



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE DE NEUROENDOCRINOLOGIE APPLIQUEE



Thèse en vue de l'obtention du diplôme de  
Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle (LMD) en Neurosciences

**Perturbation du comportement animal sous  
stress induit par des insecticides. Cas de deux  
modèles (invertébrés : les blattes et vertébrés :  
les rats Wistar)**

Présenté par :

M<sup>me</sup> BEKHAKHECHE Manel

*Devant la commission d'examen :*

* Président :	M <sup>r</sup> OUALI Kheireddine	Professeur	Université de Annaba
* Directrice de Thèse :	M <sup>me</sup> HABBACHI Wafa	MCA	Université de Annaba
* Examineurs :	M <sup>me</sup> TADJINE Aïcha	Professeur	Université d'El Tarf
	M <sup>me</sup> GRARA Noudjoud	Professeur	Université de Guelma
	M <sup>r</sup> DJEMLI Samir	MCA	Université de Annaba

## **REMERCIEMENTS**

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude avant tout à Dieu qui m'a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail scientifique.*

*Je remercie, en premier lieu, **Mr OUALI Kheireddine** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.*

*Je voudrais également remercier les membres de jury examinateurs pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et d'avoir accepté de le juger:*

***Mme TADJINE Aïcha**, Professeur à l'Université Chadli Bendjedid d'El Tarf,  
**Mme SOUIKI Lynda**, Professeur à l'Université de 8 mai 1945 de Guelma,  
**Mme GRARA Noudjoud**, Maître de conférences à l'Université de 8 mai 1945 de Guelma et **Mr DJEMLI Samir**, Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba.*

*Je remercie chaleureusement et avec une très profonde gratitude, ma directrice de thèse **Mme HABBACHI Wafa** Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar (Annaba) qui a consacré beaucoup de son temps à m'écouter et à m'orienter durant la réalisation de ce travail. Je la remercie, aussi, pour ses conseils, ses critiques constructives et son aide continue. Je vous remercie, aussi, pour votre confiance, votre soutien permanent, votre gentillesse et vos qualités humaines.*

*Je tiens à remercier vivement **Mr Abdelmadjid BAIRI** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, d'avoir accepté de signer ma première inscription et qui m'a donné l'occasion de travailler avec **Mme HABBACHI Wafa**. Qu'il trouve ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

*Je tiens à remercier les techniciennes du laboratoire de Neuroendocrinologie appliquée pour leur accueil, leur aide et leurs qualités humaines.*

*Je tiens à remercier également Professeur **LADJAMA Ali** de m'avoir permis de travailler au sein de son laboratoire de Biochimie et Microbiologie Appliquée (L.B.M.A.), et pour la confiance et le respect témoignés durant mon séjour.*

*Je souhaite remercier très amicalement toute l'équipe du laboratoire d'analyses médicales de **BENMAHMOUDE** pour leur accueil et leur gentillesse.*

*Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude au Docteur **DJEBIEN** chef du laboratoire d'anatomie pathologique pour la réalisation des techniques histologiques et l'interprétation des coupes pour m'avoir soutenu et encouragé.*

*Mes sincères remerciements vont également à ma chère amie **Imen** pour son aide, sa sympathie et le soutien moral qu'elle m'a apporté. À Monsieur **TICHATI Lazher** technicien au laboratoire L.B.M.A., Université Badji Mokhtar, Annaba, je tiens à le remercier, pour ces aides précieuses au niveau de laboratoire.*

*Mon respect et reconnaissance sont adressés à **Mme BRAIA Molka** responsable de l'animalerie du Département de Biologie et **Mr OUALI Kheireddine**, professeur à l'université Badji Mokhtar de Annaba, pour leur permission de travailler au niveau de l'animalerie durant trois ans.*

*J'adresse mes remerciements à ma famille et mes amis pour leur encouragement et leur soutien. Un grand merci à mes parents qui m'ont donné la possibilité de suivre de longues études. Un grand merci à maman qui a orchestré toutes mes tâches, elle m'a donné de l'énergie pour réaliser ce travail. Un merci infini à mon père, son soutien est incroyable et surtout pour le côté financière, sa présence et ses encouragements sont pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais, ma plus profonde gratitude.*

## *Dédicace*

*Au nom du Allah le clément le miséricordieux*

*Je dédie ce modeste travail à mes parents:*

*Papa, le soleil de ma vie, l'homme le plus affectueux celui qui a sacrifié sa vie et a tout donné pour que je puisse atteindre mon but.*

*A celle qui ma donnée la vie et que ma vie n'est rien sans elle, à ma tendre Maman, qui m'a soutenu d'amour et de bonheur ; tout ce que je suis, je le dois à elle.*

*A la fleur de ma vie ma grande mère*

*Que Dieu me les protège.*

*A mes chères frères et sœurs, à mon fiancé Riad, à mon grand frère Youcef et à toute ma grande famille. En tenant compte de leur soutien moral, compréhension et affection.*

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**µl** : Microlitre

♀ : Femelle

♂ : Mâle

**A** : Attiré

**AChE** : Acétylcholinestérase

**ACTH** : Hormone Adénocorticotrope

**BF** : Brad fermés

**BO** : Brad ouverts

**Cc** : *Citrullus colocynthis*

**CCMH** : Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine

**CL<sub>50</sub>** : Concentration létale à 50 %

**Cm** : Centimètre

**dL** : Décilitre

**EDTA** : Ethylène-diamine-tétra-acétate

**EPM**: Elevated Plus Maze

**F** : Femelle

**Fig** : Figure

**fL**: Femto litre

**FNS** : Formule de numération sanguine

**FNS** : Formule numérique sanguine

**FST** : Forced Swim Test

**g** : Gramme

**GB** : Globules blancs

**GR** : Globules rouges

**HB** : Concentration d'hémoglobine

**j** : Jour

**l** : Litre

**LYMPH** : Lymphocytes

**M** : Mâle

**m** : Mètre

**Max** : Maximum

**mg** : Milligramme

**Min** : Minimum

**ml** : Millilitre

**Mn** : Minute

**MONO** : Monocytes

**Moy** : Moyenne

**n** : Effectif

**NA** : Non Attiré

**NEUT** : Neutrophiles

**NS** : Non Significatif

**obs** : Observé

**ONAB** : Office National d'Aliment de Bétail

**OP**: Open Field

**Pg**: Pictogramme

**PLQ**: Plaquettes

**s** : Seconde

**S** : Significatif

**SEM** : Erreur standard de la moyenne

**Sp** : Spirotetramat

**T** : Témoin

**Tab** : Tableau

**TCMH** : Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine

**Tém** : Témoin

**TL<sub>50</sub>** : Temps létale à 50 %

**Tr** : Traité

**Var** : Variance

**VGM** : Volume globulaire moyen

**VPM** : Volume plaquettaire moyen

## SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation des insecticides</b>	
<b>1. Généralité sur les pesticides</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Le Spirotetramat</b>	<b>10</b>
<b>1.2. La coloquinte (<i>Citrullus colocynthis</i>)</b>	<b>15</b>
<b>Chapitre 2 : Les effets insecticides sur la blatte germanique</b>	
<b>1. Introduction</b>	<b>20</b>
<b>2. Matériel &amp; méthodes</b>	<b>23</b>
<b>2.1. <i>B. germanica</i></b>	<b>23</b>
<b>2.2. Elevage de masse</b>	<b>24</b>
<b>2.3. Effets toxicologiques directes des insecticides sur <i>Blattella germanica</i></b>	<b>25</b>
<b>2.3. 1. Traitement</b>	<b>25</b>
<b>2.4. Effets toxicologiques différés des insecticides sur le comportement sexuel</b>	<b>26</b>
<b>2.4.1. Elevage des adultes isolé</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2. Comportement sexuel</b>	<b>27</b>
<i>Description du comportement sexuel chez B. germanica</i>	<b>27</b>
<i>Effet du traitement sur le comportement sexuel</i>	<b>31</b>
<i>Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle</i>	<b>32</b>
<b>2. 5. Analyse statistique des données</b>	<b>33</b>
<b>2. 5. 1. Tests de toxicité</b>	<b>33</b>
<b>2. 5. 2. Les tests comportementaux</b>	<b>34</b>
<b>3. Résultats</b>	<b>35</b>
<b>3. 1. Etude toxicologique</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1. Effet du Spirotetramat sur la mortalité de <i>B. germanica</i></b>	<b>35</b>
<i>Paramètres toxicologiques du spirotetramat</i>	<b>37</b>
<b>3.1.2. Effet du <i>C. colocynthis</i> sur la mortalité de <i>B. germanica</i></b>	<b>38</b>
<i>Paramètres toxicologiques du <i>C. colocynthis</i></i>	<b>41</b>
<b>3. 2. Etude du comportement sexuel</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1. Effet du traitement avec « Spirotetramat » sur les séquences du comportement sexuel de <i>B. germanica</i></b>	<b>42</b>

