



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار-عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUEE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

**Spécialité :** Biologie Animale et Environnementale  
**Option :** Reproduction & Développement

### Intitulé

**Contribution à l'étude de la Biologie de la Reproduction de deux espèces de Myriapodes Chilopodes *Scolopendra morsitans* et *Eupolybothrus nudicornis* (Dynamique des lipides et des protéines durant la maturation des gonades)**

Présentée par

M<sup>me</sup> SOUCHA-DIF Meriem

Devant un jury composé de :

|                      |                    |                                     |
|----------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Pr. T. DAAS          | Président          | Université Badji Mokhtar - Annaba   |
| Pr. O. DAAS-MAAMCHA  | Directeur de thèse | Université Badji Mokhtar - Annaba   |
| Pr. M. HOUHAMDI      | Examineur          | Université 8 Mai 1945 - Guelma      |
| Pr. H. NASRI         | Examineur          | Université Chadli Bendjedid-El Tarf |
| Dr. L. KIRANE-AMRANI | Examineur          | Université Badji Mokhtar - Annaba   |

Année universitaire : 2015/2016

## *Dédicaces*

Une pensée émue à mon père, c'est pour toi, et grâce à toi que j'ai fait ce parcours et je regrette de ne pas t'avoir parmi nous en ce moment tant attendu. J'espère que tu sois fière de moi là où tu es, dans mon cœur et mon esprit en toute circonstance

A ma très chère mère, Sans elle rien n'aurait pu être fait

A mon mari Hichem qui m'a toujours soutenu,

A mon enfant : Mohamed

A mes frères Ali et Athman, à Mes sœurs Hassina, Halima, et Rokaia

sans oublier Hadjer et sa mère Salima

à toutes ma famille SOUCHA

A ma belle famille DIF,

A toutes mes amies et mes collègues.

## ***Remerciements***

Je remercie avant tous **Dieu** le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes les longues années d'étude afin que je puisse arriver là.

En premier lieu, je tiens à remercier Monsieur Professeur **Tarek DAAS** pour sa grande disponibilité, son aide tout au long de ce travail doctoral et pour avoir bien voulu me faire l'honneur de présider ce jury.

Ma reconnaissance, ma vive gratitude et mes sincères remerciements vont aussi à Madame le Professeur **Ouided DAAS-MAAMCHA**, ma directrice de thèse, pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant d'orienter ce travail, pour ses multiples conseils, pour toutes les heures qu'elle a consacré à diriger cette recherche, ainsi que pour ses multiples encouragements.

Je tiens à remercier **Mr HOUHAMDI Moussa**, Professeur à l'Université de Guelma pour avoir accepté de juger ce travail et participer à ce jury en qualité d'examineur.

Ces mêmes remerciements s'adressent à **Mr NASRI Hichem**, Professeur à l'Université d'El-Tarf, et **M<sup>me</sup> KIRANE-AMRANI Leila**, Maitre de Conférences A, à l'Université d'Annaba pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse et de juger ce travail.

Merci à l'ensemble de ce jury pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail mais aussi pour avoir fait le déplacement pour m'encourager à le soutenir et faire partager vos conseils et vos réflexions sur ce travail.

Toute ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements vont à Monsieur le Professeur **N. Soltani**, directeur du Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée pour m'avoir accueillie et ouvert les portes de son Laboratoire.

J'associe à mes remerciements tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de cette thèse et plus particulièrement **Mlle. SNANI Meriem** qui m'a beaucoup aidé et soutenue.

## Liste des figures

| Figure | Titre   | Page |
|--------|---|------|
| 1      | Localisation géographique des trois sites d'étude.  | 15   |
| 2      | Diversité et rôles de la faune du sol (Cluzeau, 2006).  | 22   |
| 3      | Représentation schématique du protocole d'échantillonnage (Houd, 2013).   | 25   |
| 4      | Présentation du piège Barber (Freyssinel, 2007).  | 25   |
| 5      | Systématique des Myriapodes (Reimers, 2003).  | 26   |
| 6      | Présentation de quelques groupes de Myriapodes (Anonyme, 2006).   | 27   |
| 7      | Vue générale du corps d'une <i>Lithobie</i> (Beaumont et Cassier, 2000).  | 29   |
| 8      | <i>Lithobius forficatus</i> (Iorio, 2010).  | 29   |
| 9      | Scolopendre morsitans (Soucha, 2013).   | 30   |
| 10     | <i>Pachymerium ferrugineum</i> (Iorio, 2010).   | 30   |
| 11     | <i>Scutigera coleoptrata</i> (Iorio, 2010).   | 31   |
| 12     | aspect morphologique d' <i>Eupolybothrus nudicornis</i> (Daas, 2005).   | 34   |
| 13     | Aspect morphologique de <i>Scolopendra morsitans</i> (Soucha, 2013).  | 36   |
| 14     | Formation de couples chez les lithobies (Demange, 1981)   | 40   |
| 15     | Illustration du cycle de développement de <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> (Chilopoda, Lithobiidés) (Daas, 2002).  | 43   |
| 16     | Extrémité abdominale ventrale femelle (A) et mâle (B) d'une lithobie (Iorio, 2002a).  | 44   |
| 17     | Caractères sexuels secondaires d'une lithobie mâle et femelle (Iorio, 2002b).   | 45   |
| 18     | Structure chimique de RH-0345.  | 45   |
| 19     | Aspect de l'ovaire après microdissection (A : <i>scolopendra morsitans</i> ; B : <i>Eupolybothrus nudicornis</i> ).   | 46   |
| 20     | Aspect du testicule après microdissection (A : <i>scolopendra morsitans</i> ; B : <i>Eupolybothrus nudicornis</i> ).  | 47   |
| 21     | Extraction et Dosage des métabolites selon Schibko <i>et al.</i> 1966.  | 48   |
| 22     | Extraction et dosage des vitéllogénines et des vitellines (Fabre <i>et al.</i> , 1990).   | 51   |
| 23     | Principales étapes d'extraction des acides nucléiques : ARN, ADN selon Shibko <i>et al.</i> , (1966).   | 54   |
| 24     | Mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants (Descamps, 2004).   | 57   |
| 25     | Évaluation du pH en fonction des sites durant les deux saisons de reproduction.   | 64   |
| 26     | Évaluation de la composition granulométrique du sol des trois sites d'étude durant les deux saisons de reproduction.  | 65   |
| 27     | Les différentes espèces de Myriapodes identifiées dans les trois sites d'étude pendant les deux saisons de reproduction.  | 66   |
| 28     | Évaluation du nombre d'ovocytes chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.           | 69   |
| 29     | Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude. | 71   |
| 30     | Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S.</i>   | 73   |

|    |   |     |
|----|---|-----|
|    | <i>morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.  |     |
| 31 | Évaluation du volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.                | 74  |
| 32 | Évaluation de l'indice gonadique chez les femelles d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude.                         | 76  |
| 33 | Évaluation du nombre d'ovocytes chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.                                     | 78  |
| 34 | Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.                           | 80  |
| 35 | Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.                            | 82  |
| 36 | Évaluation du volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude                   | 84  |
| 37 | Évaluation de l'indice gonadique chez les femelles d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude.                           | 86  |
| 38 | Variation du taux de protéines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                     | 88  |
| 39 | Variation du taux de protéines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                       | 90  |
| 40 | Variation du taux de protéines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                      | 93  |
| 41 | Variation du taux de protéines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                      | 95  |
| 42 | Variation du taux en lipides (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                       | 98  |
| 43 | Variation du taux en lipides (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                         | 100 |
| 44 | Variation du taux en lipides (µg/mg de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                        | 103 |
| 45 | Variation du taux en lipides (µg/mg de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5).                          | 105 |
| 46 | Évaluation des concentrations en vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m ± s, n=5). | 108 |
| 47 | Évaluation des concentrations en vitellogénines (µg/mg d'hémolymphe) chez   | 110 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
|    | les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   |     |
| 48 | Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                       | 113 |
| 49 | Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                         | 115 |
| 50 | Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                  | 118 |
| 51 | Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                    | 120 |
| 52 | Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                   | 123 |
| 53 | Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                     | 125 |
| 54 | Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 128 |
| 55 | Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 130 |
| 56 | Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 133 |
| 57 | Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 135 |
| 58 | Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 138 |
| 59 | Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 140 |
| 60 | Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) dans les gonades de <i>S. morsitans</i> chez les deux sexes récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                   | 143 |
| 61 | Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 145 |
| 62 | Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) entre les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ). | 149 |
| 63 | Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) entre les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 151 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 64 | Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) entre les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ). | 153 |
| 65 | Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) entre les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 155 |
| 66 | Comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ). | 159 |
| 67 | Comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 161 |
| 68 | Comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | 163 |
| 69 | Comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).    | 165 |
| 70 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                               | 168 |
| 71 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                  | 170 |
| 72 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                 | 172 |
| 73 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                    | 174 |
| 74 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                | 176 |
| 75 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                   | 178 |
| 76 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                  | 180 |
| 77 | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                     | 182 |
| 78 | Coupe histologique de l'ovaire de <i>E. nudicornis</i> provenant de Dréan (site sain) illustrant les différentes phases de la vitellogenèse.  | 184 |
| 79 | Coupe histologique de l'ovaire de <i>E. nudicornis</i> provenant de Dréan (site sain) montrant un ovocyte mature.   | 185 |
| 80 | Coupe histologique illustrant la périphérie de l'ovocyte mature de <i>E. nudicornis</i> montrant l'épithélium folliculaire provenant de Dréan (site sain).  | 185 |
| 81 | Différentes phases de la vitellogenèse chez <i>E. nudicornis</i> au niveau du site de Sidi Amar   | 186 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 82 | Coupe histologique de l'ovaire de <i>E. nudicornis</i> provenant de Sidi Amar (site pollué) montrant un ovocyte mature   | 187 |
| 83 | Coupe histologique illustrant la périphérie de l'ovocyte mature de <i>E. nudicornis</i> montrant l'épithélium folliculaire provenant de Sidi Amar (site pollué).                         | 187 |
| 84 | Evaluation de la longueur et la largeur des ovocytes ( $\mu\text{m}$ ) d' <i>E. nudicornis</i> récoltés pendant la période de reproduction printanière au niveau des deux sites d'étude. | 188 |
| 85 | Evaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) des ovocytes matures des femelles de <i>E. nudicornis</i> durant la saison de reproduction printanière.                                | 189 |
| 86 | Evaluation de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire ( $\mu\text{m}$ ) de l'ovocyte mature chez <i>E. nudicornis</i> durant la saison de reproduction printanière.                     | 190 |

## Liste des tableaux

| Tableau   | Titre   | Page      |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | Dosage des protéines dans les gonades : réalisation de la gamme d'étalonnage.   | <b>49</b> |
| <b>2</b>  | Dosage des lipides dans les gonades : réalisation de la gamme d'étalonnage  | <b>49</b> |
| <b>3</b>  | Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification du taux d'ARN.  | <b>55</b> |
| <b>4</b>  | Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification du taux d'ADN.  | <b>55</b> |
| <b>5</b>  | Inventaire des espèces de Myriapodes identifiées par site au cours de l'année.  | <b>67</b> |
| <b>6</b>  | Évaluation du nombre d'ovocyte d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).   | <b>68</b> |
| <b>7</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du nombre d'ovocyte chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).       | <b>69</b> |
| <b>8</b>  | Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).  | <b>70</b> |
| <b>9</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la longueur ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5). | <b>71</b> |
| <b>10</b> | Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).   | <b>72</b> |
| <b>11</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la largeur ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).  | <b>73</b> |
| <b>12</b> | Évaluation du volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).   | <b>74</b> |
| <b>13</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du volume ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).      | <b>75</b> |
| <b>14</b> | Évaluation de l'indice gonadique chez les femelles d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).   | <b>76</b> |
| <b>15</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de l'indice gonadique chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).     | <b>77</b> |
| <b>16</b> | Évaluation du nombre des ovocytes d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i>   | <b>78</b> |

|    |  |    |
|----|--|----|
|    | récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  |    |
| 17 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du nombre d'ovocyte chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).             | 79 |
| 18 | Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 80 |
| 19 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la longueur ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).       | 81 |
| 20 | Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 82 |
| 21 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la largeur ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).        | 83 |
| 22 | Évaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) chez <i>E. nudicornis</i> et chez <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 84 |
| 23 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du volume ovocytaire chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).         | 85 |
| 24 | Évaluation de l'indice gonadique chez les femelles d' <i>E. nudicornis</i> et de <i>S. morsitans</i> récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 86 |
| 25 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de l'indice gonadique chez les deux espèces d' <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=4$ ).           | 87 |
| 26 | concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 88 |
| 27 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ). | 89 |
| 28 | concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 90 |
| 29 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 91 |
| 30 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E.</i>  | 92 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
|           | <i>nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   |            |
| <b>31</b> | concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | <b>93</b>  |
| <b>32</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                       | <b>94</b>  |
| <b>33</b> | concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | <b>95</b>  |
| <b>34</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                         | <b>96</b>  |
| <b>35</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ). | <b>97</b>  |
| <b>36</b> | concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | <b>98</b>  |
| <b>37</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipide ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                         | <b>99</b>  |
| <b>38</b> | concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | <b>100</b> |
| <b>39</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipide ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                           | <b>101</b> |
| <b>40</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de lipide ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | <b>102</b> |
| <b>41</b> | concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | <b>103</b> |
| <b>42</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                         | <b>104</b> |
| <b>43</b> | concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | <b>105</b> |
| <b>44</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonades) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites   | <b>106</b> |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
|           | d'étude (m±s, n=5).  |            |
| <b>45</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de lipide (µg/mg de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).             | <b>107</b> |
| <b>46</b> | concentration en vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).  | <b>108</b> |
| <b>47</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).           | <b>109</b> |
| <b>48</b> | concentration en vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).  | <b>110</b> |
| <b>49</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).             | <b>111</b> |
| <b>50</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5). | <b>112</b> |
| <b>51</b> | concentration en vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).   | <b>113</b> |
| <b>52</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).            | <b>114</b> |
| <b>53</b> | concentration en vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).   | <b>115</b> |
| <b>54</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).              | <b>116</b> |
| <b>55</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellogénines (µg/µl d'hémolymphe) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).  | <b>117</b> |
| <b>56</b> | concentration en vitellines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).   | <b>118</b> |
| <b>57</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).                  | <b>119</b> |
| <b>58</b> | concentration en vitellines (µg/mg de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude (m±s, n=5).   | <b>120</b> |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 59 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                 | 121 |
| 60 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonades) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ )                     | 122 |
| 61 | concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 123 |
| 62 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=4$ ).                                | 124 |
| 63 | concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 125 |
| 64 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                                  | 126 |
| 65 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des gonades de <i>S. morsitans</i> chez les deux sexes récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ). | 127 |
| 66 | Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 128 |
| 67 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 129 |
| 68 | Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 130 |
| 69 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 131 |
| 70 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                             | 132 |
| 71 | Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )   | 133 |
| 72 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 134 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 73 | Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | 135 |
| 74 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                          | 136 |
| 75 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 137 |
| 76 | Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 138 |
| 77 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés au printemps au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | 139 |
| 78 | Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) au niveau des gonades d' <i>E. nudicornis</i> chez les deux sexes récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).   | 140 |
| 79 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                         | 141 |
| 80 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes d' <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ). | 142 |
| 81 | Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | 143 |
| 82 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                        | 144 |
| 83 | Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | 145 |
| 84 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).                          | 146 |
| 85 | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de gonade) chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | 147 |
| 86 | Comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).                                     | 148 |
| 87 | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes  | 149 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
|            | mâles et femelles de <i>E.nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )  |            |
| <b>88</b>  | comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).   | <b>150</b> |
| <b>89</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )                                | <b>151</b> |
| <b>90</b>  | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles et mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ). | <b>152</b> |
| <b>91</b>  | comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | <b>153</b> |
| <b>92</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )                               | <b>154</b> |
| <b>93</b>  | comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | <b>155</b> |
| <b>94</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )                                 | <b>156</b> |
| <b>95</b>  | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles et mâles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ , $n=5$ ).  | <b>157</b> |
| <b>96</b>  | comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | <b>158</b> |
| <b>97</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )                                | <b>159</b> |
| <b>98</b>  | comparaison de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ ).  | <b>160</b> |
| <b>99</b>  | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ; $n=5$ )                                  | <b>161</b> |
| <b>100</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes femelles et mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltés en période de  | <b>162</b> |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
|            | reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5).  |            |
| <b>101</b> | comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).   | <b>163</b> |
| <b>102</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5)                             | <b>164</b> |
| <b>103</b> | comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).   | <b>165</b> |
| <b>104</b> | Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5)                               | <b>166</b> |
| <b>105</b> | Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles et mâles de <i>S. morsitans</i> récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude (m±s, n=5). | <b>167</b> |
| <b>106</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction printanière (m±s, n=5) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.   | <b>168</b> |
| <b>107</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>169</b> |
| <b>108</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction printanière (m±s, n=5) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.  | <b>170</b> |
| <b>109</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>171</b> |
| <b>110</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction automnale (m±s, n=5) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.   | <b>172</b> |
| <b>111</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>173</b> |
| <b>112</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de <i>E. nudicornis</i> récoltées en période de reproduction automnale (m±s, n=5) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.  | <b>174</b> |
| <b>113</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>E. nudicornis</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>175</b> |
| <b>114</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de   | <b>176</b> |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
|            | protéines) chez les adultes femelles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.  |            |
| <b>115</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>S. morsitans</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).   | <b>177</b> |
| <b>116</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ , $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.  | <b>178</b> |
| <b>117</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes mâles de <i>S. morsitans</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>179</b> |
| <b>118</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries. | <b>180</b> |
| <b>119</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de <i>S. morsitans</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).   | <b>181</b> |
| <b>120</b> | Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de <i>S. morsitans</i> récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ , $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.    | <b>182</b> |
| <b>121</b> | Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes mâles de <i>S. morsitans</i> : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).  | <b>183</b> |
| <b>122</b> | variations des paramètres morphométriques des ovocytes matures de <i>E. nudicornis</i>   | <b>188</b> |

# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Introduction</b> .....   | 01 |
| <b>2. Matériel et Méthodes</b>   |    |
| 2.1. Présentation des sites d'étude.....                                 | 13 |
| 2.1.1. Site de Dréan.....  | 13 |
| 2.1.2. Site de Guelma.....   | 13 |
| 2.1.3. Site d'Annaba.....  | 14 |
| 2.2. Analyse du sol des trois sites d'étude.....                         | 15 |
| 2.2.1. Détermination du pH.....  | 16 |
| 2.2.2. Granulométrie.....  | 16 |
| 2.3. Biodiversité de la faune du sol.....                                | 17 |
| 2.3.1. Catégories faunistique du sol.....                                | 17 |
| 2.3.2. Rôles de la pédofaune du sol.....                                 | 18 |
| 2.3.3. Groupes fonctionnels d'organismes du sol.....                     | 20 |
| 2.4. Les myriapodes dans le sol.....                                     | 23 |
| 2.4.1. Distribution.....   | 23 |
| 2.4.2. Densité des Myriapodes dans les différents sol.....               | 23 |
| 2.5. Impact des polluants du sol sur la biodiversité animale du sol..... | 24 |
| 2.6. Récolte du matériel biologique.....                                 | 24 |
| 2.6.1. Méthode d'échantillonnage.....                                    | 24 |
| 2.6.2. Conservation et Identification.....                               | 25 |
| 2.6.3. Biologie des Myriapodes.....                                      | 26 |
| 2.6.3.1. Aperçu sur la systématique de la classe des Myriapodes.....     | 26 |
| 2.6.3.2. Morphologie.....  | 26 |
| 2.6.3.3. Anatomie externe des Chilopodes.....                            | 27 |
| 2.6.3.4. Anatomie interne des Chilopodes.....                            | 31 |
| 2.7. Toxicité environnementale et expérimentale.....                     | 33 |
| 2.7.1. Présentation du matériel biologique.....                          | 33 |
| 2.7.1.1. <i>Eupolybothrus nudicornis</i> .....                           | 33 |
| 2.7.1.2. <i>Scolopendra morsitans</i> .....                              | 34 |
| 2.7.1.3. Reproduction et développement.....                              | 36 |
| 2.7.1.4. Distinction sexuelle.....                                       | 44 |
| 2.7.1.5. Technique d'élevage au laboratoire.....                         | 45 |
| 2.7.2. Traitement.....   | 45 |
| 2.7.2.1. Présentation de l'insecticide.....                              | 45 |

|  |    |
|--|----|
| 2.7.2.2. Dose de traitement.....   | 45 |
| 2.7.3. Prélèvement des tissus.....   | 46 |
| 2.8. Analyse biochimique.....  | 47 |
| 2.8.1. Extraction des métabolites contenus dans les gonades.....   | 47 |
| 2.8.2. Dosage des protéines.....   | 49 |
| 2.8.3. Dosage des lipides.....   | 49 |
| 2.8.4. Quantification des vitéllogénines et des vitellines.....  | 50 |
| 2.8.4.1. Prélèvement hémolympatique.....   | 50 |
| 2.8.4.2. Extraction des vitéllogénines et des vitellines.....  | 50 |
| 2.8.4.3. Dosage des vitéllogénines et des vitellines.....  | 50 |
| 2.8.5. Activité des acides nucléiques au cours de la reproduction et du développement.....   | 52 |
| 2.8.5.1. Extraction et dosage des acides nucléiques.....   | 52 |
| 2.8.5.2. Dosage de l'ADN.....  | 54 |
| 2.8.5.3. Dosage de l'ARN.....  | 54 |
| 2.9. Analyses écotoxicologique.....  | 55 |
| 2.9.1. Les systèmes de défense antioxydants.....   | 55 |
| 2.9.2. Activité des systèmes de détoxification.....  | 57 |
| 2.9.3. Modification des cibles.....  | 58 |
| 2.9.4. Quantification de l'Acétylcholinésterase.....   | 59 |
| 2.9.4. Quantification de glutathion S-transférase.....   | 60 |
| 2.10. Analyse histologique de la gonade femelle de <i>E. nudicornis</i> .....  | 61 |
| 2.11. Analyse statistique.....   | 63 |
| <b>3. Résultats</b> .....  | 64 |
| 3.1. Analyse physico-chimique du sol.....  | 64 |
| 3.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH) des sites d'étude.....   | 64 |
| 3.1.2. Analyse granulométrique des sites d'échantillonnage.....  | 64 |
| 3.2. Biodiversité des Myriapodes.....  | 65 |
| 3.2.1. Identification des Myriapodes dans les trois sites d'études.....  | 65 |
| 3.2.2. Inventaire des espèces de Myriapodes identifiées par site de récolte.....   | 66 |
| 3.3. Morphométrie et croissance de <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> durant les deux saisons de reproduction printanière et automnale..... | 67 |
| 3.3.1. Saison d'activité de reproduction printanière.....  | 67 |
| 3.3.1.1. Évaluation du nombre d'ovocytes de <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> .....  | 67 |
| 3.3.1.2. Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) de <i>E. nudicornis</i> et  |    |

|  |     |
|--|-----|
| <i>S. morsitans</i> .....  | 69  |
| 3.3.1.3. Évaluation de la largeur d'ovocytes (mm) de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....  | 71  |
| 3.3.1.4. Évaluation du volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....  | 73  |
| 3.3.1.5. Évaluation de l'indice gonadique (mm <sup>3</sup> ) de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....   | 75  |
| 3.3.2. Saison d'activité de reproduction automnale.....  | 77  |
| 3.3.2.1. Évaluation du nombre d'ovocytes de <i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> .....  | 77  |
| 3.3.2.2. Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....   | 79  |
| 3.3.2.3. Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) de <i>E. nudicornis</i><br>et <i>S. morsitans</i> .....  | 81  |
| 3.3.2.4. Évaluation du volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....  | 83  |
| 3.3.2.5.Évaluation de l'indice gonadique de <i>E. nudicornis</i> et<br><i>S. morsitans</i> .....   | 85  |
| 3.4. Analyse biochimique.....  | 87  |
| 3.4.1. Dosage des métabolites dans les gonades de <i>E.nudicornis</i><br>et <i>S. morsitans</i> provenant des trois sites d'étude.....                             | 87  |
| 3.4.1.1. Analyse quantitative des protéines.....   | 87  |
| 3.4.1.2. Analyse quantitative des lipides.....   | 97  |
| 3.4.2. Analyse quantitative des vitellogénines dans les gonades de <i>E.</i><br><i>nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> provenant des trois sites d'études.....   | 107 |
| 3.4.3. Analyse quantitative des vitellines dans les gonades de <i>E.</i><br><i>nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> provenant des trois sites d'étude.....        | 117 |
| 3.4.4. Analyse quantitative des acides nucléiques dans les gonades de <i>E.</i><br><i>nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> provenant des trois sites d'étude..... | 127 |
| 3.4.4.1 Analyse quantitative de l'ADN.....   | 127 |
| 3.4.4.2 Analyse quantitative de l'ARN.....   | 137 |
| 3.5. Analyse ecotoxicologique.....   | 147 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.5.1. Effet du stress environnemental sur le taux de la glutathion-S-transférase (GST) durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux espèces :<br><i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> ..... | 147 |
| 3.5.1.1. Effet du stress environnemental sur le taux de la glutathion-S-transférase (GST) durant la période d'activité sexuelle printanière chez <i>E. nudicornis</i> .....                                       | 147 |
| 3.5.1.2. Effet du stress environnemental sur le taux de la glutathion-S-transférase (GST) durant la période d'activité sexuelle automnale chez <i>E. nudicornis</i> .....   | 149 |
| 3.5.1.3. Effet du stress environnemental sur le taux de la glutathion-S-transférase (GST) durant la période d'activité sexuelle printanière chez <i>S. morsitans</i> .....  | 152 |
| 3.5.1.4. Effet du stress environnemental sur le taux de la glutathion-S-transférase (GST) durant les deux périodes d'activité sexuelle automnale chez <i>S. morsitans</i> .....                                   | 154 |
| 3.5.2. Effet du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux espèces :<br><i>E. nudicornis</i> et <i>S. morsitans</i> .....  | 157 |
| 3.5.2.1. Effet du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant la période d'activité sexuelle printanière chez <i>E. nudicornis</i> .....  | 157 |
| 3.5.2.2. Effet du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant la période d'activité sexuelle automnale chez <i>E. nudicornis</i> .....  | 159 |
| 3.5.2.3. Effet du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant la période d'activité sexuelle printanière chez <i>S. morsitans</i> .....   | 162 |
| 3.5.2.3. Effet du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant la période d'activité sexuelle automnale chez <i>S. morsitans</i> .....   | 164 |
| 3.6. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux sexes de <i>E. nudicornis</i> .....                       | 167 |
| 3.6.1. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345)  |     |

|   |     |
|---|-----|
| sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les femelles de <i>E. nudicornis</i> .....   | 167 |
| 3.6.2. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les mâles de <i>E. nudicornis</i> .....   | 169 |
| 3.6.3. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les femelles de <i>E. nudicornis</i> .....  | 171 |
| 3.6.4. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les mâles de <i>E. nudicornis</i> .....     | 173 |
| 3.7. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux sexes de <i>S. morsitans</i> .....      | 175 |
| 3.7.1. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les femelles de <i>S. morsitans</i> ..... | 175 |
| 3.7.2. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les mâles de <i>S. morsitans</i> .....    | 177 |
| 3.7.3. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les femelles de <i>S. morsitans</i> .....   | 179 |
| 3.7.4. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les mâles de <i>S. morsitans</i> .....      | 181 |
| 3.8. Etude histologique.....  | 183 |
| 3.8.1. Etude histologique de la gonade femelle de <i>E. nudicornis</i> récoltée à partir du site de référence (Dréan) durant la saison de reproduction printanière.....                         | 183 |
| 3.8.2. Etude histologique de la gonade femelle de <i>E. nudicornis</i> récoltée à partir du site affecté par la pollution (Sidi Amar).....  | 186 |
| 3.9. Mensurations de l'ovocyte mature à partir des coupes histologiques.....  | 188 |
| 3.9.1. Mensurations de la longueur et de la largeur ovocytaire ( $\mu\text{m}$ ) chez <i>E. nudicornis</i> .....  | 188 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.9.2. Evaluation du volume ovocytaire ( $\mu\text{m}$ ) chez <i>E. nudicornis</i> .....   | 189 |
| 3.9.3. Evaluation de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire ( $\mu\text{m}$ )<br>de l'ovocyte mature chez <i>E. nudicornis</i> ..... | 189 |
| <b>4. Discussion</b> .....   | 191 |
| 4.1. Paramètres physico-chimiques des sols.....  | 191 |
| 4.2. Biodiversité des Myriapodes.....  | 191 |
| 4.3. Morphométrie des ovaires.....   | 192 |
| 4.4. Composition biochimique des gonades.....  | 193 |
| 4.5. Mesure des biomarqueurs du stress environnemental et chimique.....  | 198 |
| 4.6. Effet du stress environnemental sur la structure des cellules<br>sexuelles femelles (ovocytes) de <i>E. nudicornis</i> .....      | 202 |
| <b>5. Conclusion et perspectives</b> .....   | 204 |
| <b>6. Résumés</b> (Français, Arabe, Anglais).....  | 206 |
| <b>7. Références bibliographiques</b> .....  | 210 |

## 1. Introduction

Les écosystèmes naturels, qu'ils soient aquatiques ou terrestres, présentent un intérêt écologique majeur, et constituent la base du développement socio-économique humain (Jian *et al.*, 2007). Ils constituent des entités en équilibre dynamique susceptibles d'évoluer en fonction de variations spontanées ou provoquées par des facteurs extrinsèques, climatiques ou autres (Ramade, 2002).

L'objectif principal était de trouver des solutions durables aux problèmes environnementaux, et de viser ainsi l'amélioration de la santé à long terme de nos écosystèmes, ce dernier peut être défini comme une unité écologique formée d'un biotope correspondant à l'ensemble des paramètres abiotiques (ou physico-chimiques) et d'une biocénose correspondant à l'ensemble des organismes y vivant (Frontier, Pichod-Viale *et al.*, 2004). Autrement dit, c'est un système biologique complexe formé d'une communauté d'organismes animaux et végétaux et leur environnement physique et chimique avec lequel ils sont en interaction. Les divers écosystèmes présents dans la biosphère peuvent se répartir en deux groupes fondamentalement distincts ; les écosystèmes aquatiques et les écosystèmes terrestres, ces derniers associés aux continents émergés, ils doivent leurs aspects caractéristiques à la mosaïque des formations végétales qui y croissent et confèrent à chacun d'eux sa physionomie particulière.

L'étude de la biodiversité permet la connaissance des rôles et des fonctions des gènes, des espèces et des écosystèmes. De même, elle entraîne la compréhension des liens complexes entre les systèmes modifiés et naturels et l'application de ce savoir pour favoriser le développement durable (Pnue, 1994). Le terme de biodiversité, introduit dans les années 80, englobe la diversité à tous les niveaux de l'organisation biologique : la diversité génétique, la diversité spécifique ou taxonomique et la diversité d'écosystèmes (Wilson, 1992 ; Dobson, 1995 ; Eldredge, 1998 ; Gaston, 2000). La diversité est, dans un contexte global, essentielle à la survie des espèces et à leurs adaptations spécifiques aux environnements. Elle joue un rôle fondamental dans les interactions biologiques, dans le fonctionnement des écosystèmes, et les grands équilibres de la planète.

L'importance de la biodiversité est reconnue à l'échelle planétaire (Rio, 1992). La société civile s'est engagée à œuvrer pour une diminution significative du taux d'extinction des espèces menacées (Johannesburg, 2002). Cependant, la biodiversité a été longtemps considérée comme un simple attribut structurel des communautés (Samuels et Drake, 1997) qu'il était possible d'appréhender par le biais d'estimation du nombre d'espèces ou toute autre mesure basée sur la présence-absence des taxons (Duelli, 1997 ; Kolasa et Rollo, 1991).

Un écosystème terrestre est formé par des espèces animales, végétales en interaction avec leur milieu physique et chimique. Par ailleurs, l'évaluation de la qualité des sols et les démarches physico-chimiques sont essentielles car elles informent sur la présence, la nature et la qualité des contaminants dans les sols. Toutefois, elles ne peuvent renseigner sur les effets de polluants, sur les organismes vivants et les écosystèmes. C'est pourquoi, et de manière

complémentaire, l'utilisation d'indicateurs biologiques est indispensable à l'évaluation de la qualité des milieux. Les invertébrés présentent des avantages indéniables pour l'évaluation de la qualité des sols. Ils jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème terrestre, en contribuant à la décomposition des matières organiques, à la régulation de l'activité microbienne, aux cycles des nutriments et à la structuration du sol (Cortet *et al.*, 1999). En effet, la qualité du sol dépend notamment du fonctionnement optimal de ces organismes (Kammenga *et al.*, 2000). Généralement, ces organismes sont en contact direct avec les différents horizons du sol où ils trouvent leurs ressources alimentaires, et sont le plus souvent ainsi exposés à la contamination (Kammenga *et al.*, 2000).

L'écosystème terrestre est un support pour les êtres vivants, un réservoir de matières organiques et minérales, un régulateur des échanges et des flux, un lieu de transformation de la matière organique et un système épurateur de substances toxiques. Il est indispensable à la vie qu'il abrite, et c'est en retour la vie biologique qui participe activement à sa formation (pédogénèse) à partir de la roche mère (Gobat *et al.*, 2003).

Aujourd'hui ; les recherches ont permis de reconnaître différentes dimensions à la biodiversité (Huston, 1994 ; Noss, 1990) et de prendre en compte, à côté de la dimension structurelle basée sur la présence-abondance des espèces, une dimension fonctionnelle, basée sur leurs attributs vitaux (morphologie, physiologie) (Lavorel *et al.*, 1997) ; et une dimension compositionnelle basée sur leur comportement ou les attributs écologiques (Scheiner, 1992).

Ces deux dernières dimensions, considérant les espèces sous l'angle de leurs fonctions et de leurs réponses écologiques, sont maintenant privilégiées dans les recherches visant à évaluer la signification fonctionnelle de la biodiversité (Gaston, 1996 ; Lamont, 1995), qui est étroitement liée à la reproduction des espèces.

La reproduction présente pour l'individu un acte important mettant en jeu des comportements complexes, alors que pour l'espèce, elle est fondamentale en assurant la pérennité ; le potentiel reproducteur dépend de la fécondité des femelles et de la rapidité du développement, il est généralement important chez les insectes, mais variable selon les espèces et les facteurs de l'environnement que subissent les individus (Lamy, 2001).

Les animaux et les végétaux se reproduisent par reproduction asexuée ou par reproduction sexuée (Campbell et Reece, 2004). On parle de la reproduction asexuée lorsqu'un individu unique crée des descendants qui lui sont génétiquement identiques. Dans ce cas, le germe est un fragment pluricellulaire qui s'isole physiologiquement et morphologiquement de l'animal souche sans intervention de cellules reproductrices spécialisées, par scissiparité, bourgeonnement, sporulation ou multiplication végétative. Ce mode de reproduction est général chez les protozoaires et commun à beaucoup de végétaux. Par contre, la reproduction asexuée est moins répandue dans le reste du règne animal. Elle se manifeste chez des animaux dont l'organisation est simple, comme chez les spongiaires et les cnidaires tels que les hydres, chez les métazoaires protostomiens notamment dans le groupe des annélides ou encore parfois chez les deutérostomiens tels que les astérides (échinodermes) et chez de rares chordés comme les tuniciers.

La reproduction sexuée est de règle dans le reste du règne animal dans les embranchements dits supérieurs des invertébrés, les mollusques et les arthropodes et chez les vertébrés. Quand la reproduction est sexuée, deux individus engendrent des descendants dont le patrimoine génétique provient d'une combinaison de celui des deux parents. En effet, le germe à partir duquel s'édifie le nouvel être est formé par la fusion de deux cellules reproductrices sexuées, les cellules germinales ou gamètes. Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée ont été très conservés au cours de l'évolution de par leur importance dans la survie des espèces. La reproduction sexuée peut être divisée en trois grandes étapes fondamentales que sont : la différenciation des cellules germinales, la gamétogenèse et la fécondation.

Chez les organismes qui se reproduisent par reproduction sexuée, l'information génétique est transmise d'une génération à l'autre grâce aux cellules germinales. Ces cellules constituent un type cellulaire unique à la fois très spécialisé (pour la transmission de l'information génétique) et totipotent (un organisme complet peut être régénéré à partir de l'information contenue dans ces cellules). La totipotence de ces cellules serait contrôlée, par des facteurs présents dans leur cytoplasme (ARNm et protéines) et par leur environnement cellulaire (Wylie, 1999). Ces cellules se séparent des cellules somatiques au cours du développement embryonnaire sous la forme de cellules germinales primordiales ou PGCs (primordial germ cells) (Wylie, 1999). Les PGCs se différencient ensuite en cellules germinales souches ou GSCs (germinal stem cells) qui, elles-mêmes, vont former les cellules germinales lors de la différenciation sexuelle de l'organisme.

La gamétogenèse est l'ensemble des processus qui conduisent à la formation des gamètes haploïdes, ovules (ovocytes) ou spermatozoïdes à partir des gonies, ovogonies ou spermatogonies (diploïdes). La gamétogenèse comprend deux étapes distinctes : une phase de multiplication mitotique des gonies et une phase de méiose (Alberts *et al.*, 1986). Les différentes étapes de la gamétogenèse sont régulées, en intensité et en durée, par des mécanismes complexes faisant intervenir des paramètres environnementaux et des facteurs internes.

Alors que les spermatozoïdes ont pour fonction principale de transmettre le matériel génétique à l'œuf lors de la fécondation, l'ovocyte, lui, doit en plus être capable de supporter le développement de l'embryon. Pour cela, il doit accumuler une grande quantité de matériel (ARNm, protéines, vitellus) au cours de la vitellogenèse. Cette croissance rapide de l'ovocyte est possible grâce à un ensemble de mécanismes moléculaires particuliers (Alberts *et al.*, 1986; Gilbert, 1996). Le premier est le maintien d'un jeu diploïde de chromosomes dans l'ovocyte jusqu'à la fin de la maturation, ce qui lui permet de disposer d'une plus grande quantité d'ADN pour les synthèses d'ARN qu'une cellule somatique en division (Alberts *et al.*, 1986). De plus, dans certains ovocytes, les transcrits des gènes sont produits en plus grand nombre permettant une plus grande accumulation de produits des gènes comme chez le

xénope (Alberts *et al.*, 1986). La croissance de l'ovocyte est aussi dépendante de l'activité synthétique d'autres cellules et en particulier des cellules auxiliaires (nourricières ou folliculaires) de l'ovocyte. Chez certains invertébrés et notamment chez les insectes, la division asymétrique des cellules souches aboutit à la formation d'un ovocyte et de plusieurs cellules nourricières. Elles entourent l'ovocyte et communiquent avec lui grâce à des ponts cytoplasmiques qui permettent le passage de macromolécules telles que les ARNm, les ribosomes et les protéines, synthétisées par les cellules nourricières. Chez les vertébrés, les cellules auxiliaires sont des cellules folliculaires qui sont reliées à l'ovocyte par des jonctions communicantes permettant le transfert de petites molécules, précurseurs des macromolécules (Alberts *et al.*, 1986; Gilbert, 1996).

Chez les insectes, la reproduction est un facteur de pullulation et de croissance, et leur développement se font grâce aux processus de mues régulés par deux principales hormones : les ecdystéroïdes et les hormones juvéniles (HJ) qui sont impliquées dans le développement larvaire et la métamorphose, mais aussi dans le développement gonadique la physiologie et la vitellogénèse (Hagedorn, 1985 ; Koeppe, 1981 ; Soltani-Mazouni, 1994). Chez les Myriapodes Chilopodes, la fécondation dite indirecte, se fait par l'intermédiaire d'un spermatophore, après une phase de formation du couple, observable en printemps et en automne (Daas *et al.*, 1996). La transmission du spermatophore entre les deux sexes est difficile à observer selon Demange (1981).

Chez les myriapodes, l'étude de la vitellogénèse a été élaborée par (Herbaut, 1974), l'isolement des vitellogénines et des vitellines par des techniques immunologiques a été établi par Prasath et Suhrmoniom (1992). Le vitellus, principal constituant de l'ovocyte, désigne l'ensemble des réserves nutritives accumulées dans l'ovocyte au cours de sa croissance et utilisées par l'embryon pour assurer son développement. Il se présente sous forme de vacuoles ou de granules, formés principalement de protéines, de lipides et de glucides (Beaumont et Cassier, 1978). La vitelline, protéine majeure dans l'œuf (Chen *et al.*, 1976) est incorporée avec la FEYP (Follicular Epithelium Yolk Protein) formant les sphères vitellines (Zimowska *et al.*, 1994,1995 ; Davey, 1996). Chez *Scolopenda cingulata*, la présence de deux vitellines et vitellogénines (respectivement de 380 et 450 kd) a été confirmé par Fabre *et al.* (1990).

L'origine des réserves vitellines a fait l'objet de très nombreux travaux chez les arthropodes (Raven, 1961; Norrevang, 1968), chez les crustacés (Beams et kessel, 1963) et chez les insectes (Telfer, 1967; Busson-Mabillot, 1969 ; Adams et filipi, 1988). La vitellogénine est un précurseur de vitellus (Harnishe et White, 1982).

Les précurseurs vitellogéniques présents dans l'hémolymphe proviennent des produits de digestion ou de l'activité anabolique des cellules du corps gras (Baert *et al.*, 1991). La vitellogénine est synthétisée principalement dans le corps gras et libérée dans l'hémolymphe pour passer ensuite à travers les espaces élargis entre les cellules folliculaires pour être incorporée sélectivement par endocytose où elle est transformée en vitelline (Kulakosky et Telfer, 1987 ; Kunkel et Nordin, 1985 ; Raikhel et Dhadialla, 1992). Les protéines jouent un rôle fondamental dans l'organisme de toutes les espèces biologiques vivantes.

Ces constituants principaux des tissus interviennent dans la formation des gamètes comme source énergétique (Borsa et Millet, 1992).

Les lipides représentent la principale source d'énergie tout en jouant également un rôle très important lors de la vitellogénèse ainsi que dans la synthèse des prostaglandines (Stanley-Samuelson et Loher, 1986 ; Yuan *et al.*, 2000). Ces prostaglandines sont d'ailleurs impliquées dans plusieurs mécanismes (reproduction, immunité). Les lipides provenant de l'absorption intestinale passent dans l'hémolymphe pour être repris par le tissu adipeux où ils sont stockés surtout sous forme de triglycérides (Keeley, 1985 ; Langley *et al.*, 1981).

L'étude de l'ovogénèse a fait l'objet de nombreux travaux dans toutes les classes animales. Chez les myriapodes toute fois, les recherches sont souvent anciennes ou fragmentaires. Les premières observations morphologiques, effectuées chez diverses espèces de myriapodes, sont dues à Fabre (1855). Zerbib (1966) a décrit la structure de la gonade et de quelques phases ovogénétiques au cours du développement post-embryonnaire puis par Daas *et al.*, (2003). L'étude cytologique de l'ovogénèse chez les Myriapodes Chilopodes a fait l'objet de nombreux travaux (Lubbock, 1861 ; Balibiani, 1883a, b ; Nath, 1924 ; King, 1924 ; Koch, 1925 ; Daas, 2005) les seules observations ultrastructurales sont relatives à la morphologie nucléolaire chez la Scolopendre (Beams et Sekhon, 1967) et chez *Scutigera* (Beams et Sekhon, 1968).

La vitellogénèse est un phénomène métabolique très important. Elle fait intervenir différents éléments de l'ovaire. A partir des trophocytes passent dans l'ovocyte de l'ADN, de l'ARN, des protéines, des lipides, des hydrates de carbone et également des mitochondries et des ribosomes. Les cellules folliculaires élaborent de l'ADN, de l'ARN, des protéines, des lipides et du glycogène. L'ovocyte lui-même, notamment dans les ovaires panoïstiques, effectue des synthèses nucléaires (ARN) et cytoplasmiques (lipides, protéines). De plus, il y a passage direct, du sang dans l'ovocyte, par les espaces séparant les cellules folliculaires, d'une ou plusieurs protéines particulières, les protéines femelles. Celles-ci sont synthétisées au niveau du tissu adipeux de la femelle en période de reproduction et sont accumulées en grande quantité dans les ovocytes, où elles représentent 75 à 90 % des protéines vitellines. En fin de croissance, l'ovocyte accumule des protéines de réserve qui sont en majorité synthétisées hors de l'ovaire, dans le corps gras. Cette synthèse et ce transfert dans l'ovocyte, en passant par les cellules folliculeuses, sont sous contrôle hormonal. Le vitellus contient aussi des réserves lipidiques et glycolipidiques. (Raabe, 1970).

Le contrôle endocrinien de la spermatogénèse a été étudié seulement chez les Symphyles (Juberthie-Jupeau, 1960, 1963) et chez les Chilopodes, où la 20-hydroxyecdysone exerce un rôle accélérateur sur la croissance spermatocytaire (Descamps, 1983). L'étude de la spermatogénèse a fait l'objet de nombreux travaux chez les Chilopodes, où le cycle spermatogénétique et le cycle de mue ne sont pas strictement liés comme chez les Symphyles. Il existe deux phases spermatogénétiques ; une phase printanière et une autre estivale. Le stade de repos testiculaire estival est beaucoup plus court que le repos testiculaire hivernal (Joly et Descamps, 1969). La régulation de ces deux cycles est contrôlée par les mêmes hormones (Wigglesworth, 1972) qui sont essentiellement les ecdystéroïdes et les hormones

juvéniles (Braquart, 1998). Cependant leurs mécanismes d'action paraissent intimement liées au cours du développement et de la reproduction (Lafont, 1994 ; Gade *et al.*, 1997).

L'ovocyte accumule une grande quantité des matériaux protéiques, mais l'élaboration des protéines dépend de la synthèse au préalable d'ARN pour laquelle l'ADN chromosomique et nucléaire sert de matrice cellulaire, le nucléole est un lieu de synthèse de l'ARN ribosomal qui émet des extrusions qui se répartissent dans le nucléoplasme et correspondent à une augmentation de la quantité de l'ADN qui sert de matrice pour la synthèse d'ARN (Daas, 2005).

La faune du sol constitue l'essentiel de la biomasse et de la biodiversité animale présente dans les écosystèmes terrestres (Wall *et al.*, 1999). Ces organismes possèdent des caractéristiques génétiques uniques et appartenant à des niveaux trophiques différents, et remplissent chacun des fonctions écologiques essentielles (Ghilarov, 1977 ; Giller, 1996). La richesse et l'abondance de la pédofaune sont contrôlées par des facteurs régionaux tels que les conditions climatiques, l'altitude, le type de végétation (Toutaine, 1987 ; Bernier, 1996 ; Grossi et Brun, 1997 ; Materna, 2004), ainsi que par des facteurs locaux tels que le type d'humus, le pH, l'humidité, la constitution chimique du sol et le degré d'anthropisation (Ponge, 1993 ; Paquin et Coderre, 1997 ; Feener et Schupp, 1998 ; Bird *et al.*, 2000 ; Loranger *et al.*, 2001 ; Kuznetsova, 2002 ; Magura *et al.*, 2003 ; Scheu *et al.*, 2003 ; Cassagne *et al.*, 2003 ; Ponge *et al.*, 2004).

La faune du sol et sa diversité sont largement reconnus pour leur participation aux processus physiques, chimiques et biologiques impliquée dans le fonctionnement et l'évolution des sols naturels (Barrios, 2007 ; Lavelle *et al.*, 2006). C'est un milieu biologique différencié en horizons d'épaisseur variable où se développe une activité intense des plantes, des animaux et des bactéries qui par leurs actions, agissent sur le sol pour un bon équilibre (Deprince, 2003).

Le sol est une couche superficielle de l'écorce terrestre, rempli de nombreuses fonctions (support de biodiversité, support de végétation, support de reproduction et développement de la plupart des êtres vivants) essentielles à l'homme et à son environnement.

La pollution des sols est la moins visible des pollutions. Elle frappe avec retard mais touche l'ensemble des constituants de l'écosystème. Cette pollution est causée par les métaux lourds présents dans les sols qui proviennent généralement de l'altération du matériau parental et éventuellement de nombreuses sources de contamination externe qui ont une influence et un impact considérable (Bur, 2008). Selon cet auteur, un sol pollué contenant des substances dangereuses pour l'alimentation humaine peut devenir inapte à la culture de végétaux consommables qui auraient eux même absorbé ces substances dangereuses. Ce risque de migration de produits toxiques jusqu'à l'homme, par le canal de chaîne alimentaire, existe aussi pour les denrées animales provenant de l'élevage ou de la pêche ; cette contamination varie en fonction de la disponibilité de l'élément dans le milieu qui conditionne son absorption et sa toxicité.

La toxicité d'une substance est définie en fonction de l'interaction entre la substance, l'organisme et le temps (Rand, 1995). Le plus souvent, s'il n'y a pas absorption du contaminant par l'organisme, il n'y a pas de toxicité possible. Cependant, la simple présence du polluant à l'intérieur de l'organisme n'implique pas obligatoirement d'effet toxique ; la concentration de la forme toxique doit atteindre un seuil au niveau des cibles moléculaires à partir duquel il y a toxicité. On parle alors de biodisponibilité toxicologique (Lanno *et al.*, 1998). Landrum *et al.*, (1996) précisent que l'accumulation est un lien direct entre les concentrations en contaminants dans l'environnement et leurs effets potentiels aux différents niveaux biologiques. La recherche de corrélation entre les concentrations internes et les effets toxiques est alors apparue comme un moyen de prédire ces effets en mesurant la quantité de polluants accumulées par un organisme (Hopkin, 1990 ; Mc Carty et Mackay, 1993 ; Van Straalen, 1996). Depledge et Rainbow (1990) considèrent que la charge corporelle totale dans un organisme n'est pas une approche suffisante pour localiser et prédire les effets toxiques car la toxicité peut être influencée par la distribution du contaminant dans les différents tissus. Cette approche a surtout été utilisée pour relier les concentrations corporelles critiques avec des effets biologiques (physiologiques, biochimiques, moléculaires.....) chez les invertébrés dans des tests de laboratoire et sur le terrain (Van Straalen, 1996 ; Jarvinen et Ankley, 1999).

Au niveau individuel, les effets toxiques des contaminants sur les processus physiologiques des invertébrés peuvent se traduire par une altération de plusieurs fonctions vitales et peuvent se répercuter sur les performances individuelles impliquées dans la dynamique des populations (taux de natalité, taux de mortalité, âge de première reproduction). Ces effets sont les conséquences de changements métaboliques, cellulaires ou tissulaires mais aussi de modifications comportementales (Forbes et Forbes, 1994).

Des altérations structurales et ultrastructurales de l'épithélium digestif peuvent induire une réduction des capacités de digestion et d'assimilation des aliments pour les organismes exposés, notamment des gastéropodes terrestres (Coourdassier, 2001). Des variations de la consommation d'oxygène de mollusques ont été reliées au niveau de contamination du milieu, sans être expliquées par des effets physiologiques causaux (Forbes et Depledge, 1992). Les modifications de l'acquisition, de la production de l'énergie et/ou de son allocation pour différentes fonctions vitales de l'individu (compromis énergétique entre toutes les fonctions) comme par exemple la diminution des ressources énergétiques disponibles pour la croissance et la reproduction, peuvent provoquer une baisse des performances individuelles voire aboutir à la mort de l'individu (Calow et Sibly, 1990).

L'inhibition de la croissance induite par les contaminants peut résulter de troubles métaboliques, comportementaux ou de perturbations du contrôle neuroendocrin. Au niveau individuel, une conséquence écophysologique importante de l'inhibition de croissance est d'engendrer un retard de la période de maturité sexuelle (Laskowski et Hopkin, 1995b).

Plusieurs processus physiologiques sont susceptibles d'être impliqués dans les perturbations de la reproduction. Des insecticides et des perturbateurs endocriniens sont responsables de perturbations des processus métaboliques et hormonaux liés à la reproduction

de gastéropodes aquatiques (Wilbrink *et al.*, 1992; Jumel *et al.*, 2000). Les effets délétères sur la reproduction peuvent concerner des perturbations de la gamétogenèse, du développement des organes reproducteurs (Gomot-de Vaufleury et Keroas, 2000) ou encore du développement embryonnaire. Les mécanismes biochimiques et physiologiques responsables de tels effets restent à identifier (Ravera, 1991). Des altérations comportementales - comme la diminution de la prise alimentaire, peuvent perturber les performances individuelles en modifiant l'acquisition de l'énergie (Caquet et Lagadic, 1998).

Les activités humaines ont déjà transformé la majeure partie de la surface de la terre. On estime qu'environ 43% de la surface de la Terre ont été directement transformés par l'Homme (Barnosky *et al.*, 2012), et avec l'ampleur de la croissance démographique que connaît notre planète, les effets directs de l'activité humaine sur les systèmes écologiques et leur biodiversité constituent une préoccupation mondiale majeure (Green *et al.*, 2005).

Sous l'effet de l'intensification, l'érosion, la compaction du sol et la perte de matière organique entraînent une perte de la qualité du sol (Stoate *et al.*, 2001). Les effets cumulés de l'industrialisation et l'agriculture, ont conduit à une augmentation des flux de déchets contenant des substances diverses telles que les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), polychlorobiphényles (PCB) et les éléments traces métalliques (ETM). Les activités humaines génèrent donc des déchets au sens large (gaz d'échappement, rejets industriels) et produisent et utilisent des molécules susceptibles d'être toxiques (pesticides, tensioactifs). Alors qu'un certain nombre de ces déchets se dégradent plus ou moins rapidement dans le sol, les éléments traces métalliques ne se dégradent pas et s'accumulent dans les différents horizons du sol (Robert, 1995). Leur temps de rémanence dans le sol ainsi que leurs effets adverses potentiels sur la santé humaine et animale font de leur présence dans le sol un problème actuel et à venir (Ablin, 2002). Depuis un siècle maintenant, l'homme s'efforce d'estimer la qualité de son environnement, afin de mettre en évidence les dégâts qu'il lui fait subir (Dethier et Dumoulin, 2004). D'après Taurquin et Crague (1994), la pollution des écosystèmes conduit à des déséquilibres du fonctionnement à tous les niveaux. Les effets spectaculaire et dramatique des répercussions de la pollution métallique de l'environnement reposent sur le phénomène de transfert des polluants dans les réseaux trophiques, et plus particulièrement sur le phénomène de biomagnification. Ce phénomène correspond à l'augmentation de la concentration d'un polluant au fur et à mesure de son transfert dans les maillons d'une chaîne alimentaire (Janssen *et al.*, 1993).

La pédofaune est largement dominée par les Arthropodes. En conséquence, toutes modifications portant sur les populations d'Arthropodes ont des répercussions importantes sur le fonctionnement de l'écosystème du sol (Bedano *et al.*, 2006). Actuellement, les études écophysologiques des invertébrées se présentent comme une branche très intéressante et prometteuse au même temps (Tripathi et Sharma, 2005). Ces invertébrées terrestres sont utilisés comme bioindicateurs de pollution des sols. Un indicateur référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco complexe et de mettre en

évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées (Blandin, 1986).

Les Myriapodes constituent l'un des groupes d'arthropodes les moins bien étudiés (Bedano *et al.*, 2006). Or, de part leurs activités biologiques, ces organismes interviennent de façon considérable dans la structure, la fertilité et la composition du sol. Les Diplopodes (saprophages), jouent un rôle fondamental dans les écosystèmes terrestres. Par la décomposition des feuilles et l'aération des sols, ils recyclent les éléments nutritifs essentiels comme l'azote, le carbone, et les sucres simples. Mécaniquement par la fragmentation des feuilles et autres détritiques, les Diplopodes renforcent l'activité microbienne par l'augmentation de la surface de colonisation par les bactéries, les mycéliums et les algues (Hopkin, 1992). Ils aident également à la décomposition des éléments les plus coriaces tels que feuilles de chêne, le bois et les autres éléments que les vers de terre ne peuvent pas ingérer (Haittenschwiler et Gasser, 2005). Les Chilopodes, sont tous des prédateurs et ont la première paire de pattes modifiée en crochets à venin, les forcipules, assez massives chez certains ordres (Lithobiomorphes, Scolopendromorphes). On trouve les Chilopodes surtout sous les pierres ou écorces car ils affectionnent particulièrement l'humidité et le contact avec un corps dur (stéréotropisme) et fuient la lumière (lucifuges) (Demange, 1981) ; situés au sommet des chaînes alimentaires et en se nourrissant d'autres organismes vivants du sol, ils contribuent ainsi à son équilibre écologique (Stoev *et al.*, 2010).

Les Myriapodes sont des invertébrés terrestres utilisés comme bio indicateurs de pollution des sols. Plusieurs études sur les Myriapodes ont été élaborées tant anatomiques (Fabre, 1855), morphologiques, et taxonomiques (Babre, 1984 ; Koch, 1925) que physiologiques (Descamps *et al.*, 1989). La physiologie expérimentale a été surtout menée chez *lithobius forficatus* en raison de son abondance en Europe (Joly et Descamps, 1988). L'endocrinologie a fait d'immenses progrès chez les insectes et les crustacés, où il a été possible d'expliquer le déterminisme des mues. Cependant, aucune donnée précise n'a été apportée chez les Myriapodes. Des cellules et des formations présumées endocrines ont bien été décrites chez les Chilopodes (Holmgren, 1916 ; Palm, 1956 ; Scheffel, 1961), les Diplopodes (Gabe, 1954 ; Sahli, 1958, 1961 ; Gersch, 1960 ; Prabhu, 1961) et les Symphyles (Juberthic-Jupeau, 1963). Le genre *Eupolybothrus* a été étudié par Murukami (1958). Par ailleurs, les Chilopodes les plus communs dans la région de l'est Algérien est *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* (Daas *et al.*, 1995 ; Daas, 1992 ; Daas, 2005 ; Daas-Maamcha, 2005).

Aujourd'hui, on dénombre plus de 100.000 produits chimiques commercialisés sous plus d'un million de formes différentes et qui sont régulièrement utilisés en industrie ou par l'homme, devenant ainsi des contaminants et polluants potentiels de l'écosystème global (Stegeman et Hahn, 1994 ; Scott et Sloman, 2004). La pollution agricole par l'utilisation abusive des pesticides et des insecticides a généré une importante pollution (Gharbi *et al.*, 2005). En effet, depuis le début des années 60, la communauté scientifique a pris conscience des effets à long terme des pesticides et des insecticides et leurs risques potentiels pour les écosystèmes terrestres et aquatiques (Carson, 1962). L'impact de ces composés toxiques ont été largement étudiés dans notre laboratoire sur plusieurs organismes visés, spécialement, sur

des insectes à intérêt agronomique, tels que *Tenebrio molitor* et *Ephestia kuehniella* (Soltani *et al.*, 2002 ; Taïbi *et al.*, 2003 ; Amrani *et al.*, 2004 ; Soltani-Mazouni *et al.*, 2004 ; Aribi *et al.*, 2006 ; Chebira *et al.*, 2006 ; Berghiche *et al.*, 2008 ; Khebbeb *et al.*, 2008) à intérêt médical, chez la blatte germanique *Blattella germanica* (Habes *et al.*, 2006 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2006), le moustique *Culex pipiens* (Rehimi et Soltani, 1999 ; Boudjelida *et al.*, 2008 ; Tine-Djebbar et Soltani, 2008), le abeille tel que *Apis mellifera* (Achou et Soltani, 1997 ; Barour *et al.*, 2005 ; Loucif-Ayad *et al.*, 2008) et les chenilles de *Lymantria dispar* (Ouakid *et al.*, 2005) ; ainsi que sur des espèces non visées telles que le myriapode *Eupolybothrus nudicornis* (Daas *et al.*, 1996 ; Daas *et al.*, 2007), le poisson *Gambusia affinis* (Drardja-Beldi et Soltani, 2003 ; Soltani *et al.*, 2008), la crevette *Penaeus kerathurus* (Soltani et Bezzazel, 2002 ; Morsli et Soltani, 2003) et l'haricot de mer *Donax trunculus* (Soltani *et al.*, 2005 ; Beldi *et al.*, 2006).

Dhadialla *et al.* (1998) a mené à la découverte des régulateurs de croissance d'insecte qui stimulent l'action des hormones de croissance chez les insectes ou IGRs (Insect Growth Regulators) (Dhadialla *et al.*, 1998) ; Ces composés naturels et synthétiques sont capables d'interférer avec les processus de développement, de croissance, de reproduction, de métamorphose et qui sont sans danger pour l'environnement. Ils sont répartis en trois groupes selon leur mode d'action :

le premier groupe comprend les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (Degheele, 1990, 1997 ; Soltani *et al.*, 1996 ; Wuttins *et al.*, 1999 ; Gade *et al.*, 1997 ; Oberlander et Silhacek, 1998 ; Soltani *et al.*, 1999 ; Sheets *et al.*, 2000 ; Tomlin, 2000 ; Salokhe *et al.*, 2006), qui sont représentées par le diflubenzuron (DFB), le flucycloxuron (FCX) et le triflumuron (TFM) .

Le second groupe comprend les agonistes et les antagonistes de l'hormone juvénile (HJ) (Reid et Bennett, 1994 ; Lim et Yap, 1996 ; Kaakeh *et al.*, 1997 ; Aribi *et al.*, 1999, 2001, 2006), l'hormone juvénile (HJ) est sécrétée par les corps allates, elle contrôle le développement (Palli et Retnakaran, 2000 ; Hiruma, 2003), la reproduction (Bellés *et al.*, 2000), la production des phéromones (Strambi *et al.*, 1997 ; Riddiford *et al.*, 2003) et la diapause (Oberlander *et al.*, 1995 ; Tatar *et al.*, 2001). Les anti HJ les plus connus sont le précocène I et II qui exercent une action cytotoxique sur les corps allates (Bonning *et al.*, 1997) mais provoquent aussi des métamorphoses précoces (Masner *et al.*, 1979 ; Davas *et al.*, 1990 ; Aribi *et al.*, 1999). Les agonistes de l'hormone juvénile sont le métoprène, le fénoxycarbe et le pyriproxifène, qui agissent sur le développement (Aribi *et al.*, 2006 ; Daas *et al.*, 2005), et sur la sécrétion cuticulaire en induisant des mues larvaires surnuméraires (Quennedy *et al.*, 1995 ; Aribi *et al.*, 2001), et en prolongeant la durée des stades larvaires et nymphaux (Hoffmann et Lorenz, 1998).

Enfin, les agonistes et les antagonistes des écdystéroïdes constituent le troisième groupe (Smaghe *et al.*, 1999 ; Soltani-Mazouni *et al.*, 2000 ; Soltani *et al.*, 2002 ; Taïbi *et al.*, 2003 ; Hami *et al.*, 2001, 2005 ; Maïza *et al.*, 2004 ; Boudjelida *et al.*, 2005). Les écdystéroïdes, dont l'hormone de mue, (la 20-hydroxyecdysone) sécrétée par les glandes prothoraciques, Contrôlent la reproduction, le développement et initient le processus de mue (Swevers et Latrou, 1999). Les agonistes représentés par les benzoylhydrazines, qui sont le RH-5849 (dibenzoylhydrazine), le RH-5992 (tébufenozide) le RH-0345 (halofenozide) et plus

récemment le RH-2485 (méthoxyfénoside) (Dhadialla *et al.*, 2005), sont des composés à structure non stéroïdale qui miment l'action de la 20-E en se fixant sur les récepteurs nucléaires des écdystéroïdes perturbant ainsi la régulation hormonale (Dhadialla *et al.*, 1998, 2005). Les antagonistes des écdystéroïdes comme le KK-42 sont des dérivés de l'imidazole (Kadano-Okuda *et al.*, 1987). Le KK-42 (Berghiche *et al.*, 2005) inhibe la synthèse de l'ecdysone au niveau de la glande prothoracique (Kadano-Okuda *et al.*, 1987 ; Gelman *et al.*, 1995) ; il est, en outre, considéré comme un antagoniste de l'HJ (Kuwano *et al.*, 1983, 1985 ; Gelman *et al.*, 1995), car il perturbe le développement par des métamorphoses anticipées et une inhibition des mues larvaires (Gelman *et al.*, 1995).

Les IGRs malgré leur innocuité par rapport à l'homme et son environnement peuvent induire comme tout autre pesticide conventionnel, des mécanismes de résistance. En effet, les insectes ont développé des mécanismes de résistance contre le pyriproxifène (Elbert et Namen, 2000) ou encore contre le diflubenzuron (Gorman *et al.*, 2002 ; Kristensen et Jespersen, 2003). L'évaluation de la toxicité d'un pesticide ou d'un polluant en général peut être déterminée par le test d'activité d'un biomarqueur ; cependant, ce dernier se définit comme un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, de l'organisme, de la population ou de l'écosystème qui peut être reliée à une exposition ou à des effets toxiques de polluants chimiques environnementaux (Lagadic *et al.*, 1997 ; Galloway et Depledge, 2001 ; Van der Oost *et al.*, 2003). Les biomarqueurs ont pour but de mettre en évidence de façon précoce une pollution (Van der Oost *et al.*, 2003).

Un biomarqueur se définit comme un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant (Lagadic *et al.*, 1997 ; Galloway et Depledge, 2001 ; Van der Oost *et al.*, 2003). Classiquement ; on distingue les biomarqueurs d'exposition, témoins de la simple pénétration du polluant dans l'organisme et les biomarqueurs d'effets qui montrent que la substance a eu un effet, toxique ou non, sur une cible critique (Baturu, 1995 ; Coeurdassier, 2001).

Parmi ces biomarqueurs, on peut citer, les enzymes de biotransformation comme la glutathion-S-transférase (GST) (Stien, 1998) ; les paramètres du stress oxydatif tels que le glutathion (GSH) (Sies, 1999 ; Souissi *et al.*, 2008) ; la superoxydedismutase (SOD) (Orbea *et al.*, 2000) ; la catalase (Stegeman *et al.*, 1992) ; la glutathion peroxydase (GPX) (Halliwell et Guetteridge, 1999) ; la peroxydation lipidique (Dotan *et al.*, 2004) ; la Métallothionéine (Viarengo *et al.*, 2000) ; les protéines de choc thermique (HSP) (Tiebskon *et al.*, 1997 ; Minier *et al.*, 1999) ; les paramètres hématologiques (Van der Oost *et al.*, 2003) ; les paramètres immunologiques (Harford *et al.*, 2006) ; les paramètres endocriniens comme la vitellogénine (Hink *et al.*, 2007) et les paramètres génotoxiques (Winzinger *et al.*, 2007).

Ce présent travail a été effectué sur deux espèces de Myriapode Chilopodes *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* pendant les deux saisons de reproduction (automnale et printanière) pour établir :

Dans un premier volet, une étude sur la reproduction en évaluant les paramètres morphométriques (le nombre d'ovocyte, la longueur, la largeur, le volume ovocytaire et l'indice gonadique).

Dans un deuxième volet, d'évaluer l'effet éventuel du niveau de pollution environnementale sur la biochimie des gonades mâles et femelles (protéines, lipides, vitelline, vitellogénines et acides nucléiques), et sur l'activité spécifique d'un biomarqueur de la neurotoxicité, l'acétylcholinestérase (AChE) et le système de défense antioxydant, la glutathion S- transférase (GST) chez les deux sexes de *Eupolybothrus nudicornis* et de *Scolopendra morsitans* soumis à un stress environnemental, ainsi que la toxicité provoquée par l'effet du RH-0345 (agoniste des ecdystéroïdes) sur le même biomarqueur testé, l'AChE chez *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées au niveau du site de Guelma.

Dans un dernier volet, d'évaluer les atteintes histologiques au niveau des gonades femelles de *Eupolybothrus nudicornis* soumises à un stress environnemental.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Présentation des sites d'étude

Dans le cadre de la problématique abordée et compte tenu de l'importance de la superficie de la zone Nord-est algérienne ainsi que la diversité de ces écosystèmes, nous avons choisi de déterminer les sites sur la base des critères suivants :

- Le 1<sup>er</sup> critère est relatif à la position géographique du site, où nous avons sélectionné trois sites qui se positionnent sur le même niveau altitudinal, c'est-à-dire des formations basses.
- 2<sup>ème</sup> Nous avons choisi trois sites totalement ouverts, avec beaucoup de pierres à la surface et une végétation herbacée très peu dense.
- Le 3<sup>ème</sup> critère de sélection des sites d'échantillonnage est le degré d'exposition aux polluants selon la vocation de chaque zone d'étude.

#### 2.1.1. Site de Dréan

La wilaya d'El-Tarf est située à l'extrême Nord-Est du pays, elle couvre une superficie de 2892 km<sup>2</sup>. La localisation géographique de la wilaya est la suivante :

- Nord-est de l'Algérie.
- 700 km d'Alger.
- 64 km à l'est d'Annaba.
- 44 km de la frontière Tunisienne.

Dréan est une ville située à proximité d'Annaba. C'est la plus grande ville de la [wilaya d'El-Tarf](#). La ville se situe à 24 km d'Annaba (ville) et à 63 km de la wilaya d'El-Tarf. Ses coordonnées géographiques vont de : 36°41'00" N et 7°45'00"E. Les stations choisies sont loin de toute source de pollution ; c'est donc un site considéré comme un site sain.

#### 2.1.2. Site de Guelma

La wilaya de Guelma se situe à 290 mètres d'altitude et se trouve distante de 537 Km d'Alger. Elle est limitée géographiquement :

- Au nord par Annaba (65 Km).
- Au nord-est par El-Tarf.
- Au nord-ouest par Skikda.
- Au sud-ouest par Constantine (116 Km).
- Au sud-est par Souk-Ahras.

C'est une terre agricole entourée de montagnes. Sa fertilité est due à Oued Seybouse et à son grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation. Son climat est sub-humide, où la pluviométrie est estimée à 450-600 mm/an.

Le deuxième site d'échantillonnage est localisé au nord de la wilaya de Guelma, exactement dans la commune de Nechmaya. Ce milieu est aussi totalement ouvert avec une présence importante de pierres. L'absence d'industrie autour du site de Nechmaya fait que ce dernier soit également loin de la pollution industrielle.

### **2.1.3. Site d'Annaba**

La wilaya d'Annaba est située à 600 Km de la capitale Alger, à l'extrême Est du pays qu'elle partage avec sa voisine El-Tarf, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 Km. Elle s'étend sur 1412 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée géographiquement par :

- Au nord, la Méditerranée.
- Au sud, la wilaya de Guelma.
- A l'est, la wilaya d'El-Tarf.
- A l'ouest, la wilaya de Skikda.

Son relief est constitué principalement de montagnes à vocation forestière (52,16%) ; de collines et piémonts (25,82%) et de Plaines (18,08%).

La région est richement arrosée, elle reçoit une précipitation de 650 à 1000 mm/an, sa température moyenne est de 18°C. Annaba abrite un important pôle industriel par la présence de plusieurs complexes, à savoir :

- Le complexe sidérurgique d'El-Hadjjar (Arcelor Mittal).
- Le complexe phosphatier de Seybouse (Fertial).

Notre troisième site d'échantillonnage est localisé dans la partie Sud-ouest de la wilaya d'Annaba sur une latitude de 36° 52' N et une longitude de 7° 45' E. Ce milieu est totalement ouvert, caractérisé par la présence de quelques graminées et composées ; situé à proximité du complexe sidérurgique d'Arcelor Mittal. Ce dernier est considéré comme un site pollué puisqu'il est quotidiennement exposé aux différents rejets industriels.



**Figure 01** : Localisation géographique des trois sites d'étude.

## 2.2. Analyse du sol des trois sites d'étude

Les trois stations d'étude ont fait l'objet d'un échantillonnage aléatoire, nous avons prélevé à une profondeur de 20 cm à l'aide d'une tarière Edelman cinq (5) carottes ou colonnes de terre non remaniée. Sur une bâche propre, l'homogénéisation a été réalisée à la

main et lors de cette opération, nous avons écarté tous les éléments grossiers, à savoir les feuilles, les cailloux, les racines et les coquilles d'escargots. Chaque échantillon de terre est par la suite emballé, étiqueté, puis transporté au laboratoire. Les échantillons ont été par la suite séchés à l'air libre puis broyés dans un broyeur à 2 mm (Mathieu et Pieltain, 1998).

### 2.2.1. Détermination du pH du sol

La méthode de détermination du pH utilisée dans notre travail est la potentiométrie à l'aide d'un mètre, cette méthode mesure l'activité des ions  $H^+$  plutôt que leur concentration, la mesure est effectuée dans une suspension en équilibre (Afnor, 1996).

100 ml d'eau distillée ont été ajoutés à 50g d'échantillon du sol à laquelle ont été ajoutés à 50g d'échantillon du sol de chaque station à 2 mm de granulométrie, puis laisser le sol absorber la solution et mélanger pendant 10 secondes au moyen d'une tige de verre. Au cours des 30 minutes qui suivent, la suspension obtenue est agitée 4 ou 5 fois. Après un repos de 30 minutes, le pH est mesuré en plongeant l'électrode dans la suspension, la lecture se fait directement sur l'afficheur du pH-mètre.

### 2.2.2. Granulométrie

La méthode de l'hydromètre de Bouyoucos détermine les proportions physiques de 3 tailles de particules primaires du sol, par leur taux de sédimentation dans une solution aqueuse en utilisant un Hydromètre. Ces proportions sont représentées par un classement selon leur taille :

- Le sable compris entre 2 à 0,05mm.
- Le limon entre 0,05 à 0,002mm.
- L'argile  $\leq 0,002$ mm.

L'emploi de l'hydromètre de type ASTM 152 H est basé sur la température standard qui est de 20°C et la densité des particules qui est de 2,65g/cm<sup>3</sup> et les unités sont exprimées également en g/l de sol. La correction de la température et de la viscosité de la solution sont établies par la lecture du blanc.

100 ml d'héxamétaphosphate de sodium 5% sont ajoutés à 40g de sol sec. La solution obtenue doit ensuite subir une agitation à grande vitesse pendant 16 heures. Une fois l'agitation terminée, les échantillons sont transférés dans des allonges de 1 litre placées dans un bac thermostatique à 20°C, puis ajustés à 1000 ml avec de l'eau distillée. Parallèlement, le blanc est préparé, en utilisant 1 litre d'eau distillée et 25 ml d'héxamétaphosphate de sodium 5%. Après un temps de repos de deux heures à une température ambiante, introduire doucement l'hydromètre dans la suspension, la première lecture a été effectuée après 1 minute ; et la deuxième lecture après 7 heures 45 minutes. La densité du blanc est mesurée en même temps que les échantillons (ASTMD, 1974).

Le calcul des différentes composantes sable, limon et argile a été établi selon les formules suivantes :

$$S\% = (P_e - (L_1 - L_{b1}) / P_e) \cdot 100$$

$$A\% = (L_2 - L_{b2}) / P_e \cdot 100$$

$$L\% = 100 - (S\% - A\%)$$

$P_e$  : poids de l'échantillon ;  $L_1$  : la lecture de l'échantillon ;  $L_2$  : la deuxième lecture de l'échantillon ;  $L_b$  : lecture du blanc.

### 2.3. La biodiversité de la faune du sol au niveau des trois sites d'étude

Les organismes représentent un des cinq facteurs majeurs de la formation des sols (Coleman, 2008). Ainsi, le fonctionnement du sol est affecté par l'abondance et la diversité des organismes du sol (Loranger *et al.*, 1998). En accord avec de récentes estimations, les animaux du sol représenteraient à peu près 23% de la diversité totale des organismes vivants qui ont été décrits à ce jour (Lavelle *et al.*, 2006). Les auteurs s'accordent à dire que la faune et flore du sol jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Ils sont ainsi considérés comme le système supportant la vie sur notre planète. Tout ceci a provoqué un intérêt renaissant pour la biodiversité du sol et ses rôles fonctionnels (Barrios, 2007).

#### 2.3.1. Catégories faunistiques du sol

On trouve dans le sol une incroyable diversité d'organismes animaux. Classiquement, on distingue trois catégories en fonction de leur taille (Bachelier, 1979).

