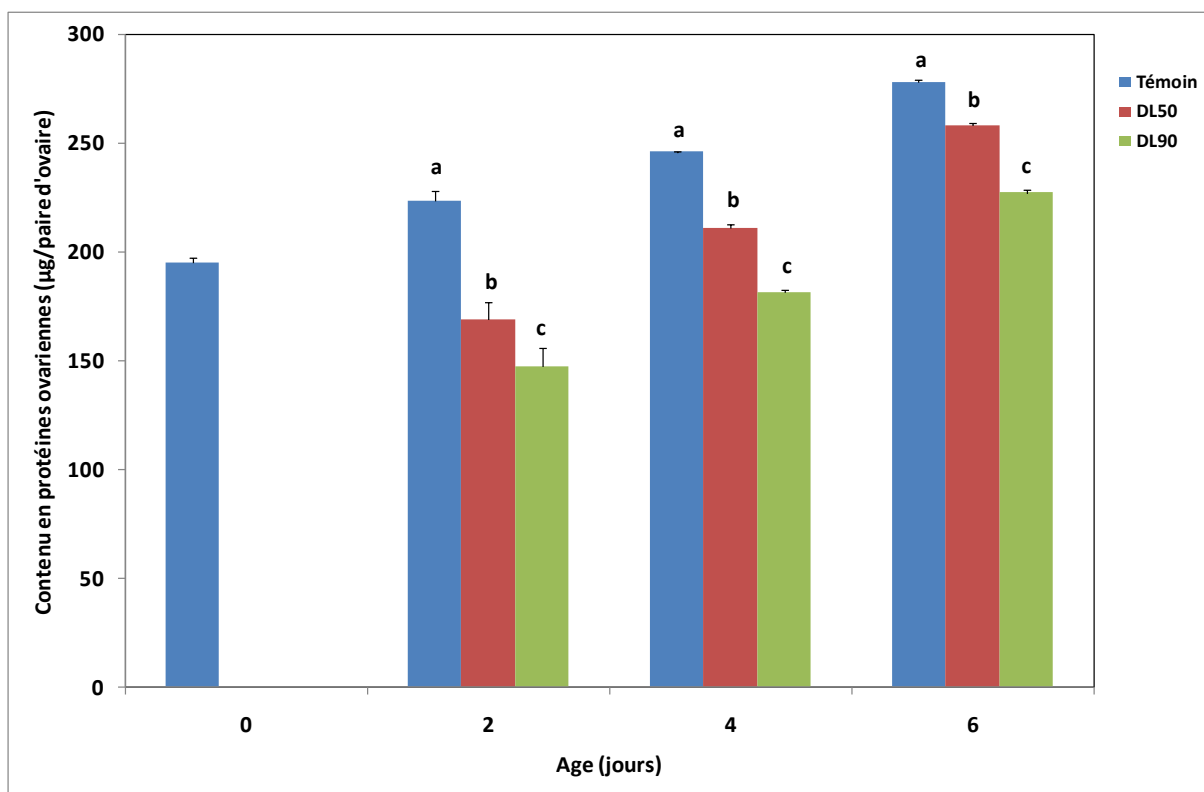


**Figure 38.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de  $0,05$ .

- *Effets du spinosad*

Chez les femelles adultes de *B. orientalis*, le contenu en protéines ovariennes des séries témoins et traitées à la DL50 et DL90, augmente significativement ( $p<0,001$ ) de 0 à 6 jours.

L'étude statistique, menée entre les séries témoins et traitées, indique que le spinosad affecte le contenu en protéines ovariennes ; en effet, une diminution est notée à 2 ( $p=0,003$ ), 4 et 6 jours ( $p=0,001$ ) pour la DL50 et à 2 ( $p=0,001$ ), 4 ( $p<0,001$ ) et 6 jours ( $p<0,001$ ) pour la DL90 (Figure 39). De plus, les différences significatives observées entre les séries traitées (DL50 et DL90) révèle un effet dose à 2 ( $p=0,004$ ), 4 ( $p=0,003$ ) et 6 jours ( $p=0,001$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle un effet traitement ( $p<0,001$ ), un effet âge ( $p<0,001$ ) et une interaction âge-traitement.

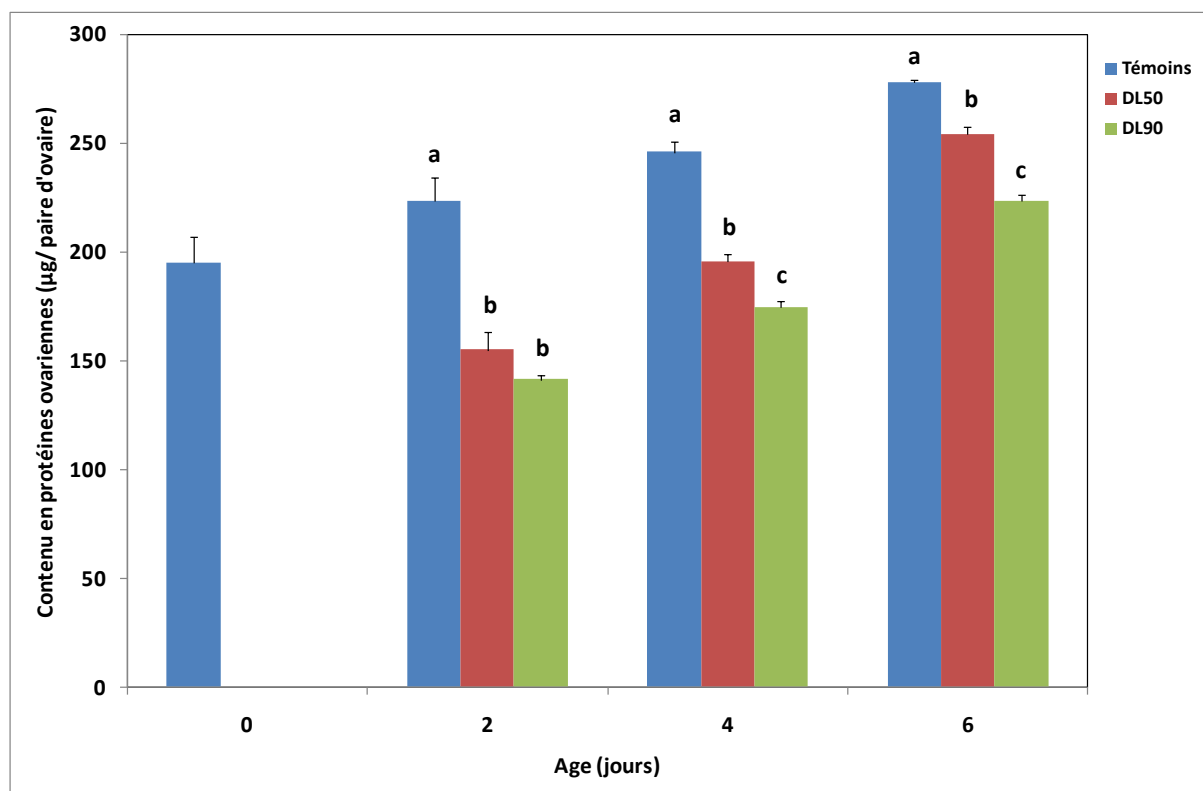


**Figure 39.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le contenu en protéines ovariennes au cours du stade adulte des femelles témoins et traitées, présente une diminution à 2 jours suivie d'une augmentation à 4 et 6 jours ( $p<0,001$ ). Les femelles traitées à l'émergence à l'acide borique (DL50 et DL90), montrent une diminution du contenu en protéines ovariennes à 2 ( $p=0,038$ ), 4 ( $p=0,016$  et  $0,008$ ) et 6 jours ( $p=0,017$  et  $0,003$ ) comparativement aux témoins (Figure 40). Un effet dose est observé à 4 ( $p=0,008$ ) et 6 jours ( $p<0,001$ ).

L'analyse de la variance à 2 critères de classification montre pour l'acide borique un effet traitement ( $p<0,001$ ), un effet âge ( $p<0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p=0,001$ ) dans l'évolution des protéines ovariennes au cours de la maturité sexuelle.



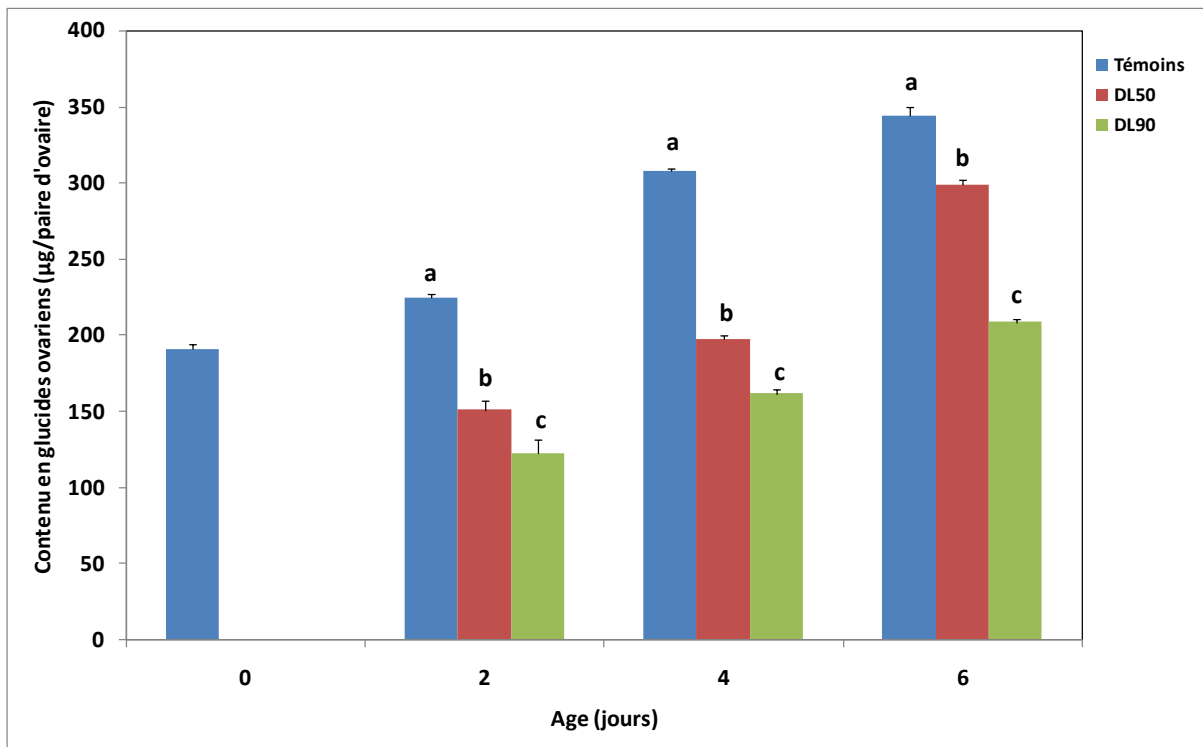
**Figure 40.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.1.3.2. Contenu en glucides par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Le contenu en glucides ovariens chez les séries témoins augmente de façon significative ( $p<0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours où un pic d'une valeur de  $344,03 \mu\text{g}/$  paire d'ovaire se produit. Les séries traitées à la DL50 et la DL90 suivent le même profil d'évolution, où on note une augmentation significative au cours de la période testée ( $p<0,001$ ). Les femelles adultes traitées à l'azadirachtine montrent une diminution significative du contenu en glucides ovariens à 2 ( $p=0,010$  ;  $0,007$ ), 4 ( $p<0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,007$  ;  $0,001$ ) pour la DL50 et la DL90 (Figure 41). La comparaison entre les séries témoins et traitées à l'azadirachtine aux deux doses testées révèle que l'azadirachtine affecte le contenu en glucides ovariens avec un effet dose-dépendant ( $p=0,005$  ;  $0,002$  et  $<0,001$ ) et cela au cours de la période testée (2, 4 et 6 jours respectivement).

L'ANOVA montre un effet traitement ( $p<0,001$ ), un effet âge ( $p<0,001$ ) et interaction traitement-âge ( $p<0,001$ ).

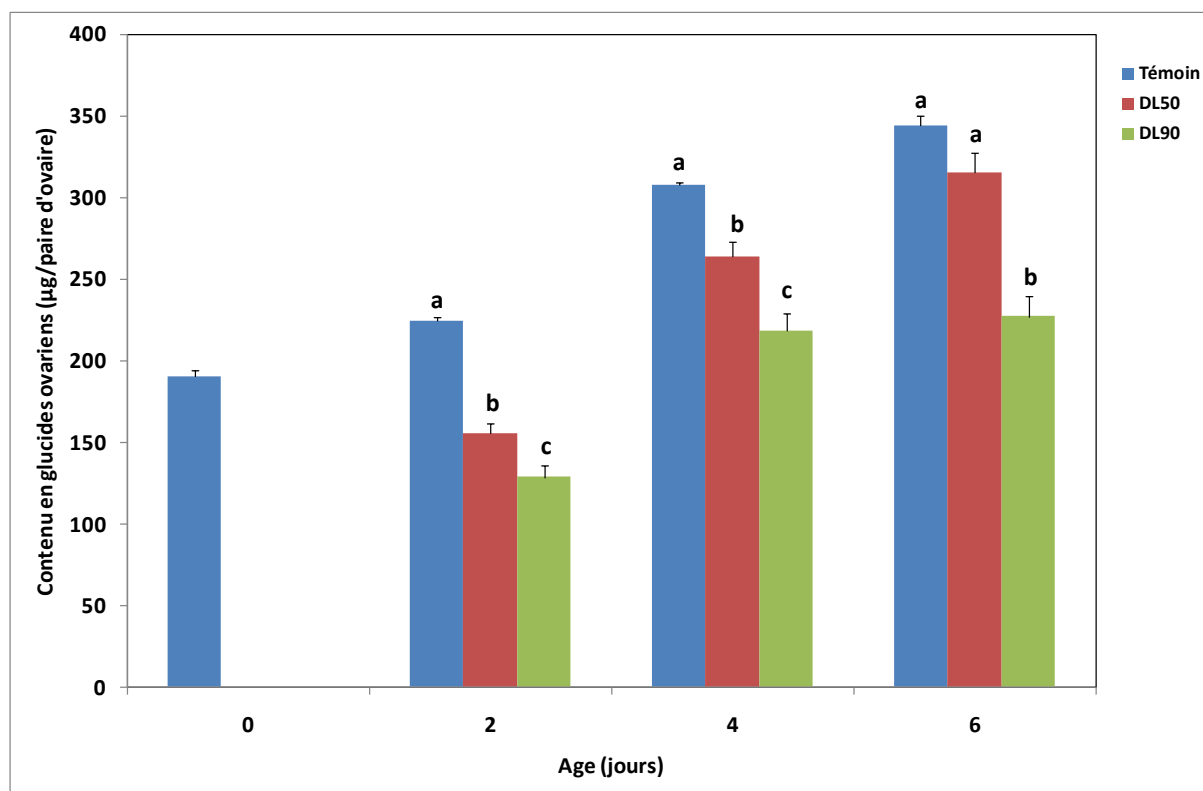


**Figure 41.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Chez les séries témoins et traitées à la DL50 et la DL90 des femelles adultes de *B. orientalis*, le contenu en glucides ovariens au cours de la maturité sexuelle augmente significativement ( $p < 0,001$ ). La comparaison entre les séries témoins et traitées montre que le spinosad affecte le contenu en glucides ovariens à 2 ( $p=0,008$ ) et 4 jours ( $p=0,030$ ) pour la DL50 et à 2 ( $p=0,005$ ), 4 ( $p=0,011$ ) et 6 jours ( $p=0,004$ ) pour la DL90 (Figure 42). De plus, on note un effet dose à 2, 4 ( $p=0,001$ ) et 6 jours ( $p < 0,001$ ). L'ANOVA indique un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction âge -traitement ( $p=0,003$ ).



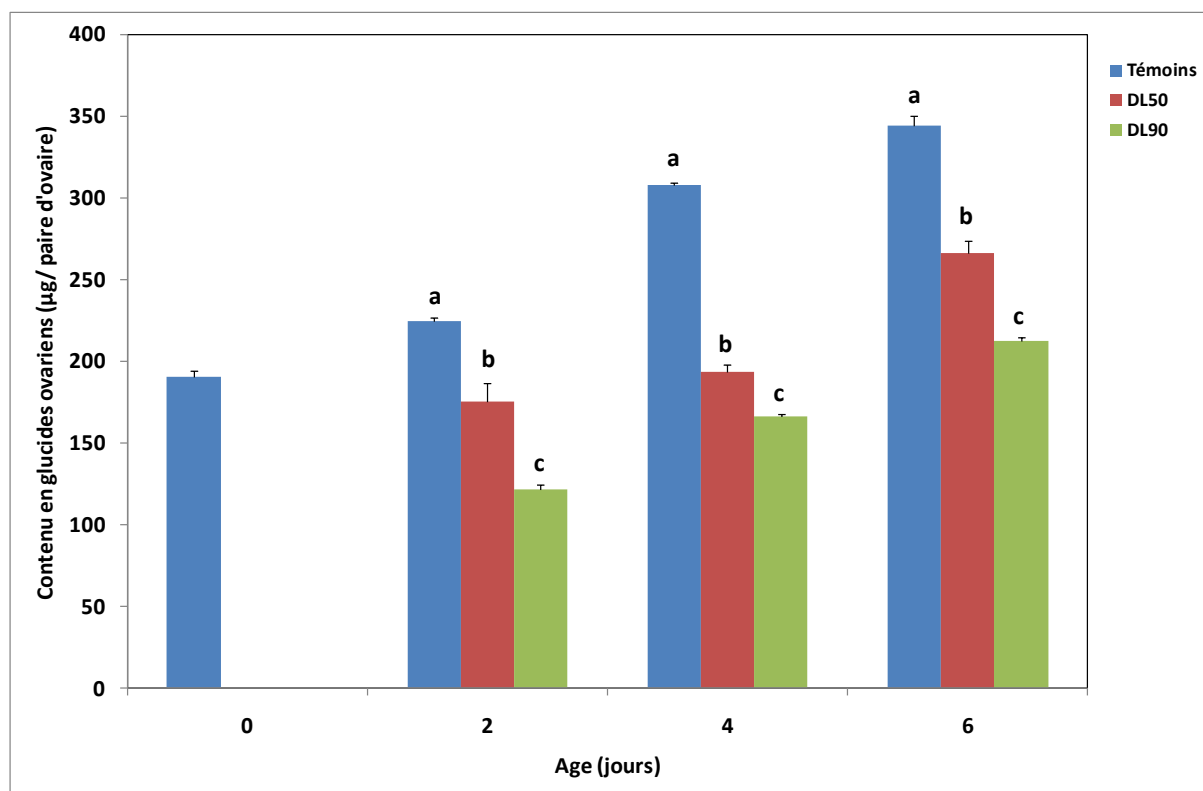


**Figure 42.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Chez les séries témoins et traitées des femelles adultes de *B. orientalis*, le contenu en glucides ovariens diminue à 2 jours puis augmente significativement par la suite à 6 jours ( $p < 0,001$ ). Le traitement à l'acide borique (DL50 et DL90), révèle une diminution significative, dans le contenu en glucides à 2 ( $p=0,039$  et  $0,002$ ), 4 ( $p=0,001$  et  $<0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,004$  et  $0,001$ ) (Figure 43). De plus, le traitement agit avec un effet dose puisque des différences significatives sont signalées entre les traités à tous les âges testés ( $p=0,030$  à 2 jours ;  $0,032$  à 4 jours et  $0,015$  à 6 jours).

L'ANOVA indique un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p < 0,001$ ).



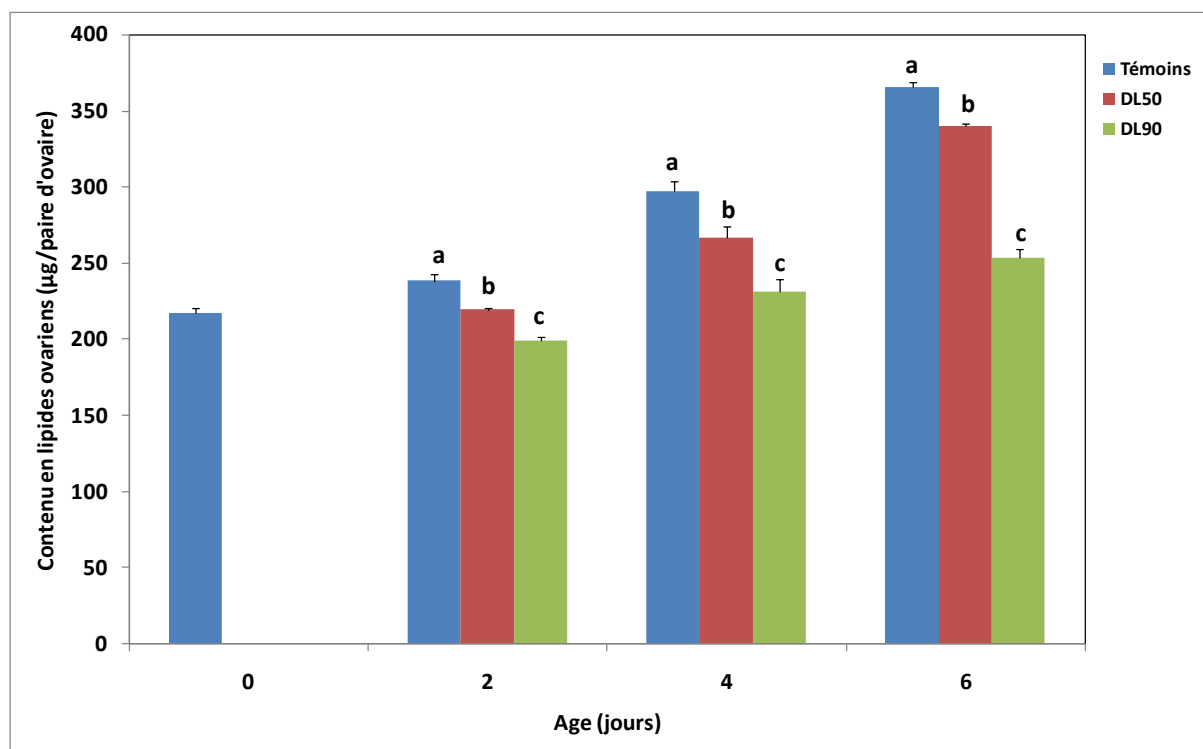
**Figure 43.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.1.3.3. Contenu en lipides par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Le contenu en lipides ovariens chez les femelles adultes de *B. orientalis* augmente significativement de 0 à 6 jours ( $p < 0,001$ ) (Figure 44). Les femelles traitées à l'émergence aux DL50 et DL90 présentent également une augmentation significative ( $p < 0,001$  et  $p \leq 0,001$ ) dans le contenu en lipides ovariens. La comparaison entre les séries témoins et traitées révèle une diminution significative du contenu en lipides à 2 ( $p = 0,039$  et  $0,012$ ), 4 ( $p = 0,022$  et  $0,004$ ) et à 6 jours ( $p = 0,015$  et  $0,001$ ) et cela pour les deux concentrations appliquées (DL50 et DL90 respectivement). Les différences observées entre les séries témoins et traitées s'observent également entre les séries traitées, donc le traitement agit avec un effet dose au cours de tous les âges ( $p < 0,001$ ).

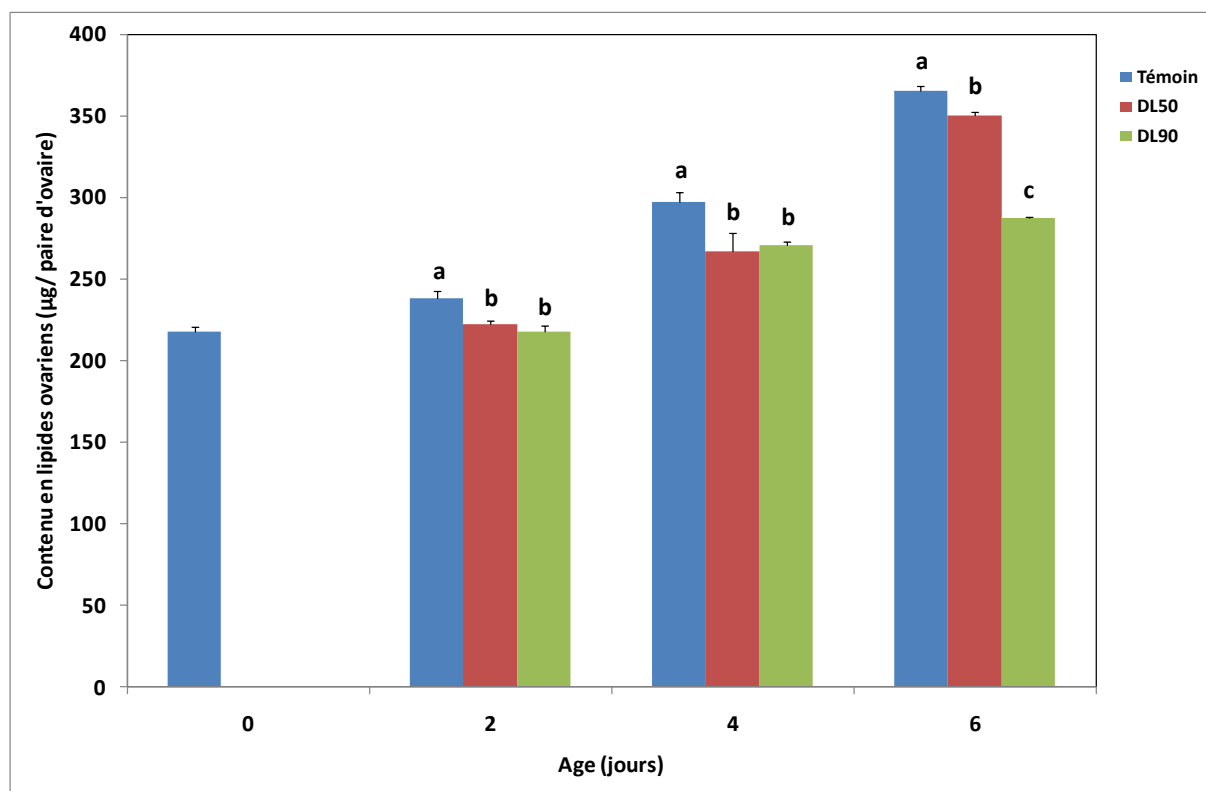
L'analyse de la variance à deux critères de classification montre un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p < 0,001$ ).



**Figure 44.** Effets de l'azadirachtine (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g/paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Chez les séries témoins des femelles adultes de *B. orientalis*, le contenu en lipides ovariens augmente significativement ( $p < 0,001$ ) de 0 à 6 jours. Chez les séries traitées par le spinosad (DL50 et DL90), les valeurs du contenu en lipides ovariens révèle également une augmentation significative durant la période testée ( $p < 0,001$ ). La comparaison entre les séries témoins et traitées indique que le spinosad affecte le contenu ovarien en lipides à 2 ( $p=0,002$  et  $p=0,019$ ), 4 ( $p=0,040$  et  $0,012$ ) et 6 jours ( $p=0,03$  et  $p < 0,001$ ) avec un effet dose-dépendant ( $p < 0,001$ ) (Figure 45). L'ANOVA montre un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p < 0,001$ ).

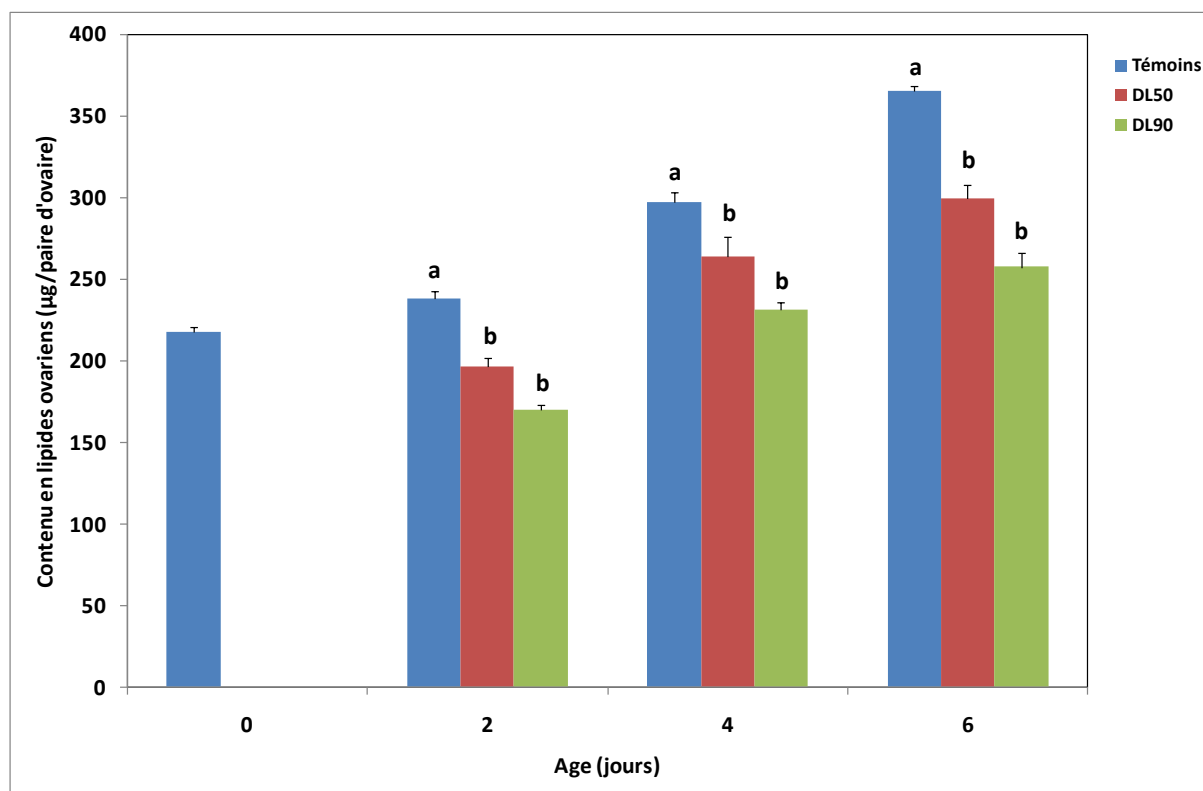


**Figure 45.** Effets du spinosad (DL50 et DL90) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le contenu en lipides ovariens des femelles témoins et traitées de *B. orientalis* diminue à 2 jours et augmente par la suite à 6 jours ( $p < 0,001$ ). Les femelles adultes traitées à l'émergence à l'acide borique (DL50 et DL90) présentent une diminution significative du contenu en lipides ovariens. Celle-ci se produit à 2 ( $p=0,022$  et  $0,004$ ), 4 ( $p=0,05$  et  $0,013$ ) et 6 jours ( $p=0,019$  et  $0,002$ ) (Figure 46). L'effet dose n'est pas noté ( $p > 0,05$ ) à tous les âges testés.

L'ANOVA montre un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge ( $p=0,006$ ).



**Figure 46.** Effets de l'acide borique (DL50 et DL90) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

#### 2.1.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de *B. orientalis* :

##### 2.1.4.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires :

La comparaison des moyennes deux à deux relatives au contenu en protéines par paire d'ovaires a permis de révéler des différences significatives entre chaque traitement et la série témoin (Tableaux 31 et 32). A la DL50, l'azadirachtine et l'acide borique présentent des effets similaires à 2 et 4 jours. Par contre, aucune différence n'est signalée entre les molécules avec la DL90 au cours des périodes testées.

L'analyse de la variance à un critère de classification, effectuée pour chaque âge, montre des différences hautement significatives pour la DL50 ( $p < 0,001$  à 2 jours ;  $p = 0,003$  à 4 jours et  $p = 0,032$  à 6 jours) et pour la DL90 ( $p < 0,001$  à 2, 4 et 6 jours).

**Tableau 31:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	p>0,05
2	223,15 $\pm$ 4,71 a	154,84 $\pm$ 8,16 b	162,20 $\pm$ 2,02 b	168,95 $\pm$ 7,96 c	*** p<0,001
4	245,80 $\pm$ 0,52 a	195,47 $\pm$ 3,48 b	198,56 $\pm$ 3,84 b	210,74 $\pm$ 1,99 c	** P=0,003
6	278,08 $\pm$ 0,85 a	253,99 $\pm$ 3,33 b	266,74 $\pm$ 2,44 c	258,08 $\pm$ 0,85 b	* P=0,032

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 32:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	195,10 $\pm$ 2,33 a	p>0,05
2	223,15 $\pm$ 4,71 a	141,28 $\pm$ 1,98 b	145,86 $\pm$ 0,91 b	147,30 $\pm$ 8,43 b	*** p<0,001
4	245,80 $\pm$ 0,52 a	174,59 $\pm$ 2,84 b	180,73 $\pm$ 3,40 b	181,20 $\pm$ 1,27 b	*** p<0,001
6	278,08 $\pm$ 0,85 a	223,35 $\pm$ 2,68 b	230,91 $\pm$ 4,00 b	227,05 $\pm$ 1,71 b	*** p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

Le classement des moyennes relatives au contenu en protéines par paire d'ovaires est donné dans les tableaux 33 et 34. A 2 et 4 jours, les traitements sont classés en 2 groupes différents ; le premier est représenté par les témoins et le second par les traitements, acide borique, spinosad et azadirachtine pour la DL50 et la DL90. A 6 jours, les témoins et les traités à l'azadirachtine et au spinosad sont regroupés dans le premier groupe et l'acide borique dans un deuxième groupe pour la DL50, alors que pour la DL90, 2 groupes ont été constatés : le premier groupe est représenté par les témoins, le second par les différents traitements et cela à 2, 4 et 6 jours.

**Tableau 33:** Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	223,15	a
	Spinosad	168,95	b
	Azadirachtine	162,20	b
	Acide borique	154,84	b
4	Témoins	245,80	a
	Spinosad	210,74	b
	Azadirachtine	198,56	b
	Acide borique	195,47	b
6	Témoins	278,08	a
	Azadirachtine	266,74	a
	Spinosad	258,08	a
	Acide borique	253,99	b

**Tableau 34:** Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	223,15	a
	Spinosad	147,30	b
	Azadirachtine	145,86	b
	Acide borique	141,28	b
4	Témoins	245,80	a
	Spinosad	181,20	b
	Azadirachtine	180,73	b
	Acide borique	174,59	b
6	Témoins	278,08	a
	Azadirachtine	230,91	b
	Spinosad	227,05	b
	Acide borique	223,35	b

#### 2.1.4.2. Contenu en glucides par paire d'ovaires :

La comparaison des effets des divers insecticides testés sur le contenu en glucides ovariens des adultes femelles de *B. orientalis*, au cours de la maturité sexuelle, est réalisée grâce au test t de student. Les résultats montrent des différences significatives entre les séries témoins et les séries traitées (DL50 et DL90) et également entre les différents

traitements pour la DL50. Par contre, à la DL90, les 3 traitements montrent des effets similaires à 2 et 6 jours. Les résultats de l'ANOVA relatifs à la comparaison des moyennes du contenu en glucides par paire d'ovaires entre les différents traitements pour chaque âge révèlent des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) pour la DL50 et la DL90 (Tableaux 35 et 36).

**Tableau 35:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	$p > 0,05$
2	224,16 $\pm$ 2,78 a	175,22 $\pm$ 11,23 b	150,53 $\pm$ 6,62 c	155,42 $\pm$ 6,30 d	*** $p < 0,001$
4	307,76 $\pm$ 1,47 a	193,00 $\pm$ 4,67 b	196,92 $\pm$ 3,15 c	263,78 $\pm$ 9,09 d	*** $p < 0,001$
6	344,03 $\pm$ 5,77 a	265,74 $\pm$ 8,17 b	298,31 $\pm$ 3,41 c	315,12 $\pm$ 12,6 a	*** $p < 0,001$

**Tableau 36:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	190,51 $\pm$ 3,82 a	$p > 0,05$
2	224,16 $\pm$ 2,78 a	121,45 $\pm$ 3,25 b	122,20 $\pm$ 9,06 b	128,46 $\pm$ 7,22 b	*** $p < 0,001$
4	307,76 $\pm$ 1,47 a	165,95 $\pm$ 1,79 b	161,25 $\pm$ 3,04 b	218,27 $\pm$ 10,97c	*** $p < 0,001$
6	344,03 $\pm$ 5,77 a	212,10 $\pm$ 2,15 b	208,31 $\pm$ 2,08 b	227,01 $\pm$ 12,24 b	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

Le classement des moyennes obtenues à partir des valeurs du contenu en glucides ovariens après les différents traitements insecticides est représenté dans les tableaux 37 et 38. Les résultats obtenus révèlent l'existence de 2 groupes de moyennes à 2 jours pour la DL50 ; avec un premier groupe constitué par les témoins, alors que, le second groupe correspond à l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad. A 4 jours, le test de Tukey



sépare 3 groupes : le premier étant les séries témoins, le second représenté par les séries traitées au spinosad et le troisième celles traitées à l'azadirachtine et l'acide borique. Enfin, à 6 jours, 3 groupes sont obtenus ; le premier groupe représenté par les témoins et les traités au spinosad, le second les séries traitées à l'azadirachtine et le troisième celles traitées à l'acide borique et cela pour la DL50. Pour la dose la plus élevée, 2 groupes de molécules ont été constatés à 2 et 6 jours, un groupe témoin et un groupe de différents traitements. Cependant à 4 jours, 3 groupes sont notés, un témoin, un composant les individus traités au spinosad et le troisième avec l'acide borique et l'azadirachtine.