<i>Effets du spirotetramat sur le temps de premier contact antennaire</i>	43
<i>Effets du spirotetramat sur la parade du mâle</i>	44
<i>a/ Effets du spirotetramat sur le nombre de parades</i>	44
<i>b/ Effets du spirotetramat sur le temps de la première parade</i>	45
<i>Effets du spirotetramat sur le léchage</i>	46
<i>a/ Effets du spirotetramat sur le nombre du léchage</i>	46
<i>b/ Effets du spirotetramat sur le temps du premier léchage</i>	47
<i>Effets du spirotetramat sur la tentative d'accouplement</i>	48
<i>a/ Effets du spirotetramat sur le nombre de tentatives d'accouplement</i>	48
<i>b/ Effets du spirotetramat sur le temps de tentatives d'accouplement</i>	49
<i>Effets du spirotetramat sur la durée de l'accouplement</i>	50
<b>3.2.2. Effet du traitement avec « l'extrait de <i>C. colocynthis</i> » sur les séquences du comportement sexuel de <i>B. germanica</i></b>	51
<i>Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le temps du premier contact antennaire</i>	51
<i>Effet de <i>C. colocynthis</i> sur la parade du mâle</i>	52
<i>a/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le nombre de parades</i>	52
<i>b/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le temps de la première parade</i>	53
<i>Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le léchage du mâle par la femelle</i>	54
<i>a/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le nombre du léchage</i>	54
<i>b/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le temps du premier léchage</i>	55
<i>Effet de <i>C. colocynthis</i> sur la tentative d'accouplement</i>	56
<i>a/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le nombre de tentatives d'accouplement</i>	56
<i>b/ Effet de <i>C. colocynthis</i> sur le temps de tentatives d'accouplement</i>	57
<i>Effet de <i>C. colocynthis</i> sur la durée de l'accouplement</i>	58
<b>3.3. Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle</b>	59
<b>3.3.1. Effet du Spirotetramat (5µg/ml)</b>	60
<b>3.3.2. Effet du <i>C. colocynthis</i> (1µg/ml)</b>	61
<b>4. Discussion</b>	63
<b>Chapitre 3 : Les effets insecticides sur les Rats souche Wistar</b>	
<b>1. Introduction</b>	71
<b>2. Matériel &amp; Méthodes</b>	74
<b>2.1. Rat Wistar</b>	74
<b>2.2. Conditions d'élevage</b>	74

<b>2.3. Effets directs des insecticides</b>	<b>75</b>
<b>2.3.1. Effets du Spirotetramat</b>	<b>75</b>
<b>2.3.2. Effets du <i>C. colocynthis</i></b>	<b>76</b>
<b>2.4. Effets indirects des insecticides</b>	<b>77</b>
<b>2.4.1. Effets sur le comportement</b>	<b>77</b>
➤ <b>Test du labyrinthe en croix surélevé « <i>Elevated Plus Maze Test</i> »</b>	<b>77</b>
➤ <b>Test du champ ouvert « <i>Open Field Test</i>»</b>	<b>78</b>
➤ <b>Test de la Nage Forcée « <i>Forced Swim Test</i> »</b>	<b>79</b>
<b>2.4.2. Effet sur les paramètres hématologiques et biochimiques</b>	<b>80</b>
➤ <b>Prélèvement sanguin</b>	<b>80</b>
➤ <b>Prélèvement des organes</b>	<b>80</b>
<b>Dosage des paramètres du stress oxydant cérébral</b>	<b>81</b>
<b><i>Dosage de l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE)</i></b>	<b>81</b>
<b>2.5. Analyse statistique</b>	<b>82</b>
<b>3. Résultats</b>	<b>83</b>
<b>3.1. Evaluation de la toxicité aigue</b>	<b>83</b>
<b>Spirotetramat</b>	<b>83</b>
<b>Extrait de <i>C. colocynthis</i></b>	<b>84</b>
<b>3.2. Tests comportementaux</b>	<b>84</b>
<b>3.2.1. Effet de Spirotetramat</b>	<b>84</b>
<b>3.2.1.1. Tests du labyrinthe en croix surélevé (<i>Elevated Plus Maze</i>)</b>	<b>84</b>
➤ <b>Temps passé dans le centre</b>	<b>84</b>
➤ <b>Temps passé dans les bras fermés</b>	<b>85</b>
➤ <b>Temps passé dans les bras ouverts</b>	<b>86</b>
➤ <b>Nombre de redressements</b>	<b>87</b>
➤ <b>Nombre d'entrées dans les bras fermés</b>	<b>88</b>
➤ <b>Nombre d'entrées dans les bras ouverts</b>	<b>88</b>
<b>3.2.1.2. Test du champ ouvert (<i>Open Field</i>)</b>	<b>89</b>
➤ <b>Les zones claires centrales</b>	<b>89</b>
➤ <b>Les zones claires périphériques</b>	<b>91</b>
➤ <b>Les zones sombres centrales</b>	<b>92</b>
➤ <b>Les zones sombres périphériques</b>	<b>94</b>
➤ <b>Les redressements</b>	<b>95</b>

➤ L'immobilité	96
➤ Les défécations	98
3.2.1.3. Test de la nage forcée (Forced Swim Test)	99
➤ Temps de nage	99
➤ Temps d'escalade	100
➤ Temps d'immobilité	101
3.2.2. Effet de <i>C. colocynthis</i>	102
3.2.2.1. Tests du labyrinthe en croix surélevé (Elevated Plus Maze)	102
➤ Temps passé dans le centre	102
➤ Nombre d'entrées dans les bras fermés	103
➤ Temps passé dans les bras fermés	104
➤ Nombre d'entrées dans les bras ouverts	105
➤ Temps passé dans les bras ouverts	106
➤ Nombre de redressements	107
3.2.2.2. Test du champ ouvert (Open Field)	108
➤ Les zones claires centrales	108
➤ Les zones claires périphériques	110
➤ Les zones sombres centrales	111
➤ Les zones sombres périphériques	113
➤ Les redressements	114
➤ L'immobilité	116
➤ Les défécations	117
3.2.2.3. Test de la nage forcée (Forced Swim Test)	119
➤ Temps de nage	119
➤ Temps d'escalade	120
➤ Temps d'immobilité	120
3.3. Prélèvements	121
3.3.1. Prélèvements sanguins	121
3.3.1.1. Effet du Spirotetramat	121
➤ Le nombre des globules blancs (GB)	121
➤ Le nombre des globules rouges (GR)	122
➤ La concentration d'hémoglobines (HB)	123
➤ Le volume globulaire moyen (VGM)	124

➤ La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH)	124
➤ La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH)	125
➤ Le nombre des plaquettes (PLQ)	126
➤ Le nombre des neutrophiles (NEUT)	126
➤ Le nombre des lymphocytes (LYMPH)	127
➤ Le nombre des monocytes (MONO)	128
<b>3.3.1.2. Effet du <i>C. colocynthis</i></b>	128
➤ Le nombre des globules blancs (GB)	128
➤ Le nombre de globules rouges (GR)	129
➤ La concentration d'hémoglobines (HB)	130
➤ Le volume globulaire moyen (VGM)	131
➤ La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH)	132
➤ La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH)	133
➤ Le nombre des plaquettes (PLQ)	134
➤ Le nombre des neutrophiles (NEUT)	135
➤ Le nombre des lymphocytes (LYMPH)	136
➤ Le nombre des monocytes (MONO)	137
<b>3.3.2. Prélèvement d'organes</b>	138
<b>3.3.2.1. Effet du Spirotetramat</b>	138
➤ Poids du corps	138
➤ Poids du cerveau	139
➤ Poids des reins	140
➤ Poids des ovaires	141
➤ Poids des testicules	142
➤ Poids des épидидymes	143
➤ Poids des glandes surrénales	144
➤ Poids du foie	145
➤ Poids du poumon	146
<b>3.3.2.2. Effet de <i>C. colocynthis</i></b>	147
➤ Poids du corps	147
➤ Poids du cerveau	148

➤ Poids des reins	149
➤ Poids des ovaires	150
➤ Poids des testicules	151
➤ Poids des épидидymes	152
➤ Poids des glandes surrénales	153
➤ Poids du foie	154
➤ Poids des poumons	155
<b>3.4. Paramètres biochimiques</b>	<b>156</b>
<b>3.4.1. Effet du Spirotetramat</b>	<b>156</b>
➤ Glycémie	156
➤ Cholestérol	157
➤ Triglycéride	158
➤ Urée	159
➤ Créatinine	160
➤ Variation de l'activité cholinestérasique	161
➤ ACTH	161
<b>3.4.2. Effet de <i>C. colocynthis</i></b>	<b>162</b>
➤ Glycémie	162
➤ Cholestérol	163
➤ Triglycéride	164
➤ Urée	165
➤ Créatinine	166
➤ Variation de l'activité cholinestérasique	167
➤ ACTH	168
<b>3.5. Effet des deux traitements sur les paramètres chez le Rat Wistar (comportements, paramètres hématologiques et biochimiques)</b>	<b>168</b>
<b>3.6. Etude histologique</b>	<b>176</b>
<b>3.6.1. Le foie</b>	<b>176</b>
<b>3.6.2. Le rein</b>	<b>177</b>
<b>3.6.3. Le testicule</b>	<b>178</b>
<b>4. Discussion</b>	<b>179</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>192</b>
<b>Références bibliographique</b>	<b>194</b>

**Résumé**

**Abstract**

**المخلص**

## Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
<b>1</b>	Modes d'action des insecticides.	<b>8</b>
<b>2</b>	Classification des pesticides en fonction de leur utilisation et de leur composition chimiques.	<b>9</b>
<b>3</b>	Description et propriétés du spirotetramat.	<b>14</b>
<b>4</b>	Toxicité aiguë du spirotetramat.	<b>15</b>
<b>5</b>	Composition en métabolites secondaires des différentes parties de la coloquinte.	<b>17</b>
<b>6</b>	Concentrations sublétales de Spirotetramat et de la <i>C. colocynthis</i> .	<b>27</b>
<b>7</b>	Comparaison entre les taux de mortalité des mâles traités par le Spirotetramat.	<b>36</b>
<b>8</b>	Comparaison entre les taux de mortalité des femelles traitées par le Spirotetramat.	<b>37</b>
<b>9</b>	Paramètres toxicologiques du Spirotetramat (concentrations létales).	<b>37</b>
<b>10</b>	Paramètres toxicologiques du Spirotetramat (temps létaux).	<b>38</b>
<b>11</b>	Comparaison entre les taux de mortalité des mâles traités par le <i>C. colocynthis</i> .	<b>39</b>
<b>12</b>	Comparaison entre les taux de mortalité des femelles traitées par le <i>C. colocynthis</i> .	<b>41</b>
<b>13</b>	Paramètres toxicologiques du <i>C. colocynthis</i> (concentrations létales).	<b>41</b>
<b>14</b>	Paramètres toxicologiques du le <i>C. colocynthis</i> (temps létaux).	<b>42</b>
<b>15</b>	Effet du Spirotetramat (5µg/ml) sur le taux de réussite des accouplements.	<b>42</b>
<b>16</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements.	<b>51</b>
<b>17</b>	Attraction des individus de <i>B. germanica</i> traités avec le Spirotetramat par les différents extraits.	<b>60</b>
<b>18</b>	Comparaison entre l'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> témoins et traités avec le Spiroteramat (5 µg/ml).	<b>61</b>