**La microfaune** : est constituée des espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm : des Protozoaires, quelques espèces de Rotifères terrestres, des Tardigrades et des Nématodes. Ces organismes vivent dans l'eau interstitielle du sol ; ils présentent des résistances à la sécheresse. Les Protozoaires dans le sol se comptent en centaines de millions par mètre carré.

**La mésofaune** : rassemble les invertébrés mesurant entre 0,2 et 4 mm : il s'agit d'Acariens, de Collemboles, de Pseudoscorpions, de Protoures, de Diploures, de petits Myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme « micro-arthropodes »), de Nématodes de plus grande taille et d'Enchytréides. Acariens et Collemboles sont les plus nombreux des microarthropodes du sol : leur nombre peut atteindre un million par mètre carré dans un sol brun, ce qui représente une biomasse de quelques grammes.

**La macrofaune** : est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Elle comprend les lombrics, les larves d'Insectes (en majorité des larves de Diptères et de Coléoptères, mais aussi d'Hémiptères, de Lépidoptères...), des Cloportes, des Myriapodes Chilopodes et Diplopodes, des Limaces et Escargots, des Araignées et Opilions, et des Insectes divers (Hyménoptères Formicidés, Coléoptères, Orthoptères, etc.). Lombrics exceptés, la macrofaune occupe principalement la litière.

Aux trois catégories de pédofaune précédemment décrites, Gobat *et al.* (2003) associent :

**La mégafaune** : réunissant les animaux du sol de plus de 10 cm : la Taupe européenne, bien sûr, la Marmotte alpine, le Lapin de garenne, de petits Rongeurs comme le Mulot sylvestre ou le Campagnol des champs. On trouve à la fois dans ce groupe des Crustacés, des

Reptiles, des Batraciens et des nombreux insectivores. C'est également dans cette catégorie que se classent les quelques lombrics tropicaux géants.

Par ailleurs, Brown *et al.* (2002) distinguent, sur la base de leurs fonctions trophiques, deux catégories de macro-invertébrés :

**1- La faune nuisible :** (pestes et ravageurs) regroupant les organismes phytophages qui se nourrissent, à une étape particulière de leur cycle biologique, des organes aériens ou souterrains de la plante cultivée. Ils peuvent alors causer des dégâts importants aux cultures et provoquer des baisses de rendements.

**2- La faune bénéfique :** qui rassemble les saprophages, les géophages et les prédateurs. Les premiers (saprophages ou détritivores) se nourrissent de la matière organique morte, d'origine végétale ou animale. Ils accélèrent de ce fait la vitesse de décomposition et de minéralisation de cette dernière et la libération conséquente des bioéléments pour la nutrition des plantes. Certains de leurs sous-produits constituent une source de nourriture pour d'autres organismes du sol. Les géophages quant à eux ingèrent d'importantes quantités de terre et sont considérés comme des agents de bioturbation. Ils creusent d'importants réseaux de galeries dans le sol, affectant ainsi, le régime hydrique, les échanges gazeux, la structure, la formation des agrégats de même la vitesse de formation des sols. Les prédateurs, enfin, sont localisés au sommet de la chaîne alimentaire et se nourrissent d'autres organismes vivants du sol. Ils contrôlent ainsi leurs populations et sont parfois d'importants agents de lutte biologique contre les ravageurs des cultures.

### 2.3.2. Rôles de la pédofaune du sol

Barros *et al.* (2004) ont confirmé dans leur étude que les activités de la faune et les propriétés physiques des sols étudiés sont étroitement liées et que les activités humaines exercent un effet majeur sur ces interactions. Les organismes édaphiques sont cruciaux pour les cycles biogéochimiques qui soutiennent le fonctionnement de la biosphère.

Les invertébrés jouent un rôle majeur dans la fertilité du sol en brassant horizons organiques et minéraux, en augmentant la macroporosité, en améliorant l'alimentation en eau et en stimulant la minéralisation de la matière organique. Ces processus aident à améliorer la structure du sol, les échanges gazeux, l'infiltration et la rétention d'eau et la mise à disposition des nutriments (De Ruiter *et al.*, 1998 ; Kladvko, 2001 ; Ettema et Wardle, 2002 ; Swift *et al.*, 2004 ; Barrios, 2007). De plus, l'abondance et la biodiversité de la faune du sol aide à prévenir le développement de pestes dans les agroécosystèmes grâce aux ennemis naturels de celles-ci (Wardle *et al.*, 1999 ; Brévault *et al.*, 2007). La macrofaune et la mésofaune sont souvent perçues comme des indicateurs de la qualité du sol, du fait qu'ils intègrent la plupart des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

#### A) Impact sur les propriétés physiques du sol

L'action physique de la faune intervient sur des propriétés telles que la porosité, ou la structure. Indirectement, c'est l'évolution des gaz et liquides dans le milieu qui est améliorée. Elle permet également la création d'habitat et de réseaux de migration pour toute une partie de

la pédofaune. L'activité de la faune est largement dépendante de l'organisation créée par les organismes ingénieurs.

### ✓ **Formation des galeries**

Les fourmis et les termites déploient une activité particulièrement impressionnante pour construire leurs logis. En effet, fourmilières et termitières sont constituées de matières minérales et organiques mêlées. Les vers de terre, eux, ingèrent sélectivement, quantité de matières organiques et minérales en formant un réseau important de galeries plus ou moins profondes. On a ainsi estimé entre 800 et 1 250 tonnes de terre sèche par hectare, la quantité qui passe à travers leur tube digestif durant une année normalement pluvieuse dans les savanes africaines. Ces invertébrés participent indirectement à l'incorporation de la matière organique dans le sol et réalisent un travail de décompactage en remuant, dispersant et mélangeant les éléments mis en œuvre (Deprince, 2003). Les structures créées favorisent, dans le sol, une nette amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurale (Aina, 1984 ; Lavelle, 1997). La formation des galeries génère, en effet, un réseau stable et continu de macropores qui conduit l'eau, facilite les échanges gazeux et fournit un milieu favorable à la croissance des racines (Lee, 1985). Lal (1988) rapporte, par exemple, que le taux d'infiltration est plus élevé sur alfisols riches en vers de terre que sur sols de même nature où ils ont été éliminés. En outre, la forte présence des vers de terre dans un sol transforme une structure massive et compacte en une structure poreuse. A l'opposé, les monticules créés par les termites sont dépourvus de macropores et ont par conséquent une structure massive et une densité apparente plus élevée qu'un sol naturel à particules similaires.

### ✓ **Formation d'agrégats**

Les vers de terre et les termites humivores produisent des turricules qui sont des déjections formées d'un mélange de matières organiques et minérales. Ces turricules, molles au départ, renferment de l'azote minéral, de l'ammonium et du phosphore assimilable. L'ensemble, en séchant, piège la matière minérale dans une structure en agrégats, très compacte et plus stable (Blanchart *et al.*, 1993 ; Deprince, 2003). Lombrics et termites jouent donc un rôle dans la séquestration de la matière organique dans les sols, en particulier dans la fixation du carbone. Ils régulent ainsi les processus biologiques passant par la terre (Deprince, 2003).

### ✓ **Brassage des horizons**

Cette activité de la macrofaune est la résultante des deux premières. En effet, fourmis, termites, vers de terre et autres macro-arthropodes remuent d'importantes quantités de terre aussi bien lors de la mise en place des galeries qu'à travers la production des crottes. Lavelle *et al.* (1991) rapportent que 25 à 30 tonnes de sol sont remontées annuellement à la surface dans les savanes d'Afrique. Ce qui correspond, Deprince (2003), à un labour sur les vingt premiers centimètres du sol. Ce brassage qui mobilise diverses fractions du sol affecte sa texture (Lal, 1988). Ainsi, Watson (1976), la texture est plus fine dans les monticules mises en place par les termites que dans les horizons de surface adjacents. Les fourmis, elles, utilisent des particules grossières pour la construction de leurs nids.

### **B) Impact sur les propriétés chimiques du sol**

La faune influence les caractéristiques chimiques des sols par des voies très variées. L'effet le plus net est la modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire (Gobat *et al.*, 2003). Les excréta produits par la faune modifient également de manière directe la composition chimique du sol. La faune constitue en elle-même une réserve importante d'éléments qui redevient mobilisable à sa mort. En comparaison à la micro et mésofaune, les cadavres de la macrofaune fournissent des apports beaucoup plus élevés. Il en est de même pour les vertébrés formant la mégafaune. Plusieurs effets indirects sur la composition chimique du sol peuvent également être observés. Les protozoaires sont capables de minéraliser l'azote, le phosphore et le soufre à partir de leur nourriture (bactéries). Les ingénieurs par la remontée de matériaux profonds peuvent également augmenter le potentiel chimique des sols.

### **C) Impact sur les propriétés biologiques du sol**

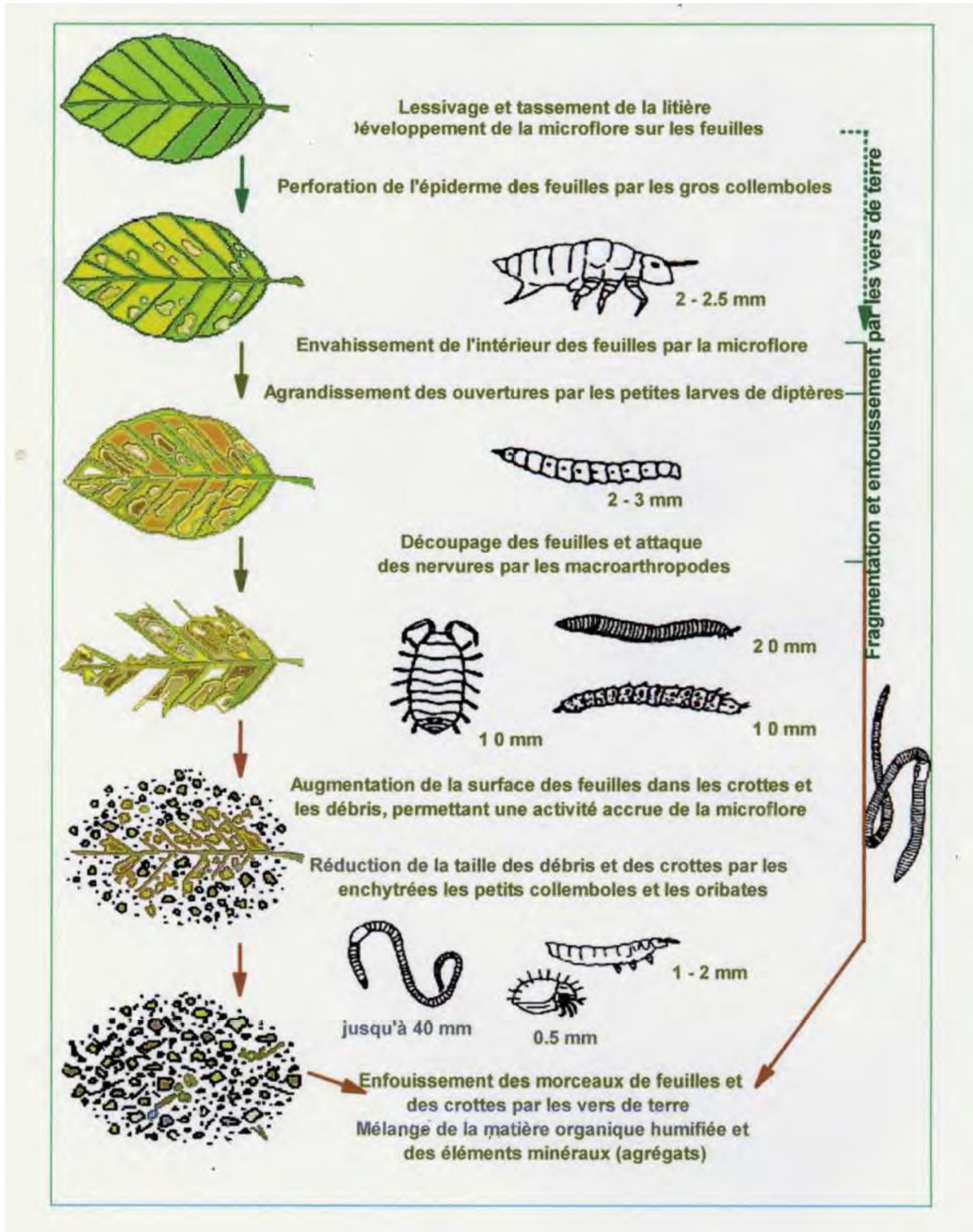
L'activité biologique d'un sol est le résultat des interactions entre les différents organismes. Elle se traduit par une variation de l'activité ou de la densité de la communauté. Elle tend à installer un certain « équilibre » pour un fonctionnement optimal et durable des processus en cours. Parmi eux, on notera la compétition, ou l'effet des prédateurs sur les ravageurs. On notera également le rôle joué par la pédofaune pour la dissémination des spores et bactéries. Cette propagation s'effectue soit par des crottes dispersées dans le sol soit par transport sur le corps des animaux.

#### **2.3.3. Groupes fonctionnels d'organismes du sol**

**1. Les ingénieurs** de l'écosystème sont les organismes qui directement ou indirectement contrôlent la disponibilité des ressources pour les autres organismes en modifiant l'environnement biotique ou abiotique. Les effets écologiques de l'ingénierie sur les autres espèces se produisent du fait que les changements d'état physique contrôlent directement ou indirectement les ressources utilisées par ces autres espèces (Jones *et al.*, 1997 ; Wolters *et al.*, 2000). Les ingénieurs écologiques du sol construisent de grandes et résistantes structures organo-minérales qui peuvent persister durant de longues périodes (des mois voire des années) et qui peuvent profondément affecter l'environnement pour des organismes plus petits. Ces invertébrés peuvent développer des relations mutualistes avec les microorganismes qui vivent dans leurs systèmes digestifs ou dans les structures qu'ils ont construites (Lavelle *et al.*, 1998). Ce groupe inclut les termites, les vers de terre et les fourmis.

**2. les transformateurs de la litière** produisent de simples structures organiques qui sont bien moins persistantes (Giller *et al.*, 1997 ; Byers *et al.*, 2006). Leur rôle essentiel est de modifier la litière, les débris végétaux et animaux qui tombent au sol. En réduisant cette litière en particules minuscules, ils en modifient la nature physique et chimique, la rendant ainsi plus favorable à l'activité microbienne et à une décomposition plus poussée. Ils peuvent permettre aussi une meilleure disponibilité de certains éléments nutritifs pour la plante (Lavelle *et al.*, 1998).

3. les **prédateurs** qui contribuent à une régulation de l'activité biologique du sol, en agissant au plus haut rang de la chaîne trophique inféodée au sol, en se nourrissant de tous les autres organismes (Brévault *et al.*, 2007).



**Figure 02** : Diversité et rôles de la faune du sol (Cluzeau, 2006).

### 2.4. Les myriapodes dans le sol

#### 2.4.1. Distribution

Les Lithobides se rencontrent dans les litières et les abris de surface, car ils ne peuvent creuser et ils craignent une immersion prolongée, mais il est nécessaire pour ces Myriapodes que les litières soient assez épaisses et les abris de surface assez nombreux, étant donné qu'ils sont aussi sensibles à la sécheresse. Les Polysémies vivent de même en surface, mais ils sont plus résistants à la dessiccation que les Lithobides. Ils ont cependant besoin de gros débris pour abriter leurs pontes et leurs mues. Les Iulimorphes et les Géophiles peuvent s'enfoncer dans le sol et, en dehors des périodes de mues, ne sont que peu affectés par les inondations temporaires du milieu. Les Géophiles, par suite de leur susceptibilité à la dessiccation, tendent pendant les périodes sèches à demeurer plus à l'abri que les Iules. Les uns et les autres descendent plus en profondeur quand les conditions deviennent hostiles (chaleur, froid, sécheresse, prédateurs) ; ils remontent en surface pour leur nourriture. Ces déplacements verticaux sont saisonniers, nycthémeraux ou irréguliers. Les Gloméris creusent comme les Iules mais, par suite de leur forme globuleuse, ils s'avèrent moins puissants et tendent plus à demeurer en surface. Ils marquent généralement une nette préférence pour les litières facilement décomposables (Bachelier, 1978).

#### 2.4.2. Densité des Myriapodes dans les différents sols

Dans les sols sous forêt, les Diplopodes sont assez nombreux dans les mull, mais généralement rares dans les litières acides sous conifères. Les Chilopodes sont au contraire souvent plus nombreux dans les sols sous conifères. Bornebusch, (1930) indique une dominance des vers de terre, des Diplopodes et des Chilopodes Lithobides dans les sols bruns tempérés forestiers (où l'on trouve souvent plus de 100 Diplopodes au mètre carré), et une dominance des Chilopodes Géophiles, des larves de Diptères et des larves Elatéridés dans les podzols. Gilyarov et Folkmanova, (1957) ont aussi trouvé en Russie sous forêt une dominance de Lithobides, alors que dans les steppes dominant des Géophiles dont les espèces varient selon les biotopes.

Dans les sols calcaires, existe une abondance d'Iules et surtout de Gloméris. Ces animaux roulés en boule peuvent résister longtemps à la dessiccation et la présence d'ions calcium limite leur perméabilité. Ce sont cependant des calcicoles facultatifs, car de nombreuses espèces vivent dans des sables pauvres en bases et dans les sols ferrallitiques des régions équatoriales, où ils dépendent beaucoup des litières. Les Iules et les Gloméris existent aussi dans les sols où manquent les animaux fouisseurs, dont ils prennent la place en tant que saprophages.

Dans les sols cultivés, on ne trouve guère de Gloméris, car ces espèces qui muent, pondent et se nourrissent en surface, ne trouvent plus de conditions satisfaisantes. Ils sont par contre nombreux dans les prairies naturelles non pâturées.

### 2.5. Impact des polluants du sol sur la biodiversité animale du sol

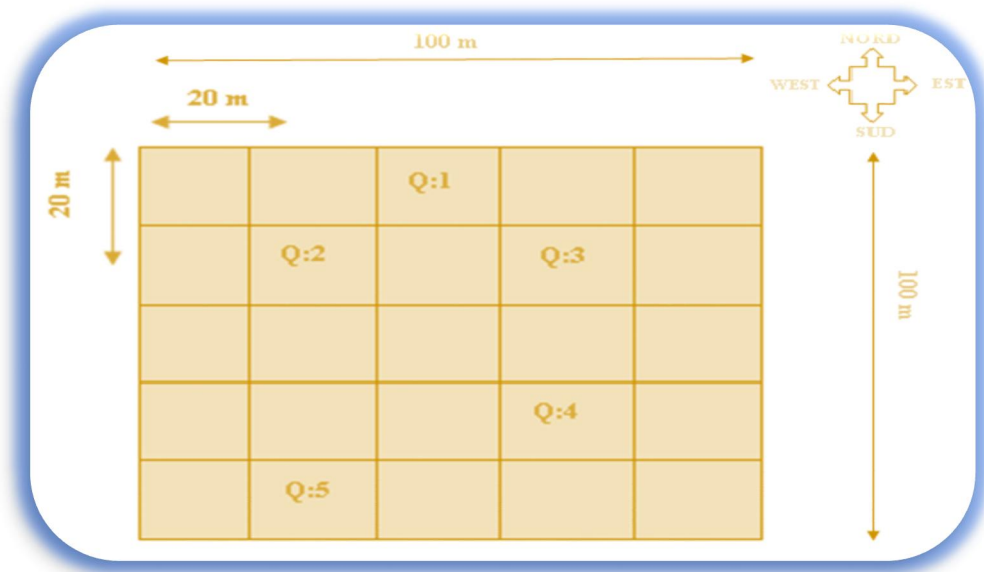
L'exposition des animaux du sol aux polluants varie selon la nature de ces derniers (polluants organiques labiles ou persistants, métaux lourds) et les voies d'exposition (via l'atmosphère du sol, les ressources trophiques, ou par contact direct). De manière générale, la première réaction d'un organisme mobile est de fuir le polluant dès lors qu'il a été détecté dans son environnement (sauf paralysie ou mort immédiate) (Ponge, 2010). La fuite peut se faire à courte distance (en s'enfonçant dans le sol par exemple) ou bien en recherchant des zones non ou moins polluées (refuges) au hasard de ses déplacements (Gilser et Hölscher, 1997 ; Gass *et al.*, 2006). Des tests d'évitement portant sur les animaux du sol (vers de terre, collemboles, enchytréides, myriapodes) ont été mis au point au laboratoire, permettant à moindre coût la détection de la pollution des sols, à des teneurs inférieures aux seuils de toxicité aiguë ou chronique (Martínez Aldaya *et al.*, 2006 ; Lors *et al.*, 2006 ; Garcia *et al.*, 2008 ; Kobetičová *et al.*, 2009 ; Daas *et al.*, 2013). D'une manière générale les sols pollués se caractérisent par un appauvrissement de leurs réseaux trophiques, lié à la perte de biodiversité. Chaque fonction (par exemple la décomposition de la matière organique) étant assurée par un ensemble d'organismes cohabitant dans le même volume de sol, un seuil de tolérance peut être défini pour chacun de ces groupes d'organismes, qu'ils soient animaux ou microbiens. Lorsque l'espèce la moins sensible au polluant disparaît, c'est la fonction qui disparaît (Ponge, 2010).

### 2.6. Récolte du matériel biologique

#### 2.6.1. Méthode d'échantillonnage

La période de récolte du matériel biologique représenté par la classe des Myriapodes (Chilopodes et Diplopodes) s'étale sur 12 mois ; du mois Janvier 2011 à Décembre 2011. Au niveau de chaque site, nous avons sélectionné une parcelle de 100000 m<sup>2</sup>, soit un hectare. À l'aide de ficelle de fer, chaque station a fait l'objet d'un quadrillage, la surface de chaque quadra est de 400m<sup>2</sup> soit 20m X 20m, cependant ; sur les 25 quadras 5 sont choisis d'une façon aléatoire. Sur chaque parcelle élémentaire, quatre pièges de type « Barber » (Gobat *et al.*, 1998 ; Viaux et Rameil, 2004) sont disposés d'une façon aléatoire.

Chaque piège est constitué d'un seau en plastique (volume 3 litres et diamètre 15cm) contenant de l'eau et du sel. Il est enterré au ras du sol et surmonté d'une toiture métallique le protégeant de la pluie. Il s'agit d'un dispositif de piégeage passif. Les captures résultent de l'activité des Myriapodes.



**Figure 03 :** Représentation schématique du protocole d'échantillonnage (Houd, 2013).



**Figure 04 :** Présentation du piège Barber (Freysinel, 2007).

### 2.6.2. Conservation et Identification

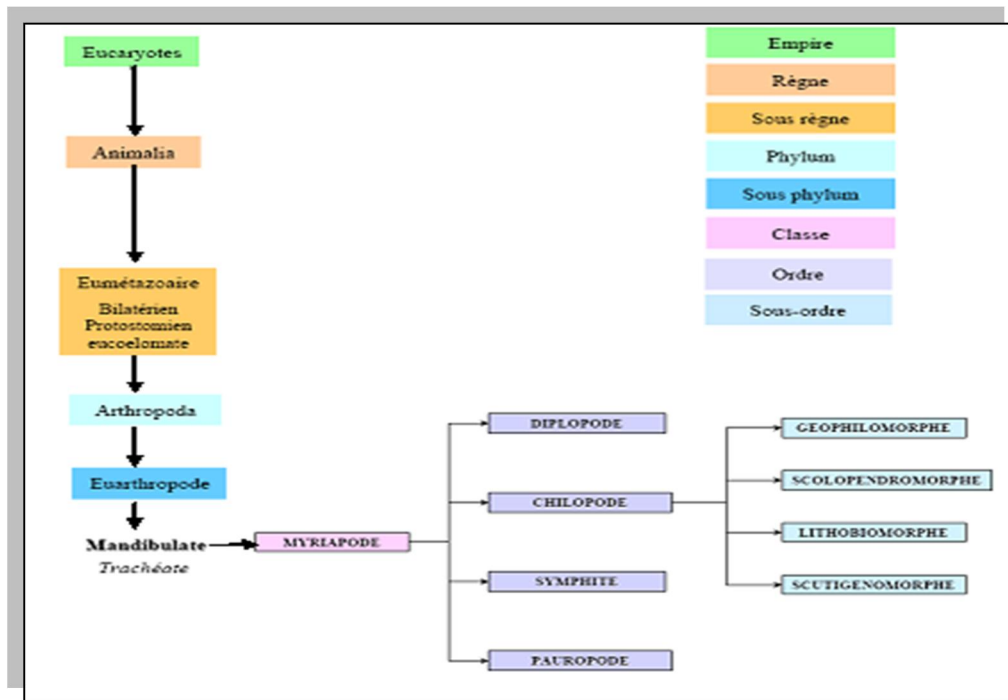
Les Myriapodes tombés dans ces pièges ont été récoltés deux fois par mois (Heliölä *et al.*, 2001). Le contenu de chaque piège a été transféré dans un flacon en verre étiqueté contenant de l'alcool à 70° afin de conserver les spécimens collectés. Chaque flacon a ensuite été ramené au laboratoire pour identification et comptage des individus piégés.

Les individus collectés sont dénombrés puis observés à l'aide d'une loupe binoculaire. La détermination de la famille d'appartenance, du genre et éventuellement de l'espèce est basée sur l'observation des caractères morpho-anatomique établis par Brölemman (1930) et Demange (1981).

### 2.6.3. Biologie des Myriapodes

#### 2.6.3.1. Aperçu sur la systématique de la classe des Myriapodes

Selon la classification établie par Reimers (2003) ; les Myriapodes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes.



**Figure 05 :** Systématique des Myriapodes (Reimers, 2003).

La classe des Myriapodes renferme deux groupes selon la position des orifices génitaux :

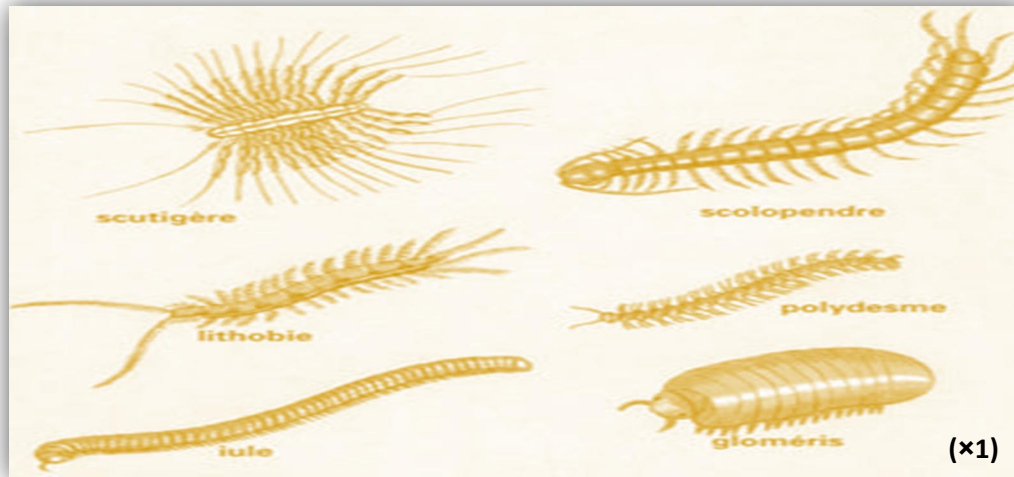
- **Progonéates** : les orifices génitaux sont situés dans les segments antérieurs (Diplopedes, Paupodes, Symphyles).
- **Opisthogenéates** : orifices génitaux situés à la face ventrale du dernier segment du tronc (Chilopodes).

#### 2.6.3.2. Morphologie

De répartition mondiale, les Myriapodes ont un corps segmenté comporte un squelette externe à base de chitine plus au moins dure (exosquelette) (Demange, 1981) et comprenant neuf (9) à cent (100) segments abdominaux en fonction de l'espèce, et quatre (4) segments thoraciques, pourvus de nombreuses pattes (une à deux paires par segment).

Au sein des Myriapodes, quatre groupes distincts sont reconnus, les mille-pattes (millipèdes) au sens strict ou Diplopedes, les Chilopodes ou « centipèdes» dans lesquels on retrouve les scolopendres, et enfin deux groupes de Myriapodes nains, les Paupodes et les Symphyles.

Les Chilopodes possèdent de longues antennes contrairement aux Diplopedes, ils ne possèdent qu'une seule paire de pattes sur chaque segment abdominal même si ces pattes peuvent être longues comme c'est le cas des Scutigères. La première paire d'appendices est transformée en paire de crochets à venin appelés forcipules.



**Figure 06 :** Présentation de quelques groupes de Myriapodes (Google image).

### 2.6.3.3. Anatomie externe des Chilopodes

Les Chilopodes (*Chilopoda*) sont un ordre de Myriapodes. Chacun des nombreux segments porte une paire de pattes sauf le premier dont la paire d'appendices est transformée en paire de crochets à venin appelés forcipules.

Les Chilopodes sont prédateurs d'autres arthropodes ou de vers. Ils sont tous terrestres mais ont besoin d'un milieu humide car leur cuticule ne possède pas de couche de cire leur permettant de résister à la sécheresse, ils sont aussi lucifuges. La morsure des plus grandes espèces est douloureuse pour un homme adulte et peut parfois être dangereuse pour un enfant.

Pour les zoologistes, les Chilopodes sont des Myriapodes opisthognéates (Iorio, 2004a). Cette classe compte environ 350 espèces connues (Kevan, 1999), ce sont des Myriapodes de grande taille atteignant jusqu'à 25cm, ils ont un tégument mou (Pérès, 2006), à corps aplati dorso-ventralement avec un nombre élevé de segments.

Brölemann (1930) ajoute que chez un Chilopode nous avons à distinguer : la tête pourvue d'organes buccaux, le segment forcipulaire avec ses membres, le tronc formé de segments équivalents entre eux et qui portent chacun une seule paire de membres, enfin un groupe de segments terminaux dont les appendices sont très réduits, ou modifiés, ou même complètement atrophiés. Ces diverses parties du corps d'un Chilopode sont constituées suivant un gabarit assez uniforme.

### ➤ La tête

Selon Brölemann (1930), la tête est constituée par la fusion de l'acron avec six métamères, correspondant aux segments pré-antennaire, antennaire, post-antennaire, mandibulaire, maxillaire I et maxillaire II.

La capsule céphalique est une lentille, en partie évidée ventralement, qui porte en avant deux membres, les antennes, rapprochés à la base et atténués vers la pointe. Son bord caudal est aminci, ses bords latéraux sont légèrement repliés sur la face ventrale, en avant, la surface est continuée par une bride étroite, resserrée entre les antennes.

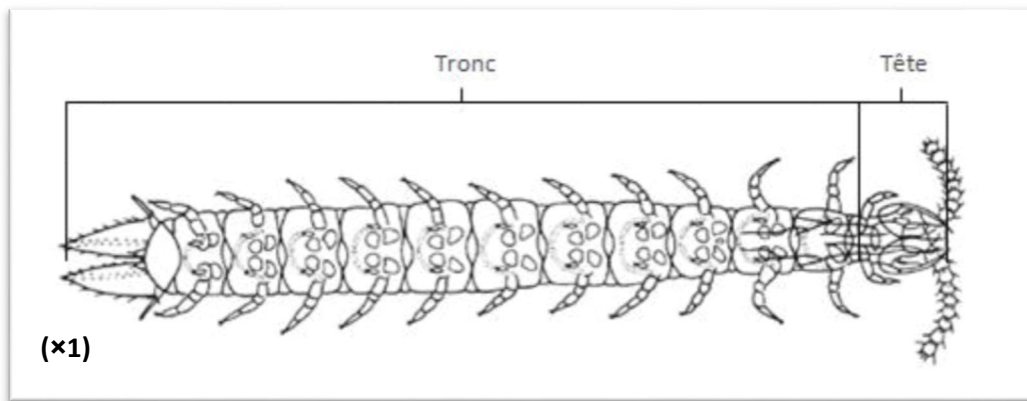
Dorsalement, la surface de la tête est faiblement bombée et unie ; elle présente cependant parfois, à son premier tiers environ, un sillon transversal arqué à concavité antérieure (sillon frontal), dont les extrémités se perdent latéralement ou butent dans des sillons obliques qui limitent intérieurement des plages ocellaires. Ces plages forment la partie antérieure du rebord de la lentille céphalique, en arrière de la base des antennes. Tantôt on y voit des groupes avec des ocelles indépendants, bombés, ordinairement pigmentés, en nombre très variable ; tantôt les ocelles font complètement défaut.

Boué et Chanton (1978) relatent que la première paire de pattes est céphalisée et transformée en crochets puissants en rapport avec une glande à venin appelé forcipules.

### ➤ Le Tronc

Brölemann (1930) affirme qu'en arrière du segment forcipulaire commencent les segments du tronc, constitués chacun par un tergite et un sternite reliés de part et d'autre par une membrane souple englobant des plages clarifiées, l'orifice respiratoire, ou stigmate et une seule paire de membres. Le nombre de segments est tantôt en nombre déterminé (15, 21) pour toutes les espèces de chaque groupe, tantôt en nombre variable, pour la même espèce. Les tergites sont des sclérotes plus ou moins développés, souvent rectangulaires, tantôt égaux entre eux, tantôt inégaux, suivant une alternance déterminée ; ils peuvent présenter des différenciations, notamment des sillons.

Chez les Géophilidés, il existe fréquemment des glandes dont les pores (pore ventraux) s'ouvrent à la surface du sternite, soit isolément, soit par groupe plus ou moins compacts, sur des espaces délimités ou non (champs poreux) et la distribution de ces pores est toujours importante à préciser. Grassé et Doumenc (2000) ajoutent que le telson porte l'anus et n'a pas d'appendices, il engendre les nouveaux au cours du développement post embryonnaire.



**Figure 07 :** Vue générale du corps d'une *Lithobie* (Beaumont et Cassier, 2000).

Dans cette classe d'arthropodes en distingue 4 ordres :

**1) Les Lithobiomorphes :**

Les Lithobiomorphes possèdent 15 paires de pattes, ils se caractérisent par un corps plat, massif et nettement segmenté, avec certains tergites plus petits que d'autres. Nombreuses épines sur les pattes et le tronc ; celles des pattes avant sont les plus nombreuses et les plus visibles. Les antennes divisées en nombreux petits articles. Les ocelles sont peu développés, alors que le forcipule est massif (Brölemann, 1930).



**Figure 08:** *Lithobius forficatus* (Iorio, 2010).

**1) Les Scolopondromorphes :**

Ce groupe possède de 21 à 23 paires de pattes, le corps des scolopendres est généralement plat, massif et nettement segmenté, cependant les tergites sont normalement proportionnés (Iorio 2003), les antennes comprenant au minimum 07 articles. Les ocelles sont peu développés, inexistantes chez certaines familles (Cryptopsidae).



**Figure 09 :** *Scolopendra morsitans* (Soucha, 2013).

## 2) Les Géophilomorphes :

Plus de 23 paires de pattes caractérisent les Géophiles, ces derniers possèdent un corps plat, long et frêle. Cependant, la segmentation est assez nette. Le corps des Géophilomorphes comprend une alternance régulière de tergites normaux et de tergites plus petits. Les pattes sont assez courtes et frêles comparativement à la longueur du corps, les antennes sont plutôt courtes. Les Géophiles se caractérisent par l'absence d'ocelles (Perrier, 1970). Ces Chilopodes sont les moins rapides.



**Figure 10 :** *Pachymerium ferrugineum* (Iorio, 2010).

### 3) Les Scutigéromorphes :

Les Scutigéromorphes ont 15 paires de pattes, avec un corps bombé et trapu. La segmentation est particulière et moins nette que les autres Arthropodes, avec des tergites plus petits que d'autres. Les pattes sont particulièrement longues, les antennes sont divisées en très nombreux petits articles, les ocelles sont composés et très développés, mais leur forcipule est frêle, selon Kevan (1999), c'est le seul Chilopode à disposer d'une bonne vue.



**Figure 11 :** *Scutigera coleoptrata* (Iorio, 2010).

#### 2.6.3.4. Anatomie interne des Chilopodes

##### a) La digestion

L'appareil digestif est un tube droit divisé en trois parties : l'œsophage, l'intestin moyen, l'intestin postérieur. L'œsophage a des plis longitudinaux et des saillies forment une sorte de filtre pour les aliments avec une valvule terminale associée à un sphincter musculaire. L'intestin moyen, section la plus longue, est le siège de la digestion et de l'absorption. L'intestin postérieur court est en S. Une paire d'organes excréteurs (reins), les tubes de Malpighi, débouchent entre les intestins moyen et postérieur (Boué et Chanton, 1978). Les glandes salivaires, nombreuses (plusieurs paires), débouchent dans la cavité buccale.

Selon Stachurski et Zimka (1976), le régime alimentaire des Myriapodes est diversifié bien que les Diplopodes sont des Arthropodes végétariens qui se nourrissent de la matière végétale de la litière du sol. Leur rôle est important comme transformateurs de la matière organique dans les premières étapes de décomposition (David, 1987). Par ailleurs, les Chilopodes sont des carnivores et jouent un rôle dans la régulation des populations. Ces prédateurs possèdent un appareil inoculateur de venin, les forcipules (Iorio, 2004b).

Le venin des Chilopodes est létal pour la plupart des petits Arthropodes, Aranéides et Coléoptères qui sont particulièrement sensibles (Dubosco, 1994 ; Iorio, 2004b).

### **b) La circulation**

Demange (1981) note que le vaisseau dorsal ou cœur est pourvu de muscles aliformes. Il se continue, en avant et en arrière, chez les Scolopendres par une artère. Il y a une paire d'ostioles et une paire d'artères par segment. La paire d'artères antérieure est reliée à un vaisseau ventral courant le long de la chaîne nerveuse formant un anneau autour de l'œsophage. Le sang passe dans deux sinus courant de part et d'autre de la chaîne nerveuse ventrale ; Il est à noter que l'humidité influe sur la masse sanguine et le nombre de globules.

### **c) La respiration**

Les Myriapodes sont des animaux fondamentalement terrestres donc trachéates comme les insectes (Anonyme, 2006). La respiration s'effectue par des trachées ramifiées, maintenues béantes par un épaississement en spirale ; elles débouchent dans des chambres communiquant avec l'extérieur par les stigmates ; ceux-ci sont situés dans les pleures et larves, la respiration est exclusivement cutanée.

Le faisceau de trachées converge vers un vestibule granuleux qui aboutit à un stigmate. Le nombre et la position de ces orifices varient d'une espèce à l'autre (Grassé et Doumenc, 2000).

### **d) Le système nerveux**

Le cerveau possède une commissure réunissant les lobes trito-cérébraux. La chaîne nerveuse ventrale reste double et les deux ganglions bien individualisés.

Les Myriapodes réagissent à de nombreuses excitations physiques et chimiques (température, humidité, etc.) mais on ne connaît pas encore très précisément tous les organes sensoriels récepteurs.

### **e) La reproduction**

Les sexes des Myriapodes sont séparés (Boué et Chanton, 1978) ; chez le mâle, il existe un testicule allongé dont les spermiductes, et qui reçoit ventralement les produits des glandes accessoires (Fabre, 1885). Le nombre de gonades est variable selon les espèces. La partie terminale des conduits mâles présente un pénis chitineux qui aboutit sous le dernier segment du tronc à l'orifice génital encadré par les deux gonopodes (Boué et Chanton, 1978).

Chez les Myriapodes, la fécondation est indirecte et externe ou le mâle fabrique les spermatophores, l'accouplement n'existe pas chez les Diplopodes (Iorio, 2002a).

Comme le mentionne Demange (1956), le printemps et l'automne sont toutefois les saisons les plus favorables à la séquence éthologique nommée « la formation des couples ». Cependant (Eason, 1964 ; 1982) signale que certaines espèces sont dotées d'un mode de reproduction particulier : la parthénogenèse comme *Lonuyctes emarginatus* (Newport, 1844). Zapparoli (2002) signale que le mâle de cette espèce n'est d'ailleurs connu que dans quelques archipels atlantiques (Canaries, Açores) et aussi en Grèce. Iorio (2002b) communique que les gonopodes sont utiles à la reproduction et que ces derniers sont composés de trois articles et en forme de tenaille chez les femelles.

Dans les régions tempérées, la ponte a lieu souvent dans les fentes du sol en avril et mai. D'après Brocher (1930), chez *L. forficatus*, la ponte survient de décembre à avril et l'éclosion

50 à 90 jours après. Cependant, Chalande (1905) confirme que les éclosions ont lieu en peu à toutes les époques, et principalement depuis le début du mois de septembre jusqu'au milieu de l'automne. Le nombre d'œufs est variable selon les espèces, ainsi les Diplopedes peuvent pondre de 40 à 130 œufs.

Selon Iorio (2004a), l'incubation peut être variable et semble liée à des facteurs externes multiples. Ainsi Joly (1966), mentionne une durée inférieure à Brocher (1930) puisqu'il cite la naissance de 15 à 22 larves 35 à 40 jours après la ponte à 18-20°C après la ponte de certains individus. Serra et Miquel (1966), indiquent un pourcentage moyen de viabilité des œufs de 77,53% chez *L. piliconus* (Newport, 1844).

## 2.7. Toxicité environnementale et expérimentale

### 2.7.1. Présentation du matériel biologique

#### 2.7.1.1. *Eupolybothrus nudicornis*

##### ➤ Position systématique

*Eupolybothrus nudicornis* est une espèce de centipède appartenant à l'ordre des Chilopodes, répandue surtout en Afrique et les régions à climat modéré ou bien chaud, sa systématique se base principalement sur des caractéristiques morphologiques : la couleur et l'aspect du corps, qui est plat et allongé comportant quinze segments, le nombre d'articles antennaires ainsi que le nombre de dents et d'ocelles.

Elle est classée comme suit :

- **Règne :** Animal
- **Embranchement :** Arthropodes
- **Sous embranchement :** Arthropodes trachéens
- **Classe :** Myriapodes
- **Super ordre :** Opisthognéates
- **Ordre :** Chilopodes
- **Sous ordre :** lithobiomorphes
- **Famille :** lithobiidés
- **Genre :** *Eupolybothrus*
- **Espèce :** *nudicornis* (Gervais, 1837)

##### ➤ Morphologie

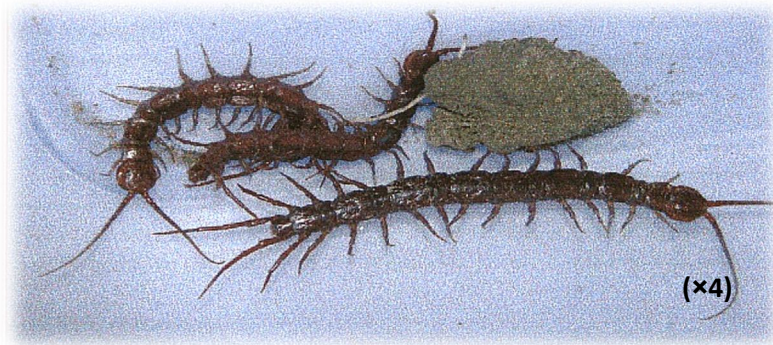
*Eupolybothrus nudicornis* est l'espèce la plus abondante et la plus homogène de la classe des Chilopodes. Le corps est en forme du ruban, légèrement convexe aplati dorso-ventralement, d'une couleur brunâtre avec un tégument rugueux surtout vers l'arrière.

➤ **La tête :** porte des yeux latéraux, constitués de plusieurs ocelles juxtaposés (12 à 16) disposées en trois rangées. Une paire d'antennes multiarticulées de 43 à 48 articles, en plus d'une paire de mandibules et deux paires de mâchoires (Figure 12).

➤ **Le tronc** : il est composé de quinze segments, chacun portant une paire de pattes. Cependant, le premier segment porte des forcipules. Les trois derniers segments sont particuliers :

1. Un segment pré-génital avec des gonopodes.
2. Un Segment génital avec des gonopodes rudimentaires et des orifices génitaux.
3. Un Segment anal, avec des valves anales et l'anus.

Selon Demange (1981) ce Chilopode est très rapide, il peut atteindre une vitesse de 144cm/min.



**Figure 12** : aspect morphologique d'*Eupolybothrus nudicornis* (Daas, 2005).

#### 2.7.1.2. *Scolopendra morsitans*

##### ➤ Position systématique

*Scolopendra morsitans* est une espèce de centipède qui se trouve dans les régions tropicales et d'autres régions chaudes, y compris le Mexique, l'Amérique centrale, les Caraïbes, une grande partie de l'Afrique, Madagascar, l'Afrique du Sud et l'Asie de l'Est et en Australie. *Scolopendra morsitans*, espèce régionale, est identifiée selon les caractéristiques morphologiques suivantes, à savoir la couleur et l'aspect du corps, le nombre de métamères, le nombre de paires de pattes, le nombre des articles antennaires, le nombre de dents et ocelles.

Elle est classée comme suit :

- **Règne :** Animal
- **Embranchement :** Arthropode
- **Sous embranchement :** Arthropodes trachéens
- **Classe :** Myriapodes
- **Super ordre :** Opisthognéates
- **Ordre :** Chilopodes
- **Sous ordre :** Scolopendromorphes
- **Famille :** Scolopendridae
- **Genre :** *Scolopendra*
- **Espèce :** *morsitans* (Linnaeus, 1758)

### ➤ Morphologie

*Scolopendra morsitans* est un arthropode mandibulate à respiration trachéale. La longueur du corps mesure environ 6 à 8 cm, *Scolopendra morsitans* adulte mesure jusqu'à 13 centimètres, avec les femelles généralement plus grandes. Elle est de couleur allant du brun jaune au brun olive (Brölemann, 1930), elle est d'un brun jaunâtre rayé de bandes transversales olivâtres, Parfois le bord caudal des tergites est de teinte différente. Le corps est divisé en tête et en tronc aplati dorso- ventralement.

➤ **La tête :** est la plus évoluée de ces invertébrés, c'est une tête sans sillons longitudinaux. Leurs yeux, situés derrière leurs antennes, se composent de quatre ocelles (Brölemann, 1930), qui sont adaptés à la vision de nuit. Leurs antennes fournissent les sens du toucher et de l'odorat, ce sont des antennes courtes ayant 6 à 8 articles de la base ordinairement glabres, suivis d'articles pubescents (Brölemann, 1930). Ces invertébrés comportent également un appareil buccal assez complexe qui peut être composé en deux parties leur permettant d'être de redoutables prédateurs :

- Le premier maxillaire (comme deux roues disposées sur les côtés de la ligne médiane de la bouche), ce sont les responsables de l'écrasement des morceaux de la proie avant de l'avaler.

- Le second maxillaire est plus mobile et plus long, utilisé pour disposer la nourriture à l'entrée de la bouche (Carles, 2006).

➤ **Le tronc :** est composé de (21-23) segments recouverts de plaques sur leurs partie dorsale, chaque segment porte une paire de courtes pattes robustes terminées par de fortes griffes ; celles de la dernière paire, plus longues et plus grosses que les autres, sont épineuses (Anonyme, 1971), pas d'aiguillons aux articles (Brolemann, 1930). Naissant avec 7 paires de pattes, ils acquériront d'autres nouvelles (21 à 23) au cours de treize mues successives. Au cours de l'évolution, la première paire de pattes se déforme en crochets ou forcipules. Les membres forcipulaires se rattachent au coxosternum, pièce ventrale du segment forcipulaire en arrière de la tête. Les membres sont constitués de quatre articles (fémorroïde, tibia, métatarse et le tarse porteur de la griffe forcipulaire) et la glande à venin est située dans le fémorroïde (Iorio, 2004), (Figure 13). Les trois derniers (3) derniers segments sont particuliers et sont les mêmes que ceux de *E. nudicornis*.



**Figure 13 :** Aspect morphologique de *Scolopendra morsitans* (Soucha, 2013).

### 2.7.1.3. Reproduction et développement

#### A) Reproduction

La reproduction est la fonction par laquelle les êtres vivants perpétuent leur espèce. La reproduction sexuée est une fonction non seulement coûteuse du point de vue énergétique mais aussi de nature complexe (Arms et Camp, 1993). Chez les espèces qui se reproduisent de façon asexuée, l'énergie affectée à la reproduction représente un investissement important si l'on considère qu'elle servira presque entièrement à assurer la croissance du nouvel individu (Brusca et Brusca, 1990 ; Arms et Camp, 1993). En ce qui a trait à la reproduction sexuée, la libération des spermatozoïdes, ou des ovules, dans l'eau ou dans l'air, reste un événement hasardeux car bon nombre de ces gamètes ne trouveront pas de partenaire (Arms et Camp, 1993 ; Eberhard, 1996). Dans ce cas-ci, toute l'énergie ayant servi à leur production sera complètement perdue.

Chez les organismes à fertilisation interne, la perte des gamètes s'observe rarement étant donné que les gamètes mâles sont déposés à proximité de ceux produits par les femelles (Eberhard, 1966). Par contre, chez ces organismes, les coûts de la reproduction sexuée sont

davantage liés à la recherche du partenaire et au développement de caractères sexuels secondaires, lesquels favorisent le plus souvent leur acceptation par l'autre sexe (Borgia, 1979 ; Arms et Camp, 1993). En dépit de ces contraintes, la reproduction sexuée permet aux gènes de recombinaison de multiples façons, ce qui augmente la valeur adaptative de ce mode de reproduction (Arms et Camp, 1993 ; Agarwal, 2001).

Dans les milieux où les conditions environnementales fluctuent beaucoup, la variabilité génétique est particulièrement importante puisqu'elle augmente la probabilité que certains individus possèdent les gènes nécessaires à leur survie et leur reproduction (Arms et Camp, 1993 ; Bürger, 1999 ; Robson *et al.*, 1999 ; Agarwal, 2001). Ainsi, tous les allèles qui confèrent un avantage aux individus qui les possèdent seront maintenus, et leur fréquence augmentera relativement vite au sein de la population (Arms et Camp, 1993 ; Bürger, 1999).

La reproduction sexuée résultant de la fusion de deux gamètes semblables est nommée isogamie (Arms et Camp, 1993). Au fil des générations, une disparité dans la taille et le nombre de gamètes produits, un phénomène appelé anisogamie, serait apparue à la suite de diverses pressions sélectives faisant en sorte que les fusions gamétiques ayant le plus de succès sont celles résultant de la fusion de gamètes de tailles différentes. En effet, selon Parker *et al.*, (1972) deux types de pression ont affecté la taille des gamètes : la « productivité numérique » (c'est-à-dire le nombre de gamètes produits par unité de temps pour un parent donné) et « l'aptitude du zygote » (c'est-à-dire la probabilité que le zygote survive jusqu'au stade adulte et de se reproduire dans un laps de temps relativement court). Ainsi, les femelles, dont le succès reproducteur est davantage lié à la survie du zygote, produisent principalement de gros gamètes en nombre restreint mais contenant de bonnes réserves cytoplasmiques pour assurer le développement optimal du zygote. Quant aux mâles, dont le succès reproducteur est lié au nombre de copulations qu'ils peuvent obtenir au cours de leur vie, ils investissent davantage dans la production d'un plus grand nombre de petits gamètes afin de favoriser le maximum de fusions avec ceux plus gros de la femelle (Parker *et al.*, 1972 ; Trivers, 1972 ; Kokko et Jennions, 2003).

La reproduction sexuée et l'anisogamie offrent les conditions essentielles à l'action de la sélection sexuelle puisque l'investissement des deux sexes dans la production de gamètes, variables en taille et en nombre, est fondamentalement à l'origine des différents rôles joués par chacun des partenaires sexuels (Andersson, 1994). Suivant la théorie de la sélection sexuelle, le sexe qui investit le plus dans la reproduction est celui qui normalement sélectionnera le partenaire sexuel. Chez plusieurs espèces, ce rôle sélectif est dévolu aux femelles alors que les mâles sont plutôt appelés à rivaliser entre eux afin de conquérir les femelles. Les rivalités entre mâles se traduisent le plus souvent par des contacts physiques et ce, tant

Pour conquérir une femelle réceptive qu'un territoire donné. La distribution spatiale des femelles dans l'habitat peut influencer l'intensité de la compétition inter-mâle : ainsi, plus la concentration des femelles est forte à un endroit donné, plus la compétition pour ce territoire augmente. La distribution temporelle des femelles réceptives peut aussi affecter l'intensité de

la compétition : ainsi, plus la période de réceptivité sexuelle est longue, plus souvent les mâles sont amenés à se concurrencer de façon à s'accoupler plusieurs fois au cours de leur vie.

La sélection spermatique est un autre processus post-copulatoire par lequel la femelle peut favoriser les spermatozoïdes des meilleurs mâles pour fertiliser ses ovules. La sélection spermatique se distingue de la compétition spermatique du fait qu'elle implique l'acquisition de traits par lesquels la femelle peut modifier l'issue de la compétition spermatique (Eberhard, 1996 ; Wirtz, 1997 ; Simmons, 2001 ; Ball et Parker, 2003). Par exemple, chez certaines espèces, la femelle peut jouer un rôle actif dans le transport des spermatozoïdes jusqu'au site de fertilisation et ainsi favoriser l'entreposage des spermatozoïdes d'un certain mâle plutôt que ceux d'un autre (Thibout, 1997 ; Tschudi-Rein et Benz, 1990 chez les insectes ; Gomendio et Roldan, 1991, chez les mammifères).

### **B) Évolution du mode de fertilisation et des organes d'entreposage des spermatozoïdes chez les femelles**

Choisir judicieusement le partenaire sexuel est une étape importante de la vie de la femelle dans la mesure où un mauvais choix peut entraîner une baisse de son potentiel reproducteur. Plusieurs critères peuvent guider la femelle dans ce choix dont la taille, l'âge ou encore la présence de certains caractères sexuels secondaires reflétant la qualité génétique du mâle (Trivers, 1972 ; Rutowski, 1982). À l'origine, la fertilisation des œufs se faisait par voie externe, les œufs de la femelle et les spermatozoïdes du mâle étant relâchés à proximité l'un de l'autre. Ce mode de fertilisation caractérise la plupart des invertébrés mais aussi quelques vertébrés, dont plusieurs espèces de poissons et d'amphibiens (Brusca et Brusca, 1990). Bien que la fertilisation externe soit normalement réalisée dans un milieu aquatique, elle peut avoir lieu sur terre, comme c'est le cas chez plusieurs espèces d'araignées où les mâles libèrent leurs spermatozoïdes directement sur les œufs de la femelle à mesure qu'elle les pond (Brusca et Brusca, 1990).

Avec l'évolution, la fertilisation externe a progressivement fait place à la fertilisation interne un mode de reproduction qui permet d'utiliser plus efficacement les gamètes. La fertilisation interne par transfert d'un spermatozoïde (masse de spermatozoïdes dépourvue d'une enveloppe protectrice) ou d'un spermatophore (masse de spermatozoïdes entourée d'une enveloppe protectrice), est vue comme une étape importante dans le passage de la fertilisation externe à la fertilisation interne (Parker, 1970).

Le regroupement des spermatozoïdes à l'intérieur d'un spermatophore apparaît être une étape conditionnelle au passage du milieu aquatique au milieu terrestre (Parker, 1970 ; Proctor, 1998). Ce mode de fertilisation a d'ailleurs été conservé chez plusieurs espèces terrestres ou semi-terrestres, incluant les arachnides, les insectes et amphibiens. Chez d'autres groupes terrestres (certains annélides, insectes, crustacés et la plupart des vertébrés), les spermatozoïdes sont plutôt transférés à l'état libre dans le système reproducteur de la femelle. Il existe aussi des inséminations très particulières. Par exemple, chez certains plathelminthes, mollusques et arthropodes, l'organe copulatoire du mâle s'insère à travers la paroi corporelle

du partenaire pour y libérer les spermatozoïdes (imprégnation hypodermique). Ces derniers devront ensuite se frayer un chemin pour parvenir au système reproducteur de la femelle et y fertiliser les œufs (Brusca et Brusca, 1990 ; Neubaum et Wolfner, 1999).

Chez la femelle, le recours à un mode de fertilisation interne a favorisé le développement d'un système reproducteur de plus en plus complexe, avec l'apparition, entre autres, d'organes servant à l'entreposage à court et à long terme des spermatozoïdes. Par exemple, chez les femelles de diverses espèces d'invertébrés (mollusques, arthropodes) et de vertébrés (reptiles, oiseaux), les spermatozoïdes d'un ou de plusieurs mâles sont entreposés pour une période plus au moins longue dans des organes appelés spermathèques ou tubules. Avec l'apparition de ces structures, la femelle a pu modifier la paternité de sa progéniture en exerçant un certain contrôle sur l'acheminement des spermatozoïdes des différents mâles vers différents sites d'entreposage, leur survie dans les différents sites d'entreposage ou leur utilisation suivant les différents sites d'entreposage (Eberhard, 1996; Arnaud, 1999 ; Neubaum et Wolfner, 1999).

Les organes d'entreposage des spermatozoïdes ont aussi évolué en réponse à différentes pressions de sélection. Par exemple, chez les insectes, l'entreposage des spermatozoïdes dans la spermathèque permet à la femelle de diminuer la fréquence de ses accouplements, limitant ainsi les possibilités de prédation au l'exposition prolongée aux mauvaises conditions atmosphériques résultant de l'immobilité du couple et d'augmenter le temps consacré à la ponte (Drummond, 1984). L'entreposage des spermatozoïdes permet l'accouplement et la parturition aux périodes les plus optimales de l'année. Ainsi, chez la plupart de ces espèces, l'accouplement survient lorsque les opportunités pour la femelle d'obtenir un mâle augmentent alors que la parturition coïncide avec une plus grande disponibilité des ressources alimentaires (Sandell, 1990).

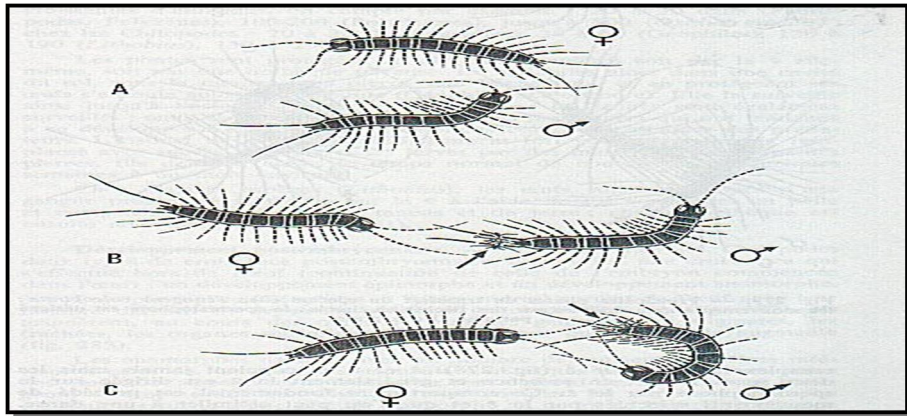
### **C) Reproduction chez les Chilopodes**

Chez les Chilopodes, la fécondation est indirecte et externe où le mâle fabrique les spermatophores, (Iorio 2002a). Comme le mentionne Demange (1956), le printemps est toute fois la saison la plus favorable à la séquence éthologique nommée « la formation des couples ».

Dans les régions tempérées, la ponte a lieu souvent dans les fentes du sol en Avril-Mai. Cependant, Chalande (1905), confirme que les éclosions ont lieu principalement depuis le début septembre jusqu'au milieu de l'automne ainsi que pendant la période printanière.

On reconnaît deux sortes de développement post embryonnaire, l'un par épimorphose selon lequel la larve naît avec un nombre de segments pédifères fixés dès l'éclosion ; l'autre par anamorphose, au cours duquel les segments sont acquis au fur et à mesure du déroulement des stades de croissance jusqu'à l'état adulte. (Iorio, 2004a).

Cependant chez les autres Chilopodes (Lithobiomorphes), à la période anamorphe créatrice des segments, succède une période épimorphe au cours de laquelle sont acquis des caractères autres que la segmentation. (Demange, 1981).



**Figure 14** : Formation de couples chez les lithobies (Demange, 1981).

**D) Développement des Chilopodes** : plusieurs stades de développement se succèdent :

➤ Larve 0 (ou « fœtus ») : stade peu mobile à 7 paires de pattes constituées, une paire de bourgeons (ébauches de futures pattes).

➤ Larve I : 7 paires de pattes constituées, une paire à demi constituée, et deux paires de bourgeons. Ces deux premiers stades anamorphes, très courts (2 à 4 jours pour le premier, 4 à 6 pour le second), vivent sur leurs réserves vitellines ; ce n'est qu'à partir du suivant, larve II, qu'ils vont commencer à chasser pour s'alimenter. A partir de ce moment, les inters-mues s'allongent de manière progressive et significative.

➤ Larve II : 8 paires de pattes constituées, 2 paires de bourgeons. La taille du corps est de 3,5 mm.

➤ Larve III : 10 paires de pattes constituées, 2 paires de bourgeons. La taille du corps est de 4 à 4,5 mm.

➤ Larve IV : 12 paires de pattes constituées, 3 paires de bourgeons. La taille du corps est de 6 mm. Occasionnellement, ce stade peut être remplacé par un autre non constant à développement un peu plus avancé, le « larva media » ; chez ce dernier, la 13ème paire de patte est déjà à demi-développée et remplace la paire de bourgeons correspondante.

➤ Agenitalis I : premier stade épimorphe, à région génitale encore embryonnaire. La taille du corps est de 7,5 mm.

➤ Agenitalis II : stade très proche du précédent, la taille est un peu plus grande (9 mm).

➤ Immature : la taille peut atteindre 10,5 mm. Les gonopodes commencent à se développer. Les organes des sens (antennes, ocelles...) se compliquent de plus en plus à ce stade et aux suivants.

➤ Praemature : la taille peut atteindre 12 mm. La différenciation des organes génitaux s'accroît encore chez les deux sexes et va se poursuivre aux stades suivants. Les mâles et femelles sont aisément reconnaissables sous loupe binoculaire à partir de ce stade.

➤ Pseudomature I : la taille peut atteindre 16,5 mm.

➤ Pseudomature II : la taille peut atteindre 18 mm.

➤ Mature junior : la taille peut atteindre 20 à 22 mm. Développement sexuel quasi-achevé.

➤ Maturus senior : c'est un individu adulte sexuellement et morphologiquement (organes des sens et spinulation totalement développés). 23 à 25 mm. Les individus imaginaux muant encore chez les Chilopodes, des exuviations très espacées peuvent encore être observées chez ceux-ci (Lewis 1961, 1981 ; Joly 1966 ; Minelli 1985) ; elles augmentent encore légèrement la taille des spécimens, qui peut atteindre 30 mm (et même jusque 32 mm). *Lithobius forficatus* peut vivre plusieurs années au stade adulte.

Après l'éclosion, le lithobie passe par 13 stades séparés par des mues. L'individu naît avec un nombre de pattes inférieur à l'adulte et grandit tout en acquérant progressivement, stades sont nommés *larve* : c'est la partie anamorphe du développement. Dans une seconde phase - dite épimorphique – durant laquelle la segmentation est achevée (l'animal dispose de ses 15 paires de pattes fonctionnelles), la maturation sexuelle s'effectue.

Chez *E. nudicornis*, la période anamorphe dure environ trois mois et la période épimorphe neuf mois, ce qui fait une année en tout, de la *larve* au *mature senior* II (Daas, 2002), (Figure15).

### ➤ **Phase Anamorphique (larvaire) :**

Caractérisée par le nombre incomplet de pattes qui sont bien formées, la larve est de petite taille et de couleur pâle, et le système trachéen est fonctionnel.

Chez *E. nudicornis*, cinq (05) stades ont été dénombrés : un stade fœtal et quatre (04) stades larvaires.

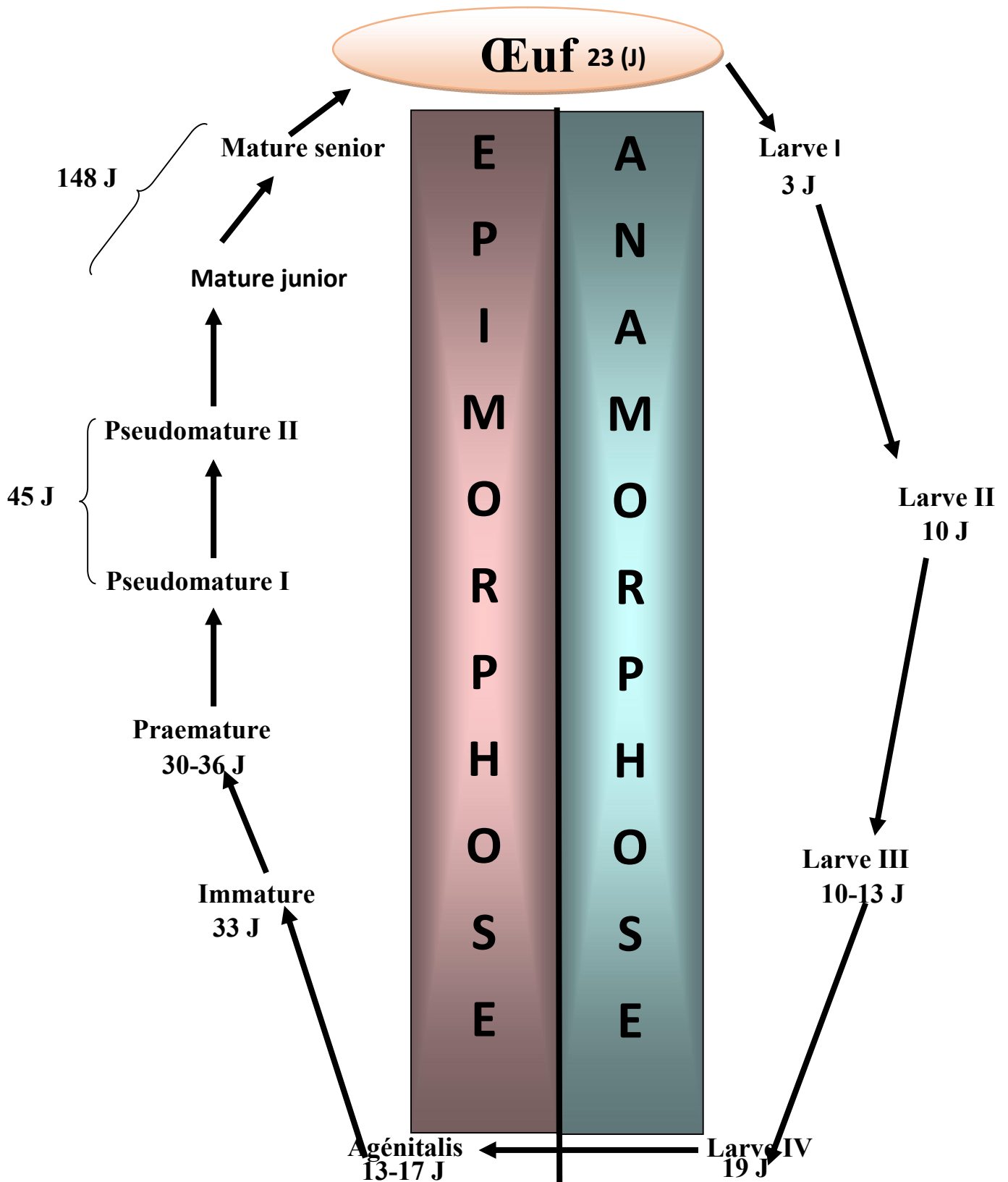
### ➤ **Phase Epimorphique (post larvaire) :**

Elle marque un développement progressif de la région génitale, et l'augmentation du nombre des ocelles, des segments antennaires et des pores sur le coxa de la quatrième et dernière patte.

On cite alors, sept (07) stades épimorphiques qui sont respectivement : le stade agénitalis, le stade immature, le stade praemature, le stade pseudo mature I, le stade pseudo mature II, le stade mature junior et le stade mature senior.

Une étude a été faite sur la durée des stades larvaires et post larvaires par Verhoeff (1902, 1925) et Scheffel (1965) sur *lithobius forficatus* (Chilopoda), la durée est environ de

245 jours. Cependant, chez *E. nudicornis*, elle varie de 203 à 216 jours jusqu'au stade pseudo-mature II (Daas, 1995).



**Figure 15 :** Illustration du cycle de développement de *E. nudicornis* et *S. morsitans* (Chilopoda, Lithobiidés) (Daas, 2002).

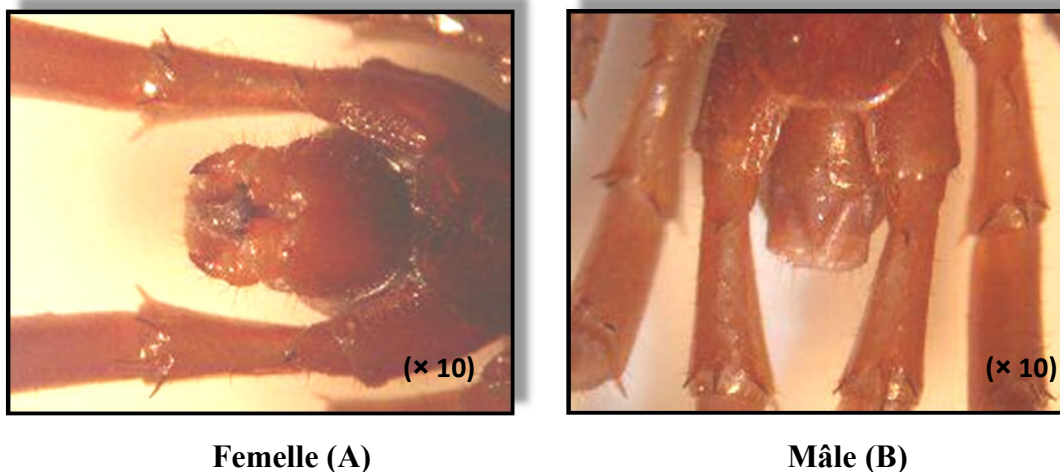
N.B : la longévité des stades ne concerne que l'espèce *E. nudicornis*.

#### 2.7.1.4. Distinction sexuelle chez les Chilopodes

##### a) Caractères sexuels primaires

Les sexes sont séparés, les glandes génitales sont situées entre le cœur et le tube digestif ; un seul ovaire et un seul testicule qui s'étendent sur toute la longueur du tronc. Après une anesthésie de l'arthropode avec de l'éther, la distinction sexuelle est réalisée sous une loupe binoculaire (Zeiss). L'observation est basée sur l'extrémité abdominale où se placent les appendices génitaux, à ce moment, on procède au tri et à la séparation des deux sexes. Chez les femelles, les gonopodes sont paires et tri-articulés portés par un sternite bien développé. L'extrémité postérieure du corps se termine par deux segments génitaux, le premier porte les gonopodes, alors que le second porte l'orifice génital impair qui, chez le mâle est entouré de plagues formant le pénis (Figure 16).

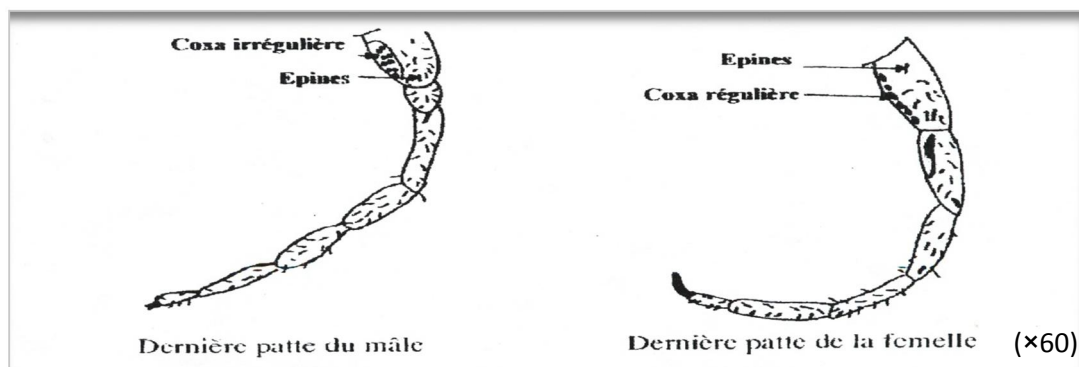
Chez les scolopendres, Celle-ci se fait après dissection car il n'y a pas de caractères sexuels primaires, cette caractéristique est cependant fondamentale chez les Scolopendromorphes, mais par contre chez les Lithobiomorphes l'observation est basée sur l'extrémité abdominale où se placent les appendices génitaux.



**Figure 16** : Extrémité abdominale ventrale femelle (A) et mâle (B) d'une lithobie (Iorio, 2002a).

##### b) Caractères sexuels secondaires

De nombreux pores coxaux ont été observés sous chacune des hanches de quatre dernières paires de pattes. La disposition de ces pores relève que chez le mâle, elles sont irrégulières et en plusieurs rangées contrairement à la femelle (Daas, 1992) (Figure 17).



**Figure 17**: Caractères sexuels secondaires d'une lithobie mâle et femelle (Daas, 1992).

#### 2.7.1.5. Technique d'élevage au laboratoire

Les animaux récoltés dans les trois biotopes étudiés (Dréan, Sidi amar, Nechmaya), sont maintenus dans des boîtes en plastique où se trouve de la terre humidifiée recouverte d'un papier filtre imbibé d'eau. Les animaux sont nourris régulièrement avec des moustiques, des mouches ou de petites araignées (Daas, 1992).

### 2.7.2. Traitement

#### 2.7.2.1. Présentation de l'insecticide

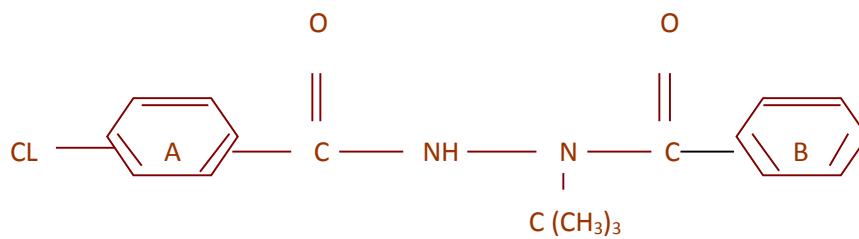
Le RH-0345 est communément appelé halofénozide, c'est un régulateur de croissance, agoniste ou analogue des ecdystéroïdes de formule chimique  $C_{18}H_{19}CPN_2O_2$  (Figure 18), avec un poids moléculaire de 330,81g. Il a été développé par la compagnie (Rhom et Haas), cette molécule a été gracieusement fournie par le professeur G. Smaghe (Labo. d'agrozoologie, Univ. de Ghent, Belgique).

#### 2.7.2.2. Dose de traitement

Le RH-0345 est dilué dans un solvant (acétone) avec une dose de 10ug/3ul de solvant. Le traitement concerne deux séries d'individus :

- Les traités : un volume de 3ul de RH-0345 est injecté à l'aide d'une seringue Hamilton de 10  $\mu$ l, dans le corps de l'animal dans la région dorsale, entre le troisième et le quatrième tergite.
- Les témoins : un volume de 3 $\mu$ l d'acétone est injecté dans les mêmes conditions expérimentales que les traités.

L'intoxication expérimentale s'étale sur une période de 15 jours, avec plusieurs répétitions, répartie à des intervalles de 5, 10 et 15 jours.