**Tableau 37:** Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	224,16	a
	Acide borique	175,22	b
	Spinosad	155,42	b
	Azadirachtine	150,53	b
4	Témoins	307,76	a
	Spinosad	263,78	b
	Azadirachtine	196,92	c
	Acide borique	193,00	c
6	Témoins	344,03	a
	Spinosad	315,12	a
	Azadirachtine	298,31	b
	Acide borique	265,74	c

**Tableau 38:** Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B.orientalis* après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	224,16	a
	Spinosad	128,46	b
	Azadirachtine	122,20	b
	Acide borique	121,45	b
4	Témoins	307,76	a
	Spinosad	218,27	b
	Acide borique	165,95	c
	Azadirachtine	161,25	c
6	Témoins	344,03	a
	Spinosad	227,01	b
	Acide borique	212,10	b
	Azadirachtine	208,31	b

#### 2.1.4.3. Contenu en lipides par paire d'ovaires :

La comparaison des moyennes deux à deux, par le test t de student, relatives aux différentes molécules testées sur le contenu en lipides ovariens des adultes femelles de *B. orientalis* est mentionnée dans les tableaux 39 et 40. Les résultats obtenus montrent des différences significatives entre les séries témoins et traitées. L'azadirachtine et le spinosad présentent des effets similaires au cours des périodes testées pour la DL50. Par contre, à la DL90, l'acide borique et l'azadirachtine montrent les mêmes effets à 4 et 6 jours. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification, mettent en évidence des différences significatives entre les traitements utilisés et ce, aux différents temps d'exposition (2 jours :  $p < 0,001$  ; 4 jours :  $p = 0,048$  et  $< 0,001$  et 6 jours :  $p < 0,001$ ) pour la DL50 et DL90 respectivement.

**Tableau 39:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	$p > 0,05$
2	238,01 $\pm$ 4,64 a	196,21 $\pm$ 5,48 b	219,00 $\pm$ 1,32 c	221,89 $\pm$ 2,63 c	*** $p < 0,001$
4	297,21 $\pm$ 6,14 a	263,66 $\pm$ 12,2 b	266,37 $\pm$ 7,62 b	266,74 $\pm$ 11,11 b	* $p = 0,048$
6	365,37 $\pm$ 2,99 a	299,30 $\pm$ 8,68 b	340,08 $\pm$ 1,18 c	349,89 $\pm$ 2,44 c	*** $p < 0,001$

**Tableau 40:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL90) appliqués, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}$ /paire d'ovaire) au cours du premier cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	217,28 $\pm$ 3,39 a	$p > 0,05$
2	238,01 $\pm$ 4,64 a	169,75 $\pm$ 3,05 b	198,67 $\pm$ 2,43 c	217,51 $\pm$ 3,64 d	*** $p < 0,001$
4	297,21 $\pm$ 6,14 a	230,88 $\pm$ 4,72 b	231,20 $\pm$ 8,40 b	270,45 $\pm$ 2,43 c	*** $p < 0,001$
6	365,37 $\pm$ 2,99 a	257,25 $\pm$ 8,84 b	252,91 $\pm$ 5,94 b	287,15 $\pm$ 1,05 c	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

Un classement des moyennes du contenu en lipides ovariens chez les adultes femelles de *B. orientalis*, témoins et traitées aux différentes molécules testées, est réalisé à 2, 4 et 6 jours (Tableaux 41 et 42). Les résultats obtenus pour la DL50 révèlent l'existence à 2 jours de 3 groupes ; le premier comporte les insectes témoins, le second, ceux traités à l'acide borique et le troisième ceux traités à l'azadirachtine mais aussi au spinosad. A 4 jours, les témoins et les traités sont regroupés dans 2 groupes, un premier groupe témoins et un deuxième groupe qui renferme les traitements. Enfin à 6 jours, 3 groupes sont constatés, un groupe avec les témoins un second avec les traités au spinosad et l'azadirachtine et un troisième groupe représenté par l'acide borique.

Pour la DL90, 4 groupes sont constatés à 2 jours et représentent les témoins et chacun des trois pesticides. A 4 et 6 jours, les molécules sont réparties en 3 groupes : le premier est représenté par les témoins, le second par le spinosad et le troisième par l'acide borique et l'azadirachtine.

**Tableau 41:** Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	238,01	a
	Spinosad	221,89	b
	Azadirachtine	219,00	b
	Acide borique	196,21	c
	Témoins	297,21	a

4	Spinosad	266,74	b
	Azadirachtine	266,37	b
	Acide borique	263,66	b
6	Témoins	365,37	a
	Spinosad	349,89	b
	Azadirachtine	340,08	b
	Acide borique	299,30	c

**Tableau 42:** Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL90) à l'émergence aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	238,01	a
	Spinosad	217,51	b
	Azadirachtine	198,67	c
	Acide borique	169,75	d
4	Témoins	297,21	a
	Spinosad	270,45	b
	Azadirachtine	231,20	c
	Acide borique	230,88	c
6	Témoins	365,37	a
	Spinosad	287,15	b
	Acide borique	257,25	c
	Azadirachtine	252,91	c

## 2.2. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque

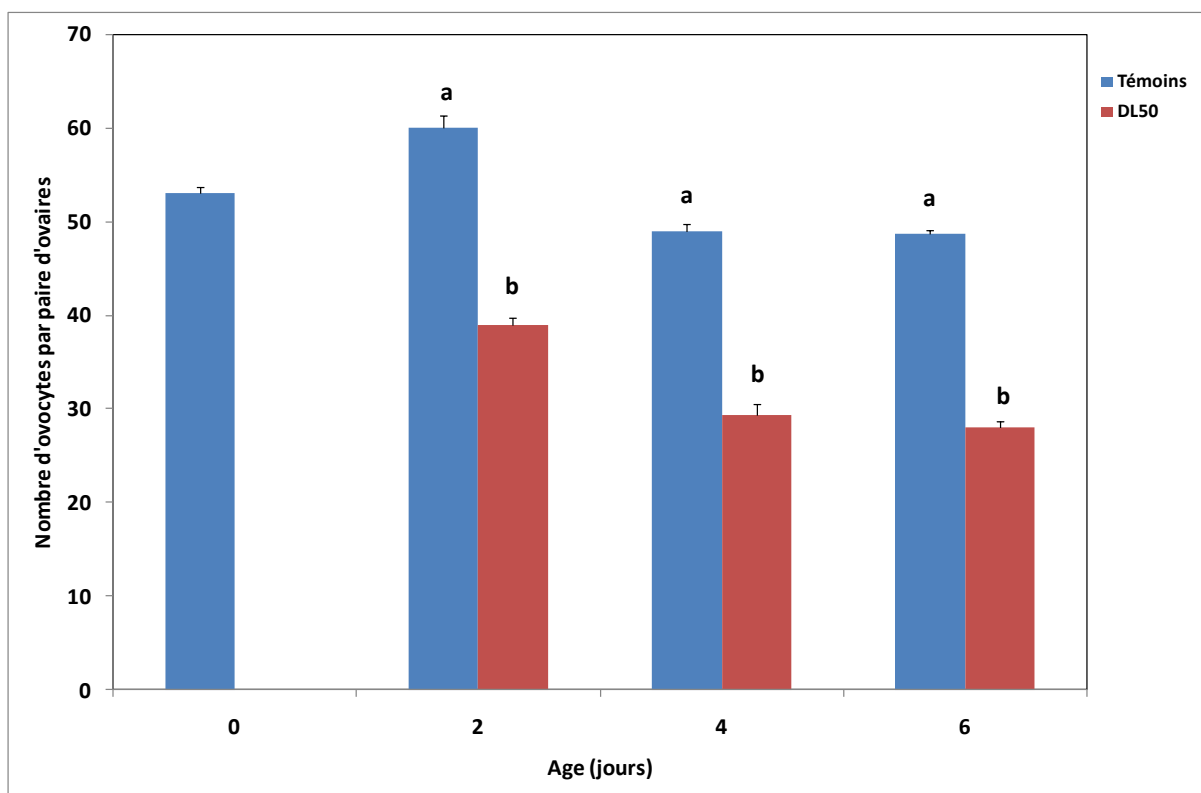
L'azadirachtine et le spinosad ont été administrés par application topique alors que l'acide borique a été administré par ingestion sur des adultes femelles de *B. orientalis* nouvellement exuviées (0 jour). Les effets de ces molécules ont été évalués sur différents paramètres morphométriques de l'ovaire (nombre d'ovocytes par paire d'ovaire et la taille de l'ovocyte basal) au cours de la vie adulte (0, 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque).

### 2.2.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire

#### 2.2.1.1. Nombre d'ovocytes par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

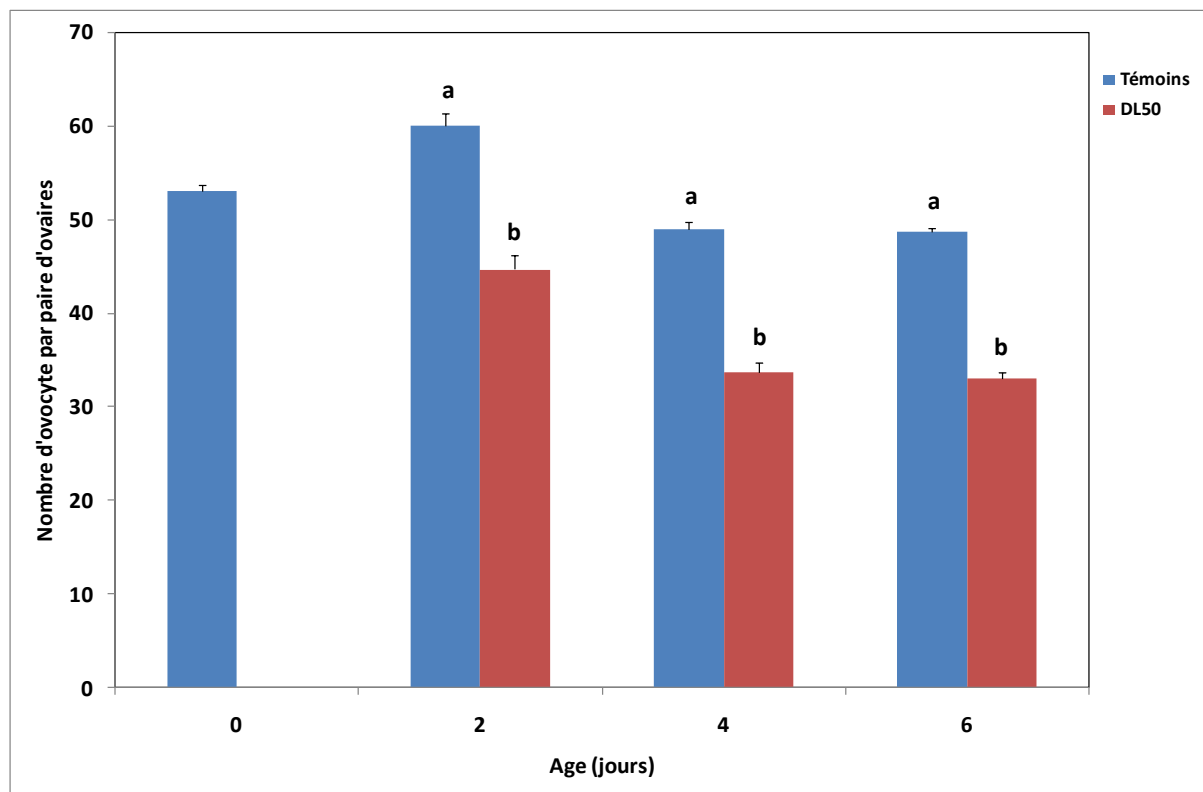
Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles de *B. orientalis* traitées à l'exuviation imaginale à l'azadirachtine diminue significativement ( $p < 0,001$ ) au cours de la période testée. La comparaison des valeurs moyennes entre témoins et traités montre un effet traitement à 2 ( $p = 0,002$ ), 4 ( $p = 0,004$ ) et 6 jours ( $p = 0,001$ ) (Figure 47). Les résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification, montre des différences significatives dans le traitement ( $p < 0,001$ ) et les âges ( $p < 0,001$ ).



**Figure 47.** Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le nombre d'ovocytes chez les séries traitées, marque une diminution significative ( $p < 0,001$ ) de 2 à 6 jours après le dépôt de la première oothèque. Le spinosad appliqué topiquement aux adultes femelles nouvellement exuviées de *B. orientalis* réduit significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires (Figure 48) à 2 ( $p = 0,009$ ), 4 ( $p = 0,007$ ) et 6 jours ( $p = 0,003$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) pour le traitement et les âges.



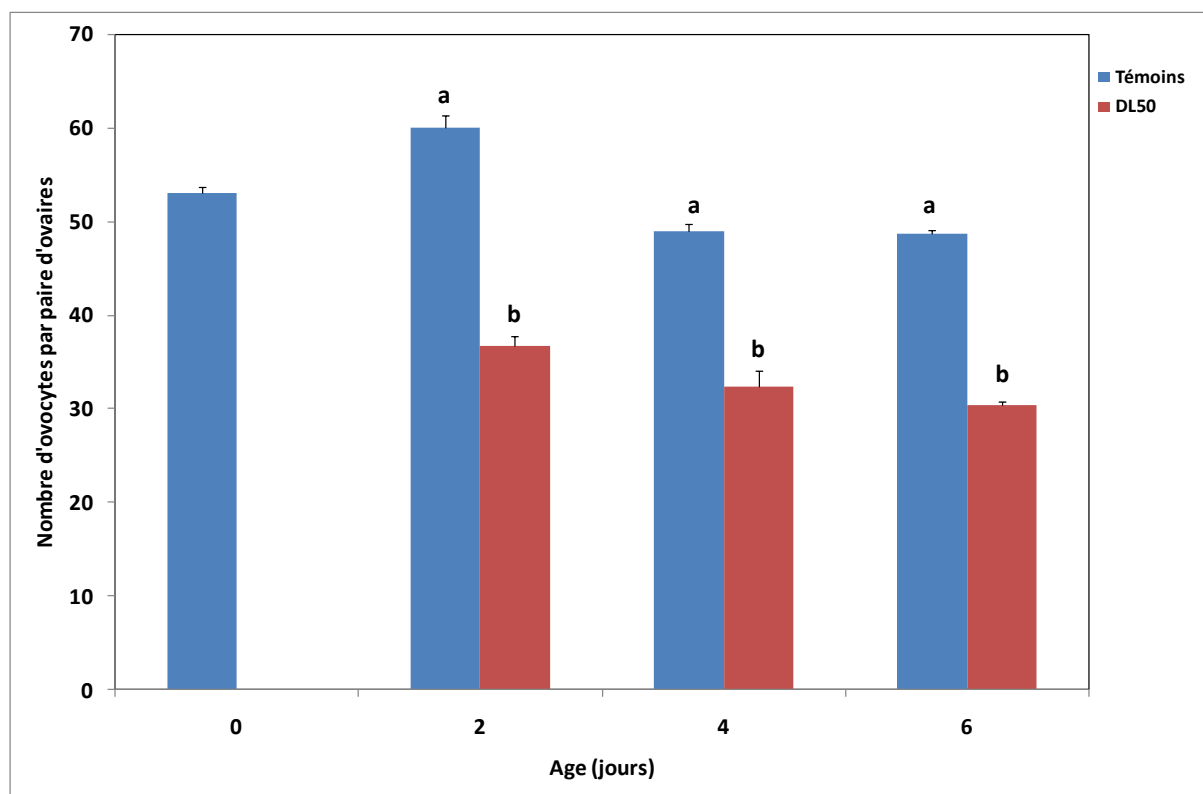
**Figure 48.** Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires (Figure 49) chez les séries témoins augmente de 0 à 2 jours puis diminue de manière significative ( $p < 0,001$ ) à 4 et 6 jours. Par contre, chez les séries traitées, on note une diminution au cours de la période testée (de 0 à 6 jours).

L'acide borique réduit significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires à 2 ( $p=0,005$ ), 4 ( $p=0,014$ ) et 6 jours ( $p=0,001$ ).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA), révèle un effet traitement ( $p < 0,001$ ), un effet âge ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitement-âge significative ( $p = 0,008$ ).



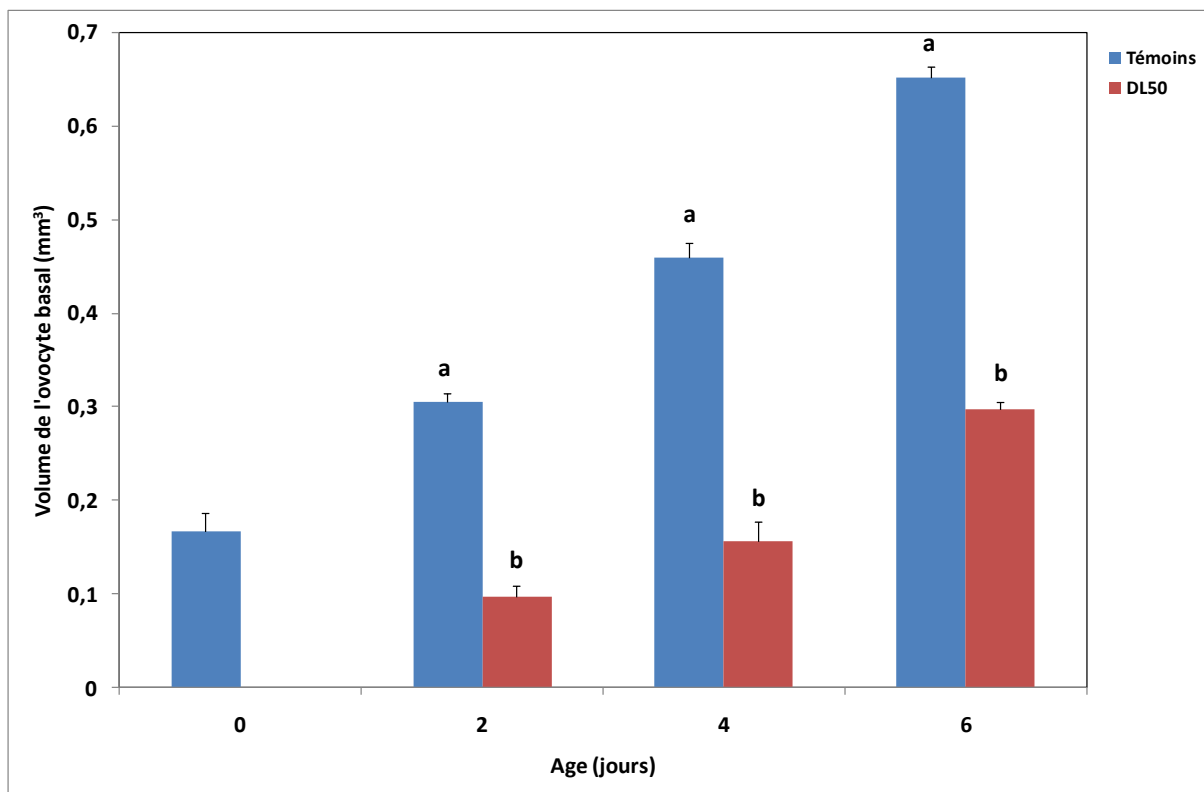
**Figure 49.** Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

#### 2.2.1.2. Taille de l'ovocyte basal

- *Effets de l'azadirachtine*

Le volume de l'ovocyte basal, chez les séries traitées, diminue à 2 jours puis augmente par la suite à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ). Cependant, chez les témoins, les valeurs dans la taille marquent une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) au cours des âges étudiés.

Ce paramètre se trouve, réduit ( $p < 0,001$ ) après 2, 4 et 6 jours de traitement (Figure 50). L'analyse de la variance à 2 critères de classification permet de mettre en évidence des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) par rapport au traitement et à l'âge et à l'interaction traitement-âge pour le volume de l'ovocyte basal.

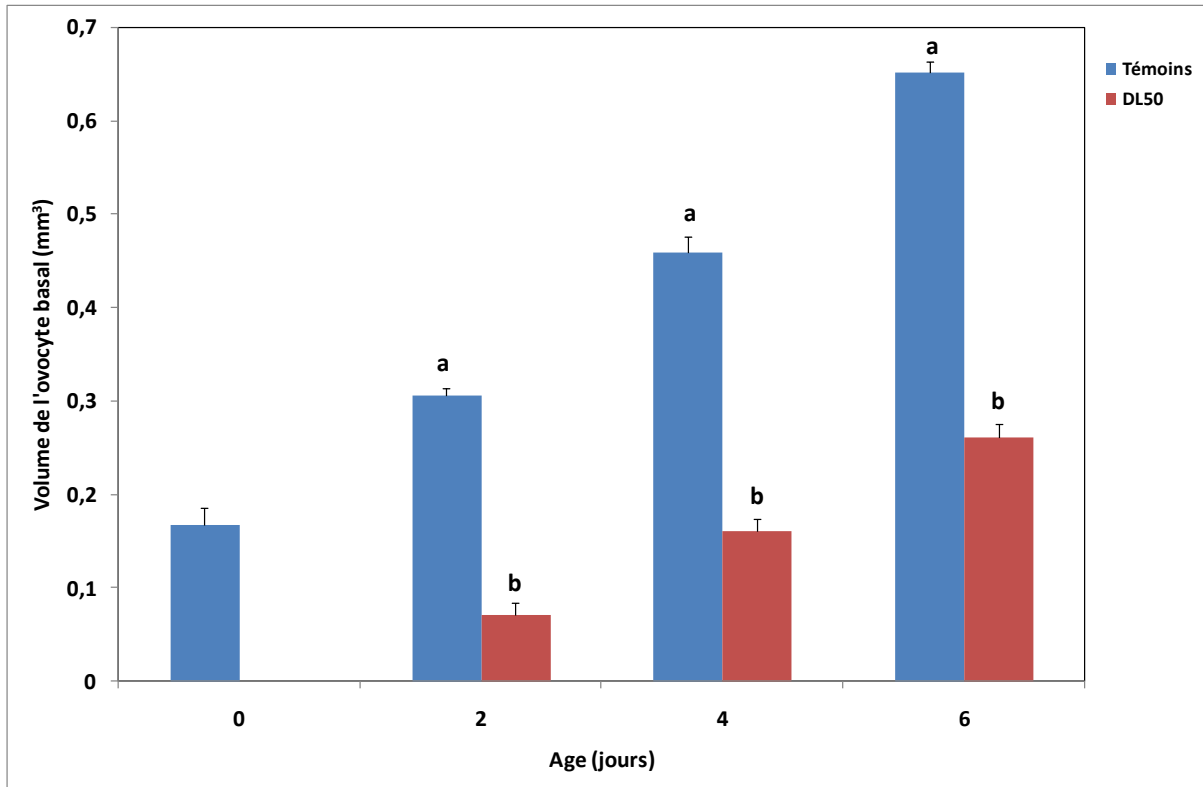


**Figure 50.** Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Les valeurs de la taille de l'ovocyte basal chez les séries traitées au spinosad (DL50), affichent une diminution à 2 jours suivie d'une augmentation significative à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ). L'insecticide réduit significativement ( $p < 0,001$ ) le volume de l'ovocyte basal au cours de la période testée comparativement aux témoins (Figure 51). L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle un effet traitement, un effet âge et une interaction traitement-âge hautement significatifs ( $p \leq 0,001$ ) pour le volume de l'ovocyte basal.





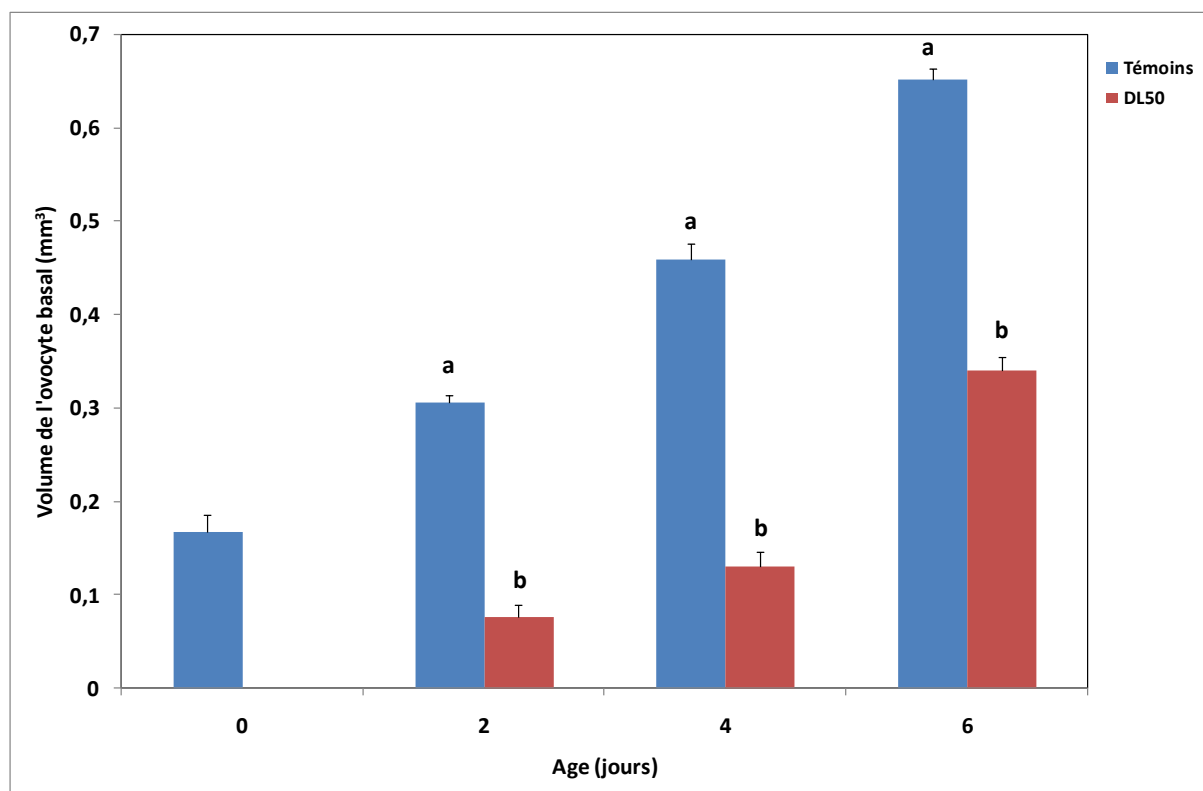
**Figure 51.** Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le volume de l'ovocyte basal chez les insectes traités, diminue à 2 jours puis augmente significativement à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ).

Chez les femelles de *B. orientalis* traitées à l'acide borique, le volume de l'ovocyte basal est significativement réduit ( $p < 0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours comparativement aux témoins (Figure 52).

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les traitements, les âges et l'interaction traitement-âge.



**Figure 52.** Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.2.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque

Les insecticides testés à la DL50 (acide borique, spinosad et azadirachtine) ont été comparés entre eux à différents âges (0, 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque) pour les différents paramètres morphométriques considérés.

#### 2.2.2.1. Nombre d'ovocytes

La comparaison des moyennes a permis de mettre en évidence des différences significatives dans le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires entre les témoins et les différents insecticides. En comparant les traitements, on note les mêmes effets pour l'acide borique et l'azadirachtine mais des différences avec le spinosad (Tableau 43). L'analyse de la variance à un critère de classification, effectuée pour chaque âge et en fonction des différentes molécules utilisées, montre des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les traitements à 2, 4 et 6 jours.

Un classement des différentes molécules utilisées selon leur impact sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires est réalisé grâce au test HSD de Tukey (Tableau 44). Les résultats révèlent

l'existence à 2 jours de 3 groupes de molécules : le premier groupe renferme les insectes témoins, le second les traitements au spinosad, le troisième groupe est représenté par les blattes traitées à l'azadirachtine et l'acide borique. A 4 jours, les insecticides sont répartis en 2 groupes, le premier est représenté par les témoins et le deuxième groupe renferme les insectes traités au spinosad, acide borique et azadirachtine. A 6 jours, les insecticides sont classés en un groupe différent et séparé des témoins. De plus, l'acide borique est la molécule la plus efficace à 2 jours, par contre à 4 et 6 jours, l'azadirachtine a plus d'effet sur le nombre d'ovocytes comparativement aux autres pesticides testés.

**Tableau 43:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles adultes de *B. orientalis*, au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	53,00 ± 0,67 a	53,00 ± 0,67 a	53,00 ± 0,67 a	53,00 ± 0,67 a	p>0,05
2	60,00 ± 1,33 a	36,67 ± 1,11 b	39,00 ± 0,67 b	44,67 ± 1,56 b	p<0,001
4	49,00 ± 0,67 a	32,33 ± 1,78 b	29,33 ± 1,11 b	33,67 ± 1,11 c	p<0,001
6	48,67 ± 0,44 a	30,33 ± 0,44 b	28,00 ± 0,67 b	33,00 ± 0,67 c	p<0,001

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 44:** Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	60,00	a
	Spinosad	44,67	b
	Azadirachtine	39,00	c
	Acide borique	36,67	c
4	Témoins	49,00	a
	Spinosad	33,67	b
	Acide borique	32,33	b
	Azadirachtine	29,33	b
6	Témoins	48,67	a
	Spinosad	33,00	b
	Acide borique	30,33	c
	Azadirachtine	28,00	d

### 2.2.2.2. Volume de l'ovocyte basal

La comparaison des moyennes révèle des différences significatives entre les témoins et les traités mais aussi entre les différents traitements et ce uniquement à 2 jours (Tableau 45). Par contre à 6 jours, tous les traitements marquent le même effet.

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence des différences significatives ( $p < 0,001$ ) entre les pesticides utilisés et aux différents temps après traitement. De plus, on note l'efficacité du spinosad vis-à-vis du volume de l'ovocyte basal à 2 et 6 jours et l'acide borique à 4 jours.

Le classement des insecticides testés selon leur impact sur le volume de l'ovocyte basal est représenté dans le tableau 46. Les résultats révèlent l'existence de 2 groupes de molécules pour tous les âges considérés. A 2, 4 et 6 jours, les insecticides sont répartis en 2 classes : les insectes témoins, et les insectes traités (acide borique, spinosad et azadirachtine).

**Tableau 45:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le volume de l'ovocyte basal ( $\text{mm}^3$ ) chez les femelles adultes de *B. orientalis*, au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	0,1669±0,0192 a	0,1669±0,0192 a	0,1669±0,0192 a	0,1669±0,0192 a	$p > 0,05$
2	0,3058±0,0083 a	0,0767±0,0123 b	0,0970±0,0123 c	0,0709±0,0131 d	*** $p < 0,001$
4	0,4593±0,0161 a	0,1308±0,0155 b	0,1564±0,0213 c	0,1603±0,0138 c	*** $p < 0,001$
6	0,6516±0,0114 a	0,3405±0,0145 b	0,2968±0,0085 b	0,2609±0,0149 b	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 46:** Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal (mm<sup>3</sup>) chez les adultes femelles de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) aux différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	0,3058	a
	Azadirachtine	0,0970	b
	Acide borique	0,0767	b
	Spinosad	0,0709	b
4	Témoins	0,4593	a
	Spinosad	0,1603	b
	Azadirachtine	0,1564	b
	Acide borique	0,1308	b
6	Témoins	0,6516	a
	Acide borique	0,3405	b
	Azadirachtine	0,2968	b
	Spinosad	0,2609	b

### 2.2.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire

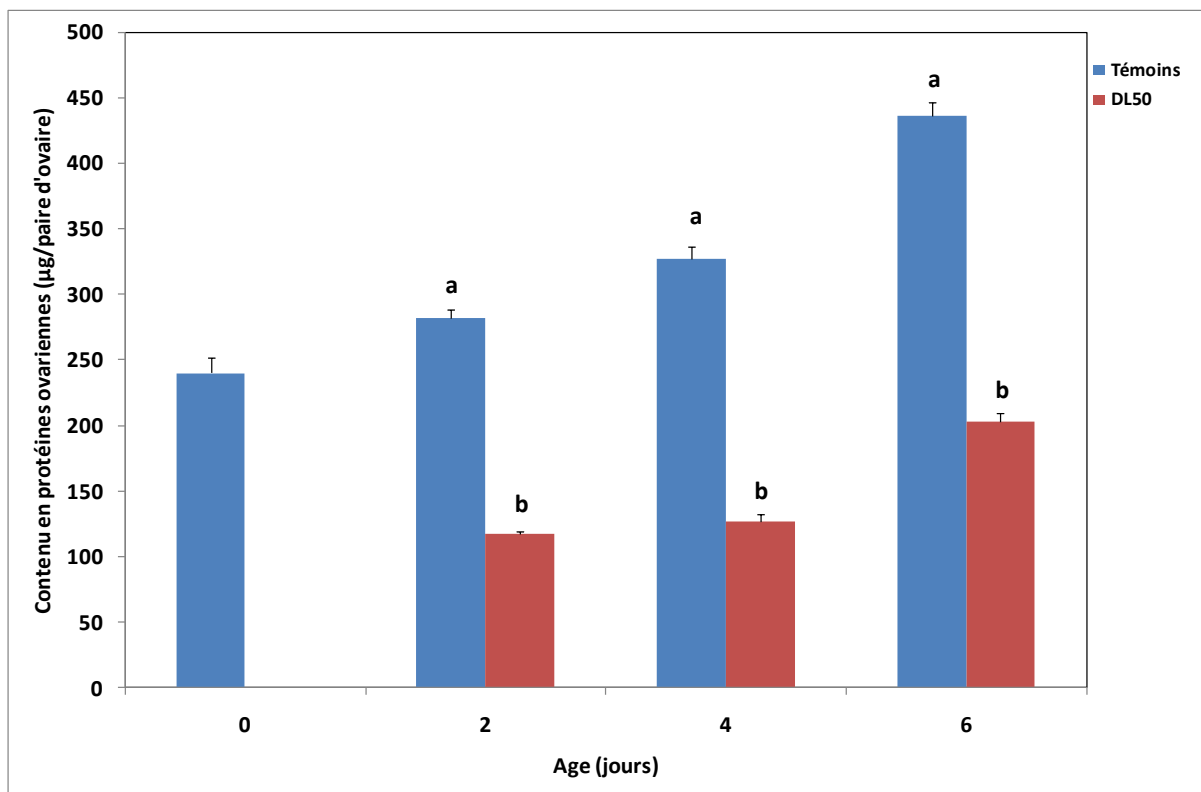
Les effets de l'acide borique, le spinosad et l'azadirachtine appliqués aux adultes femelles après le dépôt de la première oothèque (0 jour) de *B. orientalis* ont été évalués sur le contenu en métabolites ovariens (protéines, glucides et lipides) à différentes périodes (0, 2, 4 et 6 jours) après le dépôt de la première oothèque.

#### 2.2.3.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

L'azadirachtine appliqué par voie topique à une dose (DL50), réduit de manière significative, comparativement aux témoins, le contenu en protéines par paire d'ovaires chez les femelles de *B. orientalis* à 2 (p=0,001), 4 (p=0,003) et 6 jours (p=0,002) après le dépôt de la première oothèque (Figure 53).

Les résultats relatifs à l'analyse de la variance à deux critères de classification, révèlent des effets traitement, âge et interaction traitement-âge hautement significatifs (p<0,001).