<b>19</b>	Attraction des individus de <i>B. germanica</i> traités avec le <i>C. colocynthis</i> par les différents extraits	<b>61</b>
<b>20</b>	Comparaison entre l'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml).	<b>62</b>
<b>21</b>	Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel (Effet inter-sujets).	<b>62</b>
<b>22</b>	Mode d'application du spirotetramat pour étudier l'effet sur la mortalité	<b>76</b>
<b>23</b>	Mode d'application du <i>C. colocynthis</i> pour étudier l'effet sur la mortalité.	<b>76</b>
<b>24</b>	Variation du temps passé dans le centre du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>85</b>
<b>25</b>	Variation du temps passé dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>86</b>
<b>26</b>	Variation du temps passé dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>87</b>
<b>27</b>	Variation du nombre de redressements dans le labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>87</b>
<b>28</b>	Variation du nombre d'entrées dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>88</b>
<b>29</b>	Variation du nombre d'entrées dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>89</b>
<b>30</b>	Variation du temps passé dans le centre du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>90</b>
<b>31</b>	Variation du temps passé dans les zones claires centrales du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>91</b>
<b>32</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>91</b>
<b>33</b>	Variation du temps passé dans les zones claires périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>92</b>
<b>34</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>93</b>
<b>35</b>	Variation du temps passé dans les zones sombres centrales du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>93</b>
<b>36</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>94</b>
<b>37</b>	Variation du temps passé dans les zones sombres périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>95</b>

<b>38</b>	Variation du nombre de redressements pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>96</b>
<b>39</b>	Variation du temps de redressements pour le champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>96</b>
<b>40</b>	Variation du nombre d'immobilités pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>97</b>
<b>41</b>	Variation du temps d'immobilité pour le champ (s) ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>98</b>
<b>42</b>	Variation du nombre de défécations pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>98</b>
<b>43</b>	Variation du temps de défécations pour le champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>99</b>
<b>44</b>	Variation du temps de nage pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>100</b>
<b>45</b>	Variation du temps d'escalade pour la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>101</b>
<b>46</b>	Variation du temps d'immobilité pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>102</b>
<b>47</b>	Variation du temps passé dans le centre du labyrinthe en croix surélevé(s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 40).	<b>103</b>
<b>48</b>	Variation du nombre d'entrées dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 40).	<b>104</b>
<b>49</b>	Variation du temps passé dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 40).	<b>105</b>
<b>50</b>	Variation du nombre d'entrées dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 40).	<b>106</b>
<b>51</b>	Variation du temps passé dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>107</b>
<b>52</b>	Variation du nombre de redressement pour le test de labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>108</b>
<b>53</b>	Variation du nombre d'entrée dans le centre du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>109</b>
<b>54</b>	Variation du temps passé dans les zones claires centrales du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>109</b>
<b>55</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>110</b>
<b>56</b>	Variation du temps passé dans les zones claires périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>111</b>
<b>57</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>112</b>

<b>58</b>	Variation du temps passé dans les zones sombres centrales du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>112</b>
<b>59</b>	Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>113</b>
<b>60</b>	Variation du temps passé dans les zones sombres périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>114</b>
<b>61</b>	Variation du nombre de redressement pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>115</b>
<b>62</b>	Variation du temps de redressement pour le test du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>115</b>
<b>63</b>	Variation du nombre d'immobilités pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>117</b>
<b>64</b>	Variation du temps d'immobilité pour le test du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>117</b>
<b>65</b>	Variation du nombre de défécations pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n=40).	<b>118</b>
<b>66</b>	Variation du temps de défécations pour le test du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>118</b>
<b>67</b>	Variation du temps de nage pour le test de la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>119</b>
<b>68</b>	Variation du temps d'escalade pour le test de la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n=40).	<b>120</b>
<b>69</b>	Variation du temps d'immobilité pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 40).	<b>121</b>
<b>70</b>	Variation du nombre de globules blancs ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>122</b>
<b>71</b>	Variation du nombre de globules rouges ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>123</b>
<b>72</b>	Variation de la concentration d'hémoglobines (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>123</b>
<b>73</b>	Variation du volume globulaire moyen (fL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>124</b>
<b>74</b>	Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (pg) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>125</b>
<b>75</b>	Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>125</b>
<b>76</b>	Variation du nombre de plaquettes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>126</b>
<b>77</b>	Variation du nombre de neutrophiles ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>127</b>

<b>78</b>	Variation du nombre de lymphocytes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>127</b>
<b>79</b>	Variation du nombre de monocytes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>128</b>
<b>80</b>	Variation du nombre de globules blancs ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>129</b>
<b>81</b>	Variation du nombre de globules rouges ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>130</b>
<b>82</b>	Variation de la concentration d'hémoglobines (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>131</b>
<b>83</b>	Variation du volume globulaire moyen (fL) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>132</b>
<b>84</b>	Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (pg) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>133</b>
<b>85</b>	Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>134</b>
<b>86</b>	Variation du nombre de plaquettes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>135</b>
<b>87</b>	Variation du nombre de neutrophiles ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>136</b>
<b>88</b>	Variation du nombre de lymphocytes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>137</b>
<b>89</b>	Variation du nombre de monocytes ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>138</b>
<b>90</b>	Variation du taux de la glycémie (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>157</b>
<b>91</b>	Variation du taux du cholestérol (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>158</b>
<b>92</b>	Variation du taux des Triglycérides (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>159</b>
<b>93</b>	Variation du taux de l'urée (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>160</b>
<b>94</b>	Variation du taux de la créatinine (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>161</b>
<b>95</b>	Variation de l'activité cholinestérasique chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>161</b>
<b>96</b>	Variation du taux de l'ACTH chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).	<b>162</b>
<b>97</b>	Variation du taux de la glycémie (g/l) chez les rats <i>C. colocynthis</i> (n= 20).	<b>163</b>

<b>98</b>	Variation du taux du cholestérol (g/l) chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>164</b>
<b>99</b>	Variation du taux des Triglycérides (g/l) chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>165</b>
<b>100</b>	Variation du taux de l'urée (g/l) chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>166</b>
<b>101</b>	Variation du taux de la créatinine (g/l) chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>167</b>
<b>102</b>	Variation de l'activité cholinestérasique chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>167</b>
<b>103</b>	Variation du taux de l'ACTH chez les rats <i>C.colocynthis</i> (n= 20).	<b>168</b>
<b>104</b>	Effet du traitement sur les paramètres du test de la croix surélevée mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>170</b>
<b>105</b>	Effet du traitement sur les paramètres du test de l'open field mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>171</b>
<b>106</b>	Effet du traitement sur les paramètres du test de nage forcée mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>172</b>
<b>107</b>	Effet du traitement sur les paramètres hématologiques mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>173</b>
<b>108</b>	Effet du traitement sur les paramètres biochimiques mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>174</b>
<b>109</b>	Effet du traitement sur le poids des organes mesuré chez les rats (Effet inter-sujets).	<b>175</b>

## Liste des figures

N°	Figure	Page
<b>1</b>	Stade d'action du spirotetramat.	<b>12</b>
<b>2</b>	<i>Citrullus colocynthis</i> .	<b>16</b>
<b>3</b>	Extraction de <i>C. colocynthis</i> .	<b>19</b>
<b>4</b>	Cycle de vie de <i>B. germanica</i> (x 0,67).	<b>24</b>
<b>5</b>	Élevage de masse de <i>B. germanica</i> .	<b>25</b>
<b>6</b>	Traitement des blattes par voies orales.	<b>26</b>
<b>7</b>	Élevage larves âgées de <i>B. germanica</i> .	<b>26</b>
<b>8</b>	Adultes de <i>B. germanica</i> [A, B : Mâle et Femelle (x 0,67)]	<b>27</b>
<b>9</b>	Comportement sexuel chez <i>B. germanica</i> .	<b>30</b>
<b>10</b>	Enceinte close utilisée pour les tests d'accouplement.	<b>31</b>
<b>11</b>	Tube en forme de « Y » : Olfactomètre Bidirectionnel.	<b>33</b>
<b>12</b>	Taux de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de Spirotetramat.	<b>35</b>
<b>13</b>	Taux de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de spirotetramat	<b>36</b>
<b>14</b>	Taux de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de <i>C. colocynthis</i> .	<b>39</b>
<b>15</b>	Taux de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de <i>C. colocynthis</i> .	<b>40</b>
<b>16</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire.	<b>43</b>
<b>17</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de parade.	<b>44</b>
<b>18</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade.	<b>45</b>
<b>19</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de léchage.	<b>46</b>
<b>20</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps du premier léchage.	<b>47</b>
<b>21</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de tentative.	<b>48</b>
<b>22</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps de tentative.	<b>49</b>
<b>23</b>	Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur la durée d'accouplement.	<b>50</b>
<b>24</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire.	<b>52</b>
<b>25</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le nombre de parade.	<b>53</b>
<b>26</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade.	<b>54</b>
<b>27</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le nombre de léchage.	<b>55</b>
<b>28</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le temps du premier léchage.	<b>56</b>
<b>29</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le nombre de tentative.	<b>57</b>
<b>30</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur le temps de tentative.	<b>58</b>