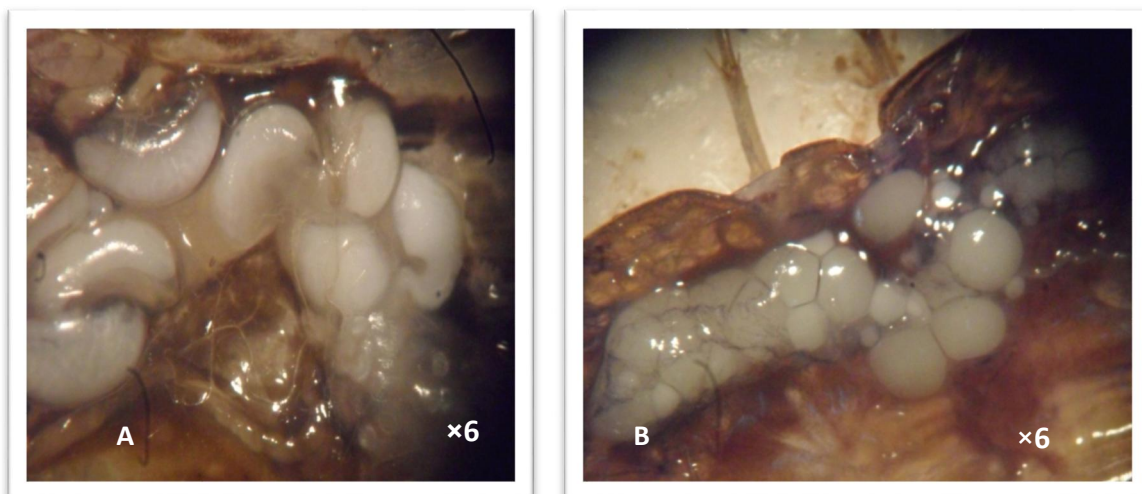


**Figure 18** : Structure chimique de RH-0345.

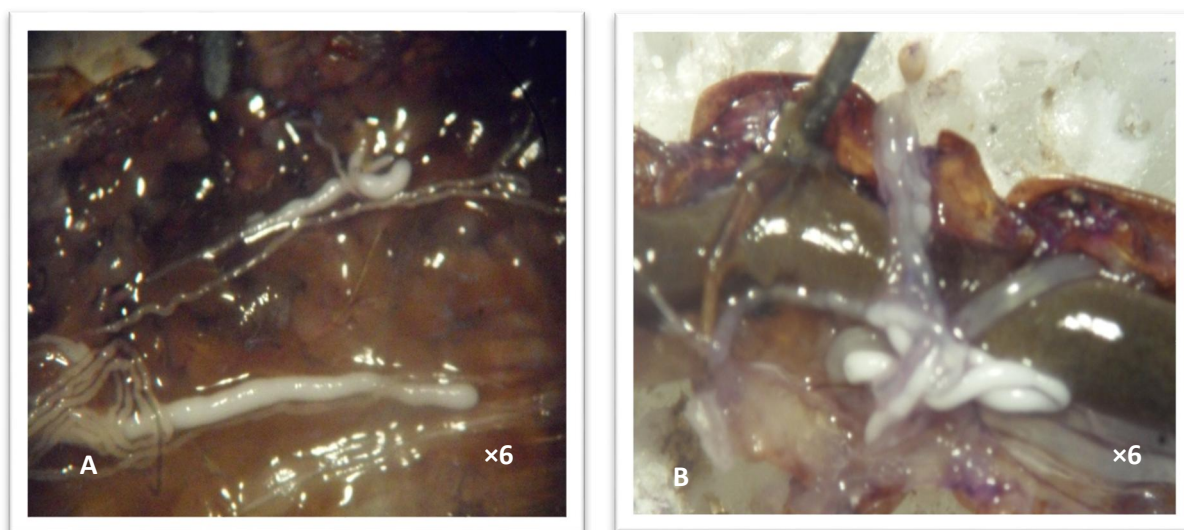
### 2.7.3. Prélèvement des tissus

Après anesthésie à l'éther, nous avons réalisé une microdissection sur les adultes des deux sexes (Mature senior) ; avant la microdissection, les spécimens sont mesurées et pesées sur une balance de précision.

Après fixation du spécimen sur de la paraffine et à l'aide d'un micro-ciseaux, on réalise une microdissection à partir du huitième segment pleural, l'ovaire ainsi que le testicule sont séparés du tube digestif et débarrassé du corps gras, chaque gonade est pesée à l'aide d'une balance de précision de type KERN ABS 220-64N, puis déposée dans les solutions détergentes spécifiques à chaque dosage puis les échantillons sont stockés au frais à 4°C jusqu'au dosage.



**Figure 19** : Aspect de l'ovaire après microdissection (A : *scolopendra morsitans* ; B : *Eupolybothrus nudicornis*).

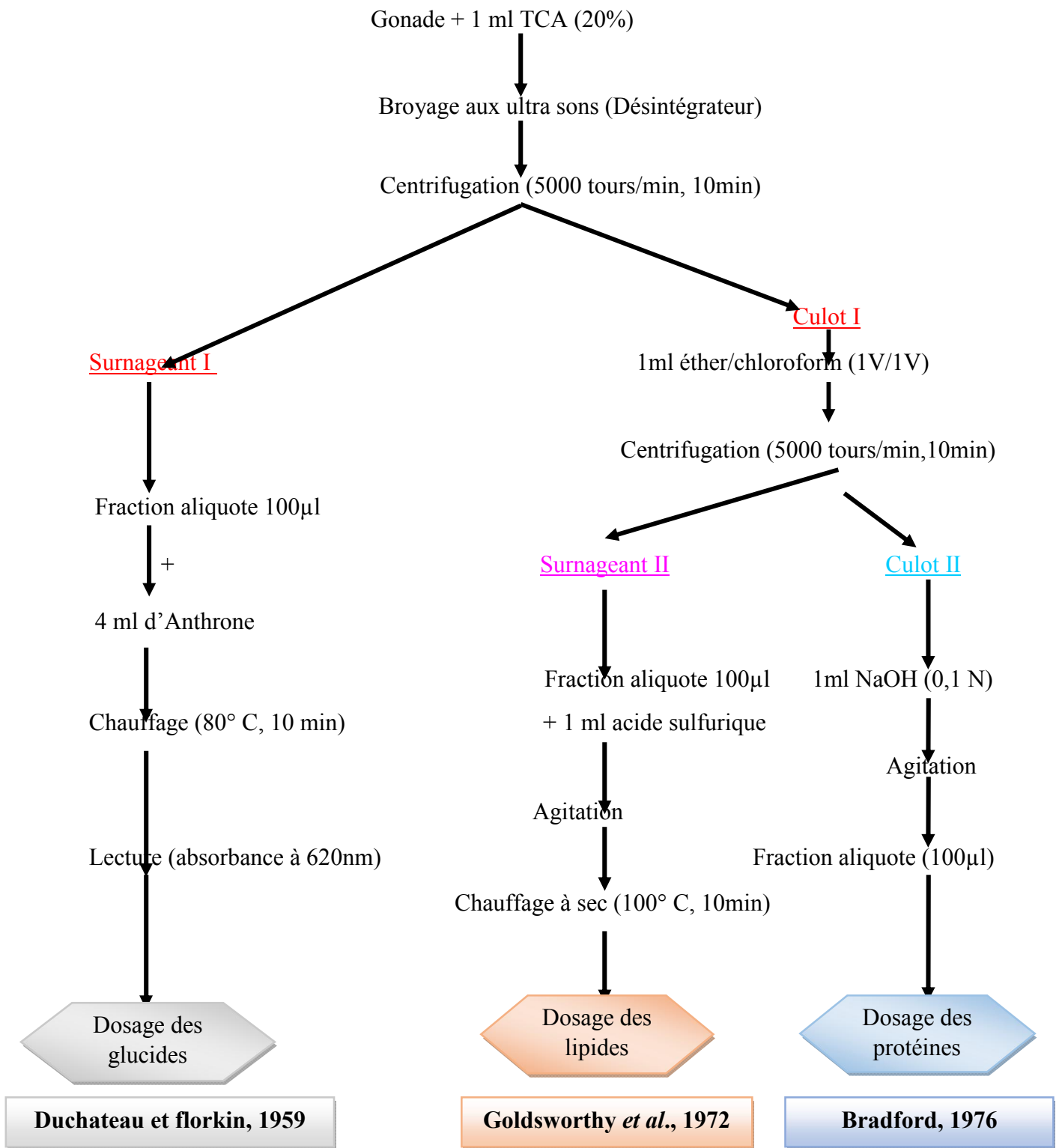


**Figure 20** : Aspect du testicule après microdissection (A : *scolopendra morsitans* ; B : *Eupolybothrus nudicornis*).

## 2.8. Analyse biochimique

### 2.8.1. Extraction des métabolites contenus dans les gonades

L'extraction des différents métabolites contenus dans les ovaires et les testicules des spécimens adultes d'*E. nudicornis* et *S. morsitans*, a été réalisée selon le procédé de Shibko *et al.*, (1966). Après un broyage aux ultra-sons (Sonifier B-30) et centrifugation (5000 tours/mn pendant 10mn), le surnageant I est récupéré et servira au dosage des glucides. Au culot I, on ajoute 1 ml d'un mélange éther/ chloroforme (V/V) et une deuxième centrifugation (5000 tours/mn pendant 10 mn) permet de récupérer le surnageant II qui permettra le dosage des lipides ; le culot II sera ensuite repris dans 1 ml de NaOH (0,1N) pour l'estimation des protéines totales (Figure 21).



**Figure 21 :** Extraction et Dosage des métabolites selon Schibko *et al.* (1966).

### 2.8.2. Dosage des protéines

Les protéines contenues dans les gonades ont été quantifiées selon la méthode de Bradford, (1976) qui utilise le bleu brillant de comassie G 250 (BBC) comme réactif et l'albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard.

Le dosage des protéines ovariennes et testiculaires a été effectué dans une fraction aliquote (100µl). Les absorbances ont été obtenues grâce à un spectrophotomètre et la lecture a été réalisée à une longueur d'onde de 595nm contre un blanc de gamme. Les résultats sont exprimés en µg/mg d'ovaire et de testicule (Tableau 03).

**Tableau 01 :** Dosage des protéines dans les gonades : réalisation de la gamme d'étalonnage.

| Tubes              | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   |
|--------------------|-----|----|----|----|----|-----|
| B.S.A (µl)         | 0   | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Eau distillée (µl) | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0   |
| BBC (ml)           | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   |

### 2.8.3. Dosage des lipides

La concentration des lipides totaux a été estimée selon Goldsworthy *et al.* (1972) utilisant le réactif sulfophosphanillinique (0,38 g de vanilline, 55ml d'eau distillée et 195ml d'acide orthophosphorique à 85%). La solution mère des lipides est préparée en utilisant l'huile de table (Cevital) selon la procédure suivante : 25mg d'huile de table pesés dans un tube eppendorf ; cette quantité est ensuite reprise dans 10ml du mélange (éther / chloroforme) (1V/1V) (Tableau 04).

**Tableau 02 :** Dosage des lipides dans les gonades : réalisation de la gamme d'étalonnage.

| Tubes                          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Solution mère de lipides (µl)  | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 |
| Solvant Ether/Chloroforme (µl) | 100 | 80  | 60  | 40  | 20  | 0   |
| Vanilline (ml)                 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

Après évaporation des prises aliquotes de 100µl de surnageant II dans un bain à sec à 40°C, on additionne 1ml d'acide sulfurique concentré (96%), les tubes fermés sont agités et chauffés dans un bain à sec à 100°C pendant 10 minutes. Après refroidissement, on prélève 200µl de chaque tube auxquels on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophosphanillinique et on agite. Après 30 minutes à l'obscurité, le complexe se colore en rose. La densité optique est lue dans un spectrophotomètre (Jenway 6300) à une longueur d'onde de 530 nm.

### 2.8.4. Quantification des vitéllogénines et des vitellines

#### 2.8.4.1. Prélèvement hémolympatique

Après anesthésie à l'éther, l'hémolymphe des femelles et des mâles matures a été prélevé à l'aide d'un tube capillaire calibré ou d'une seringue HAMILTON. Le prélèvement hémolympatique a été réalisé de 1 à 3  $\mu\text{l}$ , puis additionné de 100 à 300  $\mu\text{l}$  de tampon complet : Tris-HCl-NaCl à pH= 7,4 et conservé à 4°C jusqu'au dosage dans le but d'extraire les vitéllogénines de l'hémolymphe.

#### 2.8.4.2. Extraction des vitéllogénines et des vitellines

La préparation de la solution mère de Tris-HCl, consiste à diluer 3,02 g de Tris (0,5 M) dans 300 ml d'eau distillée, puis ajuster cette solution à un pH de 7,4 avec de l'HCl concentré et le compléter à 500 ml d'eau distillée.

Afin d'avoir le tampon complet, diluer 2,9 g de NaCl (0,5 M) dans 10 ml de la solution mère Tris-HCl et compléter à 100 ml d'eau distillée.

Les échantillons hémolympatiques (vitéllogénines), ovariens et testiculaires (vitellines) conservés sont broyés aux ultrasons. L'homogénat obtenu est centrifugé à 5000 tours/mn pendant 10 minutes à l'aide d'une centrifugeuse (SIGMA). Après cette opération, 3 couches bien distinctes vont apparaître, une couche surnageante qui représente les lipides, un culot qui contient les glycoprotéines et une couche intermédiaire renfermant les vitellines, cette dernière est récupérée à l'aide d'une simple seringue médicale, déposée dans un tube eppendorf, les échantillons sont conservés au congélateur jusqu'au dosage (Figure 22).

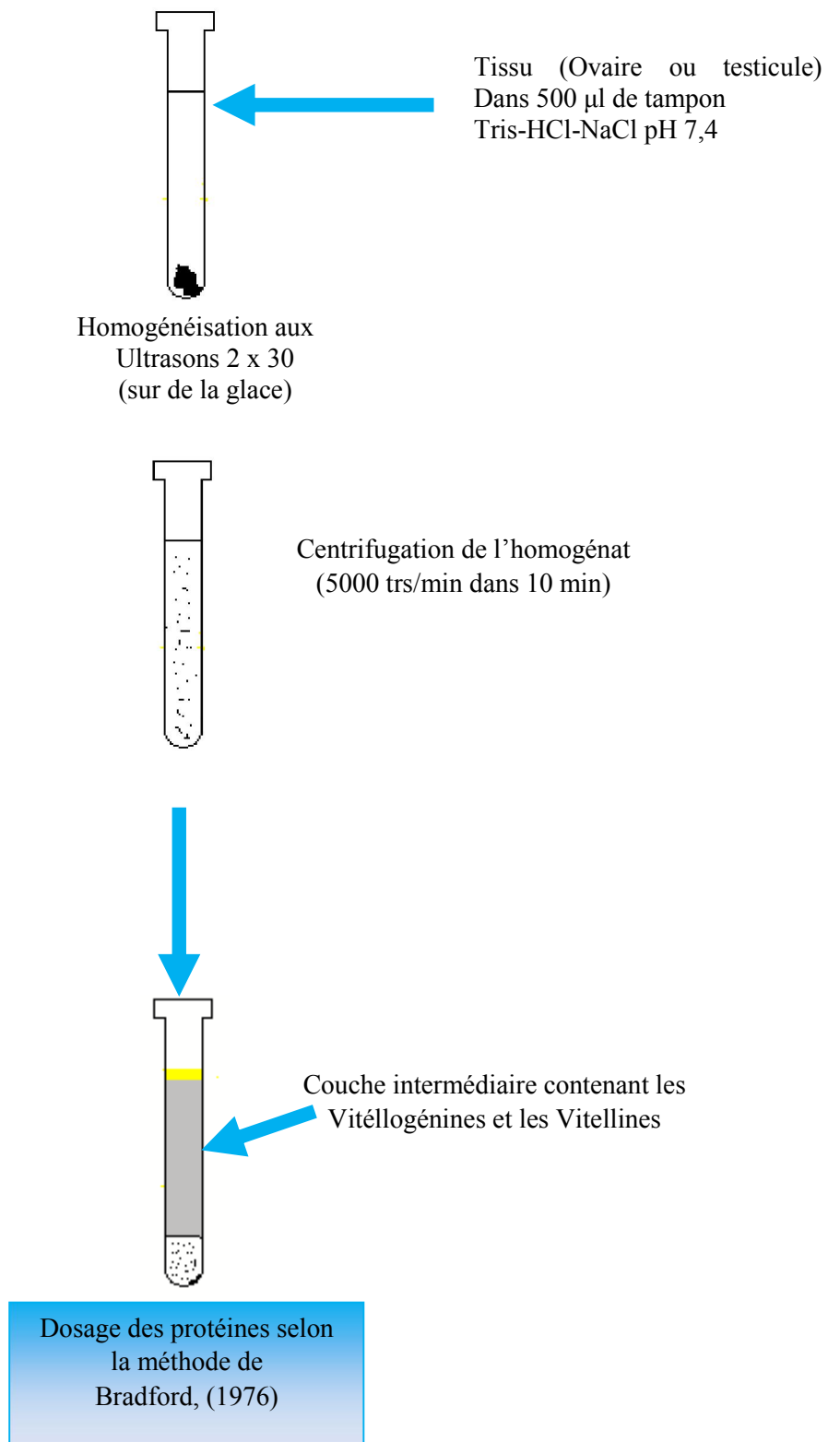
#### 2.8.4.3. Dosage des vitéllogénines et des vitellines

Pour le dosage des vitéllogénines et des vitellines au niveau des gonades, femelles et mâles adultes provenant des trois zones d'étude et appartenant à la même espèce, ont fait l'objet d'une microdissection, les gonades sont alors conservées dans 500 $\mu\text{l}$  de tampon complet : Tris-HCl-NaCl à pH= 7,4 et conservés à 4°C jusqu'au dosage.

Le dosage des vitéllogénines et des vitellines a été réalisé selon la technique de Bradford, (1976), cette dernière utilise le bleu brillant de comassie (G250) comme réactif. La gamme d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution mère de BSA (1mg/ml).

Le dosage des vitéllogénines et des vitellines est réalisé à partir d'une fraction aliquote de 100  $\mu\text{l}$  de la couche intermédiaire à laquelle on additionne 4 ml de BBC.

Les absorbances sont lues à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm contre un blanc de gamme. Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe (vitéllogénines) et en  $\mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire ou de testicule (vitellines).



**Figure 22 :** Extraction et dosage des vitellogénines et des vitellines (Fabre *et al.*, 1990).

### 2.8.5. Activité des acides nucléiques au cours de la reproduction et du développement

La synthèse des protéines est l'acte par lequel une cellule assemble une chaîne protéique en combinant des acides aminés isolés présents dans son cytoplasme, guidé par l'information contenue dans l'ADN. Elle se déroule en deux étapes : la transcription de l'ADN en ARN messager et la traduction de l'ARN messager en une protéine. En effet, les protéines jouent des rôles cruciaux dans tous les processus biologiques. Elles permettent la catalyse enzymatique ; le transport et la mise en réserve ; le mouvement coordonné ; le support mécanique ; la protection immune ; la production et la transmission de l'influx nerveux ; le contrôle de la croissance et la différenciation.

L'ADN est responsable du stockage de l'information génétique qui détermine le patrimoine génétique d'un organisme. L'information génétique est segmentée en gènes dont l'expression est à l'origine de la synthèse d'ARN puis de protéines. La séquence d'une protéine ne constitue qu'un premier niveau dans sa description. Les protéines se replient en effet dans l'espace pour former une structure tridimensionnelle qui détermine leur fonction. Les ARN codants contiennent l'information nécessaire à la synthèse d'une protéine, tandis que les ARN non-codants se comportent sommairement comme des protéines en se repliant sur eux-mêmes pour adopter une conformation spatiale qui détermine leur fonction.

La transcription est un processus biologique ubiquitaire qui consiste, au niveau de la cellule, en la copie des régions dites codantes de l'ADN en molécules d'ARN. En effet, si la molécule d'ADN est le support universel de l'information génétique, ce sont les molécules d'ARN qui sont reconnues par la machinerie de traduction en séquences protéiques (Gautheret, 2004).

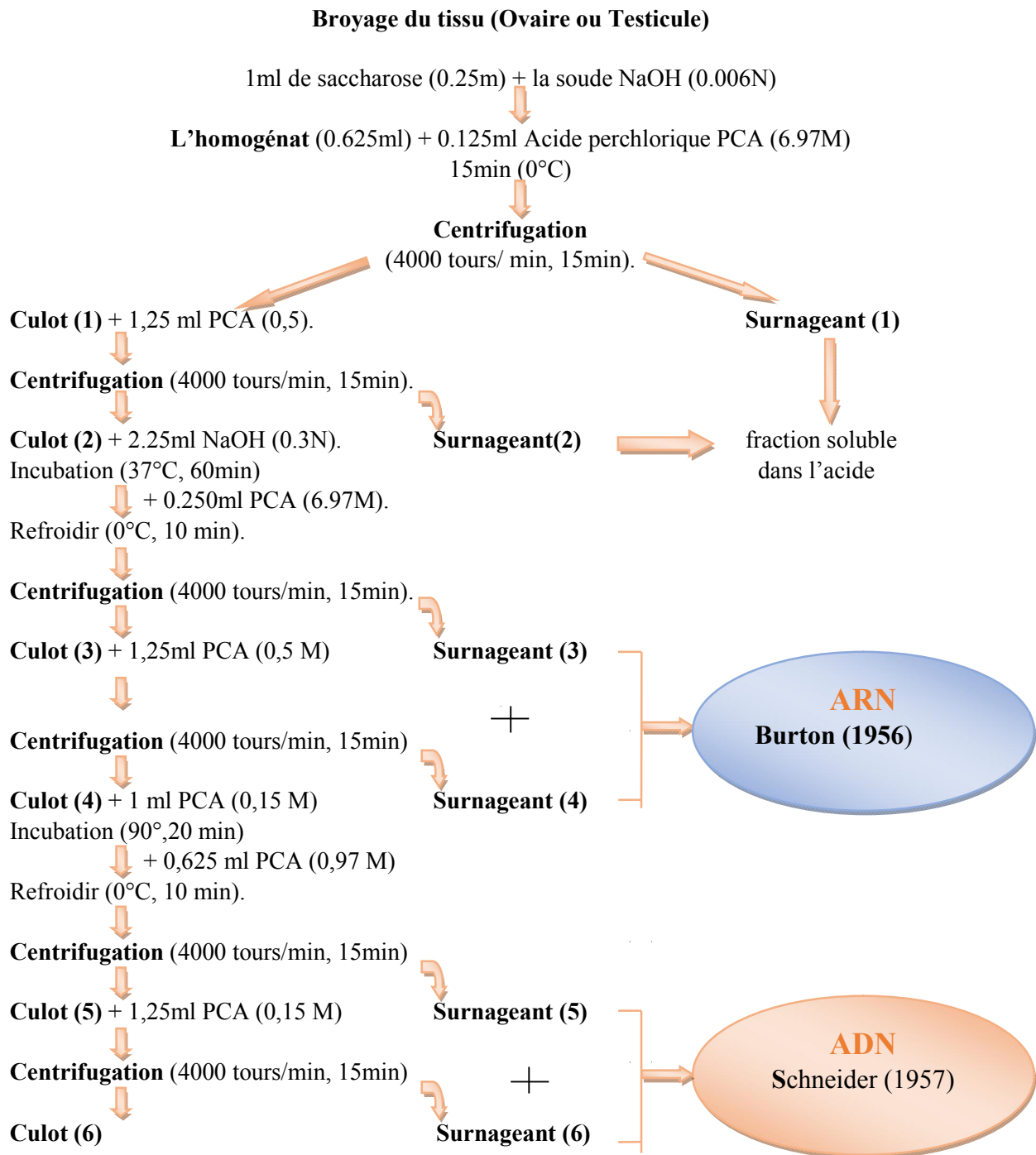
#### 2.8.5.1. Extraction et dosage des acides nucléiques

Les échantillons sont conservés dans une solution de phénylméthylsilfonylfluoride (PMSF) à 0.1% (45mg de PMSF/ml d'éthanol) puis stockés au congélateur à -20°C jusqu'au jour du dosage. La technique d'extraction des acides nucléiques (ADN et ARN) des ovaires et des testicules, ont été réalisées selon Shibko *et al.* 1966 et les dosages ont été faits par Burton (1956) et Schneider (1957). Chaque tissu (ovaire et testicule) est conservé dans 500 µl d'eau distillée et 2 µl de PMSF. Le jour du dosage, on remplace la solution de conservation par 1 ml de saccharose (0,25 M) et de la soude (0,006 N) avant de passer au broyage aux ultra sons (sonifier B-30). Prélèver par la suite 0,625 ml de l'homogénat et mettre ce dernier dans 0,125 ml de PCA (6,97 M), puis centrifuger à 4000 tours pendant 15mn. Le surnageant (1) est jeté et dans le culot (1), additionner 1,25 ml de PCA (0,5 M) et centrifuger dans les mêmes conditions que la première fois. On obtient un surnageant (2) qui sera également jeté et dans le culot (2), additionner 2,25 ml de NaOH (0,3 N) ; et après incubation à 37°C pendant 60 min, ajouter 0,250 ml de PCA (6,97 M) puis refroidir à 0°C pendant 10 min et passer aux mêmes conditions de centrifugation. Le surnageant (3) qui va servir au dosage de l'ARN. Le culot (3) est récupéré dans 1,25 ml de PCA (0,5M) et centrifugé. Le surnageant (4) va aussi servir au dosage de l'ARN, et le culot (4) est récupéré dans 1 ml de PCA (0,15 M), incubé à 90°C pendant 20 min, et additionné de 0,625 ml de PCA (0,97M), le refroidir à 0°C pendant

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

10 min, et après centrifugation, on obtient un surnagent (5) qui va servir au dosage de l'ADN. Au culot (5), additionner 1,25 ml de PCA (0,15M) puis centrifuger dans les mêmes conditions pour obtenir un surnagent (6) qui va également servir au dosage de l'ADN. Les différentes étapes de l'extraction sont illustrées dans la Figure 23.



**Figure 23 :** Principales étapes d'extraction des acides nucléiques : ARN, ADN selon Shibko *et al.* (1966).

### 2.8.5.2. Dosage de l'ARN

L'ARN a été quantifié selon la méthode de Schneider (1957) qui utilise l'orcinol comme réactif (0,5g de FeCl<sub>3</sub>, 1g d'orcinol et 100 ml d'HCl) et une solution mère d'ARN extrait de levure de boulangerie comme standard (1mg/ml d'eau distillée) (Tableau 05).

**Tableau 03** : Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification du taux d'ARN.

| Tubes              | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------------|-----|------|------|------|------|
| ARN standard (µl)  | 0   | 20   | 40   | 60   | 80   |
| Eau distillée (ml) | 1,5 | 1,48 | 1,46 | 1,44 | 1,42 |
| Orcinol (ml)       | 1,5 | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  |

Après agitation, les tubes sont chauffés au bain marie à 90°C pendant 20 minutes. Il se forme une coloration bleu clair.

Le dosage de l'ARN a été effectué à partir des fractions aliquotes de 100µl des extraits biologiques auxquels est additionné 1,5 ml de réactif d'orcinol. Les absorbances sont lues à une longueur d'onde de 660 nm contre un blanc de gamme.

### 2.8.5.3. Dosage de l'ADN

L'ADN a été quantifié selon la méthode de Scheneider (1957) qui utilise le diphénylamine comme réactif (1g de diphénylamine, 100ml d'acide acétique glacial, 2,75 ml d'acide sulfurique) et une solution mère d'ADN extrait de thymus de veau comme standard (1mg/ml d'eau distillée) (Tableau 06)

**Tableau 04** : Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification du taux d'ADN.

| Tubes              | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| ADN standard (µl)  | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  |
| Eau distillée (ml) | 500 | 480 | 460 | 440 | 420 |
| Diphénylamine (ml) | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |

Après chauffage au bain marie pendant 20 minutes à 90°C, il se développe alors une coloration rosâtre.

Le dosage de l'ADN est effectué sur des fractions aliquotes (100µl) des extraits biologiques auxquels est additionné 1 ml de réactif de diphénylamine.

Les absorbances sont lues à une longueur d'onde de 602 nm contre un blanc de gamme.

### 2.9. Analyse écotoxicologique

Les activités humaines ont des effets de plus en plus importants sur l'environnement et sur la santé. Des problèmes graves ont accompagné la sédentarisation des populations humaines, le développement des sociétés et les progrès de la technologie. Ces problèmes se sont accentués avec l'essor de l'industrie pour devenir très préoccupants de nos jours à l'échelle planétaire.

Une succession d'accidents survenus dans les années 50 a conduit l'opinion publique à prendre conscience des problèmes liés à la pollution (Forbes et Forbes, 1994). Les effets spectaculaire et dramatique des répercussions de la pollution de l'environnement reposent sur le phénomène de biomagnification. Ce phénomène correspond à l'augmentation de la concentration d'un polluant au fur et à mesure de son transfert dans les maillons d'une chaîne alimentaire (Janssen *et al.*, 1993). D'autres cas de biomagnification, d'ampleur internationale (impliquant par exemple le DDT, un insecticide organochloré), ont affecté de nombreuses population animales et ont été très médiatisés dans les années 50 – 70. Ils ont contribué au développement d'une nouvelle discipline à l'interface de l'écologie, de la chimie et de la toxicologie : l'écotoxicologie, dont l'objectif est d'étudier le devenir des polluants dans l'environnement et leurs conséquences écologiques (Calow, 1998).

Le concept de « biomarqueurs » retient depuis ces dernières années l'attention croissante des écotoxicologues car il constitue un outil très intéressant pour la détection des effets de l'exposition d'organismes aux polluants. Un biomarqueur peut être défini comme une réponse provoquée par un composé xénobiotique (étranger à la vie) et dont la mesure indique qu'un organisme ou une population a subi un stress. La mesure de biomarqueurs à un niveau d'organisation aussi complexe que celui de la cellule permet d'accéder à une réponse rapide de l'organisme face à un polluant.

#### 2.9.1. Les systèmes de défense antioxydants

Les antioxydants au sens large représentent l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les ERO (Sies 1997a; Sies 1997b). Ces antioxydants peuvent agir en réduisant ou en dismutant ces espèces, en les piégeant pour former un composé stable. Une fois les taux des ERO fortement baissés, les systèmes enzymatiques interviennent et permettent la réparation.

Il existe 3 types de défenses :

- Les enzymes qui existent à l'état endogène, défendent les cellules contre les radicaux libres. Les principaux systèmes enzymatiques comprennent les superoxydes dismutases (SODs), la catalase (CAT), les peroxydases oxydases et réductases (GPx et GRase) et le système thiorédoxine/thiorédoxine réductase.

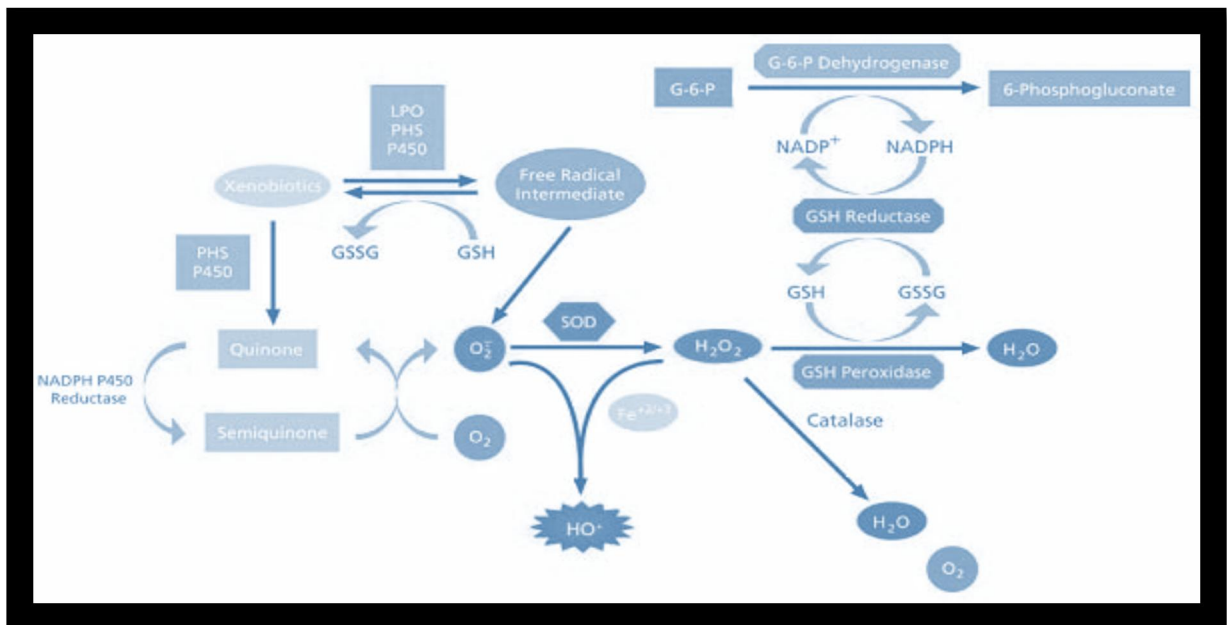
- Les protéines chélatrices du fer comme la transferrine et l'hémossidérine ou du cuivre comme la céruloplasmine et l'albumine. Ce système bloque les ions métalliques impliqués dans la réaction de Fenton.

- Les molécules antioxydantes ou piègeurs de radicaux libres comme la vitamine E connue pour son activité antiradicalaire très puissante. Elle intervient au niveau des membranes lipidiques. Comme autres molécules piègeuses on peut citer la vitamine C, les caroténoïdes, l'acide urique, le glutathion, les thiols et les métallothionéines, (Nzengue, 2008).

### a) Les systèmes antioxydants enzymatiques

Les enzymes existent à l'état endogène et permettent de protéger les cellules contre les radicaux libres produits de manière physiologique au cours du métabolisme cellulaire normal.

Les principaux systèmes enzymatiques comprennent les superoxydes dismutases, la catalase et plusieurs formes de peroxydases à glutathion (Garrel *et al.*, 2007; Harris et Hochhauser 1992; Harris 1992; Jacob *et al.*, 2006; Menon et Goswami 2007; Michiels *et al.*, 1994; Schuckelt *et al.*, 1991) (Figure 24).



**Figure 24 :** Mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants (Descamps, 2004).

### b) Les systèmes antioxydants non enzymatiques

L'organisme se protège par un ensemble de systèmes antioxydants. Certains composés antioxydants comme les vitamines E, C, l'ubiquinone ou les caroténoïdes apportés par les aliments agissent en piégeant les radicaux et en captant l'électron célibataire, les transformant en molécules ou ions stables. Des composés endogènes jouent le même rôle, dont le glutathion réduit qui protège non seulement contre les radicaux libres, mais aussi contre les peroxydes. D'autres composés antioxydants ont été identifiés, notamment les métallothionéines.

## 2.9.2. Activité des systèmes de détoxication

### Glutathionne-S-transférase

Les glutathion S-transférases ont un rôle important dans la détoxication de substances xénobiotiques et interviennent en catalysant la conjugaison de ces substances au glutathion endogène. Ceci résulte en la synthèse d'un acide mercapturique qui est ensuite facilement excrétable. Il existe deux formes de GST chez les insectes. Elles sont surtout localisées dans le cytoplasme des cellules des corps gras et des muscles alaires (Franciosa et Bergé, 1995).

Depuis la découverte des glutathion S-transférases dégradant des organophosphorés (Fukami et Shishido 1966), de nombreuses études montrent l'importance de ce système enzymatique dans la résistance aux insecticides. La présence de hautes teneurs en GST a été mise en évidence chez des souches de *Musca domestica* résistantes au diazinon (Lewis, 1969). Une forte dégradation du parathion catalysée par les GST a été observée dans une souche résistante de *M. domestica* (Motoyama et Dauterman, 1972). On retrouve en effet trois métabolites provenant de réactions de déalkylation et de déarylation : le parathion déséthyle, l'acide diéthyle phosphorothioïque et le glutathion éthyl. Concernant le métabolisme de l'azinphos-méthyle, une différence significative existe, en présence de glutathion, entre la fraction soluble de la souche sensible et celle de la lignée résistante RUTGERS de *M. domestica*. De plus, chez cette souche résistante, l'activité des GST à l'égard de l'azinphos-méthyle, du diazinon, de l'iodure de méthyle et du 3,4-dichloronitrobenzène est élevée (Motoyama et Dauterman, 1972). Il existe également des correspondances similaires chez une lignée d'*Heliothis virescens* résistante au diméthyle p-méthylsulphonyl phényle phosphate (Bull et Whitten, 1972), chez une souche de *Tribolium castaneum* résistante au malathion (Cohen, 1982) et à la cyfluthrine (Reddy *et al.*, 1990), chez des souches d'*Oryzaephilus surinamensis* vis-à-vis du fénitrothion (Rose et Wallbank, 1988), chez une lignée de *Spodoptera littoralis* à l'égard du lindane (Lagadic *et al.*, 1993) et chez une souche d'*Anopheles albimanus* résistante au DDT (Hemingway *et al.*, 1997).

Les recherches concernant la métabolisation des pesticides par ces enzymes sont compliquées. En effet, les molécules conjuguées ne sont pas faciles à détecter et à analyser. De plus, l'activité des GST est souvent couplée à d'autres mécanismes de détoxication dans la résistance aux organophosphorés chez *Musca domestica* (Motoyama et Dauterman, 1972), *Tribolium castaneum* (Cohen, 1982) et *Oryzaephilus surinamensis* (Rose et Wallbank, 1988).

## 2.9.3. Modification des cibles

Plus de 90% des insecticides de synthèse sont organophosphorés, des carbamates et des pyréthriinoïdes, avec des sites d'action localisés dans le système nerveux. Parmi les cibles moléculaires, les trois plus importantes sont : le canal sodium "voltage-dépendant" (C<sub>svd</sub>), l'acétylcholinestérase (AChE) et le récepteur de l'acide gamma aminobutyrique (GABA<sub>r</sub>).

### a) Le canal sodium "voltage- dépendant" (C<sub>svd</sub>)

Les pyréthriinoïdes et le DDT provoquent chez l'insecte un effet "Knock down" (kd). L'arthropode présente des mouvements non coordonnés et entre ensuite en ataxie plus ou moins réversible suivant l'insecticide et la dose utilisée. L'effet kd représente la traduction

symptomatologique de la sensibilité du système nerveux de l'insecte vis-à-vis du pesticide. La résistance au kd est la forme la plus anciennement connue de résistance à l'égard du DDT et des pyréthrinoides. La première description de cette résistance a été faite chez une souche de mouche domestique (Milani et Travaglion, 1957). Cette diminution de la sensibilité du système nerveux de la mouche domestique est liée à un gène récessif nommé kdr situé sur le chromosome 3 (Tsukamoto *et al.*, 1965). Ce type de résistance a été établi chez d'autres insectes dont : *Culex quinquefasciatus* (Priester et Georghiou, 1980).

### **b) Les récepteurs de l'acide gamma-aminobutyrique (GABAr)**

Les GABAr sont les cibles de nombreux insecticides organohalogénés, dont la dieldrine et le lindane. Ces insecticides se fixent au récepteur de l'acide gamma-aminobutyrique et inhibent le fonctionnement du canal chlore qui lui est associé. L'ouverture de ce canal induit une hyperpolarisation de la membrane nerveuse et son inactivation, lorsqu'elle se prolonge, perturbe l'ensemble du fonctionnement du système nerveux.

Ce type de résistance est bien conservé entre les invertébrés et le poisson mouche *Gambusia affinis* (Yarbrough *et al.*, 1986). De plus, il présente une résistance croisée avec le picrotoxine, alcaloïde antagoniste des récepteurs de l'acide gamma-aminobutyrique au niveau de canaux chlorure (Deng *et al.*, 1991). Les résultats pharmacologiques ont ensuite permis de montrer que la résistance à la dieldrine est associée une modification de l'affinité de l'insecticide vis-à-vis du récepteur de l'acide gamma-aminobutyrique, notamment chez *Tribolium castaneum* et *Drosophila melanogaster* (French-Constant *et al.*, 1993).

### **c) Activité de l'acétylcholinestérase (AChE)**

La protéine la mieux connue en tant que cible des organophosphorés et des carbamates est l'acétylcholinestérase. Cette enzyme est indispensable au bon fonctionnement des synapses cholinergiques.

Chez les insectes, elle se trouve essentiellement dans le système nerveux central. L'influx nerveux arrivant dans la terminaison présynaptique entraîne une libération d'acétylcholine (ACh) qui se fixe sur des récepteurs placés sur la membrane post-synaptique. Cette fixation permet l'ouverture des canaux sodium et potassium, laquelle entraîne la dépolarisation à l'origine de l'influx nerveux sur l'élément post-synaptique. Le rôle de l'acétylcholinestérase est d'hydrolyser l'acétylcholine, ce qui permet la fermeture des canaux associés au récepteur du neurotransmetteur.

Si l'action de cette enzyme est bloquée, la membrane post-synaptique se trouve continuellement excitée. Les organophosphorés et les carbamates agissent en inhibant l'activité catalytique de l'AChE. Ils se fixent en effet sur le site actif de l'enzyme, à la place de l'acétylcholine. L'accumulation de l'ACh dans la région synaptique provoque une hyperexcitation des liaisons cholinergiques causant finalement la mort de l'insecte. Chez certains insectes comme *Culex pipiens*, de fortes concentrations d'organophosphorés et de carbamates, avoisinant parfois même la limite de solubilité, n'inhibent plus l'AChE (Raymond *et al.*, 1985). Chez les acariens, une résistance au diazoxon associée à une modification de l'acétylcholinestérase a été signalée (Smitsaert, 1964).

Ce mécanisme a été également identifié chez d'autres acariens et insectes : *Musca domestica* (Tripathi et O'Brien, 1973), *Spodoptera littoralis* (Zaazou et al., 1973), *Anopheles albimanus* (Ayad et Georghiou, 1975), *Drosophila melanogaster* (Fournier et al., 1992), *Tetranychus kanzawai* (Kuwahara et al., 1982), *Nephotettix cincticeps* (Hama et Iwata, 1971), *Culex pipiens* (Raymond et al., 1985), *Culex pipiens* (Bourguet et al., 1997), *Leptinotarsa decemlineata* (Zhu et Clark, 1993) et *Rhyzopertha dominica* (Guedes et al., 1997).

#### 2.9.4. Quantification de l'Acétylcholinésterase

La méthode de dosage de l'AChE la plus courante et celle d'Ellman *et al.* (1961) ; elle consiste à fournir à l'enzyme (AChE), un substrat artificiel, l'acétylthiocholine, dont l'hydrolyse catalysée par l'AChE libère de la thiocholine et de l'acide acétique.

La quantité de thiocholine obtenue est proportionnelle à l'activité enzymatique révélée grâce à une méthode colorimétrique faisant intervenir le DTNB (acide 5-5- dithio-bis-2-nitrobensoïque) qui se lie avec la thiocholine pour former un complexe de couleur jaune, le TNB (acide 5-thio-2-nitrobensoïque) qui est dosé.

L'activité spécifique de l'AChE est évaluée à partir des têtes des mâles et des femelles des deux espèces *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées dans les trois sites d'étude.

Les têtes sont homogénéisés dans 1 ml de solution détergente (solution D) [38,03 mg EGTA (acide éthylène glycol-bis, β-aminoéthyl éther NNN'N' tétra-acétique), 1ml Triton X 100%, 5,845 g NaCl, 80 ml tampon tris (10 mM, pH 7)], puis centrifugés (9000 trs/mn, 15 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 préparé extemporanément [39,6 mg DTNB, 15 mg CO<sub>3</sub>HNa, 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 préparé extemporanément [23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée] sont ajoutés. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 mn à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc où 100 µl de la solution détergente remplace les 100 µl du surnageant.

La concentration en protéines totales des différents échantillons biologiques (homogénat) a été préalablement déterminée, par un dosage selon la technique de Bradford (1976). L'activité spécifique de l'AChE est exprimée en µMol/min/mg de protéines.

L'activité spécifique de l'AChE est déterminée d'après la formule d'Ellman *et al.*, (1961)

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{1,36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} \quad / \quad \text{mg de protéines}$$

X :  
nanomole de

substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (nM/mn/mg de protéines).

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

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

Vt : volume total dans la cuve : 1,3 ml [0,1 ml surnageant + 0,1 ml DTNB + 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.

Une quantification des protéines a été réalisée selon Bradford (1976), la technique a été citée précédemment.

### 2.9.5. Quantification de la glutathion S-transférase

La mesure de l'activité de la glutathion S-transférase (GST) est déterminée selon 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 (GENESYSTEM 8). Les échantillons (tubes digestifs des mâles et des femelles des deux espèces *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récolté dans les trois sites d'étude) sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (0.1M, pH 6).

L'homogénat est centrifugé à 14000 trs/mn pendant 30 mn et le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage consiste à faire réagir 200µl du surnageant avec 1.2 ml du mélange CDNB (1mM)/GSH (5mM) [20.26 mg CDNB, 153.65 mg GSH, 1ml éthanol, 100ml tampon phosphate (0.1M, PH6)]. La lecture des absorbances est effectuée toutes les 1mn pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm contre un blanc contenant 200µl d'eau distillée remplaçant la quantité du surnageant.

L'activité spécifique de GST est déterminée d'après la formule d'Habig *et al.* (1974) :

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{9.6} \times \frac{Vt}{Vs} \quad / \quad \text{mg de protéines}$$

X :

micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (nM/mn/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.

Une quantification des protéines a été réalisée selon Bradford (1976), la technique a été citée précédemment.

### **2.10. Analyse histologique de la gonade femelle de *E. nudicornis* :**

Les contaminants peuvent atteindre toutes les organites intracellulaires et modifier leur nombre, leur structure et leur localisation dans la cellule. Ils peuvent aussi agir sur les réserves énergétiques (lipides et glycogène) intracellulaires (Triebkorn *et al.*, 1997; 2002; Gernhöfer *et al.*, 2001). Les dommages ultrastructuraux sont considérés comme des biomarqueurs sensibles, peu variables dans le temps et intégrateurs d'effets liés à différents stress environnementaux incluant la contamination chimique (Braunbeck et Völkl, 1993). L'étude des réponses ultrastructurales présente l'intérêt de pouvoir caractériser l'intégrité de divers organes provenant d'un seul individu et d'évaluer ainsi l'impact des polluants environnementaux sur l'état de santé global des organismes exposés (Gernhöfer *et al.*, 2001). Ainsi, l'exposition à des molécules chimiques, ainsi que l'accumulation de ces molécules dans les organismes peuvent produire diverses lésions histologiques, induire un dysfonctionnement des organes et affecter l'intégrité des fonctions physiologiques et donc le bien-être des individus.

L'objectif de cette partie a été la réalisation d'une étude histologique des ovaires femelles de *E. nudicornis* afin de compléter la panoplie des paramètres morphométriques. Pour rendre visible les atteintes du tissu ovarien, nous avons utilisé la microscopie optique. Les coupes destinées à l'observation en microscopie optique et leur préparation suit généralement le même protocole : fixation, inclusion, mise en bloc, coupe, coloration et montage.

❖ **Fixation** : cette étape a pour but la conservation des structures, le durcissement des pièces, l'immobilisation des constituants tissulaires/cellulaires ; prévenant ainsi de la putréfaction bactérienne. La fixation doit inactiver les molécules qui pourraient changer la morphologie tissulaire, telles que les enzymes, pour éviter la destruction des protéines du tissu. Elle doit se faire immédiatement après le prélèvement, par immersion du matériel dans un grand volume de liquide fixateur. nos échantillons biologiques (ovaires) extraits des femelles de *E. nudicornis* récoltées à partir des deux sites d'étude ont été conservés dans du formol à 9% pendant 48 heures.

❖ **Traitement des tissus et Inclusion** : Le principe de l'inclusion consiste à traiter les pièces dans un ordre déterminé par différents solvants de manière à faire pénétrer dans le tissu, à l'origine hydraté, une substance hydrophobe, qui maintiendra les constituants structuraux en place lors de la coupe ; ceci implique que la pièce soit soumise à une série de traitements successifs par des mélanges dont chacun est destiné à préparer la pénétration de celui qui le suivra et à éliminer celui qui l'a précédé. Ainsi, nos échantillons ont été déposés dans six bains d'alcool absolu pendant une heure suivi de trois bains de xylène pendant deux heures avant de passer à l'imprégnation dans deux bains de paraffine pendant deux heures.

❖ **Mise en bloc** : enrobage des échantillons dans des moules en inox remplis de paraffine.

❖ **Coupe** : les coupes des échantillons biologiques ont été réalisées à l'aide d'un microtome de type Thermo Scientific Finesse 325, après réglage de l'épaisseur à 1µm.

❖ **Étalement des coupes** : les rubans ont été étalés grâce à de l'eau gélatinée sur des lames porte objet préalablement nettoyées.

❖ **Séchage** : les lames ont d'abord été séchées sur une plaque chauffante puis déposées dans un panier (porte-lames) avant d'être installées dans une étuve réglée à une température de 70° pendant une heure.

❖ **Déparaffinage et coloration**: Nos lames ont été débarrassées de la paraffine en les déposant dans un bain de xylène pendant dix minutes suivi de deux bains d'alcool 95° pendant dix minutes chacun avant d'être rincées à l'eau courante pendant dix minutes. La coloration des coupes a été réalisée avec une solution d'hémalun de Meyer pendant dix minutes, rincées à l'eau puis recolorées avec l'éosine dont la concentration est de 12g/l additionné de quelques gouttes d'acide nitrique, pendant dix minutes suivi d'un autre rinçage. Les lames sont ensuite passées dans des bains successifs de trois minutes chacun, deux dans l'alcool 95°, un dans un mélange (alcool/xylène) avant de passer dans trois bains de xylène.

❖ **Montage** : Les lames colorées doivent être protégées par des lamelles ; il est donc nécessaire d'interposer entre lame et lamelle un milieu de montage (goutte d'EIKIT) afin d'éviter le dessèchement et d'assurer la meilleure conservation possible.

❖ **Observation** : les lames ainsi prêtes, l'observation a pu être faite avec aisance.

### 3.11. Analyse statistique

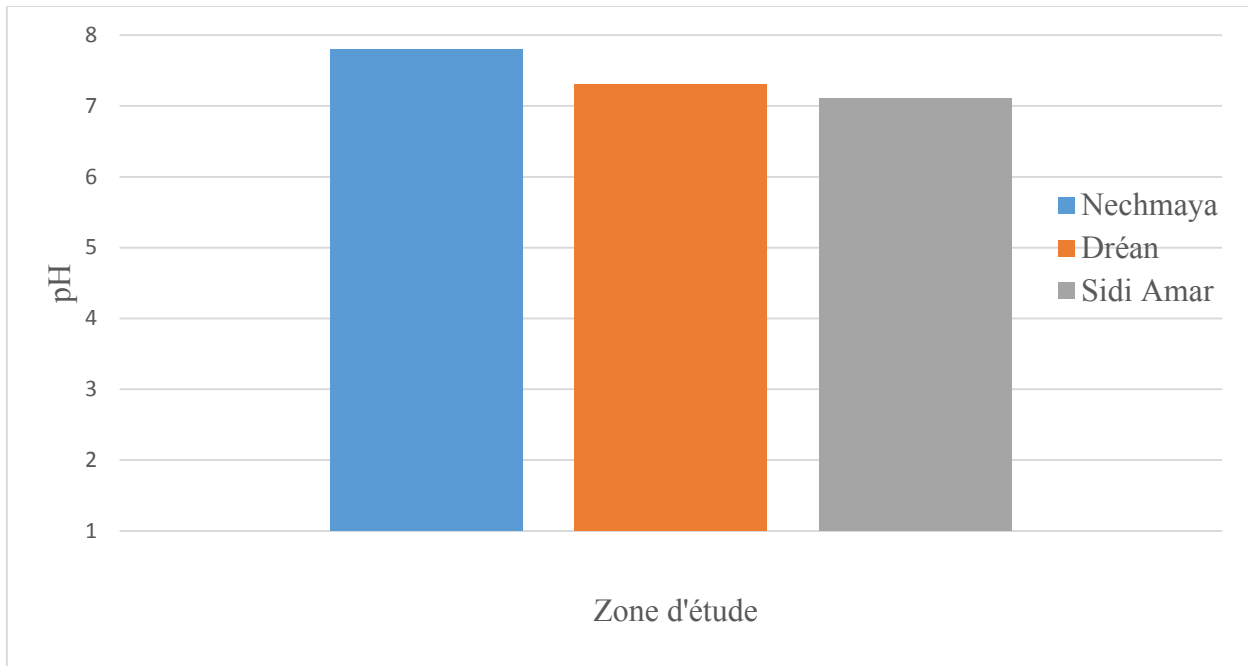
Les résultats obtenus sont représentés par la moyenne suivie par l'écart type des échantillons biologiques. La régression linéaire ainsi que l'analyse de la variance à un, deux et trois critères de classification ont été réalisées respectivement grâce au logiciel MINITAB version 16 française. L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) a été utilisée à fin de comparer les sexes de chaque site et les sexes des trois sites. La comparaison des essais (site/espèce), (site/sexe) a été effectuée par l'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères de classification, ainsi que la comparaison (site/sexe/saison) a été réalisée par l'analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification.

### 3. Résultats

#### 3.1. Analyse physico-chimique du sol

##### 3.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH) des sites d'étude

D'après les résultats obtenus, on constate que les trois sites se caractérisent par un pH neutre : le site Nechmaya 7,8, le site Dréan 7,3 et le site Sidi Amar 7,1 (Figure 25)



**Figure 25** : Évaluation du pH en fonction des sites durant les deux saisons de reproduction.

##### 3.1.2. Analyse granulométrique du sol des sites d'échantillonnage

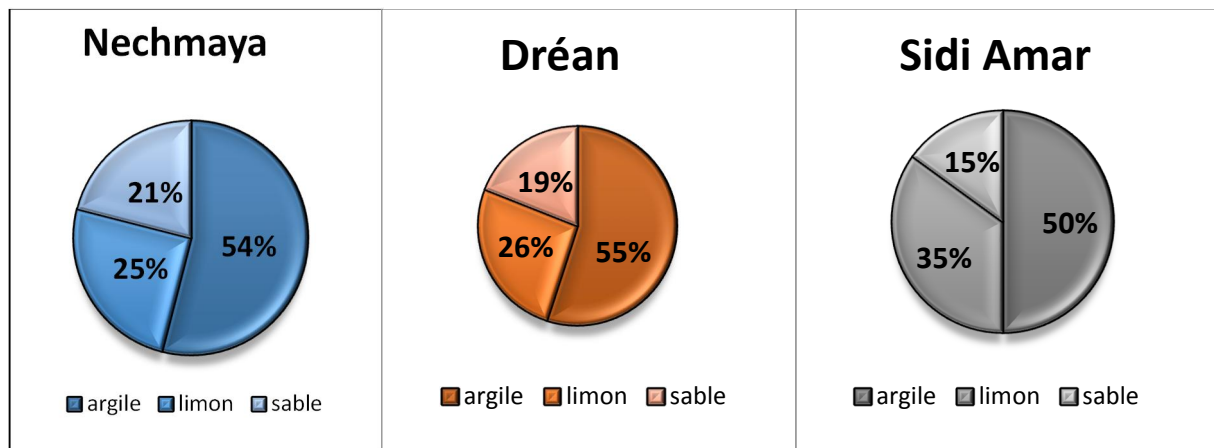
Les résultats de l'analyse granulométrique exposés dans les trois graphiques, montrent une composition granulométrique du sol plus ou moins proche dans les trois zones d'échantillonnage.

En matière d'argile, la composition du sol de la station de Dréan est de 55%, ce résultat se rapproche de celui de Nechmaya où le sol se compose de 54% ; alors que pour la zone industrielle de Sidi Amar, il représente 50% de la composition granulométrique du sol.

En revanche, dans le site de Sidi Amar, nous avons enregistré un taux de limon de 35% contre seulement 25% dans la station de Nechmaya et 26% au niveau de la station de Dréan.

Par ailleurs, le taux de sable varie entre 19% à Dréan, 15% à Sidi Amar et 21% à Nechmaya (Figure 26).

Toutefois, le positionnement de ces résultats sur le triangle texturale révèle une texture argileuse dans l'ensemble des sites d'échantillonnage.



**Figure 26 :** Évaluation de la composition granulométrique du sol des trois sites d'étude durant les deux saisons de reproduction

### 3.2. Biodiversité des Myriapodes

#### 3.2.1. Identification des Myriapodes dans les trois sites d'études

L'observation des caractères morpho-anatomiques des Myriapodes (Diplopodes et Chilopodes) récoltés dans les trois sites d'échantillonnage au cours de la période d'étude, a permis d'identifier selon la clé d'identification de Brölemman (1930) et Demange (1981), 9 espèces de Myriapodes rattachées à 9 genres :

- *Lithobius forficatus*. (Linnaeus, 1758).
- *Eupolybothrus nudicornis*. (Gervais, 1837).
- *Scolopendra morsitans*. (Newport, 1844).
- *Cyrtops hortensis*. (Donovan, 1810).
- *Orya barbarica*. (Latreille, 1829).
- *Geophilus ferrugineus*. (Koch, 1835).
- *Scutigera coleoptrata*. (Linnaeus, 1758).
- *Omatoiulus malleat*. (Akkari, 2007).
- *Brachydesmus proximus*. (Latzel, 1889).

*Lithobius forficatus**Eupolybothrus nudicornis**Scolopendra morsitans**Orya barbarica**Geophilus ferrugineus**Cryptops anomalans**Scutigera coleoptrata**Ommatoiulus malleatus**Brachydesmus proximus*

**Figure 27 :** Les différentes espèces de Myriapodes identifiées dans les trois sites d'étude pendant les deux saisons de reproduction.

### 3.2.2. Inventaire des espèces de Myriapodes identifiées par site de récolte

Les données de la diversité biologique des Myriapodes entre les trois sites d'échantillonnage révèlent des divergences dans la distribution des différentes espèces.

La biodiversité la plus importante est enregistrée au niveau des deux zones Dréan et Sidi Amar avec 09 espèces, ces deux biotopes semblent être donc les plus favorables à cette population Myriapodologique.

Cependant, au niveau les deux stations de Sidi Amar et de site Dréan nous avons identifié 9 espèces dont 7 sont des Chilopodes ; en revanche, seulement 4 espèces ont été identifiées dans la station de Nechmaya (Tableau 05).

Les trois espèces de Chilopodes *Lithobius forficatus*, *Cryptops hortensis* et *Geophilus ferrugineus* sont absentes dans ce dernier biotope. On note également l'absence quasiment totale des espèces de Diplopodes dans celui-ci.

En outre, l'espèce dominante dans les trois sites Nechmaya, Dréan et Sidi Amar est *E. nudicornis* avec 240 individus, 205 individus et 156 individus respectivement suivi par l'espèce *S. morsitans* avec 144 spécimens au niveau du site de Nechmaya, 150 spécimens au niveau du site de Dréan et 156 spécimens au niveau du site de Sidi Amar.

**Tableau 05 :** Inventaire des espèces de Myriapodes identifiées par site au cours de l'année d'étude.

| Ordre      | Espèce                          | Nechmaya |        | Dréan  |        | Sidi Amar |        |
|------------|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|-----------|--------|
|            |                                 | Nombre   | Taux   | Nombre | Taux   | Nombre    | Taux   |
| Chilopodes | <i>Lithobius forficatus</i>     | 00       | 00,00% | 10     | 1,33%  | 55        | 08,70% |
|            | <i>Eupolybothrus nudicornis</i> | 240      | 32,96% | 205    | 27,44% | 156       | 24,68% |
|            | <i>Scolopendra morsitans</i>    | 144      | 19,78% | 150    | 20,08% | 98        | 15,50% |
|            | <i>Cryptops hortensis</i>       | 00       | 00,00% | 15     | 2,00%  | 22        | 03,48% |
|            | <i>Orya barbarica</i>           | 184      | 25,27% | 100    | 13,36% | 99        | 15,66% |
|            | <i>Geophilus ferrugineus</i>    | 00       | 00,00% | 88     | 11,78% | 56        | 08,86% |
|            | <i>Scutigera coleoptrata</i>    | 160      | 21,97% | 90     | 12,04% | 15        | 02,37% |
| Diplopedes | <i>Ommatoiulus malleatus</i>    | 00       | 00,00% | 50     | 6,69%  | 18        | 02,84% |
|            | <i>Brachydesmus proximus</i>    | 00       | 00,00% | 39     | 5,22%  | 113       | 17,87% |
| Total      |                                 | 728      | 100    | 747    | 100    | 632       | 100    |

### 3.3. Morphométrie et croissance d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* durant les deux saisons de reproduction (printanière et automnale)

L'étude de la morphométrie des populations d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées durant les deux saisons de reproduction printanière et automnale des trois sites (Nechmaya, Dréan, Sidi Amar) est déterminée d'après les relations d'interdépendance et de corrélation existant entre les différents paramètres morphométriques étudiés (nombre d'ovocytes, longueur, largeur, volume ovocytaire et indice gonadique).

#### 3.3.1. Saison d'activité de reproduction printanière

##### 3.3.1.1. Évaluation du nombre d'ovocytes d'*E. nudicornis* et *S. morsitans*

*E. nudicornis* récoltée de Nechmaya présente le nombre le plus élevé d'ovocytes de l'ordre de  $21,5 \pm 1,29$ , suivi de l'espèce récoltée de Dréan où le nombre est de  $19,95 \pm 0,81$  puis de celle récoltée à Sidi Amar avec le nombre le plus faible qui est de  $11,75 \pm 0,95$  (Tableau 06).

Par contre, *S. morsitans* récoltée de Nechmaya montre le nombre le plus élevé d'ovocytes de l'ordre de  $28 \pm 0,81$ , suivi de l'espèce récoltée de Dréan où le nombre est de  $26,75 \pm 0,95$  puis de celle récoltée à Sidi Amar avec le nombre le plus faible qui est de  $23 \pm 0,81$  (Tableau 06).

La comparaison des moyennes du nombre d'ovocytes de la même espèce entre les trois sites révèle une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ) chez les femelles d'*E.*

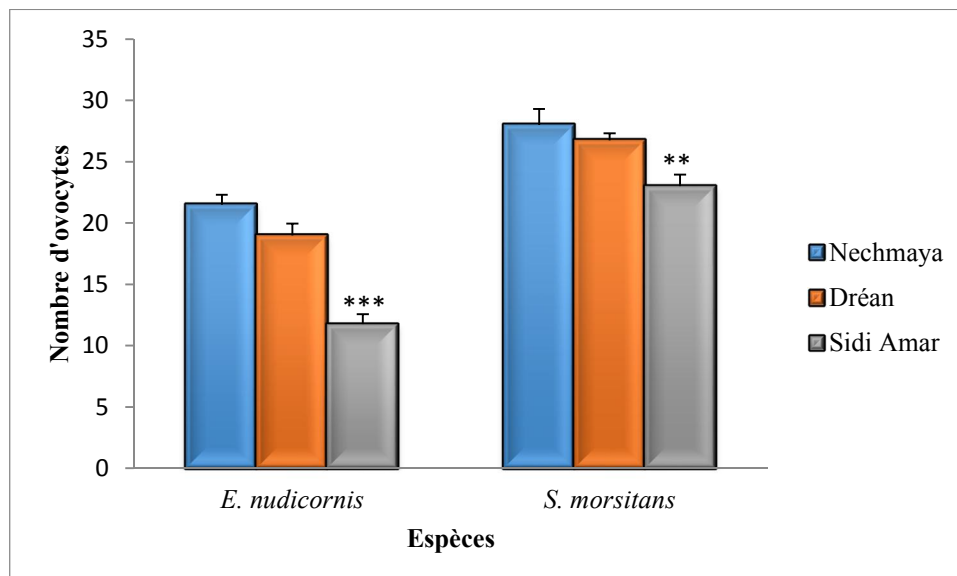
*nudicornis*, et une diminution hautement significatives ( $p=0,003$ ) chez les femelles de *S. morsitans*. Alors que, la comparaison des moyennes entre les deux espèces au sein du même site révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) au niveau du site de Nechmaya et du site de Sidi Amar et hautement significatives ( $p=0,002$ ) au niveau du site de Dréan (Tableau 06 ; figure 28).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) réalisée sur le nombre d'ovocytes obtenus en période d'activité sexuelle démontre des effets site, espèce et interaction site/ espèce très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 07).

**Tableau 06 :** Évaluation du nombre d'ovocytes chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière ( $m\pm s$ ,  $n=5$ )

| Site<br>Espèce       | Nechmaya  | Dréan      | Sidi Amar  | P        |
|----------------------|-----------|------------|------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | 21,5±1,29 | 19,95±0,81 | 11,75±0,95 | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | 28±0,81   | 26,75±0,95 | 23±0,81    | 0,003**  |
| P                    | 0,000***  | 0,002**    | 0,000***   |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 28 :** Évaluation du nombre d'ovocytes chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 07 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du nombre d'ovocytes chez les deux espèces d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                     | 2   | 225,08 | 112,54 | 130,69           | 0,000 *** |
| Espèce                   | 1   | 541,50 | 541,50 | 628,84           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 27,25  | 13,62  | 15,82            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 15,50  | 0,86   | -                | -         |
| Totale                   | 23  | 809,33 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.1.2. Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Le suivi de la longueur des ovocytes chez les femelles d'*E. nudicornis* montre une valeur maximale à Nechmaya de l'ordre de  $3,30 \pm 0,10$  mm et une valeur minimale à Sidi Amar qui est de  $1,54 \pm 0,15$  mm passant par une valeur moyenne de  $3,01 \pm 0,22$  mm à Dréan ; ceci a été observé également chez les femelles de *S. morsitans* avec respectivement  $5,3 \pm 0,33$  mm,  $4,83 \pm 0,20$  mm et  $2,25 \pm 0,23$  mm au niveau de Nechmaya, de Dréan et de Sidi Amar (Tableau 08).

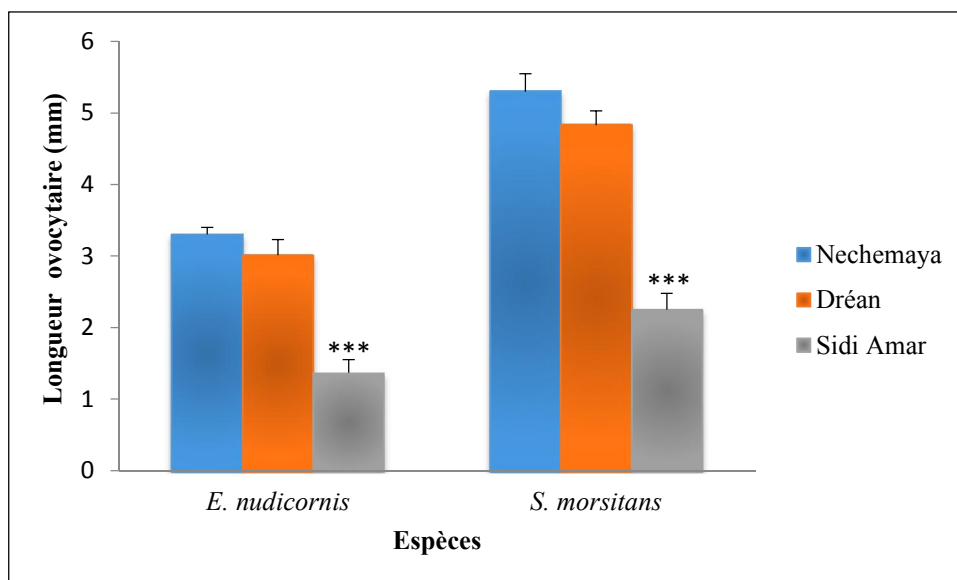
La comparaison des moyennes entre les trois sites de la même espèce présente une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ) chez les deux espèces (Figure 29). Par ailleurs, la comparaison entre les deux espèces au sein du même site présente une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) au niveau du site de Nechmaya, une différence hautement significative ( $p=0,003$ ) au niveau du site de Dréan et une différence très significative ( $p=0,016$ ) au niveau du site de Sidi Amar (Tableau 08 ; figure 29).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) montre un effet site, espèce très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/espèce très significative ( $p=0,018$ ) (Tableau 09).

**Tableau 08 :** Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya        | Dréan           | Sidi Amar       | P        |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | $3,30 \pm 0,10$ | $3,01 \pm 0,22$ | $1,54 \pm 0,15$ | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | $5,3 \pm 0,33$  | $4,83 \pm 0,20$ | $2,25 \pm 0,23$ | 0,000*** |
| <b>P</b>             | 0,000***        | 0,003**         | 0,016*          |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 29 :** Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 09 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la longueur ovocytaire chez les deux espèces de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|---------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 24,7508 | 12,3754 | 98,67            | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 11,9004 | 11,9004 | 94,89            | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 1,2758  | 0,6379  | 5,09             | 0,018 *  |
| Erreur résiduelle        | 18  | 2,2575  | 0,1254  | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 40,1846 | -       | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.1.3. Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

*E. nudicornis* récoltée de Nechmaya montre une largeur ovocytaire la plus élevée de l'ordre de  $3,21 \pm 0,08$  suivi de l'espèce récoltée de Dréan où la largeur est de  $2,97 \pm 0,13$  puis de celle récoltée à Sidi Amar avec la largeur la plus faible qui est de  $1,29 \pm 0,12$ .

Par contre, *S. morsitans* récoltée de Nechmaya indique une largeur ovocytaire la plus élevée de l'ordre de  $3,74 \pm 0,16$  suivi de l'espèce récoltée de Dréan où la largeur est de  $3,51 \pm 0,17$  puis de celle récoltée à Sidi Amar avec la largeur la plus faible qui est de  $1,49 \pm 0,15$  (Tableau 10).

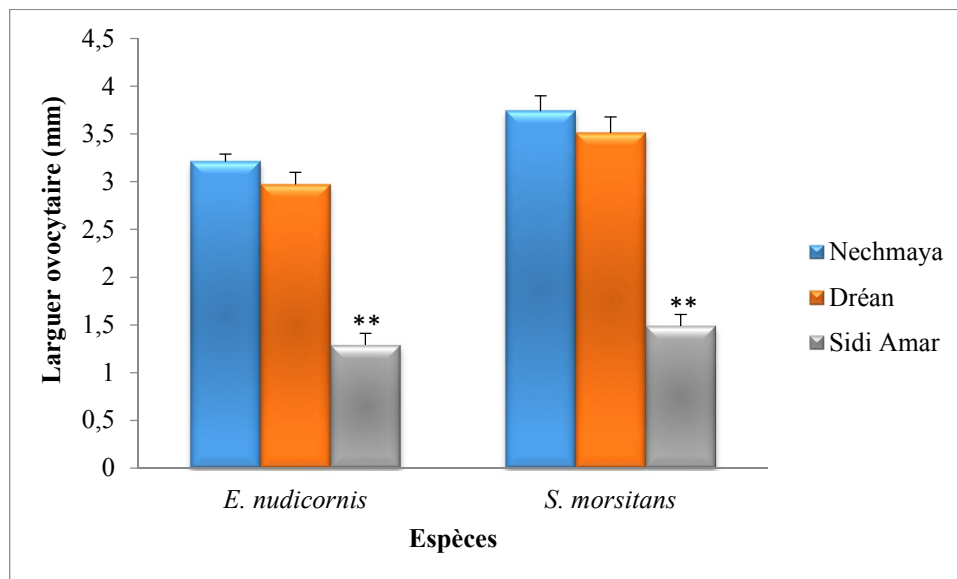
La comparaison des moyennes entre les trois sites au sein de la même espèce révèle une diminution hautement significative ( $p < 0,01$ ). En revanche, la comparaison des moyennes entre les deux espèces au sein de même site révèle une différence hautement significative ( $p = 0,008$ ) chez les espèces récoltées de Dréan et contrairement aucune différence n'a été enregistrée chez les individus récoltés au niveau de Nechmaya et de Dréan ( $p > 0,05$ ) (Figure 30).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) affiche un effet site et espèce très hautement significatifs ( $p = 0,000$ ) et une interaction (site/espèce) non significative ( $p = 0,466$ ) (Tableau 11).

**Tableau 10 :** Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la période de reproduction printanière (m±s, n=5).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya  | Dréan       | Sidi Amar   | P       |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|---------|
| <i>E. nudicornis</i> | 3,21±0,08 | 2,97 ± 0,13 | 1,29 ± 0,12 | 0,002** |
| <i>S. morsitans</i>  | 3,74±0,16 | 3,51 ± 0,17 | 1,49 ± 0,15 | 0,003** |
| <b>P</b>             | 0,137 NS  | 0,008**     | 0,066 NS    |         |

P : seuil de signification ; non significatif (P>0,05) ; \*très significatif (P<0,05) ; \*\* hautement significatif (P<0,01) ; \*\*\* très hautement significatif (P<0,001).



**Figure 30 :** Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 11 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la largeur ovocytaire chez les deux espèces de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|--------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 17,3706 | 8,6853 | 115,98           | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 0,7176  | 0,7176 | 9,58             | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 0,1192  | 0,0596 | 0,80             | 0,466NS  |
| Erreur résiduelle        | 18  | 1,3479  | 0,0749 | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 19,5554 | -      | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

#### 3.3.1.4. Évaluation du volume ovocytaire (mm<sup>3</sup>) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les résultats obtenus concernant le volume ovocytaire affichent des valeurs élevées chez l'espèce *E. nudicornis* récoltée au niveau du site de Nechmaya avec  $17,69 \pm 0,81$  mm<sup>3</sup>, par contre au niveau du site de Sidi Amar les valeurs sont minimales de l'ordre de  $10,33 \pm 0,66$  mm<sup>3</sup>, les mêmes constatations sont convenues pour l'espèce *S. morsitans* récoltée au niveau du site de Nechmaya avec  $38,75 \pm 0,42$  mm<sup>3</sup>, alors que, des valeurs minimales sont signalées au niveau des sites de Sidi Amar avec  $30,68 \pm 0,61$  mm<sup>3</sup> (Tableau 12).

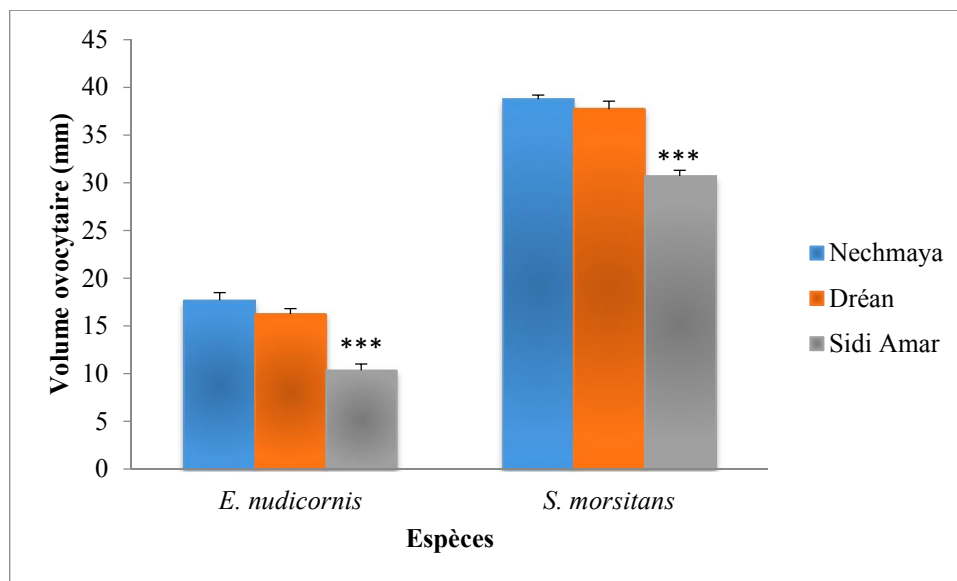
La comparaison des moyennes entre les sites de chaque espèce montre une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ), de même la comparaison des moyennes entre les deux espèces au sein du même site révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 12) (figure 31).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) présente des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 13).

**Tableau 12 :** Évaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya         | Dréan            | Sidi Amar        | P        |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | $17,69 \pm 0,81$ | $16,24 \pm 0,57$ | $10,33 \pm 0,66$ | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | $38,75 \pm 0,42$ | $37,70 \pm 0,85$ | $30,68 \pm 0,61$ | 0,000*** |
| <b>P</b>             | 0,000***         | 0,000***         | 0,000***         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 31 :** Évaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 13 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du volume ovocytaire chez les deux espèces de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|---------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 2979,61 | 1489,80 | 87714,31         | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 486,45  | 486,45  | 28640,45         | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 446,25  | 233,13  | 13136,90         | 0,000*** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 0,31    | 0,02    | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 3912,62 | -       | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.1.5. Évaluation de l'indice gonadique chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les paramètres mesurés chez les femelles de *E. nudicornis* et *S. morsitans* au niveau des trois sites sont le poids corporel (PC) et le poids de la gonade (PG).