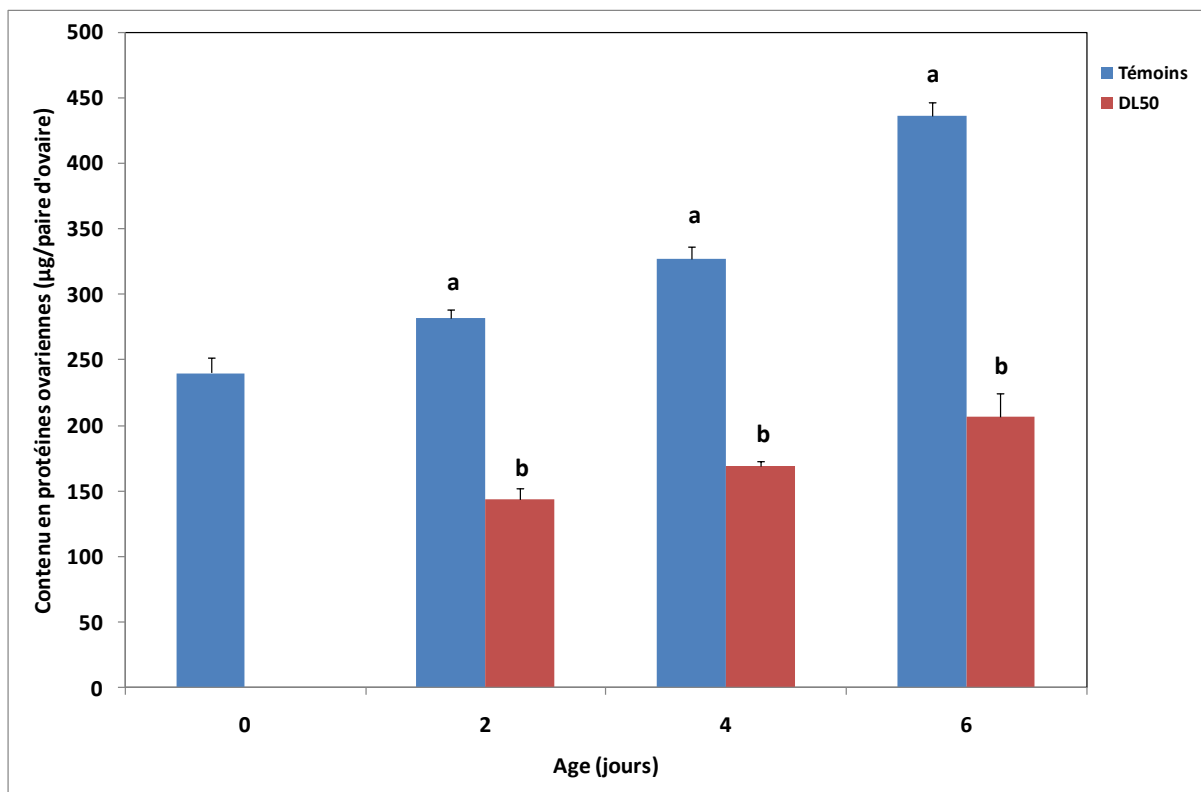


**Figure 53.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le spinosad administré par application topique à la dose la plus faible (DL50), chez les adultes femelles nouvellement exuviées de *B. orientalis* affecte le contenu en protéines ovariennes. En effet, des réductions significatives sont enregistrées à 2 ( $p=0,007$ ), 4 ( $p=0,004$ ) et 6 jours ( $p=0,008$ ) chez les séries traitées (Figure 54).

L'analyse de la variance, montre des effets traitement, âge et une interaction traitement- âge hautement significatives ( $p<0,001$ ).

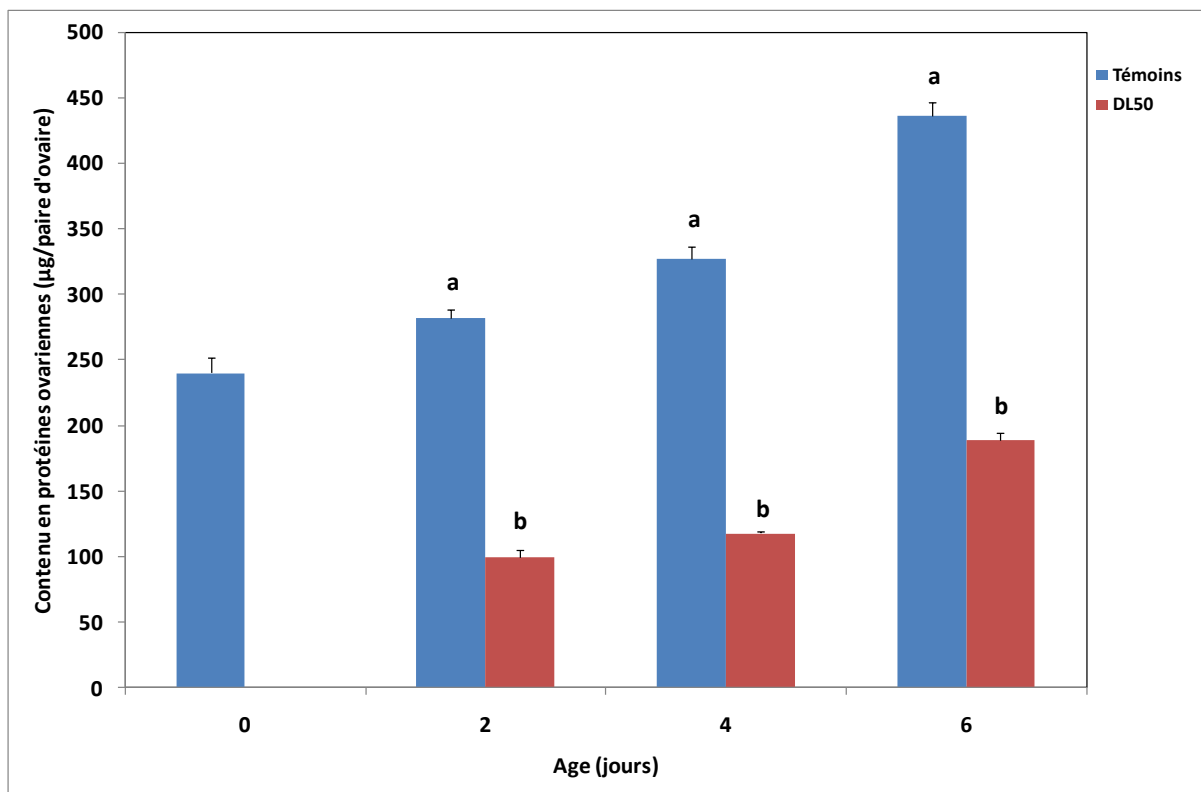


**Figure 54.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- **Effets de l'acide borique**

Le contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* témoins et traitées à l'acide borique est représenté dans la figure 55. Chez les séries témoins, le contenu en protéines augmente significativement ( $p<0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours, où il atteint des valeurs maximales ( $436,41 \pm 14,11 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ). L'acide borique réduit de façon significative le contenu en protéines à 2, 4 ( $p=0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,002$ ).

Les résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification, révèlent des effets hautement significatifs ( $p<0,001$ ) du traitement, de l'âge et de l'interaction traitement-âge.



**Figure 55.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

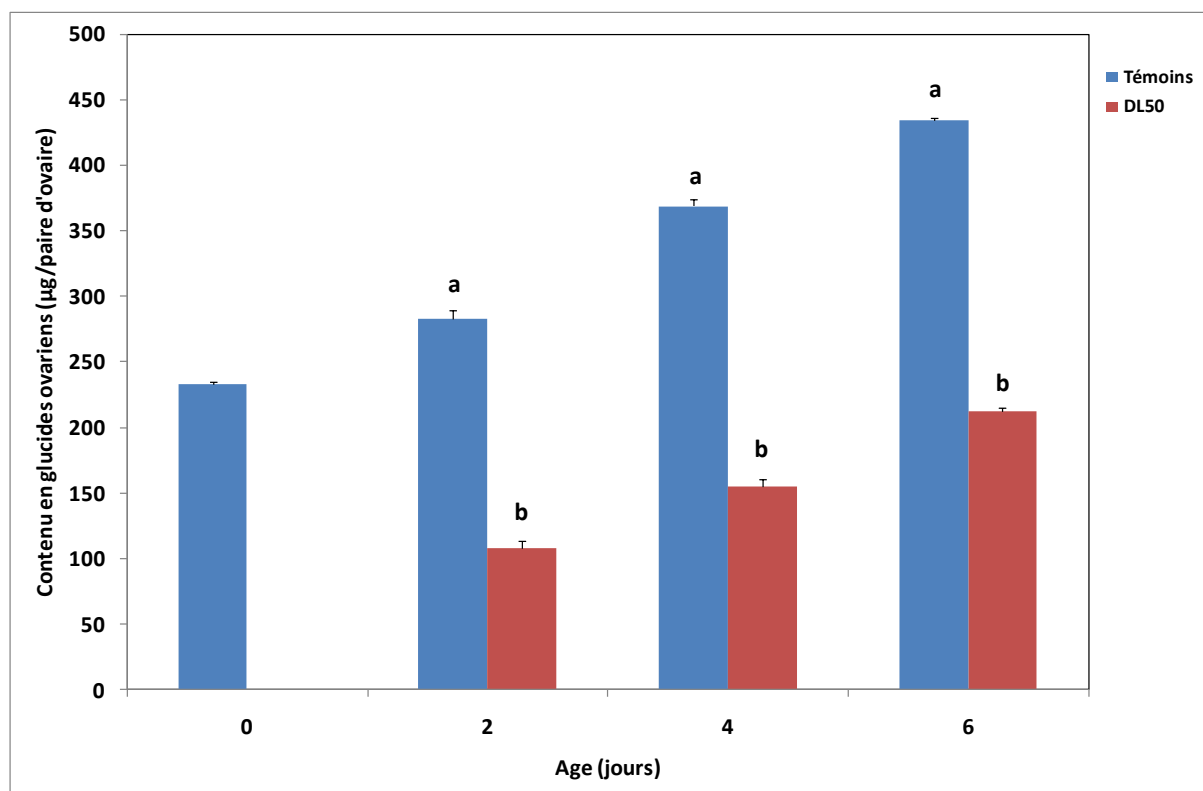
### 2.2.3.2. Contenu en glucides par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Les résultats relatifs au contenu en glucides ovariens chez les adultes femelles de *B. orientalis* traitées topiquement à l'azadirachtine sont représentés dans la figure 56. L'azadirachtine réduit significativement les glucides ovariens à 2 ( $p=0,003$ ), 4 ( $p<0,001$ ) et 6 jours ( $p<0,001$ ), après dépôt de la première oothèque, comparativement aux individus témoins.

L'analyse de la variance à 2 critères de classification a permis de mettre en évidence des différences hautement significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement, l'âge et l'interaction entre ces deux critères.

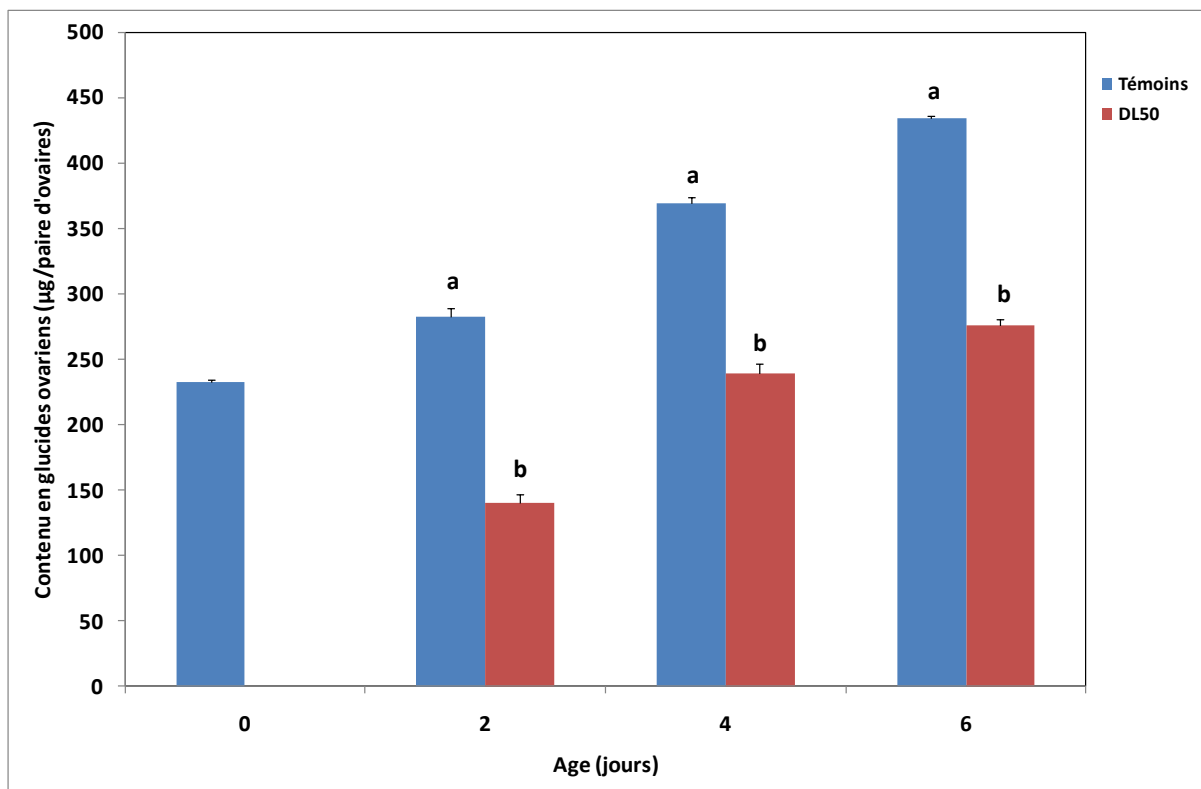




**Figure 56.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

L'effet du spinosad sur le contenu en glucides ovariens chez les adultes femelles de *B. orientalis* à différents âges (0, 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque) est représenté dans la figure 57. Le traitement provoque une réduction significative du contenu en glucides ovariens après 2 ( $p < 0,001$ ), 4 ( $p = 0,002$ ) et 6 jours ( $p = 0,001$ ) après traitement où des valeurs de  $275,79 \pm 6,76 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  sont enregistrées chez les traités contre des valeurs témoins de  $434,36 \pm 2,60 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ . L'analyse de la variance à deux critères de classification, montre des effets traitement ( $p < 0,001$ ), âges ( $p < 0,001$ ) et des interactions traitement-âges hautement significatifs ( $p = 0,033$ ).

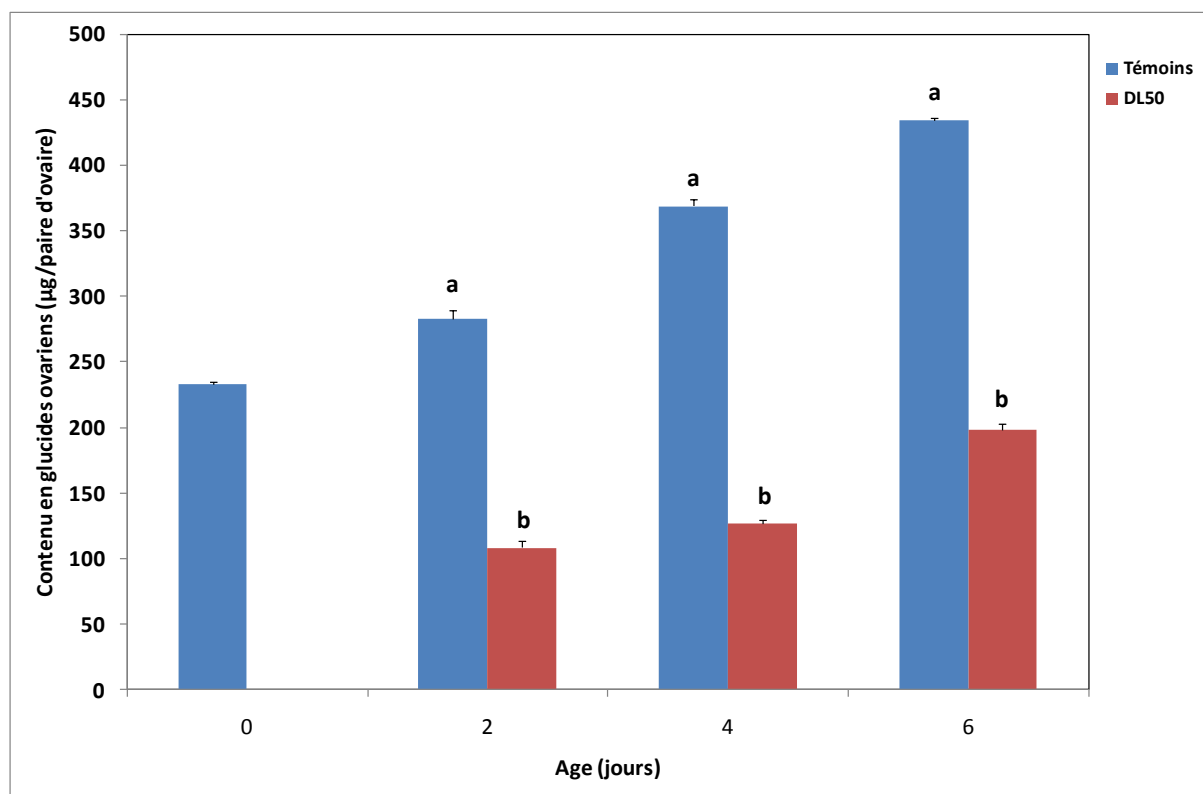


**Figure 57.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Chez les séries témoins, le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) chez *B. orientalis* augmente significativement ( $p<0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque, avec un pic correspondant à des valeurs moyennes de  $434,36 \pm 2,60 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  à 6 jours. Le traitement à l'acide borique affecte le contenu en glucides ovariens en réduisant les quantités observées à tous les âges testés ( $p \leq 0,001$ ) (Figure 58).

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des effets traitement, âge et interaction traitement-âge hautement significatifs ( $p<0,001$ ).

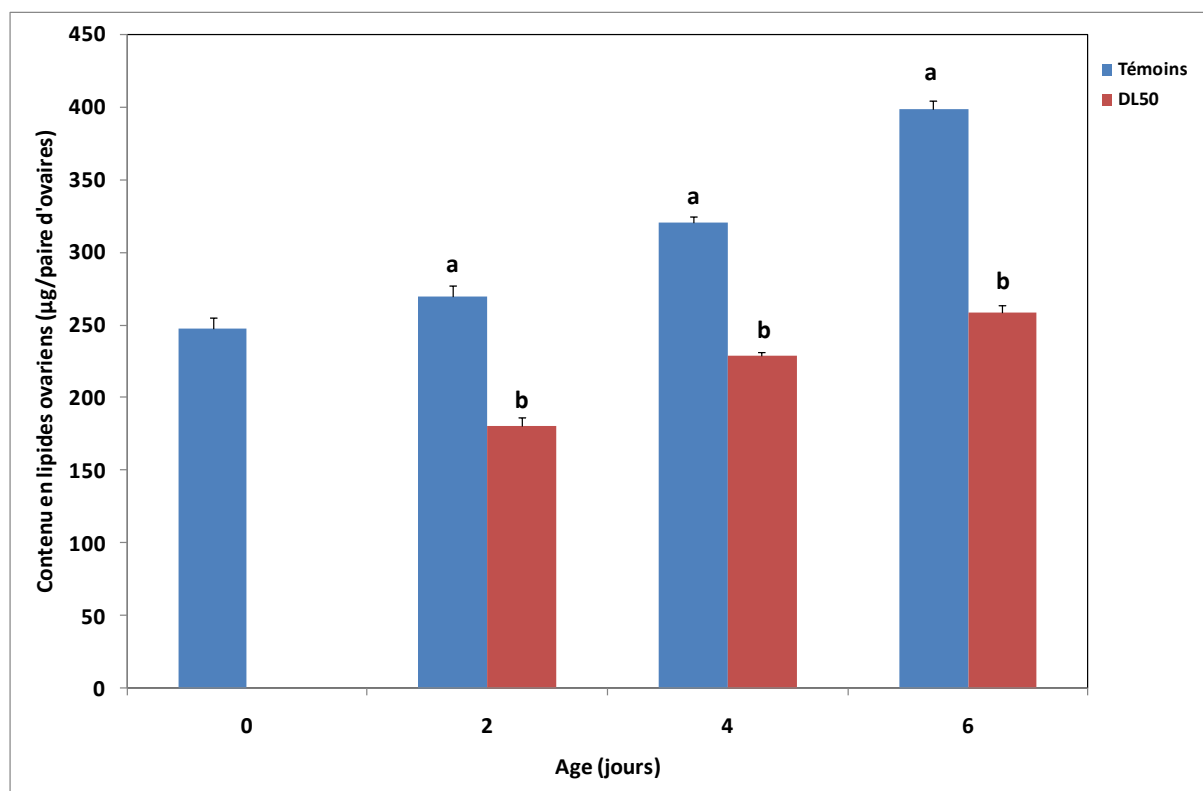


**Figure 58.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.2.3.3. Contenu en lipides par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Chez les séries traitées à l'azadirachtine, le contenu en lipides par paire d'ovaires, chez les femelles de *B. orientalis*, diminue significativement, comparativement à la série témoin, à 2 ( $p=0,014$ ), 4 et 6 jours ( $p=0,003$ ) après le dépôt de la première oothèque (Figure 59). Les valeurs maximales sont enregistrées à 6 jours avec des moyennes de  $398,71 \pm 2,01 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  chez les témoins contre  $258,41 \pm 5,39 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  chez les traités. Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification révèlent des différences hautement significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement, l'âge et dans l'interaction traitement-âge.

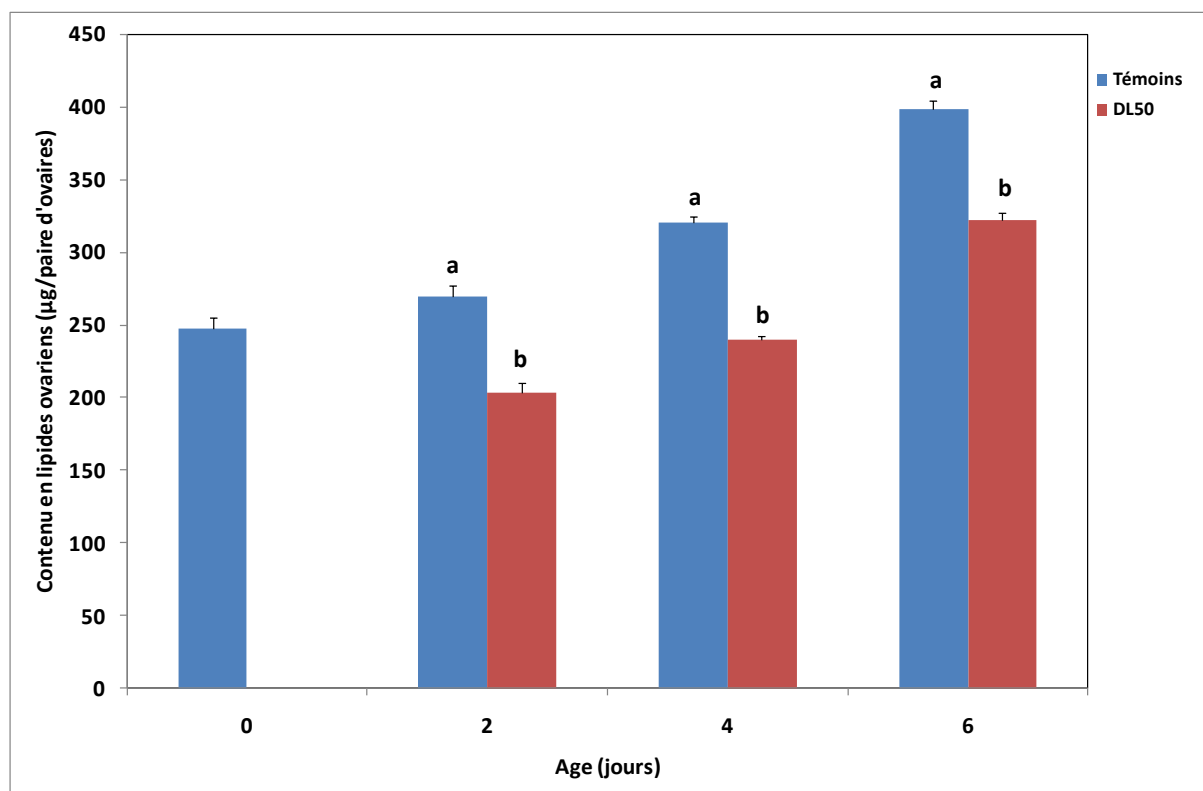


**Figure 59.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Chez les séries traitées au spinosad, le contenu en lipides ovariens chez les adultes femelles de *B. orientalis* est significativement réduit à 2 ( $p=0,01$ ), 4 ( $p=0,004$ ) et 6 jours ( $p=0,012$ ) après le dépôt de la première oothèque (Figure 60). Les valeurs vont de  $247,28 \pm 1,96 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  à 0 jour à  $398,71 \pm 2,01 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  à 6 jours chez les témoins contre  $203,23 \pm 7,27 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  à 0 jour jusqu'à  $322,23 \pm 5,12 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  à 6 jours.

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères, révèlent des effets dans le traitement et l'âge hautement significatif ( $p<0,001$ ).

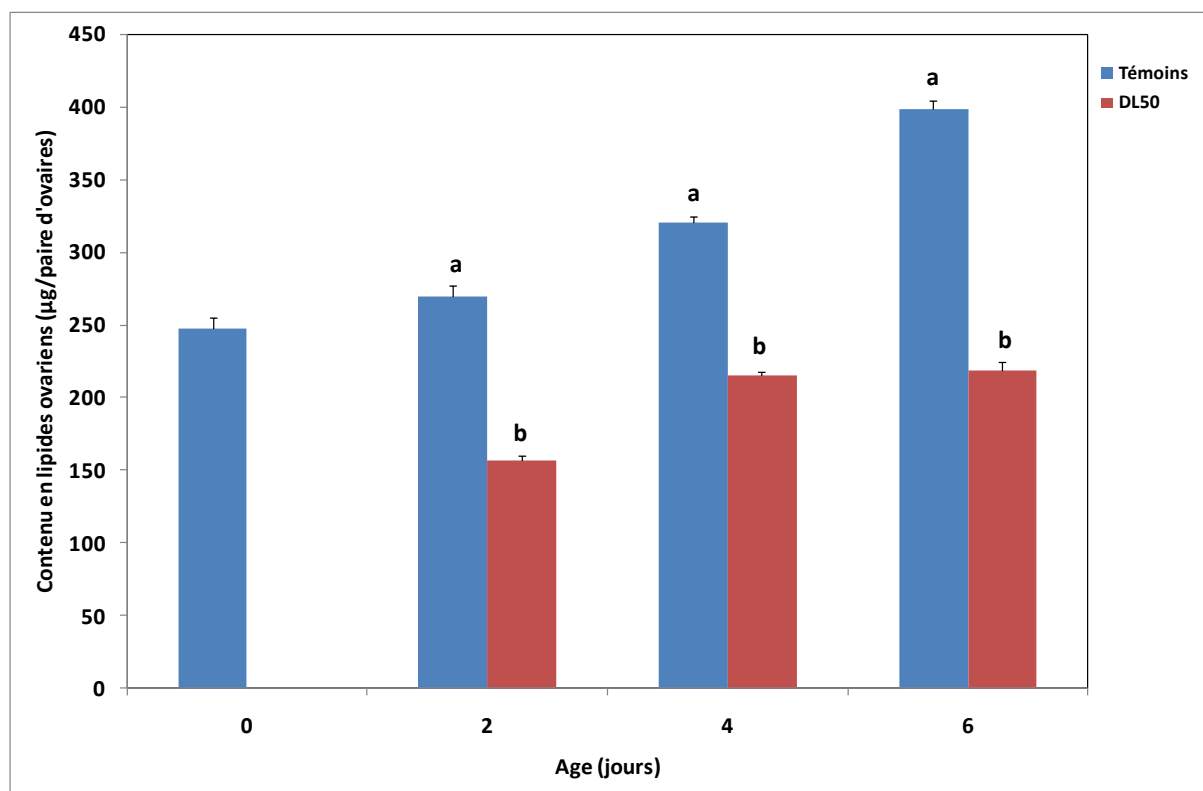


**Figure 60.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- **Effets de l'acide borique**

Les résultats du contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) chez les adultes femelles de *B. orientalis* sont mentionnés dans la figure 61. Le contenu en lipides augmente significativement ( $p<0,001$ ) à 2, 4 et 6 jours pour atteindre des valeurs maximales de  $398,71 \pm 7,99 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ . L'acide borique réduit significativement le contenu en lipides ovariens à 2 ( $p=0,001$ ), 4 ( $p=0,003$ ) et 6 jours ( $p=0,002$ ).

Les résultats concernant l'analyse de la variance à deux critères de classification révèlent des effets hautement significatifs ( $p<0,001$ ) pour le traitement, l'âge et l'interaction traitement-âge.



**Figure 61.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

#### 2.2.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque

##### 2.2.4.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires

La comparaison des moyennes, relatives aux molécules insecticides testées sur le contenu en protéines ovariennes des adultes femelles de *B. orientalis* est mentionnée dans le tableau 47. Les résultats obtenus montrent des différences significatives entre les séries témoins et traitées au cours de la période testée. A 2 et 4 jours, l'acide borique et l'azadirachtine présentent des effets similaires, qui diffèrent du spinosad. Par contre à 6 jours, des différences sont signalées entre l'acide borique et les autres molécules. De plus, on remarque que l'acide borique est la molécule la plus efficace comparativement à l'azadirachtine et au spinosad.

Les résultats de l'analyse de la variance mettent en évidence des différences significatives entre les traitements utilisés et ce, aux différents temps après le dépôt de la première oothèque. Un classement des moyennes du contenu en protéines ovariennes, chez les adultes femelles de *B. orientalis*, témoins et traitées aux différentes molécules testées, est réalisé à 2, 4 et 6 jours. Les

résultats obtenus révèlent l'existence à 2, 4 et 6 jours de 2 groupes de molécules, le premier groupe renferme les témoins et le second, les traitements à l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad (Tableau 48).

**Tableau 47:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	240,10 $\pm$ 12,03 a	240,10 $\pm$ 12,03a	240,10 $\pm$ 12,03 a	240,10 $\pm$ 12,03 a	$p>0,05$
2	281,72 $\pm$ 6,72 a	99,84 $\pm$ 5,17 b	117,20 $\pm$ 2,02 b	143,96 $\pm$ 7,96 c	*** $p<0,001$
4	327,47 $\pm$ 8,93 a	117,81 $\pm$ 1,68 b	126,89 $\pm$ 5,05 b	169,08 $\pm$ 3,45 c	*** $p<0,001$
6	436,41 $\pm$ 10,26 a	188,99 $\pm$ 5,33 b	202,74 $\pm$ 6,99 c	206,41 $\pm$ 18,45 c	*** $p<0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 48:** Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique, après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	281,72	a
	Spinosad	143,96	b
	Azadirachtine	117,20	b
	Acide borique	99,84	b
4	Témoins	327,47	a
	Spinosad	169,08	b
	Azadirachtine	126,89	b
	Acide borique	117,81	b
6	Témoins	436,41	a
	Spinosad	206,41	b
	Azadirachtine	202,74	b
	Acide borique	188,99	b

#### 2.2.4.2. Contenu en glucides par paire d'ovaires

La comparaison des effets des divers insecticides testés sur le contenu en glucides ovariens des adultes femelles de *B. orientalis* au cours de la maturité sexuelle, est réalisée grâce au test t de

student. Les résultats montrent des différences significatives entre les séries témoins et traitées et également entre les différents traitements à 4 et 6 jours (Tableau 49). Par contre à 2 jours, l'acide borique et l'azadirachtine marquent les mêmes effets. Les résultats de l'ANOVA relatifs au contenu en glucides par paire d'ovaires entre les différents traitements pour chaque âge révèlent des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ). De plus, on remarque que l'acide borique est la molécule la plus efficace comparativement à l'azadirachtine et au spinosad.

Le classement des moyennes révèle l'existence de 3 groupes de molécules à 2 jours, avec un premier groupe constitué par les témoins, un second correspondant au spinosad et un troisième représenté par l'acide borique et l'azadirachtine. A 4 jours, le test de Tukey sépare 4 groupes représentant le témoin et chacun des traitements. Enfin, à 6 jours, 3 groupes sont obtenus, le premier comportant les témoins, le second les séries traitées au spinosad et le troisième les individus traités à l'acide borique et l'azadirachtine (Tableau 50).

**Tableau 49:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	232,85 $\pm$ 1,96 a	232,85 $\pm$ 1,96 a	232,85 $\pm$ 1,96 a	232,85 $\pm$ 1,96 a	$p > 0,05$
2	282,50 $\pm$ 6,98 a	108,55 $\pm$ 5,18 b	108,04 $\pm$ 5,31 b	140,42 $\pm$ 6,30 c	*** $p < 0,001$
4	368,87 $\pm$ 4,76 a	126,66 $\pm$ 2,88 b	155,25 $\pm$ 5,74 c	238,78 $\pm$ 7,73 d	*** $p < 0,001$
6	434,36 $\pm$ 2,01 a	198,07 $\pm$ 5,28 b	211,98 $\pm$ 3,03 c	275,79 $\pm$ 4,83 d	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.



**Tableau 50:** Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	282,50	a
	Spinosad	140,42	b
	Acide borique	108,55	c
	Azadirachtine	108,04	c
4	Témoins	368,87	a
	Spinosad	238,78	b
	Azadirachtine	155,25	c
	Acide borique	126,66	d
6	Témoins	434,36	a
	Spinosad	275,79	b
	Azadirachtine	211,98	c
	Acide borique	198,07	c

### 2.2.4.3. Contenu en lipides par paire d'ovaires

La comparaison des moyennes a permis de révéler des différences significatives entre l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad mais aussi entre chaque traitement et la série témoin (Tableau 51). L'analyse de la variance à un critère de classification effectuée pour chaque âge et entre les différents traitements, montre des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ). Le classement des moyennes relatives au contenu en lipides par paire d'ovaires est donné dans le tableau 52. A 2, 4 et 6 jours, les témoins et chacun des divers traitements constitue un groupe bien individualisé. De plus, on remarque que l'acide borique est la molécule la plus efficace comparativement à l'azadirachtine et au spinosad.

**Tableau 51:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) appliqués le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. orientalis*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement / Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	247,28 $\pm$ 7,85 a	247,28 $\pm$ 7,85 a	247,28 $\pm$ 7,85 a	247,28 $\pm$ 7,85 a	$p > 0,05$
2	269,34 $\pm$ 8,10 a	156,88 $\pm$ 3,40 b	180,67 $\pm$ 5,77 c	203,23 $\pm$ 7,27 d	*** $p < 0,001$
4	320,55 $\pm$ 4,05 a	215,66 $\pm$ 2,47 b	229,03 $\pm$ 2,48 c	239,41 $\pm$ 2,67 d	*** $p < 0,001$
6	398,71 $\pm$ 5,44 a	219,01 $\pm$ 5,23 b	258,41 $\pm$ 5,39 c	322,23 $\pm$ 5,12 d	*** $p < 0,001$

■ Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ )

- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 52:** Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. orientalis* après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	269,34	a
	Spinosad	203,23	b
	Azadirachtine	180,67	c
	Acide borique	156,88	d
4	Témoins	320,55	a
	Spinosad	239,41	b
	Acide borique	229,03	c
	Azadirachtine	215,66	d
6	Témoins	398,71	a
	Spinosad	322,23	b
	Azadirachtine	258,41	c
	Acide borique	219,01	d

**2.3. Effets des molécules sur la morphométrie et la biochimie de l'ovaire chez *Blattella germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque :**

### 2.3.1. Effets sur la morphométrie de l'ovaire

L'azadirachtine et le spinosad ont été administrés par application topique alors que l'acide borique a été administré par ingestion sur des adultes femelles de *B. germanica* nouvellement exuviées (0 jour). Les effets de ces molécules ont été évalués sur différents paramètres morphométriques de l'ovaire (nombre d'ovocytes par paire d'ovaire et la taille de l'ovocyte basal) à 0, 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque).

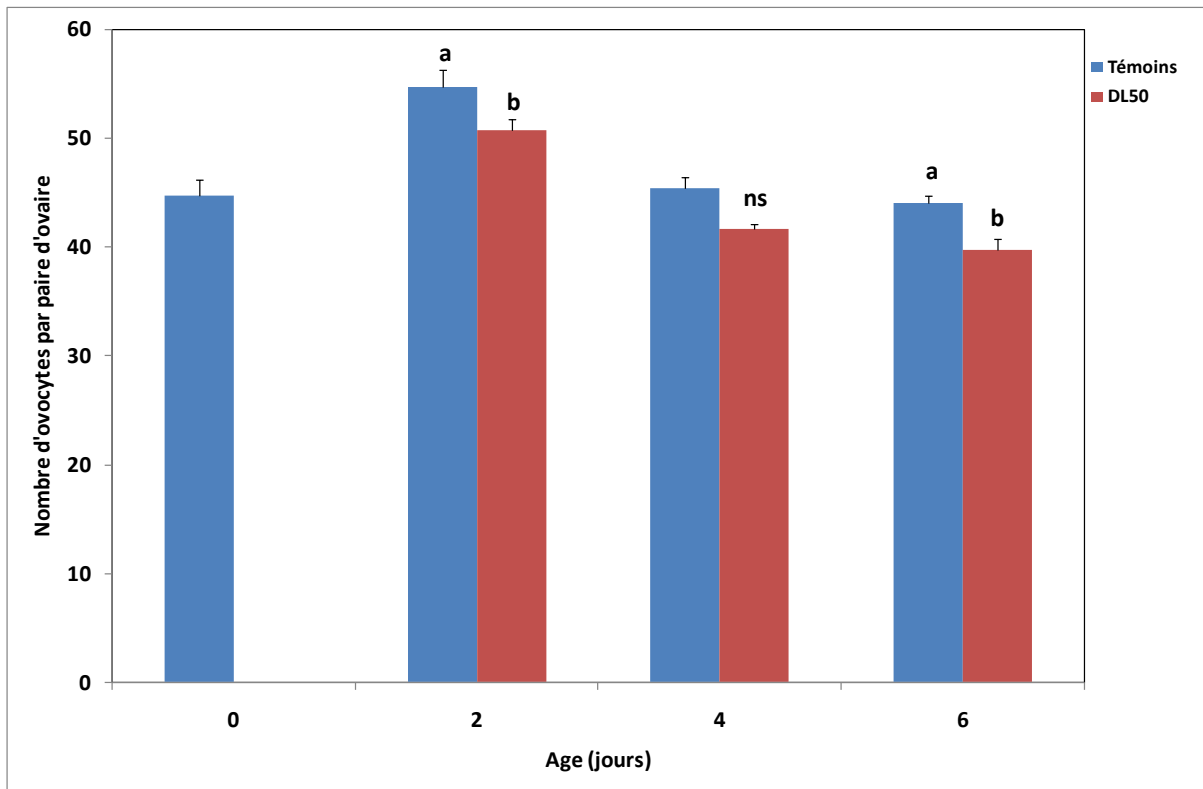
#### 2.3.1.1. Nombre d'ovocytes par paire d'ovaires :

- *Effets de l'azadirachtine*

Similairement aux séries témoins, le nombre d'ovocytes chez les séries traitées marque une augmentation significative à 2 jours ( $p < 0,001$ ), suivie d'une diminution à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ).