<b>31</b>	Effet du <i>C. colocynthis</i> (1 µg/ml) sur la durée d'accouplement.	<b>59</b>
<b>32</b>	Photo comparative – vue ventrale d'un mâle (à gauche) et d'une femelle (à droite).	<b>74</b>
<b>33</b>	Conditionnement des rats au niveau de l'animalerie de l'université.	<b>75</b>
<b>34</b>	Test du labyrinthe en croix surélevé (EPM).	<b>78</b>
<b>35</b>	Test du champ ouvert.	<b>79</b>
<b>36</b>	Test de la nage forcée.	<b>80</b>
<b>37</b>	Taux de mortalité chez les rats traités (par gavage) par différentes doses de Spirotetramat.	<b>83</b>
<b>38</b>	Taux de mortalité chez les rats traités (par ingestion) par différentes doses de Spirotetramat.	<b>84</b>
<b>39</b>	Variation du poids corporel chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>139</b>
<b>40</b>	Variation du poids du cerveau chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>140</b>
<b>41</b>	Variation du poids des reins chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>141</b>
<b>42</b>	Variation du poids des ovaires chez les rattes témoins et traitées avec le Spirotetramat.	<b>142</b>
<b>43</b>	Variation du poids des testicules chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>143</b>
<b>44</b>	Variation du poids des épидидymes chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>144</b>
<b>45</b>	Variation du poids des glandes surrénales chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>145</b>
<b>46</b>	Variation du poids du foie chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>146</b>
<b>47</b>	Variation du poids des poumons chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.	<b>147</b>
<b>48</b>	Variation du poids corporel chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>148</b>
<b>49</b>	Variation du poids du cerveau chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>149</b>
<b>50</b>	Variation du poids des reins chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>150</b>
<b>51</b>	Variation du poids des ovaires chez les rattes témoins et traitées avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>151</b>
<b>52</b>	Variation du poids des testicules chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>152</b>
<b>53</b>	Variation du poids des épидидymes chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>153</b>
<b>54</b>	Variation du poids des glandes surrénales chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>154</b>
<b>55</b>	Variation du poids du foie chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>155</b>
<b>56</b>	Variation du poids des poumons chez les rats témoins et traités avec le <i>C. colocynthis</i> .	<b>156</b>

<b>57</b>	Coupes histologiques du foie des rats témoins et traités (Mâle et Femelle) au Spirotetramat et au <i>C. colocynthis</i> . (100x)	<b>176</b>
<b>58</b>	Coupes histologiques du rein des rats témoins et traités (Mâle et Femelle) au Spirotetramat et au <i>C. colocynthis</i> . (100x)	<b>177</b>
<b>59</b>	Coupes histologiques du testicule des rats témoins et traités au Spirotetramat et au <i>C. colocynthis</i> . (100x)	<b>178</b>

*Introduction  
générale*



## **1. Introduction générale :**

Les pesticides, encore appelés produits phytosanitaires, sont des substances chimiques qui contribuent de façon nécessaire et souvent indispensable à la sauvegarde, à la régularité et à la qualité de la production agricole (**ACTA, 2002**). Dès la fin de la seconde guerre mondiale, ces produits furent très employés dans le secteur agricole non seulement pour augmenter les rendements de productions mais également pour protéger les plantes tout au long de leur croissance vis-à-vis des organismes nuisibles animaux et végétaux, pouvant causer des dégâts dont les conséquences économiques peuvent parfois être très importantes pour une exploitation agricole, une région ou un pays (**Louchahi, 2015**).

En Algérie, l'utilisation des pesticides à usage agricole est de plus en plus fréquente, suite à l'augmentation des superficies cultivées. Ainsi, près de 400 substances actives de pesticides, dont environ 7000 spécialistes, sont commercialisées annuellement (**Bouziyani, 2007**) et constituent des outils nécessaires, voire indispensables pour les agriculteurs, puisqu'ils assurent la rentabilité de la majorité de leurs productions.

Cependant, **Deville et al., (2005)** rappellent que si l'utilisation de produits phytosanitaires est souvent nécessaire pour l'augmentation des productions agricoles, ils demeurent toxiques et leur usage reste tributaire de la maîtrise des modes d'usage ainsi que les risques pour la santé humaine et les milieux naturels susceptibles d'être affectés. Selon **Pesticide Action Network (2005)**, les pesticides sont utilisés dans les pays en développement en quantités excessives ou inadaptées et la récolte des légumes est faite sans respect des délais de sécurité. Ils laissent ainsi, inévitablement, des résidus qui pourraient nuire à la santé humaine et à l'environnement. **ACTA (2002)** rapporte également qu'au cours des traitements répétitifs aux pesticides sur des générations d'organismes nuisibles, des proportions de plus en plus grandes d'individus dans la population, et éventuellement la totalité de la descendance montrent une résistance à ces produits. **Cissé et al., (2001)** constatent qu'à l'heure actuelle, dans la plupart des pays développés la présence de résidus de pesticides dans l'environnement et dans les aliments semble ne plus poser de problèmes graves en santé publique du fait de la prise de conscience des risques encourus, de la mise en place de dispositions législatives et réglementaires strictes pour une utilisation plus rationnelle des pesticides. Par contre, dans les pays en voie de développement, en Afrique en particulier, beaucoup d'efforts restent à faire pour une meilleure gestion des pesticides. Dans ces pays, l'utilisation de pesticides engendre



les risques les plus importants à la fois pour la santé humaine et pour l'environnement. Selon l'OMS (1991), bien que les pays d'Afriques importent moins de 10 % des pesticides utilisés dans le monde, mais ils enregistrent plusieurs empoisonnements accidentels et plus de 75 % des cas mortels.

En Algérie, le contrôle de résidus des pesticides reste encore non généralisé et mal conçu, alors que l'ensemble des pays importateurs de notre production adopte des législations très strictes dans ce domaine. De plus, les laboratoires analysent rarement les produits alimentaires pour déterminer leur contenance en substances chimiques vu le manque d'équipements permettant l'analyse, le contrôle, le suivi et la gestion de ces produits toxiques (Medjdoub, 2013). C'est ainsi que la moitié des fruits et des légumes vendus sur les étalages, contiendraient ces substances chimiques (Chelabi, 2009). Pire encore, Merhi (2008) constate que des pesticides interdits de commercialisation et d'usage dans l'Union Européenne depuis les années 70 existent toujours en Algérie.

Par ailleurs, les bonnes pratiques agricoles en matière d'utilisation des pesticides ne sont pratiquement jamais respectées dans notre pays. En effet, les doses et la fréquence de l'emploi des pesticides ne sont pas toujours maîtrisées par les producteurs (Moussaoui *et al.*, 2001). Ainsi le surdosage et l'utilisation répétée de certains pesticides persistants sont enregistrés. Ceci peut entraîner la formation des zones d'accumulation au niveau du sol (Blair *et al.*, 1990; Albanis *et al.*, 1998). Les pesticides peuvent même s'infiltrer dans le sol et contaminer les nappes phréatiques (Barrette, 2006).

Les principales études effectuées sur l'impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine en Algérie concerne essentiellement la dégradation de certains produits organochlorés classés autant que polluants organiques persistants, notamment le DDT (insecticide) (Lamara, 2005 ; Irinislimane, 2007) ou la Métribuzine (herbicide (Moussaoui, 2010).



Les risques environnementaux sont les risques liés à l'environnement physique, chimique et biologique de l'homme et de tous les organismes vivants. Ils sont généralement dus à la présence de substances toxiques dans le milieu naturel, les aliments et l'eau de boisson (**Calvet *et al.*, 2005**). Les pesticides sont des dangers qui présentent des risques ; une grande partie des quantités appliquées n'atteint pas les cibles mais est dispersée dans l'environnement. Dans la pratique, après leurs épandages sur les cultures, les pesticides sont soumis à des phénomènes de non-déposition (interception, dérive, photolyse, volatilisation), de transport (ruissellement, érosion, lessivage, volatilisation), d'immobilisation (adsorption / désorption sur les particules du sol), de dégradation (hydrolyse) et de métabolisation (par les plantes et les microorganismes notamment) (**Barriuso *et al.*, 1997**). Apporté dans le sol, un pesticide peut être retenu par les minéraux et la matière organique, transporté dans l'eau et dans l'air et transformé à des degrés divers jusqu'à sa complète dégradation (**Calvet *et al.*, 2005**).

L'évaluation des risques pour l'environnement repose sur l'examen des propriétés toxicologiques et écotoxicologiques des matières actives et de leurs propriétés physicochimiques. On s'accorde très généralement sur le fait que l'impact environnemental d'un pesticide dépend du degré d'exposition (résultant de sa dispersion et de sa concentration dans l'environnement) et de ses caractéristiques toxicologiques (**Emans *et al.*, 1992**). Le devenir des pesticides dans l'environnement, c'est-à-dire, leur rétention, leur transport et leur dégradation, dépend donc de leurs propriétés que sont particulièrement la solubilité, la persistance, la volatilité, la mobilité et l'adsorbabilité (**Calvet *et al.*, 2005**).

Les effets toxiques aigus (fortes doses à courte durée) des humains à l'exposition aux pesticides peuvent prendre de nombreuses formes. Leur manifestation dépend de la dose reçue, la sensibilité de l'individu ainsi que le moyen d'exposition (inhalation, ingestion ou cutanée) (**Giroux, 2004**). Les symptômes les plus souvent associés à une intoxication aiguë aux pesticides sont les lésions, les irritations, les maux de tête, les nausées, les vomissements, la fatigue, les étourdissements, les troubles neurologiques et la perte d'appétit (**Giroux, 2004; Regnault-Roger, 2005**). Il y aurait plusieurs millions de cas d'intoxication aigus mondialement chaque année ainsi que des dizaines de milliers de décès (**Regnault-**



**Roger, 2005**). Ce type d'exposition a lieu surtout lorsque les indications concernant la manutention, l'entreposage et l'épandage de pesticides ne sont pas respectées (**Giroux, 2004**).

En ce qui concerne les effets chroniques (faibles doses à long terme), ceux-ci apparaissent généralement après un délai d'une durée de quelques jours à quelques années suite à une exposition aux pesticides (**Giroux, 2004**). On reproche aux pesticides de causer plusieurs maladies dont le cancer, parmi les cancers les plus souvent mentionnés le cancer du cerveau, du système lymphatique, des tissus mous et le cancer du sang (**MacFarlane et al., 2010 ; Sawada et al., 2010 ; Multigner et al., 2010**) Des effets sur la reproduction peuvent aussi se manifester, tels que l'avortement, la naissance prématurée, une diminution de la qualité des spermatozoïdes et une diminution de la fertilité (**Colborn et Carroll, 2007**). D'autres effets sur la santé humaine sont entraînés par une exposition aux pesticides tel que les perturbations du système endocrinien, du système immunitaire et neurologique (**Hermamowicz et al., 1982; Dewailly et al., 2000; Tayaa, 2014**).