L'évolution de l'indice gonadique par comparaison des moyennes ressort des valeurs maximales enregistrées à Nechmaya et Dréan avec  $2,14 \pm 0,25$ ,  $1,75 \pm 0,19$  respectivement pour *E. nudicornis*, et  $3,7 \pm 0,21$ ,  $3,40 \pm 0,14$  respectivement pour *S. morsitans* ; alors que, des valeurs minimales ont été enregistrées à Sidi Amar où l'indice gonadique est de  $1,41 \pm 0,16$  chez *E. nudicornis* et de  $1,94 \pm 0,17$  chez *S. morsitans* (Tableau 14)

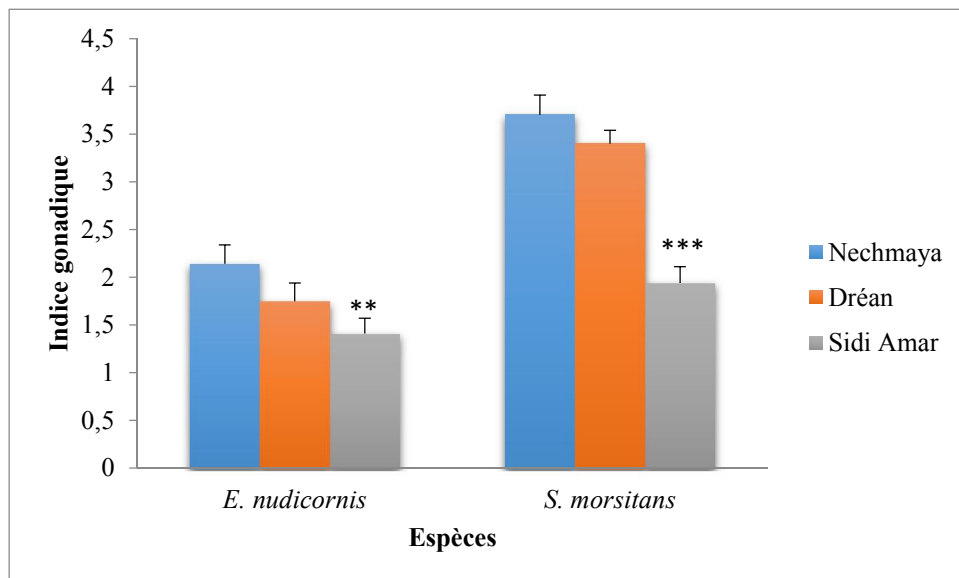
La comparaison des moyennes entre les sites de chaque espèce révèle une diminution hautement significative ( $p=0,003$ ) pour l'espèce *E. nudicornis* et une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) pour l'espèce *S. morsitans*. Cependant, la comparaison entre les deux espèces au sein du même site révèle une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les deux espèces au sein du site de Nechmaya et une différence hautement significative entre les deux espèces au sein des deux sites : Dréan ( $p=0,003$ ) et Sidi Amar ( $p=0,000$ ) (Tableau 14 ; figure 32).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/ espèce) ressort des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 15).

**Tableau 14 :** Évaluation de l'indice gonadique chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction printanière (m±s, n=5).

| Site<br>espèce       | Nechmaya    | Dréan       | Sidi Amar   | P        |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | 2,14 ± 0,25 | 1,75 ± 0,19 | 1,41 ± 0,16 | 0,003**  |
| <i>S. morsitans</i>  | 3,7 ± 0,21  | 3,40 ± 0,14 | 1,94 ± 0,17 | 0,000*** |
| P                    | 0,000***    | 0,003**     | 0,004**     |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 32 :** Évaluation de l'indice gonadique chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 15 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de l'indice gonadique chez les deux espèces de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|--------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 6,4275  | 3,2138 | 79,42            | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 4,9868  | 4,9868 | 123,23           | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 1,2483  | 0,6241 | 15,42            | 0,000*** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 0,7284  | 0,0405 | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 13,3910 | -      | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.2. Saison d'activité de reproduction automnale

#### 3.3.2.1. Évaluation du nombre d'ovocytes chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Le dénombrement d'ovocytes affiche des valeurs maximales enregistrées au niveau du site de Nechmaya atteignant  $19 \pm 0,81$  chez *E. nudicornis* et  $27 \pm 0,81$  chez *S. morsitans* ; et des valeurs minimales sont observées au niveau du site de Sidi Amar de l'ordre de  $10,25 \pm 0,95$  et de  $24,5 \pm 0,57$  chez *E. nudicornis* et *S. morsitans* respectivement, en passant par le site de Dréan avec  $16,5 \pm 1,12$  pour *E. nudicornis* et  $25,5 \pm 0,57$  pour *S. morsitans* (Tableau 16).

La comparaison des moyennes entre les trois sites chez la même espèce, révèle une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez *E. nudicornis* et une diminution hautement significative ( $p=0,002$ ) chez *S. morsitans* et ce, au niveau de Sidi Amar (Figure 33).

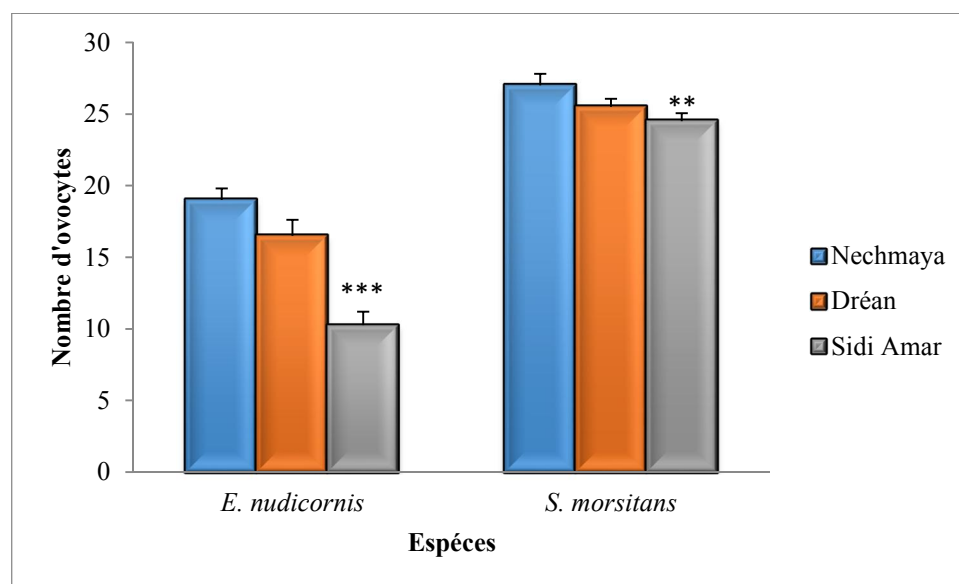
La comparaison des moyennes entre les deux espèces au niveau même site révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 16).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) révèle des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 17).

**Tableau 16 :** Évaluation du nombre d'ovocytes chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya | Dréan       | Sidi Amar    | P        |
|----------------------|----------|-------------|--------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | 19±0,81  | 16,5 ± 1,29 | 10,25 ± 0,95 | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | 27±0,81  | 25,5 ± 0,57 | 24,5 ± 0,57  | 0,002**  |
| <b>P</b>             | 0,000*** | 0,000***    | 0,000***     |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 33 :** Évaluation du nombre d'ovocytes chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 17 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du nombre d'ovocytes chez les deux espèces de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                     | 2   | 126,75 | 63,37  | 82,96            | 0,000 *** |
| Espèce                   | 1   | 737,04 | 737,04 | 964,85           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 39,08  | 19,54  | 25,85            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 13,75  | 0,76   | -                | -         |
| Totale                   | 23  | 916,62 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.2.2. Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les femelles récoltées de Nechmaya présentent une longueur ovocytaire de  $3,46 \pm 0,08$  mm chez *E. nudicornis* et  $4,56 \pm 0,08$  mm chez *S. morsitans*, suivi par les femelles récoltées de Dréan avec  $3,18 \pm 0,05$  mm chez *E. nudicornis* et  $3,93 \pm 0,05$  mm chez *S. morsitans*, ce sont les valeurs maximales pour les deux sites. Par contre, les femelles du site de Sidi Amar présentent une longueur ovocytaire moyenne de  $1,50 \pm 0,11$  mm chez *E. nudicornis* et  $2,24 \pm 0,10$  mm chez *S. morsitans* et ce sont les valeurs minimales parmi les sites (Tableau 18).

La comparaison des moyennes entre les trois sites de la même espèce montre une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les deux espèces de *E. nudicornis* et de *S. morsitans* (Tableau 18 ; figure 34).

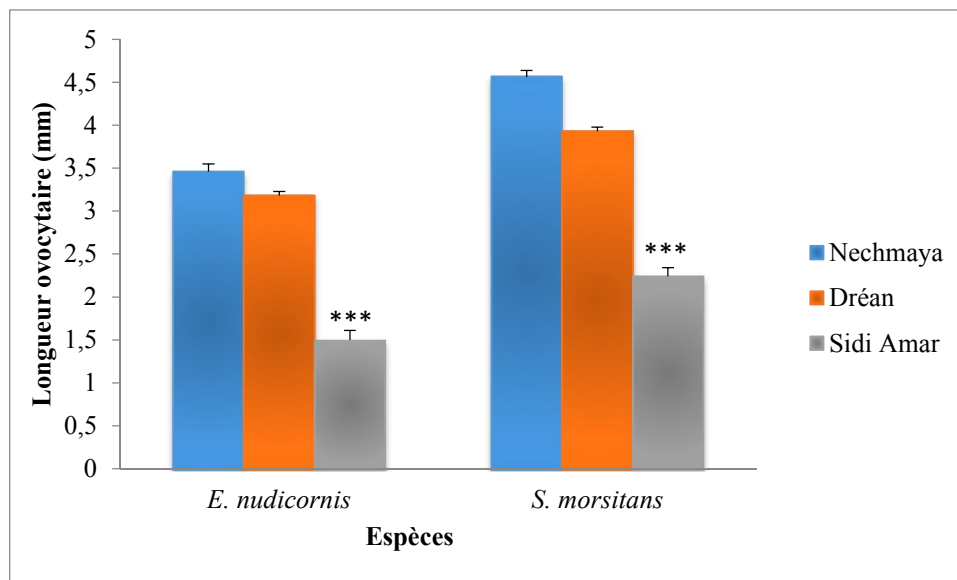
La comparaison des moyennes entre les deux espèces au sein du même site montre une différence très significative ( $p<0,05$ ) au niveau des trois sites (Tableau 18).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) pour le site et l'espèce, mais aucune différence significative n'est signalée pour l'interaction site/espèce (Tableau 19).

**Tableau 18 :** Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya        | Dréan           | Sidi Amar       | P        |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | $3,46 \pm 0,08$ | $3,18 \pm 0,05$ | $1,50 \pm 0,11$ | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | $4,56 \pm 0,08$ | $3,93 \pm 0,05$ | $2,24 \pm 0,10$ | 0,000*** |
| P                    | 0,034*          | 0,016*          | 0,022*          |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 34 :** Évaluation de la longueur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 19 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la longueur des ovocytes chez les deux espèces de *E. nudicornis* et de *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation    | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P        |
|-------------------------|-----|---------|--------|------------------|----------|
| Site                    | 2   | 13,5829 | 6,7914 | 25,70            | 0,000*** |
| Espèce                  | 1   | 7,0633  | 7,0633 | 26,73            | 0,000*** |
| Interaction Site/Espèce | 2   | 0,8929  | 0,4465 | 1,69             | 0,213 NS |
| Erreur résiduelle       | 18  | 4,7561  | 0,2642 | -                | -        |
| Totale                  | 23  | 26,2952 | -      | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.3.2.3. Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les résultats de l'évaluation de la largeur ovocytaire (mm) présentent des valeurs qui varient entre un maximum de  $3,14 \pm 0,06$  mm et de  $3,60 \pm 0,05$  mm enregistrées chez *E. nudicornis* et *S. morsitans* respectivement et ce, au niveau du site de Nechmaya, suivi par le site de Dréan où les valeurs sont de  $2,78 \pm 0,07$  mm chez *E. nudicornis* et de  $3,18 \pm 0,08$  mm chez *S. morsitans* ; en revanche, les valeurs minimales sont de l'ordre de  $1,16 \pm 0,06$  mm chez *E. nudicornis* et de  $1,54 \pm 0,08$  mm chez *S. morsitans* (Tableau 20).

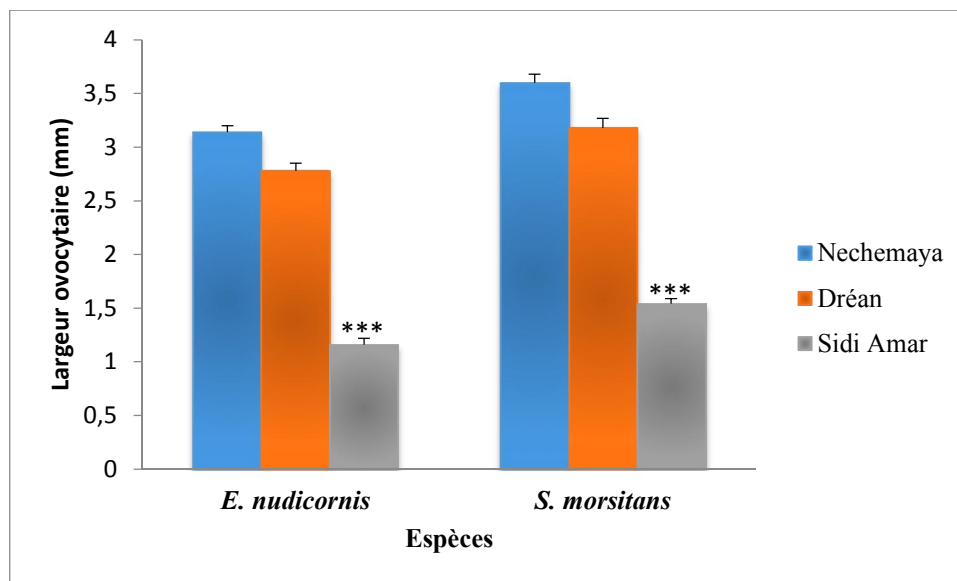
La comparaison des moyennes entre les trois sites de la même espèce révèle une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ) chez les deux espèces, ceci est similaire pour la comparaison entre les deux espèces récoltées du même site ( $p=0,000$ ) (Tableau 20 ; figure 35).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) montre des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs ( $p < 0,001$ ) (Tableau 21).

**Tableau 20 :** Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Espèce               | Site      |             |             | P        |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|----------|
|                      | Nechmaya  | Dréan       | Sidi Amar   |          |
| <i>E. nudicornis</i> | 3,14±0,06 | 2,78 ± 0,07 | 1,16 ± 0,06 | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | 3,60±0,05 | 3,18 ± 0,08 | 1,54 ± 0,08 | 0,000*** |
| <b>P</b>             | 0,000***  | 0,000***    | 0,000***    |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 35 :** Évaluation de la largeur ovocytaire (mm) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 21 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de la largeur ovocytaire chez les deux espèces d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|--------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 16,3657 | 8,1828 | 915,99           | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 1,7713  | 1,7713 | 198,28           | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 0,1849  | 0,0924 | 10,35            | 0,001*** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 0,1608  | 0,0089 | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 18,4826 | -      | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.3.2.4. Évaluation du volume ovocytaire (mm<sup>3</sup>) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les échantillons de Nechmaya et de Dréan présentent des volumes ovocytaires élevés allant de  $18,14 \pm 0,69$  mm<sup>3</sup> à  $17,68 \pm 0,71$  mm<sup>3</sup> chez *E. nudicornis* et allant de  $32,62 \pm 0,55$  mm<sup>3</sup> à  $31,74 \pm 0,50$  mm<sup>3</sup> chez *S. morsitans* respectivement, par contre les échantillons de Sidi Amar affichent des volumes ovocytaires faibles atteignant  $11,34 \pm 0,51$  mm<sup>3</sup> chez *E. nudicornis* et  $20,23 \pm 0,62$  mm<sup>3</sup> chez *S. morsitans* (Tableau 22).

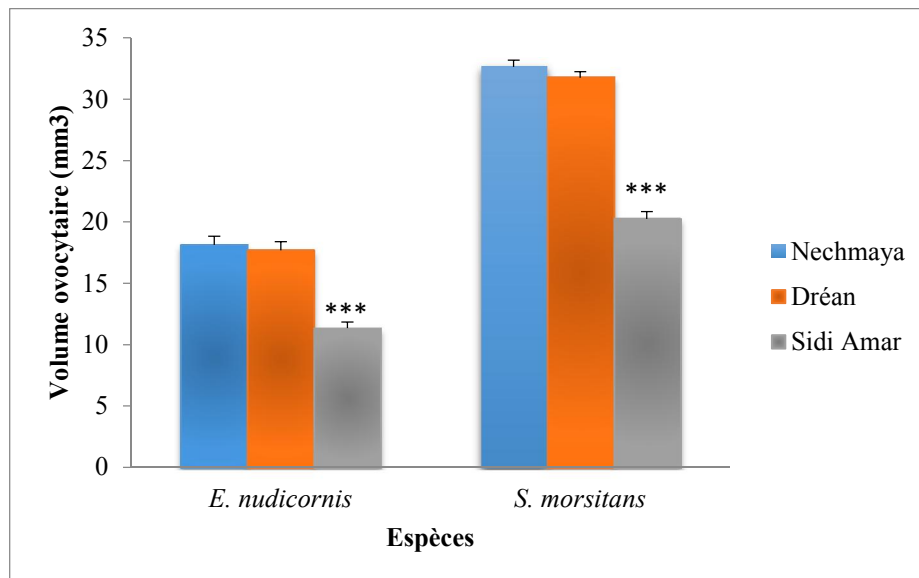
L'analyse de la variance entre les trois sites de chaque espèce présente une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ), ceci est également observé pour l'analyse de la variance entre les espèces du même site (Tableau 22 ; figure 36).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/espèce) affiche des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs (Tableau 23).

**Tableau 22 :** Évaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya         | Dréan            | Sidi Amar        | P        |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | $18,14 \pm 0,69$ | $17,68 \pm 0,71$ | $11,34 \pm 0,51$ | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | $32,62 \pm 0,55$ | $31,74 \pm 0,50$ | $20,23 \pm 0,62$ | 0,000*** |
| <b>P</b>             | 0,000***         | 0,000***         | 0,000***         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 36 :** Évaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude.

**Tableau 23 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) du volume ovocytaire chez les deux espèces d'*E. nudicornis* et de *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|---------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 2228,02 | 1114,01 | 72469,09         | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 509,50  | 509,50  | 33144,03         | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 163,53  | 81,77   | 5319,07          | 0,000*** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 0,28    | 0,02    | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 2901,33 | -       | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

### 3.3.2.5. Évaluation de l'indice gonadique chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans*

Les paramètres mesurés chez les femelles de *S. morsitans* et *E. nudicornis* au niveau des trois sites sont le poids corporel (PC) et le poids de la gonade (PG).

Les résultats obtenus affichent des moyennes maximales pour les deux espèces au niveau du site Nechmaya suivi par le site de Dréan. Par contre, les valeurs minimales sont signalées au niveau du site de Sidi Amar avec  $1,29 \pm 0,04$  chez *E. nudicornis* et avec  $1,89 \pm 0,10$  chez *S. morsitans* (Tableau 24).

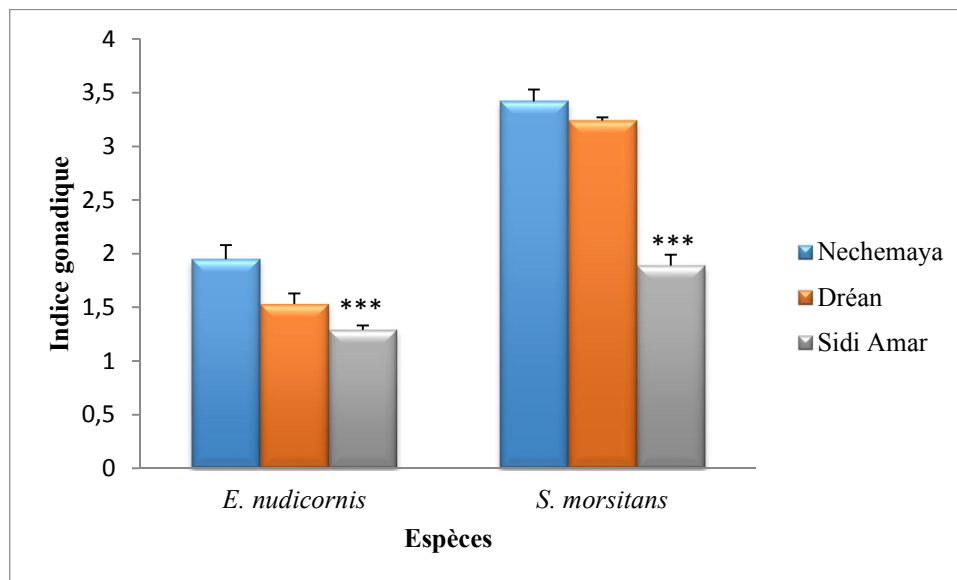
La comparaison des moyennes entre les trois sites de la même espèce affiche une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) pour les deux espèces au niveau du site de Sidi Amar, ceci est de même pour la comparaison entre les espèces de même site (Tableau 24) (figure 37).

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des effets site, espèce et interaction site/espèce très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 25).

**Tableau 24 :** Évaluation de l'indice gonadique chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* récoltées au niveau des trois sites d'étude durant la saison de reproduction automnale (m±s, n=5).

| Site<br>Espèce       | Nechmaya    | Dréan       | Sidi Amar   | P        |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| <i>E. nudicornis</i> | 1,95 ± 0,13 | 1,53 ± 0,10 | 1,29 ± 0,04 | 0,000*** |
| <i>S. morsitans</i>  | 3,42 ± 0,11 | 3,24 ± 0,03 | 1,89 ± 0,10 | 0,000*** |
| P                    | 0,000***    | 0,000***    | 0,000***    |          |

P : seuil de signification ; non significatif (P>0,05) ; \*très significatif (P<0,05) ; \*\* hautement significatif (P<0,01) ; \*\*\* très hautement significatif (P<0,001).



**Figure 37 :** Évaluation de l'indice gonadique chez les femelles d'*E. nudicornis* et de *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude.

**Tableau 25 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, espèce) de l'indice gonadique chez les deux espèces d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation     | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------|-----|---------|--------|------------------|----------|
| Site                     | 2   | 5,7241  | 2,8621 | 105,61           | 0,000*** |
| Espèce                   | 1   | 5,4150  | 5,4150 | 199,82           | 0,000*** |
| Interaction Site/ Espèce | 2   | 1,1775  | 0,5888 | 21,73            | 0,000*** |
| Erreur résiduelle        | 18  | 0,4878  | 0,0271 | -                | -        |
| Totale                   | 23  | 12,8044 | -      | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

### 3.4. Analyse biochimique

#### 3.4.1. Dosage des métabolites dans les gonades d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant des trois sites d'étude

La teneur en protéines et en lipides a été déterminée pendant les deux saisons de reproduction (printemps et automne) dans les gonades des deux sexes d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées à partir des trois stations : Nechmaya, Dréan et Sidi Amar.

##### 3.4.1.1. Analyse quantitative des protéines

###### ➤ Évaluation des concentrations en protéines dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison de reproduction printanière

L'évolution des concentrations en protéines au niveau des gonades d'*E. nudicornis* récoltés dans les trois sites (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) durant la période printanière, montre une valeur maximale chez les femelles de la zone de Nechmaya ( $37,42 \pm 0,59$  µg/mg de gonade) et une valeur minimale chez les femelles de Sidi Amar ( $30,96 \pm 0,60$  µg/mg de gonade). Dans l'ensemble, les organismes provenant du site de Nechmaya affichent des concentrations plus élevées par rapport aux deux autres sites (Dréan, Sidi Amar) (Tableau 26).

L'analyse de la variance des concentrations protéiques au niveau des gonades d'*E. nudicornis* des deux sexes provenant du même site, montre des différences très hautement significatives ( $p=0,001$ ) entre les mâles et les femelles du site de Nechmaya et Dréan, par contre au niveau du site de Sidi Amar, la différence est hautement significative ( $p=0,002$ ) entre les mâles et les femelles de cette même espèce (Tableau 26).

La comparaison des taux de protéines au niveau des ovaires et des testicules d'*E. nudicornis* entre les séries de chaque sexe, montre une diminution très hautement

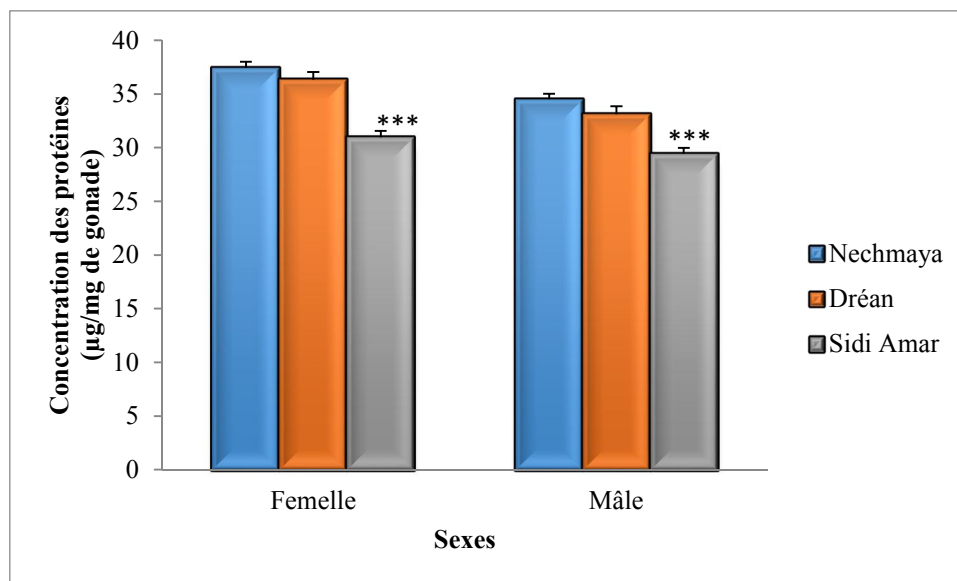
significatives ( $p=0,000$ ) entre les femelles et entre les mâles des trois sites (Tableau 26, figure 38).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la saison printanière montre un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/sexe très significative ( $p=0,014$ ) (Tableau 27).

**Tableau 26 :** concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 37,42 $\pm$ 0,59 | 34,50 $\pm$ 0,52 | 0,000*** |
| Dréan       | 36,34 $\pm$ 0,71 | 33,12 $\pm$ 0,73 | 0,001*** |
| Sidi Amar   | 30,96 $\pm$ 0,60 | 29,43 $\pm$ 0,55 | 0,002**  |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 38 :** Variation du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 27 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en périodes de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 147,184 | 73,592 | 47,74            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 39,270  | 39,270 | 13,20            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 3,249   | 1,624  | 5,47             | 0,014 *   |
| Erreur résiduelle      | 18  | 5,347   | 0,297  | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 195,050 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en protéines dans les gonades mâles et femelles d'*E. nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

Les résultats obtenus durant la deuxième saison de reproduction (automne) d'*E. nudicornis* dans les trois sites d'échantillonnage, montrent chez les femelles des valeurs allant de  $36,70 \pm 0,26 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire à  $32,02 \pm 1,52 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire, alors que pour les mâles, les concentrations des testicules en protéines varient entre  $34,65 \pm 0,43 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule et  $29,99 \pm 0,44 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule (Figure 28). Cependant, les gonades des organismes récoltés au niveau de la zone de Dréan sont plus riches en protéines en comparaison avec ceux provenant de la zone de Nechmaya et de Sidi Amar (Tableau 28 ; Figure 39).

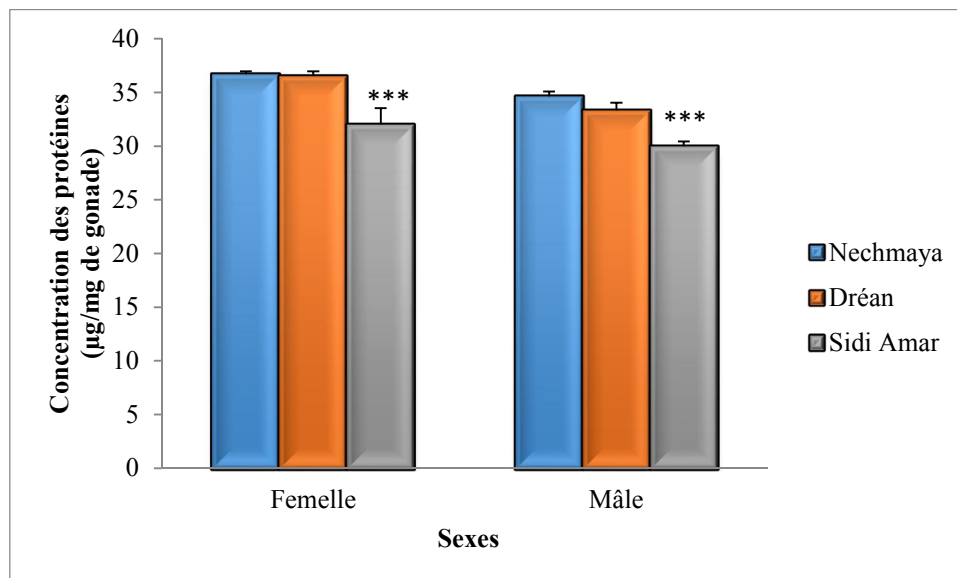
Les Analyses des taux de protéines au niveau des ovaires et des testicules d'*E. nudicornis* montrent des différences très hautement significatives entre les mâles et les femelles du site Dréan et de Nechmaya ( $p=0,000$ ) par contre au niveau du site de Sidi Amar, une différence très significative a été signalée ( $p=0,043$ ) (Tableau 28).

La comparaison des concentrations protéiques des gonades du même sexe entre les trois sites, montre une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ). Néanmoins, des différences très hautement significatives ont été observées entre les sexes au niveau du même site de Nechmaya et Dréan alors que la différence est très significative entre les sexes du site de Sidi Amar. En revanche, les données de l'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de l'automne montre un effet site et un effet sexe très hautement significatif ( $p=0,000$ ), et l'interaction site/sexe s'avère non significative ( $p>0,05$ ) (Tableau 29).

**Tableau 28 :** concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 36,54 $\pm$ 0,43 | 33,34 $\pm$ 0,71 | 0,000*** |
| Dréan       | 36,70 $\pm$ 0,26 | 34,65 $\pm$ 0,43 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 32,02 $\pm$ 1,52 | 29,99 $\pm$ 0,44 | 0,043*   |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 39 :** Variation du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 29 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 101,104 | 50,552 | 87,28            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 35,284  | 35,284 | 60,92            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 1,791   | 0,895  | 1,55             | 0,240 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 10,426  | 0,579  | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 148,604 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) montre un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), un effet saison non significatif ( $p=0,189$ ), une interaction site/sexe très significative ( $p=0,023$ ), une interaction site/saison très hautement significative ( $p=0,000$ ) et des interactions sexe/saison et site/sexe/saison non significatives ( $p>0,05$ ) (Tableau 30).

**Tableau 30 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 238,727 | 119,364 | 294,49           | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 74,501  | 74,501  | 183,80           | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 0,725   | 0,725   | 1,79             | 0,189 NS  |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 3,387   | 1,694   | 4,18             | 0,023 *   |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 9,561   | 4,780   | 11,79            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 0,053   | 0,053   | 0,13             | 0,719 NS  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 1,652   | 0,826   | 2,04             | 0,145 NS  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 14,592  | 0,405   | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 343,198 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en protéines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

Les résultats obtenus chez *S. morsitans* durant la saison printanière dans les trois sites (Dréan, Nechmaya et Sidi Amar) montre une concentration protéique maximale enregistrée chez les femelles de la zone de Nechmaya ( $40,43 \pm 0,63 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) et de la zone de Dréan ( $38,33 \pm 0,82 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) et une valeur minimale chez les femelles de Sidi Amar ( $35,52 \pm 0,45 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire), alors que pour les mâles, les concentrations des protéines testiculaires en protéines varient entre  $37,99 \pm 0,83 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule au niveau du site de Nechmaya et  $31,99 \pm 1,20 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule au niveau du site de Sidi Amar (Tableau 31 ; Figure 40).

L'analyse des concentrations protéiques au niveau des gonades de *S. morsitans* par la comparaison des moyennes entre les deux sexes du même site, montrent des différences très hautement significatives entre les mâles et les femelles du site de Nechmaya et de Dréan ( $p=0,000$ ), par contre au niveau du site de Sidi Amar une différence hautement significative a été signalée ( $p=0,003$ ) (Tableau 31).

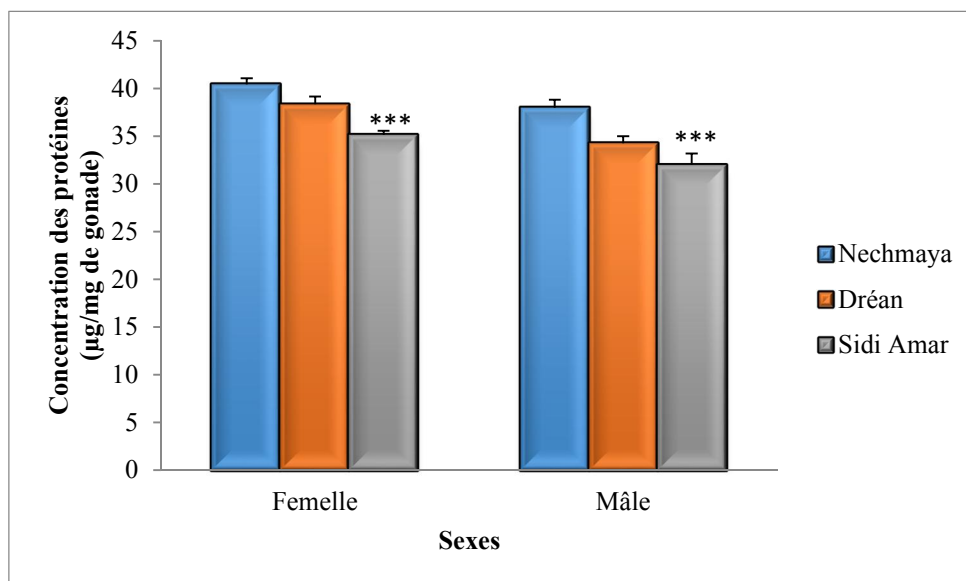
Les concentrations en protéines dans les gonades (femelles et mâles) au niveau des trois sites d'étude du même sexe montrent une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) (Figure 39).

En revanche, les données de l'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) au printemps montre un effet site et un effet sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), et l'interaction site/sexe s'avère non significative ( $p>0,05$ ) (Tableau 32).

**Tableau 32 :** concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 40,43 $\pm$ 0,63 | 37,99 $\pm$ 0,83 | 0,000*** |
| Dréan       | 38,33 $\pm$ 0,82 | 34,25 $\pm$ 0,72 | 0,001*** |
| Sidi Amar   | 35,52 $\pm$ 0,45 | 31,99 $\pm$ 1,20 | 0,003**  |
| p           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 40 :** Variation du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 32 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 127,963 | 63,981 | 96,99            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 62,114  | 62,114 | 94,16            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 2,669   | 1,335  | 2,02             | 0,161 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 11,874  | 0,660  | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 204,620 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en protéines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

Les résultats obtenus durant la deuxième saison de reproduction (automne) de *S. morsitans* dans les trois sites d'échantillonnage, montrent une valeur maximale chez les femelles de la zone de Nechmaya ( $39,35 \pm 0,13 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) suivie de Dréan ( $39,19 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) et une valeur minimale chez les femelles de Sidi Amar ( $37,26 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) (Tableau 33). De même, concernant les mâles, la valeur la plus élevée est enregistrée chez les mâles de Nechmaya ( $37,40 \pm 0,09 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) suivie de Dréan ( $37,20 \pm 0,15 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) ; par contre, les mâles de la région de Sidi Amar occupent la dernière position présentant une valeur plus faible ( $36,80 \pm 0,11 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) (Tableau 33).

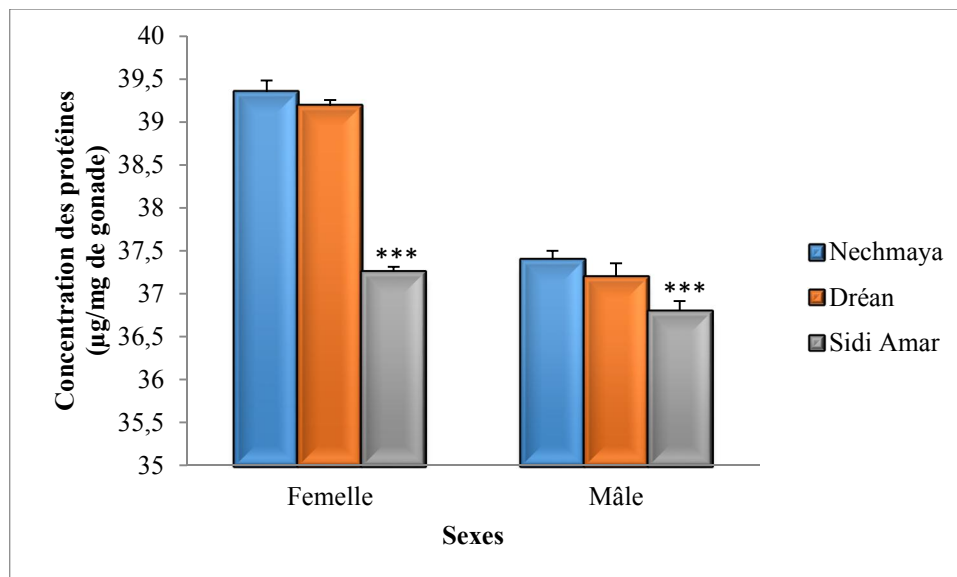
L'analyse des concentrations protéiques au niveau des gonades de *S. morsitans* par la comparaison des moyennes entre les deux sexes du même site, montrent des différences très significatives ( $p=0,011$ ) entre les mâles et les femelles du site de Nechmaya, et une différence hautement significative entre les mâles et les femelles du site de Dréan ( $p=0,003$ ) et de Sidi Amar ( $p=0,005$ ) (Tableau 33 ; figure 41).

La comparaison des concentrations protéiques entre les séries de chaque sexe, montre une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ) entre les femelles ainsi qu'entre les mâles des trois sites ont été enregistrées (figure 40). L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe), montre simultanément un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) durant la saison printanière (Tableau 34).

**Tableau 33 :** concentration en protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P       |
|-------------|------------------|------------------|---------|
| Nechmaya    | 39,35 $\pm$ 0,13 | 37,40 $\pm$ 0,09 | 0,011*  |
| Dréan       | 39,19 $\pm$ 0,06 | 37,20 $\pm$ 0,15 | 0,003** |
| Sidi Amar   | 37,26 $\pm$ 0,05 | 36,80 $\pm$ 0,11 | 0,005** |
| p           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |         |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 41 :** Variations du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 34 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 86,165  | 3,6066 | 277,70           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 14,837  | 8,0620 | 620,75           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 1,602   | 1,1139 | 85,77            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 4,929   | 0,274  | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 107,534 | -      | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site/sexe/saison) révèle un effet site, sexe, saison très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), une interaction site/sexe non significative ( $p=0,182$ ), une interaction site/saison et sexe/saison très hautement significatives ( $p=0,000$ ), et une interaction site/sexe/saison hautement significative ( $p=0,008$ ) (Tableau 35).

**Tableau 35 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 97,942  | 48,971 | 145,61           | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 57,466  | 57,466 | 1170,87          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 22,250  | 22,250 | 66,16            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 1,202   | 0,601  | 1,79             | 0,182 NS  |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 37,235  | 18,617 | 55,36            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 12,710  | 12,710 | 37,79            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 3,695   | 1,848  | 5,49             | 0,008 **  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 12,108  | 0,336  | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 244,606 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.4.1.2. Analyse quantitative des lipides

##### ➤ Évaluation des concentrations en lipides dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison printanière

L'analyse quantitative des concentrations lipidiques au niveau des ovaires chez les femelles récoltées durant la saison printanière, montre des valeurs importantes à Nechmaya suivie par Dréan atteignant  $46,22 \pm 0,35 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $45,40 \pm 0,66 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire respectivement, alors que chez les femelles récoltées de la zone de Sidi Amar, les concentrations lipidiques dans les ovaires sont de  $11,40 \pm 0,63 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire (Tableau 36 ; figure 42).

De même, concernant les mâles, la valeur la plus importante est enregistrée chez les mâles de Nechmaya ( $26,72 \pm 0,55 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) suivie de Dréan ( $24,37 \pm 0,42 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) ; par contre, les mâles de la région de Sidi Amar occupent la dernière position présentant une valeur plus faible ( $10,05 \pm 0,46 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule). De plus, la différence entre les deux sexes révèle une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) au niveau du site de Nechmaya et du site de Dréan, et par contre significative ( $p=0,013$ ) au niveau du site de Sidi Amar (tableau 36, figure 42).

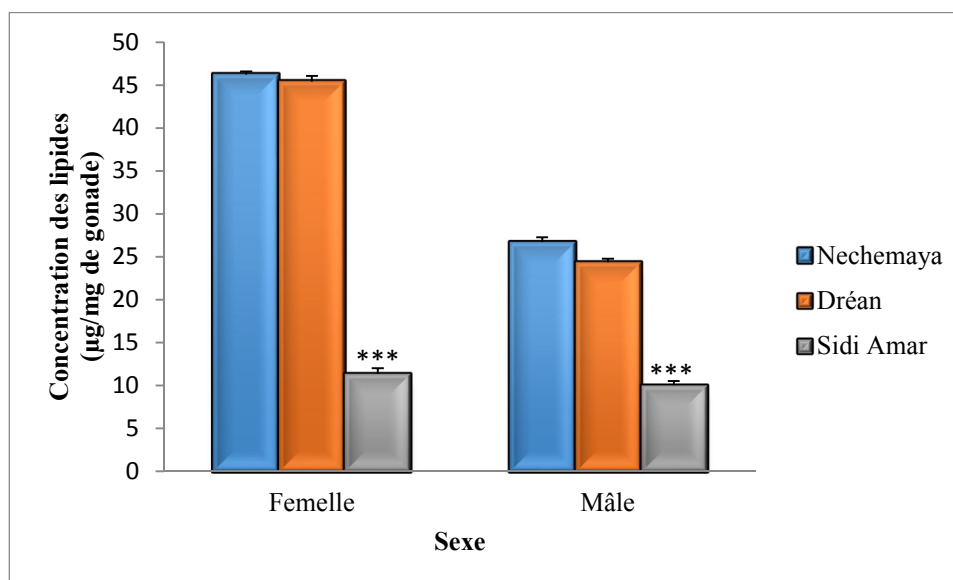
La comparaison des moyennes entre les trois sites du même sexe, révèle une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles ainsi que les mâles des trois sites d'étude (Figure 42).

D'après l'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe), il en ressort un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) au cours de la saison printanière (Tableau 37).

**Tableau 36 :** concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 46,22 $\pm$ 0,35 | 26,72 $\pm$ 0,55 | 0,000*** |
| Dréan       | 45,40 $\pm$ 0,66 | 24,37 $\pm$ 0,42 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 11,40 $\pm$ 0,63 | 10,05 $\pm$ 0,46 | 0,013*   |
| p           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 42 :** Variations du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 37 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipide ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2733,57 | 1366,79 | 7105,88          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 489,52  | 489,52  | 2544,98          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 352,69  | 176,35  | 916,82           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 3,46    | 0,19    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 3579,24 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en lipides dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

Les concentrations en lipides au niveau des gonades chez *E. nudicornis* récoltée dans les trois sites (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) montre des variations importantes, à la fois en fonction du site et en fonction de sexe. La valeur maximale a été enregistrée chez les femelles de Nechmaya ( $47 \pm 0,50 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) suivie de Dréan ( $46,33 \pm 0,47 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) par contre la valeur minimale est enregistrée chez les mâles de Sidi Amar ( $14,46 \pm 0,43 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule). Cependant, la constatation est similaire pour les mâles, où une valeur maximale est enregistrée à Nechmaya ( $34,58 \pm 0,62 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) suivie de Dréan ( $33,35 \pm 0,69 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) et une valeur minimale a été signalée à Sidi Amar durant la saison automnale ( $13,21 \pm 0,53 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) (Tableau 38).

La comparaison des moyennes entre les deux sexes pour un même site indique une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les mâles et les femelles de Nechmaya et de Dréan, et une différence significative ( $p=0,011$ ) entre les mâles et les femelles récoltées à Sidi Amar (Tableau 38).

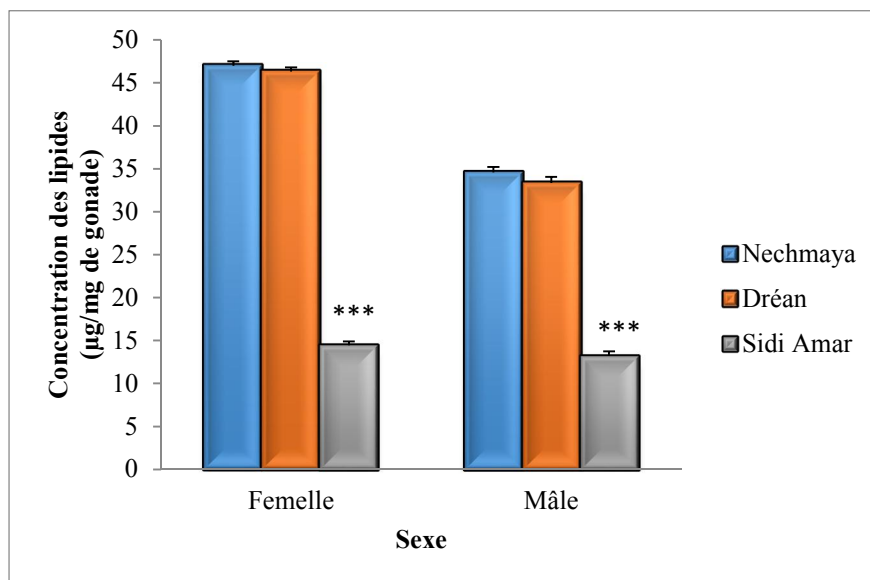
Les concentrations en lipides dans les ovaires des femelles et dans les testicules des mâles montrent une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) à Sidi Amar (Figure 43).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) montre un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 39).

**Tableau 38 :** concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 47,00 $\pm$ 0,50 | 34,58 $\pm$ 0,62 | 0,000*** |
| Dréan       | 46,33 $\pm$ 0,47 | 33,35 $\pm$ 0,69 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 14,46 $\pm$ 0,43 | 13,21 $\pm$ 0,53 | 0,011*   |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 43 :** Variation du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 39 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipide ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2915,38 | 1457,69 | 6410,79          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 207,09  | 207,09  | 910,87           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 135,66  | 67,83   | 298,31           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 4,09    | 0,23    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 3262,22 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification révèle une différence très hautement significatives ( $p=0,000$ ) ayant été enregistrée pour toutes les sources de variation (Tableau 40).

**Tableau 40 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 5627,66 | 2813,83 | 13407,91         | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 666,70  | 666,70  | 3176,83          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 96,76   | 96,76   | 461,06           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 462,82  | 231,41  | 1102,67          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 21,30   | 10,65   | 50,74            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 29,91   | 29,91   | 142,52           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 25,53   | 12,77   | 60,30            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 7,56    | 0,21    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 6938,23 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en lipides dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

L'évaluation des concentrations en lipides au niveau des gonades chez *S. morsitans* récoltés dans les trois stations (Nechmaya, Dréan, Sidi Amar) montre des variations importantes. Concernant les femelles, la valeur moyenne maximale est enregistrée au niveau du site de Nechmaya suivie par Dréan ( $46,70 \pm 0,46 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $44,30 \pm 0,44 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire respectivement) contre une valeur minimale observée au niveau du site de Sidi Amar ( $15,45 \pm 0,60 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire). Concernant les mâles, le taux de lipides varie entre  $32,76 \pm 0,39 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule au niveau de Nechmaya et de  $25,96 \pm 0,69 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule au niveau de Dréan considérés comme des valeurs maximales et  $14,13 \pm 0,69 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule considérée comme valeur minimale (Tableau 41).

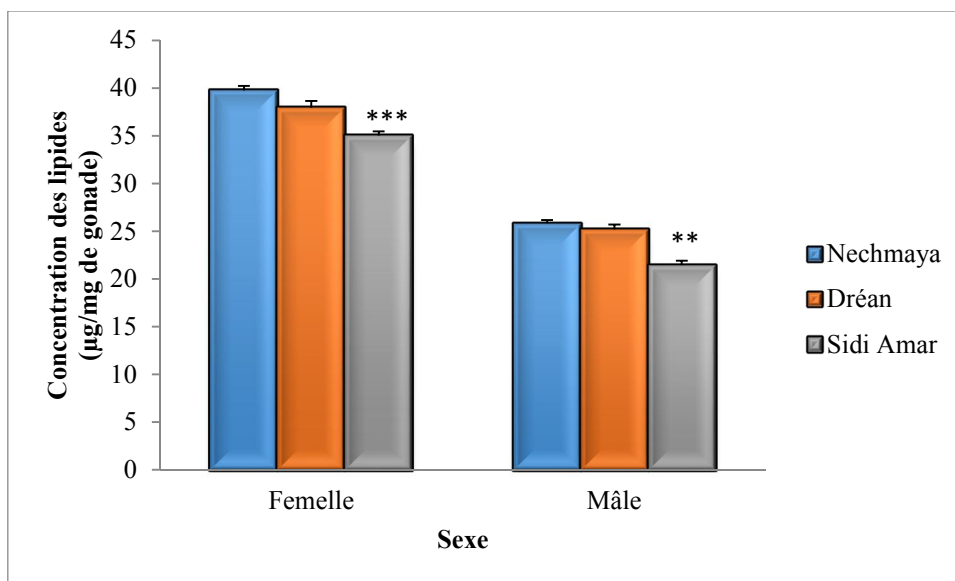
La comparaison des moyennes entre les deux sexes de même site révèle une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) au niveau des trois sites d'étude (Tableau 41). De plus, la comparaison des moyennes entre les trois sites du même sexe présente une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) pour les femelles récoltés au niveau de Sidi Amar et une diminution hautement significative ( $p=0,004$ ) pour les mâles récoltés au niveau de Sidi Amar (Figure 44).

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre un effet site, sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/sexe non significative ( $p=0,076$ ) (Tableau 42).

**Tableau 41 :** concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 46,70 $\pm$ 0,46 | 32,76 $\pm$ 0,39 | 0,000*** |
| Dréan       | 44,30 $\pm$ 0,44 | 25,96 $\pm$ 0,66 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 15,45 $\pm$ 0,60 | 14,13 $\pm$ 0,69 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,004 **         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 44 :** Variation du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 42 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 88,91   | 44,46   | 180,67           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1081,65 | 1081,65 | 4395,72          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 1,47    | 0,73    | 2,98             | 0,076 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 4,43    | 0,25    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 1176,46 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en lipides dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

En automne, les concentrations en lipides au niveau des gonades des femelles de *S. morsitans* montrent des valeurs qui varient entre un maximum au niveau de Nechmaya avec  $39,77 \pm 0,46 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et un minimum au niveau de Sidi Amar avec  $35,05 \pm 0,43 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire en passant par la zone Dréan avec  $37,96 \pm 0,69 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire. Pour les mâles, le taux maximal a été enregistré chez les individus récoltés de Nechmaya et de Dréan avec  $25,83 \pm 0,34 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule et  $25,20 \pm 0,52 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement, et le taux minimal a été signalé chez les individus récoltés de Sidi Amar avec  $21,46 \pm 0,45 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule (Tableau 43).

L'analyse des concentrations lipidiques au niveau des gonades de *S. morsitans* par la comparaison des moyennes entre les deux sexes du même site, montrent des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) entre les mâles et les femelles du site de Nechmaya et Dréan, par contre au niveau du site de Sidi Amar montre une différence très significative ( $p=0,019$ ) entre les mâles et les femelles (Tableau 43).

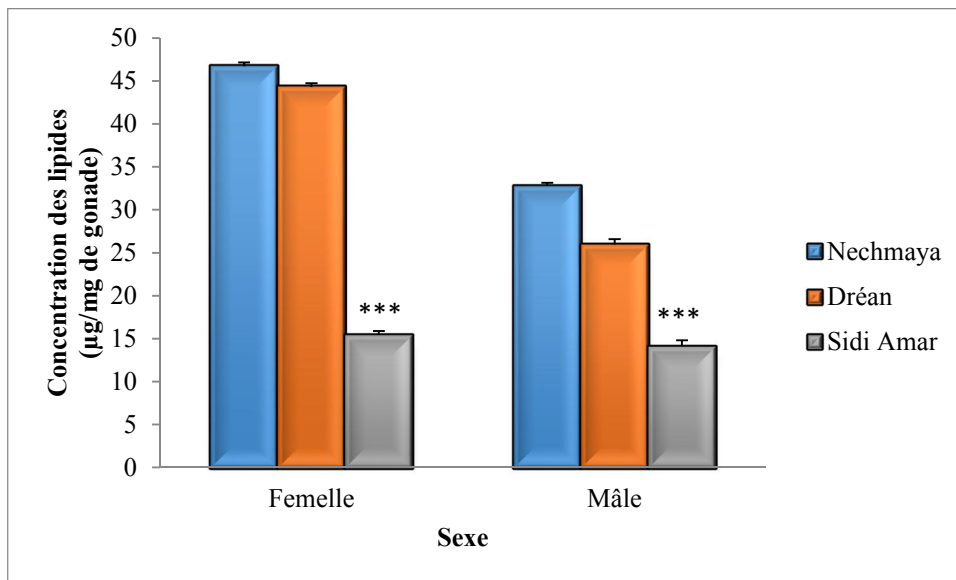
Les résultats de l'analyse statistique des concentrations en lipides gonadiques entre les trois sites du même sexe montrent une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles et les mâles récoltés au niveau de Sidi Amar (Figure 45).

L'analyse statistique réalisée selon les deux critères site et sexe révèle des différences très hautement significatives ( $p \leq 0,000$ ) pour les deux paramètres (site, sexe) et pour l'interaction site/sexe (Tableau 44).

**Tableau 43 :** concentration en lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 39,77 $\pm$ 0,46 | 25,83 $\pm$ 0,34 | 0,000*** |
| Dréan       | 37,96 $\pm$ 0,69 | 25,20 $\pm$ 0,52 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 35,05 $\pm$ 0,43 | 21,46 $\pm$ 0,45 | 0,019*   |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 45 :** Variation du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 44 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2817,45 | 1408,73 | 5259,79          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 725,53  | 752,53  | 2809,73          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 312,47  | 156,24  | 583,43           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 4,82    | 0,27    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 3887,27 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification site, sexe, saison révèle une différence très hautement significative ( $p \leq 0,000$ ) pour toutes les sources de variation (Tableau 45).

**Tableau 45 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de lipides ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 1951,74 | 975,87  | 3797,90          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 1819,30 | 1819,30 | 7080,37          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 11,79   | 11,79   | 461,06           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 147,29  | 73,65   | 1102,67          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 954,63  | 477,32  | 50,74            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 14,89   | 14,89   | 142,52           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 166,65  | 83,32   | 60,30            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 9,25    | 0,26    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 5075,53 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

### 3.4.2. Analyse quantitative des vitellogénines dans les gonades d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant des trois sites d'étude

La teneur en vitellogénines a été mesurée pendant les deux saisons de reproduction (printemps et automne) dans l'hémolymphe des deux sexes d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées à partir des trois stations : Nechmaya, Dréan et Sidi Amar.

#### ➤ Évaluation des concentrations en vitellogénines dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison printanière

Au printemps, les résultats obtenus de la concentration en vitellogénines révèlent des teneurs maximales remarquées chez les femelles et les mâles au niveau de la zone Nechmaya avec  $52,38 \pm 1,91 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe et  $34,72 \pm 1,84 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe respectivement, des teneurs moyennes notées chez les femelles et les mâles au niveau la zone Dréan avec  $49,52 \pm 0,87 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe et  $33,42 \pm 0,78 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe respectivement et des teneurs minimales signalées chez les femelles et les mâles au niveau de la zone de Sidi Amar avec  $20,13 \pm 0,80 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe et  $15,35 \pm 0,96 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe respectivement (Tableau 46).

La comparaison des moyennes entre les deux sexes montre des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) au sein du même site (Tableau 46). La comparaison des moyennes entre les femelles de chaque site révèle une diminution très hautement significative

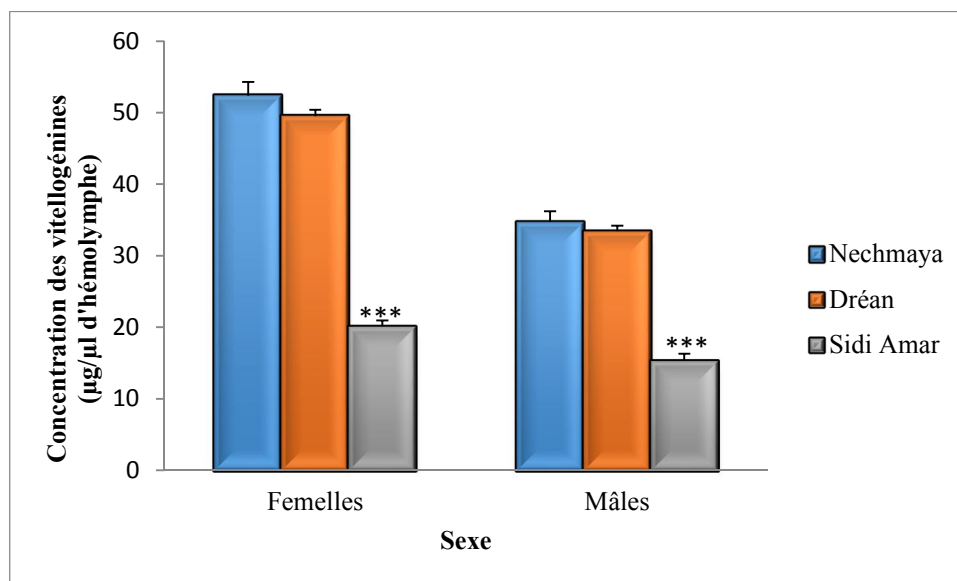
( $p=0,000$ ) pareillement la comparaison entre les mâles et ce, au niveau du site de Sidi Amar (Figure 46)

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) affiche un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 47).

**Tableau 46 :** concentration en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 52,38 $\pm$ 1,91 | 34,72 $\pm$ 1,84 | 0,000*** |
| Dréan       | 49,52 $\pm$ 0,87 | 33,42 $\pm$ 0,78 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 20,13 $\pm$ 0,80 | 15,35 $\pm$ 0,96 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 46 :** Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 47 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2794,5 | 1397,3 | 797,18           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1689,4 | 1689,4 | 963,85           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 536,6  | 268,3  | 153,06           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 31,5   | 1,8    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 5052,1 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellogénine dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

Durant la deuxième saison de reproduction automnale, les taux de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) au niveau des gonades d'*E. nudicornis* affichent des concentrations importantes chez les femelles avec  $53,62 \pm 1,84 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe au niveau de la zone de Nechmaya suivie par  $46,70 \pm 1,93 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe au niveau de la zone de Dréan ; par contre au niveau de la zone de Sidi Amar, des valeurs minimales ont été enregistrées avec  $18,98 \pm 1,11 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe. Néanmoins, chez les mâles, des valeurs plus faibles ont été signalées par rapport aux femelles avec  $34,25 \pm 1,29 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe au niveau du site de Nechmaya suivie par  $25,02 \pm 1,89 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe au niveau du site de Dréan, et de  $14,33 \pm 0,85 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe au niveau du site de Sidi Amar (Tableau 48).

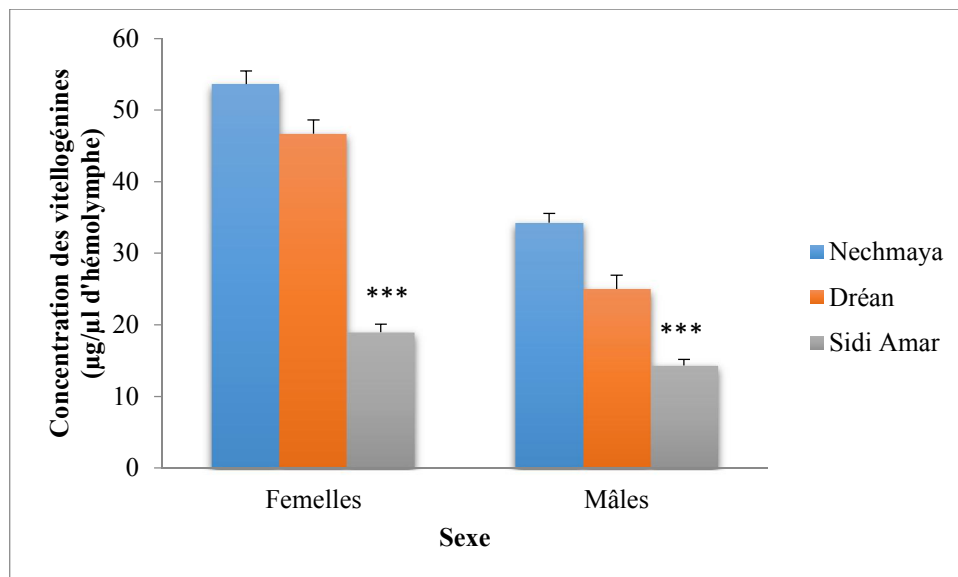
La comparaison des moyennes entre les deux sexes au niveau des trois sites révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 48). Par ailleurs, la comparaison des moyennes entre les femelles des trois sites et celle entre les mâles montrent une diminution très hautement significative au niveau du site de Sidi Amar ( $p=0,000$ ) (Figure 47).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) affiche un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 49).

**Tableau 48 :** concentration en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 53,62 $\pm$ 1,84 | 34,25 $\pm$ 1,29 | 0,000*** |
| Dréan       | 46,70 $\pm$ 1,93 | 25,02 $\pm$ 1,89 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 18,98 $\pm$ 1,11 | 14,33 $\pm$ 0,85 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 47 :** Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 49** : Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 3141,88 | 1570,94 | 652,94           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1391,57 | 1391,57 | 578,39           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 341,44  | 170,72  | 70,96            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 43,31   | 2,41    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 4918,19 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

Une ANOVA à trois critères de classification site, sexe et saison révèle des effets site, sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), un effet saison non significatif ( $p=0,745$ ), des interactions site/sexe, site/sexe/saison très hautement significatives ( $p \leq 0,001$ ), et des interactions site/saison, et sexe/saison non significatives ( $p > 0,05$ ) (Tableau 50).

**Tableau 50 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 5931,03 | 2965,51 | 1426,17          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 3073,76 | 3073,76 | 1478,23          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 0,22    | 0,22    | 0,11             | 0,745 NS  |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 843,72  | 241,86  | 202,88           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 5,39    | 2,70    | 1,30             | 0,286 NS  |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 7,22    | 7,22    | 3,47             | 0,071 NS  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 34,27   | 17,14   | 8,24             | 0,001 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 74,86   | 2,08    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 9970,47 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellogénines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

L'évaluation des taux en vitellogénines au niveau de l'hémolymphe chez *S. morsitans* récoltée dans les trois stations (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) montre une valeur maximale chez les femelles de Nechmaya ( $60,40 \pm 0,89 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) suivie par les femelles de Dréan ( $55,24 \pm 0,66 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe), les femelles de Sidi Amar occupent des valeurs minimales ( $22,05 \pm 0,79 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe). Cependant, l'estimation est similaire pour les mâles, où une valeur maximale est enregistrée à Nechmaya ( $33,91 \pm 1,45 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) et une valeur minimale à Sidi Amar durant la saison printanière ( $13,94 \pm 1,06 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) (Tableau 51 ; figure 48).

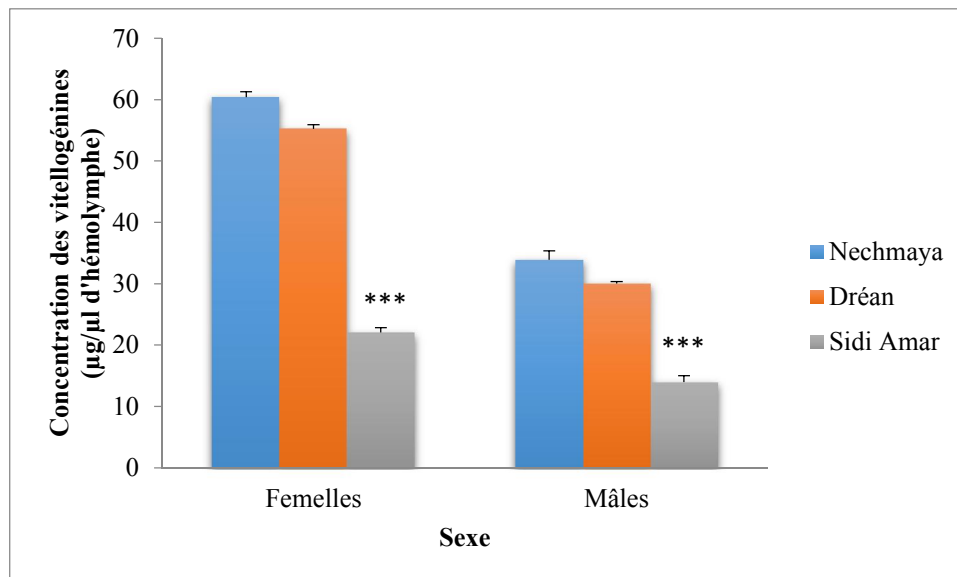
La comparaison des moyennes entre les femelles et les mâles au sein des trois sites révèle une différence très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 51). Par ailleurs, une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles ainsi qu'entre les mâles au niveau du site de Sidi Amar ont été enregistrées (Figure 48).

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 52).

**Tableau 51 :** concentration en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 60,40 $\pm$ 0,89 | 33,91 $\pm$ 1,45 | 0,000*** |
| Dréan       | 55,24 $\pm$ 0,66 | 29,76 $\pm$ 0,35 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 22,05 $\pm$ 0,79 | 13,94 $\pm$ 1,06 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 48 :** Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 52 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 3926,1 | 1963,0 | 2239,26          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 2407,0 | 2407,0 | 2745,69          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 427,2  | 213,6  | 243,66           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 15,8   | 0,9    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 6776,1 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellogénines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

La détermination des concentrations en vitellogénine au niveau d'hémolymphe de *S. morsitans* échantillonnés dans les trois stations d'étude durant la période automnale, montre une valeur maximale chez les femelles de la zone de Nechmaya ( $58,76 \pm 0,93 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) et une valeur minimale chez les femelles de Sidi Amar ( $20,34 \pm 0,62 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe), dans l'ensemble, les organismes provenant de site Nechmaya affichent des concentrations plus élevées par rapport aux deux autres sites (Dréan, Sidi Amar). Néanmoins, pour les mâles, une valeur maximale de  $32,21 \pm 1,20 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe est enregistrée au niveau de la zone de Nechmaya et une valeur minimale à Sidi Amar ( $12,19 \pm 1,20 \mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) (Tableau 53).

L'analyse des concentrations en vitellogénines au niveau de l'hémolymphe de *S. morsitans* par la comparaison des moyennes entre les deux sexes du même site, montrent des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 53).

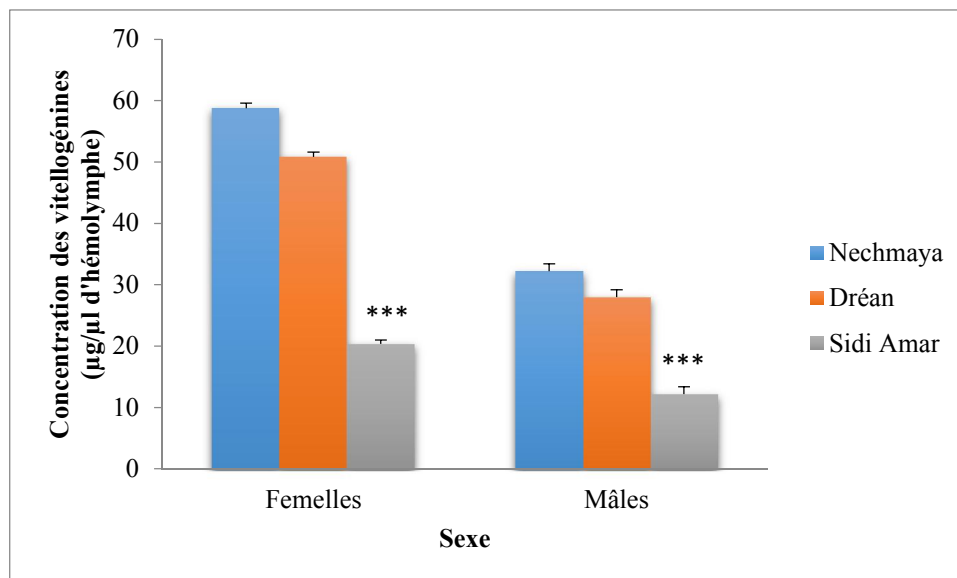
Les résultats de l'analyse statistique des concentrations en vitellogénines hémolympatiques entre les trois sites du même sexe montrent une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles ainsi qu'entre les mâles au niveau du site de Sidi Amar (Figure 49).

L'analyse de la variance à deux critères de classification indique un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 54).

**Tableau 53 :** concentration en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 58,76 $\pm$ 0,93 | 32,21 $\pm$ 1,20 | 0,000*** |
| Dréan       | 50,86 $\pm$ 0,76 | 27,95 $\pm$ 1,18 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 20,34 $\pm$ 0,62 | 12,19 $\pm$ 1,20 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 49 :** Évaluation des concentrations en vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 54** : Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 3805,1 | 1902,6 | 1914,33          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 2208,2 | 2208,2 | 2221,85          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 379,3  | 189,6  | 190,80           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 17,9   | 1,0    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 6410,5 | -      | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification site, sexe et saison révèle des effets site, sexe, saison et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p \leq 0,001$ ) et des interactions site/saison, sexe/saison, et site/sexe/saison non significatives ( $p > 0,05$ ) (Tableau 55).

**Tableau 55 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellogénines ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  d'hémolymphe) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 7726,2  | 3863,1 | 4130,54          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 4613,1  | 4613,1 | 4932,43          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 55,9    | 55,9   | 59,77            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 801,8   | 400,9  | 428,64           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 5,0     | 2,5    | 2,69             | 0,081 NS  |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 2,1     | 2,1    | 2,29             | 0,071 NS  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 4,7     | 2,4    | 2,52             | 0,095 NS  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 33,7    | 0,9    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 13242,5 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.4.3. Analyse quantitative des vitellines dans les gonades d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant des trois sites d'étude

La teneur en vitellines a été mesurée pendant les deux saisons de reproduction (printemps et automne) dans les gonades des deux sexes d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées à partir des trois stations : Nechmaya, Dréan et Sidi Amar.

#### ➤ Évaluation des concentrations en vitellines dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison printanière

Le suivi des concentrations en vitellines dans les gonades d'*E. nudicornis* montre des valeurs maximales à Nechmaya chez les femelles ( $48,26 \pm 1,03 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) et une valeur minimale chez les femelles de Sidi Amar ( $17,65 \pm 1,26 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire). Néanmoins ; pour les mâles une valeur maximale de  $22,43 \pm 0,85 \mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu est notée au niveau de la zone de Nechmaya et une valeur minimale à Sidi Amar ( $10,93 \pm 0,57 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) (Tableau 56, figure 50).

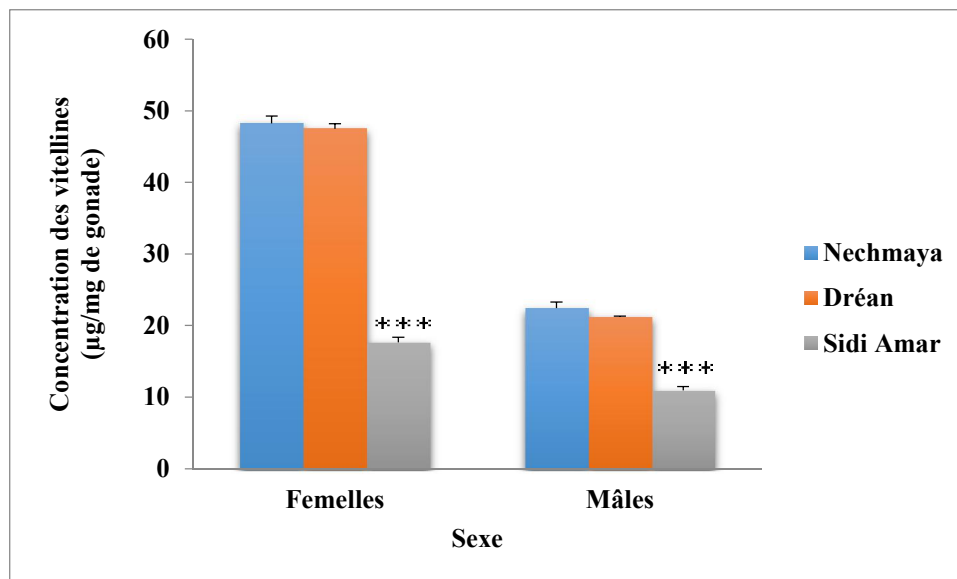
La comparaison des moyennes entre les deux sexes (femelles et mâles) au sein du même site (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) révèle des différences très hautement significatives ( $p \leq 0,001$ ) (Tableau 56).

Par ailleurs, une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles ainsi qu'entre les mâles au niveau des trois sites ont été enregistrées (Figure 50). L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) montre un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p \leq 0,001$ ) lors de la saison printanière (Tableau 57).

**Tableau 56 :** concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 48,26 $\pm$ 1,03 | 22,43 $\pm$ 0,85 | 0,000*** |
| Dréan       | 47,50 $\pm$ 0,69 | 21,21 $\pm$ 0,10 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 17,65 $\pm$ 0,70 | 10,93 $\pm$ 0,57 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 50 :** Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 57** : Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 1788,28 | 894,14  | 898,12           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1720,60 | 1720,60 | 1728,25          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 370,37  | 185,19  | 186,01           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 17,92   | 1,00    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 3897,17 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellines dans les gonades mâle et femelle d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

En automne, l'évaluation des concentrations en vitellines chez *E. nudicornis* récoltée dans l'ensemble des sites d'étude (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) montre une valeur maximale de  $47,25 \pm 0,55 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles de Nechmaya suivi par les femelles de Dréan ( $45,70 \pm 0,22 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) et des valeurs minimales des vitellines pour les femelles de Sidi Amar ( $15,06 \pm 1,21 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire). Cependant ; les mâles de Nechmaya expriment une valeur maximale de  $28,49 \pm 1,48 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule suivie par le site de Dréan  $27,26 \pm 0,86 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule, par contre les mâles de Sidi Amar présentent une valeur minimale de  $10,53 \pm 1,07 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule (Tableau 58 ; figure 51).