La comparaison des valeurs entre témoins et traités, montre une diminution significative du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires à 2 ( $p = 0,020$ ), et 6 jours ( $p = 0,039$ ). Par contre, aucun effet n'est signalé à 4 jours (Figure 62).

L'analyse de la variance à deux critères de classification, montre un effet traitement et un effet âge ( $p < 0,001$ ).



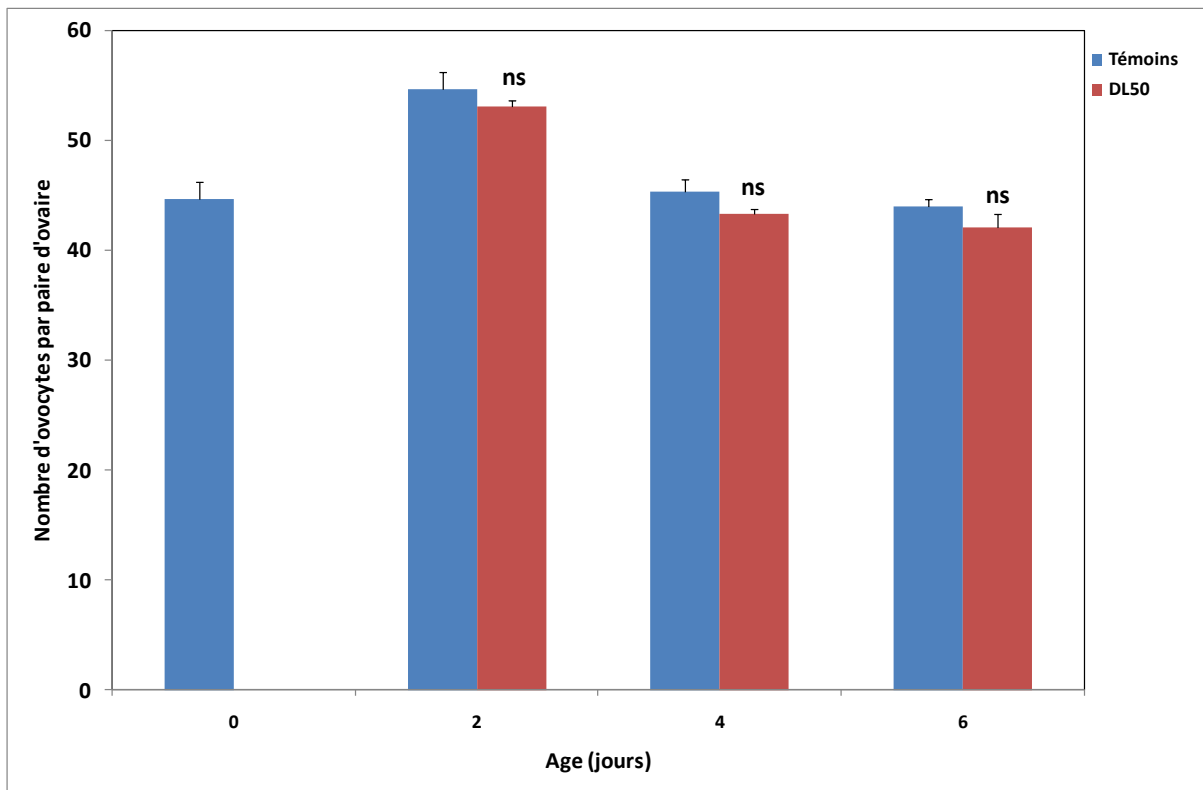
**Figure 62.** Effets de l'azadirachtine (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le nombre d'ovocytes chez les séries traitées, augmente de 0 à 2 jours ( $p < 0,001$ ), puis diminue par la suite à 4 et 6 jours ( $p < 0,001$ ). Le même profil est noté chez les témoins.

Le spinosad ne montre aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires (Figure 63) au cours des différentes périodes testées.

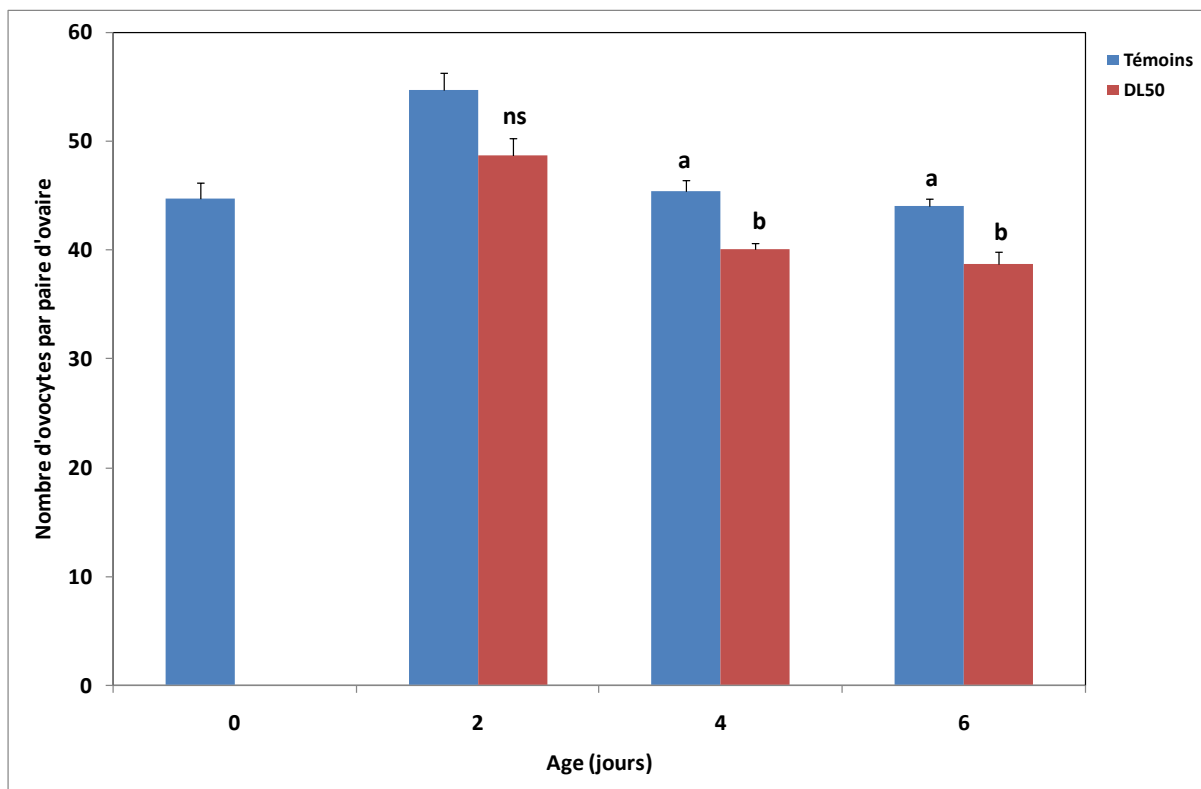
L'analyse de la variance à deux critères de classification montre un effet âge ( $p < 0,001$ ).



**Figure 63.** Effets du spinosad (DL50), administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire (Figure 64) chez les séries témoins augmente de manière significative ( $p<0,001$ ) à 2 jours mais diminue à 4 et 6 jours ( $p<0,001$ ). L'acide borique (DL50) réduit significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires seulement à 4 ( $p= 0,015$ ) et 6 jours ( $p= 0,026$ ). L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA), révèle un effet traitement ( $p<0,001$ ) et un effet âge ( $p<0,001$ ).



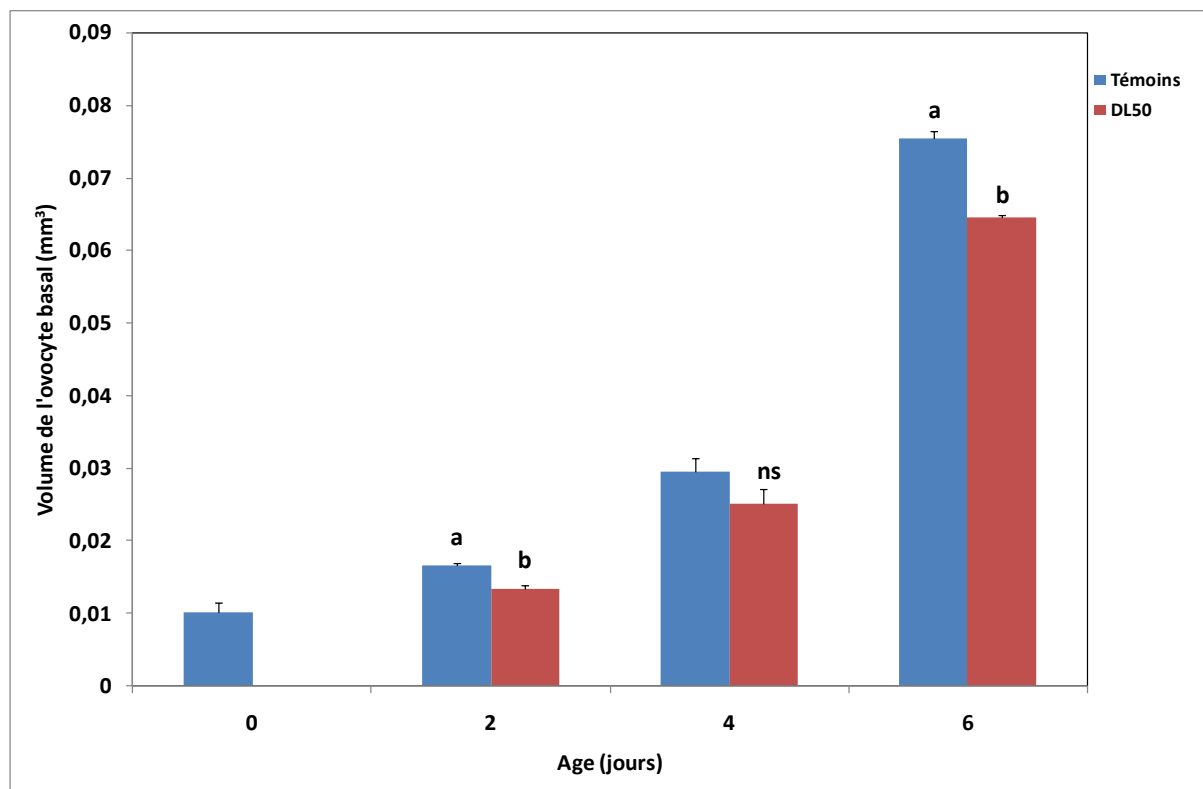
**Figure 64.** Effets de l'acide borique (DL50), administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.3.1.2. Taille de l'ovocyte basal

- *Effets de l'azadirachtine*

Parallèlement à la série témoin, les insectes traités à l'azadirachtine, marquent une augmentation significative du volume de l'ovocyte basal au cours de la période testée ( $p < 0,001$ ). Les résultats révèlent que l'azadirachtine induit une réduction dans le volume de l'ovocyte basal à 2 ( $p=0,002$ ) et 6 jours ( $p=0,003$ ) (Figure 65).

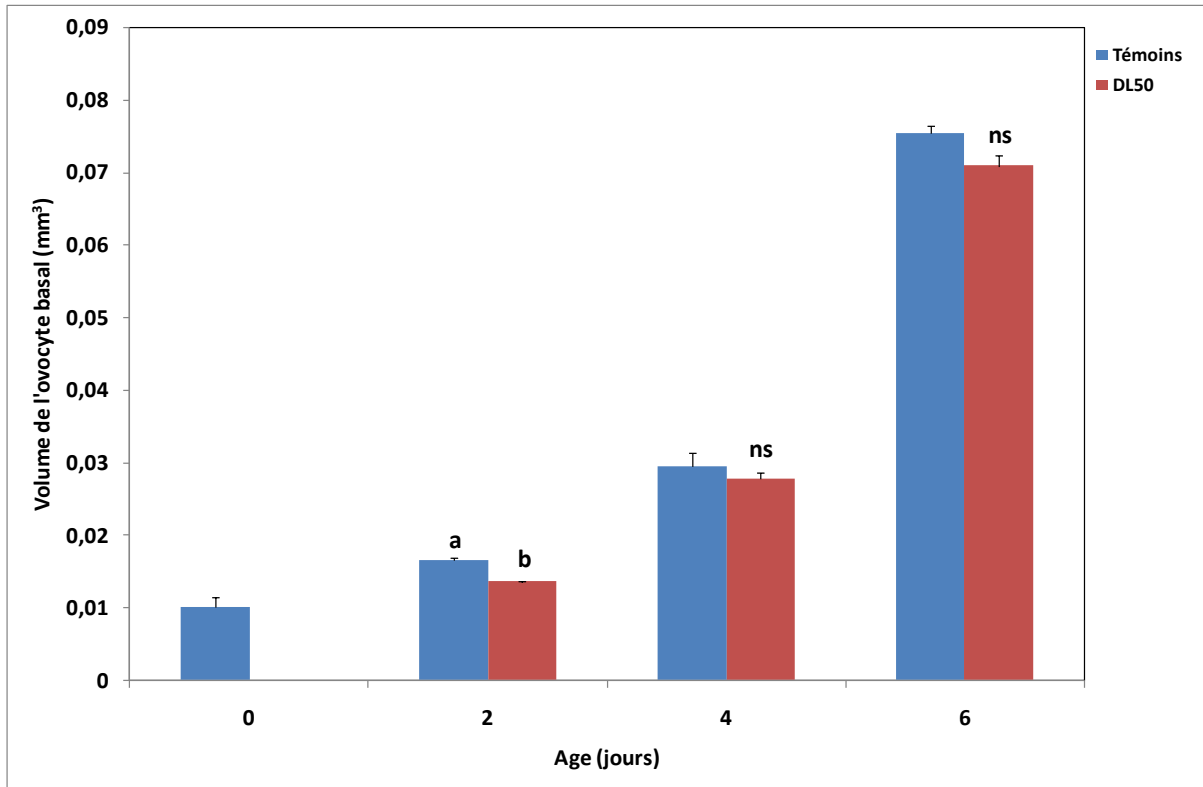
L'analyse de la variance à deux critères de classification, permet de mettre en évidence des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ), par rapport au traitement, à l'âge et à l'interaction traitement âge ( $p=0,003$ ).



**Figure 65.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Similairement aux témoins, les séries traitées montrent une augmentation significative dans le volume de l'ovocyte basal de 0 à 6 jours ( $p < 0,001$ ). Le spinosad réduit le volume de l'ovocyte basal seulement à 2 jours ( $p = 0,003$ ) (Figure 66). L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle un effet traitement ( $p = 0,001$ ) et âges ( $p < 0,001$ ) sur le volume de l'ovocyte basal.



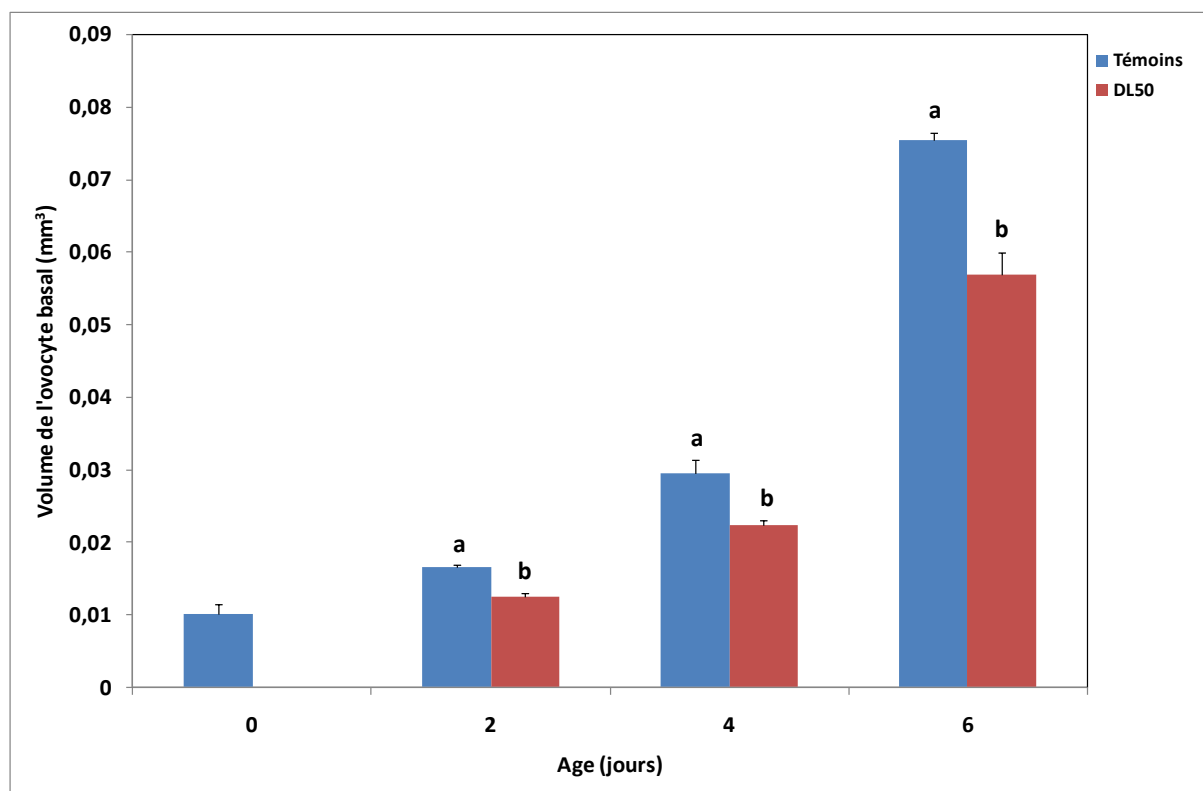
**Figure 66.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm sem$ , n=4). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- **Effets de l'acide borique :**

Le volume de l'ovocyte basal calculé à partir de sa longueur et sa largeur, augmente à 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque chez les insectes témoins et traités ( $p < 0,001$ ).

Chez les femelles de *B. germanica* traitées à l'acide borique, le volume de l'ovocyte est significativement réduit à 2 ( $p = 0,002$ ), 4 ( $p = 0,015$ ) et 6 jours ( $p = 0,008$ ) (Figure 67).

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les traitements, les âges et l'interaction traitements-âges.



**Figure 67.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ , n=4). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.3.2. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la morphométrie de l'ovaire de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après le dépôt de la première oothèque:

Les insecticides testés à la dose létale 50 (acide borique, azadirachtine et spinosad), ont été comparés entre eux aux différents âges (0, 2, 4 et 6 jours) après le dépôt de la première oothèque pour les différents paramètres morphométriques considérés.

#### 2.3.2.1. Nombre d'ovocytes :

La comparaison des moyennes a permis de mettre en évidence des différences significatives dans le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire entre les témoins et les traités mais aussi entre les différents insecticides (Tableau 53). De plus, on remarque que l'acide borique est la molécule la plus efficace comparativement aux autres molécules. L'acide borique et l'azadirachtine présentent des effets similaires à 2 et 4 jours, et des effets différents à 6 jours.

L'analyse de la variance, effectuée pour chaque âge et en fonction des différentes molécules utilisées, montre des différences significatives entre les traitements à 2 ( $p=0,013$ ), 4 ( $p=0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,012$ ).



Un classement des différentes molécules est réalisé grâce au test HSD de Tukey (Tableau 54). Les résultats révèlent l'existence à 2 jours de 2 groupes de molécules : le premier groupe renferme les insectes témoins et traités au spinosad et le second est représenté par les blattes traitées à l'azadirachtine et l'acide borique. A 4 jours, les insecticides sont répartis en 3 groupes. Le premier est représenté par les témoins, le deuxième groupe renferme les insectes traités au spinosad et l'azadirachtine, et enfin le dernier groupe ceux traités à l'acide borique. A 6 jours, les insecticides sont classés en 2 groupes seulement, l'un est représenté par les témoins et le traitement au spinosad et l'autre groupe est constitué par l'azadirachtine et l'acide borique.

**Tableau 53:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles adultes de *B. germanica*, au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	44,67±1,56 a	44,67±1,56 a	44,67±1,56 a	44,67±1,56 a	p>0,05
2	54,67±1,56 a	48,67±1,56 b	50,67±1,11 b	53,00±0,67 a	p=0,013
4	45,33±1,11 a	40,00±0,67 b	41,67±0,44 b	43,33±0,44 a	p=0,001
6	44,00±0,67 a	38,67±1,11 b	39,67±1,33 c	42,00±1,33 a	p=0,012

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 54:** Classement par ordre décroissant du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	54,67	a
	Spinosad	53,00	a
	Azadirachtine	50,67	b
	Acide borique	48,67	b
4	Témoins	45,33	a
	Spinosad	43,33	b
	Azadirachtine	41,67	b
	Acide borique	40,00	c
6	Témoins	44,00	a
	Spinosad	42,00	a
	Azadirachtine	39,67	b
	Acide borique	38,67	b

### 2.3.2.2. Volume de l'ovocyte basal

La comparaison des moyennes révèle des différences significatives entre les témoins et les traités mais aussi entre les traitements et ce à 2, 4 et 6 jours (Tableau 55).

Les résultats de l'ANOVA, mettent en évidence des différences significatives entre les pesticides utilisés et aux différents temps après traitement (2 jours :  $p < 0,0001$  ; 4 jours :  $p = 0,009$  et 6 jours :  $p < 0,0001$ ).

Le classement des différents insecticides testés est représenté dans le tableau 56. Les résultats révèlent l'existence de 2 à 3 groupes pour les molécules considérées.

A 2 jours, le premier groupe renferme les témoins et le second comprend les trois molécules testées (spinosad, l'azadirachtine et l'acide borique). A 4 jours, les insecticides sont répartis en 2 groupes, celui des témoins et traités au spinosad et enfin le groupe représenté par les traités à l'azadirachtine et l'acide borique. Enfin à 6 jours, les insecticides sont classés en 3 groupes, le premier est représenté par les témoins et traités au spinosad, le deuxième groupe constitue les insectes traités à l'azadirachtine et le troisième groupe renferme les traités à l'acide borique.

**Tableau 55:** Effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad (DL50) sur le volume de l'ovocyte basal ( $\text{mm}^3$ ) chez les femelles adultes de *B. germanica*, au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA p
0	0,0100±0,0014 a	0,0100±0,0014 a	0,0100±0,0014 a	0,0100±0,0014 a	$p > 0,05$
2	0,0164±0,0003 a	0,0123±0,0005 b	0,0133±0,0004 c	0,0135±0,0001 c	*** $p < 0,001$
4	0,0295±0,0017 a	0,0222±0,0007 b	0,0250±0,0019 a	0,0277±0,0009 a	*** $p < 0,001$
6	0,0753±0,0010 a	0,0568±0,0030 b	0,0644±0,0003 c	0,0708±0,0015 a	*** $p < 0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 56:** Classement par ordre décroissant du volume de l'ovocyte basal (mm<sup>3</sup>) chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	0,0164	a
	Spinosad	0,0135	b
	Azadirachtine	0,0133	b
	Acide borique	0,0123	b
4	Témoins	0,0295	a
	Spinosad	0,0277	a
	Azadirachtine	0,0250	b
	Acide borique	0,0222	b
6	Témoins	0,0753	a
	Spinosad	0,0708	a
	Azadirachtine	0,0644	b
	Acide borique	0,0568	c

### 2.3.3. Effets sur la biochimie de l'ovaire de *B. germanica*

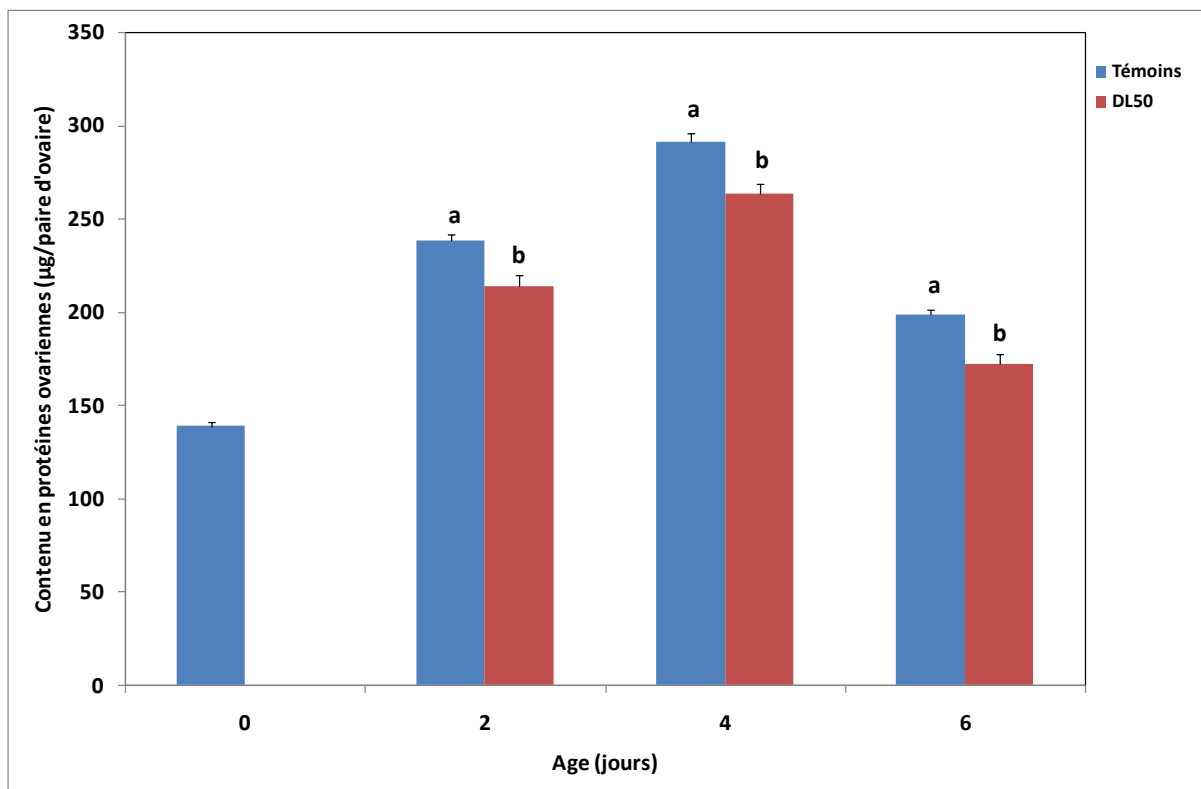
Les effets de l'acide borique, de l'azadirachtine et du spinosad ont été évalués sur le contenu en métabolites ovariens (protéines, glucides et lipides) chez les adultes femelles de *B. germanica* après le dépôt de la première oothèque.

#### 2.3.3.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires :

- *Effets de l'azadirachtine*

Le traitement à l'azadirachtine ne modifie pas le profil dans le contenu en protéines par paire d'ovaires, chez les femelles de *B. germanica*, mais le réduit de manière significative à 2 (p=0,009), 4 (p=0,015) et 6 jours (p=0,006) après le dépôt de la première oothèque (Figure 68). Des valeurs maximales (263,33 ± 5,56 µg/paire d'ovaires) sont enregistrées à 4 jours contre des valeurs témoins de 291,33 ± 4,44 µg/paire d'ovaires.

Les résultats relatifs à l'analyse de la variance à 2 critères de classification, révèlent des effets dans le traitement, l'âge et l'interaction traitement-âge hautement significatifs (p<0,001).

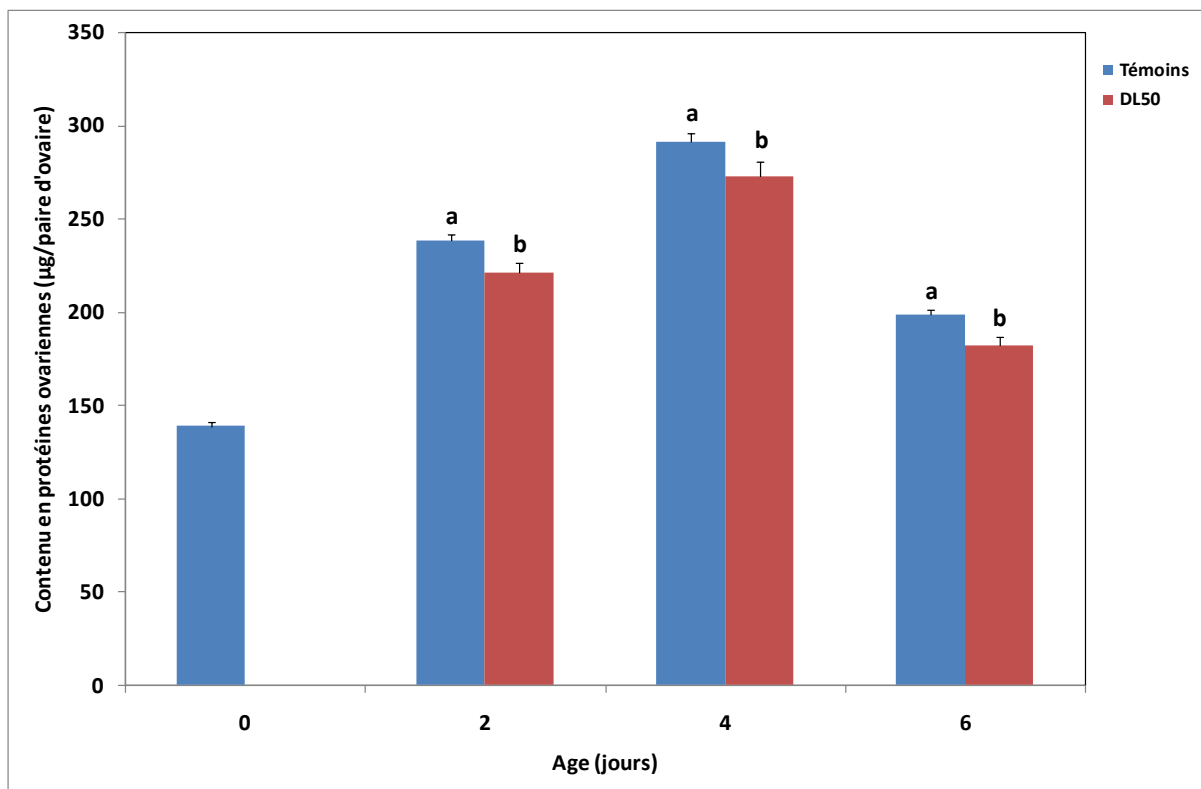


**Figure 68.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le spinosad administré par voie topique à la dose DL50, affecte le contenu en protéines ovariennes chez les adultes femelles de *B. germanica*, puisque des diminutions significatives sont enregistrées à 2 ( $p=0,014$ ), 4 ( $p=0,045$ ) et 6 jours ( $p=0,02$ ) (Figure 69). Il faut noter que le profil dans le contenu en protéines, au cours de la période testée, reste comparable entre les séries.

L'analyse de la variance montre des effets du traitement, de l'âge et une interaction traitement-âge hautement significatifs ( $p<0,001$ ).



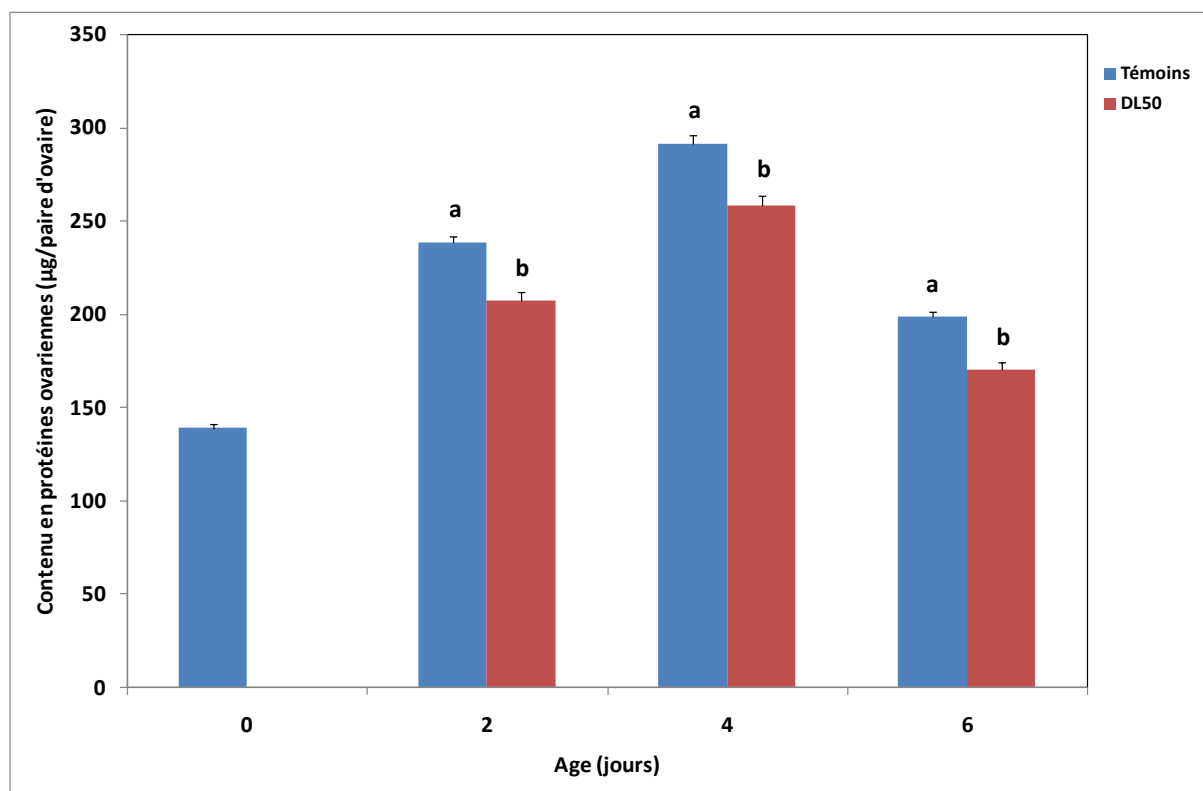
**Figure 69.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- **Effets de l'acide borique :**

Le contenu en protéines par paire d'ovaires après 0, 2, 4 et 6 jours chez les adultes femelles de *B. germanica* témoins et traités à l'acide borique est représenté dans la figure 70. Chez les séries témoins et traitées, le contenu en protéines augmente significativement à 2 jours ( $p<0,001$ ) pour atteindre des valeurs maximales de  $291,33 \pm 5,86$  et  $258 \pm 7,00 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$  à 4 jours ( $p<0,001$ ) respectivement ; le contenu en protéines diminue ensuite à 6 jours ( $p<0,001$ ).

L'acide borique réduit de façon significative ce contenu en protéines à 2 ( $p=0,004$ ), 4 ( $p<0,001$ ) et 6 jours ( $p=0,003$ ).

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification révèlent des effets hautement significatifs du traitement, de l'âge et de l'interaction traitement-âge ( $p<0,001$ ).