Bien que les pesticides détruisent des organismes nuisibles pour l'agriculture, ces effets létaux peuvent aussi se répercuter sur d'autres organismes non visés. Parfois, les pesticides ne culminent pas à une destruction certaine, mais plutôt un affaiblissement de l'organisme en atteignant ses fonctions biochimiques et physiologiques (**Calvet et al., 2005 ;Tayaa, 2014**). Le niveau de toxicité dépend de plusieurs facteurs, le plus important étant les caractéristiques chimiques du pesticide en question ; Les autres facteurs d'importance sont la fréquence, la voie et le dosage de l'exposition (**Giroux, 2004**). Le mécanisme donnant lieu aux effets sur les organismes non visés peut être décrit comme suit. Tout d'abord, le pesticide passe en état biodisponible en quantité suffisante pour produire des effets sur l'organisme (**Calvet et al., 2005**). Ensuite, l'organisme absorbe les pesticides par l'une des voies d'exposition (cutanée, ingestion, ou inhalation). Une bioconcentration et/ou une bioaccumulation peut ensuite avoir lieu, selon les propriétés du pesticide, produisant des effets sur les organismes. Par ce mécanisme, les pesticides peuvent porter atteinte à plusieurs types d'organismes, soit les végétaux, les oiseaux, les amphibiens, les poissons, les mammifères ainsi que les humains.



Du fait des conséquences néfastes du contrôle chimique sur l'environnement et sur l'homme, qui se traduit par des phénomènes cancérogènes (**El Sayed et Donelson, 1997, Ishaaya et Horowitz, 1998**), le contrôle biologique vient d'être intégré afin de lutter contre les ravageurs. Les pesticides naturels, issus du développement de la biotechnologie, sont généralement définis comme provenant d'organismes vivants: animaux, plantes, bactéries ou certains minéraux (**Sporleder et Lacey, 2013**). Selon l'agence de protection de l'environnement (EPA), plus de 192 pesticides organiques actifs ont été enregistrés (**Cantrell et al., 2012**). Le contrôle biologique prend plusieurs formes, mais il s'agit maintenant de substances naturelles d'origine végétale qui attirent l'attention des chercheurs (**Boutaleb-Joutei, 2010**). Les plantes spontanées dans les zones arides sont considérées comme les ressources phytogénétiques ayant des intérêts agronomiques, économiques, écologiques et stratégiques (**UNESCO, 1960**).

Cette thèse s'articule sur trois parties principales : la première concerne les généralités sur les pesticides et la présentation des deux molécules insecticides utilisés dans cette étude. Alors que la deuxième partie a été consacrée à la toxicité des deux molécules sur le modèle invertébrés (*Blattella germanica*) et enfin la troisième partie présente l'effet de ses molécules sur les organismes non visé ou le model vertébré, le Rat Wistar.

*Chapitre 1 :*  
*Présentation*  
*des insecticides*



## 1. Généralité sur les pesticides :

Le terme de pesticide provient du mot anglais « *pest* » qui désigne toute espèce végétale ou animale nuisible aux activités humaines. Les pesticides regroupent un nombre important de molécules (**Bonan et Prime, 2001**). "Pesticides" est une appellation générique couvrant toutes les substances, molécules ou produits qui éliminent les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications (**Ramade, 2002**). Les pesticides sont appelés, aussi, produits phytosanitaires, produits agropharmaceutiques ou bien même produits antiparasitaires (**Periquet, 2004**).

Le monde agricole a connu une révolution qui l'a progressivement fait passer à une activité industrielle. L'augmentation des rendements s'est faite en parallèle à une utilisation intensive de produits phytosanitaires (**Karami et al., 2011**). Aujourd'hui, on assiste à une explosion de l'utilisation de ces produits souvent désignés avec une nuance péjorative par le public sous le terme de « pesticide » dans plusieurs domaines, agricole domestique, l'industrie et en médecine (**Rajapakse et al., 2012**).

Le but principal d'utilisation des pesticides dans le domaine de la médecine est l'amélioration de la santé publique, en particulier en luttant contre les insectes vecteurs de pathologies, contre certaines maladies comme paludisme, typhus et autres épidémies (**Benziane, 2012**).

Aujourd'hui, les pesticides sont caractérisés par une variété de structures chimiques, de groupes fonctionnels et d'activités, ce qui rend leur classification assez complexe (**Cietap, 2003**). D'une manière générale, les substances actives peuvent être classées soit en fonction de la nature de l'espèce à combattre (1ère système de classification), soit en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose (2<sup>ème</sup> système de classification).

Le premier système de classification repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles d'activités que sont les herbicides, les fongicides et les insecticides.



➤ **Les herbicides :**

Représente les pesticides les plus utilisés dans le monde, toutes cultures confondues. Ils sont destinés à éliminer les végétaux rentrant en concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance. C'est pourquoi, ils sont aussi bien utilisés pour l'entretien des voiries que pour le jardinage des particuliers. Les herbicides possèdent différents mode d'actions sur les plantes, ils peuvent être des perturbateurs de la régulation d'une hormone « l'auxine » (principale hormone agissant sur l'augmentation de la taille des cellules), de la photosynthèse ou encore des inhibiteurs de la division cellulaire, de la synthèse des lipides, de cellulose ou des acides aminés (Tomlin, 2003).

➤ **Les fongicides :**

Permettent quant à eux de combattre la prolifération des maladies des plantes provoquées par des champignons ou encore des bactéries. Ils peuvent agir différemment sur les plantes soit en inhibant le système respiratoire ou la division cellulaire. Soit en perturbant la biosynthèse des acide aminés, des protéine ou le métabolisme des glucides (Akcha *et al.*, 2008). Les fongicides s'attaquent aux spores des champignons en empêchant leur germination ou bloquent les divisions cellulaires des champignons.

➤ **Les insecticides :**

Sont utilisés pour la protection des plants contre les insectes. Ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction, différents type existent : les neurotoxique, les régulateur de croissance et ceux agissant sur la respiration cellulaire (Tomlin, 2003).

La plupart des insecticides sont des substances neurotoxiques (Scotti, 1978), elles provoquent une hyperactivité générale, perturbant les mouvements, l'alimentation et entraînent des tremblements et ou des convulsions, aboutissant à la paralysie et à la mort de la cible (Regnault- Roger, 2002). D'autres par contre agissent sur les mécanismes respiratoires (Park *et al.*, 2002) et pénètrent dans la cible soit par contact, soit par ingestion ou encore par inhalation (Regnault- Roger, 2002). Les insecticides tuent les insectes ou empêchent le déroulement normal d'une des



fonctions essentielles de leur cycle de vie (éclosion des oeufs par exemple) (**Tableau 1**) (**Periquet et al., 2004**).

À celles-ci s'ajoutent des produits divers tels que :

- Les acaricides (contre les acariens)
- Les nématocides (contre les nématodes)
- Les rodenticides (contre les rongeurs)
- Les taupicides (contre les taupes)
- Les molluscicides (contre les limaces et les escargots essentiellement)
- Les corvicides et Les corvifuges (contre les oiseaux ravageurs de culture et surtout les corbeaux) et enfin les répulsifs (**Tableau 2**).

**Tableau 1:** Modes d'action des insecticides (**Periquet et al., 2004**).

<p><b><u>Action sur le système nerveux</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Action sur les synapses et les neuromédiateurs</b></li><li>• <b>Action sur la transmission axonale.</b></li></ul>	<p><b><u>Action sur la cuticule</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Inhibition de la chitine</b></li></ul>
<p><b><u>Action sur la respiration</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Inhibition du transport des électrons dans les mitochondries</b></li><li>• <b>Inhibition de la phosphorylation Oxydative</b></li></ul>	<p><b><u>Perturbateurs de mue</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Action sur l'ecdysone</b></li><li>• <b>Action sur l'hormone juvénile</b></li></ul>



**Tableau 2** : Classification des principales familles chimiques de pesticides (**données issues de l'ACTA, 1999**).

INSECTICIDES	FONGICIDES	HERBICIDES	PRODUITS DIVERS
Organophosphorés organochlorés carbamates pyréthrinoïdes de synthèse carbinols sulfones et sulfonates amidinohydrzones carbamyl triazoles chloronicotiniles formamidines norpyréthrates phénylpyrazoles thiadiazines insecticides perturbateurs de mue acaricides divers produits d'origine biologique	Carbamates dérivés du benzène dérivés du phénol phénylurées quinones dicarboximides amines, amides diazines sulfamides et dérivés soufrés guanidines hétérocycles soufrés triazoles fongicides divers produits d'origine minérale soufre et cuivre	phénols nitrés benzonitriles diphényl éther phythormones carbamates dérivés de l'urée diazines et triazines triazinones imidazolinones amides ammonium quaternaires toluidines triazoles amino phosphonates dérivés de l'acide benzoïque dérivés phtaliques dérivés picoliniques dérivés de l'oxadiazole dérivés du benzofuranne cyclohexane dionesoximes sulfonylurées benzimides aryloxyphenoxypropionates herbicides divers	nématicides rodenticides taupicides corvifuges- corvicides molluscicides répulsifs d'oiseaux et de gibiers substances de croissance divers

Le deuxième système de classification tient compte de la nature chimique de la substance active qui compose majoritairement les produits phytosanitaires. Compte tenu de la variété des propriétés physico-chimique des pesticides disponibles sur le marché, il existe un très grand nombre de familles chimiques. Les plus anciennes et principaux groupes chimiques sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les triazines et les urées substituées (**Cietap, 2003**).

Pour mieux cerner l'effet des pesticides sur l'environnement et la santé humaine nous avons choisi deux insecticides : le Spirotetramat et le *Citrullus colocynthis*.