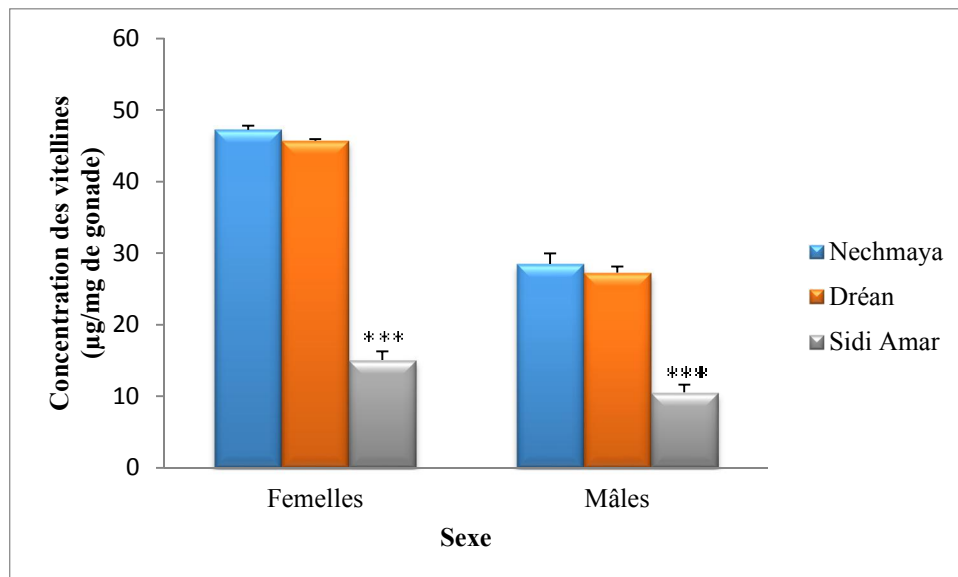
La comparaison statistique des moyennes entre femelles et mâles au sein des sites de Nechmaya et de Dréan révèle une différence très hautement significatives ( $p \leq 0,000$ ). Par contre le site de Sidi Amar expose une différence hautement significative ( $p \leq 0,01$ ) (Tableau 58). Par ailleurs, la comparaison des moyennes entre les femelles des trois sites et celle entre les mâles montrent une diminution très hautement significatives pour le site de Sidi Amar ( $p=0,000$ ) (Figure 51).

D'après l'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) durant l'automne (Tableau 59), il ressort un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ).

**Tableau 58 :** concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 47,25 $\pm$ 0,55 | 28,49 $\pm$ 1,48 | 0,000*** |
| Dréan       | 45,70 $\pm$ 0,22 | 27,26 $\pm$ 0,86 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 15,06 $\pm$ 1,21 | 10,53 $\pm$ 1,07 | 0,002**  |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 51 :** Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 59** : Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2541,87 | 1270,93 | 592,61           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1181,89 | 1181,89 | 551,08           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 270,89  | 135,45  | 63,16            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 38,60   | 2,14    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 4033,25 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) durant les deux saisons de reproduction montre une différence très hautement significative ( $p \leq 0,001$ ) pour toutes les sources de variation (Tableau 60).

**Tableau 60 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 4257,87 | 2128,93 | 1355,91          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 2877,27 | 2877,27 | 1832,52          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 39,15   | 39,15   | 24,93            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 611,52  | 305,76  | 194,74           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 72,28   | 36,14   | 32,02            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 25,22   | 25,22   | 16,06            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 29,74   | 14,87   | 9,47             | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 56,52   | 1,57    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 7969,57 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

Au printemps, la détermination des concentrations en vitellines chez les femelles révèle des valeurs maximales enregistrée au niveau de Nechmaya ( $54,80 \pm 1,29 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire), suivi de Dréan ( $47,78 \pm 1,76 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire), et des valeurs minimales marquées au niveau du site de Sidi Amar ( $19,97 \pm 0,95 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire). Toutefois, les mâles présentent des valeurs qui varient entre un maximum noté à Nechmaya ( $29,69 \pm 1,14 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) et un minimum noté à Sidi Amar ( $10,99 \pm 0,95 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule), en passant par le site de Dréan avec  $25,12 \pm 0,85 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule (Tableau 61).

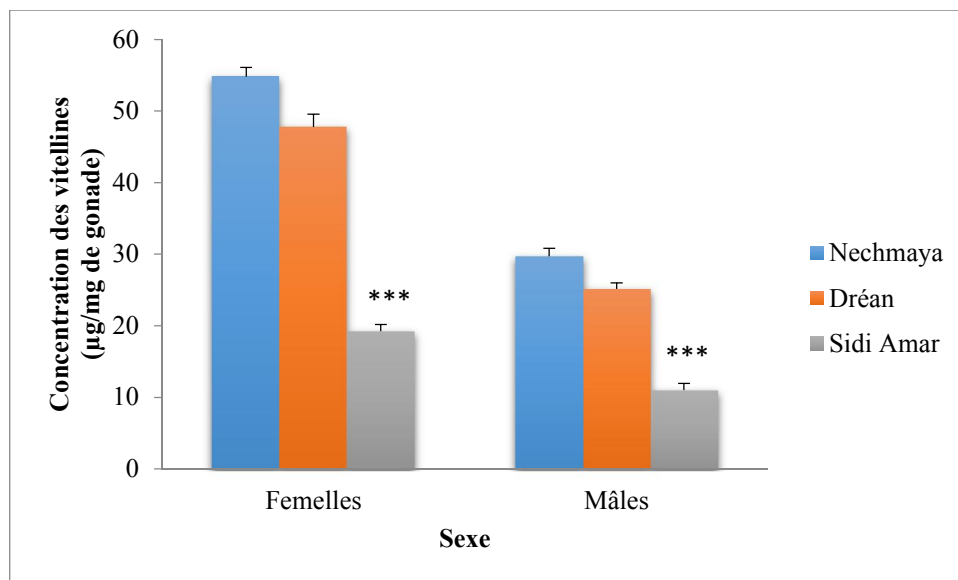
La comparaison des moyennes entre les deux sexes au sein du même site révèle des différences très hautement significatives ( $p \leq 0,001$ ) (Tableau 61). L'analyse de la variance entre les trois sites de chaque sexe révèle une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) (Figure 52).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) illustre un effet site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p \leq 0,001$ ) (Tableau 62).

**Tableau 61 :** concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en périodes de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 54,80 $\pm$ 1,29 | 29,69 $\pm$ 1,14 | 0,000*** |
| Dréan       | 47,78 $\pm$ 1,76 | 25,12 $\pm$ 0,85 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 19,97 $\pm$ 0,95 | 10,99 $\pm$ 0,95 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 52 :** Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 62 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 3173,2 | 1586,6 | 1098,34          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 2146,5 | 2146,5 | 1485,94          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 302,1  | 151,0  | 104,56           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 26,0   | 1,4    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 5647,7 | -      | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

➤ **Évaluation des concentrations en vitellines dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

L'estimation des concentrations en vitellines pendant la saison automnale montre des valeurs maximales enregistrées chez les femelles et les mâles de Nechmaya ( $51,16 \pm 1,23 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire,  $28,98 \pm 1,65 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement), et des valeurs minimales observées chez les femelles et les mâles de Sidi Amar ( $18,29 \pm 1,60 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire,  $09,47 \pm 0,72 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) en passant par des valeurs moyennes constatées chez les femelles et les mâles de Dréan ( $49,44 \pm 0,20 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire,  $26,26 \pm 0,52 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) (Tableau 63).

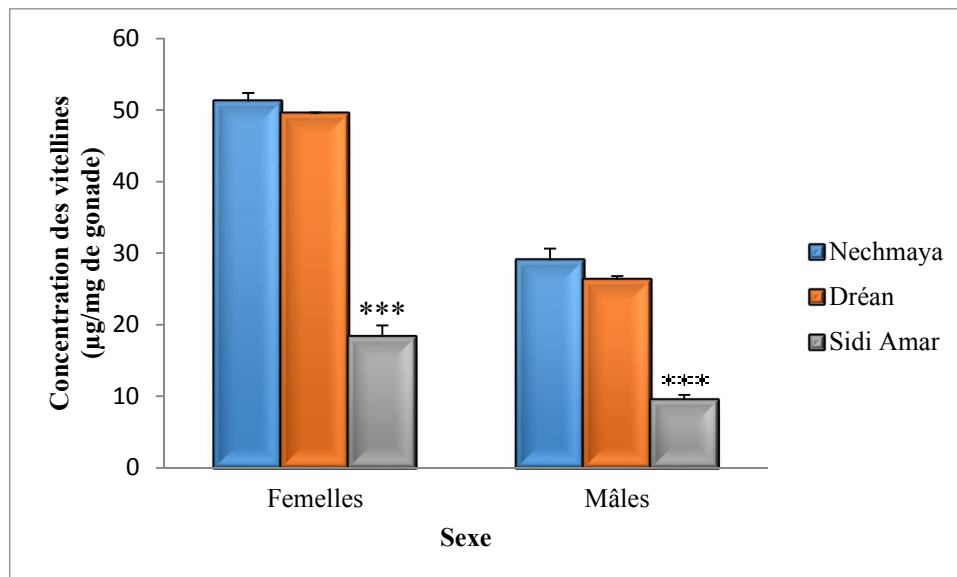
La comparaison des moyennes entre les mâles et les femelles du même site affiche des différences très hautement significatives ( $p \leq 0,001$ ). Cependant, l'analyse statistique comparative des valeurs du même sexe entre les trois sites montre une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les deux sexes récoltés à partir du site de Sidi Amar (Tableau 63 ; figure 53).

Les concentrations en vitellines exprimées par sexe ont subi une analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) qui révèle des effets site, sexe et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p \leq 0,001$ ) (Tableau 55).

**Tableau 63 :** concentration en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 51,16 $\pm$ 1,23 | 28,98 $\pm$ 1,65 | 0,000*** |
| Dréan       | 49,44 $\pm$ 0,20 | 26,26 $\pm$ 0,52 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 18,29 $\pm$ 1,60 | 09,47 $\pm$ 0,72 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 53 :** Évaluation des concentrations en vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 64 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de la concentration de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 2843,55 | 1421,77 | 791,24           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1626,41 | 1626,41 | 905,12           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 189,51  | 94,76   | 52,73            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 32,34   | 1,80    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 4691,82 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

Une ANOVA à trois critères de classification (site, sexe, saison) réalisée sur les résultats du taux de vitellines révèle des différences très hautement significatives ( $p \leq 0,001$ ) pour les trois paramètres site, sexe, saison, mais également pour les interactions site/sexe et site/saison. En revanche, une différence hautement significative pour l'interaction sexe/saison ( $p=0,002$ ) a été signalée, et aucune différence significative n'a été notée pour l'interaction site/sexe/saison (Tableau 65).

**Tableau 65 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux de vitellines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE      | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|----------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 5987,53  | 2993,77 | 1847,19          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 3754,88  | 3754,88 | 2316,81          | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 106,51   | 106,51  | 65,72            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 482,82   | 241,41  | 148,95           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 29,17    | 14,58   | 9,00             | 0,001 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 18,01    | 18,01   | 11,11            | 0,002 **  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 8,77     | 4,39    | 2,71             | 0,080 NS  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 58,35    | 1,62    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 10446,03 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.4.4. Analyse quantitative des acides nucléiques dans les gonades d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant des trois sites d'étude

L'évaluation des taux des acides nucléique ADN et ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) est suivie durant la période de reproduction (printemps et automne) au niveau des gonades des deux sexes d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant de trois sites Nechmaya, Dréan et Sidi Amar.

##### 3.4.4.1 Analyse quantitative de l'ADN

###### ➤ Évaluation du taux d'ADN dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison printanière

Les résultats obtenus de l'analyse quantitative du taux d'ADN révèle des valeurs maximales chez les femelles et les mâles au niveau de site Sidi Amar ( $36,19 \pm 1,07 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $26,60 \pm 0,77 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) et des valeurs minimales chez les femelles et les mâles au niveau du site de Nechmaya ( $23,28 \pm 1,81 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $11,76 \pm 1,34 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement), toutefois, des taux moyens sont enregistrés chez les femelles et les mâles au niveau du site de Dréan ( $30,49 \pm 1,31 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $16,11 \pm 1,12 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) (Tableau 66).

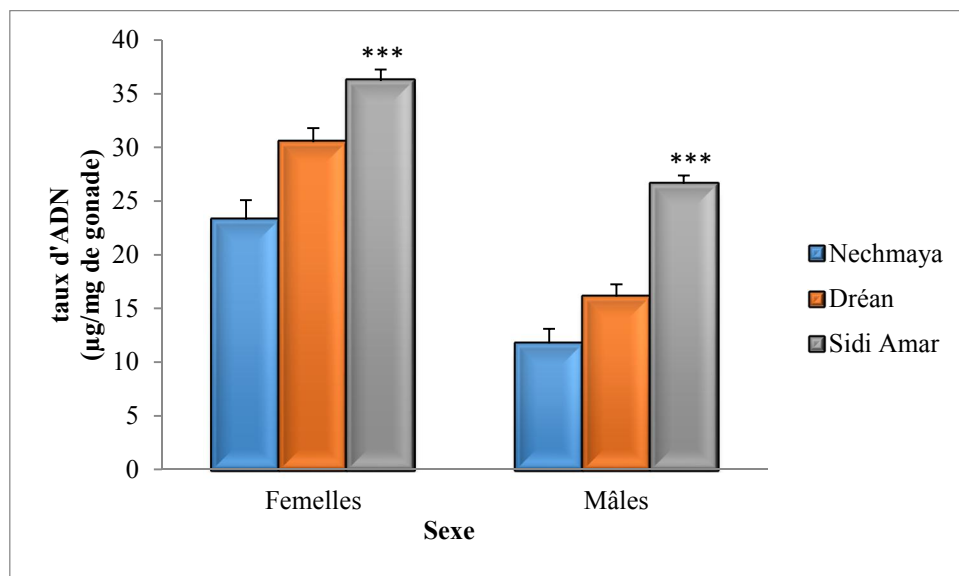
La comparaison des moyennes entre femelles et mâles au sein du même site révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ). Par ailleurs, une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) a été enregistrée entre les femelles et entre les mâles au niveau du site de Sidi Amar (Figure 54).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) révèle des effets site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/sexe hautement significative ( $p=0,005$ ) (Tableau 67).

**Tableau 66 :** Evaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P         |
|-------------|------------------|------------------|-----------|
| Nechmaya    | 23,28 $\pm$ 1,81 | 11,76 $\pm$ 1,34 | 0,000 *** |
| Dréan       | 30,49 $\pm$ 1,31 | 16,11 $\pm$ 1,12 | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 36,19 $\pm$ 1,07 | 26,60 $\pm$ 0,77 | 0,000 *** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 54 :** Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 67 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 776,92  | 388,46 | 235,86           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 839,58  | 839,58 | 509,76           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 23,28   | 11,64  | 7,07             | 0,005 **  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 29,65   | 1,65   | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 1669,42 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ADN dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

En automne, l'évaluation du taux d'ADN durant cette saison montre des valeurs maximales chez les femelles et les mâles du site de Sidi Amar ( $31,19 \pm 2,01 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $23,43 \pm 2,14 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) et des valeurs moyennes chez les femelles et les mâles du site de Dréan ( $27,60 \pm 1,64 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $17,86 \pm 0,45 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) et des valeurs minimales chez les femelles et les mâles du site de Nechmaya ( $18,01 \pm 1,11 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $11,36 \pm 0,78 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) (Tableau 68).

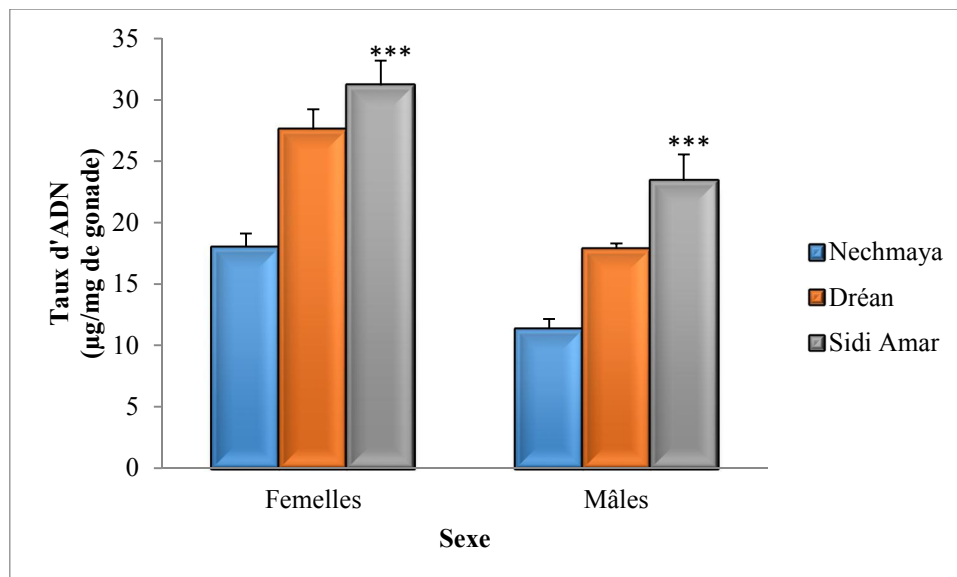
La comparaison des moyennes entre les deux sexes au sein de chaque site montre des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) enregistrées au niveau de site de Nechmaya et Dréan et une différence hautement significative ( $p=0,002$ ) est signalée au niveau du site de Sidi Amar (Tableau 69). La comparaison des moyennes entre les femelles et les mâles entre les sites révèle une augmentation très hautement significative au niveau du site de Sidi Amar ( $p=0,000$ ) (Figure 55).

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des effets site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/sexe non significative ( $p=0,140$ ) (Tableau 69).

**Tableau 68 :** Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P         |
|-------------|------------------|------------------|-----------|
| Nechmaya    | 18,01 $\pm$ 1,11 | 11,36 $\pm$ 0,78 | 0,000 *** |
| Dréan       | 27,60 $\pm$ 1,64 | 17,86 $\pm$ 0,45 | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 31,19 $\pm$ 2,01 | 23,43 $\pm$ 2,14 | 0,002 **  |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 55 :** Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 69 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE    | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|--------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 653,04 | 326,52 | 145,93           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 388,90 | 388,90 | 173,81           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 388,90 | 4,91   | 2,19             | 0,140 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 9,82   | 2,24   | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 40,28  | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

Une ANOVA à trois critères de classification (site, sexe, saison) réalisée sur les résultats du taux d'ADN révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) pour les trois paramètres site, sexe et saison, des différences hautement significatives ( $p<0,01$ ) pour les interactions site/sexe et site/saison, une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) pour l'interaction sexe/saison, alors qu'aucune signification n'est signalée pour l'interaction site/sexe/saison ( $p=0,242$ ) (Tableau 70).

**Tableau 70 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 1404,59 | 702,29  | 361,59           | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 1185,64 | 1185,64 | 610,44           | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 75,00   | 75,00   | 38,61            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 27,37   | 13,68   | 7,04             | 0,003 **  |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 25,37   | 12,69   | 6,53             | 0,004 **  |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 42,83   | 42,83   | 22,05            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 5,73    | 2,87    | 1,48             | 0,242 NS  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 69,92   | 1,94    | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 2836,45 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ADN dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

L'évaluation du taux d'ADN au niveau des gonades chez *Scolopendra morsitans* récoltés dans les trois stations (Nechmaya, Dréan et Sidi Amar) montre une valeur maximale chez les femelles de Sidi Amar ( $91,52 \pm 1,93 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire) suivie par les femelles de Dréan ( $49,92 \pm 1,11 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire), les femelles de Nechmaya occupent le dernier rang avec des valeurs minimales du taux d'ADN ( $47,54 \pm 0,96 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire). Cependant, la constatation est similaire pour les mâles, où une valeur maximale est enregistrée à Sidi Amar ( $74,82 \pm 1,78 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) et une valeur minimale à Nechmaya ( $30,35 \pm 0,22 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule) durant la saison printanière (Tableau 71 ; figure 56).

La comparaison des moyennes entre femelles et mâles au sein des trois sites révèle une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) a été enregistrée (Tableau 71).

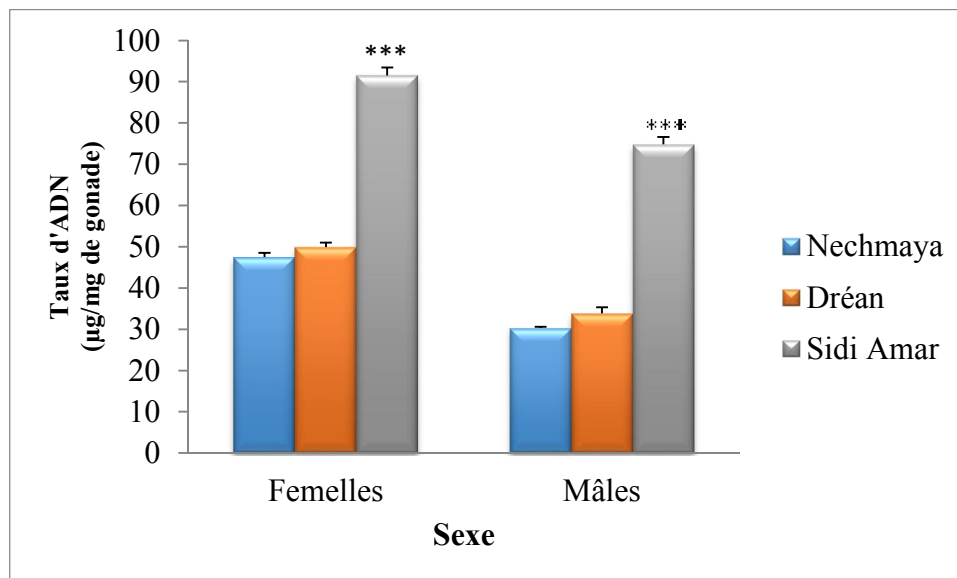
Par ailleurs, une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) a été consignée entre les femelles ainsi qu'entre les mâles au niveau du site de Sidi Amar (Figure 56).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe), montre simultanément un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) durant la saison printanière (Tableau 72).

**Tableau 71 :** Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P         |
|-------------|------------------|------------------|-----------|
| Nechmaya    | 47,54 $\pm$ 0,96 | 30,35 $\pm$ 0,22 | 0,000 *** |
| Dréan       | 49,92 $\pm$ 1,11 | 33,88 $\pm$ 1,42 | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 91,52 $\pm$ 1,93 | 74,82 $\pm$ 1,78 | 0,000 *** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 56 :** Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 72 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 15660,6 | 7830,3 | 3528,47          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 1128,2  | 1128,2 | 508,38           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 85,0    | 42,5   | 19,14            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 39,9    | 2,2    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 16913,7 | -      | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ADN dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

En automne, l'évaluation du taux d'ADN dans les gonades de *S. morsitans* révèle des taux importants chez les femelles de Sidi Amar et Dréan par rapport aux mâles de ces deux zones.

En outre, les valeurs les plus importantes sont enregistrées chez les femelles et les mâles de la zone de Sidi Amar avec respectivement  $86,33 \pm 1,70 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $67,09 \pm 1,27 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule (Tableau 73 ; figure 57).

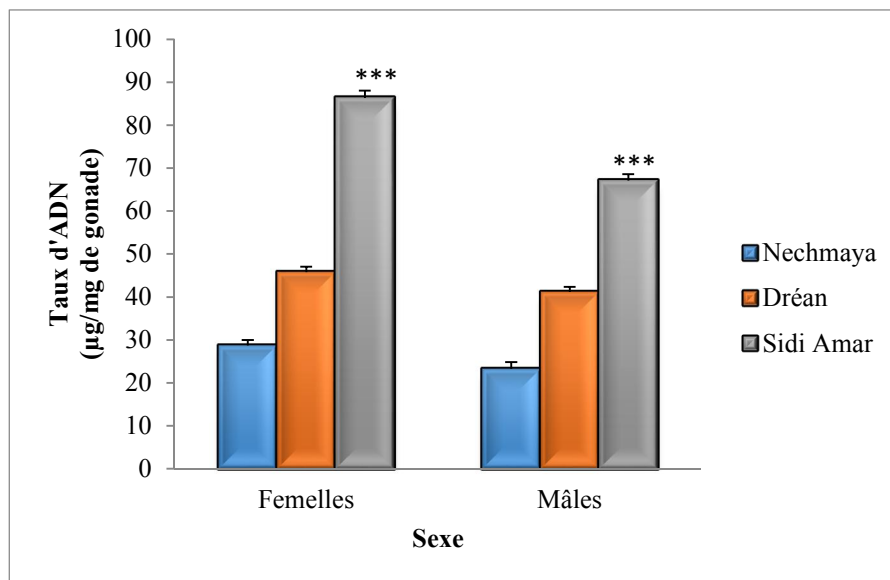
La comparaison des moyennes entre les femelles et les mâles du même site montre, des différences hautement significatives ( $p < 0,01$ ) chez les individus récoltés à partir de Nechmaya et Dréan, alors que pour le site de Sidi Amar, une différence très hautement significative ( $p = 0,000$ ) a été enregistrée entre les deux sexes (Tableau 73). L'analyse de la variance entre les trois sites de chaque sexe révèle une augmentation très hautement significative chez les femelles et les mâles récoltés à Sidi Amar ( $p = 0,000$ ) (Figure 57).

Cependant, les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe), durant la saison automnale montrent un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p = 0,000$ ) (Tableau 74).

**Tableau 73 :** Évaluation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P        |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| Nechmaya    | 28,74 $\pm$ 1,27 | 23,29 $\pm$ 1,55 | 0,002 ** |
| Dréan       | 45,77 $\pm$ 1,26 | 41,19 $\pm$ 1,18 | 0,005 ** |
| Sidi Amar   | 86,33 $\pm$ 1,70 | 67,09 $\pm$ 1,27 | 0,000*** |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 57 :** Variation du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 74 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 10611,6 | 5305,8 | 2734,61          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 571,1   | 571,1  | 294,32           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 270,3   | 135,2  | 69,66            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 34,9    | 1,9    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 11487,8 | -      | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

Une ANOVA à trois critères de classification (site, sexe, saison) sur les résultats du taux d'ADN révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) pour les deux paramètres site et sexe, alors qu'aucune différence n'a été enregistrée pour l'effet saison ( $p=0,592$ ) ; cependant, des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) pour les interactions site/ sexe, site/saison, sexe/saison ont été enregistrées. Par contre, l'interaction site/sexe/saison n'a présenté aucune différence significative ( $p>0,05$ ) (Tableau 75).

**Tableau 75 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ADN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 26025,0 | 13012,5 | 6256,89          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 1652,3  | 1652,3  | 794,48           | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 0,6     | 0,6     | 0,29             | 0,592 NS  |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 256,0   | 128,0   | 61,55            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 247,2   | 123,6   | 59,44            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 47,0    | 47,0    | 22,58            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 99,3    | 49,6    | 23,86            | 0,242 NS  |
| Erreur résiduelle              | 36  | 74,9    | 2,1     | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 28402,2 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.4.4.2 Analyse quantitative de l'ARN dans les gonades d'*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* provenant des trois sites d'étude

##### ➤ Évaluation du taux d'ARN dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison printanière

L'évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) suivie durant la période de reproduction printanière présente au niveau de site Sidi Amar des valeurs maximales chez les femelles et les mâles respectivement ( $98,12 \pm 1,99 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $87,70 \pm 1,68 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule). Toutefois, au niveau de site Nechmaya des valeurs minimales se présentent chez les femelles et les mâles avec  $65,56 \pm 1,47 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $46,44 \pm 1,12 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement (Tableau 76).

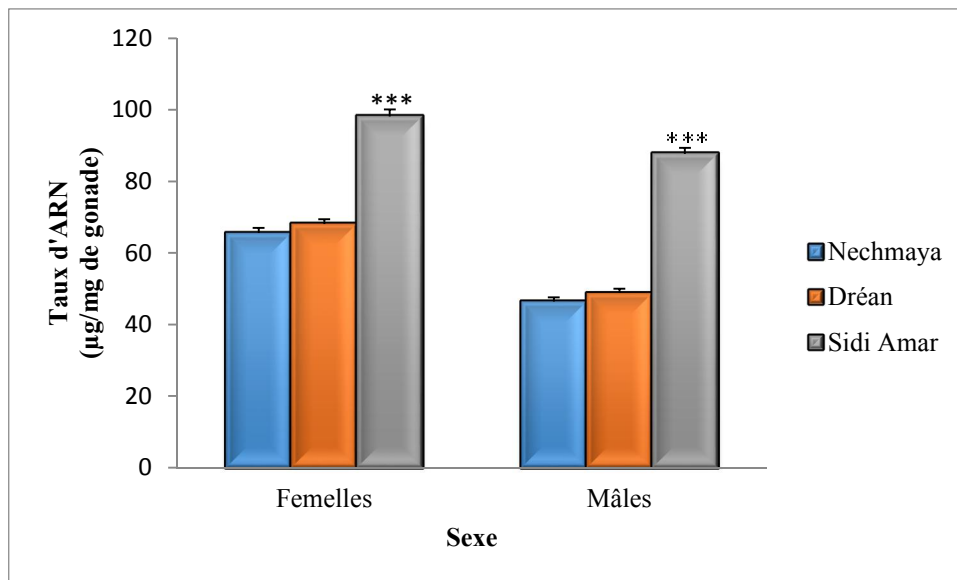
La comparaison des moyennes entre les femelles et les mâles de chaque site indique des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) durant la période printanière (Figure 58). L'analyse de la variance entre les trois sites de chaque sexe révèle une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) au niveau du site de Sidi Amar.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) indique des effets site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 77).

**Tableau 76 :** Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P         |
|-------------|------------------|------------------|-----------|
| Nechmaya    | 65,56 $\pm$ 1,47 | 46,44 $\pm$ 1,12 | 0,000 *** |
| Dréan       | 68,13 $\pm$ 1,29 | 48,82 $\pm$ 1,14 | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 98,12 $\pm$ 1,99 | 87,70 $\pm$ 1,68 | 0,000 *** |
| p           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 58 :** Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 77 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 20633,6 | 10316,8 | 3517,48          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 638,2   | 638,2   | 217,59           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 378,2   | 189,1   | 64,48            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 52,8    | 2,9     | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 21702,8 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ARN dans les gonades mâles et femelles d'*Eupolybothrus nudicornis* récoltés durant la saison automnale**

Durant la saison automnale, les concentrations du taux d'ARN présentent des valeurs élevées au niveau de la zone Sidi Amar chez les femelles et les mâles par respectivement  $87,60 \pm 1,64 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $78,09 \pm 1,44 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule et des valeurs minimales ont été consignées au niveau de la zone Nechmaya chez les deux sexes ( $53,59 \pm 0,47 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $45,53 \pm 0,54 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule). Cependant, la zone de Dréan affiche des valeurs moyennes avec  $55,10 \pm 0,96 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $48,18 \pm 1,30 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles (Tableau 78).

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) entre les femelles et les mâles récoltés à partir de Nechmaya et Dréan, alors que pour le site de Sidi Amar, une différence hautement significative ( $p=0,002$ ) a été enregistrée entre les deux sexes (Tableau 79).

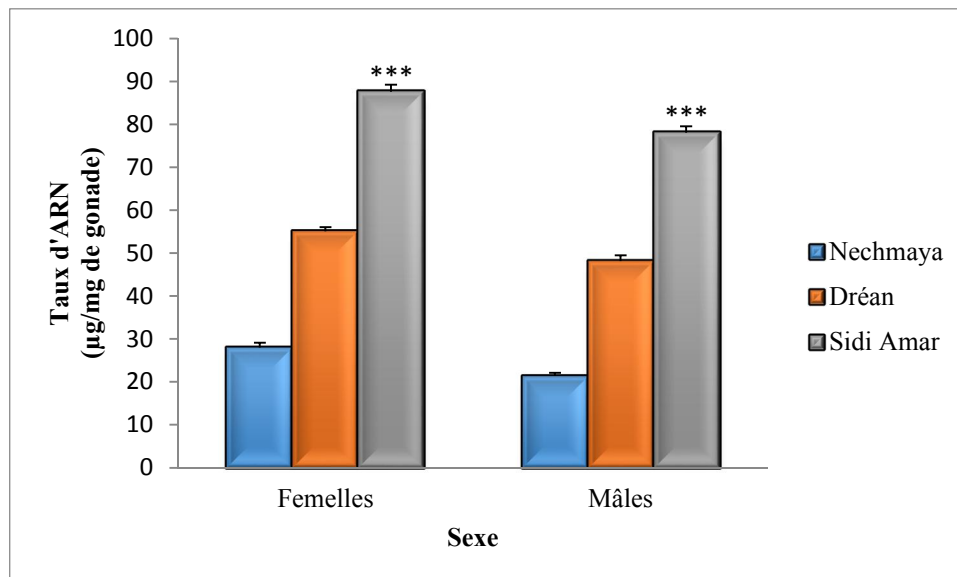
Par ailleurs, l'analyse de la variance entre les trois sites de chaque sexes révèle une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les femelles et entre les mâles à Sidi Amar (Figure 59).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) décèle des effets site, sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), par contre aucune différence n'a été signalée pour l'interaction site/sexe ( $p=0,063$ ) (Tableau 79).

**Tableau 78 :** Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Site \ Sexe | Femelle          | Mâle             | P         |
|-------------|------------------|------------------|-----------|
| Nechmaya    | 53,59 $\pm$ 0,47 | 45,53 $\pm$ 0,54 | 0,000 *** |
| Dréan       | 55,10 $\pm$ 0,96 | 48,18 $\pm$ 1,30 | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 87,60 $\pm$ 1,64 | 78,09 $\pm$ 1,44 | 0,002 **  |
| P           | 0,000 ***        | 0,000 ***        |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 59 :** Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 79 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM     | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|--------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 13552,8 | 6776,4 | 4380,76          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 355,2   | 355,2  | 229,63           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 10,0    | 5,0    | 3,23             | 0,063 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 27,8    | 1,5    | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 13945,8 | -      | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

L'analyse statistique ANOVA réalisée selon les trois critères (site, sexe et saison) montre des effets site, sexe, saison et des interactions site/sexe, site/saison, site/sexe/saison très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction sexe/saison hautement significative ( $p=0,004$ ) (Tableau 80).

**Tableau 80 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonades) chez les deux sexes d'*E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 33812,6 | 16906,3 | 7547,71          | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 972,8   | 972,8   | 434,30           | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 759,8   | 759,8   | 339,20           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 139,9   | 70,0    | 31,24            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 373,7   | 186,8   | 83,41            | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 20,6    | 20,6    | 9,19             | 0,004 **  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 248,3   | 124,1   | 55,42            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 80,6    | 2,2     | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 36408,3 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ARN dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison printanière**

Au cours de la saison printanière, l'évaluation du taux d'ARN au niveau des gonades de *S. morsitans* révèle des taux élevés chez les femelles et les mâles de site de Sidi Amar ( $127,36 \pm 1,82 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire et  $112,20 \pm 1,71 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule respectivement) par rapport aux deux autres sites : Dréan avec  $73,11 \pm 1,70 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $55,15 \pm 1,43 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles et Nechmaya avec  $44,48 \pm 1,73 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $39,38 \pm 1,70 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles (Tableau 81).

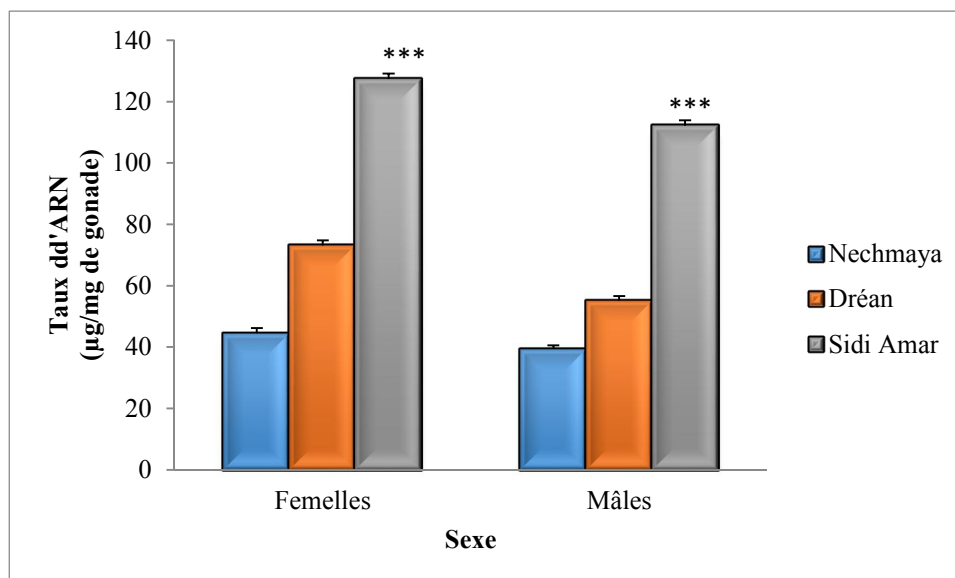
La comparaison des moyennes entre les deux sexes au sein de chaque site montre des différences hautement significatives ( $p=0,003$ ) entre les femelles et les mâles de la zone Nechmaya et des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) entre les deux sexes au niveau du site de Dréan et du site de Sidi Amar (Tableau 81). Toutefois, la comparaison entre les femelles et les mâles de chaque site révèle une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) (Figure 60).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) présente un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 82).

**Tableau 81 :** Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P         |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Nechmaya    | 44,48 $\pm$ 1,73  | 39,38 $\pm$ 1,70  | 0,003 **  |
| Dréan       | 73,11 $\pm$ 1,70  | 55,15 $\pm$ 1,43  | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 127,36 $\pm$ 1,82 | 112,20 $\pm$ 1,71 | 0,000 *** |
| p           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 60 :** Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 82 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 24983,4 | 12491,7 | 4512,74          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 236,6   | 236,6   | 85,46            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 3331,3  | 1665,7  | 601,74           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 49,8    | 2,8     | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 28601,1 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

➤ **Évaluation du taux d'ARN dans les gonades mâles et femelles de *Scolopendra morsitans* récoltés durant la saison automnale**

Durant la deuxième saison de reproduction automnale, les valeurs obtenues affichent des taux extrêmes au niveau du site de Sidi Amar avec  $117,36 \pm 1,82 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $109,61 \pm 1,25 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles, et des taux faibles au niveau du site de Nechmaya  $76,78 \pm 1,73 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $53,88 \pm 1,72 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles en passant par des taux moyens au niveau du site de Dréan avec  $70,98 \pm 1,03 \mu\text{g}/\text{mg}$  d'ovaire chez les femelles et  $54,52 \pm 1,75 \mu\text{g}/\text{mg}$  de testicule chez les mâles (Tableau 83).

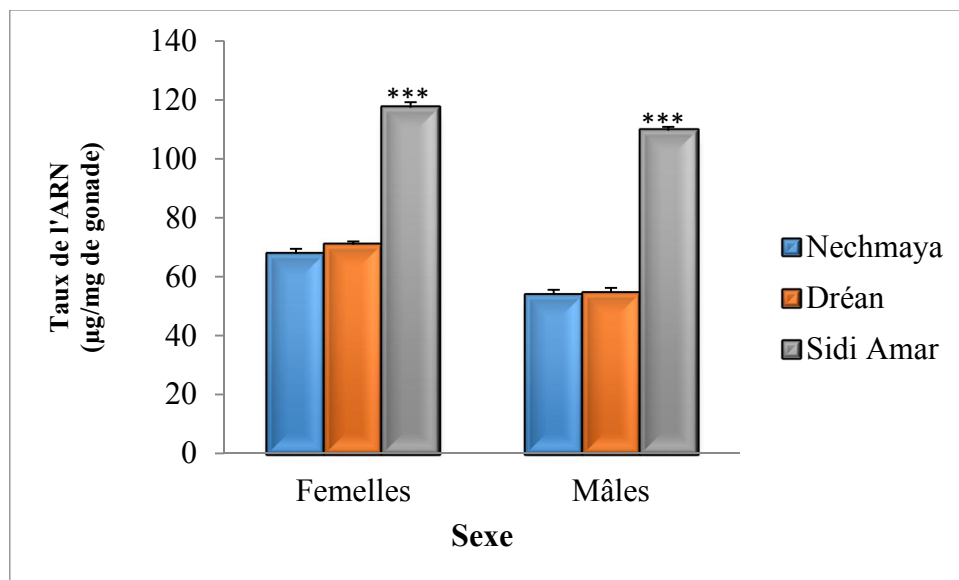
La comparaison des moyennes entre les deux sexes au sein du même site révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) durant la période printanière (Tableau 83). L'analyse de la variance entre les trois sites de chaque sexe révèle une augmentation très hautement significative à Sidi Amar ( $p=0,000$ ) (Figure 61).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) montre un effet site, sexe, et une interaction site/sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 84).

**Tableau 83 :** Évaluation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale à partir des trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P         |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Nechmaya    | 76,78 $\pm$ 1,73  | 53,88 $\pm$ 1,72  | 0,000 *** |
| Dréan       | 70,98 $\pm$ 1,03  | 54,52 $\pm$ 1,75  | 0,000 *** |
| Sidi Amar   | 117,36 $\pm$ 1,82 | 109,61 $\pm$ 1,25 | 0,000 *** |
| P           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 61 :** Variation du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 8 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 27801,5 | 13900,8 | 6002,79          | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 819,2   | 819,2   | 353,77           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 76,9    | 38,4    | 16,60            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle      | 18  | 41,7    | 2,3     | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 28739,4 | -       | -                | -         |

**ddl** : degré de liberté ; **SCE** : somme des carrés des écarts ; **CM** : carré moyen ; **F<sub>obs</sub>** : test de Fisher ; **P** : seuil de signification.

Une ANOVA à trois critères de classification (site, sexe, saison) révèle des effets site, sexe, saison, et des interactions site/sexe, site/saison, sexe/saison et site/sexe/saison très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 86).

**Tableau 85 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) du taux d'ARN ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de gonade) chez les deux sexes de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|--------------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                           | 2   | 51537,1 | 25768,5 | 10137,48         | 0,000 *** |
| Sexe                           | 1   | 87,7    | 87,7    | 34,49            | 0,000 *** |
| Saison                         | 1   | 2986,0  | 2986,0  | 1174,73          | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 1207,3  | 603,7   | 237,48           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 1247,8  | 623,9   | 245,45           | 0,000 *** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 968,1   | 968,1   | 380,87           | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 2200,9  | 1100,5  | 432,93           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle              | 36  | 91,5    | 2,5     | -                | -         |
| Totale                         | 47  | 60326,5 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5. Analyse ecotoxicologique

#### 3.5.1. Effet du stress environnemental sur le taux de glutathion-S-transférase (GST) durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux espèces : *Eupolybothrus nudicornis* et *scolopendra morsitans*

La variation du taux de GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) a été déterminée au cours des deux périodes d'activité sexuelle (printanière et automnale) à partir du tube digestif prélevé des mâles et des femelles d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltés dans les trois sites d'étude, (Nechmaya, Dréan, Sidi Amar) selon la méthode d'Habig *et al.* (1974). Les résultats relatifs au taux de la GST sont exprimés en micromoles par minute et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

##### 3.5.1.1. Effets du stress environnemental sur le taux de GST durant la période d'activité sexuelle printanière chez *E. nudicornis* récoltée à partir des trois sites d'étude

Les résultats obtenus montrent une activité enzymatique de la GST qui varie entre un maximum de  $0,090 \pm 0,008 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,086 \pm 0,009 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles récoltés du site de Sidi Amar et un minimum de  $0,055 \pm 0,006 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et  $0,045 \pm 0,03 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles récoltés du site de Nechmaya, en passant par  $0,071 \pm 0,004 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de

protéines chez les femelles et  $0,059 \pm 0,007 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles récoltés du site de Dréan (Tableau 86).

La comparaison des moyennes enregistrées entre les deux sexes au niveau des trois sites d'étude indique des différences très significatives ( $p < 0,05$ ) entre les mâles et les femelles pour les échantillons prélevés dans les deux sites de Nechmaya et de Dréan, par contre aucune différence significative entre les sexes ( $p = 0,588$ ) n'est signalée à Sidi Amar (Tableau 86).

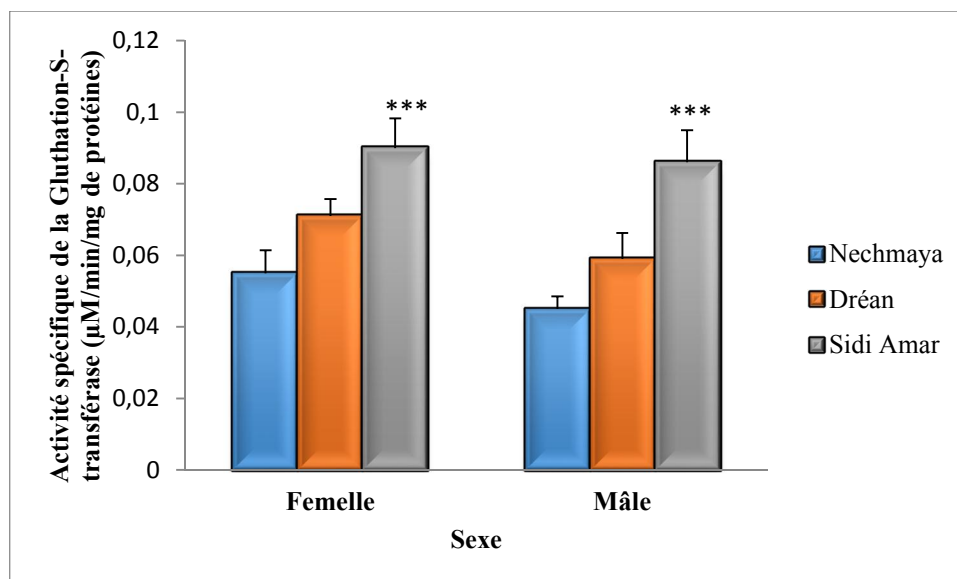
La comparaison des moyennes du même sexe (femelles et mâles) entre les trois sites d'étude révèle une augmentation très hautement significative au niveau du site de Sidi Amar, (Figure 62).

Un effet site très hautement significatif ( $p = 0,000$ ), un effet sexe hautement significatif ( $p = 0,007$ ) et une interaction site/sexe non significatif ( $p = 0,458$ ) sont enregistrés après application d'une analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) (Tableau 87).

**Tableau 86 :** Comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n = 5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle             | Mâle                | P                  |
|-------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Nechmaya    | $0,055 \pm 0,006$   | $0,045 \pm 0,03$    | $0,034^*$          |
| Dréan       | $0,071 \pm 0,004$   | $0,059 \pm 0,007$   | $0,035^*$          |
| Sidi Amar   | $0,090 \pm 0,008$   | $0,086 \pm 0,009$   | $0,588 \text{ NS}$ |
| P           | $0,000 \text{ ***}$ | $0,000 \text{ ***}$ |                    |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 61 :** Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 88 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0059486 | 0,0029743 | 64,21            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0004250 | 0,0004250 | 9,18             | 0,007 **  |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0000756 | 0,0000378 | 0,82             | 0,485 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0008338 | 0,0000463 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0072830 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5.1.2. Effets du stress environnemental sur le taux de la GST durant la période d'activité sexuelle automnale chez *E. nudicornis* récoltés à partir de trois sites d'étude

L'activité de la GST montre des valeurs maximales de  $0,093 \pm 0,003 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,089 \pm 0,006 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles enregistrées chez les individus provenant de Sidi Amar, par contre les valeurs minimales sont enregistrées chez les individus récoltés des deux autres sites Nechmaya et Dréan, et ce pour les deux sexes (Tableau 88).

La comparaison des moyennes entre les femelles et les mâles ne révèle aucune différence significative pour les échantillons récoltés dans les deux sites de Nechmaya et de Sidi Amar ( $p=0,065$  et  $p=0,349$  respectivement), par contre, une différence hautement significative ( $p=0,006$ ) est signalée chez les individus récoltées de Dréan (Tableau 88 ; figure 63).

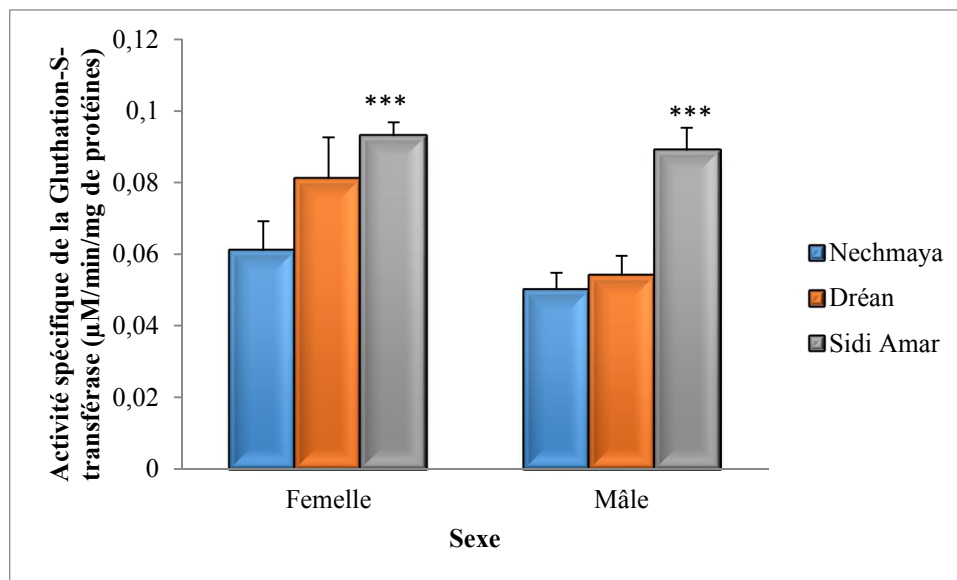
L'analyse statistique comparative des valeurs du même sexe entre les trois sites montre une augmentation hautement significative ( $p=0,002$ ) chez les femelles récoltés à partir du site pollué (Sidi Amar) et très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les mâles récoltés du même site (Tableau 88).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) réalisée sur les données relatives aux trois sites révèle un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), et une interaction site/sexe très significative ( $p=0,014$ ) (Tableau 89).

**Tableau 88 :** comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P        |
|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| Nechmaya    | 0,061 $\pm$ 0,008 | 0,050 $\pm$ 0,004 | 0,065 NS |
| Dréan       | 0,081 $\pm$ 0,01  | 0,054 $\pm$ 0,005 | 0,006**  |
| Sidi Amar   | 0,093 $\pm$ 0,003 | 0,089 $\pm$ 0,006 | 0,349 NS |
| P           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 63 :** Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 89 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0052411 | 0,0026205 | 50,45            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0011482 | 0,0011482 | 22,10            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0005691 | 0,0002845 | 5,48             | 0,014 *   |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0009350 | 0,0000519 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0078933 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez *E. nudicornis* récoltée pendant les deux saisons de reproduction printanière et automnale montre un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p < 0,001$ ), un effet saison non significatif ( $p > 0,05$ ), une interaction site/sexe très significative ( $p < 0,01$ ), une interaction site/saison, sexe/saison, et site/sexe/saison non significatives ( $p > 0,05$ ) (Tableau 90).

**Tableau 90 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes femelles et mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|----------|
| Site                           | 2   | 0,0111652 | 0,0055826 | 113,62           | 0,000*** |
| Sexe                           | 1   | 0,0014852 | 0,0014852 | 30,23            | 0,000*** |
| Saison                         | 1   | 0,0001802 | 0,0001802 | 3,67             | 0,063**  |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 0,0004995 | 0,0002498 | 5,08             | 0,011*   |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 0,0000245 | 0,0000123 | 0,25             | 0,781 NS |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 0,0000880 | 0,0000880 | 1,79             | 0,189 NS |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 0,0001452 | 0,0000726 | 1,48             | 0,242 NS |
| Erreur résiduelle              | 36  | 0,0017688 | 0,0000491 | -                | -        |
| Totale                         | 47  | 0,0153565 | -         | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5.1.3. Effets du stress environnemental sur le taux de GST durant la période d'activité sexuelle printanière chez *S. morsitans* récoltés à partir de trois sites d'étude

Le suivi des variations des taux de GST montre des fluctuations qui varient selon les sites. D'après les résultats obtenus le site de Sidi Amar présente des taux qui varient entre  $0,087 \pm 0,008 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,058 \pm 0,001 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles considérés comme des valeurs maximales ; par contre les deux autres sites présentent des taux inférieurs (Tableau 91).

La comparaison des valeurs entre les deux sexes au sein d'un même site ne révèle aucune différence significative chez les individus récoltés de Nechmaya ; Par contre, une différence très hautement significative est signalée pour les individus de Dréan, ceci est valable pour les échantillons récoltés à Sidi Amar (Tableau 91).

L'analyse statistique des données par comparaison des moyennes du même sexe entre les trois sites montre une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les deux sexes récoltés à partir du site pollué (Sidi Amar) (Figure 64).

A partir des résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe), on distingue des effets très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) pour les trois paramètres site, sexe et interaction site/sexe (Tableau 92).

**Tableau 91 :** comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P        |
|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| Nechmaya    | 0,066 $\pm$ 0,004 | 0,041 $\pm$ 0,003 | 0,02*    |
| Dréan       | 0,071 $\pm$ 0,002 | 0,044 $\pm$ 0,005 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 0,087 $\pm$ 0,008 | 0,058 $\pm$ 0,001 | 0,001*** |
| P           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 64 :** Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 92 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ;  $n=5$ )

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0062111 | 0,0031055 | 115,02           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0024807 | 0,0024807 | 91,88            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0006641 | 0,0003320 | 12,30            | 0,000***  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0004860 | 0,0000270 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0098418 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.5.1.4. Effets du stress environnemental sur le taux de la GST durant la période d'activité sexuelle automnale chez *S. morsitans* récoltés à partir de trois sites d'étude

Les individus de Sidi Amar présentent une activité GST qui varie entre un maximum de  $0,092 \pm 0,005 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,077 \pm 0,005 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles. Au niveau du site de Nechmaya, les résultats varient de  $0,047 \pm 0,006 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,029 \pm 0,003 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles et pour le site de Dréan les résultats varient de  $0,056 \pm 0,004 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les femelles et de  $0,037 \pm 0,003 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines chez les mâles. Par ailleurs, les valeurs les plus élevées sont celles obtenues à Sidi Amar (Tableau 93).

La comparaison des valeurs entre les deux sexes au sein d'un même site révèle une différence très hautement significative ( $p=0,001$ ) pour les individus de Dréan et hautement significative ( $p=0,007$ ) pour les individus de Sidi Amar ; alors qu'aucune différence n'est enregistrée ( $p=0,074$ ) pour les individus de Nechmaya (Tableau 93).

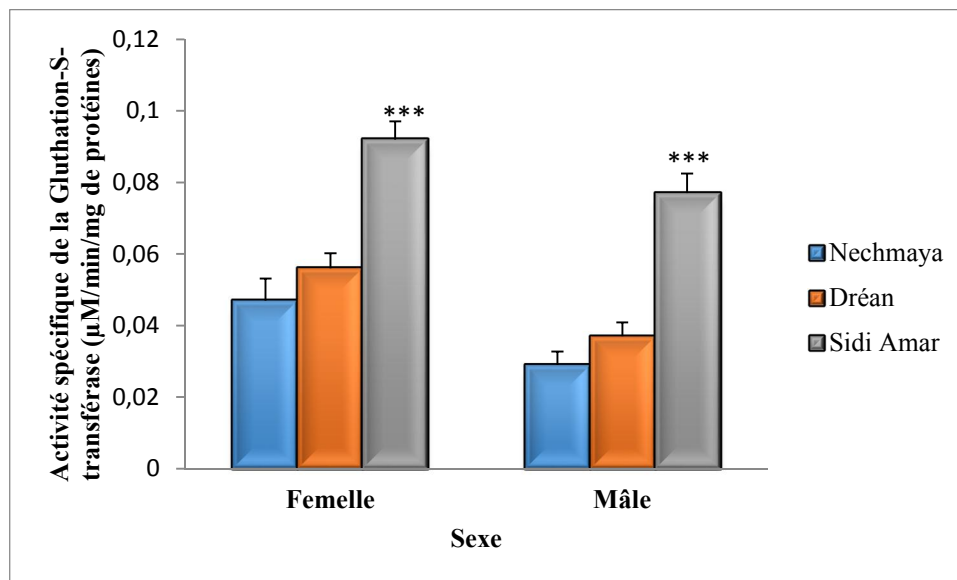
L'analyse statistique comparative des valeurs du même sexe entre les trois sites montre une augmentation très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les individus récoltés à partir du site Sidi Amar (Figure 65).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) révèle un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) et une interaction site/sexe non significative ( $p=0,087$ ) (Tableau 94).

**Tableau 93 :** comparaison de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P        |
|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| Nechmaya    | 0,047 $\pm$ 0,006 | 0,029 $\pm$ 0,003 | 0,074 NS |
| Dréan       | 0,056 $\pm$ 0,004 | 0,037 $\pm$ 0,003 | 0,001*** |
| Sidi Amar   | 0,092 $\pm$ 0,005 | 0,077 $\pm$ 0,005 | 0,007**  |
| p           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |          |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \*très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 65 :** Variation de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 94 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0155326 | 0,0077663 | 311,66           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0011760 | 0,0011760 | 50,22            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0001313 | 0,0000656 | 2,80             | 0,087 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0004215 | 0,0000234 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0172613 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification

L'analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification (site, sexe, saison) révèle des effets site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), un effet saison très significatif ( $p=0,040$ ), des interactions site/sexe, site/saison très hautement significatives, une interaction sexe/saison très significative ( $p=0,035$ ), alors qu'aucune différence significative n'est enregistrée pour l'interaction site/sexe/saison ( $p=0,095$ ) (Tableau 95).

**Tableau 95 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) chez les adultes femelles et mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|----------|
| Site                           | 2   | 0,0203786 | 0,0101893 | 404,20           | 0,000*** |
| Sexe                           | 1   | 0,0035363 | 0,0035363 | 140,28           | 0,000*** |
| Saison                         | 1   | 0,0001141 | 0,0001141 | 4,53             | 0,040*   |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 0,0006683 | 0,0003341 | 13,26            | 0,000*** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 0,0013650 | 0,0006825 | 27,08            | 0,000*** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 0,0001203 | 0,0001203 | 4,77             | 0,035 *  |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 0,0001270 | 0,0000635 | 2,52             | 0,095 NS |
| Erreur résiduelle              | 36  | 0,0009075 | 0,0000252 | -                | -        |
| Totale                         | 47  | 0,0272173 | -         | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5.2. Effets du stress environnemental sur l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux espèces : *Eupolybothrus nudicornis* et *scolopendra morsitans*

L'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) a été estimée chez les femelles et les mâles récoltés à partir des trois sites d'étude selon la méthode d'Ellman *et al.* (1966). Les résultats relatifs à l'activité spécifique de l'AChE sont exprimés en nanomoles par minute et par milligramme de protéines (nM/min/mg de protéines).

#### 3.5.2.1. Effets du stress environnemental sur l'activité de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez *E. nudicornis* récoltés à partir de trois sites d'étude

L'activité spécifique de l'AChE (nM/min/mg de protéines) a été déterminée au cours de la période d'activité sexuelle printanière à partir des têtes des mâles et des femelles d'*E. nudicornis* récoltés dans les trois sites d'étude, à savoir, Nechmaya, Dréan et Sidi Amar (Tableau 96).

Les résultats obtenus montrent une différence importante compte tenu du lieu de récolte ; cependant, le site de Sidi Amar qui représente un site exposé à une pollution quotidienne et intensive affiche des taux enzymatiques faibles ( $0,023 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines chez les femelles et  $0,029 \pm 0,002$  nM/mn/mg de protéines chez les mâles) par rapport à ceux obtenus à partir du site de Nechmaya ( $0,085 \pm 0,010$  nM/mn/mg de protéines chez les femelles et  $0,067 \pm 0,008$  nM/mn/mg de protéines chez les mâles) et de

Dréan( $0,055\pm 0,009$  nM/mn/mg de protéines chez les femelles et  $0,039\pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines chez les mâles) qui sont considérés comme des sites de référence, vu leur localisation lointaine de toute source de pollution (Tableau 96 ; Figure 66).

La comparaison des moyennes entre les deux sexes au sein d'un même site révèle une différence très significative ( $p < 0,05$ ) chez les individus récoltés à partir des trois sites (Tableau 96).

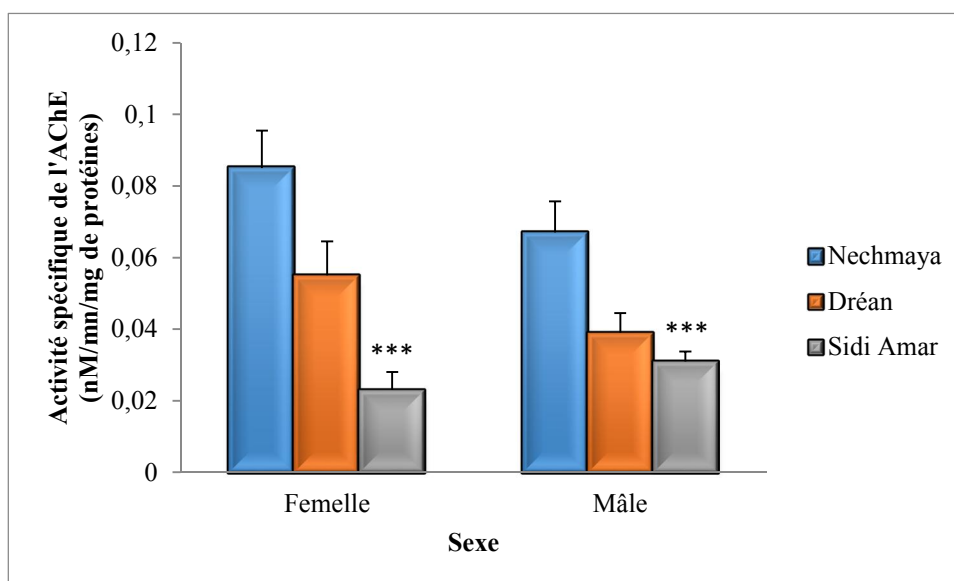
Cependant, la comparaison des valeurs de chaque sexe dans les trois sites montre une inhibition très hautement significative chez les individus récoltés de Sidi Amar ( $p = 0,000$ ) chez les deux sexes (Figure 96).

D'après l'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) durant le printemps, il ressort un effet très hautement significatif ( $p = 0,000$ ) pour le site, un effet très significatif ( $p < 0,05$ ) pour le sexe, et un effet hautement significatif pour l'interaction site/sexe ( $p < 0,01$ ) (Tableau 97).

**Tableau 96 :** comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n = 5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P         |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Nechmaya    | $0,085 \pm 0,010$ | $0,067 \pm 0,008$ | $0,036^*$ |
| Dréan       | $0,055 \pm 0,009$ | $0,039 \pm 0,005$ | $0,027^*$ |
| Sidi Amar   | $0,023 \pm 0,005$ | $0,029 \pm 0,002$ | $0,029^*$ |
| p           | $0,000^{***}$     | $0,000^{***}$     |           |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P > 0,05$ ) ; \* très significatif ( $P < 0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P < 0,001$ ).



**Figure 66 :** Comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 97 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Sources de variation   | Ddl | SCE     | CM      | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|---------|---------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,00973 | 0,00486 | 86,28            | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,00045 | 0,00045 | 7,99             | 0,011 *   |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,00863 | 0,00043 | 7,66             | 0,004 **  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,00105 | 0,00005 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,01206 | -       | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5.2.2. Effets du stress environnemental sur l'activité de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez *E. nudicornis* récoltés à partir de trois sites d'étude

Durant la deuxième saison d'activité sexuelle d'*E. nudicornis*, le suivi de l'activité de l'AChE chez les deux sexes dans les trois sites d'étude montre des différences entre les deux sexes. L'activité spécifique de l'AChE la plus faible est enregistrée chez les individus mâles et femelles récoltés à partir du site de Sidi Amar en comparaison avec les deux autres sites de récolte (Tableau 98).

La comparaison des valeurs entre les deux sexes au sein d'un même site révèle une différence hautement significative ( $p=0,009$ ) entre les femelles les mâles, de site Nechmaya, en revanche au niveau des deux autres sites de Dréan et de Sidi Amar la différence s'avère non significative ( $p>0,05$ ) (Tableau 98).

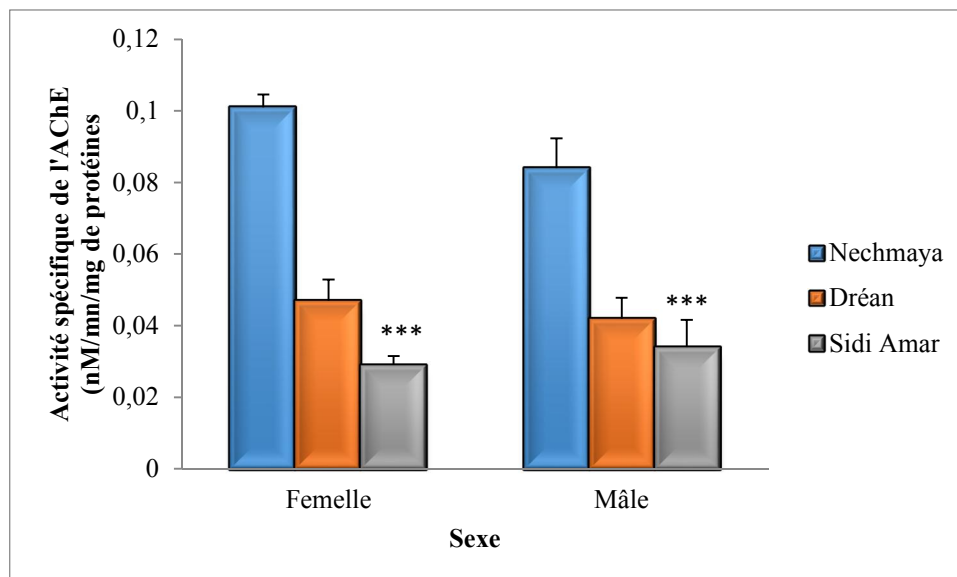
L'analyse statistique comparative des valeurs du même sexe entre les trois sites montre une inhibition très hautement significative ( $p=0,000$ ) chez les deux sexes récoltés à partir du site pollué (Sidi Amar) (Figure 67).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de l'activité spécifique de l'AChE chez les deux sexes d'*E. nudicornis* dans les trois sites d'étude montre un effet site très hautement significatif ( $p=0,000$ ), un effet sexe très significatif ( $p<0,05$ ), et une interaction site/sexe hautement significative ( $p<0,01$ ) (Tableau 99).

**Tableau 98 :** comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).

| Site \ Sexe | Femelle     | Mâle        | P        |
|-------------|-------------|-------------|----------|
| Nechmaya    | 0,101±0,003 | 0,084±0,008 | 0,009**  |
| Dréan       | 0,047±0,006 | 0,042±0,005 | 0,251 NS |
| Sidi Amar   | 0,029±0,002 | 0,034±0,007 | 0,218 NS |
| p           | 0,000 ***   | 0,000 ***   |          |

P : seuil de signification ; non significatif (P>0,05) ; \*très significatif (P<0,05) ; \*\* hautement significatif (P<0,01) ; \*\*\* très hautement significatif (P<0,001).



**Figure 67 :** Variation de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).

**Tableau 99 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$ ;  $n=5$ ).

| Sources de variation   | Ddl | SCE      | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,016297 | 0,0081489 | 229,10           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,000187 | 0,0001870 | 5,26             | 0,034 *   |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,000506 | 0,0002533 | 7,12             | 0,005 **  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,000642 | 0,0000356 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,017631 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) au niveau des têtes d'*E. nudicornis* récoltés pendant les deux saisons de reproduction printanière et automnale montre un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p < 0,001$ ), un effet saison hautement significatif ( $p < 0,01$ ), une interaction site/sexe très hautement significative ( $p < 0,001$ ), une interaction site/saison hautement significative ( $p < 0,01$ ), par contre les interactions sexe/saison, et site/sexe/saison ne sont pas significatives ( $p > 0,05$ ) (Tableau 100).

**Tableau 100 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles et mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|----------|
| Site                           | 2   | 0,0253305 | 0,0126653 | 275,46           | 0,000*** |
| Sexe                           | 1   | 0,0006092 | 0,0006092 | 13,25            | 0,001*** |
| Saison                         | 1   | 0,0004142 | 0,0004142 | 9,01             | 0,005**  |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 0,0012740 | 0,0006370 | 13,85            | 0,000*** |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 0,0006980 | 0,003490  | 7,59             | 0,002**  |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 0,0000285 | 0,0000285 | 0,62             | 0,436 NS |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 0,0000962 | 0,0000481 | 1,05             | 0,362 NS |
| Erreur résiduelle              | 36  | 0,0016552 | 0,0000460 | -                | -        |
| Totale                         | 47  | 0,0301058 | -         | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.5.2.3. Effets du stress environnemental sur l'activité de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez *S. morsitans* récoltés à partir de trois sites d'étude

L'activité spécifique de l'AChE (nM/min/mg de protéines) a été déterminée au cours de la période d'activité sexuelle printanière à partir des têtes des mâles et des femelles de *S. morsitans* récoltés dans les trois sites d'étude, à savoir, Nechmaya, Dréan et Sidi Amar (Tableau 101).

Les résultats obtenus montrent que les sites de références représentés par Nechmaya suivi par le site de Dréan affichent des taux de l'AChE largement supérieur à ceux enregistrés dans le site de Sidi Amar, et cela quelque soit le sexe. Le site de Sidi Amar présente une inhibition avec des valeurs minimales surtout chez les mâles avec  $0,017 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines contre  $0,027 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines chez les femelles (Tableau 101).

La comparaison des moyennes enregistrées entre les mâles et les femelles durant cette période d'activité sexuelle, révèle des différences hautement significatives pour les échantillons récoltés dans les deux sites de Nechmaya et Dréan ( $p < 0,01$ ), par contre une différence très significative ( $p < 0,05$ ) est signalée à Sidi Amar (Tableau 101).

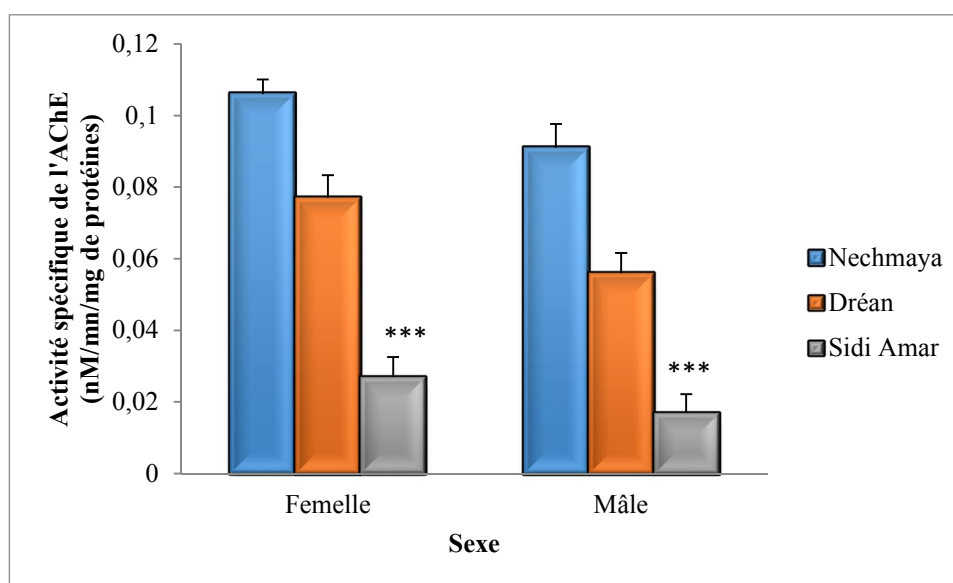
La comparaison des moyennes entre les trois sites d'étude du même sexe révèle des différences très hautement significatives au niveau du site de Sidi Amar, et ce pour les deux sexes (Figure 68).

D'après l'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) durant le printemps, il ressort un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p=0,000$ ), par contre, aucune signification n'est signalée concernant l'interaction site/sexe ( $p=0,189$ ) (Tableau 102).

**Tableau 101** : comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

| Site \ Sexe | Femelle           | Mâle              | P       |
|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| Nechmaya    | 0,106 $\pm$ 0,004 | 0,091 $\pm$ 0,006 | 0,002** |
| Dréan       | 0,077 $\pm$ 0,006 | 0,056 $\pm$ 0,005 | 0,003** |
| Sidi Amar   | 0,027 $\pm$ 0,005 | 0,017 $\pm$ 0,004 | 0,046*  |
| p           | 0,000 ***         | 0,000 ***         |         |

P : seuil de signification ; non significatif ( $P>0,05$ ) ; \*très significatif ( $P<0,05$ ) ; \*\* hautement significatif ( $P<0,01$ ) ; \*\*\* très hautement significatif ( $P<0,001$ ).



**Figure 68** : Variation de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ ).

**Tableau 102 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sexe) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5)

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0236981 | 0,0118490 | 373,03           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0014260 | 0,0014260 | 44,90            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0001161 | 0,0000580 | 1,83             | 0,189 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0005717 | 0,0000318 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0258120 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.5.2.4. Effets du stress environnemental sur l'activité de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez *S. morsitans* récoltés à partir de trois sites d'étude

L'activité spécifique de l'AChE (nM/min/mg de protéines) a été déterminée au cours de la période d'activité sexuelle automnale à partir des têtes des mâles et des femelles de *S. morsitans* récoltés dans les trois sites d'étude, à savoir, Nechmaya, Dréan et Sidi Amar (Tableau 103).

Le suivi des variations de l'activité spécifique de l'AChE chez les deux sexes révèle une inhibition de l'activité pour les échantillons prélevés du site pollué de Sidi Amar en comparaison à celle des autres sites. Cependant, les valeurs les plus importantes sont enregistrées à Nechmaya avec  $0,101 \pm 0,002$  nM/mn/mg de protéines chez les femelles et  $0,087 \pm 0,008$  nM/mn/mg de protéines chez les mâles (Tableau 103).

La comparaison de l'activité spécifique de l'AChE entre les deux sexes au sein d'un même site révèle une différence très significative ( $p=0,021$ ) pour les individus de Nechmaya, très hautement significative ( $p=0,000$ ) pour les individus de Dréan, alors pour les individus récoltés au niveau du site de Sidi Amar, la différence est très significative ( $p=0,024$ ) (Tableau 103 ; figure 69).

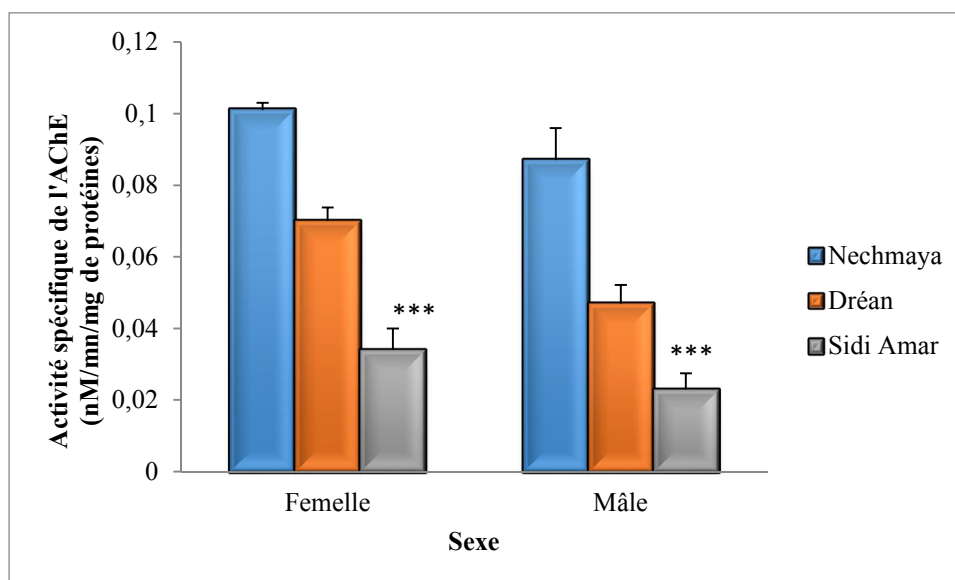
Il y a une inhibition très hautement significative de l'activité spécifique de l'AChE chez les mâles et chez les femelles au niveau du site de Sidi Amar (Tableau 103).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (site, sexe) de l'activité spécifique de l'AChE chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en automne montre un effet site et sexe très hautement significatifs, par contre aucune signification n'est enregistrée pour l'interaction site/sexe (Tableau 104).