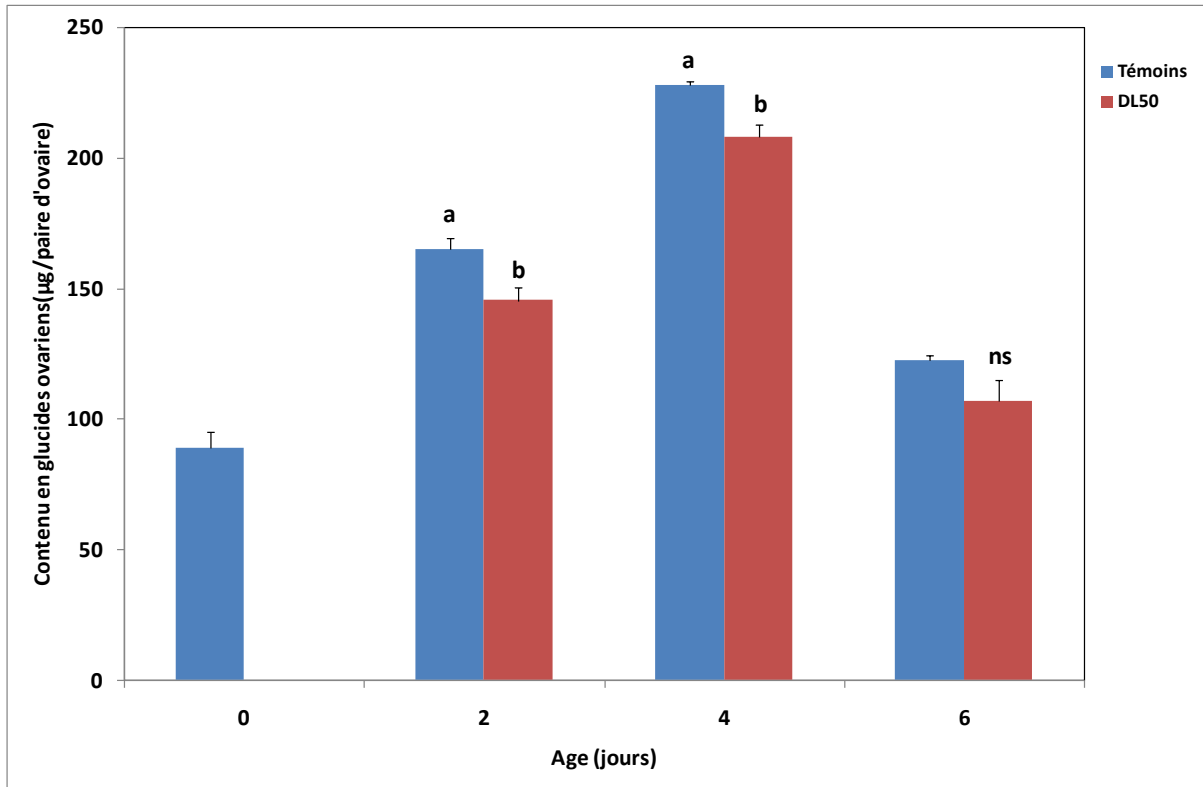


**Figure 70.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.3.3.2. Contenu en glucides par paire d'ovaires

- *Effets de l'azadirachtine*

Les résultats relatifs au contenu en glucides ovariens chez les adultes femelles de *B. germanica* témoins et traitées par voie topique à l'azadirachtine sont représentés dans la figure 71. Le contenu en glucides ovariens, pour les deux séries, augmente significativement à 2 et 4 jours ( $p < 0,001$ ) et diminue par la suite à 6 jours ( $p < 0,001$ ). L'azadirachtine réduit significativement les glucides ovariens à 2 ( $p = 0,005$ ) et 4 jours ( $p = 0,017$ ) après le dépôt de la première oothèque. L'analyse de la variance à deux critères de classification a permis de mettre en évidence des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ) dans le traitement, l'âge et l'interaction entre ces deux critères.

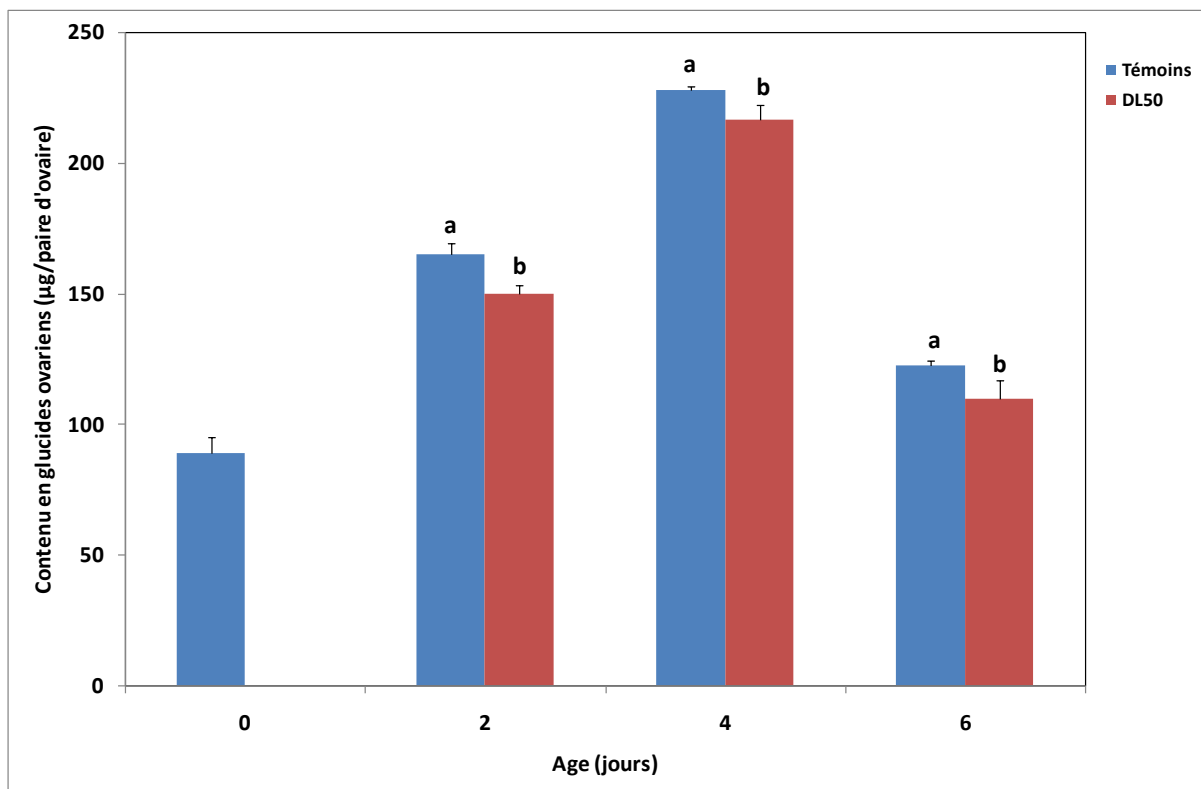


**Figure 71.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Le contenu en glucides ovariens chez les adultes femelles de *B. germanica* à 0, 2, 4 et 6 jours, après le dépôt de la première oothèque est représenté sur la figure 72. Chez les séries témoins et traitées, le contenu en glucides ovariens augmente à 2 et 4 jours ( $p < 0,001$ ), puis diminue à 6 jours ( $p < 0,001$ ). Comparativement aux témoins, l'effet du spinosad provoque une réduction significative du contenu en glucides ovariens à 2, 4 et 6 jours ( $p = 0,001$ ).

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des effets traitement ( $p = 0,001$ ), âges ( $p < 0,001$ ) et une interaction traitements-âges très hautement significative ( $p < 0,001$ ).



**Figure 72.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

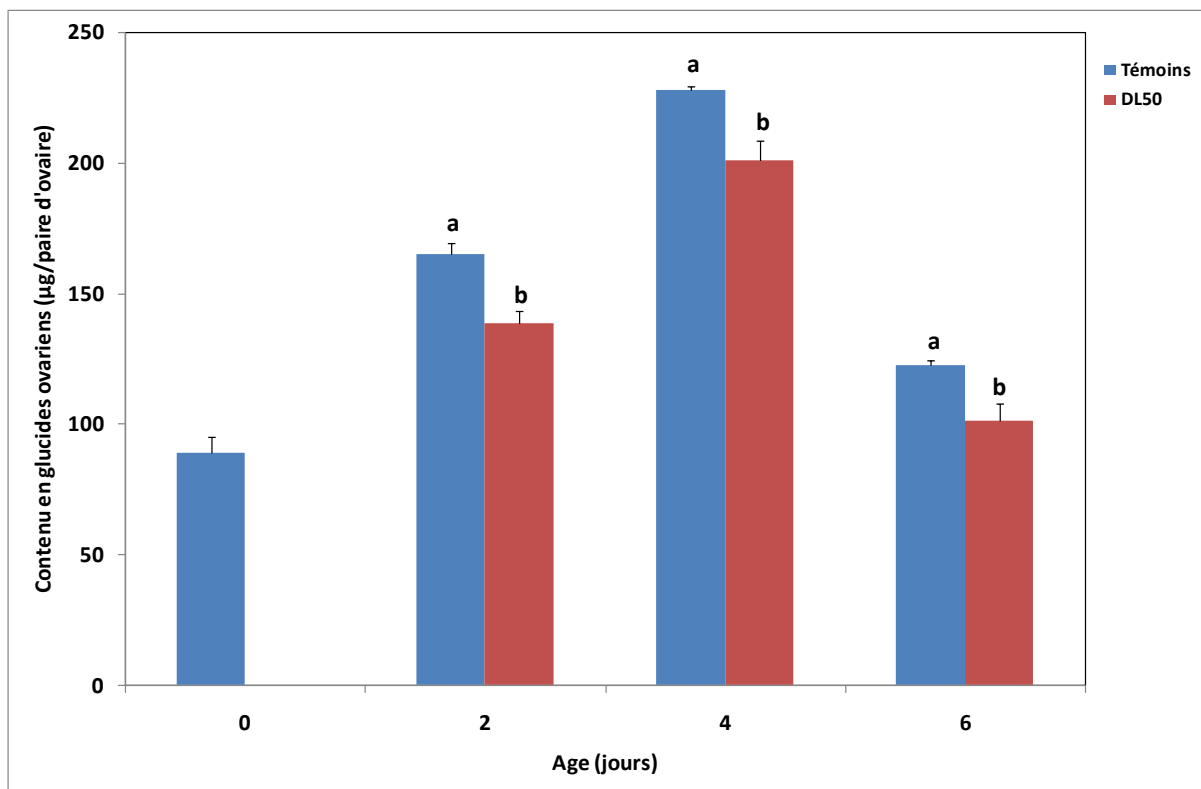
- *Effets de l'acide borique*

Chez les séries témoins et traitées de *B. germanica*, le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) augmente significativement ( $p<0,001$ ) à 2 et 4 jours avec un pic correspondant à des valeurs moyennes de  $227,67 \pm 2,52 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  chez les traités contre  $200,67 \pm 7,78 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  chez les témoins. Une diminution des glucides ovariens est ensuite constatée à 6 jours ( $p<0,001$ ).

L'acide borique à la dose testée affecte le contenu en glucides ovariens en réduisant les quantités observées à 2 ( $p=0,001$ ), 4 ( $p=0,039$ ) et 6 jours ( $p=0,027$ ) (Figure 73).

L'analyse de la variance à 2 critères de classification, montre des effets traitement, âge et interaction traitement-âge hautement significatif ( $p<0,001$ ).





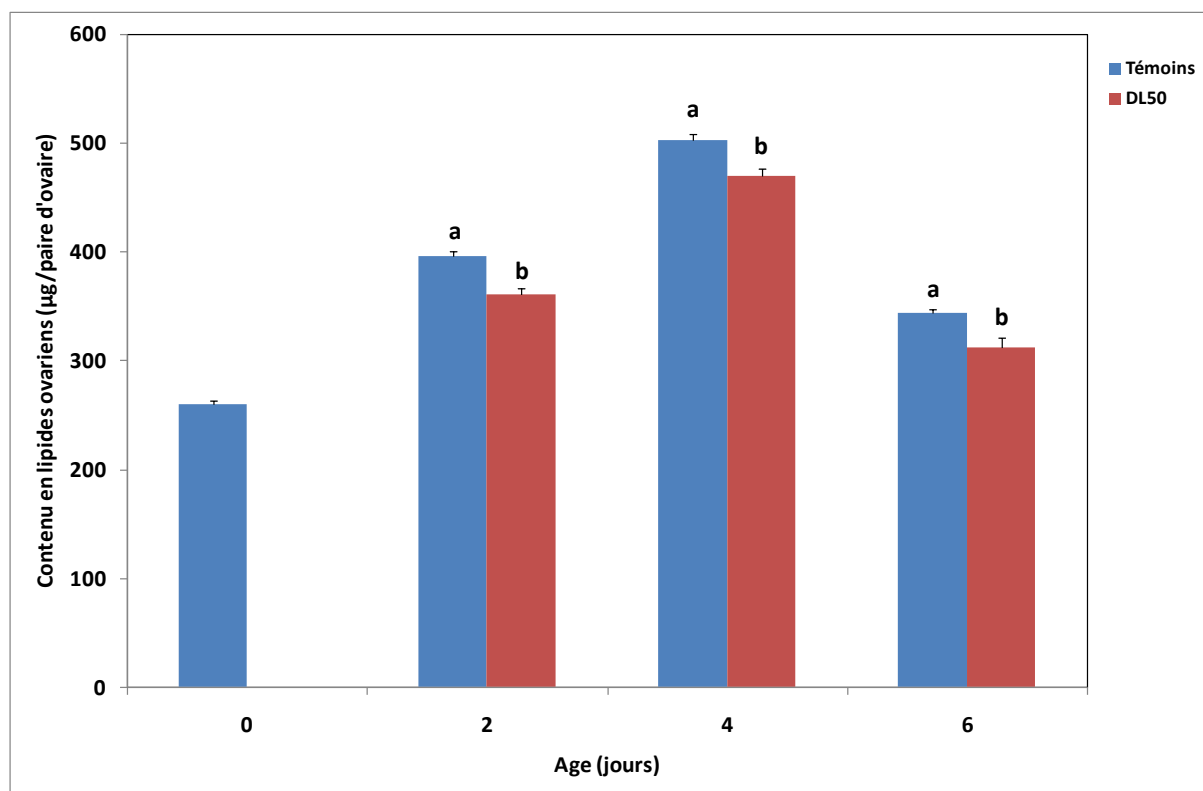
**Figure 73.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par ingestion, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

### 2.3.3.3. Contenu en lipides ovariens

- *Effets de l'azadirachtine*

Similairement aux séries témoins, chez les séries traitées à l'azadirachtine, le contenu en lipides par paire d'ovaires chez les femelles de *B. germanica*, augmente à 2 et 4 jours ( $p<0,001$ ) puis diminue à 6 jours ( $p<0,001$ ). L'application de l'azadirachtine réduit significativement le contenu en lipides ovariens après 2 ( $p=0,004$ ), 4 ( $p=0,006$ ) et 6 jours ( $p=0,019$ ) d'exposition (Figure 74). Les valeurs maximales sont enregistrées à 4 jours avec des moyennes de  $470,00 \pm 6,67 \mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  chez les traitées.

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification révèlent des différences hautement significatives ( $p<0,001$ ) dans le traitement, l'âge et dans l'interaction traitement-âge.



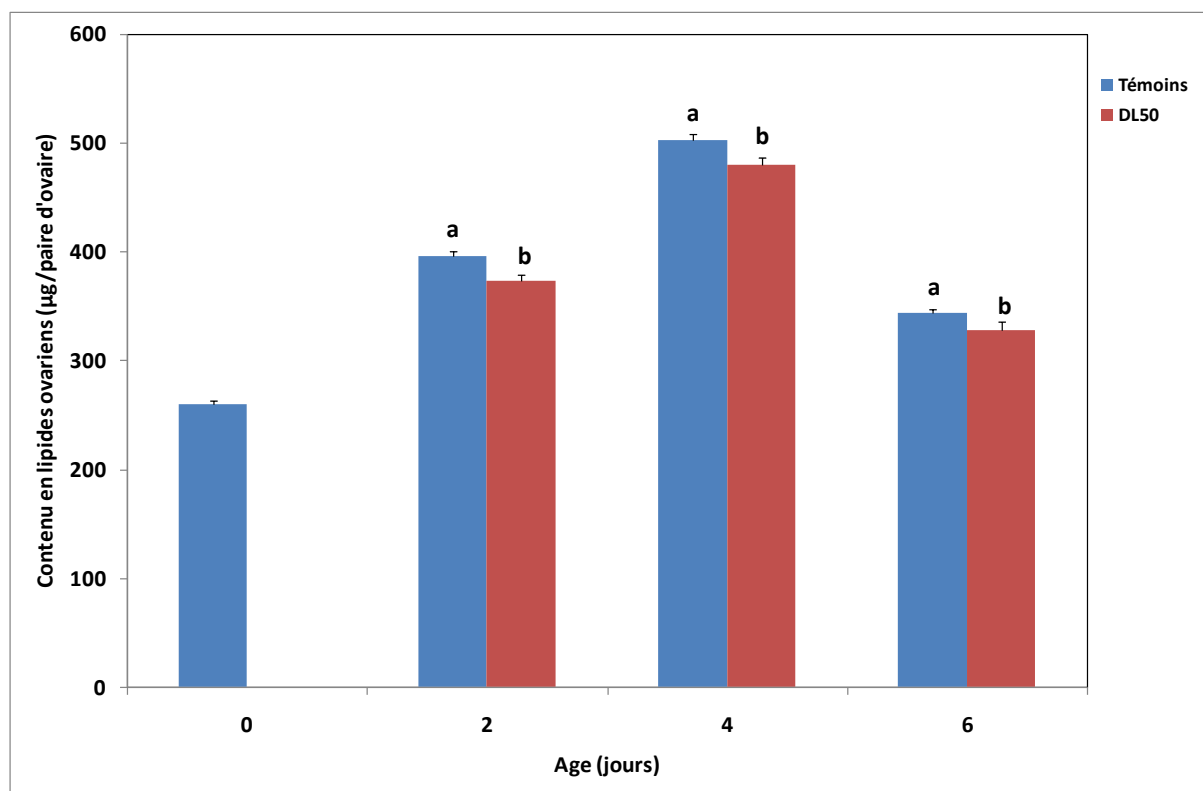
**Figure 74.** Effets de l'azadirachtine (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets du spinosad*

Chez les séries traitées au spinosad, de la même manière que chez les séries témoins, le contenu en lipides ovariens chez les adultes femelles de *B. germanica* augmente significativement à 2 et 4 jours ( $p < 0,001$ ), suivie d'une diminution à 6 jours ( $p < 0,001$ ).

La comparaison des valeurs moyennes entre les individus témoins et traités, montre une diminution significative du contenu en lipides ovariens à 2, 4 et 6 jours après le dépôt de la première oothèque ( $p=0,002$  ; 0,011 et 0,012 respectivement) (Figure 75).

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, révèlent des effets dans le traitement, l'âge et une interaction traitement-âge hautement significatifs ( $p < 0,001$ ).

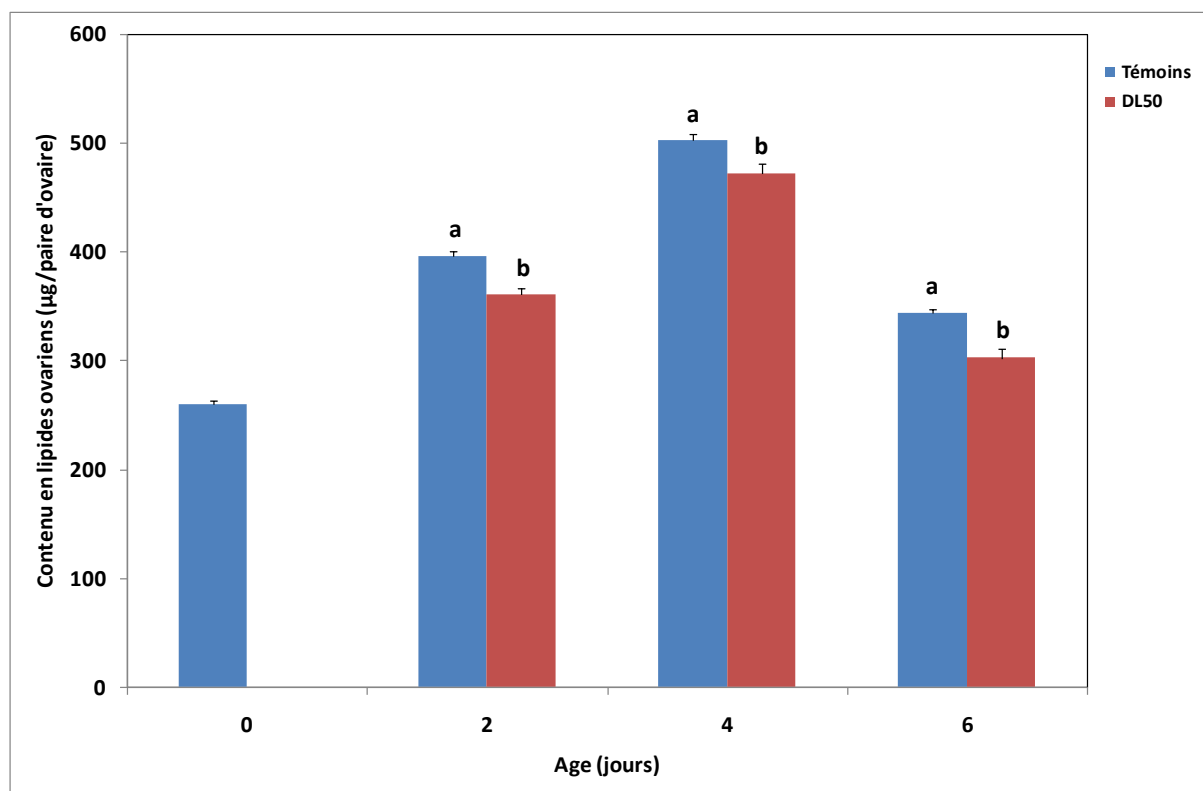


**Figure 75.** Effets du spinosad (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaire}$ ) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ). Les lettres en minuscule comparent les moyennes du même temps entre les séries au seuil de 0,05.

- *Effets de l'acide borique*

Les résultats du contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$ ) chez les adultes femelles de *B. germanica* sont mentionnés dans la figure 76. Le contenu en lipides chez les séries témoins et traitées augmente significativement ( $p<0,001$ ) à 2 et 4 jours après le dépôt de la première oothèque pour atteindre des valeurs maximales respectives de  $503 \pm 6,24\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  et  $472,33 \pm 12,50\mu\text{g}/\text{paire d'ovaires}$  ; une diminution est ensuite observée à 6 jours ( $p<0,001$ ). L'acide borique réduit significativement le contenu en lipides ovariens à 2 ( $p=0,004$ ), 4 ( $p=0,015$ ) et 6 jours ( $p=0,008$ ) après le dépôt de la première oothèque.

Les résultats concernant l'analyse de la variance à deux critères de classification révèlent des effets hautement significatifs ( $p<0,001$ ) pour le traitement, l'âge et l'interaction traitement-âge.



**Figure 76.** Effets de l'acide borique (DL50) administré par application topique, le jour de l'exuviation des femelles adultes de *B. germanica*, sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}/$  paire d'ovaire) au cours du deuxième cycle gonadotrophique ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

### 2.3.4. Comparaison de l'effet des diverses molécules sur la biochimie de l'ovaire de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique et après le dépôt de la première oothèque.

#### 2.3.4.1. Contenu en protéines par paire d'ovaires

La comparaison des moyennes, relatives aux différentes molécules insecticides testées sur le contenu en protéines ovariennes des adultes femelles de *B. germanica* est mentionnée dans le tableau ci-dessous (Tableau 57). Les résultats obtenus montrent des différences significatives entre les séries témoins et traitées. Par contre, aucune différence n'est signalée entre les traitements à 2 jours. A 4 et 6 jours, l'acide borique et l'azadirachtine montrent des effets similaires. De plus, l'acide borique est le traitement le plus efficace comparativement aux autres molécules.

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence des différences significatives entre les traitements utilisés et ce, aux différents temps d'exposition (2 jours :  $p=0,003$  ; 4 jours :  $p=0,006$  et 6 jours :  $p=0,001$ ).

Un classement des moyennes du contenu en protéines ovariennes, chez les adultes femelles de *B. germanica* témoins et traitées aux différentes molécules testées, est réalisé à 2, 4 et 6 jours (Tableau 58). Les résultats obtenus révèlent l'existence à 2 et 4 jours de 2 groupes; le premier groupe

renferme les témoins et les insectes traités au spinosad et le second est représenté par l'azadirachtine et l'acide borique. A 6 jours, les insecticides sont répartis en 2 groupes : insectes témoins en un seul groupe et l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique en un deuxième groupe.

**Tableau 57:** Contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	138,67 ± 2,44 a	138,67 ± 2,44 a	138,67 ± 2,44 a	138,67 ± 2,44 a	$p>0,05$
2	238,00 ± 3,33 a	207,33 ± 4,22 b	214,00 ± 6,00 b	221,00 ± 5,33 b	** $p=0,003$
4	291,33 ± 4,44 a	258,00 ± 5,33 b	263,33 ± 5,56 b	272,33 ± 8,44 c	** $p=0,006$
6	198,67 ± 2,44 a	170,33 ± 3,56 b	172,33 ± 4,89 b	182,00 ± 4,67 c	*** $p=0,001$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 58:** Classement par ordre décroissant du contenu en protéines par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	238,00	a
	Spinosad	221,00	a
	Azadirachtine	214,00	b
	Acide borique	207,33	b
4	Témoins	291,33	a
	Spinosad	272,33	a
	Azadirachtine	263,33	b
	Acide borique	258,00	b
6	Témoins	198,67	a
	Spinosad	182,00	b
	Azadirachtine	172,33	b
	Acide borique	170,33	b

#### 2.3.4.2. Contenu en glucides ovariens

La comparaison, par analyse statistique, des effets des insecticides testés, sur le contenu en glucides ovariens des adultes femelles de *B. germanica*, montre des différences significatives entre les séries témoins et les séries traitées ; des différences sont aussi notées entre l'acide borique et les

2 autres molécules à 2 jours. Par contre à 4 et 6 jours, l'azadirachtine présente des effets similaires avec l'acide borique et le spinosad (Tableau 59). De plus, l'acide borique est le traitement le plus efficace comparativement aux autres molécules.

Les résultats de l'ANOVA, entre les différents traitements et pour chaque âge révèlent des différences hautement significatives à 2 ( $p=0,004$ ) et 4 jours ( $p=0,011$ ).

Le classement de moyennes obtenu, concernant le contenu en glucides ovariens, après les différents traitements insecticides est représenté dans le tableau 60. Les résultats révèlent l'existence de 2 groupes de molécules à 2 et 4 jours, avec un premier groupe constitué par les témoins et les traités au spinosad alors que le second groupe correspond à l'acide borique et l'azadirachtine. Enfin, à 6 jours, un groupe renferme les témoins et un deuxième avec les trois pesticides.

**Tableau 59:** Contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à l'émergence aux différentes molécules ( $m \pm sem$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	89,00 ± 6,00 a	89,00 ± 6,00 a	89,00 ± 6,00 a	89,00 ± 6,00 a	$p>0,05$
2	165,00 ± 4,00 a	138,67 ± 4,44 b	145,33 ± 4,89 c	150,00 ± 3,33c	** $p=0,004$
4	227,67 ± 1,78 a	200,67 ± 7,78 b	208,00 ± 4,67 b	216,67 ± 5,56 b	* $p=0,011$
6	122,33 ± 2,22 a	101,33 ± 6,44 b	107,00 ± 8,00 b	109,67 ± 6,89 b	$p>0,05$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 60:** Classement par ordre décroissant du contenu en glucides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	165,00	a
	Spinosad	150,00	a
	Azadirachtine	145,33	b
	Acide borique	138,67	b
4	Témoins	227,67	a
	Spinosad	216,67	a
	Azadirachtine	208,00	b
	Acide borique	200,67	b
6	Témoins	122,33	a
	Spinosad	109,67	b
	Azadirachtine	107,00	b
	Acide borique	101,33	b

### 2.3.4.3. Contenu en lipides ovariens

La comparaison des moyennes relatives au contenu en lipides par paire d'ovaires a permis de révéler un impact des insecticides comparativement à la série témoins mais aussi entre les diverses molécules testées (Tableau 61). L'azadirachtine et l'acide borique présentent des effets similaires à 2 et 6 jours.

L'analyse de la variance montre des diminutions des valeurs dans le contenu en lipides hautement significatives à 2 ( $p=0,002$ ), 4 ( $p=0,013$ ) et 6 jours ( $p=0,005$ ).

Le classement des moyennes relatives au contenu en lipides par paire d'ovaires est donné dans le tableau 62. A 2 et 6 jours, les traitements sont classés en 2 groupes différents ; le premier est représenté par les témoins, le second par l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad. A 4 jours, le test de Tukey sépare 2 groupes, un groupe témoins et traités au spinosad et un deuxième groupe représenté par les traités à l'acide borique et l'azadirachtine.

**Tableau 61:** Contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=4$ ).

Traitement Ages (jours)	Témoins	Acide borique	Azadirachtine	Spinosad	ANOVA P
0	259,67 $\pm$ 3,56 a	259,67 $\pm$ 3,56 a	259,67 $\pm$ 3,56 a	259,67 $\pm$ 3,56 a	$p>0,05$
2	396,00 $\pm$ 4,67 a	360,33 $\pm$ 6,44 b	360,67 $\pm$ 6,22 b	373,67 $\pm$ 5,78 c	** $p=0,002$
4	503,00 $\pm$ 4,67 a	472,33 $\pm$ 8,44 b	470,00 $\pm$ 6,67 b	480,00 $\pm$ 6,67 b	* $p=0,013$
6	344,00 $\pm$ 3,33 a	302,33 $\pm$ 8,22 b	321,33 $\pm$ 8,44 c	327,67 $\pm$ 8,44 c	** $p=0,005$

- Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p>0,05$ )
- Les lettres en minuscule comparent les moyennes d'un même âge entre les séries.

**Tableau 62:** Classement par ordre décroissant du contenu en lipides par paire d'ovaires chez les adultes femelles de *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique après traitement (DL50) à différentes molécules : test HSD de Tukey.

Ages (jours)	Traitements	Valeurs moyennes	Groupes
2	Témoins	396,00	a
	Spinosad	373,67	b
	Azadirachtine	360,67	b
	Acide borique	360,33	b
4	Témoins	503,00	a
	Spinosad	480,00	a
	Acide borique	472,33	b
	Azadirachtine	470,00	b
6	Témoins	344,00	a
	Spinosad	327,67	b
	Azadirachtine	321,33	b
	Acide borique	302,33	b



### 3. Discussion

#### 3.1. Effets des insecticides sur la morphométrie des ovaires:

Chez les insectes, la reproduction comprend des étapes successives et interdépendantes, de la détermination du sexe jusqu'à l'oviposition, qui sont toutes réglées principalement par des facteurs hormonaux incluant les ecdystéroïdes, l'hormone juvénile, et également les neurohormones qui ont des effets gonadotrophiques et antigonadotrophiques (Bellés, 1995 ; Gäde & Hoffmann, 2005).

Les hormones de mue (ecdystéroïdes) jouent un rôle majeur dans le développement et la reproduction chez les insectes (Gäde & Hoffman, 2005 ; Lafont *et al.*, 2005). Les ecdystéroïdes permettent également la maturation du système reproducteur mâle (Loeb & Hakim, 1991) et la production des spermatozoïdes (Seth *et al.*, 2002 ; Kawamura *et al.*, 2003). Enfin, ils ont également pour fonction de synchroniser la maturation sexuelle avec l'initiation des comportements précopulatoires en vue de réaliser l'accouplement (Barth & Lester, 1973).

Chez toutes les espèces de Blattes, la vitéllogénèse et la maturation cyclique des ovocytes dépend de la JH III dont la synthèse est effectuée par les corps allates (Scharrer, 1987). Toute absorption d'hormones exogènes ou d'analogues de synthèse (agonistes ou antagonistes) par l'insecte cible, entraînerait l'interruption de son développement ou des anomalies dans sa croissance (Dhadialla *et al.*, 2005).

Nos expérimentations chez *B. orientalis* ont mis en évidence une perturbation de la reproduction après application de trois insecticides, l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique. L'azadirachtine administrée par voie topique et l'acide borique par ingestion, réduisent significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles de *B. orientalis* au cours du premier et deuxième cycle gonadotrophique, mais aucun effet n'est observé après application topique du spinosad. De plus, l'acide borique est la molécule qui présente des effets plus marqués comparativement aux autres, avec des effets doses dépendants. Les trois insecticides appliqués réduisent également le volume de l'ovocyte basal chez cette même espèce à 2, 4 et 6 jours au cours du premier et deuxième cycle.

Chez les séries témoins de *B. germanica*, le nombre d'ovocytes augmente à 2 jours puis diminue à partir du quatrième jour après dépôt de l'oothèque. Cette diminution du nombre d'ovocytes peut s'expliquer par le début de la ponte qui a lieu généralement entre 4 et 6 jours (Schal *et al.*, 1997). L'application topique du spinosad ne montre aucun effet significatif sur le nombre d'ovocytes et le volume de l'ovocyte basal. Par contre, l'application de l'azadirachtine par voie topique et l'acide borique par ingestion, induit une diminution de ces deux paramètres au cours du deuxième cycle gonadotrophique. Cependant, au cours du premier cycle gonadotrophique, l'azadirachtine (Messiad, 2006), et le spinosad, (Maiza *et al.*, 2010 ; 2013), réduisent le nombre d'ovocytes et la taille de l'ovocyte basal chez *B. germanica*. L'azadirachtine, anti-ecdystéroïde et anti-HJ (Schmutterer, 1997 ; Butterworth & Morgan, 1968) est présentée comme ayant un effet stérilisant et antioviposition (Saxena *et al.*, 1981) mais aussi un impact sur la régulation de la croissance (Redfern *et al.*, 1982). Des résultats similaires ont été obtenus chez *Labidura riparia* (Dermaptère), en induisant une réduction du développement ovarien (Mordue *et al.*, 2005), *Anopheles stephensi* en bloquant l'ovogénèse (Lucantoni *et al.*, 2006) et chez *Phormia terrae nova* (Burkhad, 1989), *B. cucurbitae* et *B. dorsalis* en réduisant la taille et le poids des ovaires (Mahfuza *et al.*, 2007). Ce régulateur de croissance a probablement plusieurs sites d'action, et son efficacité dépend de l'espèce, du stade et de la période d'exposition au traitement (Koul *et al.*, 1987 ; Koul & Isman, 1991 ; Huang *et al.*, 2004). L'azadirachtine perturbe la division cellulaire, bloque la libération des peptides neurosécrétoires, et inhibe la formation des spermatozoïdes et la synthèse des protéines (Mordue *et al.* 2005). L'azadirachtine affecte le taux des ecdysteroïdes et de l'hormone juvénile *via* le blocage de la libération de l'hormone peptide morphogénétique et provoque des effets histopathologiques dans la plupart des tissus de l'insecte (Meurant *et al.*, 1994 ; Sayah, 2002) tels que le tissu reproducteur et les cellules épithéliales intestinales (Sayah *et al.*, 1996).

L'application du spinosad provoque une diminution de la taille des œufs et de la fécondité chez *S. littoralis* (Pineda *et al.*, 2007) et chez *Ceratitis capitatae* (Adan *et al.*, 1996). Par contre, appliqué sur certains insectes prédateurs, tels que *Chrysoperla carnea* (Medina *et al.*, 2003) et *Orius insidiosus* (Hétéroptère) (Elzen, 2001), le spinosad ne semble pas affecter

la reproduction et les paramètres de développement. Le mécanisme par lequel le spinosad agit sur le potentiel reproducteur chez *H. axyridis* est inconnu (Galvan *et al.*, 2005).

La réduction des paramètres morphométriques chez les blattes a été rapportée avec les régulateurs de croissance comme le pyriproxifène, analogue de l'HJ (Kawada, 1988), l'halofenozide, agoniste des ecdystéroïdes, le benfuracarbe, carbamate (Maiza *et al.*, 2004) et l'acide borique, (Kilani-Morakchi *et al.*, 2009 ab). Par contre, l'application topique du méthoprène augmente la taille de l'ovocyte basal chez cette même espèce (Maiza *et al.*, 2004).

Des perturbations de la morphométrie des ovaires ont été également rapportées chez *Spodoptera littoralis* (Smagghe & Degheele, 1992), *Spodoptera exempta* (Smagghe & Degheele, 1994), *Mamestra brassicae* et *Pieris brassicae* (Darvas *et al.*, 1992), traités avec le RH-5849 et le tébufénozide, agonistes de l'hormone de mue et chez *Ephestia kuehniella* traitée au tébufénozide (Khebbeb *et al.*, 2008 ; Bouzeraa & Soltani-Mazouni, 2012) et au méthoxyfénozide ( Soltani-Mazouni *et al.*, 2012). Le KK-42, inhibiteur des ecdystéroïdes (Soltani *et al.*, 1997 ; Soltani-Mazouni *et al.*, 2001 ; Amrani *et al.*, 2004), le diflubenzuron, inhibiteur de la synthèse de la chitine (Soltani-Mazouni, 1994), (Soltani-Mazouni *et al.*, 2001 ; Taibi *et al.*, 2003), causent aussi des anomalies morphométriques sur leur ovaires.

De la même manière, plusieurs régulateurs de croissance (RH-2485, RH-0345 et pyriproxifène) testés sur les myriapodes chilopodes entraînent une perturbation de la reproduction en affectant les paramètres morphométriques de l'ovocyte mature ainsi que la structure fine de l'ovocyte (Daas *et al.*, 2005).