## 1.1. Le Spirotetramat :

Le Spirotétramat ou carbonate d'éthyle et de *cis*-3-(2,5-diméthylphényl)-8-méthoxy-2-oxo-1-azaspiro [4.5] déc-3-én-4-yle est un insecticide systémique à spectre limité classé dans la catégorie des dérivées de l'acide tétramique (**Bruck et al., 2009**). C'est la toute nouvelle classe d'insecticide dont l'action est d'inhiber la biosynthèse des lipides chez les insectes cibles (**Nauen et al., 2006**). Il est stable et ne se bioaccumulerait pas. En milieu terrestre, la principale voie de transformation du spirotétramat est la biotransformation. Le spirotétramat n'est pas persistant dans le sol et se dissipe en moins d'une journée en conditions de laboratoire et de terrain (**PRD, 2008-07**). Les principaux produits de transformation générés par la biotransformation du Spirotétramat dans le sol sont le spirotétramat-énol et le céto-hydroxy-spirotétramat. En conditions de laboratoire, la demi-vie pour ces transformations est de 3,3 à 12,3 j et de 1,5 à 16,7 j, respectivement (**Bruck et al., 2009**). La phototransformation sur le sol ne devrait pas constituer une voie de transformation importante pour le Spirotétramat.

Dans une étude en laboratoire, on a constaté que les principaux produits de transformation étaient le spirotétramat-énol, le céto-hydroxyspirotétramat et l'acide diméthylbenzoïque (**PRD, 2008-07**). L'acide diméthylbenzoïque se forme exclusivement par phototransformation, et il ne devrait pas être présent en concentrations élevées dans l'environnement (**Bruck et al., 2009**). En outre, la persistance de l'acide diméthylbenzoïque ne devrait pas soulever de préoccupations compte tenu de la structure relativement simple de ce composé (**PRD, 2008-07**). Le Spirotétramat est soluble dans l'eau (29,9 mg/l) et ne se liera pas fortement aux particules de sol. De telles caractéristiques chez un composé accroissent sa possibilité d'être lessivé. Le Spirotétramat n'est pas persistant aussi dans l'eau, où il se transforme en une journée environ par biotransformation (**PRD, 2008-07**).

Dans les études de laboratoire, les principaux produits de transformation générés par la biotransformation du spirotétramat en milieu aquatique aérobie sont le spirotétramat-énol et le céto-hydroxy-spirotétramate. En conditions aérobies, le spirotétramat-énol s'est montré plus persistant que le composé d'origine (demi-vie se situant entre 38 et 59 j), tandis que le céto-hydroxy-spirotétramate est stable (**PRD,**



**2008-07**). Le Spirotétramat s'hydrolyse pour donner du spirotétramaténol, lequel résiste à l'hydrolyse. La phototransformation pourrait aussi constituer une voie de dissipation du spirotétramat en milieu alcalin. D'après les résultats issus de l'étude sur la phototransformation dans de l'eau naturelle stérilisée (à pH 7,9), la demi-vie pour la phototransformation nette est de 0,22 j. La pression de vapeur ( $5,6 \cdot 10^{-9}$  Pa à 20 °C) et la constante de la loi d'Henry ( $6,99 \cdot 10^{-8}$  Pa. m<sup>3</sup>/mol) du Spirotétramat indiquent que ce produit n'est pas volatile dans l'environnement et qu'il ne devrait pas se volatiliser à partir des surfaces de l'eau ou de la surface des sols humides. Par conséquent, on ne s'attend pas à trouver des résidus de spirotétramat dans l'air, ou encore que ceux-ci fassent l'objet d'un transport à grande distance (**PRD, 2008-07**).

Le Spirotetramat est une substance intoxicante orale active principalement sur les insectes cibles immatures, le spirotetramat dispose également d'un fort effet inhibiteur sur la reproduction d'insectes cibles, les insectes adultes femelles pondent significativement moins d'œufs ou de descendance vivante avec un très faible taux de survie chez les jeunes. Ces facteurs contribuent à l'augmentation du contrôle résiduel des populations de ravageurs cibles. (**Bell, 2013**)

Après application sur le feuillage des plantes, le spirotetramat se déplace à travers la cuticule des feuilles, convertie en un acide faible, il est transloqué principalement dans le phloème et un peu dans le xylème des plantes traitées. (**Bell, 2013**). Doté d'une double systémie (ascendante et descendante), le Spirotetramat se diffuse d'une manière homogène dans toute la plante traitée (**Bayer Algérie SPA**) assurant le contrôle sur les insectes nuisibles visés se nourrissant sur le feuillage de la plante et ses racines, la suppression des nématodes ainsi que la protection des jeunes pousses. (**Bell, 2013**). Le Spirotetramat agit par inhibition de la biosynthèse des lipides engendrant ainsi :

- le blocage des mues chez les jeunes stades en développement des cochenilles.
- la stérilité des femelles
- l'arrêt de la production de la coque protectrice (bouclier) de la cochenille, augmentant ainsi sa sensibilité à des agents externes ou ennemis naturels. (**Bayer Algérie SPA**)



Dans les essais de développements biologiques à travers le monde, le Spirotetramat s'est avéré être très efficace contre les pucerons, les cochenilles, les psylles, certaines espèces de thrips et aleurodes (mouches blanches). (Bell, 2013). La période optimale d'application du Spirotetramat (Movento® 150) se situe entre la fixation de la larve et la formation du bouclier. C'est-à-dire, du stade larve fixée jusqu'au stade L2 (Bayer Algérie SPA) (Fig. 1).

La même étude a fait état chez *Anas platyrhynchos* de la réduction de la production d'oeufs, du taux d'éclosion et du poids corporel des petits (Concentration Sans Effet Observé CSEO = 28,8 mg m.a. /kg d'aliment) et chez *Colinus virginianus* de la réduction du poids corporel moyen à l'éclosion et du pourcentage d'embryons viables/oeufs pondus (CSEO = 264 mg m.a. /kg d'aliment). Dans des études à long terme, on a observé chez *Daphnia magna* une diminution du nombre de descendants par parent (ARLA, 2006e). La même étude a noté une inhibition de la formation des coquilles chez les huitres. Dans un essai de toxicité aux premiers stades vitaux sur *Pimephales promelas*, on a vu que le spirotétramat avait des effets nocifs sur le taux d'éclosion (CSEO 33 j = 1,16 mg m.a./l), la survie des alevins (CSEO 33 j = 0,534 mg m.a./l) et la croissance (1,16 mg m.a./l) (ARLA, 2006d). L'étude de sa toxicité aiguë a donné chez *Oncorhynchus mykiss* une CL50-96 h= 2,54 mg m.a. /l et une CSEO de 0,825 mg m.a. /l (ARLA, 2006c), chez *Cyprinodon carpio* une CL50-96 h = 2,59 mg m.a./l (ARLA, 2006a) et chez *Lepomis macrochirus* une CL50-96 h = 2,2 mg m.a. /l (ARLA, 2006b).

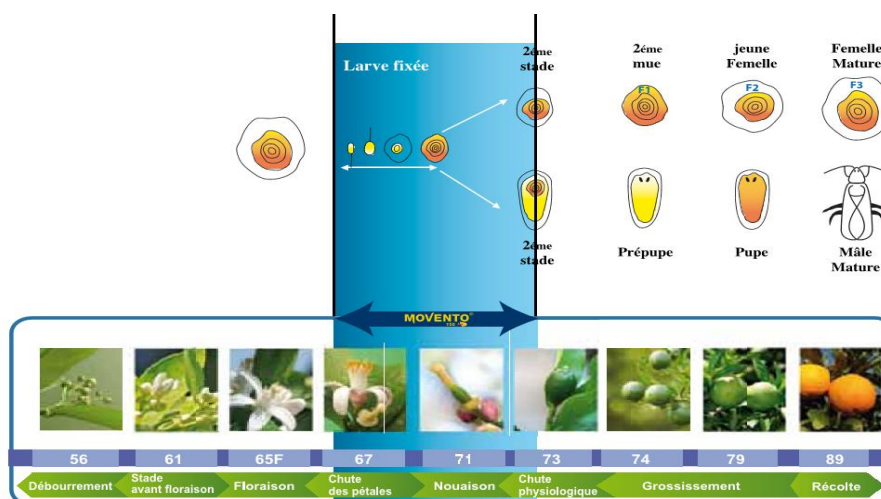


Figure 1 : Mode d'action du Spirotetramat.



Selon l'étude 2005- 1314138 de l'Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire (**ARLA, 2005**), le comportement pharmacocinétique du spirotétramat se caractérise chez le rat par une absorption et une élimination plasmatique rapide. Le produit était dans une large mesure absorbé, 89 à 98% de la radioactivité récupérée au total ayant été excrétés par voie rénale. L'analyse quantitative par autoradiographie du corps entier a permis de constater que les plus fortes concentrations de la substance et de ses métabolites se trouvaient dans le foie, les reins, le tractus gastro-intestinal, la vessie et le sang (**ARLA, 2005**). L'étude menée dans le cadre de l'évaluation toxicologique du Spirotétramat indique qu'il ne s'est montré ni cancérigène, ni génotoxique.

Ce produit n'était pas non plus tératogène chez le lapin (**PRD, 2008**). Chez le rat, la tératogénicité ne se manifestait qu'à des doses toxiques pour les mères (**ARLA, 2005**). On a noté une variabilité de la réponse toxicologique selon les espèces soumises aux essais, variabilité qui pourrait refléter des différences de métabolisation. Les souris se sont montrées relativement insensibles à la substance à l'essai; par contre, des effets nocifs ont été notés chez les rats et les chiens. Chez le rat, les mâles ont semblé plus sensibles aux effets toxiques du Spirotétramat que les femelles; il a été établi que le système reproducteur mâle (spermatozoïdes, testicules et épидидymes) était une cible de la toxicité.

Des effets toxiques sur les spermatozoïdes ont été enregistrés chez les mâles de la génération F1 à des doses plus faibles que chez les mâles de la génération parentale (**ARLA, 2005**). Il semblerait que l'espèce la plus sensible soit le chien, ceci d'après les effets constatés sur le thymus et le système nerveux central et d'après les perturbations des hormones thyroïdiennes observées. Une diminution des taux d'hormones thyroïdiennes a invariablement été relevée dans toutes les études sur le chien (**ARLA, 2004**). On a noté des signes cliniques de neurotoxicité ainsi qu'une pathologie cérébrale chez le chien (**PRD, 2008**).