**Tableau 103 :** comparaison de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) entre les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).

| Site \ Sexe | Femelle     | Mâle        | P        |
|-------------|-------------|-------------|----------|
| Nechmaya    | 0,101±0,002 | 0,087±0,008 | 0,021*   |
| Dréan       | 0,070±0,003 | 0,047±0,005 | 0,000*** |
| Sidi Amar   | 0,034±0,006 | 0,023±0,004 | 0,024*   |
| p           | 0,000 ***   | 0,000 ***   |          |

P : seuil de signification ; non significatif (P>0,05) ; \*très significatif (P<0,05) ; \*\* hautement significatif (P<0,01) ; \*\*\* très hautement significatif (P<0,001).



**Figure 69 :** Variation de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude (m±s ; n=5).

**Tableau 104 :** Analyse de la variance à deux critères de classification (site/sex) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles et femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale dans les trois sites d'étude ( $m \pm s$  ;  $n=5$ )

| Sources de variation   | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Site                   | 2   | 0,0170823 | 0,0085412 | 281,45           | 0,000 *** |
| Sexe                   | 1   | 0,0015844 | 0,0015844 | 52,21            | 0,000 *** |
| Interaction Site/ Sexe | 2   | 0,0001560 | 0,0000780 | 2,57             | 0,104 NS  |
| Erreur résiduelle      | 18  | 0,0005462 | 0,0000303 | -                | -         |
| Totale                 | 23  | 0,0193690 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) au niveau des têtes de *S. morsitans* récoltés pendant les deux saisons de reproduction printanière et automnale montre un effet site et sexe très hautement significatifs ( $p < 0,001$ ), un effet saison non significatif ( $p > 0,05$ ), une interaction site/sex très significative ( $p < 0,05$ ), une interaction site/saison très hautement significative ( $p < 0,01$ ), par contre, les interaction sexe/saison, et site/sex/saison ne sont pas significatives ( $p > 0,05$ ) (Tableau 105).

**Tableau 105 :** Analyse de la variance à trois critères de classification (site, sexe, saison) de l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles et mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière et automnale au niveau des trois sites d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

| Sources de variation           | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P        |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|------------------|----------|
| Site                           | 2   | 0,0402841 | 0,0201421 | 648,58           | 0,000*** |
| Sexe                           | 1   | 0,0030083 | 0,0030083 | 96,87            | 0,001*** |
| Saison                         | 1   | 0,0000403 | 0,0000403 | 1,30             | 0,262 NS |
| Interaction Site/ Sexe         | 2   | 0,0002675 | 0,0001338 | 4,31             | 0,021*   |
| Interaction Site/ Saison       | 2   | 0,0004963 | 0,0002481 | 7,99             | 0,001*** |
| Interaction Sexe/ Saison       | 1   | 0,0000021 | 0,0000021 | 0,07             | 0,797 NS |
| Interaction Site/ Sexe/ Saison | 2   | 0,0000045 | 0,0000023 | 0,07             | 0,930 NS |
| Erreur résiduelle              | 36  | 0,0011180 | 0,0000311 | -                | -        |
| Totale                         | 47  | 0,0452213 | -         | -                | -        |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.6. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle chez les deux sexes de *Eupolybothrus nudicornis*

#### 3.6.1. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les femelles de *E. nudicornis*

Après traitement avec le RH-0345 à différents temps (0, 5, 10, 15 jours) des adultes femelles d'*E. nudicornis* ; les témoins présentent des valeurs allant de  $0,141 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines à 0j jusqu'à  $0,186 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour où les différences sont très hautement significatives ( $p=0,000$ ) ; par contre, chez les traités une importante baisse de l'activité de l'AChE est enregistrée dès le 5<sup>ème</sup> jour de traitement, allant de  $0,140 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines à 0j à  $0,026 \pm 0,003$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour de traitement (Tableau 106).

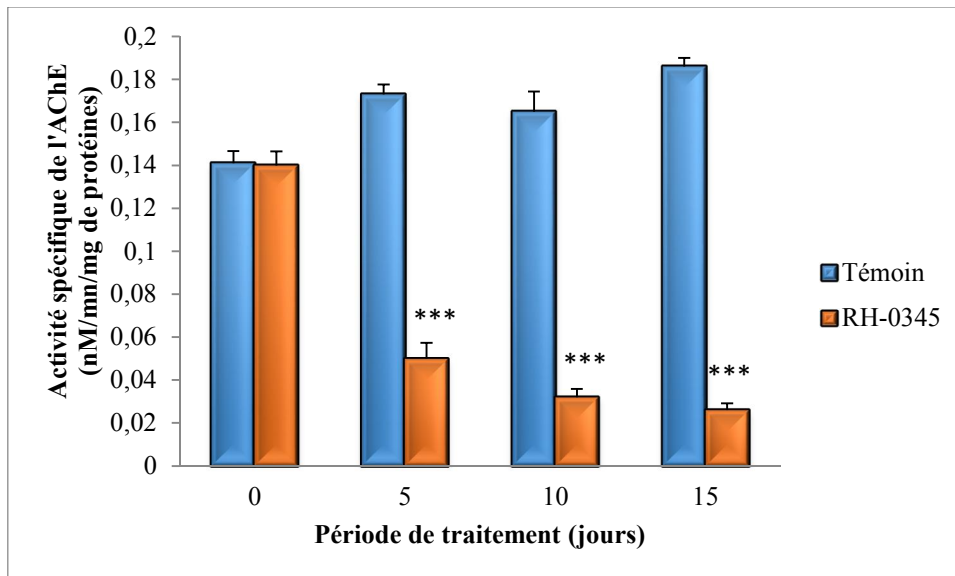
Des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) de l'activité de l'AChE sont observées entre les témoins et les différents traités dès le 5<sup>ème</sup> jour d'intoxication (Tableau 106, figure 70).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement/temps) révèle un effet traitement, temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 107).

**Tableau 106 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,141 $\pm$ 0,005 Aa | 0,140 $\pm$ 0,006 Aa |
| 5                           |       | 0,173 $\pm$ 0,004 Ba | 0,059 $\pm$ 0,007 Bb |
| 10                          |       | 0,165 $\pm$ 0,009 Ba | 0,032 $\pm$ 0,003 Cb |
| 15                          |       | 0,186 $\pm$ 0,004 Ca | 0,026 $\pm$ 0,003 Cb |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p<0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries).



**Figure 70 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *E. nudicornis* récoltées en période de reproduction printanière ( $m\pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 107 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *E. nudicornis* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE      | CM       | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,086528 | 0,086528 | 2500,51          | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,008069 | 0,002690 | 77,73            | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,030043 | 0,010014 | 289,40           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,000830 | 0,000035 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,125471 | -        | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.6.2. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les mâles de *E. nudicornis*

Chez les mâles témoins, l'activité de l'AChE évoluent progressivement avec des valeurs plus au moins stables durant les trois dernières périodes de traitement (5, 10, 15 jour) avec aucune différence signalée (Tableau 108)

Chez les mâles traitées, une baisse très hautement significative ( $p=0.000$ ) de l'activité de l'AChE est marquée dès le 5<sup>ème</sup> après l'intoxication au RH-0345 avec des valeurs allant de  $0,075\pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines au 5<sup>ème</sup> jour jusqu'à  $0,063\pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour.

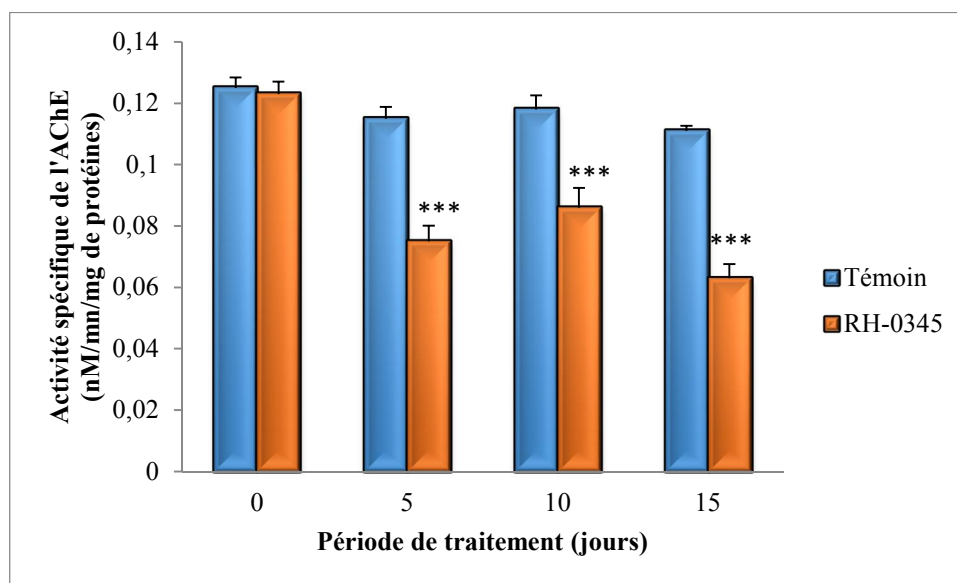
L'activité de l'AChE des mâles exposées au RH-0345 présente une inhibition très hautement significative ( $p=0,000$ ) en comparaison avec ceux non exposés au xénobiotique et cela, dès le 5<sup>ème</sup> jour de traitement (figure 71).

Une analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, temps) indique des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) pour l'effet traitement, temps et l'interaction traitement/temps (Tableau 109).

**Tableau 108 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,125 $\pm$ 0,003 Aa | 0,123 $\pm$ 0,004 Aa |
| 5                           |       | 0,115 $\pm$ 0,004 Ba | 0,075 $\pm$ 0,005 Bb |
| 10                          |       | 0,118 $\pm$ 0,004 Ba | 0,086 $\pm$ 0,006 Cb |
| 15                          |       | 0,111 $\pm$ 0,001 Ba | 0,063 $\pm$ 0,004 Db |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries).



**Figure 71 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 109 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *E. nudicornis* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,0074420 | 0,0074420 | 380,83           | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,0059017 | 0,0019673 | 100,67           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,0024688 | 0,0008229 | 42,11            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,0004690 | 0,0000195 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,0162815 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.6.3. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les femelles de *E. nudicornis*

L'analyse statistique des taux moyens de l'AChE montre qu'il existe des différences significatives chez les témoins en fonction du temps durant l'expérimentation variant de  $0,135 \pm 0,002$  nM/mn/mg de protéines à 0 jours à  $0,189 \pm 0,003$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour de traitement (Tableau 110).

Chez les femelles traitées, une réduction significative de l'AChE est décelée dès le 5<sup>ème</sup> jour après l'intoxication au RH-0345 allant de  $0,040 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines au 5<sup>ème</sup> jour jusqu'à  $0,020 \pm 0,003$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour (Tableau 110).

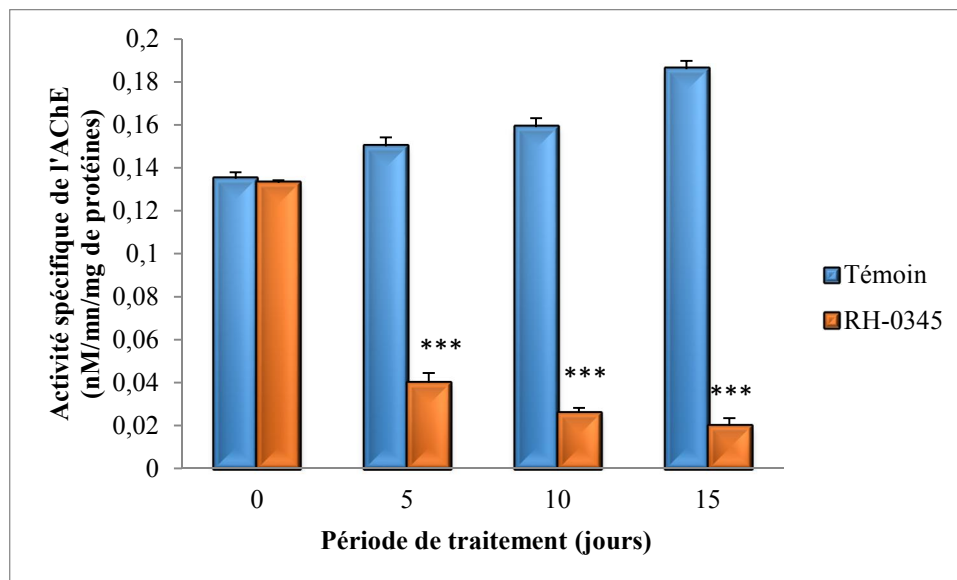
La comparaison entre les témoins et les traités révèle une inhibition très hautement significative ( $p=0,000$ ) et cela, dès le 5<sup>ème</sup> jour de traitement (figure 72).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, temps) indique un effet traitement, temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 111).

**Tableau 110 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,135 $\pm$ 0,002 Aa | 0,133 $\pm$ 0,001 Aa |
| 5                           |       | 0,150 $\pm$ 0,004 Ba | 0,040 $\pm$ 0,004 Bb |
| 10                          |       | 0,159 $\pm$ 0,004 Ca | 0,028 $\pm$ 0,002 Cb |
| 15                          |       | 0,189 $\pm$ 0,003 Da | 0,020 $\pm$ 0,003 Db |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries)



**Figure 72 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *E. nudicornis* récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 111 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *E. nudicornis* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE      | CM       | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,084255 | 0,084255 | 7145,31          | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,008521 | 0,002840 | 240,88           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,030945 | 0,010315 | 874,76           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,000283 | 0,000012 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,124004 | -        | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.6.4. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les mâles de *E. nudicornis*

Chez les mâles témoins collectés en automne, des fluctuations significatives des taux de l'AChE sont observées durant l'expérimentation allant de  $0,123 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines à 0 jour jusqu'à  $0,081 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour de traitement (Tableau 112).

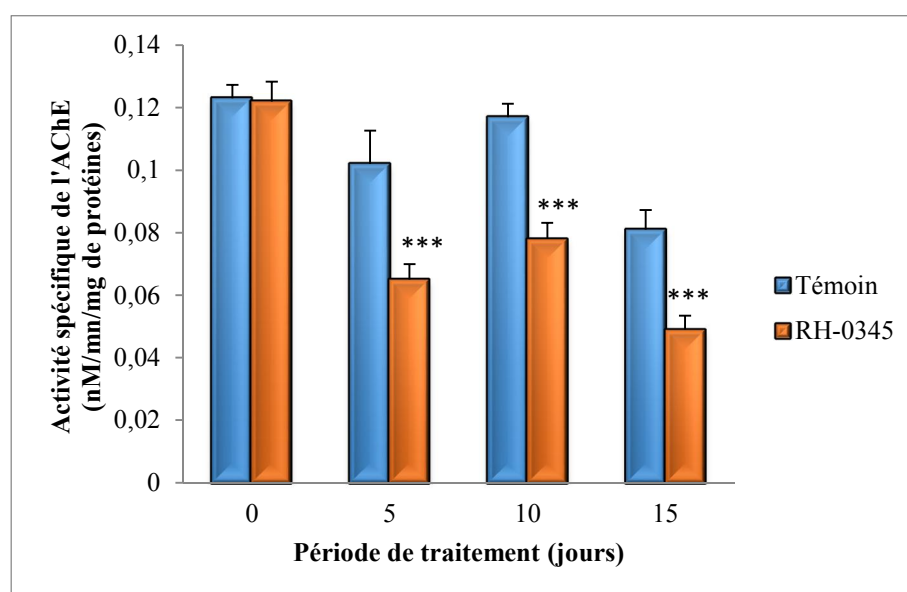
Par ailleurs, chez les mâles traités, des inhibitions significatives des taux de l'AChE sont remarquées dès le 5<sup>ème</sup> jour avec  $0,122 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines à 0j à  $0,049 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour. Cependant la comparaison entre les séries présente des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) et cela, dès le 5<sup>ème</sup> jour de traitement (Figure 73).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, temps) affiche un effet traitement, temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 113).

**Tableau 112 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,123 $\pm$ 0,004 Aa | 0,122 $\pm$ 0,006 Aa |
| 5                           |       | 0,102 $\pm$ 0,01 Aa  | 0,065 $\pm$ 0,004 Bb |
| 10                          |       | 0,117 $\pm$ 0,004 Ba | 0,078 $\pm$ 0,005 Cb |
| 15                          |       | 0,081 $\pm$ 0,006 Ca | 0,049 $\pm$ 0,004 Db |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries).



**Figure 73 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *E. nudicornis* récoltés en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 113 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *E. nudicornis* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,0059678 | 0,059678  | 159,36           | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,0141981 | 0,0047327 | 126,38           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,0018671 | 0,0006224 | 16,62            | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,0008987 | 0,0000374 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,0229317 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.7. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant les deux périodes d'activité sexuelle chez les deux sexes de *S. morsitans*

#### 3.7.1. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les femelles de *S. morsitans*

Les résultats obtenus au printemps montrent chez les témoins des valeurs allant de  $0,159 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines à 0j à  $0,190 \pm 0,007$  nM/mn/mg de protéine au 15<sup>ème</sup> jours du traitement, cependant l'activité de l'AChE affiche des variations durant toutes les périodes de traitement avec une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) (Tableau 114).

Néanmoins, chez les femelles traitées, l'analyse de la variance de l'activité enzymatique de l'AChE montre, qu'il y a une inhibition très hautement significative ( $p=0,000$ ) atteignant une moyenne variant de  $0,157 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines au début du traitement jusqu'au  $0,034 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour de traitement avec le régulateur de croissance chez le même sexe (Tableau 114).

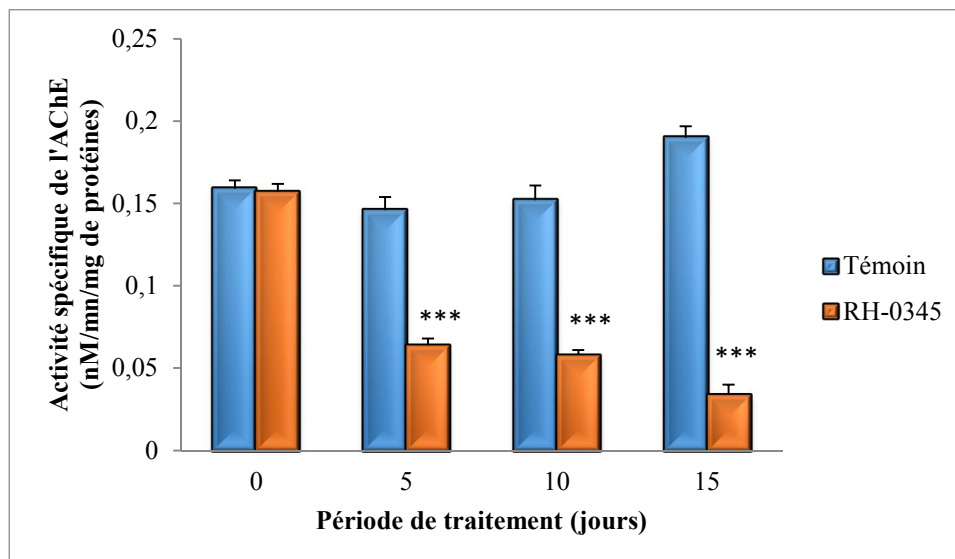
La comparaison des moyennes entre les séries révèle une inhibition très hautement significative ( $p=0,000$ ) de l'enzyme et ce, à partir de 5<sup>ème</sup> jour de traitement durant cette période d'activité sexuelle des femelles (Tableau 114, figure 74).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, temps) indique des effets traitement, temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 115).

**Tableau 114 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins        | RH-0345        |
|-----------------------------|-------|----------------|----------------|
| 0                           |       | 0,159±0,005 Aa | 0,157±0,005 Aa |
| 5                           |       | 0,146±0,008 Ba | 0,064±0,004 Bb |
| 10                          |       | 0,152±0,009 Ca | 0,058±0,003 Bb |
| 15                          |       | 0,190±0,007 Da | 0,034±0,006 Cb |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries).



**Figure 74 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 115 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *S. morsitans* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE      | CM       | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,055862 | 0,055862 | 5925,64          | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,015621 | 0,005027 | 552,36           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,023775 | 0,007925 | 840,68           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,000226 | 0,000009 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,095484 | -        | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.7.2. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle printanière chez les mâles de *S. morsitans*

les résultats obtenus chez les témoins mâles montrent des fluctuations des valeurs de l'activité enzymatique allant de  $0,136 \pm 0,003$  nM/mn/mg de protéines à 0j à  $0,146 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour du traitement, cette fluctuation est significative au 5<sup>ème</sup> jour et au 10<sup>ème</sup> jour de l'expérimentation (Tableau 116). Toutefois, chez les individus traités, l'analyse de la variation de l'activité enzymatique de l'AChE montre, qu'il y a une inhibition hautement significative ( $p=0,000$ ) avec des moyennes allant de  $0,134 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines à 0j pour atteindre une moyenne de  $0,044 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines à la fin de l'expérimentation (Tableau 116).

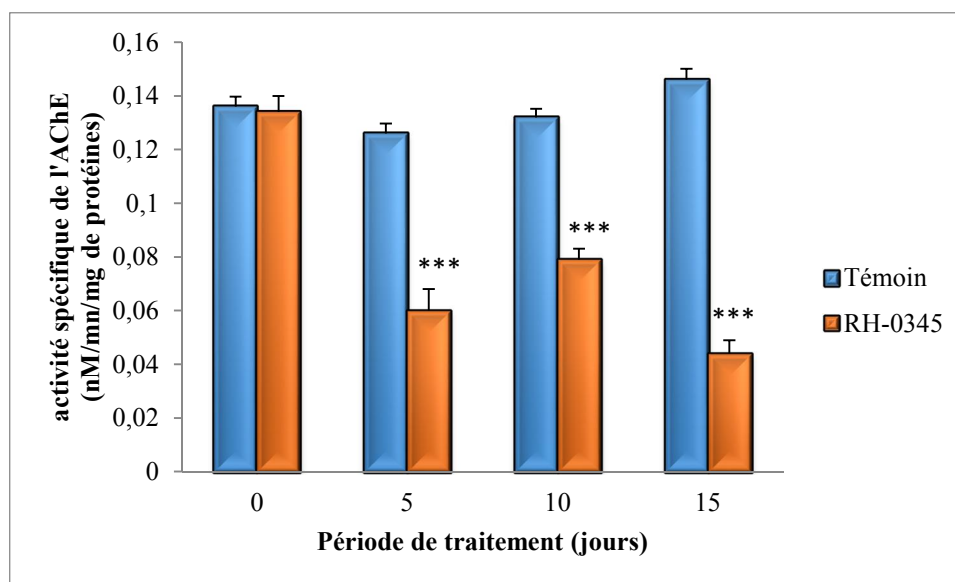
La comparaison entre les individus traités et les individus témoins indique une diminution très hautement significatives ( $p=0,000$ ) de l'activité enzymatique de l'AChE et ce, à partir de 5<sup>ème</sup> jour de traitement durant cette période printanière d'activité sexuelle des femelles (Tableau 116, figure 75).

Après une analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, temps), des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) ont été enregistrées pour l'effet traitement, l'effet temps et l'interaction traitement/temps (Tableau 117).

**Tableau 116 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,136 $\pm$ 0,003 Aa | 0,134 $\pm$ 0,006 Aa |
| 5                           |       | 0,126 $\pm$ 0,004 Ba | 0,060 $\pm$ 0,008 Bb |
| 10                          |       | 0,132 $\pm$ 0,002 Ca | 0,079 $\pm$ 0,004 Cb |
| 15                          |       | 0,146 $\pm$ 0,004 Ca | 0,044 $\pm$ 0,005 Db |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries)



**Figure 75 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction printanière ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 117 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes mâles de *S. morsitans* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE       | CM        | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0.0249761 | 0.0249761 | 1139.60          | 0.000 *** |
| Temps                | 3   | 0.0089642 | 0.0029881 | 136.34           | 0.000 *** |
| Interaction          | 3   | 0.0103236 | 0.0034412 | 157.01           | 0.000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0.0005260 | 0.0000219 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0.0447900 | -         | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.7.3. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les femelles de *S. morsitans*

Chez les témoins femelles, l'AChE présente des activités normales avec des variations en fonction du temps allant de  $0,161 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines à 0j jusqu'à  $0,179 \pm 0,005$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour, cette variation est significative au 5<sup>ème</sup> jour et au 15<sup>ème</sup> jour de l'expérimentation (Tableau 118). En revanche, chez les femelles traités, on note une diminution progressive du taux d'AChE en fonction du temps de traitement, ce taux passe de  $0,160 \pm 0,002$  nM/mn/mg de protéines à 0 jour pour atteindre un taux de  $0,025 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines vers la fin du traitement où cette variation est significative au 5<sup>ème</sup> jour et au 15<sup>ème</sup> jour (Tableau 118).

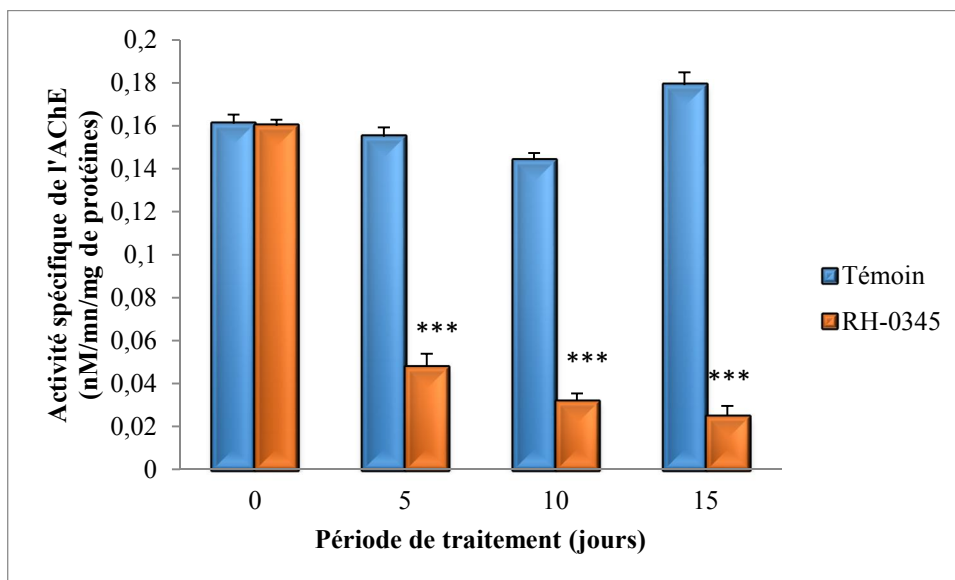
La comparaison des moyennes entre les deux séries révèle une diminution très hautement significative ( $p=0,000$ ) de l'activité enzymatique de l'AChE à partir de 5<sup>ème</sup> jour de traitement durant cette période automnale d'activité sexuelle des femelles (Tableau 118, figure 76).

L'ANOVA à deux critères de classification (traitement, temps) enregistre un effet traitement, un effet temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 119).

**Tableau 118 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins              | RH-0345              |
|-----------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0                           |       | 0,161 $\pm$ 0,004 Aa | 0,160 $\pm$ 0,002 Aa |
| 5                           |       | 0,155 $\pm$ 0,003 Ba | 0,048 $\pm$ 0,005 Bb |
| 10                          |       | 0,144 $\pm$ 0,006 Ba | 0,032 $\pm$ 0,003 Cb |
| 15                          |       | 0,179 $\pm$ 0,005 Ca | 0,025 $\pm$ 0,004 Cb |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries.



**Figure 76 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes femelles de *S. morsitans* récoltées en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 119 :** Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes femelles de *S. morsitans* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

| Sources de variation | Ddl | SCE      | CM       | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,070032 | 0,070032 | 3581,79          | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,025019 | 0,008340 | 426,54           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,025085 | 0,008362 | 427,66           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,000469 | 0,000020 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,120605 | -        | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

#### 3.7.4. Effets d'un mimétique de l'hormone de mue (RH-0345) sur l'activité spécifique de l'AChE durant la période d'activité sexuelle automnale chez les mâles de *S. morsitans*

Au cours de l'expérimentation, l'activité spécifique de l'AChE augmente progressivement chez les témoins allant de  $0,154 \pm 0,007$  nM/mn/mg de protéines à 0 jour à  $0,126 \pm 0,002$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour, cependant, une différence hautement significative est observée au 15<sup>ème</sup> jour ( $p=0,002$ ) (Tableau 120). En revanche, chez les mâles traités, l'activité spécifique de l'AChE enregistre une diminution allant de  $0,152 \pm 0,004$  nM/mn/mg de protéines à 0 jour à  $0,031 \pm 0,006$  nM/mn/mg de protéines au 15<sup>ème</sup> jour où une différence très hautement significative ( $p=0,001$ ) a été signalée (Tableau 120).

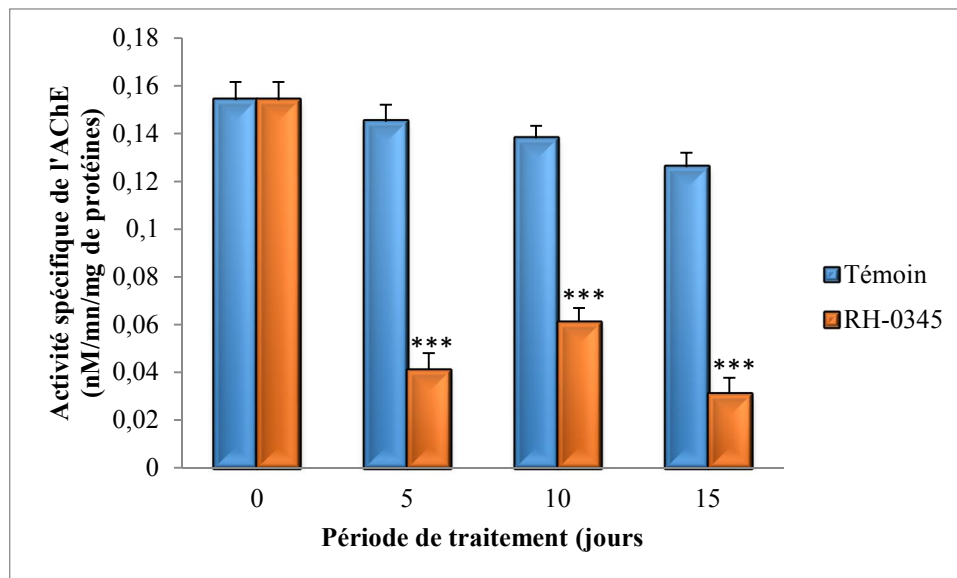
L'analyse de la variance par comparaison des moyennes entre les témoins et les traités indique des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) à partir de 5<sup>ème</sup> jour de traitement (Figure 77).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, temps) présente un effet traitement, temps et une interaction traitement/temps très hautement significatifs ( $p=0,000$ ) (Tableau 121).

**Tableau 120 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ) : comparaison des moyennes entre les différentes séries.

| Durée de traitement (jours) | Série | Témoins        | RH-0345        |
|-----------------------------|-------|----------------|----------------|
| 0                           |       | 0,154±0,007 Aa | 0,152±0,004 Aa |
| 5                           |       | 0,145±0,006 Aa | 0,041±0,007 Bb |
| 10                          |       | 0,138±0,004 Aa | 0,061±0,005 Cb |
| 15                          |       | 0,126±0,002 Ba | 0,031±0,006 Db |

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ . (Lettres majuscules dans la même série, lettre minuscules entre les séries)



**Figure 77 :** Effets du RH-0345 sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) chez les adultes mâles de *S. morsitans* récoltés en période de reproduction automnale ( $m \pm s$ ,  $n=5$ ).

**Tableau 121** : Effets de l'halofenozide sur l'activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) des adultes mâles de *S. morsitans* : Analyse de la variance à deux critères de classification (Traitement, Temps).

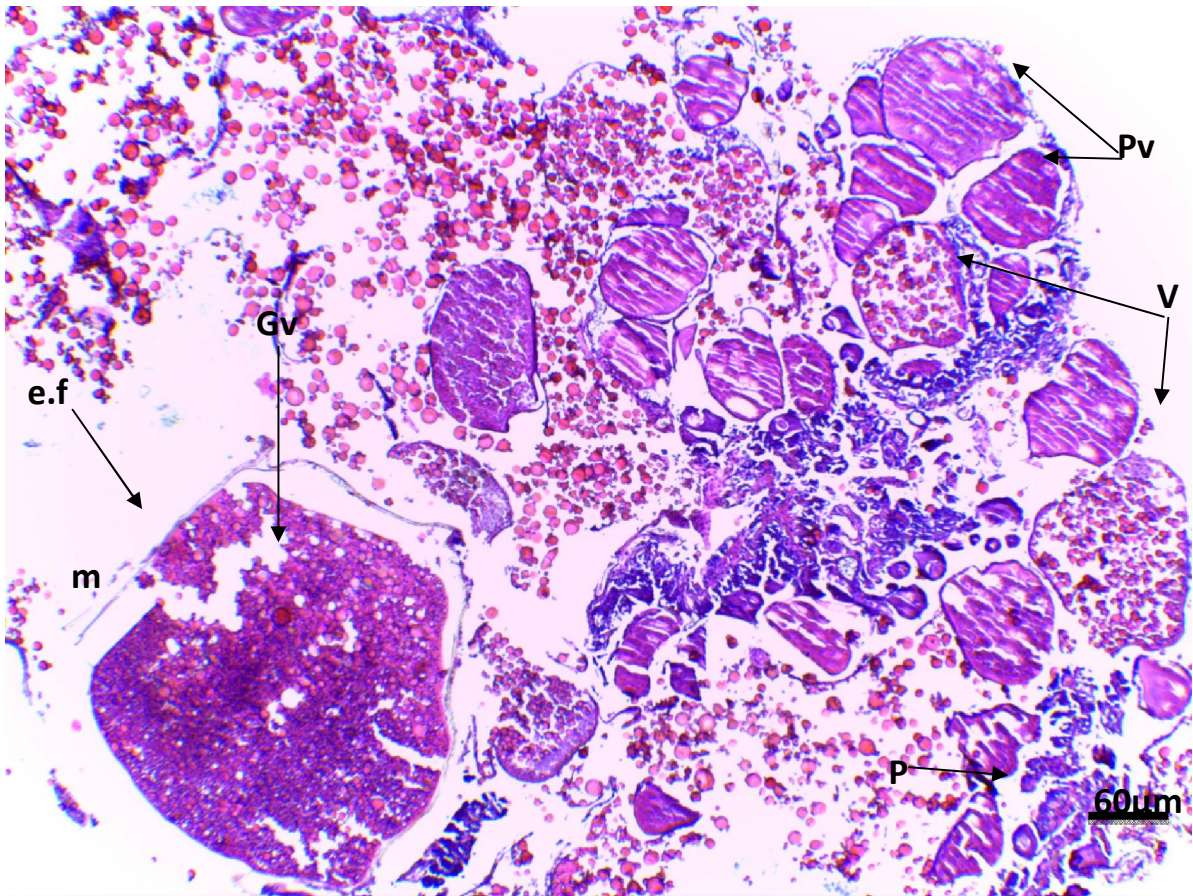
| Sources de variation | Ddl | SCE      | CM       | F <sub>obs</sub> | P         |
|----------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------|
| Traitement           | 1   | 0,038712 | 0,038712 | 1000,89          | 0,000 *** |
| Temps                | 3   | 0,025656 | 0,008552 | 221,11           | 0,000 *** |
| Interaction          | 3   | 0,012693 | 0,004231 | 109,39           | 0,000 *** |
| Erreur résiduelle    | 24  | 0,000928 | 0,000039 | -                | -         |
| Totale               | 31  | 0,077988 | -        | -                | -         |

ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; F<sub>obs</sub> : test de Fisher ; P : seuil de signification.

### 3.8. Etude histologique

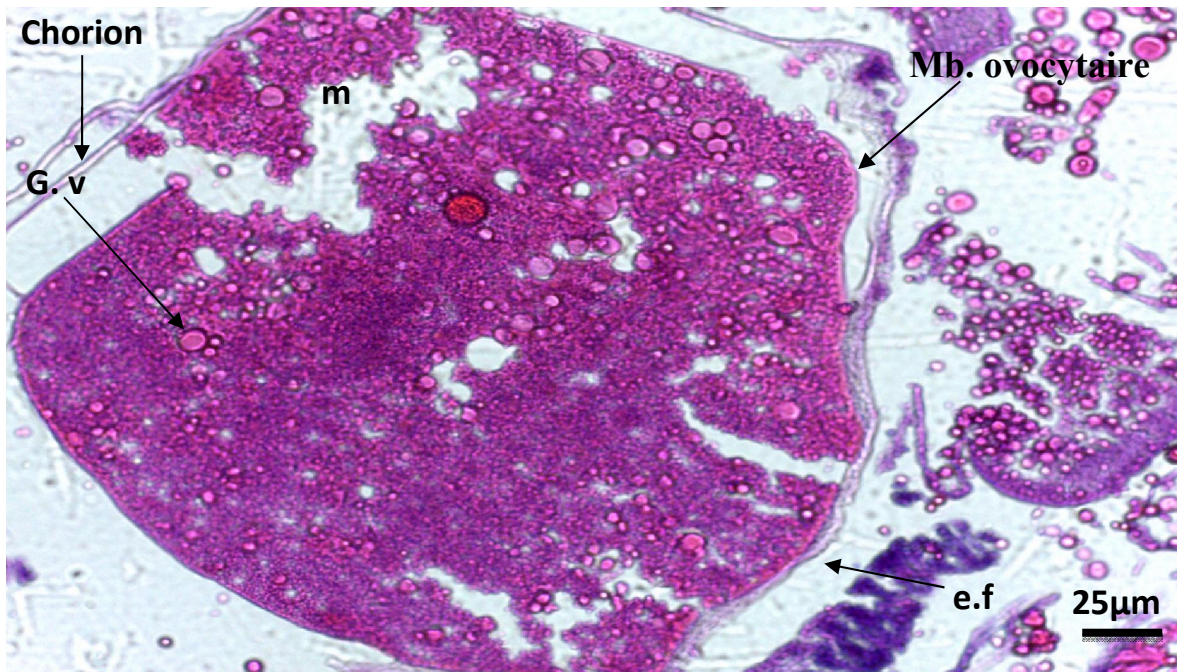
#### 3.8.1. Etude histologique de la gonade femelle de *E. nudicornis* récoltée à partir du site de référence (Dréan) durant la saison de reproduction printanière

L'ovaire de *E. nudicornis* présente des variétés de cellules germinales où le développement est visiblement asynchrone par la présence des différents stades de la vitellogenèse (figure 78), débutant par de petits ovocytes en préméiose, des ovocytes en prévitellogenèse (en pleine activité) se préparant à la vitellogenèse où les ovocytes commencent à individualiser de petits globules vitellins peu abondants et qui deviendront plus abondants et plus denses au cours de la maturation où l'ovocyte apparaît de grande taille et bien distingué (figure 79). Ce dernier est enveloppé par un épithélium folliculaire épais et bien distinct du chorion (figure 80).



**Figure 78 :** Coupe histologique de l'ovaire de *E. nudicornis* provenant de Dréan (site sain) illustrant les différentes phases de la vitellogenèse.

**Abréviations :** P : préméiose ; Pv : prévitellogenèse ; V : vitellogenèse ; m : maturation ; Gv : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire.



**Figure 79 :** Coupe histologique de l'ovaire de *E. nudicornis* provenant de Dréan (site sain) montrant un ovocyte mature.

**Abréviations :** m : maturation ; Gv : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire ; Mb ovocytaire : membrane ovocytaire.

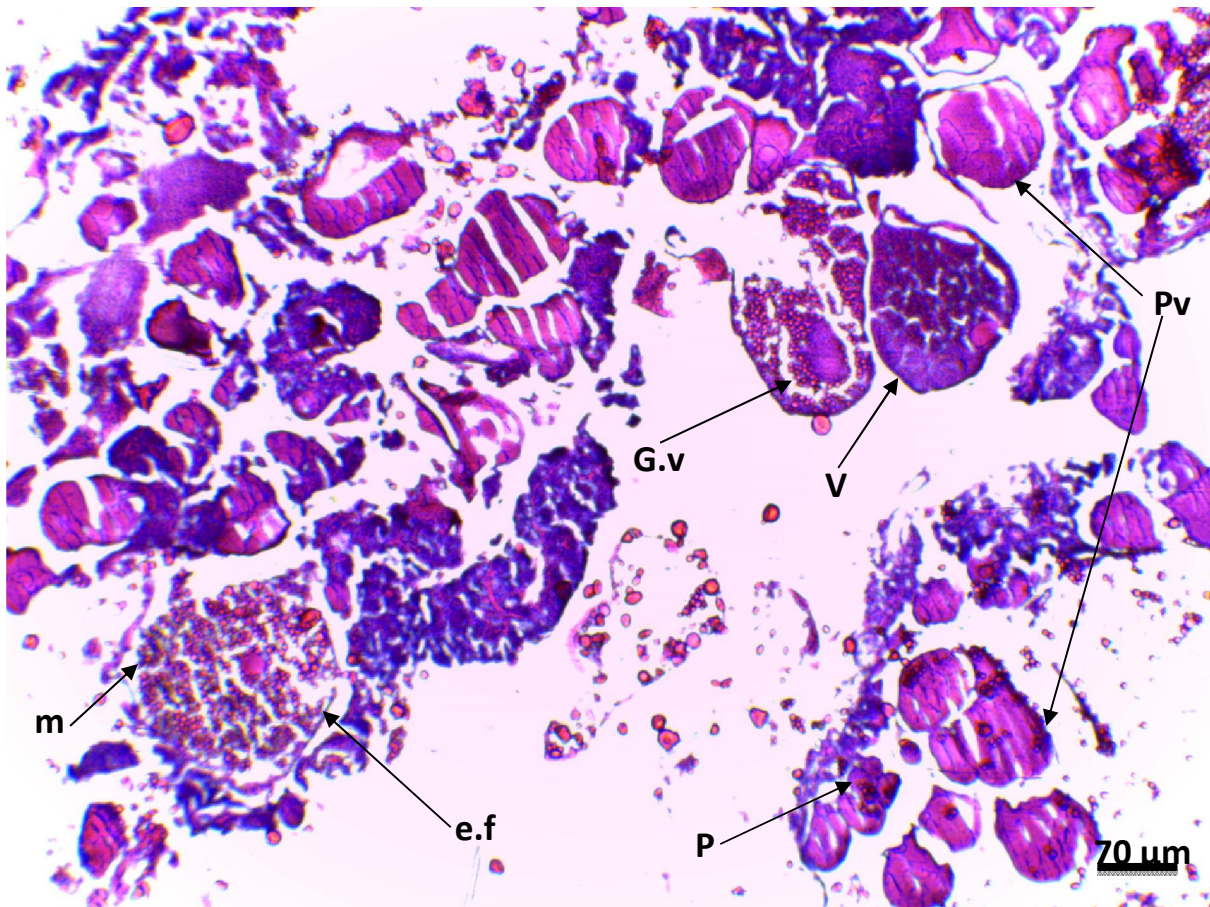


**Figure 80 :** Coupe histologique illustrant la périphérie de l'ovocyte mature de *E. nudicornis* montrant l'épithélium folliculaire provenant de Dréan (site sain).

**Abréviations :** Gv : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire.

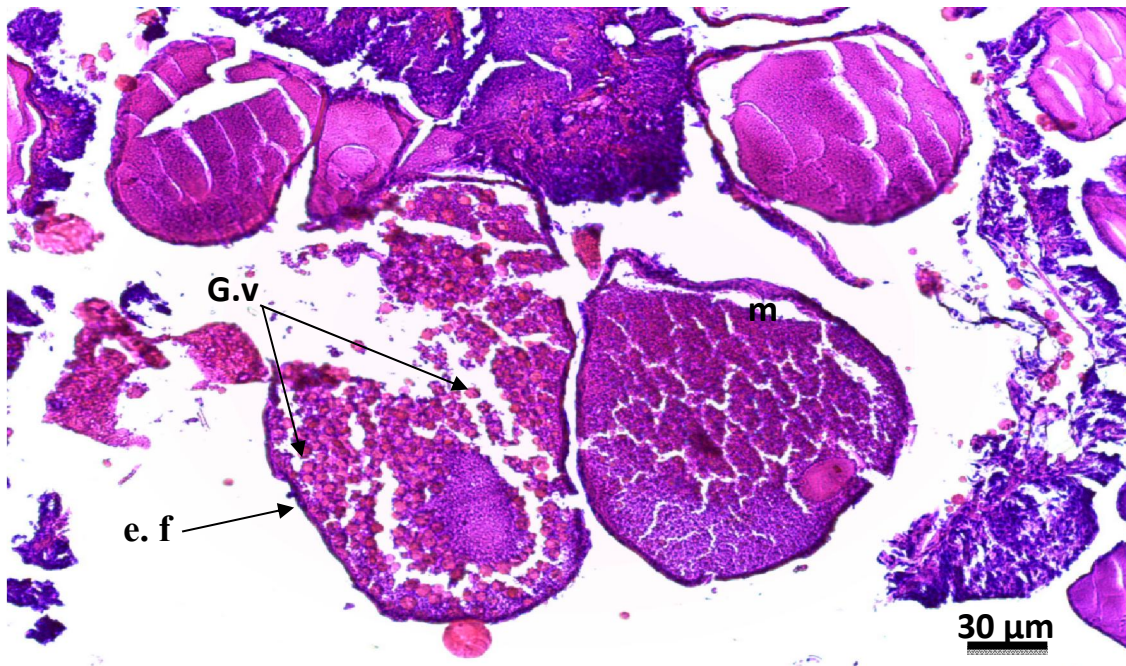
### 3.8.2. Etude histologique de la gonade femelle de *E. nudicornis* récoltée à partir du site affecté par la pollution (Sidi Amar) :

Au niveau du site pollué, l'ovaire de *E. nudicornis* présente également différents stades de développement ovocytaire s'avérant asynchrone (figure 81), débutant par de petits ovocytes en préméiose, des ovocytes en prévitellogénèse assez nombreux ainsi que d'autres très peu nombreux en stade de vitellogénèse où les ovocytes commencent à individualiser de petits globules vitellins peu abondants devenant plus ou moins abondants et plus ou moins denses au cours de la maturation où l'ovocyte apparait de taille moyennement grande (figure 82) présentant un épithélium folliculaire fin recouvrant un chorion distinct (figure 83).



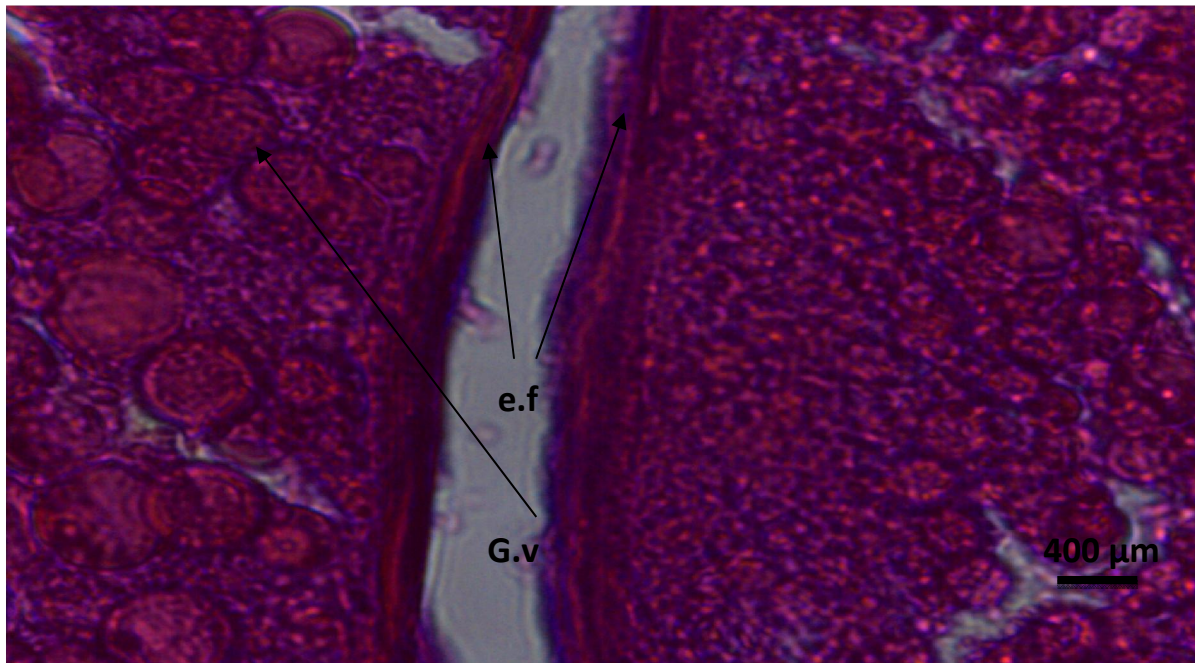
**Figure 81** : Différentes phases de la vitellogénèse chez *E. nudicornis* au niveau du site de Sidi Amar

**Abréviations** : P : préméiose ; Pv : prévitellogénèse ; V : vitellogénèse ; m : maturation ; G.v : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire.



**Figure 82 :** Coupe histologique de l'ovaire de *E. nudicornis* provenant de Sidi Amar (site pollué) montrant un ovocyte mature.

**Abréviations :** m : maturation ; Gv : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire.



**Figure 83 :** Coupe histologique illustrant la périphérie de l'ovocyte mature de *E. nudicornis* montrant l'épithélium folliculaire provenant de Sidi Amar (site pollué).

**Abréviations :** Gv : globules vitellins ; e.f : épithélium folliculaire.

### 3.9. Mensurations de l'ovocyte mature à partir des coupes histologiques

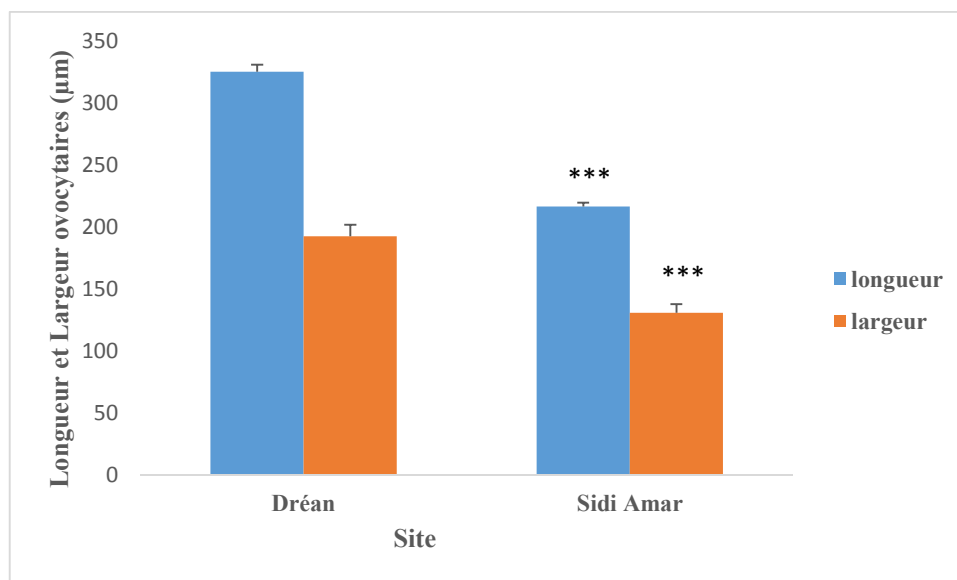
**Tableau 122 :** variations des paramètres morphométriques des ovocytes matures de *E. nudicornis*

| Paramètre<br>Site | Longueur (µm) | Largeur (µm) | Volume ovocytaire (mm <sup>3</sup> ) | épaisseur de l'épithélium folliculaire (µm) |
|-------------------|---------------|--------------|--------------------------------------|---|
| Dréan             | 325,38±5,68   | 192,81±3,23  | 6,30±0,30                            | 19,2±0,19                                   |
| Sidi Amar         | 216,36±5,42   | 131,03±3,61  | 1,87±0,20                            | 7,49±1,58                                   |
| P                 | 0,000         | 0,000        | 0,000                                | 0,000                                       |

#### 3.9.1. Mensurations de la longueur et de la largeur ovocytaire (µm) chez *E. nudicornis*

Les individus récoltés au niveau de Dréan présentent une longueur maximale de l'ordre de 325.38±5.68 µm. Par contre, les individus récoltés du site de Sidi Amar présentent une longueur minimale nettement inférieure de l'ordre de 216,36±5,42 µm. En revanche, les résultats des mensurations de la largeur des ovocytes (µm) affichent des valeurs nettement supérieures au niveau du site de Dréan atteignant 192,81±3,23 µm contre 131,03±3,61 µm au niveau du site pollué (Sidi Amar).

Par ailleurs, la comparaison des moyennes entre les deux sites révèle une différence très hautement significative ( $p=0,000$ ) à la fois pour la longueur que pour la largeur ( $p=0,000$ ) (Tableau 122, figure 83).

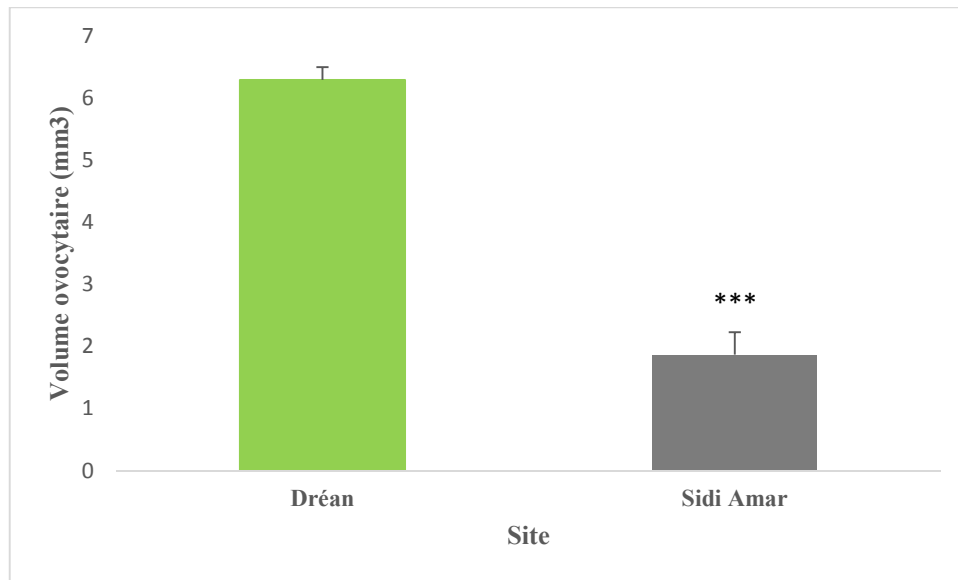


**Figure 84 :** Evaluation de la longueur et la largeur des ovocytes (µm) d'*E. nudicornis* récoltée pendant la période de reproduction printanière au niveau des deux sites d'étude.

### 3.9.2. Evaluation du volume ovocytaire ( $\mu\text{m}$ ) chez *E. nudicornis*

Les échantillons biologiques provenant du site de Dréan (site sain) présentent un volume ovocytaire remarquable de l'ordre de  $06,30 \pm 0,30 \text{ mm}^3$ , par contre celui provenant de Sidi Amar affiche un volume ovocytaire considérablement inférieur de l'ordre de  $1,87 \pm 0,20 \text{ mm}^3$ .

La comparaison des moyennes entre les deux sites présente des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ) (Tableau 122, figure 84).

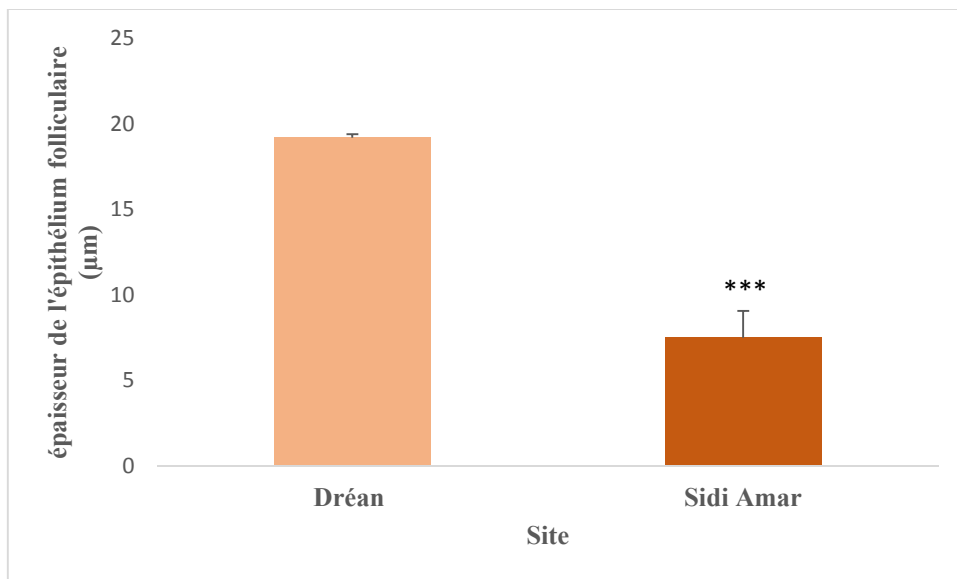


**Figure 85 :** Evaluation du volume ovocytaire ( $\text{mm}^3$ ) des ovocytes matures des femelles de *E. nudicornis* durant la saison de reproduction printanière

### 3.9.3. Evaluation de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire ( $\mu\text{m}$ ) de l'ovocyte mature chez *E. nudicornis*

Les résultats des mensurations de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire affichent des valeurs maximales de l'ordre de  $19,20 \pm 0,19 \mu\text{m}$  chez les individus récoltés à partir du site de Dréan ; par contre, celles de celui des ovocytes matures des femelles récoltées au niveau du site de Sidi Amar montre des épaisseurs nettement inférieures atteignant seulement  $7,49 \pm 1,58 \mu\text{m}$  où l'épithélium se présente considérablement fin (Tableau 122, figure 85).

La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences très hautement significatives ( $p=0,000$ ).



**Figure 85 :** Evaluation de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire ( $\mu\text{m}$ ) de l'ovocyte mature chez *E. nudicornis* durant la saison de reproduction printanière.

## 4. Discussion

### 4.1. Paramètres physico-chimiques des sols

L'étude du sol est considérée comme un écosystème particulier s'appelant édaphologie (Huguet del Villar, 1926). Il existe six grandes classes de sols zonaux qui se partagent la surface du globe : les sols podzoliques, les sols techernozémiques, les sols désertiques, les sols latosoliques, les sols rouges méditerranéens, les sols de toundras et les sols de montagne (Duvigeaud, 1980).

Les résultats de l'analyse chimique des sols des trois sites montrent qu'il n'y a pas de différences entre ces derniers. Cependant, en matière de pH, les trois stations choisies de Nechmaya, Sidi Amar et Dréan se caractérisent par un pH neutre. La texture du sol et la minéralogie des argiles sont des caractéristiques qui vont également largement influencer l'effet de l'apport de la matière organique fraîche (Kiem et Kandeler, 1997 ; Deneff *et al.*, 2002 ; De Gryze *et al.*, 2005 ; Wuddivira *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'analyse granulométrique montre que la texture de l'ensemble des sites est argileuse suite à la dominance de l'élément fin (argile) qui représente plus de 50% dans les trois stations. Une partie de ces résultats est confirmée par les études pédologiques réalisées par Daas *et al.* (1995) dans la zone d'Annaba et une autre partie de ces résultats est confirmée par les travaux de Houd (2013) concernant les études pédologiques au niveau du site de Nechmaya.

### 4.2. Biodiversité des Myriapodes

L'observation des caractères morpho-anatomiques des Chilopodes et la microdissection des gonopodes mâles des Diplopodes, nous a permis la reconnaissance de 9 espèces de Myriapodes rattachée à 9 genres : *Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758) ; *Eupolybothrus nudicornis* (Gervais, 1837) ; *Scolopendra morsitans* (Newport, 1844) ; *Cyrtops hortensis* (Donovan, 1810) ; *Orya barbarica* (Latreille, 1829) ; *Geophilus ferrugineus* (Koch, 1835) ; *Scutigera coleoptrata* (Linnaeus, 1758) ; *Omatoiulus malleat* (Akkari, 2007) et *Brachydesmus proximus* (Latzel, 1889).

Les données de la biodiversité de cette pédofaune dans les trois stations d'échantillonnage révèlent des différences dans la distribution, la richesse et l'abondance des différentes espèces appartenant aux deux ordres, Diplopodes et Chilopodes.

Par ailleurs, l'augmentation de la masse totale de la végétation engendre une augmentation du nombre d'espèces d'invertébrés présents (Odum, 1971 ; Bormann et Linkens, 1979 ; Wardle, 2002). Dans les forêts, les invertébrés saprophages sont souvent dominants tandis que les phytophages et les prédateurs jouent un rôle moins important dans le fonctionnement de cet écosystème en comparaison avec le saprophage (Dajoz, 1998) ; ainsi l'absence de litière diminue la diversité des organismes du sol notamment de la faune épigée (Lavelle *et al.*, 2006). Di Castri et Astidillo (1966) notent que les sols dénudés présentent une densité et une diversité faibles dues au déficit en ressources trophiques. En général, les Diplopodes fuient les champs et restent cantonnés dans les habitats particuliers ou dans des zones de réparation limitée (Demange, 1981). Selon David *et al.* (1998), les Diplopodes colonisent les biotopes fermés, humides, et frais, alors que les Chilopodes sont adaptés aux milieux chauds et secs (Cloudsley-Thompson et Crawford, 1970). Ces raisons expliquent très

vraisemblablement pourquoi nous avons récolté plus de Chilopodes que de Diplopodes où les sites d'échantillonnage correspondent à des milieux totalement ouverts avec une couverture végétale très peu dense ; donc les milieux d'échantillonnage offrent plus de chance aux Chilopodes qu'aux Diplopodes suite à une exposition directe au rayonnement solaire (Biotope ouvert) (Houd, 2013).

### 4.3. Morphométrie des ovaires

Plusieurs processus physiologiques sont susceptibles d'être impliqués dans les perturbations de la reproduction. Des insecticides et des perturbateurs endocriniens sont responsables de perturbations des processus métaboliques et hormonaux. Les effets délétères sur la reproduction peuvent concerner des perturbations de la gamétogenèse (Russell *et al.*, 1981), du développement des organes reproducteurs (Caquet et Lagadic, 1998 ; Gomot-de Vaufleury et Keroas, 2000) ou encore du développement embryonnaire (Ravera, 1991).

Nos récoltes effectuées durant les deux saisons de reproduction (printanière et automnale) chez deux espèces de Myriapodes (*E. nudicornis* et *S. morsitans*) montrent une perturbation de l'ovogénèse en provoquant une réduction du nombre des ovocytes, réduit également la taille de l'ovocyte (longueur, largeur et volume) ; et aussi la diminution de l'indice gonadique. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés après l'application par injection du RH-0345 (halofenozide) et du RH-2485 (methoxyfenozide) à des adultes femelles de *E. nudicornis* (Daas-Maamcha *et al.*, 2005).

Des résultats similaires ont été rapportés avec de nombreuses molécules insecticides comme les régulateurs de croissance des insectes. En effet, le tebufenozide, le halofenozide et le methoxyfenozide, insecticides faisant partie de la classe des mimétiques de l'hormone de mue, réduisent le poids frais des ovaires, le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires et la longueur de l'ovocyte basal chez *E. kuehniella* (Hami *et al.*, 2005 ; Khebeb *et al.*, 2008 ; Soltani-Mazouni *et al.*, 2012). L'halofenozide affecte la morphométrie des ovaires chez *Tenebrio molitor* (Soltani-Mazouni *et al.*, 2001 ; Taibi, 2007) et chez *Blatella germanica* (Kilani- Morakchi *et al.*, 2009). Le dibenzoylhydrazine, un agoniste des ecdystéroïdes provoque une perturbation du développement des ovaires chez *Plodia interpunctella* et *T. molitor* (Aller et Ramsay, 1988 ; Salem *et al.*, 1997 ; Hami *et al.*, 2005).

Le pyriproxifène, un analogue l'HJ inhibe la croissance des ovaires et entraîne l'immaturité de l'oothèque chez *Blatella germanica* (Kawada, 1988) ; il provoque une diminution du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires et cause une augmentation du volume de l'ovocyte basal chez *T. molitor* (Lakbar, 2000). De la même manière, le méthoprène, un autre analogue de l'HJ, appliqué topiquement aux femelles de *B. germanica* réduit significativement le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires et augmente Le volume de l'ovocyte basal (Maiza *et al.*, 2004).

L'application du KK-42, un dérivé de l'imidazole inhibiteur de la biosynthèse de l'hormone de mue, réduit le nombre d'ovocytes et la longueur de l'ovocyte basal chez *T. molitor* (Amrani *et al.*, 2004). Chez *Blatella orientalis*, l'application topique de l'azadirachtine a les mêmes effets morphométriques (Tine *et al.*, 2011). Des effets similaires sur la morphométrie ont été obtenus chez *Blatella germanica* avec un insecticide inorganique, l'acide borique, administré par voie orale (Kilani-Morakchi *et al.*, 2009b) mais aussi, par injection (Habes *et al.*, 2013). Un blocage de l'ovogénèse et une dégénérescence des cellules

folliculaires ont été rapportés chez *Anopheles stephensi*, un diptère traité au neem Azal, une formulation commerciale d'extrait de neem (Lucantoni *et al.*, 2006).

#### 4.4. Composition biochimique des gonades

Plusieurs travaux se sont intéressés à la gonade et à sa maturation ainsi qu'à l'accumulation de certains constituants biochimiques notamment lors de la vitellogénèse. Les métabolites (protéines, lipides et glucides), les acides nucléiques (ADN et ARN) et les ecdystéroïdes ont des rôles essentiels dans la physiologie de l'insecte et d'autres arthropodes dont les Myriapodes Chilopodes, en particulier dans la reproduction et le développement (Cassier *et al.*, 1997 ; Ramswany *et al.*, 1997 ; Taibi *et al.*, 2003 ; Daas-Maamcha *et al.*, 2005 ; Houd, 2013).

Le métabolisme intermédiaire est directement impliqué dans plusieurs processus physiologiques (croissance, immunité, mue, reproduction, maturation sexuelle...), qui nécessite un apport quantitatif et qualitatif des divers métabolites à savoir les protéines, les lipides et les glucides (Cole, 2002). Ces constituants biochimiques jouent un rôle métabolique essentiel dans le développement du tractus génital (Kanost *et al.*, 1990).

##### 4.4.1 Effets du stress environnemental sur le taux des métabolites

Les protéines jouent un rôle fondamental dans l'organisme de toutes les espèces biologiques vivantes. Ces dernières entrent dans divers réactions et peuvent assurer la catalyse biochimique, la régulation hormonale et s'intègrent dans la cellule en tant qu'éléments structuraux en même temps que les glucides et les lipides (Jacobe *et al.*, 1961). Les lipides constituent également une source d'énergie essentielle chez les insectes (Beenaker *et al.*, 1985). Ils sont transportés du corps gras, site de leur synthèse et de leur stockage vers les organes utilisateurs via l'hémolymphe (Keeley, 1985). Les globules lipidiques paraissent élaborés à partir d'un matériel qui transite par le réticulum puis l'appareil de Golgi. Il provient des corps gras *via* l'hémolymphe sous forme de lipoprotéines ; il présente une partie importante des réserves (Cassier *et al.*, 1997). La maturation des ovocytes dépend donc des métabolites prélevés de l'hémolymphe (Telfer *et al.*, 1981) et du matériel synthétisé *in-situ* par l'ovaire (Indrasith *et al.*, 1998).

La spermatogénèse des Myriapodes et particulièrement celle des Chilopodes a fait l'objet de nombreuses recherches tels que les travaux de Gilson (1889) et Bown (1903-1925) qui décrivent les principaux stades de la spermatogénèse élucidés par Zerbib (1966). La croissance spermatogénétique s'avère avoir une double provenance ; la synthèse métabolique et la phagocytose d'éléments sexuels dégénérés (Descamps, 1970).

L'évaluation des taux de protéines et de lipides dans les gonades des individus mâles et femelles de *E. nuedicornis* et *S. morsitans* récoltés dans les trois sites d'étude montre que le site de Nechmaya et de Dréan semblent afficher des valeurs plus élevées par rapport au site de Sidi Amar, ceci est en accord avec les travaux de Amira (2007) pour les lipides au niveau du manteau de *Donax trunculus* et les travaux de Hamdani (2007) pour les protéines chez la même espèce. Il existe des multiples facteurs susceptibles d'influencer les proportions respectives des constituants biochimiques, les variations thermiques, la qualité de nourriture disponible (Ansell et Trevallion, 1967 ; Ansell, 1974 ; Caers *et al.*, 2000). D'autres facteurs

comme le stade de développement, la mue, le sexe et l'âge peuvent aussi modifier les concentrations des métabolites chez les Chilopodes (Helbing, 1985, 1989, Rajulu 1974 ; Xylander, 2009).

La pollution métallique peut aussi fortement affecter les populations animales, et en particulier les populations des macro-invertébrés (Brulle et Vandenbulck, 2009). Par exemple, pour les collemboles, une exposition métallique peut conduire à une altération des communautés (Pawert *et al.*, 1966) ; chez les coléoptères appartenant à la famille des carabidés, on observe un développement larvaire ralenti, une surmortalité des larves (Mozdzer *et al.*, 2003), une fécondité moindre (Lagisz *et al.*, 2002) et une sensibilité aux stress additionnels (Stone *et al.*, 2001). Chez les vers de terre qui sont parmi les organismes dont la sensibilité aux métaux lourds est la plus exacerbée, il a été observé, par exemple, une diminution de la densité de population (Pizl et Josen, 1995) et des changements dans la structure des communautés (Lukkari *et al.*, 2004).

L'évaluation des taux de protéines dans les gonades d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* dans l'ensemble des sites d'étude montre une diminution des protéines dans le site de Sidi Amar en comparaison avec le site de Nechmaya et de Dréan, ceci est en accord avec les résultats rapportés par Bhid *et al.* (2006) chez *Lymnaea stagnalis* exposé aux pesticides et les travaux de Florence *et al.* (2002) qui désignent une diminution des taux de protéines au niveau des ouïes de l'huître et de la glande digestive de la moule *Mytillus galloprovincialis* après une exposition de 21 jours aux métaux. La présence de métaux constitue un stress majeur susceptible de perturber les grandes fonctions physiologiques des animaux (Labort *et al.*, 1996). Gomot (1997) note une inhibition de la croissance et des perturbations du cycle de reproduction d'un gastéropode *Helix maxima* exposé aux sols artificiels contaminés par du Cadmium ; ainsi, Coeurdassier *et al.* (2002), mettent en évidence une inhibition du poids des tissus mous des escargots après une exposition au diméthoate.

Des résultats acquis par Daas-Maamcha *et al.* (2013) révèlent une réduction des taux en protéines et en lipides chez *E. nudicornis* après traitement des gonades mâles et femelles par le RH-0345. D'autres résultats obtenus par Soltani-Mazouni et Bouteldja (2007) illustrent une diminution des taux en protéines chez *T. molitor* après traitement des femelles par le captopril. De même, des travaux ont déterminé après traitement des femelles par le méthoxyfénozide entraîne une réduction des taux de protéines ovariens d'*E. kuehniella* (Soltani-Mazouni *et al.*, 2012). Une diminution significative des différents métabolites ovariens (glucides, lipides et protéines) a été enregistrée chez *Spodoptera littoralis* après traitement par le chlorfluozuron (Perveen, 2011). La diminution du taux de protéines testiculaires chez *S. littoralis* après traitement par le chlorfluazuron est expliquée par l'accumulation des protéines dans l'hémolymphe, et l'interférence avec les mécanismes contrôlant la spermatogénèse (Perveen, 2011), ce qui est en accord avec nos résultats.

Selon Nadji (2004), une réduction non significative des taux de protéines a été observée chez *Ruditapes decussatus* au niveau de la station Est du lac El Mellah par rapport à la station de Sidi Salem en rapport avec la contamination du milieu. En revanche, Peccini *et al.* (1994) et Masaya *et al.* (2002) ont mis en évidence une augmentation significative du taux de protéines totales sous l'effet d'un stress chimique chez différents modèles biologiques (têtards, protistes ciliés, lapins). Selon Umminger (1977), pendant des périodes chroniques des états de stress, les escargots requièrent de l'énergie pour détoxifier les toxines et pour surmonter le stress induit. Puisque les escargots ont une quantité limitée d'hydrates de

carbone donc la prochaine source d'énergie alternative pour satisfaire la demande énergétique accrue est les protéines (Lehniger, 1978). En ce qui concerne la relation entre le taux de protéines et la période de reproduction, les concentrations sont plus importantes en automne qu'au printemps, cela est en relation avec les stades ovocytaires atteints, ce sont surtout des ovocytes en prévitellogénèse qui sont présents au printemps, alors que l'on trouve les ovocytes matures ou submatures en automne (Daas *et al.*, 2003). En revanche, concernant l'effet sexe, on remarque des valeurs plus élevées chez les femelles que chez les mâles, ce résultat est contradictoire avec celui de Rajulu (1974), qui affirme que chez le Chilopode *L. forficatus*, la concentration des protéines est supérieure chez les mâles par rapport au sexe opposé, alors que pour Xylander (2009), aucune différence n'est signalée entre les deux sexes en matière de concentrations des protéines hémolympatiques chez le Chilopode *Thereuopoda longicornis*, mais leurs concentrations en protéines a augmenté de 10% en fonction de l'âge. Cette variation est également vérifiée et approuvée chez les insectes (Seifert, 1975).

Les résultats concernant l'évolution du taux de lipides au niveau des gonades d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* dans les sites d'étude vont dans le même sens que ceux de Padjama et Rao (1994) qui ont mis en évidence une diminution des taux des lipides dans les tissus de l'espèce *Bellamyia dissimilis* exposés aux pesticides. Selon Aurousseau (2002), les radicaux oxygénés libres provoquent une altération par dégradation des lipides, parmi ceux-ci la réaction de la  $\beta$  oxydation des lipides (Nzengue, 2008). D'autre part, l'effet sexe sur les teneurs en lipides dans les gonades d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* révèle des taux plus élevées chez les femelles des trois sites d'étude, Deslous-Paoli, (1982) atteste que chez *Crassostrea gigas* la teneur en lipides des gonades du sexe féminin est plus importante que celle du sexe opposé mais que les lipides entrent dans la constitution des gonades mâles étant plus énergétiques que chez les femelles.

Des travaux ont déterminé après traitement des femelles par le méthoxyfénoside une réduction des taux de lipides dans les ovaires d'*E. kuehniella* (Soltani-Mazouni *et al.*, 2012). Un autre agoniste des ecdystéroïdes, le RH-0345, entraîne une diminution des taux de lipides chez *E. kuehniella* et *T. molitor* (Taibi *et al.*, 2003). Khebbab *et al.*, (2008) ont montré que l'administration du RH-5992 aux chrysalides mâles et femelles d'*E. kuehniella* réduit les taux des lipides testiculaires et ovariens.

Il existe un autre facteur susceptible d'influencer les proportions des constituants biochimiques, c'est la quantité de nourriture disponible (Ansell et Trevallion, 1967 ; Ansell, 1974 ; Caers *et al.*, 2000). D'après Freits *et al.* (2002) et dans le cas de *Mytillus galloprovincialis*, il existe des variations notables dans les proportions des différents constituants biochimiques pour la même espèce provenant de localités différentes.