La diminution du nombre d'ovocytes et le blocage dans le développement des ovocytes sous l'effet des diverses molécules testées pourrait s'expliquer par des interférences de ces molécules avec les processus de régulation des taux d'hormone juvénile ou des ecdystéroïdes responsables de la stimulation de la vitellogénèse et le développement ovarien. En effet, les deux molécules appliquées, l'acide borique et le spinosad, exercent un effet neurotoxique chez *B. orientalis*, conduisant probablement à des effets secondaires sur les processus de régulation endocrine. Ces molécules pourraient agir sur les neurohormones contrôlant les ovaires et la ponte, conduisant ainsi à une perturbation dans la migration des ovocytes.

### 3.2. Effets des insecticides sur la biochimie des ovaires :

La vitellogénèse correspond à l'accumulation des matériaux plastiques et énergétiques variés : lipides (triglycérides, lipoprotéines), glucides (glycogène), protéines et sels minéraux (Cassier *et al.*, 1997). Les lipides représentent la principale source d'énergie chez les insectes (Beenakers *et al.*, 1985). Ils sont transportés du corps gras, site de leurs synthèse et stockage (Van Hensden & Law, 1989) vers les organes utilisateurs, notamment les ovaires (Chino *et al.*, 1981) via l'hémolymphe pour être utilisés lors de la vitellogénèse (Downer, 1985 ; Keely, 1985). Les glucides représentent également l'élément énergétique de l'organisme jouant un rôle essentiel dans la physiologie des insectes. Les taux de glycogène et de tréhalose, dans les tissus et l'hémolymphe, sont étroitement liés aux événements physiologiques tels que la mue et la reproduction (Wiens & Gilbert, 1968).

Enfin, les protéines et les acides aminés jouent un rôle primordial durant les différentes phases de la vie des insectes car ils sont caractérisés par des niveaux très élevés (Chen, 1966). Mommensen & Walsh (1992) rapportent que les protéines constituent l'architecture des cellules, principale source du métabolisme azoté et au cours des périodes de stress chroniques, représentent une source d'énergie (Singh *et al.*, 2010). Les vitellogénines sont des protéines exogènes sécrétées dans l'hémolymphe, elles sont captées par les ovocytes grâce à un processus d'endocytose récepteur-dépendant sous l'effet de l'hormone juvénile (HJ) (Engelman, 1983 ; Gade *et al.*, 1997). Elles sont ensuite stockées et prennent le nom de vitellines (Engelman, 1979).

Chez les femelles témoins de *B. orientalis*, le contenu des principaux constituants biochimiques des ovaires (protéines, glucides et lipides) augmente significativement à 2 et 4 jours de la vie adulte, pour diminuer ensuite à 6 jours juste avant l'oviposition. En effet, Martin *et al.* (1995) ont démontré une parfaite corrélation entre l'évolution du contenu en protéines ovariennes et la croissance des ovocytes chez *B. germanica*. Chez cette espèce, la prise de nourriture est cyclique et est en rapport direct avec la reproduction (Schal *et al.*, 1997) ; les femelles en phase de vitellogénèse présentent des besoins nutritifs élevés, tandis que les femelles gravides s'alimentent très peu (Cochran, 1983 ; Hamilton & Schal, 1988).

Notre étude montre que l'azadirachtine, le spinosad et l'acide borique réduisent significativement le contenu des principaux constituants biochimiques (protéines, glucides

et lipides) des ovaires au cours du premier et deuxième cycle gonadotrophique de *B. orientalis*.

Chez *B. germanica*, l'application de ces trois molécules affecte également le contenu en protéines, glucides et lipides ovariens au cours du second cycle gonadotrophique.

Des résultats similaires ont été observés chez *B. germanica* traitée à l'acide borique (Kilani-Morakchi *et al.*, 2009a), le benfuracarbe (Maiza *et al.*, 2004), l'halofenozide (Rouibi, 2002 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009b) et l'indoxacarbe (Maiza *et al.*, 2010). L'inhibition de la vitellogénèse chez *B. germanica* a été également montrée avec un biopesticide, l'azadirachtine, en affectant la composition biochimique des ovaires (Messiad, 2006). Par contre, l'application du méthoprène augmente le contenu en protéines ovariennes chez *B. germanica* (Maiza *et al.*, 2004).

L'altération de la vitellogénèse et l'incapacité des ovocytes à capter les vitellogénines ont été rapportées chez *Anopheles stephensis* (Lucantoni *et al.*, 2006), chez *Rhodnius prolixus* (Feder *et al.*, 1988), et chez *Labidura riparia* (Dermaptère) (Sayah *et al.*, 1996) traités à l'azadirachtine. Ahmad *et al.* (2012) supposent que l'azadirachtine interfère ou bloque certaines voies nécessaires pour la synthèse de l'ARN ou même a un impact direct sur celui-ci. Les dérivés de l'azadirachtine entraînent également une diminution dans la concentration en glucides chez *Ctenopharyngodon idella* (Hassanein & Okail, 2008). L'azadirachtine inhibe la synthèse des protéines dans plusieurs types de tissu *via* des enzymes telles que les trypsines de l'intestin moyen (Timmins & Reynolds, 1992), les 20 hydroxy-monooxygénases du corps gras (pour le catabolisme de l'ecdysone) (Mordue *et al.*, 2005) ou les enzymes de détoxification produites par l'intestin moyen et le corps gras (Lowery & Smirle, 2000). Cette inhibition a été démontrée chez *Leptinotarsa decemlineata* (Trisyono & Whalon, 1999), *Choristoneura rosaceana* (Smirle *et al.*, 1996) et *Schistocerca gregaria* (Annadurai & Rembold, 1993). De plus, l'homologie structurale de l'azadirachtine et de l'ecdysone peut être à l'origine du blocage des sites de liaison avec cette hormone (Kausser & Koolman, 1984).

La diminution de ces métabolites ovariens après traitement avec le spinosad peut aussi s'expliquer par sa neurotoxicité (Salgado, 1997 ; Salgado *et al.*, 1998) et donc son interférence avec les principales hormones du développement et de la reproduction (ecdystéroïdes et HJ) ou encore avec d'autres neuropeptides ; ainsi le spinosad pourrait alors entraîner une perturbation de la régulation endocrine contrôlant la vitellogénèse, l'ovulation et toutes les étapes de la reproduction chez l'insecte étudié. Mahendru (1981) suggère que les composés anti-AChE attaquent plusieurs enzymes qui sont responsables de certaines voies métaboliques.

De la même manière, le KK-42, anti-ecdystéroïdes et anti-hormone juvénile (Soltani-Mazouni *et al.*, 2001 ; Benlabiod-Boudraa, 1997), le RH-0345, (Taibi *et al.*, 2003) et le DFB (Soltani-Mazouni & Soltani, 1995) perturbe la vitéllogénèse en inhibant les concentrations des protéines ovariennes chez *T. molitor*. L'application d'autres régulateurs de croissance tels que, le tebufénozide (Khebbeb *et al.*, 2008), et le méthoxyfénoside (RH-2485) (Soltani-Mazouni *et al.* 2012), provoquent également une perturbation de la composition biochimique des ovaires chez *Ephesia kuehniella*. Par ailleurs, les travaux de Shakeet & Bakshi (2010), montre que l'application d'un organophosphoré affecte la biochimie des gonades des deux sexes de *Chrotogonus trachypterus* (Orthoptera : Acrididae).

Récemment, plusieurs chercheurs ont rapporté une diminution des constituants biochimiques dans les différents tissus de certaines espèces de poissons : chez *Danio rerio* exposé à la deltaméthrine (Sharma & Ansari, 2011), et l'azadirachtine (Ahmad *et al.*, 2012), chez *Colisa fasciatus* exposé au malathion et carbamate (Tripathi & Singh, 2003), chez *Cirrhinus mrigala* et *Labeo rohita* exposés au fenvalérate (Anita Susan *et al.*, 2010), et chez *Tilapia mossambica* traitée par un organophosphoré (Remia *et al.*, 2008).

Il a été trouvé que l'application des pesticides interfère avec plusieurs fonctions physiologiques et produit des altérations de certains constituants biochimiques chez les poissons (Agrahari *et al.*, 2006 ; Singh *et al.*, 2010 ; Sharma & Ansari, 2011 ; Zaidi & Soltani, 2011) et d'autres espèces aquatiques, en influençant l'activité de plusieurs systèmes anti-oxydants (Regoli & Principato, 1995). Les pesticides affectent donc le matériel génétique de base (ADN et ARN), les protéines totales, les acides aminés libres totaux, et les glucides (Ansari & Kumar, 1986 ; 1988).

En conclusion, nous pouvons suggérer que les perturbations notées dans le processus de reproduction chez les femelles de *B. orientalis* et *B. germanica*, après traitement aux différentes molécules testées sont probablement liées à des interactions avec l'action de neurohormones et hormones qui modulent l'activité des gonades. En effet, la relation intime entre les systèmes nerveux, neuroendocrine et endocrine chez les insectes favorise les interférences secondaires aux différents niveaux de régulations. Il semblerait que la réduction du contenu des principaux constituants biochimiques des ovaires après traitement aux différents insecticides utilisés pourrait s'expliquer par une diminution de la synthèse des vitellogénines dans le corps gras et/ou encore par une perturbation des

processus de captation de ces molécules par les ovocytes. De plus, on remarque que *B. orientalis* est l'espèce la plus sensible comparativement à *B. germanica* et que l'acide borique est la molécule qui a plus d'effet sur les paramètres morphométriques et biochimiques. Par ailleurs, vu la corrélation étroite entre la prise de nourriture et la reproduction et sachant que l'acide borique perturbe la structure de l'intestin moyen chez *B. germanica* (Habes *et al.*, 2006), le facteur alimentation peut également jouer un rôle non négligeable dans la perturbation de l'ovogénèse et de la vitellogénèse (Schal *et al.*, 1997).

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les recherches menées sur terrain et en laboratoire visent dans la première partie la connaissance des Blattes dans la région de Tébessa. La deuxième série d'expériences a été réalisée en vue d'évaluer l'efficacité de trois insecticides de différents groupes, l'acide borique (insecticide inorganique), l'azadirachtine (anti JH et anti-ecdystéroïde) et le spinosad (biopesticide) sur la morphométrie et la biochimie des ovaires et l'activité spécifique de quelques biomarqueurs enzymatiques (AChE, GST) et le taux du GSH.

L'inventaire réalisé dans 4 sites différents (Tébessa ville, Morssott, Bir El Ater, Cheria) a permis de recenser 2 espèces de Blattes, *B. germanica* et *B. orientalis*, appartenant à l'ordre des Dictyoptères et à la famille des Blattellidae (*B. germanica*) et des Blattidae (*B. orientalis*).

L'application de l'acide borique par ingestion, l'azadirachtine et le spinosad par voie topique, sur les adultes de *B. orientalis*, a permis d'établir les doses létales, DL50 et DL90 et les temps létaux, TL50 et TL90. Les molécules montrent des effets doses significatifs et manifestent une toxicité avec une relation dose-réponse.

Les différents insecticides testés entraînent une réduction significative du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires et de la taille (volume) de l'ovocyte basal chez *B. orientalis* au cours du premier et deuxième cycle gonadotrophique et chez *B. germanica* au cours du deuxième cycle. La vitellogénèse est également affectée par les trois molécules testées avec une baisse significative des protéines, glucides et lipides ovariens. L'acide borique semble

avoir des effets plus marqués sur les différents paramètres étudiés principalement en ce qui concerne les effets sur l'ovogénèse.

L'acide borique et le spinosad exercent une action neurotoxique chez les adultes de *B. orientalis* se traduisant par une inhibition de l'activité de l'AChE. Toutefois, l'azadirachtine ne semble pas être neurotoxique, ce qui la rend intéressante pour les programmes de lutte, du fait que les résistances enregistrées dans la littérature concernent principalement les insecticides à action neurotoxique.

L'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad induisent le système de détoxification par le biais d'une augmentation de l'activité de la GST ce qui pourrait aboutir, à long terme, à une mise en place d'une résistance. Enfin, les trois molécules diminuent le taux du glutathion, important cofacteur pour la détoxification.

A l'avenir, il serait intéressant de compléter ces résultats par une analyse qualitative des protéines ovariennes, et un dosage de la vitellogénine et de tester l'effet de ces molécules sur la viabilité des œufs ainsi que sur l'histologie de l'ovaire. Par ailleurs, les dosages d'autres enzymes du système de détoxification (estérases, mono-oxygénase à P450) et les techniques de biologie moléculaire, pourraient contribuer à mieux comprendre la mise en place du mécanisme de résistance et d'identifier les gènes affectés dans ce processus, afin d'établir un programme de lutte intégrée.



## RESUME

Une étude du peuplement des Blattes dans la région de Tébessa a été réalisée de janvier 2006 à Décembre 2006. Les sites échantillonnés ont concerné des zones urbaines et rurales. L'échantillonnage a été effectué avec une fréquence bimensuelle. Les individus récoltés durant toute la période d'étude ont permis d'établir un inventaire du peuplement des Blattes qui indique la présence de *B. germanica* et *B. orientalis*.

Trois molécules appartenant à différentes catégories de pesticides ont été appliquées, l'acide borique (insecticide inorganique) par ingestion, l'azadirachtine (anti-ecdystéroïde et anti JH) et le spinosad (biopesticide) par voie topique, le jour de l'exuviation des adultes de *B. orientalis* et leurs effets sont évalués sur :

**La toxicité :** en déterminant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90) des insecticides. Les molécules montrent des effets doses avec une relation dose-réponse.

**Les biomarqueurs :** les différentes molécules utilisées inhibent de manière significative et comparativement aux témoins, l'activité spécifique de l'AChE avec des effets plus marqués pour le spinosad. Une induction de l'activité de la GST est également observée dès le premier jour de traitement avec l'acide borique et le spinosad pour la DL50 et la DL90 et avec l'azadirachtine pour la dose la plus élevée (DL90). Enfin, une diminution de la GSH est enregistrée à 24, 48 et 72 heures pour l'acide borique, l'azadirachtine et le spinosad. Des effets plus marqués sont observés avec l'azadirachtine.

**La reproduction :** en étudiant la morphométrie (nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, taille de l'ovocyte basal) et la biochimie de l'ovaire (contenu en protéines, glucides et lipides) à différents âges de la vie adulte. L'acide borique (DL50 : 21,98 et DL90 : 79,79 %), l'azadirachtine (DL50 : 1937,51 et DL90 : 8732,18 ng/insecte) et le spinosad (DL50 : 1178,1 et DL90 : 4207,97 ng/insecte) perturbent l'ovogénèse et la vitellogénèse chez *B. orientalis* au cours du premier et deuxième cycle gonadotrophique et chez *B. germanica* au cours du deuxième cycle gonadotrophique ; en effet, ces pesticides non polluants réduisent de manière significative le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, la taille de l'ovocyte basal ainsi que le contenu en différents métabolites ovariens et ce, aux différents âges.

## SUMMARY

A study of the settlement of the Cockroaches in the area of Tebessa was carried out from January 2006 to December 2006. The sampled sites related to urban and rural zones. Sampling was carried out with a semi-monthly frequency. The individuals collected during all the period of study allowed to establish an inventory of the settlement of the Cockroaches which indicates the presence of *Blattella germanica* and *Blatta orientalis*.

Three molecules belonging to various categories of pesticides were applied, boric acid (inorganic insecticide) orally, azadirachtine (antecdysteroid and anti JH) and spinosad (biopesticide) topically on *Blatta orientalis*, and their effects are evaluated on :

**Toxicological study:** has allowed the determination the lethal dose (LD50 and LD90) and lethal time (LT 50 and LT90) of the insecticides. All molecules exhibited insecticidal activity against adults of *B. orientalis* with dose- response relationship.

**Biomarkers:** all molecules tested inhibit significantly the specific activity of the AChE with more important effects of spinosad. Induction of the GST activity is also observed with LD50 and LD90 of boric acid and spinosad and with elevated dose (LD90) of azadirachtine. Finally, a decrease in the activity of the GSH is recorded at 24, 48 and 72 hours for boric acid, azadirachtine and spinosad with more important effects of azadirachtin.

**Reproduction:** by studying the morphometry (number of oocytes per ovary and size of basal oocyte) and biochemistry of the ovary (proteins, carbohydrates and lipids) at different ages of adult life (0, 2, 4 and 6 days). Boric acid (LD50 : 21,98 and LD90 : 79,79 %), azadirachtin (LD50 : 1937,51 and LD90 : 8732,18 ng/insect) and spinosad (LD50 : 1178,1 and LD90 : 4207,97 ng/insect) disturb the oogenesis and vitellogenesis of *B. orientalis* during the first and second gonadotrophic cycle and *B. germanica* during the second gonadotrophic cycle, by reducing the number of oocytes, the size of the basal oocytes as well as the contents into different ovarian metabolites at the various ages.

## ملخص

تمت هذه الدراسة حول مجتمع الصراصير في منطقة تبسة خلال الفترة الممتدة من جانفي 2006 إلى ديسمبر 2006. و لقد تم اختيار مواقع عمرانية و مواقع ريفية. أنجز جمع العينات مرتين في الشهر.

سمح إحصاء مختلف أنواع الصراصير بإظهار وجود *B. germanica* و *B. orientalis*. ثلاثة مبيدات من عائلات مختلفة حمض البوريك (مبيد غير عضوي) الأزاديراكتين (مضاد هرمون الشباب والاكديزوستيرويد) و السبينوزاد (مبيد حيوي) تم استعمالهم عن طريق التغذية و الملامسة عند الصراصير من نوع *B. orientalis*. ثم تقييم مدى تأثيرهم على:

**السمية:** سمحت بتحديد الجرعات المميتة (DL50 و DL90) و المواقيت المميتة (TL50 و TL90) للمبيدات. الجزيئات أظهرت تأثير سمي مع علاقة جرعة إجابة.

**المؤشرات الحيوية:** جميع المبيدات المستعملة تثبط إنزيم AChE و ذلك بالنسبة للشواهد. هذا التثبيط مرتفع بالنسبة للسبينوزاد. ارتفاع كمية إنزيم GST لإزالة التسمم تم ملاحظته مع حمض البوريك و السبينوزاد بالنسبة للجرعتين DL50 و DL90 و مع الأزاديراكتين بالنسبة للجرعة المرتفعة (DL90). أخيرا انخفاض في كمية GSH تم تسجيله خلال 24, 48 و 72 ساعة بالنسبة لحمض البوريك, الأزاديراكتين و السبينوزاد. وقد لوحظ تأثير كبير للأزاديراكتين على هذين المؤشرين.

**التكاثر:** بدراسة مقاييس المبايض (عدد البويضات و حجمها) و المكونات الكيميائية للمبايض (البروتينات, الغلوسيدات و الدسم) و هذا عند الحيوانات البالغة متفاوتة الأعمار (0, 2, 4, و 6 أيام).

حمض البوريك الأزاديراكتين و السبينوزاد تنقص معنويا عدد البويضات, حجمها و كذلك جميع المكونات الكيميائية و هذا بالنسبة لجميع الأعمار المدروسة عند *B. orientalis* خلال الطور المبيضي الأول و الثاني و عند *B. germanica* خلال الطور المبيضي الثاني.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott W.S., 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abd El Mageed A.E.M. & Elgohary L.R.A., 2006.** Impact of spinosad on some enzymatic activities of the cotton leafworm. *Pakistan. J. Biol. Sci.* 9: 713-716.
- Abd-Elghafar S.F., Appel A.G. & Mack T.P., 1990.** Toxicity of several insecticide formulations against adult *German cockroaches* (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 83(6): 2290-2294.
- Abed D., 1992.** Comportement sexuel et phéromones sexuelles chez les Blattes. Etude comparative des Blattidae et Blaberidae. Thèse de doctorat d'état. U.F.R. Sciences de la vie, Université de Bourgogne, France.
- Adan A., Del Estal P., Budia F., Gonzalez M. & Vinuela E., 1996.** Laboratory evaluation of the novel naturally derived compound spinosad against *Ceratitis capitata*. *Pestic. Sci.* 48: 261-268.
- Agrahari S., Gopal K. & Pandley K.C., 2006.** Biomarkers of monocrotophos in a fresh water fish *Channa punctatus* (Bloch). *J. Environ. Biol.* 27 : 453-457.
- Ahmad M.K., Sharma D.K., Ansari S. & Ansari B.A., 2012.** Effect of lambda-cyhalothrin and Neemgold on some biochemical parameters in the gill, liver, and ovary of zebrafish, *Danio rerio* (Cyprinidae). *Arch. Pol. Fish.* 20: 19-25.
- Ahmed S. & Wilkins R.M., 2002.** Studies on some enzymes involved in insecticide resistance in a fenitrothion-resistant and susceptible strains of *Musca domestica* (Dipt., Muscidae) L. *J. Appl. Ent.* 126: 1-7.
- Alout H., Berthomieu A., Hadjivassilis A. & Weill M., 2007.** A new amino-acid substitution in acetylcholinesterase 1 confers insecticide resistance to *Culex pipiens* mosquitoes from Cyprus. *Insect. Biochem. Molec. Biol.* 37(1) : 41-47.
- Amrani L., Zerguine K., Farine J.P., Smagge G. & Soltani-Mazouni N., 2004.** Imidazole derivative KK-42 reduces ecdysteroid titers and interferes with reproductive processes in adult females of *Tenebrio molitor*. *Pest. Biochem. Physiol.* 80 : 163-172.
- Anazawa Y., Tomita T., Aiki Y., Kozaki T. & Kono Y., 2003.** Sequence of cDNA encoding acetylcholinesterase from susceptible and resistant two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 33 : 509-514.
- Andreu J., Albert S. & Magi R., 2000.** Antifeedant activity of *Melia azadirach* and *Azadirachta indica* on larvae of *Sesamia nonagrioides*. *Phytoparasitica.* 28: 311-319.
- Anita Susan T., Shoba K., Veeraiah K. & Tilak K.S., 2010.** Studies on biochemical changes in the tissues of *L. rohita* and *Cirrhinus mrigala* exposed to fenvalerate technical grade. *J. Toxicol. Environ. Health. Sci.* 2(5) : 53-62.
- Annadurai R.S. & Rembold H., 1993.** Azadirachtin A modulates the tissue specific 2D polypeptide patterns of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Naturwissenschaften.* 80 : 127-130.
- Ansari B. A. & Kumar K., 1986.** Malathion Toxicity: Embryotoxicity and Survival of Hatchlings of Zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Acta hydrochim. hydrobiol.* 14(6) : 567-570.
- Ansari B.A. & Kumar K., 1988.** Cypermethrin toxicity Effect on the carbohydrate metabolism of the Indian catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Sci. Total Environ.* 72: 161-166.
- Anthony N.M., Brown J.K., Feyereisen R. & Frensh-Constant R.H., 1998.** Diagnostic and characterization of insecticide-insensitive acetylcholinesterase in three populations of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. *Pestic. Sci.* 52 : 39-46.

- Appel A.G. & Rust M.K., 1986.** Outdoor activity and distribution of the smokybrown cockroach, *Periplaneta fuliginosa* (Dictyoptera: Blattidae). *Environ. Entomol.* 14 : 669-673.
- Appel A.G., Reiersen D.A. & Rust M.K., 1986.** Water relations of the smokybrown cockroach, *Periplaneta fuliginosa*. *J. Insect physiol.* 32 : 623-628.
- Appel A. G., 1990.** Laboratory and field performance of consumer bait products for German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) control. *J. Econ. Entomol.* 83(1) : 153 - 159.
- Appel A.G. & Benson E.P., 1995.** Performance of abamectin bait formulations against German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Eco. Entomol.* 88 : 924-931.
- Appel A.G., Gehret M.J. & Tanley M.J., 2004.** Effect of moisture on the toxicity of inorganic and organic insecticidal dust formulations to German cockroaches (Blattodea: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 97(3) : 109-1016.
- Aribi N., Quennedy A., Soltani N. & Delbecque J.P., 1999.** L'initiation de la métamorphose chez *Zophobas atratus* (Coléoptera : Tenebrionidae) : effet des ligatures et des régulateurs de croissance. *Annu. Soc. Entomol. Fr.* 35 : 59-64.
- Aribi N., Smaghe G., Lakbar S., Soltani-Mazouni N. & Soltani N., 2006.** Effects of pyriproxyfen, a juvenile hormone analogue, on development of the mealworm *Tenebrio molitor*. *Pest. Biochem. Physiol.* 84: 55-62.
- Armstrong K.F. & Suckling D.M., 1988.** Investigations into the biochemical basis of azinphos methyl resistance in the lightbrown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Dictyoptera: Tortricidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 32 : 62-73.
- Arnó J., Gabarra R., 2011.** Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *J. Pest Sci.* 84: 513-520.
- Ballard J.B., Ball H.J. & Gold R.E., 1984.** Influence of selected environmental factors upon German cockroach (Orthoptera : Blattellidae) exploratory behaviour in choice boxes. *J. Econ. Entomol.* 77 : 1206-1210.
- Barbaro G., Di Lorenzo, G., Soldini, M., Bellomo, G., Belloni, G. & Grisorio B., 1997.** Glutathion. *Scand. J. Gastroenterol.* 32(12): 1261-6.
- Barson G., 1982.** Laboratory evaluation of boric acid plus porridge oats and iodofenphos gel as toxic bait against the German cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Bull. Ent. Res.* 72: 229 - 237.
- Barth R.H. & Lester L.J., 1973.** Neuro-hormonal control of sexual behavior in insects. *Ann. Rev. Entomol.* 18 : 445-472.
- Becker G., 1966.** Testing and efficacy of water-soluble wood preservatives against three termite species. *Maleriapruefung.* 8(12): 445-454.
- Beenakers A.M.T.H., Vander Host D.G. & Van Marrewijk W.J.A., 1985.** Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological process. *Prog. Lipid. Res.* 24 : 19-67.
- Bellés X., 1995.** Interaction between *corpora allata*, fat body and ovary in insect reproduction: which controls which? Netherlands. *J. Zool.* 45: 152- 156.
- Bellés X. & Maestro J.L., 2005.** Endocrine peptides and insect reproduction. *Invertebrate Reprod. Dev.* 47(1) : 23-37.
- Benlabiod-Boudraa I., 1997.** Activité *in vitro* d'un inhibiteur de la biosynthèse des ecdystéroïdes, KK-42, sur le développement des ovaries de *Tenebrio molitor* : aspects morphométriques et biochimiques. Thèse de magister en physiologie animale. Option, Ecotoxicologie. Université d'Annaba. Algérie.

- Benson E.P., 1988.** Ecology and control of the smokybrown cockroach, *Periplaneta fuliginosa* (Serville), in South Carolina. PhD. Dissertation. Clemson University, Clemson, SC.
- Berghiche H., Houamria M., Van De Velde S., Soltani N. & Smagghe G., 2008.** Effect of two insect growth regulators on the ecdysteroid contents in eggs of the mealworm. *Belg. J. Zoology*. 138:140-145.
- Besard L., Mommaerts V., Abdu-Alla G., Smagghe G., 2011.** Lethal and sublethal side-effect assessment supports a more benign profile of spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Pest Manag. Sci.* 67: 541-547.
- Biondi A., Desneux N., Siscaro G., Zappalà L., 2012.** Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere*. 87: 803-812.
- Bisset J., Rodriguez M.M. & Fernandez D., 2006.** Selection of insensitive acetylcholinesterase as a resistance mechanism in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Santiago de Cuba. *J. Med. Entomol.* 43(6) : 1185-1189.
- Bocquené G., Galgani F. & Walker H., 1997.** Les cholinestérasés, biomarqueurs de neurotoxicité. In : Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C. & Ramade, F., (Eds), Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. Masson (Eds.), Paris., 209-240 pp.
- Bolivar I., 1914.** Dermapteros Ortopteros de Marruecos. *Mem. R. Soc. Esp. Hist. nat.*, VIII, p. 157-239.
- Bonnet E.D. & Finot A., 1885.** Catalogue raisonné des Orthoptères de la régence de Tunis. *Rev. Sc. Nat. Montpellier*, VI, p. 193-232 et 333-367, pl. VII et XVI.
- Bouaziz A., Boudjelida H. & N. Soltani., 2011.** Toxicity and perturbation of the metabolite contents by a chitin synthesis inhibitor in the mosquito larvae of *Culiseta longiareolata*. *Ann. Biol. Res.* 2 (3): 134-142.
- Bounous. G., 1991.** The biological activity of undenatured dietary whey proteins: role of glutathione. *Clin. Invest. Med.* 14: 296-309.
- Bouroche J.M. & Saporata G., 1980.** L'analyse des données. 1<sup>ère</sup> édition. Presses universitaires de France. Paris.
- Bouzeraa H. & Soltani-Mazouni N., 2012.** Effets du méthoxyfénozide et du tébufénozide sur le développement et quelques paramètres de la reproduction d'*Ephesia kuehniella* après traitement des mâles et des femelles. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 137(1-4) : 153-163.
- Boyer S., Tilquin M. & Ravanel P., 2006.** Differential sensitivity to *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* and temephos in field mosquito populations of *Ochlerotatus cataphylla* (Diptera: Culicidae): toward resistance. *Environ. Toxicol. Chem.* 26(1): 157-162.
- Bradford M.M., 1976.** A rapid and sensitive method of the quantitation microgram quantities of Protein utilising the principale dye binding. *Analytic. Biochem.* 72 : 248 - 254.
- Braquenier J.B., 2009.** Etude de la toxicité développementale d'insecticides organophosphorés : Analyse comportementale de la souris CD1. Thèse de Doctorat, Université de Liege. 217 p.
- Bret B.L., Larson L., Schoonover J., Sparks T.C. & Thompson G.D., 1997.** Biological properties of spinosad. *Down to Earth.* 52 : 6-13.

- Breuer M., Hoste B., De Louf A. & Naqvi S.N.H., 2003.** Effect of *Melia azedarach* extract on the activity of NADPH-cytochrome C reductase and cholinesterase in insects. *Pest. Biochem. Physiol.* 76 : 99-103.
- Brickle D.S., Turnipseed S.G. & Sullivan M.J., 2001.** Efficacy of insecticides of different chemistries against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in transgenic *Bacillus thuringiensis* and conventional cotton. *J. Econ. Entomol.* 94 : 86-92.
- Brossut R., 1973.** Evolution du système glandulaire exocrine céphalique des Blattaria et des Isoptera. *Int. J. Insect Morphol et Embryol.* 2 : 35-54.
- Brossut R., Dubois P., Rigaud J. & Sreng., 1975.** Etude biochimique de la sécrétion des glandes tergales de Blattaria. *Insect. Biochem.* 5 : 719-732.
- Brossut R., 1983.** Allomonal secretion in cockroaches. *J. Chem. Ecol.* 9: 143-148.
- Buck J.B., 1953.** Physical properties and chemical composition of insect blood. *Insect. Physiol.* (ED, by Roeder K.D.). John Wiley. New York. 147-190.
- Burkhard G., 1989.** Die Wirkung von Azadirachtin auf die hormonelle Regulation des Flug- und Reproduktionsstoffwechsels von *Phormia terraenovae*. Dip. Thesis, University of Freiburg, Germany.
- Burkness E.C., Koch R.L. & Hutchison W.D., 2003.** Control of European corn borer and corn earworm in sweet corn. *Arthropod Manage. Tests* 27, E22.
- Butterworth J.H. & Morgan E.D., 1968.** Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 23-24.
- Buyukguzel E., 2009.** Evidence of oxidative and antioxidative responses by *Galleria mellonella* larvae to malathion. *J. Econ. Entomol.* 102 : 152-159.
- Byrne F.J. & Devonshire A.L., 1997.** Kinetics of insensitive acetylcholinesterases in organophosphate-resistant tobacco-whitefly, *Bemisia tabacci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 58 : 119-124.
- Cassanelli S., Reyes M., Rault M., Manicardi G. C. & Sauphanon B., 2006.** Acetylcholinesterase mutation in an insecticide-resistant population of the codling moth *Cydia pomonella* (L.). *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 36 : 642-653.
- Cassier P., Lafont R., Descamps M. & Soyeux D., 1997.** La reproduction des invertébrés : stratégies, modalités et régulation. *Edition Masson.* 354 pages.
- Cédric P., 2008.** Interactions entre insecticides non pyréthrinoides et répulsifs pour la lutte contre *Anopheles gambiae* : Mécanismes, efficacité et impact sur la sélection de la résistance. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier I. *Formation doctorale : Parasitologie.* 65 pages.
- Chai R.Y. & Lee C.Y., 2010.** Insecticide Resistance Profiles and Synergism in Field Populations of the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) from Singapore. *J. Econ. Entomol.* 103(2): 460-471.
- Charleston D.S., Kafir R., Dicke M., Vet L.E.M., 2006.** Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: a field test of laboratory findings. *Biol. Control.* 39: 105-114.
- Charpentier A., Menozzi P., Marcel V., Villate F. & Fournier D., 2000.** A method to estimate acetylcholinesterase-active sites and turnover in insects. *Analyt. Biochem.* 285: 76-81.
- Chebira S., Soltani N., Muylle S. & Smagghe G., 2006.** Uptake and distribution of three insect growth regulators-diflubenzuron, flucyclozuron and halofenozide in pupae

- and adults of *Tenebrio molitor*. *Phytoparasitica*. 34 (2) : 187-196.
- Chen G.G., Esenther G.R. & Rowell R.H., 1986.** Termite resistance of wood treated with copper (II) compound derived from tri-and dialkylamine-boric acid complexes. *For. Prod. J.* 36(5): 18-20.
- Chen P.S., 1966.** Amino acid and protein metabolism in insect development. *J. Insect. Physiol.* 3 : 53 - 132.
- Cherairia M., 2003.** Les Blattes dans la région de l'Est Algérien (Guelma) : Inventaire, Biométrie et Biotypologie. Thèse de magister. Université d'Annaba. p 106.
- Chiang F.M. & Sun C.N., 1993.** Glutathione transferase isozyme of diamondback moth larvae and their role in the degradation of some organophosphorus insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 45 : 7-14.
- Chino H., Katase H., Downer R.C. & Hard Takahashi K., 1981.** Diacylglycerol-carrying lipoprotein of hemolymph of the American cockroach: Purification, Characterization and Function. *J. Lipid. Res.* 22 : 7-15.
- Chopard L., 1920.** Recherches sur la conformation et le développement des derniers segments abdominaux des Orthoptères. Thèse, Faculté des Sciences de Paris, Oberthur, Rennes.
- Chopard L., 1929.** Note sur les Orthoptères du Hoggar. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, XX, p. 234-246, 1pl.
- Chopard L., 1932.** Orthoptères recueillis au Tibesti par les missions Dalloni et Sixte de Bourbon. *Bull. Mus. Paris*, (2) IV, p. 868-871.
- Chopard L., 1936.** Contribution à l'étude de la faune des Orthoptères du Maroc. *Bull. Soc. Hist. Nat. Maroc*, XVI, p. 151-179.
- Chopard L., 1940.** Contribution à l'étude de la faune des Orthoptères du Nord de l'Afrique. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, CIX. p: 155-169.
- Chopard L., 1943.** Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Coll. Faune de l'empire Française. Ed. Librairie La Rose, T. I, Paris. 405p.
- Chopard L., 1949.** Ordre des Dictyoptères. In traité de Zoologie. Insectes. Tome IX. Edited by P.P. Grassé. Masson, Paris. pp. 355-407.
- Christensen T.A., Itagaki H., Teal P.E.A., Jasenky D.R., Tumlinson J.H. & Hildebrand J.H., 1991.** Innervation and neural regulation of sex pheromone gland in female *Heliothis moths*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 88 : 4971-4975.
- Cisneros J., Perez J.A., Penagos D.I., Ruiz J.V., Goulson D., Caballero P., Cave R. D. & Williams T., 2002.** Formulation of a Nucleopolyhedrovirus with Boric Acid for Control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize. *Biol. Control.* 23: 87-95.
- Clark A.G., 1989.** The comparative enzymology of the glutathione Stransferases from non-vertebrate organisms. *Comp. Biochem. Physiol.* 92: 419-446.
- Cochran D.G., 1983.** Food and water consumption during the reproductive cycle of female German cockroaches. *Entomol. Exp. Appl.* 34: 51-57.
- Cochran D.G., 1995.** Toxic effects of boric acid on the German cockroach. *Experientia.* 51: 561 - 563.
- Conlong D.E. & Mugoya C.F., 1996.** Rearing beneficial insects for biological control purposes in resource poor area of Africa. *Entomophaga.* 41 : 505-512.
- Cornwell P.B., 1968.** The cockroach, Vol I. A laboratory insect and an industrial pest. 116 p.