Les propriétés physico-chimiques du spirotetramat sont résumées dans le Tableau 3.



**Tableau 3 : Description et propriétés du spirotetramat (Agence de la lutte antiparasitaire, 2008).**

Propriété	Résultat
Matière active	Spirotetramat
Utilité	Insecticide
Nom chimique	1. Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) : cis-4-(éthoxycarbonyloxy)-8-méthoxy-3-(2,5-xylyl)-1- azaspiro[4.5]déc-3-én-2-one 2. Chemical Abstracts Service (CAS) : carbonate d'éthyle et de cis-3-(2,5-diméthylphényl)-8-méthoxy-2-oxo-1-azaspiro[4.5]déc-3-én-4-yle
Couleur et état physique	Liquide blanc
Odeur	Pas d'odeur caractéristique
Point de fusion	142 °C
Point ou plage d'ébullition	Sans objet
Numéro CAS	203313-25-1
Formule moléculaire	C <sub>21</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>5</sub>
Poids moléculaire	373,45 g/mol
Formule développée :	
Pureté nominale de la matière active	97,37 % (limites : 96 % à 100 %)



**Tableau 4 : Toxicité aiguë du spirotetramat (Agence de la lutte antiparasitaire, 2008).**

Type d'étude	Espèce	Résultats	Commentaire
Voie orale (méthode de l'ajustement des doses [Up-and-Down Procédure])	Rat	DL50 > 2 000 mg/kg p.c.	Toxicité faible
Voie cutanée	Rat	DL50 > 2 000 mg/kg p.c.	Toxicité faible
Inhalation	Rat	CL50 > 4,183 mg/L	Toxicité faible

### 1.2. La coloquinte (*Citrullus colocynthis*) :

C'est une espèce proche de la pastèque. Elle est fortement tolérante à la sécheresse et se trouve dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie. La coloquinte, originaire des sols arides, est très fréquente dans les régions tropicales humides ou modérément sèches, elle est peu présente dans les zones tempérées (Bruneton, 1996). Elle occupe une région très vaste qui s'étend du Nord-Africain, du Sahara, Egypte, Arabie Saoudite jusqu'au Inde, ainsi que la région méditerranéenne (John et Cincinnati, 1898 ; Batanouny *et al.*, 1999).

C'est une plante annuelle ou vivace, liane herbacée à tiges angulaires, rampantes ou migrantes, munies de fleurs jaunes verdâtres à sexes séparés, pédonculées, solidaires aux axilles des feuilles. Les feuilles sont larges de 5 à 10cm de longueur, rugueuses et découpées en 3 à 7 lobes. Chaque plante produit 15-30 fruits appelés gourdes, de 30 cm de diamètre, dont la couleur varie du jaune clair au roux, de pulpe intérieur spongieuse dans laquelle se fixent les graines (Debuigne, 1984; Chiali, 1973).

Le screening phytochimique de différentes parties de la coloquinte (racines, tiges, graines et feuilles) permet de caractériser les familles de composés chimiques existants dans la plantes. Les graines de coloquinte contiennent 26,6% d'huiles, 13,5% des protéines, 2,1% des cendres, 52,9% des fibres brutes, 4,9% d'azote libre et contient 322 mg/100g de potassium, 119 mg/100g de phosphore et 3,3 mg/100 g de fer (Sawaya *et al.*, 1986). Elles contiennent aussi la phytosteroline (ipurand), 2



phytostérols, 2 hydrocarbures, saponines, alcaloïdes, polysaccharides, glycosides, et des tanins, comme métabolites secondaires (Duke, 1978) (Fig. 2). Le tableau 3 résume la composition en métabolite secondaire des différentes parties de la coloquinte (*C. colocynthis*) (Azzi & Boumellah, 2002).



Figure 2. *C. colocynthis* (Merabti, 2016)

**Classification :**

- Règne : *Plantae*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : *Viuolaes*
- Famille : *Cucurbitaceae*
- Genre : *Cirtullus*
- Nom binominal : *Citrullus colocynthis*(L) (Schard, 1838).

**Les noms vernaculaires du *C. colocynthis***  
**(Carter, 1997; Batanouny, 1999; Sincich, 2002)**

- **Arabe:** Handal, Hadag, Handhal, Hantal, Hadjja
- **Berber :** Taberka, Tefersite, Tadjellet
- **Français :** coloquinte, chicotin
- **Anglais :** Colocynth, bitter apple, bitter gourd
- **Allemand :** Bitterzitrulle, Bitterapfel
- **Inde :** Tumba ou Gartoomba
- **Italien :** coloquintida, popone amaro coloquinte.



**Tableau 5 :** Composition en métabolites secondaires des différentes parties de la coloquinte (Azzi, 2013).

Métabolites	Partie	Composés	Références
Flavonoïdes	Fruits	isovitexine, iso-orientine 3'-methyl ether iso-orientine	Maatooq <i>et al.</i> , 1997
	Partie aérienne	8-C- <i>p</i> -hydroxybenzoyl- iso-vitexine, 6-C- <i>p</i> -hydroxylvitexine 8-C- <i>p</i> -hydroxybenzoyl- iso-vitexine 4' -O-glucoside	
Saponines	Fruits	2-O-B-D glucopyranosyl cucurbitacine I, J, K et L	Seger <i>et al.</i> , 2005
Glycosides	Fruits	2-O-β-D-glucopyranosyl-cucurbitacine I, 2-O-β-D-glucopyranosyl-cucurbitacine E, 2-O-β-D-glucopyranosyl-cucurbitacine L 2-O-β-D-glucopyranosyl-(22-27) hexano cucurbitacine I	Natiq <i>et al.</i> , 1989
		trois flavone glycosides : isosaponarine, isovitexine et isoorientine 3'-O- méthyle éther; deux glycosides cucurbitacines : 2-O-β-D-glucopyranosyl-cucurbitacine I 2-O-β-Dglucopyranosyl-cucurbitacine L	Delazar <i>et al.</i> , 2006
		deux nouveaux glycosides triterpéniques cucurbitacines : colocynthosides A et B	Yoshikawa <i>et al.</i> , 2007
	Pulpe	α-élaterine-2-D-glycopyranoside	El Khadem et Abdel-Rahman, 1963
Alcaloïdes	Fruits	- une choline - dérivés de la pyridine : C10 H15 N O3 et C20 H32 NO - le dérivé de la pyridine ou de la quinoline : C16H24NO7	Darwish-Sayed <i>et al.</i> , 1973

Selon **Hartwel, (2002)**, cette plante est utilisée comme remède pour le cancer. Le carcinome, l'endothélium, la leucémie, les tumeurs du foie et de la rate et même de l'œil. Les expériences de **Hollander (2001)** montrent que la solution de *Citrullus colocynthis* exerce une action motrice secondaire sur l'utérus et l'intestin du lapin et une action inhibitrice primaire suivi d'une action motrice secondaire sur le cœur de la grenouille (**Nations et Nuto, 2002**). En 1995, une équipe de chercheurs d'Emirat Arabes Unis montrent après une étude menée sur 24 plantes, que le *Citrullus*



*colocynthis* a une activité anti-inflammatoire. D'autre part l'extrait des racines possède une activité antitumorale et anticancéreuse (**Benmahdi, 2000**).

La coloquinte contient un principe alcaloïdique qui a un effet violemment purgatif, ainsi que de l' $\alpha$ -élatérine mais pas de  $\beta$ -élatérine (isomère actif). La colocynthine ou la citrulene, qui est un glucoside, se compose d'un alcaloïde et d'un alcool cristallisable, le citrullol. Les racines contiennent de l' $\alpha$ -élatérine et les graines une huile jaune brunâtre qui renferme notamment un alcaloïde, un glucoside et de la saponine (**Chopra et al., 1960**). **Tessie et al. (1975)**; **Gamlath et al. (1988)** et **Dinan et al. (2004)** signalent l'existence d'un composé triterpène tétracyclique appelé cucurbitacine isolé des feuilles et des fruits de coloquinte et qui présente des effets anti-appétants. C'est un antagoniste des hormones stéroïdiennes des insectes.

Il y a plusieurs modes d'utilisation :

- La coloquinte est utilisée en dermatologie et contre la chute des cheveux et indiquée pour le traitement du rhumatisme et les piqûres de scorpions (**Benmahdi, 2000**).
- La coloquinte est très utilisée contre les hémorroïdes en application locale soit seule, soit associée à des feuilles de tabac.
- Les feuilles sont utilisées contre l'hémorragie. Elles sont prescrites pour soulager les douleurs des membres inférieurs, le dos et les articulations (**Banarjee et Dandiya, 1967**).
- Concernant le traitement du diabète par la coloquinte, plusieurs modes d'utilisation ont été mentionnés :
  - Mettre une graine sous la langue 2 à 3 fois par jour.
  - Fruits frais coupés en tranche utilisés sous les pieds.
  - Préparation d'une poudre à partir de l'épicarpe séché et mélangé avec les aliments en petite quantité (**Merzouki et al., 2000**).
- *C. colocynthis* est utilisée en tant qu'abortif et pour traiter l'hémorroïdes, les infections bactériennes et le cancer (**Kumar et al., 2008**). Sa consommation à des doses plus ou moins importantes peut provoquer divers accidents comme des diarrhées sanglantes et violentes, des douleurs abdominales, des douleurs épigastriques et rénales et une névralgie faciale (**Galvez Contreras et al., 1996**). Les feuilles et les fruits sont particulièrement toxiques pour les moutons. La dose de 0,25



à 10 g/kg provoque la mort des animaux en 4 à 5 jours avec difficulté de respiration consécutive à une hémorragie pulmonaire, une entérite, une chute de poils et des diarrhées. Une quantité de 800 mg/kg de l'extrait éthanolique des feuilles de cette espèce est une dose toxique pour les rats et peut entraîner la mort de 60% de ces derniers après 24 heures (Elawad *et al.*, 1984; El Wasfi, 1994). Les études de la toxicité sur des petits ruminants suggèrent que la consommation du fruit endommage essentiellement le foie, les reins et l'appareil gastro-intestinal (Yaniv *et al.*, 1999).