#### 4.4.2. Effets du stress environnemental sur le taux de vitellogénines et de vitellines

La vitellogénine est un complexe lipo-glyco-caroténoprotéique de haut poids moléculaire, spécifique du milieu intérieur des femelles et des mâles en période de reproduction des Myriapodes, Crustacés, Insectes, Amphibiens, Oiseaux, et certains Poissons. La vitellogénine est synthétisée hors des gonades et constitue le principal précurseur du vitellus protéique. Il représente 60 à 90% du vitellus chez la plupart des insectes.

La maturation des ovocytes dépend, entre autres, des métabolites prélevés de l'hémolymphe et du matériel synthétisé *in situ* par l'ovaire (Raikhel et Dadialla, 1992).

La reproduction chez les insectes dépend des protéines notamment la vitellogénine (protéine constituant 80-90% des substances de réserve de l'œuf) qui est synthétisée dans les corps gras, cette protéine étant par la suite acheminée et incorporée dans les ovocytes (Koller, et Raikhel, 1991). La vitellogénine est transformée en vitelline dans les ovocytes (Engelman, 1979). Des travaux antérieurs ont confirmé la présence de récepteurs sur la membrane des ovocytes pour les vitellogénines (Amdam *et al.*, 2002).

L'évaluation des taux de vitellogénines dans les gonades d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* au niveau des trois sites d'étude montre que le site de Nechmaya semble afficher des valeurs plus élevées par rapport à Dréan et Sidi Amar, ceci peut être due à la pollution, qui s'explique par le fait que le corps gras synthétise lentement la forme soluble sous forme de vitellogénine libérée dans l'hémolymphe.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de Daas-Maamcha (2005) sur l'effet de traitements hormonaux et insecticides sur les réserves de vitellogénines hémolympatiques chez les deux Chilopodes *E. nudicornis* et *Lithobius forficatus*.

L'origine des réserves vitellines a fait l'objet de très nombreux travaux chez les arthropodes (Raven, 1961 ; Norrevang, 1968), chez les crustacés (Beams et Kessel, 1963) et chez les insectes (Telfer, 1967 ; Busson-Mabillot, 1969 ; Adams et Filipi, 1988). L'évaluation des taux de vitellines dans les gonades d'*E. nudicornis* et *S. morsitans* au niveau des trois sites d'étude montre que le site de Nechmaya semble afficher des valeurs plus élevées par rapport à Dréan et Sidi Amar, ceci est probablement dû à la pollution. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Aribi *et al.* (2001) sur *T. molitor*, et les travaux de Daas-Maamcha. (2005) sur l'effet de traitements hormonaux et insecticides sur les réserves de vitellines hémolympatiques chez les deux Chilopodes *E. nudicornis* et *Lithobius forficatus* ; cependant, les travaux de Christian *et al.* (2002) chez la moule *Elliptio complanata* et Regier et Kalfatos (1985) par application du RH-0345 sur *Tenebrio molitor* sont en contradiction avec les notes.

Concernant l'effet sexe sur les taux des vitellines, on remarque des valeurs plus élevées chez les femelles que chez les mâles dans les trois sites d'étude, ceci est en accord avec les résultats de Fabre *et al.* (1990) chez *Scolopendra cingulata*. Le dosage de vitellines chez des animaux exposés à des mélanges de polluants dans le milieu aquatique permet de documenter différents types d'effets anti-oestrogéniques susceptibles de s'y manifester, les travaux de Christian *et al.* (2002) menés en zones intertidales du fjord ont révélé que la nature chimique des vitellines peut être altérée par la présence des contaminants. De nombreuses études chez des animaux vivants en contact étroit avec des sols contaminés ont permis de mieux comprendre les changements physiologiques, les mécanismes d'acclimatation (adaptation physiologique) et les mécanismes de détoxification par rapport aux métaux (Stone *et al.*, 2007).

#### 4.4.4. Effets du stress environnemental sur le taux des acides nucléiques

Les êtres vivants sont constitués de certaines biomolécules (acides nucléiques, protéines) d'une complexité telle que ces molécules sont dotées de propriétés biologiques notamment la reproduction (Bergeron et Regnault, 1980).

L'ovocyte accumule en grande quantité les matériaux protéiques mais l'élaboration des protéines dépend de la synthèse préalable d'ARN, pour laquelle l'ADN chromosomique et nucléolaire sert de matrice. Le nucléole, lieu de synthèse de l'ARN ribosomal, émet des extrusions qui se répartissent dans le nucléoplasme et correspondent à une augmentation de la quantité de l'ADN qui sert de matrice pour la synthèse d'ARNr (Daas, 2005).

Nos résultats montrent que le stress environnemental stimule la synthèse des acides nucléiques testiculaires et ovariens. Le taux d'ADN et d'ARN chez *E. nudicornis* et chez *S. morsitans* a tendance à augmenter au niveau du site de Sidi Amar par rapport aux deux autres sites Nechmaya et Dréan, ceci explique une induction de leur synthèse. Cette induction peut être due à l'interaction des produits chimiques rejetés par la zone industrielle Arcelor Mittal de Sidi Amar provoquant une stimulation du système de détoxification afin de synthétiser les divers enzymes adéquates (GST, GSH, MDA, mono-oxygénases, réductases, etc...). En effet, chez *L. forficatus*, les doses faibles de 20 E (0.2 µg) stimule les synthèses d'ARN dans les ovocytes (Descamps, 1992) confirmant des expériences préliminaires menées sur le potentiel membranaire de l'ovocyte (Descamps et Lassalle, 1986).

Des résultats similaires sont effectuées par l'utilisation de l'enalapril et de lisinopril augmentent le taux des acides nucléiques chez *E. kuehniella* (Bensalem et Soltani-Mazouni 2013), le halofenozide et le tebufenozide augmentent les taux d'ADN et ARN ovariens chez *E. kuehniella* (Soltani-Mazouni, 2012). Les données de Benlabiod-Boudraa (1976) concernant l'effet du KK-42, un inhibiteur de l'hormone de mue, sur l'incorporation *in vitro* de la thymidine traitée dans l'ADN ovarien de *T. molitor* au cours de la maturation sexuelle, révèlent une perturbation de la synthèse d'ADN. Les travaux de Meskache et Soltani-Mazouni (2013) enregistrent un effet traitement hautement significatif sur la quantité d'ADN testiculaire chez les adultes d'*E. kuehniella*. Une augmentation du taux des acides nucléiques (ADN et ARN) a été enregistrée par Soltani-Mazouni et Hami (2010) après traitement des femelles d'*E. Kuehniella* par le RH-5992. Des travaux réalisées par Meskache (2014) après l'utilisation de plusieurs insecticides, analogues de l'hormone de mue (RH-5849, RH-5992, RH-0345 et RH-2485) signalent des perturbations pour les concentrations en ADN au niveau du testicule chez *E. kuehniella* où on remarque une hausse hautement significative chez les individus traités avec le RH-5992 et une baisse significative chez les traités avec les RH-2485, RH-5849 et RH-0345 ; aussi le dosage quantitatif de l'ARN testiculaire, révèle une augmentation du taux d'ARN chez les individus traités avec le RH-5849 et le RH-0345 et une légère baisse chez les traités avec le RH-5992 et RH-2485. Un effet similaire a été constaté chez *B. germanica* traité par le RH-0345 (Rouibi, 2000) et *E. nudicornis* (Daas-Maamcha, 2005) ; aussi le flucycloxon (FXC), un inhibiteur de la synthèse de la chitine, perturbe aussi l'évolution de l'ADN ovarien chez *E. kuehniella* en entraînant une augmentation dans le contenu d'ADN (Bendjeddou, 1993). Des résultats similaires ont été obtenus chez les larves de *Tribolium castaneum* après traitement au malathion et au perméthrin (Schakoori et Saleem,

1989) et également chez *Choristoneura funifera* après traitement au cyromazine (Binnington et Retnakaran, 1991).

#### 4.5. Mesure des biomarqueurs du stress environnemental

La préservation de la qualité des sols est devenue une préoccupation majeure des pouvoirs publics au même titre que la protection des milieux aquatiques et aériens. Il est impératif de développer des techniques analytiques capables de détecter plusieurs polluants (Gimbert *et al.*, 2006). De ce fait, l'utilisation des paramètres biochimiques appelés biomarqueurs comme indicateurs de la qualité des écosystèmes (Soltani *et al.*, 2012, Boumaza, 2014). Ces biomarqueurs mesurent l'interaction entre un système biologique et un agent environnemental et peuvent être chimiques, physiologiques ou biologiques (Wo, 1999) ; leur validité tient à trois caractéristiques principales : spécificité, sensibilité et préciosité (Amiard-Triquet *et al.*, 1998). L'inhibition ou l'induction *in vivo* des biomarqueurs est un bon outil environnemental pour évaluer l'exposition et les effets potentiels des xénobiotiques sur les organismes (Ozmen *et al.*, 1999 ; Sturn *et al.*, 1999). La capacité d'un organisme de s'adapter à un environnement altéré par la contamination anthropique dépend principalement des mécanismes de la détoxification de divers composés endogènes (Parsons *et al.*, 1998).

##### 4.5.1. Activité de la glutathion S-transférase

Les glutathion S-transférases représentent une famille d'enzymes multifonctionnelles, essentiellement cytosoliques impliquées, dans des opérations diverses de transport et de biosynthèse intracellulaire (Georges *et al.*, 1990). Ces enzymes sont impliquées dans de nombreux processus physiologiques parmi lesquels figure la détoxification de nombreux xénobiotiques (Habig *et al.*, 1974 ; Lauterburg et Mitchel, 1981). En effet, ces enzymes catalysent la réaction d'addition entre ces composés et le groupement -SH du glutathion générant ainsi des composés plus hydrosolubles par neutralisation des sites électrophiles des xénobiotiques (Hayes *et al.*, 2004). Cependant, la fonction la plus étudiée est leur capacité de catalyser des réactions de conjugaison entre un peptide, le glutathion et des molécules réactives comportant des sites électrophiles, capables de réagir avec les macromolécules comme les acides nucléiques (ADN et ARN) (Baussant *et al.*, 2009). La catalyse de cette conjugaison du glutathion avec certains substrats représente une étape essentielle dans la formation de composés qui seront moins toxiques et plus hydrosolubles que les molécules de départ (Chatterjee et Bhattacharya, 1984). Les GST ont été mises en évidence dans la plupart des êtres vivants tels que la levure (Foley et Sheehan, 1998), les mollusques (Fitzpatrick et Sheehan, 1993 ; Fitzpatrick *et al.*, 1995 ; Blanchette et Singh, 1999), les vers de terre (Stenersen *et al.*, 1979, Borgeraas *et al.*, 1996), les crustacés (Keeran et Lee, 1987 ; Leblanc et Cochrane, 1987), les insectes (Stenersen *et al.*, 1987 ; Prapanthadara *et al.*, 1996), les poissons (George et Young, 1988 ; Martínez-Lara *et al.*, 1997; Pérez-López *et al.*, 2000), les mammifères (Habig *et al.*, 1974 ; Kamisaka *et al.*, 1975 ; Rouimi *et al.*, 1996 ; Bolton et Ahokas, 1997) et les plantes (Pascal *et al.*, 1998 ; Hong *et al.*, 1999). L'activité de la GST a également été largement utilisé comme un biomarqueur de stress (Fitzpatrick *et al.*, 1997 ; Shailaja et D'Silva, 2003 ; Cunha *et al.*, 2007).

Nos résultats montrent, dans l'ensemble, une augmentation des taux de GST dans le site de Sidi Amar comparativement à ceux enregistrées à Nechmaya et Dréan chez les deux espèces étudiées *E. nudicornis* et *S. morsitans* ; cela peut être dû à une pollution chronique provenant du grand pôle industriel Arcelor Mittal qui a éventuellement affecté le système de défense antioxydant en stimulant la synthèse de ce biomarqueur.

Les résultats de nombreuses expériences montrent l'augmentation de l'activité de GST en réponse à la quantité élevée de polluants dans l'environnement (Canesi *et al.*, 1999 ; Viard-La rocca *et al.*, 2004). En accord avec nos résultats, Radwan *et al.* (2010) trouvent un gradient décroissant de l'induction de la GST chez un gastéropode terrestre (*Theba pisana*) par l'éloignement aux sources de pollution (Egypte) et chez *H. aspersa* (Larba, 2014). Une induction de la GST a été signalée chez l'escargot *Theba pisana* exposé aux pesticides (El-Gendy *et al.*, 2009) et aussi chez trois espèces de mollusques terrestres ; *Helix pomatia*, *Helix aspersa* et *Arion rufus* collectées dans des sites contaminées par les métaux lourds (Italy) (Menta et Parisi, 2001). Ces résultats sont en accord avec les travaux de Radwan *et al.* (1992), qui ont mis en évidence une induction de l'activité GST après exposition du gastéropode terrestre (*Theba pisana*) à un pesticide (Carbamate) mais aussi chez l'espèce *Helix aspersa* exposé aux insecticides (Radwan et Mohamed, 2013). Chez les escargots *Nucella lapilli* et *Monodonta lineate* exposés au cuivre on note une réduction de l'activité de la GST (Cunha *et al.*, 2007). Dans une étude de biosurveillance, l'induction de la GST a été observée chez l'escargot *Helix aspersa* récolté dans des sites urbains pollués par les métaux lourds (Abdel-Halim *et al.*, 2013).

L'estimation de l'activité de la GST chez la population de *E. nudicornis* et *S. morsitans* au cours de deux saisons (automnal et printanière) montre une augmentation de l'activité de l'enzyme dans le site de Sidi Amar. Nos résultats montrent une augmentation très hautement significative du taux de GST au niveau du tube digestif en présence des ETMs ; cette augmentation est une réponse au stress oxydatif provoquée par la présence de métaux lourds dans l'organe (Farombi *et al.*, 2007). Les enzymes de biotransformation sont parmi les premières à répondre à la présence d'un élément métallique dans un organisme vivant. Cette augmentation indique un taux élevé de conjugaison des ETMs avec le glutathion (Peršić, 2004).

Un effet sexe a été aussi mis en évidence dans cette étude, les femelles sont plus sensibles que les mâles ; peut-être causé par des apports ponctuels localisés d'origine proche liée aux activités industrielles de longues durées (Baize, 1997) soit par la contamination environnementale, soit par les facteurs saisonniers (Viarengo *et al.*, 1991) ou la ponte (Ribera *et al.*, 1989).

#### 4.5.2. Activité de l'acétylcholinestérase

L'acétylcholinestérase (AChE) est la cible principale des ETMs (Payne *et al.*, 1996 ; Flammarion *et al.*, 1998a et 2002a ; Sturm *et al.*, 1999 ; Barra *et al.*, 2001). L'inhibition de l'acétylcholinestérase peut avoir des effets sur le comportement des êtres vivants (Saglio *et al.*, 1996 ; Khessiba *et al.*, 2001). L'analyse de l'activité de l'acétylcholinestérase dans les différents tissus des organismes terrestres est considérée comme biomarqueur de la contamination des milieux terrestres (Viar-La rocca, 2004 ; Gimbert, 2006).

L'acétylcholinestérase peut être inhibée par de nombreux neurotoxiques (Bocquené, 1996 ; Bainsy, 2000). La mesure de son inhibition constitue un marqueur dont l'expression traduit spécifiquement l'exposition des organismes à différents contaminants et notamment certains produits phytosanitaires. L'AChE constitue en effet la cible privilégiée de certains ETMs (Cadmium), herbicides (triazines, paraquat) et autres molécules neurotoxiques (Herbert *et al.*, 1995 ; Bocquené *et al.*, 1997 ; Forget *et al.*, 1999 ; Dellali *et al.*, 2001 ; Belabed et Soltani, 2013). L'inhibition de l'activité de l'AChE s'est également révélée intéressante dans le cadre d'étude de la qualité des milieux terrestres (Viar-La Rocca, 2004).

La détermination de l'activité de l'AChE chez les individus de *E. nudicornis* et *S. morsitans* récoltés à partir des trois sites d'étude et échantillonnés au cours des deux saisons de reproduction (printemps et automne), révèle une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez les individus de Sidi Amar. Cependant, cette inhibition a été observée chez les deux sexes mais celle-ci est plus marquée chez les femelles comparativement aux mâles. Par ailleurs, ceci peut s'expliquer par l'émission massive des polluants par les divers pôles industriels. Par ailleurs, au niveau du site de Nechmaya et Dréan, l'activité de l'AChE est beaucoup plus élevée, surtout chez les femelles où l'activité ovarienne est extrême, autrement dit, il n'y a pas d'inhibition car ces sites ne sont pas exposés aux polluants et représentent de ce fait des sites de références.

De nombreux auteurs rapportent que l'activité enzymatique des organismes terrestres peut être extrêmement sensible aux variations saisonnières du milieu, ainsi que la contamination probable de l'environnement (Lagadic *et al.*, 1997). Ceci est d'autant plus vrai que le site de Sidi Amar reçoit des déchets domestiques et essentiellement industriels du complexe métallurgique d'Arcelor Mittal d'El Hadjar qui est probablement à l'origine de l'inhibition de l'AChE enregistrée dans notre étude. Ces résultats sont en accord avec ceux de Radwan *et al.* (1992), qui ont mis en évidence une inhibition de l'activité AChE après exposition du gastéropode terrestre *Theba pisana* aux pesticides (carbamates) ou encore Salama *et al.* (2005) ont mis en évidence une inhibition de l'activité de l'AChE après exposition du gastéropode *Helix aspersa* au carbofurane (pesticide) et aux insecticides (Imidaacloprod) (Radwan et Mohamed, 2013). Une étude *in situ* concernant l'activité de l'AChE montre une inhibition de l'activité de l'AChE chez un gastéropode *H. aspersa* expliqué par une pollution provenant des usines périphériques Arcelor Mittal d'El Hadjar (Larba, 2014). Sifi (2009), Aoudène (2003) et Beldi (2007), ayant travaillé sur *Donax trunculus* récoltée à partir du site de Sidi Salem ont enregistré une inhibition de l'activité enzymatique de l'AChE. En 2011, Garara prouve la toxicité de la poudre métallique du complexe d'Arcelor Mittal sur un organisme terrestre, *Helix aspersa* ; d'autres résultats confirment cette hypothèse (Dellalli *et al.*, 2004 ; Wendi *et al.*, 2001). Selon d'autres auteurs, une inhibition de l'AChE peut être un indicateur d'une pollution métallique (Devi et Fingerman, 1995 ; Amirad-Triquet *et al.*, 1998 ; Ferrer *et al.*, 2005 ; Coeurdassier *et al.*, 2002). L'effet du cadmium sur l'activité AChE a également été testé chez d'autres espèces animales, Carageorgiou *et al.* (2004) relatent que l'exposition à long terme (4 mois) est sans effet sur l'AChE chez le rat gris, ainsi qu'un traitement avec le cadmium à une concentration de 12.6 mg/L au cours des 48 heures stimule l'activité de l'AChE dans le cerveau de *Conchionous Barbus* (Gill *et al.*, 1991). Néanmoins, De La Torre *et al.* (2000) ont aussi démontré que le transfert de *Cprinus carpio* dans une solution contaminée par la même métal à une dose de 1.6mg/L ne présente aucun effet significatif sur l'activité de l'AChE.

#### 4.5.2.1. Effets du halofenozide (RH-0345) sur l'activité de l'AChE

L'AChE est une enzyme essentielle dans le système nerveux des vertébrés et des invertébrés, elle est la cible fonctionnelle de plusieurs xénobiotiques. L'activité AChE a été traditionnellement utilisée comme un biomarqueur spécifique des xénobiotiques neurotoxiques tels les Organophosphorés et les Carbamates à la fois *in vivo* et dans des conditions *in vitro* (Ribera *et al.*, 2001 ; Silva *et al.*, 2004 ; Kavitha et Venkateswara, 2008). Cette enzyme hydrolyse l'acétylcholine, neurotransmetteur impliqué dans la transmission cholinergique (Trotter *et al.*, 1991 ; Heath *et al.*, 1997). L'inhibition de l'AChE induite par les xénobiotiques conduit à une accumulation d'acétylcholine au niveau des synapses cholinergiques, phénomène susceptible de provoquer des perturbations comportementales affectant plus particulièrement la locomotion et l'équilibre (Zinkl *et al.*, 1991 ; Saglio *et al.*, 1996).

Les résultats de notre étude montrent que le traitement avec l'halofenozide (RH-0345), entraîne une inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase chez les deux sexes des deux espèces de Myriapodes *E. nudicornis* et *S. morsitans*, ce résultat est contradictoire avec celui de Chouahda (2011) qui atteste que le RH-0345 administré dans l'eau d'élevage des alevins et des adultes de *Gambusia affinis* n'a aucun effet sur l'inhibition de l'activité enzymatique AChE. Néanmoins, Senger *et al.* (2006), attribuent les différences en matière d'expression de l'activité de l'acétylcholinestérase chez les différentes espèces aux distances phylogénétiques entre ces dernières. Kunkel *et al.* (2001), confirment que l'action de l'halofenozide ainsi que d'autres insecticides diffère selon le mode d'administration du xénobiotique (pulvérisation, topique, injection, etc). en outre, d'autres auteurs mettent l'accent sur l'éventuel impact de plusieurs facteurs, tels que l'âge, le sexe, la taille ou les conditions physiologiques sur l'expression de l'activité AChE (Varela et Augspurger, 1991 ; Porte *et al.*, 2001). L'effet cumulatif de l'ensemble de ces facteurs, explique en partie nos résultats.

D'autres travaux de Bouhafs *et al.* (2009) ; Bouaricha (2013) ; Belhaouchet (2014) ont mis en évidence une inhibition de l'activité AChE chez respectivement des populations d'escargots, et de têtards traités par des pesticides. En effet, dans notre travail, nous avons montré que l'activité AChE diminue progressivement suite à l'exposition de *E. nudicornis* et *S. morsitans* au RH-0345. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Salama *et al.* (2005) sur l'escargot *H. aspersa* exposé au Méthomyl. L'activité d'AChE a été réduite aussi chez le poisson *Pseudorasbora parva* traité par le même pesticide (Méthomyl) (Li *et al.*, 2008), aussi l'activité de l'AChE diminue progressivement suite à l'exposition des vers de terre *Octodrilus complanatus* aux différentes concentrations du Méthomyl (Zeriri, 2014).

Ainsi, l'inhibition de l'activité AChE chez nos espèces : *E. nudicornis* et *S. morsitans* exposées au RH-0345 vient confirmer le rôle primordial de ces espèces comme des organismes bioindicateur de la pollution.

#### 4.6. Effets du stress environnemental sur la structure des cellules sexuelles femelles (ovocytes) de *E. nudicornis*

Les résultats obtenus ne concernent qu'une seule saison (printemps), vu que l'échantillonnage était assez bas pour en faire une étude histologique pour la saison automnale.

L'examen histologique de l'ovaire du Myriapode Chilopode de *E. nudicornis* récolté à partir des deux sites (Dréan et Sidi Amar) met en évidence une alternance d'activité asynchrone dans l'ovaire de *E. nudicornis*, celle-ci a été également décelée chez *Lithobius forficatus* (Herbaut et Joly, 1971). Ces observations sont différentes de celles qui sont effectuées chez les autres Arthropodes, notamment en ce qui concerne les périodes hivernale et printanière ; l'activité est généralement de type synchrone chez les crustacés (Beams et Kessel, 1963 ; André, 1960 ; Mauchline, 1968), chez les insectes (Wigglesworth, 1964) et chez les Myriapodes Diplopodes *Polydesmus angustus* (Daas, 2005).

Durant la saison tous les stades ovogénétiques sont observables simultanément. A la fin du printemps de nombreuses cellules mûres dégèrent dans les voies génitales (Daas, 2005).

Au niveau du site de référence, l'ovaire de *E. nudicornis* présente des variétés de cellules germinales où le développement est visiblement asynchrone par la présence des différents stades de la vitellogenèse, débutant par la préméiose, prévitellogenèse (en plein activité), la vitellogenèse où les ovocytes commencent à individualiser de petits globules vitellins et la maturation où l'ovocyte apparait de grande taille et bien distingué. Ce dernier est enveloppé par un épithélium folliculaire épais et bien distinct du chorion.

En revanche, au niveau du site pollué, l'ovaire d'*E. nudicornis* présente également différents stades de développement ovocytaire s'avérant asynchrone, débutant par de petits ovocytes en préméiose, des ovocytes en prévitellogenèse assez nombreux ainsi que d'autres très peu nombreux en stade de vitellogenèse, devenant plus ou moins abondants et plus ou moins denses au cours de la maturation où l'ovocyte apparait de taille moyennement grande par rapport au site de référence présentant un épithélium folliculaire plus fin recouvrant un chorion distinct et plus fin. Ces résultats ont été observés après traitement avec l'hormone de mue (20-hydroxy ecdysone) appliquée par injection chez la même espèce *E. nudicornis* (Daas *et al.*, 2003).

Cependant, les coupes histologiques provenant des deux sites d'étude montrent que l'ovogenèse et la vitellogenèse sont plus ralenties au niveau du site affecté par la pollution, ceci est vraisemblablement dû par le fait que la perméabilité membranaire et épithéliale de l'ovocyte est moins passive, il en résulte un retard du passage des matériaux de construction à l'intérieur de ce dernier, ce qui explique la réduction de l'ensemble des paramètres morphométriques considérés dans notre étude.

En outre, les réponses histopathologiques de plusieurs organes (glande digestive, rein, ovaires...) de *Helix aspersa* exposé à des concentrations croissantes de Cd dans la nourriture se manifestent par des réactions qui impliquent une hyperplasie des épithéliums aux plus faibles concentrations testées et une destruction cellulaire importante qui s'accompagne d'une prolifération de tissus conjonctifs ainsi que des nécroses aux fortes concentrations (Radwan *et al.* 2008 ; Chabicoovsky *et al.*, 2004).

D'autres expérimentations montrent que l'administration du RH-5992 et du RH-0345 réduit significativement l'épaisseur du chorion des ovocytes basaux chez *E. kuehniella* (Hami *et al.*, 2005). L'application du tébufénozide aux femelles adultes de *Plodia interpunctella* provoque une dégénérescence des ovaires et du chorion après deux jours de traitement (Salem *et al.*, 1997). D'autre part, les traitements réalisés avec un analogue de la JH, le fénoxycarbe, chez *Solenopsis invicta* inhibe la croissance de l'épithélium folliculaire (Glancy et Banks, 1988).

### 5. Conclusion et perspectives

Cette étude s'inscrit dans le but d'évaluer la contamination des sols dans la région Nord-Est (Algérie) sur une des communautés d'invertébrés du sol peu étudiées, les Myriapodes, dont l'impact de leurs activités est fondamental pour la fertilité, la structure et la composition des sols. Nos expérimentations s'inscrivent dans une approche écologique, biologique, écotoxicologique et pédologique.

La première partie de ce travail vise à évaluer la biodiversité de deux groupes de Myriapodes (les Diplopodes et les Chilopodes) dans trois biotopes ouverts du nord-est de l'Algérie, le premier est situé dans une zone rurale au niveau de la wilaya d'El Tarf (Dréan), le deuxième dans une zone agricole de la wilaya de Guelma (Nechmaya), et l'autre polluée située dans la wilaya d'Annaba (Sidi Amar) à proximité du complexe d'Arcelor Mital, ainsi que l'analyse physico-chimique du sol de chaque site pouvant avoir une influence sur la biodiversité des populations.

La seconde partie du travail expérimental a pour but d'évaluer d'abord les paramètres morphométriques (le nombre d'ovocyte, la longueur, la largeur, le volume ovocytaire et l'indice gonadique) et l'impact de la pollution sur les variations biochimiques des gonades (protéines, lipides, vitellogénines, vitellines et acides nucléiques), ainsi que la mesure d'un biomarqueur de la neurotoxicité, l'acétylcholinestérase (AChE) et le système de défense antioxydant, la glutathion S- transférase (GST) chez les deux sexes de *Eupolybothrus nudicornis* et de *Scolopendra morsitans*, en plus de l'action d'un agoniste de l'hormone de mue, le RH-0345 sur le même biomarqueur testé, l'AChE chez *Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans* récoltées au niveau du site de Guelma.

Le troisième volet de ce travail est d'évaluer les atteintes histologiques au niveau des gonades femelles de *Eupolybothrus nudicornis* soumises à un stress environnemental.

L'observation des caractères morpho-anatomiques des Myriapodes (Diplopodes et Chilopodes) récoltés dans les deux sites d'échantillonnage au cours de la période d'étude, a permis d'identifier 9 espèces de Myriapodes rattachées à 9 genres : *Lithobius forficatus*. (Linnaeus, 1758) ; *Eupolybothrus nudicornis*. (Gervais, 1837) ; *Scolopendra morsitans*. (Newport, 1844) ; *Cyrtops hortensis*. (Donovan, 1810) ; *Orya barbarica*. (Latreille, 1829) ; *Geophilus ferrugineus*. (Koch, 1835) ; *Scutigera coleoptrata*. (Linnaeus, 1758) ; *Omatoiulus malleat*. (Akkari, 2007) ; *Brachydesmus proximus*. (Latzel, 1889). Les données de la biodiversité de cette pédofaune dans les trois sites d'échantillonnage révèlent des différences de l'abondance des différentes espèces appartenant aux deux ordres, Diplopodes et Chilopodes, en plus de l'absence totale des Diplopodes au cours de toute la période d'échantillonnage à Guelma (Nechmaya). Nous avons mis en évidence, pour les Chilopodes, une abondance plus importante à Annaba (Sidi Amar) qu'à El Tarf (Dréan) contrairement aux Diplopodes. Les résultats de l'analyse physico-chimique des sols montrent qu'ils n'y a pas de différences en matière de pH et de texture. Le substrat pédologique des trois sites est neutre avec une texture argileuse. En outre, l'intensité des perturbations liées aux activités humaines influence la diversité écologique des Diplopodes et des Chilopodes.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

L'analyse des différents constituants biochimiques : protéines, lipides, vitellines et vitellogénines au niveau des gonades des deux espèces montre des différences, avec des taux élevés chez les spécimens récoltés à Nechmaya et Dréan, ainsi qu'un effet sexe signalé.

L'activité enzymatique du biomarqueur testé (l'acétylcholinestérase) indique une inhibition significative au niveau du site pollué de Sidi Amar avec un effet sexe marqué témoignant ici une neurotoxicité prononcée liée à l'anthropisation de l'écosystème. Par contre, l'activité spécifique du système de défense antioxydant, la glutathion S-transférase (GST) révèle une induction significative au niveau du site pollué.

Le RH-0345 entraîne également une diminution de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase à partir de 5 jours chez les femelles et les mâles des deux espèces se poursuivant le long de la période de traitement et ce, jusqu'à 15 jours où les deux sexes des deux espèces présentent des taux sensiblement bas par rapport au début du traitement.

L'étude histologique des ovaires a montré que l'ovocyte apparaît de grande taille et bien distingué avec un épithélium folliculaire épais et bien distinct du chorion au niveau du site de référence (Dréan). Par contre l'ovocyte au niveau de site pollué (Sidi Amar) apparaît de taille moyennement grande présentant un épithélium folliculaire fin recouvrant un chorion plus fin et distinct par rapport au site de référence.

L'ensemble des résultats obtenus indique une pollution du site de Sidi Amar de Annaba et que le RH-0345 est également une molécule neurotoxique, dans les deux cas, les femelles s'annoncent plus sensibles, ceci est en rapport avec l'activité ovarienne durant la saison printanière de reproduction.

-A l'avenir, il serait intéressant d'analyser et de doser les éléments traces métalliques dans la chair des deux espèces d'*Eupolybothrus nudicornis* et de *Scolopendra morsitans* et d'évaluer les effets secondaires de ces éléments sur la physiologie, la reproduction et le développement de l'espèce.

-Le dosage d'un biomarqueur de la pollution métallique (la métallothionéine) et d'autres enzymes de détoxifications (GPx, SOD et TBAR) seront envisagés afin d'obtenir des informations complémentaires sur l'action de ces éléments traces métalliques.

-Etendre les sites d'échantillonnage dans les zones semi-arides et arides dans le contexte de la biosurveillance de ces milieux.

## 6. Résumé

Les Myriapodes sont considérés comme une faune édaphique bénéfique qui compte en son sein des saprophages et des prédateurs. Les saprophages représentés par l'ordre des Diplopodes et les prédateurs par les Chilopodes, ces dernières se trouvent en fin de la chaîne trophique, et sont par là même des ennemis naturels d'un certain nombre de phytophages potentiellement nuisibles pour les cultures.

Dans cette étude, un inventaire annuel de la population des Myriapodes a été réalisé afin de choisir deux espèces bioindicatrices qui seront utilisées dans l'évaluation de la qualité des sols dans quelques biotopes du nord-est algérien et de faire une comparaison de la biodiversité des espèces entre trois sites localisés dans ces biotopes (site à proximité du pôle industriel de Sidi Amar (Annaba), site dans la zone agricole de Nechmaya (Guelma), site dans la zone rurale de Dréan (El Tarf).

L'inventaire des Myriapodes récoltés au niveau des trois sites nous a permis la reconnaissance de 9 espèces de Myriapodes rattachées à 9 genres : *Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758) ; *Eupolybothrus nudicornis* (Gervais, 1837) ; *Scolopendra morsitans* (Newport, 1844) ; *Cyrtops hortensis* (Donovan, 1810) ; *Orya barbarica* (Latreille, 1829) ; *Geophilus ferrugineus*. (Koch, 1835) ; *Scutigera coleoptrata* (Linnaeus, 1758) ; *Omatoiulus malleat* (Akkari, 2007) et *Brachydesmus proximus* (Latzel, 1889). Les paramètres environnementaux (édaphiques et climatiques) influencent significativement l'abondance des Myriapodes.

L'évaluation de l'impact du stress environnemental sur la reproduction de deux espèces bioindicatrices de la pollution (*Eupolybothrus nudicornis* et *Scolopendra morsitans*) récoltées dans les trois sites d'étude, et ce durant les deux saisons de reproduction afin d'évaluer les paramètres morphométriques (nombre et taille des ovocytes), l'indice gonadique montrent une diminution significative au niveau de site de Sidi Amar, alors que l'étude biochimique montre des teneurs élevées des différents constituants biochimiques (protéines, lipides, vitelline, vitellogénines) au niveau des sites de Nechmaya et Dréan comparativement à Sidi Amar. Par contre, le dosage des acides nucléiques révèlent des teneurs élevées au niveau du site de Sidi Amar.

L'évaluation d'un biomarqueur de neurotoxicité (AChE) et du système de détoxification (GST) et les effets d'un agoniste de l'hormone de mue, le RH-0345 injecté à des mâles et des femelles adultes de deux espèces prélevés de la zone de référence (Nechmaya) à la dose 10 µg/3µl sur une période de 15 jours avec des pas de temps de 5 jours sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ont été réalisés. L'analyse de l'activité de l'AChE révèle d'une part une inhibition significative et d'autre part une stimulation significative pour l'activité de la GST, et ce au niveau du site de Sidi Amar. Le RH-0345 entraîne une réduction des concentrations d'AChE chez les séries traitées à partir de 5 jours de traitement chez les mâles et les femelles.

L'étude histologique des ovaires a montré que l'ovocyte apparaît de grande taille et bien distingué avec un épithélium folliculaire épais et bien distinct du chorion au niveau du site sain (Dréan). En revanche, l'ovocyte au niveau de site pollué (Sidi Amar) apparaît de taille moyennement grande présentant un épithélium folliculaire fin recouvrant un chorion distinct le contraire du site sain.

L'ensemble des résultats obtenus indique une pollution du site de Sidi Amar et que le RH-0345 est également une molécule toxique entraînant une perturbation sur le plan physiologique de cet organisme non visé, et que les femelles s'avèrent plus sensibles ; ceci est en rapport avec l'activité des gonades et par où le déroulement des cycles reproducteurs durant les saisons de reproduction.

**Mots clés :** Myriapodes, Biodiversité, Nord-est algérien, *Eupolybothrus nudicornis*, *Scolopendra morsitans*, Physiologie de la reproduction, IGRs, Pollution terrestre, Biomarqueurs.

## 6. Abstract

Myriapoda are considered a beneficial soil fauna counts among its members saprophagous and predators. Saprophagous represented by the order Diplopoda and Chilopoda by predators; they end of the food chain, and are thus the natural enemies of phytophagous a number of potentially harmful to crops.

On this study, an annual inventory of the population of Myriapoda conducted to select a tow bioindicators species to be use in the assessment of soil quality on some habitats of northeast Algeria and make a comparison of biodiversity of species between three sites located (site near the industrial hub Sidi Amar (Annaba), site in the agricultural zone of Nechmaya (Guelma) and a site in the rural area of Dréan (El Tarf).

The inventory of terrestrial Myriapoda collected at three sites, has allowed us the recognition of 09 species of 09 genera related to Myriapods : *Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758) ; *Eupolybothrus nudicornis* (Gervais, 1837) ; *Scolopendra morsitans* (Newport, 1844) ; *Cyrtops hortensis* (Donovan, 1810) ; *Orya barbarica* (Latreille, 1829) ; *Geophilus ferrugineus* (Koch, 1835) ; *Scutigera coleoptrata*. (Linnaeus, 1758) ; *Omatoiulus malleat* (Akkari, 2007) ; *Brachydesmus proximus* (Latzel, 1889). Environmental parametres (soil and climate) influence significantly the abundance of Myriapoda.

In assessing the impact of environmental stress on the reproduction of two species (*Eupolybothrus nudicornis* and *Scolopendra morsitans*), pollution bioindicator species, collected in the three study sites, and in both seasons reproduction, to evaluate morphometric parameters (number and size of oocytes), and gonad index when he showed a decreases significantly at the site Sidi Amar. Allows the biochemical study shows high levels of various biochemical constituents (proteins, lipids, yolk and vitellogenin) at sites of Nechmaya and Dréan compared to Sidi Amar. The quantitative analysis of nucleic acid (DNA, RNA) shows high levels at sites Sidi Amar.

The evaluating of a biomarker of neurotoxicity (AChE) and of detoxification system (GST) and the effects of an agonist of the molting hormone, RH-0345 injected into male and female adults of two species taken from the reference area (Nechmaya) at a dose of 10µg/3µl over a period of 15 days with no time for 5 days on the specific activity of acetylcholinesterase has been detected. The analysis of the specific activity of acetylcholinesterase reveal a significant inhibition at the site Sidi Amar, and the activity of glutathione S transferase expose a significant stimulation et the site Sidi Amar. RH-0345 leads in series treated a decrease in the specific activity of acetylcholinesterase levels from 5 days of treatment in males and females.

The histologic study ovarian a considerable in oocyte's dimension of *E. nudicornis* can also be see evidently for intensity in the epithelium follicular with the chorine at the reference site (Dréan). However, the oocytes at the polluted site observed moyen taje and delicate epithelium follicular with the chorine contrary to the reference site.

The overall results indicate a pollution site of Annaba and the RH-0345 is also a toxic molecule causing a disturbance on the physiological organization that is not covered, and that females appear to be more sensitive; this related to the activity of the gonads during the breeding seasons.

**Keywords:** Myriapods, Biodiversity, Northeast Algeria, Soil pollution, *Eupolybothrus nudicornis*, *Scolopendra morsitans*, Reproduction, IGRS, Biomarkers.

## 6. ملخص

تعتبر متعددة الأرجل Les Myriapodes من المجموعات الحيوانية المفيدة حيث تنظم نوعين أساسيين ممثلين بحيوانات مسنولة على تحول المواد العضوية les Diplopedes و أخرى بصنف les Chilopode الذي يتواجد في آخر السلسلة الغذائية و بالتالي فهم اعداد طبيعيين من الحشرات الضارة بالمحاصيل الزراعية.

في هذه الدراسة تم إجراء جرد كامل و سنوي لصنف Les Myriapodes لتحديد الأنواع bioindicator لاستخدامها في تقييم نوعية التربة في بعض المواقع الجغرافية بالشمال الشرقي الجزائري و مقارنة التنوع البيولوجي لهذا الصنف بين ثلاثة مواقع : الموقع الأول قريب من مركز صناعي بسيدي عمار (عنابة), الموقع الثاني موجود بالمنطقة الصناعية بنشماية (قالمة) و أخيرا موقع بالمنطقة الريفية بالذرعان (الطارف) .

جرد المرياودات Les Myriapodes التي جمعت في ثلاثة مواقع يكشف عن وجود 09 فصائل تحوي 09 أنواع وهي *Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758); *Eupolybothrus nudicornis* (Gervais, 1837); *Scolopendra morsitans* (Newport, 1844); *Cyrtops hortensis* (Donovan, 1810); *Orya* 1835); *Scutigera coleoptrata barbarica* (Latreille, 1829); *Geophilus ferrugineus*. (Koch, (Linnaeus, 1758); *Omatoius malleat* (Akkari, 2007) et *Brachydesmus proximus* (Latzel, 1889) وأثبتت الدراسة أن المؤشرات البيئية (المناخ و التربة) لها تأثير كبير على التنوع لهذا الصنف من الحيوانات.

قمنا أيضا بدراسة الخصائص المظهرية (عدد و حجم البويضات), و مؤشر الغدد التناسلية حيث وجدنا انخفاض في جميع الخصائص في موقع سيدي عمار. كذلك أظهرت الدراسة تركيز عالي لمختلف المكونات الكيميائية للغدد التناسلية (بروتينات, دهون, صفار, فيتيلوجينين) في نشماية و الذرعان مقارنة بسيدي عمار. على العكس أظهر التحليل الكمي للأحماض النووية تركيز عالي في سيدي عمار.

وزيادة على تثبيط نشاط AChE وارتفاع كميات GST أيضا خطوة ثانية خصت علم التسمم البيئي من خلال تأثير الهالوفينوزيد على الجنسين البالغين لكل من الصنفين متخذة من الموقع المرجعي بنشماية يحقق بتركيز 10 ميكروفارم/3ميكرو لتر خلال تجربة تتراوح مدتها 15 يوم على الاستيل كولينشرا و هذا كل 5 أيام.

تظهر النتائج أيضا أن السمية و التأثير التثبيطي لل RH-0345 من خلال تأثيره على الجهاز العصبي.

أظهرت الدراسة النسيجية للمبايض أن مفاص و كثافة النسيج الجريبي كبير مع وضوح النسيج الضام بالنسبة الى الموقع المرجعي. لكن بالنسبة الى الموقع الملوث نلاحظ ابعاد متوسطة ودقة النسيج الجريبي عكس الموقع السليم.

جميع المعطيات أثبتت تلوث موقع سيدي عمار, و أن الهالوفينوزيد مادة سامة تتسبب في اضطراب العديد من المؤشرات البيولوجية. و ان الاناث أكثر عرضة للاضطراب و هذا نضير لنشاط الغدد التناسلية خلال موسم التكاثر.

**كلمات المفتاح:** التنوع البيئي, الشمال الشرقي الجزائري, *Scolopendra morsitans*, *Eupolybothrus nudicornis*

فيزيولوجيا التكاثر, المبيدات, المؤشرات الحيوية, التلوث الأرضي.

## Références bibliographiques

### A

**Abd El-Halim, K.Y., Abo El-Saad, A.M., Talha, M.M., Hussein, A.A. et Bakry, N.M., 2013.** Oxidative stress on land snail *Helix aspersa* as a sentinel organism for ecotoxicological effects of urban pollution with heavy metals. *Chemosphere*, **93**, 1131–1138.

**Ablin, F., 2002.** Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces métalliques issus de boue de station d'épuration dans un sol agricole. Thèse de Doctorat, Université De Rennes I, 137pp.

**Achou, M. et Soltani, N., 1997.** Impact of *Varroa jacobsoni* on the morphometry and biochemical composition of hemolymph in honeybees *Apis mellifera intermissa* L. *Parasitica*, **53**: 127-134.

**Adams, T.S., filipi, P.A., 1988.** Interaction between juvenile hormone, 20-hydrxecdysone, the corpus cardiacum-allatum complex, and the ovaries in regulating vitellogenin levels in the housefly, *Musca domestica* .J. *Insect Physiol.* Vol.34, N° 1, Pp.11-19.

**Afnor., 1996.** Qualité des sols, analyse de la granulométrie par la méthode hydrométrique, *NOR- X- 319F*.

**Agarwal, A. F., 2001.** Sexual selection and the maintenance of sexual reproduction. *Nature*, **411**: 692-695.

**Aina, P.O., 1984.** Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long-term cultivation. *Pedobiologia*, **26**: 131-136.

**Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. et Watson, J.D., 1986.** Biologie Moléculaire de la Cellule. Flammarion Médecine Sciences, Paris, 1146 Pp.

**Aller H. E. et Ramsay J. R., 1988.** RH-5849- A nouvel insect growth regulator with a new mode of action. *BCPC- pest and Diseases* **5** : 511-518.

**Amiard, J.C., Caquet, T. et Lagadic, L., 1998.** Les biomarqueurs parmi les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement. *Lavoisier Tec & Doc*, Paris, 21-31

**Amira A., 2007.** Evaluation du stress environnemental chez *Donax trunculus* : Mesure de biomarqueurs (GSH et MDA) et corrélation avec le métabolisme lipido-glucidique durant la période de reproduction au niveau du Golfe d'Annaba. Mémoire de Magistère en biologie et Physiologie Animale Option Reproduction et développement. Université d'Annaba., 79 p.

**Amrani L., Zerguine K., Farine J.P., Smaghe G. et Soltani-Mazouni N., 2004.** Imidazole derivative KK-42 reduces ecdysteroid titers and interferes with reproductive processes in adult females of *Tenebrio molitor*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **80**: 163-172.

**Andersson, M., 1994.** Sexual Selection. *Princeton University Press*, Princeton, NJ. qs

**Ansell, A.D. et Trevallion, A., 1967.** Studies on *Tellina tenuis* (Da Costa). Seasonal growth and biochemical cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **10**: 137-150.

**Ansell, A.D., 1974.** Seasonal changes in biochemical composition of the Bivalve *Nucula sulcata* from the Clyde sea area. *Mar. Biol.*, **25**: 101-108.

**Aouadène, A., 2003.** Evaluation spatio-temporelle de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) dans un environnement pollué (golfe d'Annaba). Thèse de Magister. Université d'Annaba. 88p

**Aribi, N., Quennedy, A., Soltani, N. et Delbecque, J.P., 1999.** L'initiation de la métamorphose chez *Zophobas atratus* (coléoptera : Tenebrionidae) : effets des ligatures et des régulateurs de croissance *Ann.Soc.Entomol.FT.* **35**(Suppl) : 59-64.

**Aribi, N., Lakbar, C., Smagghe, G. et Soltani, N., 2001.** Comparative action of RH-0345 and pyriproxyfen, on moulting hormone production and protein analysis in mealworm pupae. *Med. Fac. Landuww. Univ. Gent.*, **66/a**: 445-454.

**Aribi N., Smagghe G., Lakbar S., Soltani-Mazouni N. et Soltani N., 2006.** Effects of pyriproxyfen, a juvenile hormone analog, on development of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **84**: 55-62.

**Arms, K., et Camp, P. S., 1993.** Biologie générale. Editions Etudes Vivantes, Laval, Québec, Canada.

**ASTMD, 1974.** American Society for Testing Material, 1974. Standard Method for Particlesize analysis of soil. D. 422-463 (Reapproved 1972), *Annual Book of ASTM Standards. Part*, **19**: 70-80.

**Ayad, H. et Georghiou, G. P., 1975.** Resistance to organophosphorate and carbamates in *Anopheles albimanus* based on reduced sensitivity of acetylcholinesterase. *J. Econ. Entomol.* **68**, p. 295-297.

## B

**Baber, G.H., 1984.** Distribution, morphology and life history of the milliped *omnatoiuulus moreletto* (Diplopoda: iulide) in Portugal and comparaisons with Australian population *Aust.j.Zool* ; **32** :811-22.

**Bachelier, G., 1963.** La vie animale dans les sols. Initiations- Documentations techniques, O.R.S.T.O.M., Paris, France, 279p.

**Bachelier, G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. *Ed.* O.R.S.T.O.M, France, Paris, pp388-391.

**Bachelier, G., 1979.** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM Paris, 391 p.

**Baert, J.L., Britel, M.C., Delbart, C., Fournet, B., Sautière, P., Malecha, J., 1991.** Youlk protein in leech. Identification, purification and characterization of vitellin and vitellogenin. *Eur.J.Biochem.* **201**:191-198.

**Baize D., 1997.** Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). *INRA*, Paris, 408p

**Bainy A.C.D., 2000.** Biochemical responses in Peneids caused by contaminants. *Aquacul.*, **191**: 163–168.

**Balbiani, E. G., 1883a.** Sur l'origine des cellules du follicule et du noyau vitellin de l'œuf chez les Géophiles. *Zool. Anz.* **6** : 658-662.

**Balbiani, E. G., 1883b.** Sur l'origine des cellules du follicule et du noyau vitellin de l'œuf chez les Géophiles. *Zool. Anz.* **6** : 676-680.

**Ball, M. A. et Parker, G. A., 2003.** Sperm competition games: sperm selection by females. *Journal of Theoretical Biology*, **244**: 27-42.

**Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J.W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D.P., Revilla, E. et Smith, A.B., 2012.** Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* **486**: 52–58.

**Barour, C., Tahar, A., Radloff, S.E. et Hapburn, H.R., 2005.** Multivariate analysis of honeybees, *Apis mellifera* Linneaus (Hymenoptera: Apidae) of the northeastern and southern regions of Algeria. *Afric. Entomol.*, **13(1)**: 17-23.

**Barra, R., Notarianni, V. et Gentili, G., 2001.** Biochemical biomarker responses and chlorinated compounds in the fish *Leuciscus cephalus* along a contaminant gradient in a polluted river. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.*, **66**, 582-590.

**Barrios, E., 2007.** Soil biota ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, **64**: 57-66.

**Barros, E., Grimaldi, M., Sarrazin, M., Chauvel, A., Mitja, D., Desjardins, T. et Lavelle, P. (2004).** Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology* **26**: 157-168.

**Baturo, W., 1995.** Etude des effets écotoxicologiques de l'atrazine et de l'hexachlorobenzène sur *Lymnaea palustris* (Gastropoda : Pulmonata) maintenue en mésocosmes : identification et validation expérimentale de biomarqueurs. Rapport de Thèse N° **3865**, Université Paris-Sud, Paris.

**Baussant, T., Bechmann, R.K., Taban, I.C., Larsen, B.K., Tandberg, A.H., Bjørnstad, A., Torgrimsen, S., Naevdal, A., Øysaed, K.B., Jonsson, G. et Sanni S., 2009.** Enzymatic and cellular responses in relation to body burden of PAHs in bivalve molluscs: A case study with chronic levels of North Sea and Barents Sea dispersed oil. *Mar. Poll. Bull.*, **58** : 1796-1807.

**Beams, H. W. et Sekhon, S.S, 1967.** Fine structure and configuration of the nucleoli in the young oocytes of the centipede. *J. Cell Biol.* **35**: 151 A.

**Beams, H. W. et Sekhon, S.S, 1968.** Fine structure of the nucleolus in the young oocyte of a centipede. *Z. Zellforsch.* **85**: 237-242.

**Beaumont, A., et Cassier, P., (1978).** Biologie animale. Les cordés, anatomie comparée des vertébrés.

**Beaumont, A., et Cassier, P., 2000.** Biologie animale : Des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. 3ème édition, Paris, Dunod. *ISBN* : 2 10 048660 8

**Bedano, J.c., Cantú, M.P., Edmundo, E., et Doucet, M., 2006.** Soil springtails (Hexapoda: collembolla), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *Eur. J. Soil. Biol.*, **42**: 107-119.

**Beenakers, A M., T H., Vander Host, D G., et Van Marrewijk W. J. A., 1985.** Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological processes. *Prog. lipid. Res.***24**: 19-67.

**Belabed, S. et Soltani, N., 2013.** Acute toxicity of cadmium on *Donax trunculus*: acetylcholinesterase, glutathione S-transferase activities and pattern of recovery. *European Journal of Experimental Biology*, **3(2)**, 54-61.

**Beldi, H., Gimbert F., Maas S., Scheiffler R. et Soltani N., 2006.** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb, and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from gulf of Annaba, Algeria. *Afric. J. Agricul. Res.*, **1(4)**: 85-90.

**Beldi, H., 2007.** Etude de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) et *Donax trunculus* (Mollusque, Pélécy-pode) : écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes. Thèse de Doctorat d'état en Sciences de la Mer, option : Biologie et écologie marines, Université d'Annaba. 105p.

**Belhaouchet, N., 2014.** Evaluation de la toxicité du Spinosad « insecticide nouvellement introduit en Algérie » sur un modèle expérimental bioindicateur de la pollution (*Helix aspersa*). Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar. Annab.

**Belles, X., Comas, D., Martin, D., et Piulachs., 2000.** Molecular aspects of juvenile hormone action upon vitellogenin. *XXI- international congress of Entomology, Brazil, August 20-26, 2000.*

**Bendjeddou, F., 1993.** La reproduction chez *Ephestia kuehniella* Zeller et effet du flucycloxyuron : Aspects toxicologiques, biologiques et biochimiques (ADN, ARN, Acides aminés et Protéines).Thèse de Magister .Université d'Annaba. Algérie.

**Benlabiod, B., 1997.** Activité *in vitro* d'un inhibiteur de la biosynthèse des ecdysteroides (KK-42) sur le développement des ovaires de *Tenebrio molitor* : Aspects Morphologiques et biochimiques, Thèse de magister en physiologie animale appliquée, Option écotoxicologie- Université de ANNABA., 51.

**Bensalem, F. et Soltani-Mazouni, N., 2013.** Effect of Two Inhibitors of the Angiotensin Converting Enzyme in the Mediterranean Flour Moth: Biochemical Composition and Ecdysteroid Amount of Gonads. *European Journal of Scientific Research*. **Vol.107 No 2**:186-194.

**Berghiche, H., Houamria, M., Smaghe, G et Soltani, N., 2005.** Activity of KK-42 in combated treatment with RH-0345 or 20-Hydroxyecdysone on morphometric measurement and free ecdysteroids in eggs of mealworms. *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent University*, 70/4.

**Berghiche H., Houamria M., Van de Velde S., Soltani N. et Smagghe G., 2008.** Effect of two insect growth regulators on the ecdysteroid contents in eggs of the mealworm. *Belg. J. Zool.*, **138 (2)**: 140-145.

**Bergeron. R, et Regnault, J.P., 1980.** Reproduction et développement. *Collection Biomoduls. Ediction études vivantes*. Monreale, Paris. **28** : 19-28.

**Bhide, M., Gupta, P., Khan, A., Dubye, U., Thakur, P., Nema, P. et Jain, S., 2006.** Morphological and biochemical studies on the different developmental stages of a fresh water snail, *Lymnaea stagnalis* (Lymnaeidae) after treatment with some pesticides, *J. Environ. Biol.* **27**: 359-366.

**Binnington, C., et Retnakaran, A., 1991.** Epidermis a biologically active target for metabolic inhibitors, pp. 307-334. In K. Binnington et Retnakaran (eds): *Physiology of the insect epidermis*. *CSIRO Publications*, Australia.

**Bird, S., Coulson, R.N. et Crossley, J.R., 2000.** Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropod diversity in a Texas pine plantation. *Forest Ecol. Manag.* **131**: 65-80.

**Blanchart, E., Bruand, A. et Lavelle, P., 1993.** The physical structure of casts of *Millsonia anomala* (Oligochaeta : Magascolecidae) in shrub savana soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma*, **56**: 119-132.

**Blanchette, B.N. et Singh, B.R., 1999.** Purification and characterization of the glutathione S-transferases from the northern quahog *Mercinaria mercinaria*. *Marine Biotechnology*, **1**, p.74-80.

**Blandin, P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, **17 (4)**: 215-307.

**Bocquené, G., 1996.** L'acétylcholinestérase, marqueur de neurotoxicité. Application à la surveillance des effets biologiques des polluants chez les organismes marins. Thèse Doc., Ecole Pratique des Hautes Etudes : 250p.

**Bocquené, G., Galgani, F. et Walker, H., 1997.** Les cholinestérases, biomarqueurs de neurotoxicité. In : Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C. et Ramade F., (eds) Biomarqueurs en écotoxicologie – Aspects fondamentaux. *Masson, Papis* : 209- 204.

**Bolton, R.M. et Ahokas, J.T., 1997.** Purification and characterization of hepatic glutathione transferases from an insectivorous marsupial, the brown antechinus (*Antechinus stuartii*). *Xenobiotica*, **27(6)**, p.573-586.

**Bonning, B. C., Hoover, K., Booth, T.F., Duffey, S. et Hammok, B. D., 1997.** Development of a recombinant baculovirus expressing a modified juvenile hormone esterase with potential for insect control. *Archv. Insect Biochem. Physiol.* **30**: 177-194.

**Borgeraas, J., Nilsen, K. et Stenersen, J., 1996.** Methods for purification of glutathione transferases in the earthworm genus *Eisenia*, and their characterization. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **114C (2)**, p.129-140.

- Borgia, G., 1979.** Sexual selection and the evolution of mating systems. Dans : Blum, M. S., Blum, N.A. (eds), *Sexual Selection and Reproductive Competition in Insect. Academic Press*, New York, pp. 17-80.
- Bormann, F.H. et Likens, G.E. 1979.** Pattern and Process in a Forested Ecosystem. *Springer*, New York.
- Bornebush, C.H., 1930.** The fauna of forest soil. *Forstl. forsoksv. Danm.*, II, 1-225.
- Borsa, P., et Millet B., 1992.** Recruitment of the clam *Ruditapes decussatus* in the lagoon of than Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf sci.*, **35**: 1–12.
- Boué, H. et Chanton, R., 1978.** Zoologie des invertébrés. 3<sup>ème</sup> édition, Paris, p.357-369.
- Bouaricha, H., 2013.** Evaluation du stress oxydatif induit par le Proclaim : Essai comparatif sur deux modèles biologiques (*Helix aspersa* et *Paramecium* sp.).Thèse de doctorat de l'université de Annaba 131pages.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Thomas S., Smaghe G. et Soltani N., 2005.** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pest. Biochem. Physiol.*, **83**: 115- 123.
- Boudjelida H., Aïssaoui L., Bouaziz A., Smaghe G. et Soltani N., 2008.** Laboratory evaluation of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac WDG) against mosquito larvae, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Comm. Agric. Appl. Biol. sci.*, **73(3)**: 603-609.
- Bouhafs, N., Berrebbah, H., Devaux, A., Rouabhi, R. et Djebar, M.R., 2009.** Micronucleus Induction in Erythrocytes of *Tadpole Ranasaharica* (Green Frog of North Africa) Exposed to Artea 330EC. *American-Eurasian Journal of Toxicologic Sciences*, **1 (1)**,07-12.
- Boumaza F.Z., 2014.** Évaluation de l'état de santé des eaux du golfe d'Annaba à travers un Mollusque Gastéropode *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) : paramètres écologiques et biochimiques. Thèse de doctorat 3ème cycle en science de la vie, 194p.
- Bourguet, D., Raymond, M., Berrada, S. et Fournier, D., 1997.** Interaction between acetylcholinesterase and choline acetyltransferase – a hypothesis to explain unusual toxicological responses. *Pestic. Sci.* **51**, p. 276–282.
- Bown., (1903-1925).** Les cinèses de maturation et de la double spermatogénèse chez *Scolopendra cingulata*. *La cellule*, **35** : 373-423.
- Bradford M. M., 1976.** A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. **72**: 248-254.
- Braunbeck T., Völkl A., 1993.** Toxicant-induced cytological alterations in fish liver as biomarkers of environmental pollution? A case study on hepatocellular effects of dinitro-*o*-cresol in golden ide. In: *Fish: ecotoxicology and ecophysiology* (eds).
- Brocher, F., 1930.** Observation biologique sur la pente et les premiers stades du *L. forficatus*. *Revue Suisse Zool*, **37** : 375-383.

**Brolemann, HW., 1930.** Eléments d'une faune des myriapodes de France. Chilopodes. Faune de France, 25. Imprimerie Toulouse .P Le chevalier, Paris : 405 pp.

**Browen, G., Pasini, A., Benito, N. P., De Aquino et Correia, M., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems. Montréal, Canada 8-10 November 2001. 8p

**Braquart, C., 1998.** Rôles des ecdystéroïdes et des hormones juveniles dans le développement des Insectes. (Cycle de mues et reproduction). Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne. Dijon. France.

**Brévault, T., Bikay, S., Maldès, J. M. et Naudin, K., 2007 .** Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil and Tillage Research* **97**(2): 140-149.

**Brulle, F., et Vandebulcke, F., 2009.** Développement de biomarqueurs d'exposition aux métaux basés sur les fonctions physiologique de l'annélide oligochète *Eisentia fetida*. *Etude et Gestion des sols*, **16** (3/4) : 159-173

**Brusca, R. C., et Brusca, G. J., 1990.** Invertebrates. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.

**Bur, T., 2008.** Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implication en termes de limites et de charge critiques, Thèse de doctorat, INPT de Toulouse, 339p.

**Bürger, R., 1999.** Evolution of genetic variability and the advantage of sex and recombinaison in changing environments. *Genetics*, **153**:1055-1069.

**Burton, A., 1956.** Study of the condition and mecanisme of the diphenylamine reaction for the behavior ric estimation of deoxyribonucleic acid. *Biochemistry* **62**: 315-323.

**Bussont-Mabillot.S., 1969.** Données récentes sur la vitellogenèse. *Ann. Biol.* **8**:199-228.

**Byers, J. E., Cuddington, K., Jones, C. G., Talley, T. S., Hastings, A., Lambrinos, J. G., Crooks, J. A. et Wilson, W. G., 2006.** Using ecosystem engineers to restore ecological systems. *Trends in Ecology and Evolution* **21**(9): 493-500.

## C

**Caers, M., Coutteau, P. et Sorgeloos, P., 2000.** Impact of starvation and of feeding algal and artificial diets on the lipid content and the composition of juveniel Oyster (*Crassostrea gigas*) and clam (*Tapes phillipinarum*). *Mar. Biol.*, **136**: 891-899.

**Calow, P., et Sibly, R.M., 1990.** A physiological basis of population processes: ecotoxicological implications. *Funct. Ecol*, **4**, 283-288.

**Campbelle, N. A., et Reece, J. B., 2004.** Biologie. *De Boeck* Université, Paris, 1482 pp.

**Canesi, L., Viarengo, A., Leonzio, C., Filipelli, M. et Gallo, G. 1999.** Heavy metals and glutathione metabolism in mussel tissue. *Aquat. Toxicol.* **46**, 67-76.

**Caquet T. et Lagadic L., 1998.** Conséquences d'atteintes individuelles précoces sur la dynamique des populations et la structuration des communautés et des écosystèmes. In

Utilisation de Biomarqueurs pour la Surveillance de la Qualité de l'Environnement (eds L. Lagadic, T. Caquet, J.C. Amiard et F. Ramade), *Lavoisier TEC et DOC*, Paris. 265-298.

**Carageorgiou, T., Tzotzes, V., Pantos, C., Mourouzis, C., Zarros, A. et Tsakiris, S., 2004.** *In vivo* and *in vitro* effects of cadmium on adult rat brain total antioxidant status, acetylcholinesterase, (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)-ATPase and Mg<sup>2+</sup>-ATPase activities: protection by L-cysteine. *Basic Clinical Pharmacology Toxicology*, **94**: 112-118.

**Carles D. P., 2006.** Introducción al terrario de Miriápodos del género *Scolopendra*. *Jangala – Magazine · N° 4 · Junio*.

**Carson, R. L., 1962.** Silent spring. Combridge, USA.

**Cassange, N., Gers, C. et Gauquelin, T., 2003.** Relationships between collembolan, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Boil. Fertile. Soil*, **37**: 355-361.

**Cassier P., Lafont R., Descamps M., Porchet M et Soyez D., 1997.** La reproduction des invertébrés : stratégie, modalité et régulation. *Edition Masson*, pp 354.

**Chabicoovsky, M., Klepal, W. et Dallinger, R., 2004.** Mechanisms of cadmium Toxicity in terrestrial pulmonates programmed cell death and metallothioneins overload. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **23**: 648- 655.

**Chalande, J., 1905.** Recherches sur les myriapodes du Sud-Ouest de la France. *Bull. Soc .Hitts. Nat.* Toulouse **38**:111 pp.

**Chatterjee, S. et Bhattacharya, S., 1984.** Detoxication of industrial pollutants by the glutathione S-transferase system in the liver of *Anabas testudineus* (bloch). *Toxicology Letters* **22** : 87-198.

**Chebira S., Soltani N., Muylle S. et Smagghe G., 2006.** Uptake and distribution of three insect growth regulators: Diflubenzuron, Flucycloxonon and Halofénozide in pupae and adults of *Tenebrio molitor*. *Phytoparasitica*, **34(2)**: 187-196.

**Chen, A.C. et Kelly, T.J., 1993.** Coorelation of ecdysteroids with ovarian development and yolk protein synthesis in the adult stable fly, *Stomoxys calcitrans*. *Comp. Biochem. Physiol*, **104(3)** : 485-490.

**Chen, T.T., couble, P. Delucca, F.L., et Wyatt., 1976.** Juvenile hormone control of vitellogenin synthesis in *L.migratoria*, Pp.55-529. In L.I.Gilbert (eds): the juvenile hormone. NEW YORK: *plenum*.

**Chouahda, S., 2011.** Evaluation de l'impact de deux xénobiotique (Cadmium et Halophénozide) sur un poisson culcicipgge à intérêt médical, *Gambusia affinis*. Thèse de Doctorat. Département de biologie. Université Badji Mokhtar d'Annaba. 137p.

**Christian, M. Blaise, M.N. et François G., 2002.** Réponses de biomarqueurs de mollusques bivalves *Elliptio. Complanata* exposés à diverses sources de pollution produisant des effets hormonaux. *Environnement Canada*.

**Cloudsley-Thompson, J.L., et Crawford, C.S., 1970.** Water and temperature relation, and diurnal rhythms of scolopendromorph centipedes. *Ent. Exp. Appl*, **13** : 187-193.

**Cluzeau, D., 2006.** La diversité et les rôles de la faune du sol. *Dynamyic Ecology. Prentice-Hall, Engelwood Clifs.* NJ.

**Coeurdassier, M., 2001.** Utilisation de mollusques gastéropodes pulmonés terrestres (*Helix aspersa*) et aquatiques (*Lymnia stagnalis* et *Lymnia palustris*) comme indicateurs de pollution par les éléments métalliques et les xénobiotiques. Thèse de doctorat, université de Franche Comté, France. 281p.

**Coeurdassier, M., Saint-Denis, M., Gomot-de Vaufleury, A., Ribera, D. et Badot, P.M., 2002.** The garden snail (*Helix aspersa*) as bioindicator of organophosphorus exposure: effects of dimethoate on survival, growth and acetylcholinesterases activity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **20**: 1951-1957.

**Coineau, F., 1995.** Fiche technique : le sol : un milieu de vie (Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'homme : REFERES pour l'éducation à l'environnement N°02-Avril 1995.

**Cole, S. T. 2002.** Comparative mycobacterial genomics as a tool for drug target and antigen discovery. *Eur Respir J* (in press).

**Coleman, D. C., 2000.** From peds to paradoxes: Linkages between soil biota and their influences on ecological processes. *Soil Biology and Biochemistry* **40**: 271-289.

**Contardo-Jara, V. et Wiegand, C., 2008.** Biotransformation and antioxidant enzymes of *Lumbriculus variegatus* as biomarkers of contaminated sediment exposure. *Chemosphere*, **70** : 1879-1888.

**Cortet, J., Gomot-de Vaufleury, A., Poinot-Balaguer, N., Gomot, L., Texier, C., Cluzeau, D., 1999.** The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutants effects. *European Journal of Soil Biology*, **35**, 115-134.

**Cunha, I., Mangas-Ramirez, E. et Guilhermino L., 2007.** Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione S-transferase activities of two marine gastropods (*Monodonta lineata* and *Nucella lapillus*). *Comp. Biochem. Physiol*, **145**, 648-657.

## D

**Daas-Maamcha, O., Houd-Chaker, K., Soucha, M. T Daas, T. et Scaps, P., 2013.** Effects of an Ecdysteroid Analog (RH-0345) on the Ovarian and Testicular Components of *Eupolybothrus nudicornis* (Myriapoda: Chilopoda). *Jordan Journal of Biological Sciences*. **Volume 6, Number 2**, ISSN 1995-6673 Pages 91 – 98.

**Daas, O., Daas, T. et Descamps, M., 2003.** Etude de paramètre biologique chez *Eupolybothrus nudicornis* (Myriapode Chilopode) en vue de leur utilisation pour l'évaluation de la toxicité des composés chimiques utilisée en agriculture. *Bull-Soc-Zool. Fr.*, **128 (3)**: 239-246.

**Daas-Maamcha, O., 2005.** Etude biologique de deux espèces de Myriapodes Chilopodes: *Eupolybothrus nudicornis* et *Lithobius forficatus*. Effets de traitements hormonaux et insecticides sur l'ovogenèse. Thèse de Doctorat d'état, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria.

**Daas O, Daas T, Scaps P et Descamps M. 2005.** Comparative toxicity of two ecdysteroid analogs (RH-0345 and RH-5992) and of a JH mimic (pyiproxyfen) on *Eupolybothrus elongatus* (Myriapoda, Chilopoda) hemolymph components. *Bull Soc Zool Fr*, **130**:303-313.

- Daas, T., 1992.** Contribution à l'étude d'un Myriapode dans la région de Annaba : *Eupolybothrus nudicornis* (Chilopoda: Myriapoda). Thèse de magister. Université Badji Mokhtar. Annaba.
- Daas, T., Bouzerna, N., et Descamps, M., 1995.** Influence des facteurs écologiques sur la répartition des Chilopodes dans l'est Algérien. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **120**: 21-27.
- Daas, T., Bouzerna, N. et Descamps, M. 1996.** Développement post-embryonnaire et cycle de développement de *Eupolybothrus elongatus* (Newport) dans l'est Algérien. *Mem. Mus. Natl. Hist. Nat.* **169** : 365-370.
- Daas O, Scaps P, Bouzerna N. et Descamps M. 2007.** Effects of two ecdysteroid analogs (RH-0345 and RH-3485) on the total growth of *Eupolybothrus elongatus* (Myriapoda, Chilopoda). *Life and Environment*, **57**: 39-43.
- Dajoz, R., 1998.** Les insectes et la forêt. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. *Tech et Doc*, Paris, 345p.
- Davey, K.G., 1996.** Hormonal control of the follicular epithelium during vitellogenin uptake. *Invert, reprod. Develop.*, **30**(1-3): 249-254.
- David, J. F., 1987.** Consommation annuelle d'une litière de chêne liège par une population adulte du diplopede *Cylindroiulus nitidus*. *Pedobiologia*, **30**: 299-310.
- David, J.F. Devernay, S., Loucougaray, G., et Lefloc'h, E., 1998.** Below ground biodiversity in a Mediterranean Landscape: Relationships between saprophagous macroarthropod Communities and vegetation. *Biod. Conserv*, **8**: 753-767.
- Darvas, B., Kuwano, E., Eto, M., Eldin, M.H.T. et Timar., 1990.** Effect of some anti-juvenile hormone agents (precocene 2, J-2710, KK 110) on postembryonic development of *Neobillieria bullata*. *Agric.and boil.chen.* **54**: 3045-304.
- De Gryze S., Six J., Brits C., et Merckx R. 2005.** A quantification of short-term macroaggregate dynamics: influences of wheat residue input and texture. *Soil Bio. Biochem*, **37**, 55-66.
- De la torre, F.R., Salibian, A. et Ferrari, L., 2000.** Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution*, **109**: 277-282.
- Dellali, M., Gnassia-Barelli, M., Romeo, M. et Aïssa, P., 2001.** The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comp. Biochem. Pysiol. C.*, **130**, 227-235.
- Dellali, M., Roméo, M., Gnassia-Barelli. et Aïssa, P., 2004.** A multivariate data analysis of the clam *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comp. Biochem. Physiol.*, **130 C** : 227-235.
- Degheele, D., 1990.** Chitin synthesis inhibitor: effets on cuticule and compoments; In J. Cassida (ed). *Pesticides and alternatives pp* : 377-388.
- Demange, J.M., 1956.** Contribution à l'étude de la biologie en captivité de *Lithobius piceus gracilitarsis* Brôl. *Bull. Mus. Hist. Nat* **28**: 388-393.
- Demange, J. M., 1981.** Les milles- pattes myriapodes généralités, Morphologie, Ecologie, Ethologies, Détermination des espèces de France. *Ed. boubée*. Paris, 281pp.

- Denef K., Six, J., Bossuyt H., Frey S.D., Elliott E.T., Merckx R., et Paustian K., 2002.** Influence of wet-dry cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics. *Soil Biol. Biochem*, **33**, 1599–1611.
- Deng, Y., Palmer, C. J. et Casida, J.E., 1991.** House fly brain G A B A receptors: target for multiple classes of insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* **41**, p. 60–65.
- Depledge, M. H. et Rainbow, P.S., 1990.** Models of regulation and accumulation of trace metals in marine invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, **C 97** : 1-7.
- Deprince, A., 2003.** La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonction et perspectives. Le courrier de l'environnement de l'INRA n°49, pp 123-138.
- De Ruiter, P. C., Neutel, A.-M. et Moore, J. C. (1998).** Biodiversity in soil ecosystems: the role of energy flow and community stability. *Applied Soil Ecology* **10**: 217-228.
- Descamps, M., 1970.** Etude cytologique de la spermatogénèse chez *Lithobius forficatus* L. (*Myriapodes- Chilopodes*). Extrait des archives de zoologie expérimentale et générale. Tome 110-fascicule 3-PP.349-361.
- Descamps, M., Leub. et Gharibb., 1989.** Ecdysteroïd changes during the life cycle centipede. *Lithobius forficatus* L. (Myriapoda, chilopoda). *Advances comparative endocrinology*. **1** : 193-196.
- Descamps, M., 1992.** Influence de la 20 hydroxyecdysone sur les synthèses d'ARN dans les ovocytes de *lithobius forficatus* L. (Myriapode Chilopode). *Bull. Soc. Zool. Fr.* **117**: 139-147.
- Descamps, O., 2004.** Stress oxydant et vieillissement : aspects mitochondriaux et stratégies nutritionnelles anti-cancer et anti-vieillesse chez la souris OHI. Thèse effectuée au laboratoire NVMC.
- Deslous-Paoli, J.M., 1982.** Croissance et qualité du bivalve *Crassostrea gigas* hunberg, en élevage dans le bassin de Marennes-Orléon. - Tethys.
- Dethier, M., et Dumoulin, C., 2004.** Estimation de la dérive faunistique dans le milieu sous terrain, exemple de la grotte Monceau, *Bulletin des chercheurs de la Wallonie*, **6 (3)** : 91-100.
- Devi, M. et Fingerma, M., 1995.** Inhibition of acetylcholinesterase activity in the central nervous system of the red Swamp crayfish, *Procambarus clarkii* by mercury, cadmium and lead. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **55** : 746-750.
- Dhadialla T.S., Carlson G.R. et Le D.P., 1998.** New insecticides with ecdyseroidal and juvenile hormone activity. *Ann. Rev. Entomol.*, **43**: 545-569.
- Dhadialla T.S., Retnakaran A. et Smagge G. 2005.** Insect growth and development disrupting insecticides. in: Gilbert, L.I., Kostas, I. et Gill, S. (Eds) *Comprehensive Insect Molecular Science*. Vol. 6. Pergamon Press, New York. pp. 55-116.
- Di Castri, F., et Astidillo, V., 1966.** Analisis de algunas causas abioticas de variacion en la densidad de la fauna de del suelo. In *Prograssos en Biologia del Suelo*. Actas del I Coloquio Latinamericano de Biologia del Suelo. Monogr. I. Unesco Montevideo, pp. 371-377.
- Dobson, A.P., 1995.** Conservation and biodiversity. New York: Scientific American Library.

**Dotan, Y., Lichtenberg, D., et Pinchuk, I., 2004.** Lipid peoxidation can not be used as a universal criterion of oxidative stress. *Progress in Lipid Reasearch*, **43**: 200-227.