- Cornwell P.B., 1976.** The cockroach, Vol.II. Insecticides and cockroach control. St Martin's Press, New York.
- Cossu C., Doyotte A., Babut M., Exinger A. & Vasseur P., 2000.** Antioxidant biomarkers in freshwater bivalve *Unio tumidus* in response to different contamination profiles of aquatic sediments. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 45 : 106-121.
- Costa L., 1996.** Biomarker research in neurotoxicology: the role of mechanistic studies to bridge the gap between the laboratory and epidemiological. *Environ. Health. Perspect.* 104 : 55-67.
- Daas O., Daas T., Scaps P. & Descamps M., 2005.** Compared toxicity of two ecdysteroid analogs (RH-0345 and RH-5992) and of a JH mimic (pyriproxyfen) on *Eupolybothrus nudicornis* (Myriapoda: Chilopoda). Hemolymph components. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 130 (3) : 303-313.
- Dannau M., Amichot M., Leenaers L. & Haubruge E., 2003.** Biomarqueurs d'exposition en milieu terrestre : impact d'hydrocarbures halogénés sur l'activité de trois systèmes enzymatiques chez *Drosophila pseudoobscura*. *Environ. Risq. Santé.* 2 : 344-349.
- Darvas B., Polgar L., Tag El-Din L.M., Eross H.K. & Wing K.D., 1992.** Developmental disturbances in different insect orders caused by an ecdysteroid agonist RH- 5849. *J. Econ. Entomol.* 85 : 2107-2112.
- Delbecq J.P., Bitsch C. & Mathelin J., 1986.** Effects of precocin on intermolt length and ecdysteroid titers in relation to ovarian maturation in *Thermobia domestica*. *J. Insect. Physiol.* 32(6) : 535-541.
- Dellali M., Gnassia-Barelli M., Roméo M. & Aissa P., 2001.** The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta Lagoon (Tunisia). *Water. Air. Soil. Pollut.* 156 : 131-144.
- Dhadialla T.S., Carlson G.R. & Le D.P., 1998.** New insecticides with ecdysteroidal and juvenil hormone activity. *Ann. Rev. Entomol.* 43: 545 - 569.
- Dhadialla T.S., Retnakaran A. & Smagghe G., 2005.** Insect growth and development disrupting insecticides. In: Gilbert, L.I., Kostas, I. and Gill, S. (eds.) *Comprehensive Insect Molecular Science*. Pergamon Press, New York, NY. 6 : 55-116.
- Dong K., Valles S.M., Scharf M.E., Zeichner B. & Bennett G.W., 1998.** The knockdown resistance (kdr) mutation in pyrethroid-resistant *german cockroaches*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 60 : 195-204.
- Doving K.B., 1991.** Assessment of animal behaviour environmental toxicity. *Comp. Biochem. Physiol.* 100 : 247-252.
- Downer R.G.H., 1985.** Lipid metabolism. In *Compr. Insect. Physiol. Biochem. and Pharm.* (G. A. Kerkert et L. I. Gilbert, eds). Pergamon Press. Oxford. 10: 77 - 113.
- Doyotte A., Cossu C., Jacquin M.C. Babut M. & Vasseur P., 1997.** Antioxidant enzymes, glutathione or field exposure in the gills and digestive gland of the freshwater bivalve, *Unio tumidus*. *Aqua. Toxicol.* 39 : 93-110.
- Droge W., 2002.** Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol. Rev.* 82 : 47-95.
- Duchateau G. & Florkin M., 1959.** Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Insect. Physiol. Biochem.* 67 : 306-314.
- Durier V., 2001.** Exploitation alimentaire et capacités cognitives chez *Blattella germanica* (L.) (Insect : Dictyoptera). Thèse de doctorat d'état. CNRS, Université de Rennes 1,

France.

- Ebeling W., Reiersen D.A. & Wagner R.E., 1968.** The influence of repellency on the efficacy of blatticides. III. Field experiments with German cockroaches with notes on three other species. *J. Econ. Entomol.* 61 (3) : 751-761.
- Ebeling W., Reiersen D.A., Pence R.J. & Viray M.S., 1975.** Silica aerogel and boric acid against cockroaches: external and internal action. *Pestic Biochem. Physiol.* 5: 81 - 89.
- Ebeling W., 1978.** Urban Entomology. University of California. Division of Agricultural Science. Berkeley.
- Eckert M., Predel R. & Gundel M., 1999.** Periviscerokinin-like immunoreactivity in the nervous system of the *American cockroach*. *Cell. Tissue. Research.* 295 : 159-170.
- Edwards C.A. & Fisher S.W., 1991.** The use of cholinesterase measurements in assessing the impacts of pesticides on terrestrial and aquatic invertebrates. In : Mineau P. (ed.). Cholinesterase inhibiting insecticides. *Elsevier, Amsterdam.* pp. 225 - 275.
- El Abidin Salam A.Z. & Pinsker W., 1981.** Effects of selection for resistance to organophosphorous insecticides on two esterase loci in *Drosophila melanogaster*. *Genetica.* 55 : 11-14.
- El Aw M.A., 2003.** Bioassays and sub-lethal effects of various selected insecticides on some biological aspects of the cotton leafworm, *Spodoptera littoaralis*. *Alex. J. Agric. Res.* 48(3) : 73-82.
- El Aw M.A., Draz K.A.A. Hashem A.G. & El-Gendy I.R., 2008.** Mortality comparison among spinosad, Actara, Malathion, and Methomyl containing Baits against Peach Fruit Fly, *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *J. Appl. Sci. Res.* 4 (2) : 216-223.
- Eldefrawi A.T., 1985.** Acetylcholinesterase and anticholinesterases ; in *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, Kerkut, G. A. and Gilbert, L. I. (eds), Vol. 12, pp. 115-130, Pergamon, New York.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V. & Featherstone R.M., 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88 - 95.
- Elzen G.W., 2001.** Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94 : 55-59.
- Enayati A.A., Ranson H. & Hemingway J., 2005.** Insect glutathione transferases and insecticide resistance. Mini review. *Insect. Molec. Biol.* 14(1) : 3-8.
- Engelmann F., 1979.** Insect vitellogenin: identification, biosynthesis, and role in vitellogenesis. *Adv. Insect. Physiol.* 14 : 49-108.
- Engelmann F., 1983.** Vitellogenesis controlled by juvenile hormone. In: Downer R.G.H, Laufer H. (Eds.) : Endocrinology of insects. *New York, Alan R. Liss, INC,* 259-270.
- Faurie C., Ferra C. & Medori P. 1980.** Ecologie. (eds.) Baillièrre J. B., Paris, 1091.
- Feder D., Valle D., Rembold H. & Garcia F.S., 1988.** Azadirachtin-induced sterilization in mature femals of *Rhodnius prolixus*. *Z. Naturforsch.* 43 : 908-913.
- Felt E. P. 1926.** 21<sup>st</sup> report of the Director of the State Museum and Science Dept. *New York State Mus. Bull.* 267 : 37-48.
- Feng R., Isman M.B., 1995.** Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid *Myzus persicae*. *Experientia.* 51: 831-833.
- Field L.M., Blackman R.L., Tyler-Smith C. & Devonshire A.L., 1999.** Relationship

- between amount of esterase and gene copy number in insecticide-resistance *Myzus persicae* (Sulzer). *Biochem. J.* 339: 737 - 742.
- Finney D.J., 1971.** Probit analysis (3rd ed). Cambridge University. Press, London.318p.
- Finot A., 1895.** Faune de l'Algérie et de la Tunisie. Insectes Orthoptères. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, LXIV. p : 57-120. 401-552, pL10.
- Finot A., 1902.** Liste des Orthoptères capturés dans le Sahara algérien par M. le Professeur Lameere. *Ann. Soc. Entomol. Belg.*, XLVI. p: 432-435.
- Fisher R.A. & Yates F., 1957.** Statistical tables for biological agricultural and medical research. 5 édition, Olivier & Boyd, London, pp 64-66
- Forget J., Pavillon J.F., Beliaeff B. & Bocquené G., 1999.** Joint action of pollutant combinations (pesticides and metals) on survival (LC50 Values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (Copepoda, Harpacticoida). *Envir. Toxicol. Chemis.* 5: 912 - 918.
- Fournier D., Bride J.M., Hoffmann F. & Karen F., 1992.** Acetylcholinesterase, two modifications carfer resistance to insecticide. *J. Biol. Chem.* 267 : 14270-14274.
- Fransco M.F. & Guilhermino L., 2002.** Effects of dimethoate and beta-naphtoflavone on selected biomarkers of *Poecilia reticulata*. *Fish. Physiol. Biochem.* 26 : 149-156.
- Gäde G., Hoffmann R.H. & Spring J.H., 1997.** Hormonal regulation in insects: Facts, Graps and future direction. *Physiol. Reviews.* 77 (4): 963 - 1032
- Gäde G. & Hoffmann K.H., 2005.** Neuropeptides regulating development and reproduction in insects. *Physiol. Entomol.* 30: 103-121.
- Gadenne C., Varjas L. & Mauchamp B., 1990.** Effects of the non steroidal ecdysone Mimic, RH-5849, on diapause and diapause larvae of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. *J. Insect. Physiol.* 36 (8) : 555 - 559.
- Gagné F., Pardos M. & Blaise C., 1999.** Estrogenic effects of organic environmental extracts with the trout hepatocyte vitellogenin assay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62: 723 - 730.
- Galois R., 1987.** Les lipides neutres chez les crustacés Décapodes : métabolisme et besoins. *Océanis.* Fasc. 2(13) : 197-215.
- Galvan T.L., Koch R.L. & Hutchison W.D., 2005.** Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian Lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control.* 34: 108-114.
- Gamil W.E., Mariy F.M., Youssef L.A. & Abdel Halim S.M., 2011.** Effect of Indoxacarb on some biological and biochemical aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae. *Annl. Agric. Sci.* 56(2) : 121-126.
- Gannagé-Yared M., Khneisser I., Salem N., Gouyette A., Loiselet J. & Halaby G., 1998.** Glutathion et glutathion S-transférase sanguins et leucocytaires : relation avec la cholestérolémie chez des volontaires sains. *Ann. Biol. Clin.* 56 (3) : 321-327.
- Gao R., Dong J., Zhang W. & Chen W.L., 2007.** Dietary risk assessment of Spinosad in China. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 49: 31-42.
- Garfield E., 1990.** The cockroach connection. Ancient, seemingly indestructible Pest. Part 2. Population contol. *Current comments.* 46: 5 - 13.
- Gauthier R., 1997.** GSH complex pour votre système immunitaire. *Nutraxis.* 38 p.
- Gay F.J. & Schulz W.O., 1965.** Comparison of two water soluble wood preservatives against termite attack. *Holz Roh-Werkstätte.* 23: 6-9.
- Georghiou G.P., 1994.** Principales of insecticide resistance management. *Physioprotection.*

75: 51 – 59.

- Goldsworthy A.C., Mordue W. & Guthkelch J., 1972.** Studies on insect adipokinetic hormone. *Gen. Comp. Endocrinol.* 18: 306-314.
- Gondhalekar A.D. & Scharf M.E., 2012.** Mechanisms Underlying Fipronil Resistance in a Multiresistant Field Strain of the German Cockroach (Blattodea: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 49(1): 122-131.
- Gore J.C. & Schal C., 2004.** Laboratory Evaluation of Boric Acid-Sugar Solution as Baits For Management of German Cockroach Infestations. *J. Econ. Entomol.* 97 (2) : 581-587.
- Gore J.C., Zurek L., Santangelo R.G., Stringham S.M., Watson D.W. & Schal C., 2004.** Water solutions of boric acid and sugar for management of German cockroach populations in livestock production systems. *J. Eco. Entomol.* 97(2) : 715-720.
- Grancolas P., 1994.** Phylogenetic systematics of the subfamily Polyphaginae, with the assignment of *Cryptocercus Scudder*, 1862 to this taxon (Blattaria, Blaberoidea, Polyphagidae). *Syst. Entomol.* 19 : 145-158.
- Grandcolas P., 1996.** The phylogeny of cockroach families: a cladistic appraisal of morpho-anatomical data. *Canadian J. Zool.* 74 : 508-527.
- Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de la santé. *Bureau régional de l'Europe.* 24 p.
- Grant D.F. & Matsumura F., 1992.** Glutathione S-transferase 1 and 2 in susceptible and insecticide resistant *Aedes aegypti*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 33 : 132.
- Guèdes R.N.C., Kambhampati S., Dover B.A. & Zhu K.Y., 1997.** Biochemical mechanisms of organophosphate resistance in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) populations from the United States and Brazil. *Bull. Entomol. Res.* 87: 581-586.
- Guerrini V.H., 2000.** Effects of azadirachtin on *Damalinea ovis* in sheep. *Fac. Sci., Univ. of Southern Queensland Univ. Toowoomba, Queensland, Australia.* 4(3):133-138.
- Guilhermino L., Lopes M.C., Carvalho A.P. & Soares A.M.V.M., 1996.** Acetylcholinesterase activity in juvenils of *Daphnia magna* staus. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57 : 979 – 985.
- Gutherie D.M. & Tindall A.R., 1968.** The biology of the cockroach. *London: Edward Arnold.* 408 p.
- Habes D., 2006.** Evaluation de l'insecticide inorganique l'acide borique à l'égard d'un modèle à intérêt médical (*Blattella germanica*): inventaire, toxicité, analyse des résidus, structure de l'intestin et activité enzymatique. Thèse Doc. Univ. Annaba. Algérie.
- Habes D., Morkchi S., Aribi N., Farine J.P. & Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica*: alterations in midgut structure and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase. *Pest. Biochem. Physiol.* 84: 17-24.
- Habes D., Messiad R., Gouasmia S. & Grib L., 2013.** Effects of an inorganic insecticide (boric acid) against *Blattella germanica*: Morphometric measurements and biochemical composition of ovaries. *African Journal of Biotechnology.* 12(18) : 2492-2497.
- Habig W.H., Pabst M.J. & Jakoby W.B., 1974.** Glutathione S-Tranferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249: 7130-7139.
- Habluetzel A., Carnevali F., Lucantoni L., Grana L., Attili A.R., Archilei F., Antonini M., Valbonesi A., Abbadessa V., Esposito F. & Van Der Esch S.A., 2007.** Impact of the botanical insecticide Neem Azal on survival and

- reproduction of the biting louse *Damalinia limbata* on angora goats. *Vet. Parasitol.* 144 : 328-337.
- Hagedorn, H.H., 1985.** The role of ecdysteroids in reproduction. In: *Compr. Insect. Physiol. Biochem. Pharmacol.* Kerkut, G. A. et Gilbert, L. I. (Eds), Pergamon, Oxford. 8 : 205-262.
- Hamilton R.L. & Schal C., 1988.** Effects of dietary protein levels on sexual maturation and reproduction in the German cockroach (*Blattella germanica* L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 969-976.
- Hamman P.J. & Gold R.E., 1994.** Cockroaches recognition and control. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A & M University System.
- Hamza-Chaffi A., Romeo M., Gnassia-Barelli M. & El Abed A., 1998.** Effect on copper and lindane on some biomarkers measured in the clam *Ruticipes decussates*. *Bull. Environ. Toxicol.* 61 : 397 - 404.
- Harold J.A. & Ottea J.A., 1997.** Toxicological significance of enzyme activities in profenofos-resistant tobacco budworms, *Heliothis virescens* (F.). *Pesti. Biochem. Physiol.* 58: 23-33.
- Harold J.A. & Ottea J.A., 2000.** Characterization of Esterases associated with profenofos resistant in the tobacco budworm *Heliothis virescens* (F.). *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 45 : 47 - 59.
- Hassanein H.M.A. & Okail H.A., 2008.** Toxicity determination and hypoglycaemic effect of neem biopesticide on the grass carp « *Ctenopharyngodon idella* ». *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.* 1(2) : 37-49.
- Haubruge E. & Amichot M., 1998.** Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2(3) : 161-174.
- Heath A.C., Lampkin N. & Jowett J.H., 1995.** Evaluation of non-conventional treatments for control of the biting louse (*Bovicola ovis*) in sheep. *Med. Vet. Entomol.* 4 : 407-412.
- Hebard M., 1917.** The Blattidae of North America of the Mexican Boundary. *Amer. Ent. Soc. Mem.* 2: 1-284.
- Hebard M., 1919.** The Blattidae of Panama. *Amer. Ent. Soc. Mem.* 4: 1-148
- Hebard M., 1929.** Studies in Malayan Blattidae (Orthoptera). *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia.* 81: 1-109.
- Hemingway J., Macolm C.A., Kisson K.E., Boddington R.G., Curtis C.F. & Hill N., 1985.** The biochemistry of insecticide resistance in *Anopheles sacharovi*: Comparative studies with a range of insecticide susceptible and resistance *Anopheles* and *Culex* species. *Pestic. Biochem. Physiol.* 24 : 68-76.
- Hemingway J., Small G.J. & Monro A.G., 1993.** Possible mechanisms of organophosphorous and carbamates insecticide resistance in German cockroaches from different geographical areas. *J. Econ. Entomol.* 86 : 1623.
- Herbert A., Guilhermino L., Assis H.C.S. & Hansen P.D., 1995.** Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift Angewandt Zoologie.* 3: 1 - 15.
- Herns W.B., 1926.** *Hippelates* flies and certain other pests of the Coachella Valley, California. *J. econ. Ent.* 19: 692-695.
- Horowitz A.R. & Ishaaya I., 1996.** Chemical control of *Bemisia tabaci* management and application. In: Gerling G., Mayer R.T. (eds) *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*, pp. 537-556. Intercept, Andover.

- Hsu J.C. & Feng H.T., 2006.** Development of resistance to spinosad in oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory selection and cross-resistance. *J. Econ. Entomol.* 99 : 931-936.
- Huang F., Subramanyam B.H. & Tows D.M., 2004.** Susceptibility of laboratory and field strains of four stored-product insect species to spinosad. *J. Econ. Entomol.* 97: 2154-2159.
- Hubbard S.A., 1998.** Comparative toxicology of borates. *Biological Trace Element Research.* 66: 343 - 357.
- Huber L., 1974.** Taxonomic and ontogenetic studies of cockroaches (Blattaria). *Univ. Kansas. Soc. Bull.* 50 : 233-332.
- Hyršyl P., Buyukguzel E. & Buyukguzel K., 2007.** The effects of boric acid-induced oxidative stress on antioxidant enzymes and survivorship in *Galleria mellonella*. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 66(1) : 23-31.
- Imms A.D., 1957.** A General textbook of entomology. 9<sup>th</sup> ed. Revised by O. W. Richards and R. G. Davies. 886p. Methuen and Co. Ltd., London.
- Ishaaya I. & Horowitz A. R., 1998.** Insecticides with novel mode of action: overview. In: Ishaaya I. and Degheel D. (eds). Insecticides with novel mode of action mechanisms and application. *Springer.* 1 - 24 pp.
- Ishaaya I., 1990.** Benzoylphenyl-ureas and other selective control agent, mechanism and application In: J.E. Cassida (eds.) *Pesticides and alternatives:* 365-376. Elsevier Sciences., Amsterdam.
- Ishaaya I., 2001.** Biochemical sites of insecticide action and resistance. *Springer - Verlag Berlin Heidelberg.*, 293 - 321 pp.
- Jakoby B.W. & Habig H.W., 1980.** Glutathione transferase. In: Enzymatic basis of detoxication (Eds.). By Jakoby, B.W. New York: *Academic Press.* Vol II: 63-94.
- Jensen S.E., 1998.** Acetylcholinesterase activity associate in methiocarb resistance in a strain of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergante). *Pest. Biochem. Physiol.* 61: 191-200.
- Johnson B.R. & Gutzner D.I., 1978.** Ammoniacal copper borate: a new treatment for wood preservation. *For. Prod. J.* 28(2): 33-36.
- Kaakeh W., Scharf M.E. & Bennett G.W., 1997.** Comparative contact activity and residual life of juvenile hormone analogs used for *German Cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae) Control. *J. Econ. Entomol.* 90 (5): 1247 - 1253.
- Kappus H., 1987.** Oxidative stress in chemical toxicity. *Arch. Toxicol.* 60 : 144-149.
- Kassi S., Weerashinghe I.S. & Shano T., 1998.** P450 monooxygenases are an important mechanism of permethrin resistance in *Culex quiquefasciatus*. Say larvae. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 37: 47 - 56.
- Kauser G. & Koolman J., 1984.** Ecdysteroid receptors in tissues of the blowfly, *Calliphora vicina*. In: Engels W. (Ed). p. 602-608. *Advances in invertebrate Reproduction 3 Elsevier, Amsterdam.*
- Kawada H., 1988.** An insect growth regulator against cockroaches. In: Ishaaya I. & Horowitz A. R. (Eds). Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxifen) suppress embryogenesis and adult emergence of the sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 85(6) : 2113-2117
- Kawamura N., Sahara K. & Fugo H., 2003.** Glucose and ecdysteroid increase apyrene sperm production in *in vitro* cultivation of spermatocysts of *Bombyx mori*. *J. Insect.*

*Physiol.* 49 : 25-30.

- Keely L.L., 1985.** Physiology and biochemistry of Fat body, pp. 211 – 248. In GA Kerkut & L.I. Gilbert (eds): *Compr. Insect. Biochem. Physiol. Pharm*, vol. 3, Pergamon Press, oxford.
- Kellouche A. & Soltani N., 2006.** Impact of hexaflumuron, a chitin synthesis inhibitor, on growth, development and reproductive performance of the progeny in *Callosobruchus maculatus* after adult treatments. *Afric. J. Agric. Res.* 1 (3) : 57-64.
- Khebbeb M.E.H., Gaouaoui R. & Bendjeddou F., 2008.** Tebufenozide effects on the reproductive potentials of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Afr. J. Biotechnol.* 7 (8) : 1166-1170.
- Kilani-Morakchi S., 2000.** Evaluation de l'activité d'un insecticide inorganique, l'acide borique a l'égard de *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae): aspects toxicologie, résidu, structurale et biochimique. Thèse de Magister en Biologie Physiologie animale applications agronomique et médicale. 62 p.
- Kilani-Morakchi S., Aribi N. & Soltani N 2009a.** Activity of boric acid on German cockroaches: Analysis of residues and effects on reproduction. *Afr.J. Biotechnol.* 8: 703-708.
- Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Smagge G. & Soltani N., 2009b.** Halofenozide affects sexual behavior, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool.* 139: 147-155.
- Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Smagge G. & Soltani N., 2009c.** Effects of tebufenozide on ovarian growth and sexual behaviour in the German cockroach (*Blattella germanica*). *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent Univ.* 74(2): 429-436.
- Kirby W. F., 1904.** A synonymic catalogue of Orthoptera. *Brit. Mus. London.*
- Kiryama K., Itazu Y., Kagabu S. & Nishimura K., 2003.** Insecticidal and neuroblocking activities of acetamiprid and related compounds. *J. Pestic. Sci.* 28 : 8-17.
- Kirst H.A., Michel K.H., Mynderse J.S., Chao E.H., Yao R.C., Nakatsukasa W.M., Boek L.D., Occlowitz J., Paschel J.W., Deeter J.B. & Thompson G.D., 1992.** Discovery, isolation and structure elucidation of a family of structurally unique fermentation-derived tetracyclic macrolides, in « Synthesis and chemistry of Agrochemicals III » (D.R. Baker, J.G. Fenyes, and J.J. Steffens, Eds.), pp, 214-225, *Am. Chem. Soc. Washington, DC.*
- Kizek R., Vacek J., Trnkova L. & Jelen F., 2004.** Cyclicvoltammetric study of the redox system of glutathione using the disulfide bond reductant tris (2-carboxethyl) phosphine. *Bioelectrochemistry.* 63: 19 – 24.
- Koul O., Amanai K. & Ohtaki T., 1987.** Effect of azadirachtin on the endocrine events of *Bombyx mori*. *J. Insect. Physiol.* 33 : 103-108.
- Koul O. & Isman M.B., 1991.** Effects of azadirachtin on the dietary utilization and development of the variegated cutworm *Peridroma saucia*. *J. Insect. Physiol.* 37 : 591-598.
- Krauss H. & Vossler J., 1896.** Beiträge zur Orthopterenfauna Orans (West Algerien) *Zool. Jahrb., Syst., IX*, p. 515.
- Kristensen M., Hansen K.K. & Vagn-Jensen K.M., 2005.** Cross-Resistance between Dieldrin and Fipronil in *German Cockroach* (Dictyoptera: Blattillidae). *J. Econ. Entomol.* 98(4): 1305-1310.

- Kumar P., Poehling H.M. & Borgemeister C., 2005.** Effects of different application methods of neem against sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *J. Appl. Entomol.* 129 : 497-889.
- Lafont R., Dauphin-Villemant C., Warren J.T. & Rees H., 2005.** Ecdysteroid chemistry and biochemistry. In: *Comprehensive Molecular Insect Science*, L.I., Gilbert, K. Iatrou & S.K. Gill, eds, Elsevier, Oxford, 3, 125-195
- Lagadic L., Cuany A., Bergé J.B. & Echaubard M., 1993.** Purification and partial characterization of glutathione S-transferases from insecticide-resistant and lindane-induced susceptible *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae. *Insect. Biochem. Molec. Biol.* 23 (4) : 467-474.
- Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C. & Ramade F., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie « Aspects fondamentaux ». Masson. Paris. 419 p.
- Lambreas C. I., Galante F. & Mena I., 1991.** Ovarian condition as an indicator of the phenology of *Bubas bubas* (Coleoptera: Scarabeidae). *Ann. Entomol. Sco. Am.* 84 (2) : 190-194.
- Lamy M., 1964a.** Etude par électrophorèse en gel d'amidon des protéines de l'hémolymphe du *Bombix mori* normal ou privé de ses gonades, *C. R. Acad. Sciences Fr.* 259 : 1905 - 1908.
- Lamy M., 1964b.** Electrophorèse des protéines de l'hémolymphe de la piéride du chou (*Pieris brassicae*) au cours de son cycle biologique et de sa diapause nymphale, *P. V. Soc. Sc. Phys. et Nat. Bordeaux.* 241 - 246.
- Lamy M., 1969.** Etude électrophorétique des protéines de l'hémolymphe chez les lépidoptères. Thèse Doc. Nat. Fac. Sc. Bordeaux. 151 p.
- Lanot R., Dorn A., Gunsten B., Thiebold J., Lagueux M. & Hoffmann J.A., 1989.** Function of ecdysteroids in oocyte maturation and embryogenic development of insect. In: Koolman (Eds.): *Ecdysone, from chemistry to mode of action.* pp. 260-270. Thieme Stutgard.
- Lavialle-Defaix C., Moignot B., Legros C. & Lapied B., 2010.** How Does Calcium-Dependent Intracellular Regulation of Voltage-Dependent Sodium Current Increase the Sensitivity to the Oxadiazine Insecticide Indoxacarb Metabolite Decarbomethoxylated JW062 (DCJW) in Insect Pacemaker Neurons? *J Pharmacol Exp Ther.* 333: 264-272.
- Legendre, P., Legendre, L., 1998.** Numerical ecology. 2nd English edition. *Elsevier Science BV*, Amsterdam. 853 p.
- Leonova I.N. & Slinko N.M., 2004.** Life stage variations in insecticidal susceptibility and detoxification capacity of the beet webworm, *Pyrausta sticticalis* L. (lep., pyralidae). *Blackxell Verlag, Berlin.* 128 (6) : 419-425.
- Li F. & Han Z.J., 2004.** Mutation in acetylcholinesterase associated with insecticide resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Insect. Bioch. Molecul. Biol.* 34 : 397-405.
- Li X., Shuler M.A. & Berenbaum M.R., 2007.** Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Ann. Rev. Entomol.* 52 : 231-253.
- Liang G.M., Chen W., Liu T.X., 2003.** Effects of three neem-based insecticides on diamond black moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Prot.* 22: 333-340.
- Lingnot J.H., Chamantier G. & Cochard J.C., 1998.** Effects of an organophosphorus insecticide, fenitrothion, on survival osmoregulation, and acetylcholinesterase



- activity in different life stages of two panaeid shrimps: *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei* (Crustacea Decapoda). *J. Shellfish. Res.* 17: 1251 – 1258.
- Liu T.X. & Stansly P.A., 1995.** Deposition and bioassay of insecticides applied by leaf dip and spray tower against *Bemisia argentifolii* nymphs (Homoptera: Aleyrodidae). *Pestic. Sci.* 44 : 317-322.
- Loeb M.J. & Hakim R.S., 1991.** Development of genital imaginal discs of *Heliothis virescens* cultured in vitro with 20-hydroxyecdysone and fat body or testis sheaths. *Invert. Reprod. Dev.* 20 : 181-191.
- Long E.R., 2000.** Degraded sediment quality in U.S. estuaries: A review of magnitude and ecological applications. *Ecol. Appl.* 10: 338-349.
- Lowery T.D. & Smirle M.J., 2000.** Toxicity of insecticides to obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*, larvae and adults exposed previously to neem seed oil. *Entomol. Exper. Appl.* 79 : 203-209.
- Lucantoni L., Giusti F., Gritofaro M., Pasqualini L., Esposito F., Lupetti P. & Habluetzel A., 2006.** Effects of a neem extract on blood feeding, oviposition and oocyte ultrastructure in *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Tissue and Cell.* 38 : 361-371.
- Lyon W.F., 1997.** *German cockroach*. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.
- Magnin M., Fournier D. & Pasteur N., 1985.** Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides. *Entomol. Med. Parasitol.* 4 : 273-280.
- Mahendru. V.K., 1981.** Studies on pharmacology of molluscicides on the gastropod *Lymnaea acuminata*. PhD. Thesis, Department of Zoology, Gorakhpur University, Gorakhpur, (U.P.) India.
- Mahfuza K., Aftab H. & Saidul Islam M., 2007.** Effects of neem Leaf Dust and a commercial formulation of a neem compound on the longevity, fecundity and ovarian development of the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae). *Pakist. J. Biol. Sci.* 10(20) : 3656-3661.
- Maiza A., 2004.** Activité insecticide des deux composés (Benfuracarbe, Acétamipride) chez *Blattella germanica* : biométrie et biochimie des ovaires et activité enzymatiques (AChE, LDH). Thèse de Magistère. Université d'Annaba. Algéries. 180 p.
- Maiza A., Kilani-Morakchi S., Farine J.P., Smaghe G., Aribi N. & Soltani N., 2004.** Reproductive effects in *German cockroaches* by ecdysteroid agonist RH-0345, juvenile hormone analogue methoprene and carbamate benfuracarb. *Commun. Appl. Biol. Sci. Ghent Uni.* 69: 257-266.
- Maiza A., Aribi N., Smaghe G. & Soltani N., 2010.** Effect of an oxadiazine indoxacarb, on the biochemical composition of ovaries in the german cockroach. *Commun. Appl. Biol. Sci. Ghent Univ.* 75(3): 359- 366.
- Maiza A., Aribi N., Smaghe G., kilani-Morakchi S., Bendjedid M., Soltani N., 2013.** Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bulletin of Insectology.* 66 (1): 11-20.
- Mandour N.S., 2009.** Influence of spinosad on immature and adult stages of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Bio. Control.* 54(1) : 93 - 102.
- Martin D., Piulachs M.D. & Bellés X., 1995.** Patterns of hemolymph vitellogenin and ovarian vitellin in the *German cockroach*, and the role of juvenile hormone. *Physiol. Entomol.* 20 : 59-65.

- Marty R., 1968.** Recherches écologiques et biochimiques sur les orthoptères des pyrénées. Thèse Doc. ESSC. Nat. Fac. Sc. Toulouse. N° 326.
- Mckittrick F.A., 1964.** Evolutionary Studies of cockroaches. *Memoir of the Cornell university Agricul. Expe. Stat.* 389: 1-197.
- Mckittrick F.A. & Mackerras M.J., 1965.** Phyletic relationships within the Blattidae. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 58: 224-230.
- Medina P., Budia F., Tirry L., Smagghe G. & Vinuela E., 2001.** Compatibility of spinosad, tebufenozide and azadirachtin with eggs and pupae of the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) under laboratory conditions. *Biocontrol. Sci. Technol.* 11 : 597-610.
- Medina P., Budia F., Del Estal P. & Viñuela E., 2003.** Effects of three modern insecticides, pyriproxyfen, spinosad and tebufenozide, on survival and reproduction of *Chrysoperla carnea* adults. *Ann. Appl. Biol.* 142 : 55-61.
- Medina P., Budia F., Del Estal P., Viñuela E., 2004.** Influence of azadirachtin, a botanical insecticide, on *Chrysoperla carnea* (Stephens) reproduction: toxicity and ultrastructural approach. *J. Econ. Entomol.* 97: 43-50.
- Meister A. & Anderson M.E., 1983.** Glutathione. *Ann. Rev. Biochem.* 52 : 711-760.
- Messiad R., 2006.** Effets d'un régulateur de croissance, l'azadirachtine chez *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Physiologie, activités enzymatiques et comparaison de la détoxification avec d'autres groupes de pesticides. Thèse de Magister. Université d'Annaba. Algérie, 94p.
- Meurant K., Sernia C. & Rembold H., 1994.** The effects of azadirachtin-A on the morphology of the ring complex of *Lucilia cuprina* (Wied.) larvae (Diptera, Insecta). *Cell Tissue Res.* 275 : 247-254.
- Miall L.C. & Denny A., 1886.** The structure and life history of the cockroach *Blatta orientalis* Linn. *Lovell Reeve and Co., London*, 224 pp.
- Miller H.K. & Fisk F.W., 1971.** Taxonomic implications of the comparative morphology of cockroach proventriculi. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 64: 671-687.
- Mindykowski B., Jaenick E., Tenzer S., Cirak S., Schweikardt T., Schild H. & Decker H., 2010.** Cockroach allergens Per a 3 are oligomers. *Dev. Comp. Immunol.* 34: 99-722.
- Mitchell P.L., Gupta R., Singh A.K. & Kumar P., 2004.** Behavioural and developmental effects of neem extracts on *Clavigralla scutellaris* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae) and its egg parasitoid, *Gryon Fulviventre* (Hymenoptera: Scelionidae). *J. Econ. Entomol.* 97 : 916-923.
- Mommensen T.P. & Walsh P.J., 1992.** Biochemical and metal perspectives on nitrogen in fishes. *Experientia.* 48 :583-593.
- Mordue Luntz A.J. & Blackwell A., 1993.** Azadirachtin: an update. *J. Insect. Physiol.* 39 : 903-924.
- Mordue Luntz A.J., Morgan E.D. & Nisbet A.J., 2005.** In *Comprehensive Molecular Insect Science*, Gilbert LI, Iatrou K, and Gill SS (eds.). *Elsevier, Oxford, UK.* 6: 117-135.
- Mordue A.J.L., Morgan E.D. & Nisbet A.J., 2010.** Azadirachtin, a natural product in insect control. In: Gilbert, L.I., Gill, S.S. (Eds.), *Insect Control*. Academic Press, London, UK, pp. 185-204.
- Mullin C.A. & Scott J.G., 1992.** Biomolecular basis for insecticide resistance: classification and comparisons. In: Ishaaya I (Eds.), *molecular mechanism of insecticide resistance*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 1-13.
- Nabeshima T., Kozaki T., Tomita T. & Kono Y., 2003.** An amino acid substitution on the

- acetylcholinesterase in the piripicarb-resistant of the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 307 : 15-22.
- Nabeshima T., Mori A., Kozaki T., Iwata Y., Hidoh O., Harada S., Kasai S. Severson D.W., Kono Y. & Tomita T., 2004.** An amino acid substitution attributable to insecticide-insensitivity of acetylcholinesterase in a Japanese encephalitis vector mosquito, *Culex tritaeniorhynchus*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 313 : 794-801.
- Najimi S., Bouhaimi A. & Danbeze M., 1997.** Use of acetylcholinesterase in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* as a biomarker of pollution of Agadir marine bay (South of Morocco). In: Dellali, M., Barelli, M.G., Romeo, M & Aissa, P. (2001). The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comparative. Biochemistry. Physiology., Pat C.*, 130: 227 - 235.
- Nasirian H., Ladouni H., Aboulhassani M. & Limoe M., 2011.** Susceptibility of field populations of *Blattella germanica* (Blattaria: Blattellidae) to spinosad. *Pakist. J. Biol. Sci.* 14(18) : 862-868.
- Nauen R. & Bretschneider T., 2002.** New modes of action of insecticides. *Pestic. Outlook.* 12 : 241-245.
- Nauen R., Ebbinghaus-Kintscher U., Salgado V.L. & Kausman M., 2003.** Thiamethoxamis a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pest. Biochem. Physiol.* 76 : 55-69.
- Naumann K., Isman M.B., 1995.** Evaluation of neem *Azadirachta indica* seed extracts and oils as oviposition deterrents to noctuid moths. *Entomol. Exp. Appl.* 76: 115-120.
- Nowosielski J.W. & Patton R.L., 1965.** Variation in the hemeolymph protein, amino acid, and lipid levels in adult house crickets, *Acheta domesticus* L., of different ages. *J. Insect Physiol.* 11 : 263 - 270.
- Oberlander H., Silhacek D.L. & Porcheron P., 1995.** Non steroidal ecdysteroid agonists: Tools for the study of hormonal action. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 28 : 209-223.
- Oberlander H., Silhacek D.L. & Leach C.E., 1998.** Interaction of ecdysteroid and juvenoid agonist in *Plodia interpunctella* (Hübner). *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 38 : 91-99.
- Ozmenn N., Sener S., Mete A. & Kucukbay H., 1999.** *In vitro* and *in vivo* acetylcholinesterase inhibition effect of new classes of organophosphorus compounds. *Environ. Toxicol. Chem.* 18 : 241-246.
- Parapanthadara L., Promtet N., Koottathep S., Somboon P. & Ketterman A.J., 2000.** Isoenzymes of glutathion S-transferase from mosquito *Anopheles dirus* species: the purification, partial characterization and interaction with various insecticides. *Insect. Biochem. Molec. Biol.* 30: 395 - 403.
- Pasteur N. & Raymond M., 1996.** Insecticide resistance genes in mosquitoes: their mutations, migration and selection in field population. *J. Heredity.* 87: 444 - 449.
- Peden D. & Reed C.E., 2010.** Environmental and occupational allergies. *J. Aller. Clin. Immunol.* 125: 60-150.
- Pineda S., Budia F., Schneider M. I., Gobbi A., Vinuela E., Valle J. & Del Estal P., 2004.** Effects of two biorational insecticides, spinosad and methoxyfenozide, on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *J. Econ. Entomol.* 97: 1906 - 1911.
- Pineda S., Schneider M.I., Smagghe G., Martinez A.M., Del Estal P., Vinuela E., Valle J. & Budia F., 2007.** Lethal and sublethal effects of Methoxyfenozide and Spinosad on

- Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 100(3) : 773-780.
- Pineda, S., Martínez, A.M., Figueroa, J.I., Schneider, M.I., Estal, P.D., Viñuela, E., Gómez, B., Smagghe, G., Budia, F., 2009.** Influence of azadirachtin and methoxyfenozide on life parameters of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 102: 1490-1496.
- Porter A., 1930.** Cockroaches as vectors of hookworms on gold mines of the Witwatersand. *J. Med. Assoc. South Africa.* 4: 18-20.
- Potera C., 1997.** Working the Bugs out of Asthma. *Environmental Health Perspectives.* 105 : 1192-1194.
- Prabhakaran, S.K., Kamble, ST., 1996.** Effects of azadirachtin different strains of German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Environ. Entomol.* 25: 130- 134.
- Pratt H. D., 1955.** Cockroach identification. *Pest Control.* 23(5): 9-12
- Princis K., 1960.** Zur Systematik der Blattarien. *Eos.* 36: 427-449.
- Princis K., 1962.** Pars 3: Blattariae: *Subordo Polyphagoidea*. Fam. Polyphagidae. In *Orthopterorum Catalogus. Edited by M. Beier. Dr. W. Junk,'s-Gravenhage.* pp. 1-74.
- Princis K., 1971.** Pars 14: Blattariae: *Subordo Epilamproidea*. Fam: Ectobiidae. In *Orthopterorum Catalogus. Edited by M. Beier. Dr. W. Junk,'s-Gravenhage.* pp. 1039-1224.
- Qadri, S.S.H. & Narsaiah, J., 1978.** Effect of azadirachtin on the moulting processes of last instar nymphs of *Periplaneta Americana* (L.). *Indian J. Exp. Biol.* 16: 1141-1143.
- Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. *Ed. Mac. Graw - Hill, Paris,* 397 p.
- Rao J.V., 2006.** Sublethal effects of an organophosphorus insecticide (RPR-II) on biochemical parameters of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Compar. Biochem. Physiol.* 143C : 492-498.
- Regoli F. & Principato G., 1995.** Glutathione, glutathione-dependent and antioxidant enzymes in mussel, *Mytilus galloprovincialis*, exposed to metals under field and laboratory conditions: implications for the use of biochemical biomarkers. *Aquat. Toxicol.* 31: 143-164.
- Rehn J.A.G. & Hebard M., 1927.** The Orthoptera of the West Indies. No. I, Blattidae. *Amer. Mus. Nat. Hist.* 54: 1-320.
- Rehn J.A.G., 1931.** African and Malagasy Blattidae (Orthoptera). Part I. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia.* 83: 305-387.
- Rehn J.A.G., 1937.** African and Malagasy Blattidae (Orthoptera). Part III. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia.* 84: 405-511
- Rehn J.A.G., 1945.** Man's uninvited fellow-traveller-the cockroach. *Sci. Monthly.* 61 (4): 265- 276
- Rehn J.W.H., 1951.** Classification of the Blattaria as indicated by their wings (Orthoptera). *Amer. Ent. Soc. Mem.* 14: 1-134.
- Redfern, R.E., Kelly, T.J., Borkovec, A.B. & Hayes, D.K., 1982.** Ecdysteroid titres and moulting aberrations in last stage *Oncopeltus* nymphs treated with insect growth regulators. *Pest. Biochem. Physiol.* 18, 351-356.
- Reid B.L., Bannett G.W. & Barcay S.G., 1990.** Topical and oral toxicity of sulfluramid, a delayed-action insecticide against the *German cockroach* (Dityoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 148-152
- Reidy G.F., Rose H. A., Visetson S. & Murray M., 1990.** Increased glutathione S-

- transferase activity and glutathione content in an insecticide-resistant strain of *Tribilium cataneum* (Herbst). *Pestic. Biochem. Physiol.* 36: 269-276.
- Reiersen D.A., Rust M. K., VanDyke A. M. & Appel A. G., 1983.** Control of German cockroaches with amidinohydrazone bait, in: A. C. York (ed.). Insecticide and acaricide tests, vol.8. *Entomol. Soc. Amer. College Park.* MD. USA p.54.
- Remia K.M., Logaswamy S., Logankumar K. & Rajmohan D., 2008.** Effect of an insecticide (Monochrotophos) on some biochemical constituents of the fish *Tilapia mossambica*. *Poll. Res.* 27: 523-526.
- Reyes M., Rocha K., Alarcón L., Siegwart M. & Sauphanor B., 2012.** Metabolic mechanisms involved in the resistance of field populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to spinosad. *Pest. Biochem. Physiol.* 102 : 45-50.
- Riba M., Martı J., Sans A., 2003.** Influence of azadirachtin on development and reproduction of *Nezara viridula* L. (Het., Pentatomidae). *J. Appl. Entomol.* 127: 37-41.
- Ribeiro S., Guilhermino L., Sousa J.P. & Soares A.M.V.M., 1999.** Novel bioassay based on acetylcholinesterase and lactate dehydrogenase activities to evaluate the toxicity of chemicals to soil isopods. *Ecotoxicol. Environ. Safety.* 44: 287 - 293.
- Ringwood A.H., Conners D.E. Keppler C.J. & Dinovo A.A., 1999.** Biomarkers studies with juvenile oysters (*Crassostrea virginica*) deployed *in situ*. *Biomarkers.* 4 : 400-414.
- Rinkevich F.D. & Scott J.G., 2012.** Reduction of dADAR activity affects the sensitivity of *Drosophila melanogaster* to spinosad and imidacloprid. *Pest. Biochem. Physiol.* 104 : 163-169.
- Rivault C., Cloarec A., Sreng L., 1998.** Cuticular extracts inducing aggregation in the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *J. Insect Physiol.* 44 : 909-918.
- Ross M.H., Bret B.L. & Keil C.B., 1984.** Population growth and behavior of *B. germanica* (Orthoptera : Blattellidae) in experimentally established shipboard infestation. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 77 : 740-752.
- Roth L.M. & Willis E.R., 1960.** The Biotic Associations of cockroaches. *Smithson. Misc. Collect.* 141, 470 pp.
- Roth L.M. & Willis E.R., 1967.** The medical and veterinary importance of cockroach. *Smithsonian Press. Washington.*
- Roth L.M., 1970.** Evolution and taxonomic significance of production in Blattaria. *Ann. Rev. Entomol.* 15: 75-96.
- Roth L.M., 1985.** A taxonomic revision of the genus *Blattella* Caudell (Dictyoptera, Blattaria: Blattellidae). *Entomologica Scandinavica, Supplement.* 22 : 1-221.
- Rouibi A., 2002.** Evaluation d'un mimétique des ecdystéroïdes (RH-0345) sur *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Aspects morphométrique et biochimique. Magistère en Physiologie animale, Option : Ecotoxicologie, Univ. Annaba, Algérie.
- Rufingier C., Pasteur N., Lagnel J., Martin C. & Navajas M., 1999.** Mechanisms of insecticide resistance in the aphid *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) (Homoptera: Aphididae) from France. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 29 : 385 - 391.
- Rust M.K., Owens J.M. & Reiersen D.A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cockroach. New York Oxford. *Oxford university Press.* 265p.
- Saito T. & Hama H., 2000.** Carboxylesterase isozymes responsible for organophosphate resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.* 35 (1): 171 - 175.
- Salgado V.L. 1997.** The modes of action of Spinosad and other insect control products.

*Down to Earth*. 52 : 35–43.

- Salgado V.L., Sheets J.J., Watson G.B. & Schmidt A.L., 1998.** Studies on the mode of action of spinosad: the internal effective concentration and the concentration dependence of neural excitation. *Pestic. Biochem. Physiol.* 60, 103-110.
- Salgado V.L. & Saar R., 2004.** Desensitizing and non-desensitizing subtype of alpha-bungarotoxin-sensitive nicotonic acetylcholine receptors in cockroaches neurons. *J. Insect Physiol.* 50 : 867-879.
- Samuel O. & Laurent L.S., 2005.** Profil toxicologique des insecticides retenus pour le contrôle des insectes adultes impliqués dans la transmission du virus du Nil occidental au Québec. Institut national de santé publique du Québec. *Canada*. N° 378. Vol 86.
- Sarfraz M., Dossdall L.M. & Keddie B.A., 2005.** "Spinosad: A promising tool for integrated pest management. *Outlooks on Pest Management*. 16 : 78-84.
- Sarita N., Moharil M.P., Ghodki B.S., Lande G.K., Bisane K.D., Thakare A.S. & Barkhade U.P., 2010.** Biochemical analysis and synergistic suppression of indoxacarb resistance in *Plutella xylostella* L. *J. Asia-Pacific Entomol.* 13 (2) : 91–95.
- Saxena R.C., Liquido N.J. & Justo J.R., 1981.** Neem oil: a potential antifeedant for the control of the rice brown plant hopper, *Nilaparvata lugens*, *Proc. I. International Neem Conference*. 171-188 pp.
- Sayah F., Fayet C., Idaomar M. & Karlinsky A., 1996.** Effect of azadirachtin on vitellogenesis of *Labidura riparia* (Insecta, Dermaptera). *Tissue. Cell.* 28: 741-749.
- Sayah F., 2002.** Ultrastructural changes in the corpus allatum after azadirachtin and 20-hydroxyecdysone treatment in adult females of *Labidura riparia* (Dermaptera). *Tissue. Cell.* 34 (2): 53-62.
- Sayed A.H., Ahmad M. & Saleem M.A., 2008.** Cross-resistance and genetics of resistance to indoxacarb in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 101(2): 472-9.
- Schal C., Gautier J.Y. & William J.B., 1984.** Behavioural ecology of cockroaches. *Biol. Rev.* 59: 209-254.
- Schal C. & Bell W.J., 1986.** Vertical community structure and resource utilization in neotropical forest cockroaches. *Ecol. Entomol.* 11 : 411-423.
- Schal C., Holbrook G.L., Bachmann J.A.S. & Sevala V.L., 1997.** Reproductive biology of the German cockroach, *Blattella germanica*: juvenile hormone as a pleiotropic master regulator. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 35: 405-426.
- Scharf M.E., Kaakeh W. & Bennett G.W., 1997.** Changes in an insecticide - resistant field population of German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*) after exposure to an insecticide mixture. *J. Econ. Entomol.* 90: 38 - 48
- Scharf M.E., Neal J.J. & Bennett G.W., 1998.** Changes of insecticide resistance levels and detoxication enzymes following insecticide selection in the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pestic. Biochem. Physiol.* 59: 67–79.
- Scharrer B., 1987.** Insects as models in neuroendocrine research. *Annu. Rev. Entomol.* 32 : 1-16.
- Scherer E., 1992.** Behavioural responses as indicators of environmental alteration: approaches, results, developments. *J. Appl. Ichtyol.* 8 : 122-131.
- Schmutterer H., 1990.** Properties and potential of natural pesticides from the Neemtree, *Azadiracta indica*. *Annl. Rev. Entomol.* 35: 271-297.

- Schmutterer H. & Singh R.P., 1995.** List of insect pests susceptible to neem products. In: Schmutterer, H. (Ed.), *The Neem Tree Azadirachta indica A. Juss. and other Meliaceae Plants*. VHC, Weinheim, pp. 696.
- Schmutterer H., 1997.** Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. *J. Appl. Entomol.* 121: 121-128.
- Schneider M.I., Smaghe G., Gobbi A. & Viñuela E., 2003.** Toxicity and pharmacokinetics of insect growth regulators and other novel insecticides on pupae of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of early larval instars of Lepidopteran pests. *J. Econ. Entomol.* 96 : 1054-1065.
- Schneider M.I., Smaghe G., Peneda S. & Viñuela E., 2004.** Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. *Biological Control.* 31 : 189-198.
- Scott J.G., 1999.** Cytochrome P450 and insecticide resistance. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 29: 757 - 777.
- Seljansen R. & Meadow R., 2006.** Effects of neem on oviposition and egg and larval development of *Mamestra brassicae* L: dose response, residual activity, repellent effect and systemic activity in cabbage plants. *Crop Prot.* 25: 338-345.
- Senthil Nathan S., Chung P.G. & Murugan K., 2004.** Effect of botanicals and bacterial toxin on the gut enzyme of *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica.* 32 : 433-443.
- Senthil Nathan S., Kalaivani K., Murugan K. & Chung P.G., 2005.** The toxicity and physiological effect of neem limonoids on *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) the rice leaf folder. *Pestic. Biochem. Physiol.* 81 : 113-122.
- Senthil Nathan S., Kalaivani K. & Murugan K., 2006.** Effect of biopesticides on the lactate dehydrogenase (LDH) of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guinée) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). *Ecotox. Environ. Safety.* 65 : 102-107.
- Senthil Nathan S., Choi M.Y.B., Paik C.H., Seo H.Y. & Kalaivani K., 2008.** Toxicity and physiological effects of neem pesticides applied to rice on the *Nilaparvata lugens* Stal, the brown planthopper. *Ecotox. Environ. Safety.* 72 : 1707-1713.
- Seth R.K., Rao D.K. & Reynolds S.E., 2002.** Movement of spermatozoa in the reproductive tract of adult male *Spodoptera litura*: daily rhythm of sperm descent and the effect of light regime on male reproduction. *J. Insect Physiol.* 48 : 119-131.
- Shafeek A., Jaya Prasanthi R.P., Hariprasad Reddy G., Chetty C.S. & Rajarami Reddy G., 2004.** Alterations in acetylcholinesterase and electrical activity in the nervous system of cockroach exposed to the neem derivative, azadirachtin. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 59: 205-208.
- Shakeet P. & Bakshi S., 2010.** Biochemical alterations in the gonads of *Chrotogonus trachypterus* (Blanchard) treated with sub-lethal dose of Monocrotophos. *J. Life. Sci.* 2(2) : 107-115.
- Sharma D.K. & Ansari B.A., 2011.** Effect of Deltamethrin and a neem-based pesticide Achook on some biochemical parameters in tissues liver, ovary and muscle of zebrafish, *Danio rerio* (Cyprinidae). *Res. J. Chem. Sci.* 1: 125-134.
- Shelford R., 1906a.** Studies of the Blattidae. *Roy. Ent. Soc. Lond. Trans.* 1906: 231-280.
- Shelford R., 1906b.** Viviparity among the Blattidae. *Ent. Soc. Lond. Trans.* 1906: 509-514.
- Shelford R., 1912.** The ootheca of Blattidae. *Ent. Rec.* 24: 283-287.

- Shibko S., Koivistoinen P., Tratnyneck C., New Hall. & Feidman L., 1966.** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analyt. Biochem.* 19 : 415-528.
- Shuyler H.R., 1956.** Are German and Oriental Cockroaches changing their habits? *Pest. Control.* 24 (9) : 9-10.
- Siegfried B.D. & Scharf M.E., 2001.** Mechanisms of organophosphate resistance in insects. In: Ishaaya I. (Eds.). Biochemical sites of insecticide action and resistance. *Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.* 269-291.
- Sifi K., 2002.** Evaluation de l'effet d'un xénobiotique, l'acide borique sur la structure du tube digestif, l'inhibition d'un site cible, l'acétylcholinestérase et l'activité d'une enzyme de détoxification, la lactate déshydrogénase chez *Blattella germanica*. Thèse de magister. Option écotoxicologie Université d'Annaba.p 82.
- Sifi K., 2009.** Biosurveillance de la qualité des eaux du Golfe d'Annaba : croissance, composition biochimique et dosage de biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus* (Mollusque, Bivalve). Thèse de Doctorat. Université d'Annaba. 229p.
- Silbergeled E.K., 1993.** Neurochemical approaches as indicators of environmental biochemical markers of neurotoxicity: Review of current status and evaluation of future prospects. *Environ. Res.* 63 : 274-286.
- Singh D.D. & Agarwal R.A., 1983.** *In vitro* and *In vivo* studies on synergism with acetylcholinesterase pesticides in the snail *Lymnaea acuminata*. *Arch Environ. Contam. Toxicol.* 12: 483 - 487.
- Singh S.K., Singh S.K. & Yadav R.P., 2010.** Toxicological and Biochemical alterations of Cypermethrin (Synthetic Pyrethroids) against Freshwater Teleost fish *Colisa fasciatus* at different season. *World. J. Zool.* 5(1) : 25-32.
- Sirugue D., 1992.** Comportement sexuel et hierarchie chez *Leucophaea maderae* et *Nauphoeta cinerea* (Dictyoptera, Blaberidae). Identification et rôle des phéromones sexuelles mâles. Thèse de Doctorat. U. F. R. Science de la vie, Université de Bourgogne, France.
- Smaghe G., & Degheele D., 1992.** Effect of nonsteroidal ecdysteroid agonist RH-5849 on reproduction of *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae). *Parasitica.* 48 : 23 -29.
- Smaghe G. & Degheele D. 1994.** Action of a nonsteroidal ecdysteroid mimic RH-5849 on larval development and reproduction of insects of different orders. *Invert. Reprod. Develop.* 25 : 227 - 236.
- Smaghe G., Jacas J.A., Delestal P., Vinuela E. & Degheele D., 1996.** Tebufenozide: Effets of a nonsteroidal ecdysone agonist in the oriental cockroach *Blatta orientalis*. *Parasitica.* 52(2): 53-58.
- Smirle M.J., Lowery D.T. & Zurowski C.L., 1996.** Influence of neem oil on detoxication enzyme activity in the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 56 : 220-230.
- Smith S.L., 1985.** Regulation of ecdysteroid titer synthesis. In: Kerkut G.A. & Gilbert L.I., (eds). *Comp. Insect. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 77 : 295-341. Pergamon Press.
- Soderlund D.M., 1997.** Molecular mechanisms of insecticide resistance. In *situ* V (Ed). Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals, Chemistry of plant



- protection. Springer, Berlin Heidelberg New York. 13: 21-56.
- Sohail A., Wilkins R.M. & Mantel D., 1998.** Comparison of proteolytic enzyme activities in adults of insecticide resistant and susceptible strains of the housefly *M. domestica* (L.). *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 28 : 629-639.
- Soltani N., Soltani-Mazouni N., Quennedy A. & Delachambre J., 1996.** Protein synthesis in developing ovaries of mealworm under *in vitro* and *in vivo* conditions : Effects of Diflubenzuron. *J. Stored. Prod. Res.* 32 (3) : 205-212.
- Soltani N., Pitoizet N., Soltani-Mazouni N., Delachambre J. & Delbecq J.P., 1997.** Activity of an anti-ecdysteroid compound (KK-42) on ovarian development and ecdysteroid secretion in mealworm. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 62(2) : 531-537.
- Soltani N., Smagghe G. & Soltani-Mazouni N., 1998.** Evaluation of the ecdysteroid agonist RH-0345 on the hormonal production by integumental explants and ovaries in mealworms. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 63(2) : 547-554.
- Soltani N., Aribi N., Berghiche H., Lakbar S. & Smagghe G., 2002.** Activity of RH-0345 on ecdysteroid production and cuticle secretion in *Tenebrio molitor* pupae *in vivo* and *in vitro*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 72 : 83-90.
- Soltani N., Chouahda S. & Smagghe G., 2008.** Evaluation of halofenozide against prey mosquito larvae *Culex pipiens* and the predator fish *Gambusia affinis*: impact on growth and enzymatic activity. *Comm. Appl. Biol. Ghent University*, 73(3) : 659-666.
- Soltani-Mazouni N., 1994.** Effets d'un régulateur de croissance, le Diflubenzuron, sur la reproduction de *Tenebrio molitor* (L.) : Aspects biologique, biométrique, structurale et biochimique. Thèse Doc. Univ. Annaba. Algérie.
- Soltani-Mazouni N. & Soltani N., 1995.** Effets du Diflubenzuron en traitement *in vivo* et *in vitro* sur la morphométrie de l'ovaire de *Tenebrio molitor*. *Med. Fac. Landbow. Univ. Gent.* 60 (35) : 961-967.
- Soltani-Mazouni N., Taïbi F., Berghiche H., Smagghe G. & Soltani N., 2001.** RH-0345 restored partly the effects induced by KK-42 on reproductive events in mealworms. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 66(2a) : 437-444.
- Soltani-Mazouni N., Hami M. & Gramdi H., 2012.** Sublethal effects of methoxyfenozide on reproduction of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller. *Inv. Rep. Dev.* 56(2) : 157-163.
- Souissi S., Forget-Leray J., Budzinski H., Dauvin J.C., Schmitt F. G., Hwang J.S. & Eunmi Lee C., 2008.** Synthèse des travaux réalisés sur le modèle biologique *Eurytemora affinis* dans Seine-Aval 3. UMR CNRS 8187 LOG. 49 + 45, Rapport Seine-Aval.
- Stark J., Vargas R.I. & Thalman R.K., 1990.** Azadirachtin: effects on metamorphosis, longevity and reproduction of three tephritid fruit fly species. *J. Econ. Entomol.* 83 : 2168-2174.
- Strong C. A., Koehler P. G. & Patterson R. S., 1993.** Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*). *J. Econ. Entomol.* 86 (5): 1458 - 1463
- Sturn A., Worgam J., Segner H. & Liess M., 2000.** Different sensitivity to organophosphate of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase from three-spined stickleback (*Gasterosteus vaculeatus*). Application on biomonitoring. *Environ. Toxicol. Chem.* 19 : 1607-1617.
- Sue M., Mikawa T., Ueda T., Nomoto Y. & Miyamoto T., 2006.** A novel function of

- housefly glutathione S-transferase 6B- Its effect on the retention and increase of insecticidal activity of the insecticide prothiofos. *J. Pestic. Sci.* 31(2) : 139-145.
- Sun C.N., Huang S.Y., Hu N.T. & Chung W.Y., 2001.** Glutathione-S- transferases and insect resistance to insecticides. *National chang- hsing university, Taichung, Taiwan 40227, Republic of China*, pp: 254-269.
- Swaroop S., 1957.** Statistical methods for malaria eradication programs (World Health Organisation). *Geneva. Switzrland*.
- Swaroop S. & Vemura K., 1966.** Probit analysis (World Health Organisation). *Geneva. Switzrland*.
- Taibi F., Smagghe G., Amrani L. & Soltani-Mazouni N., 2003.** Effect of ecdysone agonist RH-0345 on reproduction of mealworm, *Tenebrio molitor*. *Comp. Biochem. Physiol.* 135C: 257-267.
- Takegawa H. & Takahashi S., 1990.** Allomonal secretion in six species of Genera *Periplaneta* and *Blatta* (Dictyoptera, Blattidae). *Appl. Entomol. Zool.* 24 : 435-440.
- Tang Y.Q., Weathersbee A.A. & Mayer R.T., 2002.** Effects of neem seed extract on the brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 31: 172-176.
- Taylor M. & Feyereisen R., 1996.** Molecular biology and evolution of resistance to toxicants. *Molec. Biol. Evol.* 13: 719 - 734.
- Telle H.J., 1970.** Difficulties in controlling *B. germanica* and *B. orientalis* in hospitals in Niedersachsen, *Germany*. *Z. Angew. Ent.* 66 : 291-294.
- Tomé H.V.V., Martins J.C., Corrêa A.S., Galdino T.V.S., Picanço M.C. & Guedes R.N.C., 2013.** Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Crop Protection.* 46: 63-69.
- Thompson G. & Hutchins S., 1999.** Spinosad. *Pestic. Outlook.* 10 : 78-81.
- Thompson G.D., Dutton R. & Sparks T.C., 2000.** Spinosad a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest. Manag. Sci.* 56: 696-702.
- Thompson G.D. & Sparks T.C., 2002.** Spinosad: a green natural product for insect control. In: Lankey, R.L., Anastas, P.T. (Eds.), *Advancing Sustainability through Green Chemistry and Engineering*. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 61-73.
- Timmins W.A. & Reynolds S.E., 1992.** Azadirachtin inhibits secretion of trypsin in midgut of *Manduca sexta* caterpillars: reduced growth due to the impaired protein digestion. *Entomol. Exp. Applic.* 63 : 47-54.
- Tine-Djebbar F. & Soltani N., 2008.** Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata*: analyses morphométrique, biochimique et énergétique. *Synthèse.* 18: 23-34.
- Todorova-Todorova T., 2007.** Glutathione S-transferases and oxidative stress in *Saccharomyces cerevisiae*. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université de Louis Pasteur, Strasbourg et de l'Université de Sofia St. Kliment Ohridski. 160p.
- Tomita T., Hidoh O. & Kono Y., 2000.** Absence of protein polymorphism attributable to insecticide-insensitivity of acetylcholinesterase in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps*. *Insect. Biochem. Molec. Biol.* 30: 325 - 333.
- Tripathie P.K. & Singh A., 2003.** Toxic effects of dimethoate and carbaryl pesticides on protein metabolism of the freshwater snail *Lymnaea acuminata*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 70 : 146-152.
- Trisyono A. & Whalon M.E., 1999.** Toxicity of neem applied alone and in combinations

- with *Bacillus thuringiensis* to colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 92 : 1281-1288.
- Valles S.M. & Yu S.J., 1996.** Detection and Biochemical Characterization of Insecticide Resistance in the **German cockroach** (*Dictyoptera: Blattellidae*). *J. Econ. Entomol.* 89(1) : 21 - 26.
- Valles S.M., 1998.** Stage dependant bendiocarb tolerance in German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*). *J. Entomol. Sci.* 33(3) : 313-315.
- Valles S.M., Koehler P.G. & Brenner R.J., 1999.** Comparative insecticide susceptibility and detoxification enzyme activities among pestiferous Blattodea. *Comp. Biochem. Physiol.* 124: 227-232.
- Valles S.M., Dong K. & Brenner R.J., 2000.** Mechanisms responsible for cypermethrin resistance in a strain of German cockroach, *Blattella germanica*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 66: 195-205.
- Van Hensden H.C. & Law J.H., 1989.** An insect transport particule promotes lipid loading from fat body to lipoprotein. *J. Biol. Chem.* 264 : 17287-17292.
- Varanka I., 1968.** Biochemical investigation of cholinesterase in the central nervous system of *Lymnaea stagnalis* L. (Gastropoda). *Annal. Biol. Tlhan.* 35: 93 - 107.
- Varo I., Navarro J.C., Amat F. & Guilhermino L., 2001.** Characterization of cholinesterases and evaluation of the inhibitory potential of chlorpyrifos and dichlorvos to *Artemia salina* and *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere.* 48 : 563-569.
- Vimard A., 2000.** Les relations mère-jeunes chez *Schultesia nitor* (Blattaria : Blaberidae : Zetoborinae). D.E.A en Biologie du comportement. Université Paris-Nord, France.
- Vinuela E., Adan A., Smagghe G., Gonzalez M., Medina M.P., Budia F., Vogt H. & Del Estel P., 2000.** Laboratory effects on ingestion of azadirachtin by two pests (*Ceratitis capitata* and *Spodoptera exigua*) and three natural enemies (*Chrysoperla carnea*, *Opius concolor* and *Podisus maculiventris*). *Biocontrol Sci. Tech.* 10 : 165-177.
- Vontas J.G., Enayati A.A., Small G.J. & Hemingway J., 2000.** A simple biochemical assay for Glutathion- S - transferase activity and its possible field application for screening Glutathione-S-transferase based insecticide resistance. *Pest. Biochem. Physiol.* 68: 184 - 192
- Vontas J.G., Hejazi M.J., Hawkes N.J. Cosmidis N., Loukas M. & Hemingway J., 2002.** Resistance-associated point mutations of organophosphate insensitive acetylcholinesterase, in the olive fruit fly *Bactrocera oleae*. *Insect. Mol. Biol.* 11: 329-336.
- Voss G., 1980.** Cholinesterase autoanalysis: a rapid method for biochemical studies on susceptible and resistant insects. *J. Econ. Entomol.* 73 : 189-192.
- Vosseler J., 1902.** Beitrage zur Faunistik und Biologie der Orthopteren Algeriens und Tunisiens. *Zool. Jahrb. Syst.*, XVI., p : 337-404, XVII, p : 1-98, p : 17-18 et 1-2.
- Walsh S.B., Dolden T.A., Moores G.D., Kristensen M., Lewis T., Devonshire A.L. & Williamson M.S., 2001.** Identification and characterization of mutation in housefly (*Musca domestica*) acetylcholinesterase involved in insecticide resistance. *Bioch. J.* 359 : 175-181.
- Walter E.V., 1918.** Experiments on cockroach control. *J. Econ. Entomol.* 11: 424 - 429.
- Wanner K.W., Helson B.V. & Harris B.J., 2000.** Laboratory and field evaluation of spinosad against the gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Pest. Manage. Sci.* 56 : 855-860.
- Wang SF., Zhu J., Martin D., Raikhel AS., 2004.** Regulation of vitellogenin gene

- expression by ecdysteroids. In: Reproductive Biology of Invertebrates, Vol. 12, Part B: Progress in Vitellogenesis, A.S. Raikhel and T. W. Sappington (Eds), Science Publishers, Enfield, USA/Plymouth, UK. pp. 69-94.
- Wang X.G., Jarjees E.A., McGraw B.K., Bokonon-Ganta A.H., Messing R.H., Johnson M.W., 2005.** Effects of spinosad based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids. *Biological Control*. 35: 155-162.
- Wang D., Qiu X., Ren X., Niu F. & Wang K., 2009.** Resistance selection and biochemical characterization of spinosad resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 95: 90-94.
- Watson G.B. & Salgado V.L., 2001.** Maintenance of GABA receptor function of small-diameter cockroach neurons by adenine nucleotides. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 31 : 207-212.
- Wattiez C. & Beys B., 1999.** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. *Pest. Action Network (Pan) Belg.* 12p.
- Weckberker G. & Cory J.G., 1988.** Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione-depleted mouse leukemia 1210 cells *in vitro*. *Cancer letters*. 40: 257-264.
- Wei Y., Appel A.G., Moar W.J. & Liu N., 2001.** Pyrethroid resistance in the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pest. Manag. Sci.* 57 : 1055-1059.
- Werner F., 1914.** Ergebnisse einer von Prof. Werner in Sommer 1910 mit Unterstützung der legation Wedl ausgeführten zoologischen Forschungsreise nach Algerien. III. Orthopteren. S. B. Ak. Wiss. Wien., CXXIII., P : 363-404.
- Wiens A.W. & Gilbert T., 1968.** Regulation of carbohydrate mobilization and utilization in *Leucophaea maderae*. *J. Insect. Physiol.* 13 : 779 -794.
- Williams T., Cisneros J., Penagos D.I., Valle J. & Tamez-Guerra P., 2004.** Ultralow rates of spinosad in phagostimulant granules provide control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *J. Econ. Entomol.* 97 : 422-428.
- Wing D.K., Slawechi R.A. & Carlson G.R., 1988.** RH 5849, a non steroidal ecdysone agonists: effects on larval Lepidoptera. *Sci.* 244 : 470-472.
- Wing D.K., Sacher M., Kagaya Y., Tsurubuchi Y., Mulderig L., Connair M. & Schnee M., 2000.** Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects. *Crop Prot.* 19: 537-545.
- Wing D.K., Andaloro J.T., McCann S.F., Salgado V.L., 2005.** Indoxacarb and the sodium channel blocker insecticides: chemistry, physiology and biology in insects. In: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS (eds) *Comprehensive insect science*. Insect control, vol 6. Elsevier B.V., Amsterdam, pp 30-53
- Winston G.W. & Di Giulio R.T., 1991.** Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms. *Aqua. Toxicol.* 19 : 137-161.
- Wright C.G., 1965.** Identification and occurrence of cockroaches in dwellings and business establishments in N. Carolina. *J. Econ. Ent.* 58(5) : 1032-1033.
- Wright C.G. & Mc Daniel H.C., 1969.** Abundance and habitat of five species of cockroaches on a permanent military base. *J. E. Ent.* 64(2) : 457-459.
- Wright C.G. & Mc Daniel H.C., 1973.** Further evaluation of the abundance and habitat of five species of cockroaches on a permanent military base. *Florida. Ent.* 56(3) : 251-254.
- Wright C.G. & Hillman R.C., 1973.** German cockroaches: efficacy of chlorpyrifos spray and dust, and boric acid powder. *J. Econ. Ent.* 66(5): 1075-1076.

- Wutting U., Baier U. & Penzlin H., 1991.** The effects of diflubenzuron (Dimilin) on the ecdysteroid titer and neuronal activity of (L.). *Pestic. Biochem. Physiol.* 39: 8-19.
- Ya C.D., Liang C.H. & WeiFang Y., 2009.** Sun Jun Relationship between the activities of glutathione S-transferase and acetylcholinesterase of *Blattella germanica* and its resistance. *Chin. J. Vector. Biol. Control* . 20 (6) : 522-524.
- Yu B.P., 1994.** Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol. Rev.* 74: 139 - 162.
- Yu S. J. & Abo-Elghar G. E., 2000.** Allelochemicals as inhibitors of Glutathion -S-transferase in the fall armyworm, *Periplaneta americana*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 68: 173 - 183.
- Yu S.J., 2004.** Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 80 : 113.
- Zahradnik G. & Severa J., 1984.** Guide des insectes. Adaptation française par Kahn S., et Millien G., *Edition Hater*, 318 p.
- Zaidi N. & Soltani N., 2011.** Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis*: Chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biol. Contr.* 59: 106-113.
- Zehnalek J., Adam V. & Kizek R., 2004.** Influence of heavy metals on production of protecting compounds in agriculture plants. *Lis. Cukrov. Reparske.* 120: 222 - 224.
- Zhou J., Wang W.N., Wang A.L., He W.Y., Zhou Q.T., Liu Y. & Xu J., 2009.** Glutathione-S-transferase in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*: characterization and regulation under pH stress. *Comp. Biochem. Physiol.* 150 (2) : 224-230.
- Zhu K.Y., Dowdy A.K. & Barker J.E., 1999.** Detection of single - base substitution in an esterase gene and its linkage to malathion resistance in parasitoid *Anisoptromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Pest. Scie.* 55: 398 - 404.
- Zhu Y.C., Snodrass G.L. & Chen M.S., 2007.** Comparative study on glutathione S-transferase activity, cDNA, and gene expression between malathion susceptible and resistant strains of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. *Pest. Biochem. Physiol.* 87 : 62-72.
- Zurek L., Wes Watson D. & Schal C., 2002.** Synergism between *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) and boric acid against the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Biol. Control.* 23 : 296-302.

Clés de déterminations

**Clé de détermination des Blattes adultes (Cornwell, 1968)**

1. Petite blatte, 15 mm de long au moins, tegmina inclus..... 2
2. Pronotum avec deux bandes noires longitudinales. ....3
3. Face sans ligne noire entre les yeux s'étendant jusqu'à la bouche... *Blattella germanica*.
4. Grande blatte, 15-55mm tegmina inclus.....5
5. Tegmina entièrement plus court que l'abdomen. ....6
6. Tegmina recouvrant entièrement métathorax. ....7
7. Pronotum de couleur uniforme, ou avec des bords latéraux pâles.....8
8. Mâle seul, pronotum entièrement uniforme dans la couleur..... *Blatta orientalis*.

**Clé des Oothèques**

1. Oothèque avec segmentation sur la face ventrale longueur moins que 6-7mm.....2
- oothèque sans segmentation sur la face ventrale longueur plus que 6-7mm.....3
2. Avec 16-20 segments, longueur de l'oothèque est deux fois plus que la largeur  
.....*Blattella germanica*
3. Le côté de l'oothèque avec 8-9 surfaces soulevées juste au dessous de la crête....4

4. Surface soulevée au-dessous nettement circulaire ..... *Blatta orientalis*

**Clé des Genres (Chopard, 1943)**

1. Elytre plus courts que l'abdomen chez le mâle, lobiformes, latéraux chez les femelles.....*Blatta.*
2. Elytres assez longs que l'abdomen dans les deux sexes.....3
3. Elytre semblables dans les deux sexes ; plaque suranale du mâle longuement prolongée.....*Blattella*