**Drardja-Beldi, H. et Soltani, N., 2003.** Laboratory evaluation of dimilin on growth and Glutathione activity in mosquito fish, and target species. *Comm. Agri. Appl. Bio. Sci.*, **86(4a)** : 299-305.

**Dubosco, M., 1994.** La glande venimeuse des Myriapodes Chilopodes. *C. R, Soc. Phylie*, **119** : 352-354.

**Duchateau, G. et Folking, M., 1959.** Sur la thréalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Int. Physiol. Biochem*, **67**: 306-322.

**Duelli, P., 1997.** Biodiversity evaluation in agricultural Landscapes: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystem et Environment*, **62**: 81-91.

## E

**Eason, EH., 1964.** *Centipedes of the British Isles*, Frédéric Warne et Co Ltd, London: 294 pp.

**Eason, EH., 1982.** A review of the north-west European species of Lithobiomorpha with a revised key to their identification. *Zoological Journal of the Linnean Societys*, **74**: 9-33.

**Eberhard, W. G., 1996.** *Female Control: Sexual selection by cryptic female choice*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

**Elbert, A. et Namen, R., 2000.** Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manag. Sci.***56**: 60-64.

**Eldredge, N., 1998.** *Life in the Balance. Humanity and the Biodiversity Crisis*. Princeton University Press, Princeton.

**El-Gendy, K.S., Radwan, M.A. et Gad, A.F., 2009.** In vivo evaluation of oxidative stress biomarkers in the land snail, *Theba pisana* exposed to cooper-based pesticides. *Chemosphere*, **77**, p.339-344.

**Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V. et Featherstone, R. M., 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*. **7**: 88-95.

**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.

**Ettema, C. H. et Wardle, D. A., 2002.** Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution* **17**: 177-183.

## F

**Fabre, J. H., 1855.** Recherche sur l'anatomie des organes reproducteurs sur le développement des myriapodes. Thèse de Doctorat. Zoologie. Chapman and Hall, London. 256p.

**Fabre, J. H., 1885.** Recherche sur l'anatomie des organes reproducteurs sur le développement des myriapodes. *Ann. Sci-Nat.Zool.*, **3** : 257-316.

- Fabre, M. C., Descamps, M. et Baert, J.L., 1990.** Identification and partial characterization of vitellin and vitellogenin from *Scolopendra cigulata* Latreille (Myriapoda Chilopoda). 8<sup>th</sup> International Congress of Myriapodology. Ber. Nat-med. Verein. Innsbruck. Austria. **10**: 117-121.
- Farombi, E. O., Adelowo, O. A. et Ajimoko, Y. R., 2007.** Biomarkers of Oxidative Stress and Heavy Metal Levels as Indicators of Environmental Pollution in African Cat Fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **4(2)**, 158-165.
- Feener, J.R., et Schupp, E.W., 1998.** Effects of treefall gaps on pathchiness and species richness of neotropical ant assemblages. *Oecologia*, **116**: 191-201.
- Ferrari, A., Venturino, A. et Pechén de D'Angelo A. M., 2007.** Effects of carbaryl and azinphos methyl on juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) detoxifying enzymes. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **88**: 134-142.
- Ferrer, L., Andrade, S., Asteuasuin, R. et Marcovecchio, J., 2005.** Acute toxicities of four metals on the early life stages of the crab *Chasmagnathus granulata* from Bahia Blanca estuary, Argentina. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **65(2)** : 209-217.
- Ffrench-Constant, R. H., Streichen, J. C., Rocheleau, T. A., Aronstein, K. et Roush, R. T., 1993.** A single-amino acid substitution in a gamma-aminobutyric subtype A receptor locus is associated with cyclodiene insecticide resistance in *Drosophila* populations. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **90**, p. 1957–1961.
- Fitzpatrick, P.J., Krag, T.O.B., Højrup, P. et Sheehan, D., 1995a.** Characterization of a glutathione S-transferase and a related glutathione-binding protein from gill of the blue, *Mytilus edulis*. *Biochemical Journal*, **305**:145- 150.
- Fitzpatrick, P.J. et Sheehan, D., 1993.** Separation of multiple forms of glutathione S-transferase from the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Xenobiotica*, **23**, p.851-861
- Flammarion, P., Migeon, B., Urios, S., Morfin, P. et Garric, J., 1998a.** Effect of Methidathion on the cytochrome P450 1A in the cyprinid fish gudgeon (*Gobio gobio*). *Aquat. Toxicol.*, **42**, 93- 102.
- Flammarion, P., Noury, P. et Garric, J., 2002a.** The measurement of cholinesterase activities as a biomarker in chub (*Leuciscus cephalus*): the fish length should not be ignored. *Environ. Poll.*, **120**, 325-30.
- Florence, G., Agnés, J., Vincent, T., Maria, J. et Richard, P., Cosson, D., 2002.** Influence of metal exposure on metallothionien synthesis and lipide peroxidation in two bivalve molluscs: the oyster (*Crassostrea gigas*) and the mussel (*Mytillus edulis*). *Living Resour.***15**: 61-66.
- Foley, V. et Sheehan, D., 1998.** Glutathione S-transferases of the yeast *Yarrowia lipolytica* have unusually large molecular mass. *Biochemical Journal*, **333**, p.839-845
- Forbes, V.E., et Forbes, T.L., 1994.** Ecotoxicology in Theory and Practice. Chapman et Hall, London.

**Forbes, V.E., et Depledge, M.H., 1992.** Cadmium effects on the carbon and energy balance of mudsnails. *Mar. Biol.*, **113** : 263-269.

**Forget, J., Pavillon, J.F., Bellaeff, B. et Bo queen, G., 1999.** Joint action of pollutants combinations (pesticides and metals) on survival (LC50 value) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (Copepoda, Harpacticoida). *Environ. Toxicol. Chem.*, **18(5)**, 912-918.

**Fournier, D., Bride, J. M., Hoffmann, F. et Karch, F., 1992.** Acetylcholinesterase: two types of modifications confer resistance to insecticide. *J. Biol. Chem.* **267**, p. 14270–14274.

**Freites, L., Fernandez-Reiriz, M. J. et Labarta, U., 2002.** Fatty acid profiles of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) mussel of subtidal and rocky shore origin. *Comparative Biochemistry and physiology Part B.*, **132**: 453-461.

**Freyssinel, G., 2007.** Etudes de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agro forestiers, programme CASDAR Agroforestier 2006-2008, Recherche et développement de la France, 46p.

**Frontier, S.D., et Pichod-Viale, et al. 2004.** "Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution." Editions Dunod 3<sup>ième</sup> édition : 550 p.

## G

**Gabe, M., 1954.** Emplacement et connexions des cellules neurosécrétrices chez quelques Diplopodes. *Compt. Rend. Acad. Sci.* **239**, 828-830.

**Gäde G., Hoffman K.H. et Spring J. H., 1997.** Hormonal regulation in insect: Facts, Gaps and future direction. *Physiol.Rev.*, **77 (4)** : 963-1032.

**Galloway, T.S. et Depledge, M.H., 2001.** Immunotoxicity in invertebrates: measurement and ecotoxicological relevance. *Ecotoxicology*, **10**: 5-23.

**Garrel, C., Ceballos-Picot, I., Germain, G., et Al-Gubory, K. H., 2007.** Oxidative stressinducible antioxidant adaptive response during prostaglandin F2alpha-induced luteal cell death in vivo. *Free radical research* **41**, 251-9.

**Garcia, M., Römbke, J., Torres de Brito, M., et Scheffczyk, A., 2008.** Effects of three pesticides on the avoidance behavior of earthworms in laboratory tests performed under temperate and tropical conditions. *Environmental Pollution* **153**, 450-456.

**Gass, F., Gillet, S., et Ponge, J.F., 2006.** The use of directional traps for the assessment of short-term phenanthrene effects upon soil springtail communities. *Environmental Pollution* **140**, 364-370.

**Gaston, K.J., 2000.** Global patterns in biodiversity. *Nature* **405**: 220-227.

**Gaston, K.J., 1996.** *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference.* Oxford : Blackwell Scientific.

**Gelman, D. B., De Milo, A. B. et Kochansky, J. P., 1995.** Effect of the KK-42 on growth, development molting and metamorphosis of the European corn Borer (Ostiria) *Ostirina nubilalis*. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.*, **28**: 1-15.

- George, G. S. et Buchanan, G., 1990.** Isolation, properties and induction of plaice liver cytosolic glutathione S-transferases. *Fish Physiology and Biochemistry* **8**: 437-449.
- George, S.G. et Young, P., 1988.** Purification and properties of plaice liver cytosolic glutathione S-transferases. *Marine Environmental Research*, **24**, p.93-96.
- Gernhöfer M., Pawert M., Schramm M., Müller E., et Triebkorn R., 2001.** Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. **8**: 241-260.
- Gersch, M., 1960.** Neurosekretion und Neurohormone bei wirbellosen Tieren. *Symp. Biol. Hung.* **1** : 153-180.
- Gharbi, M., Powroznik, B. et Rusu, D., 2005.** Vivre en ville : quels risques pour notre santé?. Faculté de Médecine, Sc Biomédicales, Biochimie et Physiologie générale, 10p.
- Ghilarov, M.S., 1977.** Way so many species and so many individuals can coexist in the soil. *Ecol. Bull*, **25**: 593-597.
- Gill, T.S., Tewari, H. et Pand, J., 1991.** *In vivo* and *in vitro* effects of cadmium selected enzymes in different organs of the fish *Barbus conchoni* Ham. (rosy barb). *Comp. Biochem. Physiol Part, C100* : 371-384.
- Giller, P.S., 1996.** The diversity of soil communities, the poor man's tropical rain forest. *Biod. Conserv*, **5**: 135-186.
- Giller, K. E., Beare, M. H., Lavelle, P., Izac, A. M. N. et Swift, M. J., 1997.** Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* **6**: 3-16.
- Gilbert, S.F., 1996.** Biologie du développement. De Boeck Université, Paris, 892 pp.
- Gilser, J. et Hölscher, G., 1997.** Experimental studies on the reaction of Collembola to copper contamination. *Pedobiologia* **41**, 173-178.
- Gilyarov, M.S. et Folkmanova, B., 1957.** Chilopodes de la zone steppique du sud-est de l'Europe SSR en tant qu'indicateurs de sol dans les plantations forestières (en russe). *Izv. Akad. Nauk., sér. Biol.*, **2**, 211-219.
- Gimbert, F., 2006.** Cinétique de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de Doctorat, université de Franche Comté, France. 192 p.
- Gimbert, F., de Vaufléury, A., Douay, F., Coeurdassier, M., Scheifler, R., et Badot, P.M., 2006.** Modelling chronic exposure to contaminated soil: a toxicokinetic approach with the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Environment International*, **32**, 866-875
- Gobat, J. M., Aragno M. et Matthey W., 1998.** Le sol vivant : bases de pédologie et biologie des sols. Coll. Gérer l'environnement. Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne. 519p.
- Gobat, J. M., Aragno, M. et Matthey, W., 2003.** Le Sol Vivant. Collection Gérer l'Environnement, 14. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 568 pp.

**Goldsworthy, G.J., Mordue, W. et Guthkelch, J., 1972.** Studies on insect adipokinetic hormones. *Gen. Comp. Endocrinol*, **18 (3)** : 545.

**Gomendio, R. et Roldan, E. R. S., 1991.** Sperm competition influences sperm size in mammals. *Proceedings of the Royal Society of London*, **243 (B)**: 181-185.

**Gomot, A., 1997.** Effets des métaux lourds sur le développement des escargots. Utilisation des escargots comme bio-indicateurs de pollution par les métaux lourds pour la préservation de la santé de l'homme. *Bull. Acad. Natl. Méd*, **181**, 59-75.

**Gomot-de Vaufleury, A. et Kerhoas, I., 2000.** Effects of cadmium on the reproductive system of the land snail *Helix aspersa*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **64**: 434-442.

**Gorman, K., Hewitt, E., Denholm, I. et Devine, G. J., 2002.** New developments in insecticide resistance in the glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*tetranychus uricae*) in the UK. *Pest Manag. Sci.*, **58**: 123-130.

**Grara, N., 2011.** Evaluation de la toxicité de certains polluants industriels sur un animal bioaccumulateur (gastéropode *Helix aspersa*) : Cas des métaux. Thèse en science de la vie, Option: Toxicologie cellulaire, Université de Annaba, 120p.

**Grassé, P. P. et Doumenc, D., 2000.** Zoologie des invertébrés, Masson science, édition Dunode : 214-220.

**Green RE., Cornell ST., Scharleman JPW. et Balmford A., 2005.** Farming and the wild nature. *Science*, **307 (5709)**: pp 550-555.

**Guedes, R. N. C., Kambhampati, S., Dover, B. A. et Zhu, K.Y., 1997.** Biochemical mechanisms of organophosphate resistance in *Rhyzopertha dominica* populations from the United States and Brazil. *Bull. Entomol. Res.* **87**, p. 581–586.

## H

**Habes, D., Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J.P. et Soltani, N., 2006.** Boric acid toxicity to the *German cockroach, Blattella germanica*: Alteration in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity. *Pest. Biochem. Physiol.*, **84**: 17-24.

**Habes, D., Messiad, R. et Gouasmia, S. et Grib, L., 2013.** Effects of an inorganic insecticide (boric acid) against *Blattella germanica*: Morphometric measurements and biochemical composition of ovaries. *African Journal of Biotechnology*. Vol. **12 (18)**, pp. 2492-2497

**Habig, W.H., Pabst, M.J. et Jakoby, W.B., 1974.** Gluthation-S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, **249**: 7130-7139.

**Hagedorn H.H., 1985.** The role of ecdysteroids in reproduction. Dans *Comprehensive insect physiology, Biochemistry and pharmacology*. Kerkut G. A. et Gilbert, L. I. (Eds), Pergamon, Oxford, Vol **8**: 205- 262.

**Haittenschwiler, S. et Gasser, P., 2005.** Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. *PNAS*, **102**: 1519-1524.

**Halliwell, B. et Gutteridge, J.M.C., 1999.** Free radicals in biology and medicine. *Oxford University Press.*, 936pp.

**Hama, H. et Iwata T., 1971.** Studies on the inheritance of carbamate resistance in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps*. Relationships between insensitivity of acetylcholinesterase and crossresistance to carbamate and organophosphate insecticides. *Appl. Entomol. Zool.* **13**, p. 190–202.

**Hamdani, A., 2007.** Caractérisation biochimique des populations de *Donax trunculus* vivant dans deux sites du golfe d'Annaba : Dosage des acides nucléiques et analyse qualitative et quantitative des protéines. Thèse de Magistère en Biologie Animale option Ecologie Animale Université d'Annaba., 79p.

**Hami, M., Taibi, F., Smaghe, G. et Soltani-Mazouni, N., 2005.** Comparative toxicity of three ecdysone agonist insecticides against the Mediterranean flour moth. *Comm. Appl. Biol. Sci*, Ghent University, **70(4)**: 767-774.

**Hardford, A.J., O'Halloran, K. et Wright, P.F.A., 2006.** Flow cytometric analysis and optimization for measuring phagocytosis in three Australian freshwater fish. *Fish et shellfish Immunology*, **20**: 562-573.

**Harnish, D.G. et White, B.N., 1982.** Insect vitellus, identification, purification and characterization from eight ordres *J. EXP. ZOOL.*, **220** : 1- 10.

**Harris, A. L. et Hochhauser, D., 1992.** Mechanisms of multidrug resistance in cancer treatment. *Acta oncologica (Stockholm, Sweden)* **31**, 205-13.

**Harris, E. D., 1992.** Regulation of antioxidant enzymes. *Faseb J* **6**, 2675-83proteins.

**Hayes, J.D., Flanagan, J.U. et Jowsey, I.R., 2004.** Glutathione transferases. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol*, **45**, 51 – 88.

**Heath, A.G., Cech, J.J. Jr., Brink, L., Moberg, P. et Zinkl, J.G., 1997.** Physiological responses of fathead minnow larvae to rice pesticides. *Ecotoxicol. Environ. Saf*, **37**, 280-288.

**Helbing, G., 1985.** Jahreszeitliche veränderungen des hämolymph pektrums von *Lithobius forficatus* (L.) (Chilopoda). – Zoologische Jahrbücher. *Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tier*, **89**: 99-106.

**Helbing, G., 1989.** Postecdysiale Kutikulaprotein-, Hämolymphprotein- und Chitin-Synthese aktivität bei *Lithobius forficatus* (L.) (Chilopoda). – Zoologische Jahrbücher. *Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tier*, **89** : 219-226.

**Heliölä, J., Koivula, M. et Niemelä, J., 2001.** Distribution of Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone, *Conserv. Biol.* **15**: 370-377.

**Herbaut, C. C., 1974.** Etude cytochimique et origine des enveloppes ovocytaires chez *Lithobius forficatus*. L (Myriapode, chilopode).

**Herbert, A., Guilhermino, L., Assis, H.C.S. et Hansen, P.D., 1995.** Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift Angewandt Zool.*, **3**, 1-5.

**Hink, J.E., Blazer, V.S., Deuslow, N.D., Echols, E.R., Gross, T.S., May, T.W., Anderson, P.J., Coyle, J.J. et Tillitt, D.E., 2007.** Chemical contaminants, health indicators and reproductive biomarker responses in fish from the Colorado River and its tributaries. *Science of the Total Environment*, **378**: 379-402.

**Hiruma, K., 2003.** Juvenile hormone: action in insect development. In: Hunry, H. L., Norman, A. W. (Ed), *Encyclopedia of Hormones. Elsevier Science, Amsterdam*, pp. 528-530.

**Hoffmann, K. H. et Lorenz, M. W., 1998.** Recent advances in hormones in insect pest control. *Phytoparasitica*. **26**: 323-330.

**Holmgren, N., 1916.** Zur vergleichenden Anatomie des Gehirns bei Polychäten, Onychophoren, Xiphosuren, Arachniden, Crustaceen, Myriapoden und Insekten. *Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handb.* **56**: 1-303.

**Hong, S-H., Park, H-J. et Kong, K-H., 1999.** Purification and biochemical properties of glutathione S-transferase from *Oryza sativa*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **122B**, p.21-27.

**Hopkin, S.P., 1990.** Critical Concentrations, pathways of detoxification and cellular ecotoxicology of metals in terrestrial Arthropods. *Funct. Ecol*, **4**: 321-327.

**Hopkin, S.P., 1992.** Critical Concentrations, pathways of detoxification and cellular ecotoxicology of metals in terrestrial Arthropods. *Funct. Ecol*, **4**: 321-327.

**Houd, K., 2013.** Etude écotoxicologique des Myriapodes dans le Nord-Est Algérien (Biodiversité, Toxicité d'un régulateur de croissance et Bioaccumulation des métaux lourds en période de reproduction) chez *Eupolybothrus nudicornis* (Myriapoda, Chilopda). Thèse de Doctorat. Département d'agronomie. Université El-Tarf, 245 p.

**Huggett, R. J., Kimerle, R. A., Mehrle, P. M. et Bergman, J. R., 1992.** Biomarkers. Biochemical, Physiological, and histological markers of anthropogenic Stress. *Boca Raton, Fla., Lewis Publishers*, 347 p.

**Huston, M.A., 1994.** Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes. *Cambridge University Press*, New York, USA.

## I

**Indrasith, L.S., Sasakit, T., Yaginuma, T. et Yamashita, O., 1998.** The occurrence of a premature of egg. Specific protein vitellogenin follicles of *Bombyx mori*. *J. Comp.Physiol.* **B158**: 1-7.

**Iorio, E., 2002 a.** Observation du comportement et de la reproduction de *Lithobius forficatus* (Linné, 1758) (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae, Lithobiinae). *Le Bulletin de Phyllie* **12**:15-20.

**Iorio, E., 2002 b.** Sexage des Lithobiomorphes. *Le bulletin de Phyllie*, **13** : 34-40.

**Iorio, E., 2007.** Comparaison des genres de Chilopodes. *Le Bulletin de Phyllie*, **15** : 23-27.

**Iorio, E., 2004 a.** La Lithobie à pinces *Lithobius forficatus* (Linné, 1758), un exemple de Chilopode. *Insectes* **133 (OPIE)** : 23-26.

**Iorio, E., 2004 b.** les appareils venimeux des Chilopode (Myriapoda): mécanismes et pathologies. *Le bulletin de Phyllie*, **20** : 23-33.

**Iorio, E., 2003.** Comparaison des ecdysis des genres *Lithobius* Leach, 1814 (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae) et *Scolopendra* Linné, 1758 (Chilopoda, Scolopendromorpha, Scolopendridae). *Le Bulletin de Phyllie* **15** : 23-27.

**Iorio, E., 2010.** Les Lithobies et genres voisins de France (Chilopoda, Lithobiomorpha). *Revue de l'Association Roussillonnaise d'Entomologie*, suppl. au tome **19** : 104 pp.

## J

**Jacobe, F. et Monod, J., 1961.** Genetic regulatory mechanism in the synthesis of proteins. *J. Biol. Med.* n° **3**: 318 – 321.

**Jacob, C., Knight, I. et Winyard, P. G., 2006.** Aspects of the biological redox chemistry of cysteine: from simple redox responses to sophisticated signalling pathways. *Biol Chem* **387**: 1385-1397.

**Janssen, M. P. M., Ma, W.-C. et Van Straalen, N. M., 1993.** Biomagnification of metals in terrestrial ecosystems. *Sci. Total Environ.* **12**: 511-524.

**Jarvinen, W.A. et Ankley, G.T., 1999.** Linkage of Effects to Tissue Residues: Development of a Comprehensive Database for Aquatic Organisms to Inorganic and Organic Chemicals. *SETAC Press*, Pensacola.

**Jian, P., Yanglin, W., Jianshen, W. et Yuqing, Z., 2007.** Evaluation for regional ecosystem health: methodology and research progress. *Acta. Ecologica. Sinica*, **27(11)**, 4877-4885.

**Joly, R., 1966.** Contribution à l'étude du cycle de mue et de son déterminisme chez les Myriapodes Chilopodes, Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Faculté des sciences de Lille. Imprimerie P. Fanlac, Lille: p 110.

**Joly, R. et Descamps, M., 1988.** Endocrinology of Myriapods. In: *Endocrinology of Selected Invertebrate Types*, Pp 429-449, Laufer, H. et Downer, R.G. H. Eds., Alan R. Liss, New-York.

**Jones, C. G., Lawron, J. H. et Shachak, M., 1997.** Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* **78 (7)** : 1946-1957.

**Juberthe-Jupeau, L., 1963.** Recherches sur la reproduction et la mue des Symphyles, *Arch. Zool. Exptl.* **102**: 1-172.

**Jumel, A. et Lagadic, L., 2000.** Metabolism of polysaccharides in *Lymnaea palustris* (Mollusca, Gastropoda) exposed to 4-nonylphenol and nonylphenol dodecylethoxylate in mesocosms. Third SETAC World Congress. Global Environmental Issues in the 21st Century: Problems, Causes and Solutions. Brighton, Angleterre.

## K

**Kaakeh, W. et Bennett, G. W., 1997.** Evaluation of trapping and vacuuming compared with low impact insecticide tractics for managing German cockroaches in residences. *J. Econ. Emomol.*, **90(4)**: 976-982.

**Kadona-Okuda, K., Kuwano, E., Eto, M. et Yamashita, O., 1987.** Inhibitory action of an Imidazole compound on ecdysone synthesis in prothoracic glands of the silkworm; *Bombyx mori*. *Develop. Growth Differ.*, **29(5)**: 527-533.

**Kammenga, J.E., Dallinger, R., Donker, M.H., Kohler, H.R., Simonsen V., Triebkorn R. et Weeks J.M., 2000.** Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Vol 164*. G.W. Ware (Eds.). 175 Fifth Ave/New York/NY 10010/USA, *Springer-Verlag*. 93-147.

**Kanost, M., Kawooya, J.K., Lan., R.O., Van Heudsdén, M.C., et Ziegler, R., 1990.** Insect hemolymph proteins, pp : 299-396. In : P.D.Evans et V.B.Wigglesworth( Eds). *Adv. Insect Physiol.*, Vol. **22**. *Acad.Press*, London.

**Kavitha, P. et Venkateswara, R., et Rao, P., 2008.** Toxic effects of chlorpyrifos on antioxidant enzymes and target enzyme acetylcholinesterase interaction in mosquito fish, *Gambusia affinis*. *Envireon. Toxicol. and Pharmacology*, **26**: 192-198.

**Keeley, L.L., 1985.** Physiology and biochemistry of fat body, in G.A. Kerkut et L.I Gilber (eds). *Comprehensive insect Biochemistry, Physiology and Pharmacology*, vol: 3, pp211-248. *Pergamon Press*, Oxford.

**Keeran, W.S. et Lee, R.F., 1987.** The purification and characterization of glutathione S-Transferase from the hepatopancreas of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **255(2)**, p.233-243

**Kevan, D. K., 1999.** Scudder illustrated keys to the families of Ter Arthropods of Canada. 1. Myriapods. *Commission biologique du Canada* : p 88.

**Khebbab Meh, Gaouaoui R. et Bendjeddou F., 2008.** Tebufenozide effects on the reproductive potentials of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Afr. J. Biotech.*, Vol. **7(8)**, 1166-1170.

**Khessiba, U.N., Hoarau, P., Magnassia, B., Aissa, P. et Roméo, M., 2001.** Réponse biochimique de la moule *Mytilus galloprovincialis* du lac de Bizerte (Tunisie) à une exposition du polluant chimique. *Environ. Toxicol. Chem.*, **40**, 222-229.

**Kiem R., et Kandeler E., 1997.** Stabilization of aggregates by the microbial biomass as affected by soil texture and type. *Appl Soil Ecol*, **5**, 221-230.

**Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J.P., Smaghe, G. et Soltani, N., 2006.** Cuticular hydrocarbon profiles in *Blattella germanica* : effects of halofenozide, boric acid and benfuracab. *Comp. Appl. Biol. Sci. Ghent.*, **71(2b)**: 555-562.

**Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Smaghe G. et Soltani N., 2009 b.** Halofenozide affects sexual behaviour, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool.*, **139 (2)**: 147-155.

**King, E., 1925.** Oogenesis in *Lithobius forficatus*. *Sci. Proc. Roy. Dub. Soc.* **18**: 29-36.

**Kladivko, E. J., 2001.** Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research* **61**: 61-76.

**Kobetičová, K., Hofman, J. et Holoubek, I., 2009.** Avoidance response of *Enchytraeus albidus* in relation to carbendazim ageing. *Environmental Pollution* **157** : 704-706.

**Koch A., 1925.** Morphologie des Einwachtums des Chilopodes. *Z. Zell fosch.*, **2** : 293-346.

**Koepe j. K. Fuchs m., Chen T. T., Hunt L. M., Kovalick G. E. et Briers T., 1981.** The role of juvenile hormone in reproduction in: *Comprehensive Insect Biochem. And Pharmacology*, Kerkut, G. A. and Gilbert, L.I. (Eds) *Pergamon Press, Oxford.*, **8**: 165- 203.

**Kokko, H. et Jennions, M., 2003.** It takes two to tango. *Tends in Ecology and Evolution*, **18**: 103-104.

**Kolasa, J., et Rollo, C.D., 1991.** Introduction : the heterogeneity of heterogeneity, a glossary, p. 1-23, In J. Kolasa and S. T. A. Pickett, eds. *Ecological heterogeneity*. *Springer-Verlag*, New York.

**Koller, C. N. et Raikhel, A. S., 1991.** Initiation of vitellogenin uptake and protein synthesis in the mosquito (*Aedes aegypti*) ovary in response to a blood meal. *J. Insect Physiol.* **37**: 703-711.

**Kristensen, M. et Jespersen, J. B., 2003.** Larvicide resistance in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) population in Denmark and establishment of resistant laboratory strains. *J. Econ. Entomol.*, **96**: 1300-1306.

**Kulakosky, P.C. et Telfer W.H., (1987).** Selective endocytosis, invitro, by ovarian follicles from hyalophore oecropia. *Insect biochem.*, **17(6)** : 845-858.

**Kunkel, G J., et Nordin, J H. 1985.** Yolk proteins. In: “*Comprehensive Insect Biochemistry, Physiology and Pharmacology*” (edited by G. A. Kerkut and L. I. Gilbert) v. **1**, p. 83–111. *Pergamon Press*, Oxford.

**Kuwahara, M., Miyata, T., Saito, T. et Eto, M., 1982.** Activity and substrate specificity of the esterase associated with organophosphorus insecticide resistance in the Kanzawa spider mite *Tetranychus kanzawai*. *Appl. Entomol. Zool.* **17**, p. 82–91.

**Kuwano, E., Takeya, R. et Eto, M., 1983.** Synthesis and anti- juvenile hormone activity of 1-citronellyl-5-substituted- imidazoles. *Agric. Biol. Ghem.*, **48**: 3115-3119.

**Kuwano, E., Takeya, R. et Eto, M., 1985.** Synthesis and anti- juvenile hormone activity of 1-substituted-5-[(E)-2, 6-dimethyl-1,5-heptadienyl imidazoles] *Agric. Biol. Ghem.*, **49(2)**: 483-486.

**Kuznetsova, N.A., 2002.** Classification of collembolan communities in the east European taiga. Proceedings of the Xth international colloquium on Apterygota, České bude jovice 2000: Apterygota at the beginning of the Third Millennium. *Pedobiologia*, **46**: 373-384.

## L

**Labrot, F., Ribera, D., Saint-Denis, M. et Narbonne, J.F., 1996.** In vitro and in vivo studies of potential biomarkers of lead and uranium contamination: lipid peroxidation, acetylcholinesterase, catalase and glutathione peroxidase activities in three non-mammalian species. *Biomarkers*, **1**, 21-28.

**Lafon R., 1994 :** Contrôles hormonaux des mues et des metamorphoses des Arthropodes : Faits établis et questions ouvertes. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **119** : (3) 1985 – 199.

**Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C. et Ramade, F., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. Paris, *Masson*.

**Lagzd, M., Kramarz, P., Laskowski, R., et Tobor, M., 2002.** Population parameters of the beetls *Pterostichus oblongopunctatus* F. from metal contaminated and reference areas. *B. Environ. Contam. Tox*, **69** : 243-249.

**Lakbar C., 2000.** Effet d'un analogue des écdystéroïdes (RH-0345) et un agoniste de l'hormone juvénile (pyriproxifen) sur le développement et la reproduction de *Tenebrio molitor*. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar-Annaba.

**Lal, R., 1988.** Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, ecosystems and environment*, **24**: 101-106.

**Lamont, B.B., 1995.** Testing the effects of ecosystem composition/structure on its functioning. *Oikos*, **74**: 283-295.

**Lamy, M., 2001.** La reproduction, Insectes. **85** N° 121 (2).

**Landrum, P.F., Harkey, G.A. et Kukkonen, J., 1996.** Evaluation of organic contaminant exposure in aquatic organisms: the significance of bioconcentration and bioaccumulation. In *Ecotoxicology: a Hierarchical Treatment* .Lewis, Boca Raton, 85-131.

**Lanno, R.P., Leblanc, S.C., Knight, B.L., Tymowski, R. et Fitzgerald, D.G., 1998.** Application of body residues as a tool in the assessment of soil toxicity. *Earthworm Ecotoxicology*, 41-53.

**Larba, R., 2014.** Biosurveillance de l'environnement dans la région Est : mesure de biomarqueurs chez *Helix aspersa* et corrélation avec les caractéristiques physico-chimiques des sols. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba.

**Laskowski, R. et Hopkin, P., 1995 b.** Accumulation of Zn, Cu, Pb, and Cd in the garden snail (*Helix aspersa*): Implication for Predators. *Environmental Pollution*, **91** : 289-297.

**Lauterburg, D.J. et Mitchel, J.R., 1981.** Gillette, bromobenzene-induced liver necrosis, protective role of glutathione and evidence for 3,4-bromobenzene oxide as the hepatic intermediate. *Pharmacol.*, **11**:151-169.

**Lavelle, P., 1997.** Faunal activity and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, **27**: 93-132.

**Lavelle, P., Barois, I., Blanchart, E., G., G. B., Brussaard, L., Decaëns, T., Fragoso, C., Jimenez, J. J., Kajondo, K. k., Martínez, M. d. I. A., Moreno, A., Pashanasi, B., Senapati, B. et Villenave, C., 1998.** Les vers de terre, une ressource dans les agrosystèmes tropicaux. *Nature et Ressources* **34**: 26-41.

**Lavelle, P., Martin, A., Blanchart, E., Gilot, C., Melendez, G. et Pashanasi, B., 1991.** Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. *Savanes d'Afrique, terres fertiles*, **12** : 371-400.

**Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. et J.-P., R., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of soil Biology*, **42**: S3-S15.

**Lavorel, S., McIntyre, S., Landsberg, J. et Forbes T.D.A., 1997.** Plant functional classification/ form group to specific groups based on response disturbance. *Trends in Ecology and Evolution*, **12**: 474-478.

**Le Blanc, G.A. et Cochrane, B.J., 1987.** Identification of multiple glutathione S-transferases from *Daphnia magna*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **88B (1)**, p.39-45.

**Lee, K.E., 1985.** Earthworms: Their Ecology, and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, Sydney. 441pp.

**Lehninger, A. L. (Ed.), 1978.** *Biochemistry*, Kalyani, Ludhiana, New Delhi.

**Lewis, J. G. E., 1961.** The life history and ecology of littoral centipede *Strigamia (Scolioptanes) maritime* (Leach). – *Proceedings of the zoological Society of London*, **137**: 221-247.

**Lewis, J. G. E., 1981.** The biology of centipedes. - Cambridge University Press, Cambridge, London: 476 pp.

**Li, H., Jiang, H., Gao, X., Wang, X., Qu, W., Lin, R. et Chen, J., 2008.** Acute toxicity of the pesticide methomyl on the topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*): mortality and effects on four biomarkers. *Fish Physiol. Biochem*, **34**: 209-216.

**Lim, J. L. et Yap, H. H., 1996.** Induction of twisting abnormalities and sterility on German Cockroaches (*Dictyoptera: blattellidae*) by a juvenoid pyriproxifen. *J. Econ. Entomol.*, **89**: 1161- 1165.

**Loucif-Ayade, W., Aribi, N. et Soltani., 2008.** Evaluation of secondary effects of some acaricides on *Apis mellifera intermissa* (Hymenoptera, Apidae): acetylcholinesterase and Glutathion S-transferase activities. *Europ. J. Sci. Res.*, **21(4)**: 642-649.

**Loranger, G., Bandyopadhyaya, I., Razaka, B. et Ponge, J.F., 2001.** Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities. *Soli Biol. Biochem*, **33**: 381-393.

**Loranger, G., Ponge, J. F., Blanchart, E. et Lavelle, P., 1998** Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). *European Journal of Soil Biology* **34 (4)**: 157-165.

**Lors, C., Martínez Aldaya, M., Salmon, S. et Ponge, J.F., 2006.** Use of an avoidance test for the assessment of microbial degradation of PAHs. *Soil Biology and Biochemistry* **38**, 2199-2204.

**Lubbock J., 1861.** Note on the g neratuee organs and the formations oh eggs in the in the *annulosa*. *phil. trans.* **151**: 595-627.

**Lucantoni, L., Giusti, F., Cristofaro, M., Pasqualini, L., Esposito, F., Lupetti, P. et 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.

**Lukkari, T., Taavitsainen, M., Väisänen, A. et Haimi, J., 2004.** Effects of heavy metals on earthworms along contamination gradients in organic rich soils. *Ecotox. Environ. Safe*, **59(3)**: 340-348.

## M

**Magura, T., TO' thmré, et Belek, Z., 2003.** Diversity and composition of carabids during a forestry cycle. *Biod. Conscrvt*, **12**: 73-85.

**Maiza, A., Kilani-Morakchi, S., Farine, J.P., Smagghe, G., Aribi, N et Soltani, N., 2004.** Reproductive effects in German cockroaches by ecdysteroid agonist RH-0345, juvenile hormone analogue methoprene and carbamate benfuracab. *Comm.APP.Boil.Ghent University*, **69/3**.P 257.

**Martínez Aldaya, M., Lors, C., Salmon, S., Ponge, J.P., 2006.** Avoidance bio-assays may help to test the ecological significance of soil pollution. *Environmental Pollution* **140**, 173-180.

**Martínez-Lara, E., George, S.G., López-Barea, J. et Bárcena, J.A., 1997.** Purification and characterization of multiple glutathione S-transferase isoenzymes from grey mullet liver. *Cellular and Molecular Life Sciences*, **53**, p.759-768.

**Masaya, M., Yoshinobu, H., Ai, Y., Maki, K. et Yasuo, O., 2002.** Determination of cellular levels of nonprotein thiols in phytoplankton and their correlations with susceptibility to mercury. *Journal of Phycology*, **38(5)**: 983.

**Masner, P., Bowers, S. Kalin, M., et Muhlet, T., 1979.** Effect of peregocene 2 on endocrine regulation of development and reproduction in the *onceptus faciatus*. *Gen. Comb.Endocrinol.* **37**:156-166.

**Mathieu, C. et Pielain, F., 1998.** Analyse physique du sol, Méthodes choisies. Edition Lavoisier TEC et DOC. p 1-16.

**McBride M.B., 1994.** Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press. New York.

**Mc Carty, L.S. et Mackay, D., 1993.** Enhancing ecotoxicological modeling and assessment: body residues and modes of toxic action. *Environ. Sci. Technol.*, **27**, 1719-1728.

**Meskache, R., 2014.** Impact des mimétiques de l'hormone de mue (RH-5849, RH-5992, RH-0345 et RH-2485) sur la reproduction d'un modèle de Laboratoire *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera : Pyralidae) après traitement des mâles. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba.

**Meskache, R, et Soltani-Mazouni N., 2013.** Activité comparée de quatre agonistes de l'hormone de mue chez *Ephestia kuehniella*: composition biochimique des testicules et potentiel reproducteur *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2013, **138(1-4)** : 177-187.

**Menon, S. G. et Goswami, P. C., 2007.** A redox cycle within the cell cycle: ring in the old with the new. *Oncogene* **26**, 1101-9.

**Menta, C. et Parisi, V., 2001.** Metal concentrations in *Helix pomatia*, *Helix aspersa* and *Arion rufus*: a comparative study. *Environmental Pollution*, **115**, 205-208.

**Michiels, C., Raes, M., Toussaint, O. et Remacle, J., 1994.** Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress. *Free radical biology et medicine* **17**, 235-48.

**Milani, R. et Travaglion, A., 1957.** Ricerche genetiche sulla resistenza al DDT in *Musca domestica* concatenazione del gene *kdr* (Knockdown-resistance) con due mutant morphologi. *Riv. Parasitol*, **18**: 199-202.

**Minelli, A., 1985.** Post-embryonic development and phylogeny of Geophilomorph centipedes (Chilopoda). –*Bijdragen tot de Dierkunde*, **55(1)**: 143-148.

**Minier, L., Eufemia, N. et Epel, D., 1999.** The multi-xenobiotic resistance phenotype as a tool to biomonitor the environment. *Biomarkers*, **4**: 77-93.

**Morsli, M.S. et Soltani, N., 2003.** Effets d'un insecticide inhibiteur de la synthèse de la chitine, le diflubenzuron sur la cuticule de la crevette *Penaeus kerathurus*. *J. Rech. Océanog.*, **28(1/2)**: 85-88.

**Mozdzer, T.J., Kramarz, P., Piskiewicz, A. et Niklinska, M., 2003.** Effects of cadmium and zinc on larval growth and survival in ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Environ. Int*, **28**: 737-742.

**Murukami, Y., 1958.** The life-history of *Bothropolys asperatus* (L. Koch). *Zool. Mag. Tokyo*, **67**: 217-223.

## N

**Nadji, S., 2004.** Variation saisonnières et annuelles de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez trois espèces de bivalves pêchées au niveau d'une lagune saumâtre, lac El-Mellah, El Kala. Mémoire de magistère en Biologie et Physiologie Animale, option Reproduction et Développement, Université d'Annaba, Département de Biologie, 81.p.

**Nath, V., 1924.** Oogenesis in *Lithobius Forficatus*. *Prod. Cambridje phil. soc.* 1: 148-157.

**Nengue, Y., 2008.** Comparaison des mécanismes de toxicité redox du cadmium, du cuivre et du zinc : place des métallothionines et de P53. Thèse de Doctorat, université Joseph Fourier-Grenoble 1, France. 299p.

**Norrevang, A., (1968).** Electron microscopic morphology of oogenesis. *Int. Rev.Cytol.* **23**: 114-186.

**Noss, R.F.I. (1990).** Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* **4**, 355-364.

**Nzengue, Y., 2008.** Comparaison des mécanismes de toxicité redox du cadmium, du cuivre et du zinc: place des métallothionines et de P53. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, France. 299 p.

## O

**Oberlander, H., Silhacek, D.L., et Prochern, P., 1995.** Non-Steroidial ecdysteroid agonists: Tools for the Study of hormonal action. *Arch. Insect biochem. phsiol.*, **28**: 209-223.

**Oberlander, H. et Silhacek, D. L., 1998.** New perspectives on the mode of action of benzoylphenyl urea insecticides. In: Ishaaya, I., Degheele, D. (Ed), Insecticides with Novel modes of action: *Mechanism and Application*. Springer, pp. 92-105.

**Odum, E.P. 1971.** *Fundamentals of Ecology*. Saunders, Philadelphia.

**Orbea, A., Fahimi, H.D. et Cajaraville, M.P., 2000.** Immunolocalization of four antioxidant enzymes in digestive glands of mollusks and crustaceans and fish liver. *Histochemistry and cell biology*, **114**: 393-404.

**Ouakid, M. L., Farine, J.P., et Soltani, N., 2005.** Effets des extraits de plantes associées chêne-liège sur l'attraction en enceinte des chenilles de *Lymantria dispar*. *IOBC/wprs Bull.*, **28(8)**:171-178.

**Ozmen, M., Sener, S., Mete, A. et Kucukbay, H., 1999.** In vitro and in vivo acetylcholinesterase inhibiting effect of new classes of organophosphorus compounds. *Environ Toxicol Chem* **18**: 24-246.

## P

**Pali, S. R. et Retnakaran, A., 2000.** Ecdysteroid and juvenile hormone receptors: properties and importance in developing novel insecticides. In: Ishaya, I. (Ed), *Biochemical Sites of insecticide action Resistance*. Springer, **PP**: 107-132.

**Palm, N.B., 1965.** Neurosecretory cells and associated structures in *Lithobius forficatus* L. *Ark. Zool.* **9**: 115-129.

**Paquin, P., et Coderre, D., 1997.** Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecologia*, **112**: 104-111.

**Parbhu, V. K. K., 1961.** The structure of the cerebral gland in connective bodies of *Jonespeltis splendidus* Verhoeff (Myriapoda Diplopoda). *Z. Zellforsch. Mikroskop. Anat.* **54**: 711-733.

**Parker, G. A., 1970.** Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, **45**: 525-567.

**Parker, G. A., Baker, R. R., et Smith, V.G. F., 1972.** The origin and evolution of gamete dimorphism and the male-female phenomenon. *Journal of theoretical Biology*, **36**: 529-553.

**Pascal, S., Debrauwer, L., Ferte, M-P., Anglade, P., Rouimi, P. et Scalla, R., 1998.** Analysis and characterization of glutathione S-transferase subunits from wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Science*, **134**, p.217-226.

**Pascual, N., Cerdà, X., Benito, B., Tomà, J., Piulachs, M. D., et Bellés, X., 1992.** Ovarian ecdysteroid levels and basal oöcyte development during maturation in the cockroach *Blattella germanica* (L.). *J. Insect Physio*, **38 (5)**: 339-348.

**Parsons, R., Tassinary, L.G., Ulrich, R.S., Hebl, M.R. et Grossman-Alexander, M., 1998.** The view from the road: Implications for stress recovery and immunization. *Jorn Envi Psych*, **18(2)**, 113-140.

**Pawert, M., Triebkorn, R., Gräff, S., Berkus, M., Schulz, J. et Kölher, H.R. , 1996.** Cellular alteration in midgut cells as a marker of heavy metal exposure: ultrastructure and intracellular metal distribution. *Sci.Total. Environ*, **181**: 187-200.

**Payne, J. F., Mathieu, A., Melvin, W. et Fancey, L. L., 1996.** Acetylcholinesterase, an old biomarker with a new future? Field trials in association with two urban rivers and a paper mill in Newfoundland. *Mar. Poll. Bull.*, **32**, 225-231.

**Peccini, E., Staudenmann, W., Albergoni, V., Gabriel, R.D. et James, P., 1994.** Purification and primary structure of metallothioneins induced by Cadmium in the protists *Tetrahymena pigmentosa* and *Tetrahymena pyriformis*. *European journal of Biochemistry*, **226**, 853-859.

**Peixoto, F., Alves-Fernandes, D., Santos, D. et Fontainhas-Fernandes, A., 2006.** Toxicological effects of oxyfluorfen on oxidative stress enzymes in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **85**: 91-96.

**Pérés, J. J., 2006.** Anatomie et physiologie des Myriapodes. *Bulletin de phyllie* (Arthropoda) : p 12-18.

**Perrier, R., 1970.** La faune de la France en tableaux synoptiques illustrés, tome III. Libraire Delagrave, Paris : p 10-17.

**Peršić. A., 2004.** Modalités de contamination par les polluants organiques persistants des réseaux trophiques lagunaires. Application de la méthode des isotopes stables. Thèse de Doctorat. Université Paris XI. 159p.

**Ponge, J.F., 1993.** Biocenoses of collembolan in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia*, **37**: 223-244.

**Ponge, J.F., Gillet, S., Dubs, F., Fedoroff, E., Haese, L., Sousa, J.P. et Lavelle, P., 2004.** Collembolan communities as bioindicators and land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry*, **35**: 813-826.

**Ponge Jean-François., 2010.** Impact des polluants du sol sur la biodiversité animale du sol. *Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS UMR 7179*.

**Porte, C., Solé, M., Borghi, V., Martinez, M., Chamorro, J., Torreblanca, A., Ortiz, M., Orbea, A., Soto, M. et Cajaraville, M.P., 2001.** Chemical, biochemical and cellular responses in the digestive gland of the mussel *Mityllus Galloprovincialis* from the Spanish Mediterranean coast. *Biomarker*, **5**: 335-350.

**Prasath, S., 1992.** vitellogenin and vitellin of a millipede *spirostreptus asthenes* ; occurrence, isolation and partial caractérisation, **21(B)**: 865- 870.

**Prapanthadara, L-A., Koottathep, S., Promtet, N., Hemingway, J. et Ketterman, A.J., 1996.** Purification and characterization of a major glutathione S-transferase from the mosquito *Anopheles dirus* (species B). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, **26(3)**, p.277-285.

**Perveen, F. 2011.** Effects of sublethal doses of chlorfluazuron on the testicular biochemical constituents of *Spodoptera litura*. *African Journal of Biotechnology*. **10**, pp. 8956-8964.

**Priester, T. M. et Georghiou, G.P., 1980.** Cross-resistance spectrum in pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus*. *Pest. Sci.* **11**, p. 617–624.

## Q

**Quennedy, A., Aribi N., Everaerts C. E. et Delbeque J.P., 1995.** Post embryonic development of *Zaphobas atratus* or isoled condition and effects of juvenile hormone analog. *Application. J. Insect Physiol.*, **41**(2): 143-152.

## R

**Raabe, M., 1970.** Contrôle endocrine de l'ovogenèse chez les Insectes, équipe de neuroendocrinologie des Insectes (c. n. r. s., no 24), associée à l'université de Paris vi.

**Raikhel, A. S. et Dhadialla, T. S., 1992.** Accumulation of yolk proteins in insect oocytes. *Annu. Rev. entomol*, **37**: 217-251.

**Radwan, M.A. et Mohamed, M.S., 2013.** Imidacloprid induced alterations in enzyme activities and energy reserves of the land snail, *Helix aspersa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **95**, 91–97.

**Radwan, M.A., El-Gendy, K.S. et Gad, A.F., 2010.** Biomarkers of oxidative stress in the land snail, *Theba pisana* for assessing ecotoxicological effects of urban metal pollution. *Chemosphere*, **79**, 40-46.

**Radwan, M.A., Essawy, A.E., Abdelmeguid, N.E., Hamed, S.S. et Ahmed, A.E., 2008.** Biochemical and histochemical studies on the digestive gland of *Eobania vermiculata* snails treated with carbamate pesticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **90**: 154–167.

**Radwan, M.A., EL–Wakil, H.B. et Osman K.A., 1992.** Toxicity and biochemical impact of certain oxime carbamate pesticides against terrestrial snail, *Theba pisana* (Muller). *J. Environ. Sci. Health*, **27** (6), 759-773.

**Rajulu, G.S., 1974.** A comparative study of the organic components of the haemolymph of a millipede *Cingalobolus bugnioni* and a centipede *Scutigera longicornis* (Myriapoda). *Symposia of the Zoological Society of London*, **32**: 347-364.

**Ramade, F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. *Editions Dunod*, 1075p.

**Ramaswany S.B., Shengqiang S., Yong I.P. et Fanrong Z., 1997.** Dynamic of juvenil hormon mediated ganadotropism in the Lepidoterea. *Arch. Insect biochel. Physiol.* **35**: 539-558.

**Rand, G.M., 1995.** Fundamentals of Aquatic Toxicology. Taylor et Francis, Washington.

**Raven, C.P., 1961.** Oogenesis: the storage of developmental information .London: *Pergamon press*.

**Ravera, O., 1991.** Mini-review: influence of heavy metals on the reproduction and embryonic development of freshwater pulmonates (Gastropoda, Mollusca) and cladocerans (Crustacea, Arthropoda). *Comp. Biochem. Physiol.*, **100**: 215-219.

**Raymond, M., Fournier, D., Bergé, J. B., Cuany, A., Bride, J. M. et Pasteur, N., 1985.** Single-mosquito test to determine genotypes with an acetylcholinesterase insensitive to inhibition to propoxur insecticide. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* **1**, p. 425–427.

**Rehimi, N. et Soltani N., 1999.** Laboratory evaluation of alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens* (Dip., Culicidae): Effects on development and cuticle secretion. *J. Appl. Entomol.*, **123**: 437- 441.

**Reimers, Y., 2003.** « Notes de Systématique Evolutives », 2003, Genève, 172p.

**Ribera, D., Narbonne, J-F., Daubeze, M. et Michel, X., 1989.** Characterisation, tissue distribution and sexual differences of some parameters related to lipid peroxidation in mussels. *Marine Environmental Research*, **28**, p.279-283.

**Ried, B. L., Bennett, G. W. et Barcay, S. J., 1994.** Topical and oral toxicity of sulfuramid on delayed action insecticide, against the German Cockroaches (*Dictyoptera; Blattellidae*). *Journal of Entomology*, **83**: 148-152.

**Robert, M., 1995.** Le sol, une interface dans l'environnement : les grands types de pollution mettant en cause le sol. *Sciences*, **95 (1)** : 23-29.

**Robson, A. J., Bergstrom, C. T., et Pritchard, J. K., 1999.** Risky business: sexual and asexual reproduction in variable environments. *Journal of Theoretical Biology*, **197**: 541-556.

**Rouibi, A. 2000.** Evaluation d'un mimétique des ecdystéroïdes (RH-0345) sur *Blatella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) : aspects morphométriques et biochimiques . Thèse de Magister en Biologie Animale. Université d'Annaba. Algérie. 113

**Rouimi, P., Anglade, P., Debrauwer, L. et Tulliez, J., 1996.** Characterization of pig liver glutathione S-transferases using HPLC-electrospray-ionization mass spectrometry. *Biochemical Journal*, **317**, p.879-884.

**Russell L.K., DeHaven J.I., Botts R.P., 1981.** Toxic effects of cadmium on the garden snail (*Helix aspersa*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. **26**: 634- 640.

**Rutowski, R. I., 1982.** Mate choice and lepidopteran mating behavior. *The Florida Entomologist*, **65** : 72-82.

## S

**Saglio, P., Trijasse, S. et Azam, D., 1996.** Behavioural effects of water-born carbofuron in goldfish. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **31**: 232-238.

**Sahli, F., 1958.** Quelques données sur la neurosécrétion chez le Diplopode *Tachypodoiulus albipes* C. L. Koch. *Compt. Rend. Acad. Sci.* **246** : 470-472.

**Sahli, F., 1961.** Sur une formation hypocérébrale chez les Diplopodes Iulides. *Compt. Rend. Acad. Sci.* **252**:2443-2444.

**Salama, AK., Osman, K.A., Saber, N.A. et Soliman, S.A., 2005.** Oxidative stress induced by different pesticides in the land snails, *Helix aspersa*. *Pakistan journal of biological Science*, **8(1)**,92-96.

- Salem, H., Smagghe, G. et Degheele D., 1997.** Effects of tebufenozide on oocyte growth in *Plodia interpunctella*. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, **62**: 9-13.
- Salokhe, S., Sarkar, A., Kulkarni, A., Mukherjee, S. et Pal, J. K., 2006.** Flufenoxuron, an acylurea insect growth regulator, alters development of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) by modulating levels of chitin, soluble protein content, and HSP70 and P34 in the larval tissues. *Pestic. Biochem. Physiol* (article in press).
- Samuels, C.L., et Drake, J.A., 1997.** Divergent perspectives on community convergence. Trends in *Ecology and Evolution*, **12** : 427-432.
- Scheffel, H., 1961.** Untersuchungen zur Neurosekretion bei *Lithobius forficatus* L. (Chilopoda). *Zool. Jahrb. Anat.* **79**: 529-556.
- Scheffel, H., 1965.** Actualité sur les hormones des invertébrés *Zool. Jb. Physiol.* **71**: 624-640.
- Scheiner, S., 1992.** Measuring pattern diversity. *Ecology* **73**, 1860-1867.
- Schakoori, A.R., et Saleem, M.A., 1989.** Some macromolecular abnormalities developed by the interaction of Malathion and permethrin and subsequent refeeding in *Tribolium castaneum* larvae. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, **11**:203-215.
- Schneider W.C., 1957.** Determination of nucleic acids in tissues by pentose analysis, *In Methods in enzymology*, S.P.Colowich et N.O. Kaplan (eds). *Acad. Press, New-york*: vol.3. pp. 680-684.
- Scheu, S., Allbers, D., Alpehi, J., Buryn, R., Klages, U., Migge, S., Platner, C. et Salamon, J.A., 2003.** The soil fauna community in pure and mixed stands of beech and spruce of different ages: trophic structure and structuring forces. *Oikos*, **101**: 225-238.
- Schuckelt, R., Brigelius-Flohe, R., Maiorino, M., Roveri, A., Reumkens, J., Strassburger, W., Ursini, F., Wolf, B. et Flohe, L., 1991.** Phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase is a selenoenzyme distinct from the classical glutathione peroxidase as evident from cDNA and amino acid sequencing. *Free radical research communications* **14**: 343-361.
- Scott, G.R., et Sloman, K.A., 2004.** The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioural and physiological indicators on toxicity. *Aqua. Toxicol.*, **86**: 369-392.
- Seifert, G., 1975.** Entomologisches Praktikum.-2. Aufl. Thieme-Verlag, Stuttgart : 430 pp.
- Senger, M.R., Rico, E.P., Arizi, M., Rosemberg, D.B., Dias, R.D., Bogo, M.R. et Bonan, C.D., 2006.** *In vitro* effect of zinc and cadmium on acetylcholinesterase and ectonucleotidase activities in zebrafish (*Danio rerio*) brain. *Toxicology In Vitro*, **20**: 954-958.
- Serra, A et Miquel, MC., 1996.** Etude de la reproduction et du développement post-embryonnaire de *Lithobius pilicornis* Newport, 1844 (Chilopoda, Lithobiomorpha). In : *Acta Myriapodologica. Mém. Mus. natn. Hist. nat* **169**: 359-364.
- Sheets, J., Karr, L. L. et Dripps, J. E., 2000.** Kinetics and uptake, clearance, transfer, and metabolism of hexaflumuron by eastern *subterranean termites* (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.*, **93**: 871-877.
- Shibko S, Kaivistoinen P., Tratnyck C. A., Newhell A. R. et Freidman L., 1966.** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate and from a sub cellular fraction. *Analytic Biochem* **19**: 514-528.

**Sies, H., 1999.** Glutathion and its role in cellular function. *Free Radical Biology and Medicine.*, **27**: 916-921.

**Sies, H., 1997a.** Antioxidants in Disease Mechanisms and Therapy. *London, UK: Academic Press.*

**Sies, H., 1997b.** Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental physiology* **82** : 291-295.

**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. Département de Biologie. Université d'Annaba. 229p.

**Silva, J. P., Sousa, S., Rodrigues, J., Antunes, H., Porter, J. J., Gonçalves, I. et Ferreira-Dias, S., 2004.** Adsorption of acid orange 7 dye in aqueous solutions by spent brewery grains. *Sep.Purif. Technol.*, **40**: 309-315.

**Simmons, L. W., 2001.** Sperm competition and its evolutionary consequences in the Insects. *Princeton, NJ.*

**Smagghe G., Viñuela E., Limbergen H.V., Budia F. et Tirry L., 1999.** Nonsteroidal moulting hormone agonists: effects on protein synthesis and cuticle formation in Colorado potato beetle larvae. *Entomol. Experiment. Appl.*, **93**: 1–8.

**Smissaert, H. R., 1964.** Cholinesterase inhibition in spider mites susceptible and resistant to organophosphate. *Science* **143**, p. 129–131.

**Soltani, N., Amrani, L., Soltani-Mazouni, et Smagghe, G., 1999.** Evaluation of the ecdysteroid agonist RH-0345 in mealworms : analysis ovarian proteins and structure follicule, *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*

**Soltani N., Aribi N., Berghiche H., Lakbar S. et 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., Aouadene, A. et Chouahda, S., 2005.** Surveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba (Algérie) par la mesure d'un biomarqueur du stress environnemental chez *Donax trunculus*. *INOC-Marine et Coastal Protected Areas.*, 462-467pp.

**Soltani, N. et Bezzazel, N., 2002.** Profil des ecdystéroïdes hémolymphatiques et corrélation avec la sécrétion cuticulaire au cours d'un cycle de mue chez la crevette, *Penaeus kerathurus*. *J. Rech. Océanogr.*, Vol. 27, fasc. **3(4)**: 226-231.

**Soltani, N., Chouahda, S. et Smagghe G., 2008.** Evaluation of halofenozide against prey mosquito larvae *Culex pipiens* and the predator fish *Gambusia affinis*: impact on growth and enzymatic activities. *Commun Agric. Appl. Biol. Sci.*, **73(3)**: 659-66.

**Soltani-Mazouni N., 1994.** Effects of ingested diflubenzuron on ovarian development during the sexual maturation of *Tenebrio molitor* (L.). *Tissue et Cell.*, **26** (3) : 439-445.

**Soltani-Mazouni, N., Taibi, F. Zergouni, K. et Soltani, N., 2000.** RH-0345 restored partly the effects induced by KK-42 on reproductive events in mealworms. *Med. Fac-Univer. Gent.* **66:** 2a. pp 437-443.

**Soltani-Mazouni, N., Taibi, F., Berghiche, H., Smagghe, G. et 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: 437-443.

**Soltani-Mazouni, N., et Hami, M., 2010.** Effets de deux agonistes des ecdystéroïdes sur la reproduction chez *Ephestia kuehniella* (Insectes, Lépidoptères) : dosage des acides nucléiques et des protéines ovariens. Travaux de l'institut Scientifiques, Série Zoologie, Rabat, N°47, Tome I, 153-156.

**Soltani-Mazouni, N., Boukachabia A., et Smagghe G., 2004.** Biological activity of some molting hormone agonists in mealworms: ecdysteroids and protein synthesis in ovaries. *Rev. Sci. Technol. (Synthèse).*, 7-10.

**Soltani-Mazouni, N. et Bouteldja, D., 2007.** In vivo activity of captopril, an inhibitor of angiotensin converting enzyme, in mealworms: ecdysteroid amounts and composition of ovaries. *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent University*, **72/3:** 623-627.

**Soltani N., Soltani-Mazouni N. et Delachambre J., 1996.** Evaluation of triflumuron, a benzoylphenyl urea derivative, on *Tenebrio molitor* pupae (Col., Tenebrionidae): effects on cuticle. *J. Appl. Entomol.*, **120:** 627-629.

**Soltani-Mazouni, N., Hami, M. et Gramdi, H., 2012.** Sublethal effects of methoxyfenozide on reproduction of the Mediterranean flour moth, *Ephestia Kuehniella* Zeller. *Invertebrate Reproduction and Development*, Vol **56(2):** 157-163.

**Souissi, M., Ouali, K., Hadj Moussa, W., Rouachdia, R., Djabourabi, A., et Bensouilah, M., 2008.** Proportioning of Biomarkers (GSH, GST, AChE, Catalase) Indicator of pollution at *Gambusia affinis* (Teleostei Fish) Exposed to Cadmium. *Mar. Ecobiol. Lit. Envi.*

**Stachurski, A. et Zimka, J. A., 1976.** Methods of studying forest ecosystems: microorganism and saprophage consumption in the litter. *Ekol. Pol* **24:** 57-67.

**Stanley-Samuelson, D. W., et Loher, W., 1986.** Prostaglandins in insect reproduction. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **79:** 841-853.

**Stegeman, J. J. et Hahn. M. E., 1994.** Biochemistry and molecular biology of monooxygenases: current perspectives on forms, functions and regulation of cytochrome P450 in aquatic species. In: Malins, D.D. et Ostrander, G. K. (Eds). Lewis. Boca Raton.

**Stegeman, J.J., Brouwer, M., Richard, T.D.G., Förlin, L., Fowler, B. A., Sanders, B.M. et Van Veld, P.A., 1992.** Molecular responses to environmental contamination: enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effects In: Huggett R. J., Kimerle R. A., Mehrle P.M., Bergman H.L. (Eds), Biomarkers: biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress. *Lewis Publisher, Chelsea.*, p, 235-335.

**Stenersen, J., Guthenberg, C. et Mannervik, B., 1979.** Glutathione S-transferases in earthworms (Lumbricidae). *Biochemical Journal*, **181**, p.47-50.

**Stien, X., Percic, P., Gnassia-Barelli, M., Romeo, M., et Lafaurie, M., 1998.** Evaluation of biomarkers in caged fishes and mussels to assess the quality of waters in a bay of the NW Mediterranean Sea. *Environmental Pollution*, **99**: 339-345.

**Stoate, C., Boataman, N. D., Boralho, R.J., Carvalho, C.R., De Snoo, G.R., et Eden, P., 2001.** Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, **63**: 337-365.

**Stone, D., Jepson, P., Kramarz, p. et Laskowski, R., 2001.** Time to death reponse in carabid beetles exposed to multiple stressors along a gradient of heavy metal pollution. *Environ. Pollut*, **113**: 239-244.

**Strambi, A., Strambi, C. et Cayre, M., 1997.** Hormonal control of reproduction and reproductive behavior in crickets *Archiv. Insect. Biochem. Physiol.*, **35**: 393-404.

**Sturm, A., Wogram, J., Hansen, P.D. et Liess, M., 1999.** Potential use of cholinesterase in monitoring low level in organophosphates in small streams: natural variability in three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) and relation to pollution. *Environ. Toxicol. Chem.*, **18**, 194-200.

**Swevers, L. et Latrou, K., 1999.** The ecdysone agonist tebufenozide (RH-5992) blocks the progression into the ecdysteroid- induced regulatory cascade and arrests silkworm oogenesis at mid vitellogenesis. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, **29**: 955-963.

**Swift, M. J., Izac, A. M. N. et van Noordwijk, M., 2004.** Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions ? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **104**: 113-134.

## T

**Taibi F., Smaghe G., Armani L. et Soltani-Mazouni N. 2003.** Effect of ecdyson agonist, RH 0345, on reproduction of mealworm, *Tenebrio molitor*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **135**: 257-267.

**Taibi, F., 2007.** Etude comparée du développement et de la reproduction chez deux ravageurs des denrées stockées *Ephestia kuehniella* et *Tenebrio molitor* : Aspect endocrinien en rapport avec l'impact d'un mimétique de l'hormone de mue, le RH-0345. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. Algérie.

**Tatar, M., Priest, N. et Chien, S., 2001.** Nigligible senescence during reproductive diapause in *Drosophila melanogaster*. *Am. Natur.* **158**: 248-258.

**Taurquin, M., et Crague, G., 1994.** Impact de la gestion des eaux usées sur la biocénose cavernicoles de la zone noyée et de la source du système Karstique de la nappe Neuville s/Ain, France, *Bull. Mens. Soc. Lin* (Lyon), **63** (9): 337-348.

**Telfer, W.H., 1967.** The mechanisme and control of yolk formation. *Ann.Rev. Entomol.***10**:161-184.

**Telfer, W.H., 1981.** Electrical Polarity and Cellular Differentiation in Meroistic Ovaries. *Amer. Zool*, **21**: 675-686.

**Thibout, E., 1997.** Stimulation of reproductive activity of females of *Acrolepiopsis assectella* (Lepidoptera: Hyponomeutoidea) by the presence of eupyrene spermatozoa in the spermatheca. *Entomologia Experimentalis and Applicata*, **26**: 279-290.

**Tiebskon, R., Kähler, H.R., Honnen, W., Schramm, M., Adams, S.M., et Maller, E., 1997.** Induction of heat shock proteins, changes in live ultrastructure and alterations of fish behavior: are these biomarkers related and are they useful to elect the state of pollution in the field? *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, **6**: 57-73.

**Triebskorn R., Adam S., Casper H., Honnen W., Pawert M., Schramm M., Schwaiger J., Kohler H.R., 2002.** Biomarkers as diagnostic tools for evaluating effects of unknown past water quality conditions on stream organisms. *Ecotoxicology*. **11**: 451-65.

**Tine-Djebbar, F., et Soltani, N., 2008.** Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata* : Analyses morphométrique, biochimique et énergétique. *Rev. Sci. Technol. (Synthèse)*, **18** :23-34.

**Tine, S., Aribi, N., et Soltani, N., 2011.** Laboratory evaluation of azadirachtin against the oriental cockroach, *Blatta orientalis* L. (Dictyoptera, Blattellidae) : Insecticidal activity and reproductive effects. *African Journal of Biotechnology* **10(85)**: 19816-19824.

**Tomlin, C.D.S. (Ed.), 2000.** The pesticide Manual, 12<sup>th</sup> edn. *British crop protection council publications*.

**Trotter, D.M., Kent, R.A. et Wong, P., 1991.** Aquatic fate and effect of carbofuran. *Critic. Rev. Environ. Contr*, **21**:137-176.

**Toutaine, F., 1987.** Les humus forestiers ; biodynamique et mode de fonctionnement. Renne : Centre régional de documentation pédagogique, 49 p

**Trabalon, M., Bautz, A.M. Morinière, M., et Porcheron, P., 1992.** Ovarian development and correlated changes in hemolymphatic ecdysteroid levels in two Spiders, *Coelotes terrestris* and *Tegenaria domestica* (Araneae, Agelenidae). *General and comparative Endocrinology*. **88**: 128-136.

**Triebskorn R., Köhler H.R., Honnen W., Schramm M., Adams S.M., Müller E.F., 1997.** Induction of heat shock proteins, changes in leaver ultrastructure, and alterations of fish behavior: are these biomarkers related and are they useful to reflect the state of pollution in the field ? *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. **6**: 57-73.

**Tripathi, R. K. et O'Brien, R. D., 1973.** Insensitivity of acetylcholinesterase as a factor in resistance of houseflies to the organophosphate Rabon. *Pest . Biochem. Physiol*. **6**, p. 30–34.

**Tripathi, S. et Sharma, M., 2005.** The development of earthworm populations following manipulation of the canopy leaf litter in a beechwood on limestone. *Pedobiologia*, **34**: 247-255.

**Trivers, R. I., 1972.** Parental investment and sexual selection. Dans: Campbell, B. (ed), *Sexual Selection and the Descent of Man, 1871-1971*. Aldine, Chicago, pp. 53-97.

**Tschudi-Rein, K. et Benz, G., 1990.** Mechanisms of sperm transfer in female *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). *Annals of the Entomological Society of America*, **83**: 128-132.

**Tsukamoto, M., Narahashi, T. et Yamasaki, T., 1965.** Genetic control of low nerve sensitivity to DDT in insecticide resistant houseflies. *Botyu-Kagaku*, **30**: 128-132.

## U

**Umminger, B.L., 1977.** Relation of whole blood sugar concentration in vertebrate to standard metabolic rate, *Comp. Biochem. Physiol.* **55**: 457-460.

## V

**Van der Oost, R., Beyer, J. et Vermeulen, N.P.E., 2003.** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology* **13**: 57-149.

**Van Straalen, N.M., 1996.** Critical body concentrations: their use in bioindication. In *Bioindicator Systems for Soil Pollution Kluwer Academic*, Amsterdam, 5-16.

**Varela, V.M. et Augspurger, T., 1999.** Cholinesterase activity as a device for biomonitoring for pesticide exposure in the freshwater mussel *Elliptio complanata*. Publication N° 95-4F23, US. *Fifish and Wildlife Service*, Southeast region, Atlanta, GA.

**Verhoeff, (1902-1925).** Chilopoda. In: Bronns Klassen and ordnungen des Tierreichs, *BD.5.AB.II, Buch I*.

**Viard-La rocca, B., Maul, A. et Pihan, J.C., 2004.** Standard use conditions of terrestrial gastéropods in active biomonitoring of soil contamination. *Journal of Environment Monitoring*, **6**; 103-107.

**Viarengo, A., Canesi, L., Pertica, M., Poli, M., Moore, M.N. et Orunesu, M., 1991.** Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis*. *Lam. Comp. biochem.physiol*, **C79** : 37-42.

**Viaux, P. et Rameil, V., 2004.** Impact des pratiques culturales sur les populations d'arthropodes des sols en grandes cultures : déterminer des espèces bio-indicatrices. pp 8-13 in *PHYTOTOMA : défense des végétaux*, Avril 2004. Ruralia, France.

## W

**Wall, D.H., et Moore, J.C., 1999.** Interaction underground. Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes, *BioScience*, **49**: 109-117.

**Wardle, D. A., 2002.** *Communities and Ecosystems: Linking the aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press, Princeton.

**Wardle, D. A., Nicholson, K. S., Bonner, K. I. et Yeates, G. W., 1999.** Effects of agricultural intensification on soil-associated arthropod population dynamics, community

structure, diversity and temporal variability over a seven-year period. *Soil Biology and Biochemistry* **31**(12): 1691-1706.

**Watson, J.P., 1976.** The composition of mounds of the termites *Macrotermes falciger* on soil derived from granite on three rainfall zones of Rhodesia. *J. Soil Science*, **27**: 395-503.

**Wigglesworth, V. B., 1972.** The principals of insect physiology. Seventh edition published in USA by *Chapman an Hall. University Press, Cambridge: New York.* pp. 71-72.

**Wilbrink, M., Zijl, R., Roubos, E.W., Ter Maat, A., De Vlieger, T.A. et Vermeulen, N.P.E., 1992.** Effects of 2,2'-dichlorobiphenyl on egg laying in the pond snail *Lymnaea stagnalis*. *Comp. Biochem. Physiol*, **102**: 3-9.

**Wilson, E.O., 1992.** The diversity of life. *Belknap Press, Cambridge, Mass.*

**Wendi, J.D., Cope, W.G., Rada, R.G. et Sandheinrich, M.B., 2001.** Acetylcholinesterase inhibition in the threeridge Mussel (*Ambuema plicata*) by chloropyrifos: implication for monitoring. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **49** : 91-98.

**Winzinger, G., Weltje, L., Gerchen, J. et Sordyl, H., 2007.** Genotoxic damage in field-collected three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.): A suitable biomonitoring tool? *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, **628**:19-30.

**Wirtz, P., 1997.** Sperm selection by females. *Trends in Ecology and Evolution*, **12**: 172-173.

**Wo, k.T., Lm, P.K.S. et Wu, R.S.S., 1999.** A comparison of growth biomarkers for assessing sublethal effects of cadmium on marine gastropod. *Nassarius festivus*. *Mar. Poll. Bull.*, **39**: 165-173.

**Wolters, V., Silver, W. L., Bignell, D. E., Coleman, D. C., Lavelle, P., van der Putten, W. H., de Ruiter, P., Rusek, J., Wall, D. H., Wardle, D. A., Brussaard, L., Dangerfield, J. M., Brown, V. K., Giller, K. E., Hooper, D. U., Sala, O., Tiedje, J. et van Veen, J., 2000.** Effects of global changes on above- and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: implications for ecosystem functioning. *Bioscience* **50**: 1089-1098.

**Wuddivira M.N., Stone R.J., et Ekwue E.I., 2009.** Clay, organic matter and wetting effects on splash detachment and aggregate breakdown under intense rainfall. *Soil Science Society of America Journal*, **73** (1), 226-232.

**Wylie, C., 1999.** Germ cells. *Cell* **96**, 165-174.

## X

**Xiao, N., Jing, B., Ge, F. et Liu, X., 2006.** The fate of herbicide acetochlor and its toxicity to *Eisenia fetida* under laboratory conditions. *Chemosphere*, **62** : 1366-1373.

**Xylander, E.R., 2009.** Physic-chemical properties of haemolymph pf Chilopoda and Diplopoda (Myriapoda, Arthropoda): protein content, pH, osmolarity, *Soil organisms*, **31**: 8-13.

## Y

**Yarbrough, J. D., Roush, R. T., Bonner, J. C. et Wise, D. A., 1986.** Monogenic inheritance of cyclodiene insecticide resistance in mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Experientia* **42**, p. 851-853.

**Yuan, J., Bowman, A. S., Aljamili, M., Payne, M. R., Toker, J. S., Dillwith, J. W., Essenberg, R. C., et Saver R., 2000.** Prostaglandin E2- Stimulated secretion of protein in the salivary glands of the lone Star tick via a phosphoinositide signaling. *Insect. Biochem. Biol.*, **30**: 1091–1098.

## Z

**Zaazou, M. H., Ali, A. M., Abdallah, M. D. et Riskallah, M. R., 1973.** In vivo and in vitro inhibition of cholinesterase and aliesterase in susceptible and resistant strains of *Spodoptera littoralis*. *Bull. Entomol. Soc. Egypt. Econ.* **7**, p. 25–30.

**Zimowska, G., Shirk, P.D., Silhacek, D.L., Shaaya, E., 1994.** Yolk sphere formation is initiated in ovocytes before development of patency in follicles of the morth, *Plodia interpunctella raux's arch*. *Dev. Biol.*, **203**: 215-226.

**Zimowska, G., Shirk, P.O., Silhacek, D.L., Shaaya, E., 1995.** vitellin and formation of yolk spheres in vitellogenic follicles of plodia interpunctella. *Arch. Insect. Biochem. Physiol*, **29**: 71-85.

**Zhu, K. Y. et Clark, M., 1993.** Purification and characterization of acetylcholinesterase from *Leptinotarsa decemlineata*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* **23**, p. 245–251.

**Zapparoli, M., 2002.** Catalogue of the Centipedes from Greece (Chilopoda). *Fragmenta Entomologica* **34 (1)**: p 146.

**Zerbib, C., 1966.** Etude discriptive et expérimentale de la différenciation de l'appareil génital du myriapode chilopode : *L. forficatus* L. *Bul. Soc. Zool.*, **91** : 203-215.

**Zeriri, I., Tadjine, A., Belhaouchet, N., Grara, N. et Djebbar, M.R., Brebbah, H., 2012.** Potential toxicity of an insecticide of the familyof carbamate on a bioindicator model of the pollution the earthworm *Octadrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Annals of biological research*, **3 (11)**:5367-5373.

**Zinkl, G.J., Lockhart, W.L., Kenny, S.A. et Ward, F.J., 1991.** The effects of cholinesterase inhibiting insecticides on fish. In Mineau P., *Cholinesterase Inhibiting Insecticides –Their impact on wildlife and the environment*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 233 - 254.