### 1.2. Préparation de l'extrait éthanolique du *C. colocynthis* :

Nous avons récupéré les graines du fruit de la plante et les sécher à une température ambiante. Puis on les broyer à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre fine. Cinq cent gramme de la poudre sont macérés dans un litre d'éthanol absolue (99,8 %) pendant 24 heures. Après filtration, le filtra a fait l'objet d'une évaporation en utilisant une plaque chauffante à une température de 50°C. La pâte récupérée a été conservé à 4°C jusqu'à l'utilisation (Fig. 3).

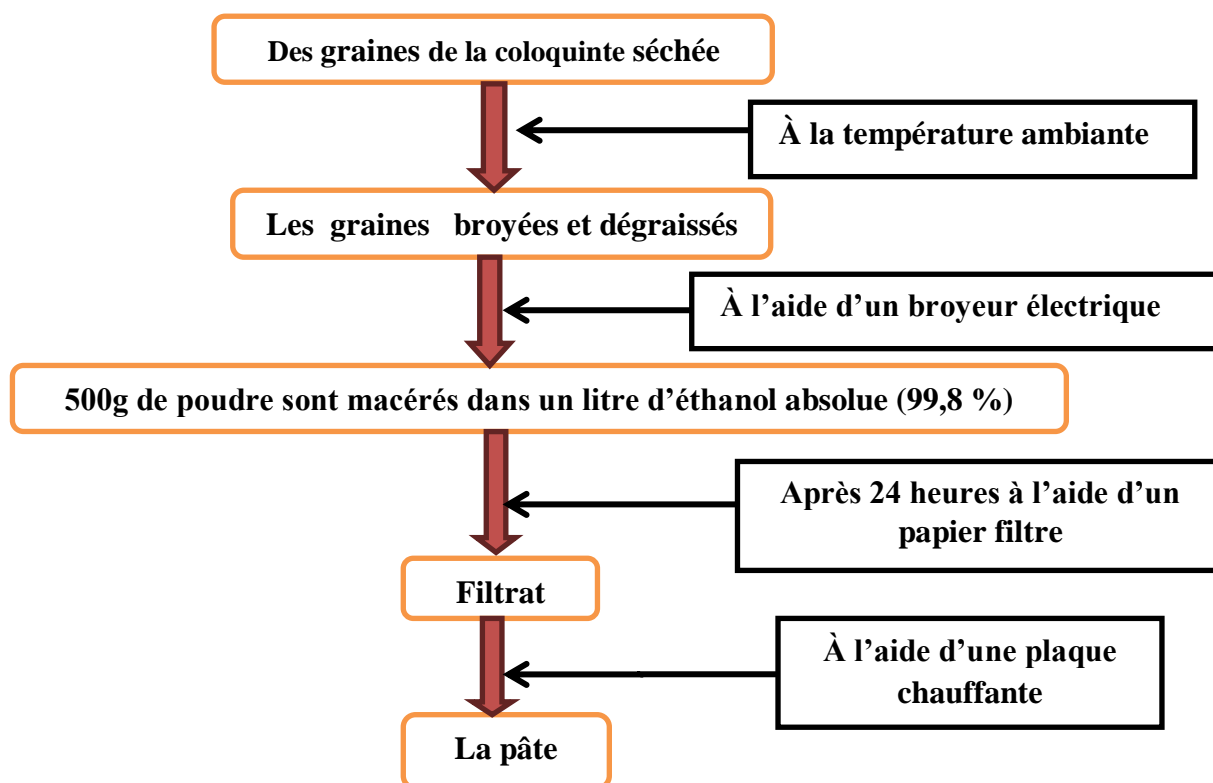


Figure 3. Extraction de *C. colocynthis*.

*Chapitre 2 :*  
*Les effets*  
*insecticides sur*  
*la blatte*  
*germanique*



## 1. Introduction :

Dans les mentalités collectives, la blatte renvoie immédiatement à l'image de cet insecte rampant la nuit dans les cuisines et qui inspire le dégoût. Il faut savoir que les blattes encore appelés cafards ou cancrelats comptent plus de 4330 espèces (**Vélez, 2008**), et que seulement 0,5% d'entre elles sont considérées comme nuisibles (**Bell William et al., 2007**). On retrouve des traces d'insectes au corps aplati dès le carbonifère (période s'étalant approximativement de -360 à -290 millions d'années), qui porte le surnom d'ère des cafards mais ces ancêtres auraient donné naissance à plusieurs taxons, l'apparition des cafards se situerait plutôt pendant le crétacé (-145 à -65 millions d'année).

Les blattes ont investi tous les milieux même si on les trouve préférentiellement en milieu tropical où ils représentent 24% des arthropodes de la canopée (**Legendre, 2007**). Ce sont des insectes détritivores pour la plupart, ils se nourrissent de déchets de feuilles, de bois mort, d'animaux morts, ils sont en quelques sortes les éboueurs de la nature. Leurs modes de vie sont très variés, ils peuvent en effet être grégaires (groupes d'individus de la même espèce rassemblés dans le même endroit mais non organisés ni engagés dans des comportements de coopération), subsociaux (les adultes prennent soins de leurs jeunes pendant une certaine période de temps) ou solitaires, en font un objet d'étude très intéressant pour les évolutionnistes. Leur classification est complexe et est encore actualisée régulièrement. Ils sont extrêmement résistants et sont capables de survivre à des taux de radiations élevés.

Les blattes sont abondantes dans les forêts, de formes très variées et largement répandues à travers le monde (**Grandcolas, 1998**) ; mais restent mal connues (**Grandcolas, 2000**). Les blattes sont des espèces omnivores, qui s'accommodent à toutes sortes de nourriture (**Gordon, 1996**). Dans les forêts, elles se nourrissent de débris végétaux et participent ainsi à la décomposition des feuilles et à la formation de l'humus (**Habbachi, 2013**). Au niveau du bassin méditerranéen **Chopard (1951)** a recensé 46 espèces forestières. Seulement une vingtaine des espèces de blattes est identifiée comme des domestiques (**Garfield, 1990**).

Parmi les espèces de blattes domestiques identifiées, il convient de citer *Periplaneta americana* (**Linnaeus, 1758**), *Blatta orientalis* (**Linnaeus, 1758**), *Supella longipalpa* (**Fabricius, 1798**) et *Blattella germanica* (**Linnaeus, 1767**). Ces espèces domestiques, sont abondantes dans les milieux chauds (**Grandcolas, 1998**) et leur régime omnivore (**Gordon, 1996**) leur permet, une accommodation en aliments variés. En outre, les blattes se



caractérisent par une photophobie, une résistance aux conditions difficiles et un important pouvoir de fécondité (**Grandcolas, 1998**). Les blattes domestiques transportent de nombreux agents pathogènes (**Cornwell, 1968; Roth et Willis, 1957**) et constituent un important problème en terme d'hygiène et de santé humaine (**Monk et pembrok, 1987; Le Guyader et al., 1989; Guerrier et Noiret, 1991; Cloarecet al., 1992; Rivault et al., 1993; Robert, 1996; Grandcolas, 1998**). Les blattes peuvent potentiellement transmettre des maladies infectieuses comme l'hépatite, le choléra et la tuberculose (**Gordon, 1996 ; Tokuda et al., 2008**); leur présence peut aussi déclencher des crises d'asthme (**Peden et Reed, 2010; Sheehan et al., 2010**) ou encore des allergies (**Stankus, 1990; Rust et al., 1995; Hasche et Zumofen, 1999 ; Rosenfeld et al., 2010; Mindykowski et al., 2010 ; Oseroff et al., 2012**). Les blattes sont également à l'origine de nuisance ou d'inconfort car leur présence est synonyme de malpropreté, d'odeurs désagréables et de dégoûts (**Rivault et al., 1995; Grandcolas, 1998**). La blatte germanique est l'espèce la plus répandue sur la planète et en Algérie, elle constitue également une espèce prédominante (**Habes et al., 2001**). Elle est responsable de 90% des infestations rapportées (**Elie, 1998**).

La résistance aux insecticides peut être définie comme "une modification héréditaire dans la sensibilité d'une population d'organismes nuisibles, se traduisant par l'échec d'un produit pour atteindre le niveau escompté de contrôle, lorsque le produit est utilisé conformément aux recommandations requises pour cette espèce nuisible" (**IRAC, 2008**). Cependant, celle-ci peut se développer à cause d'une utilisation abusive ou inadaptée. Les espèces invasives sont des espèces à haut pouvoir d'adaptation, elles évoluent très vite et continuellement pour maintenir leur place dans leur environnement biologique. Il n'est donc pas étonnant que les espèces invasives aient rapidement développé des résistances vis à vis des insecticides. La résistance va progresser lorsque la variation génétique qui survient naturellement permet à une faible proportion de la population de résister et de survivre transmettant la résistance à leurs descendants.

La lutte contre les insectes nuisibles nécessite de plus en plus l'utilisation de molécules nouvelles, sélectives, non toxiques pour les organismes utiles, biodégradables et ne provoquant pas une résistance chez les espèces cibles (**Idrissi Hassani et Hermas, 2008**). La recherche a permis de développer des insecticides moins toxiques et/ou plus spécifiques, comme les phéromones (**Blomquist et al., 2005**), les régulateurs de croissance (**Horowitz et Ishaaya, 2002 ; Dhadialla et al., 2005**) et la lutte biologique. La lutte biologique consiste à



détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal (**Lacey et Orr, 1994**).

Dans ce travail, nous avons évalué la toxicité des deux insecticides le Spirotetramat (produit chimique) et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (produit d'origine végétal) sur les adultes de *B. germanica*, cette étude toxicologique est suivie par une étude comportementale, olfactive et sexuelle, sur ces insectes traités.

Après une étude de la toxicité des ces deux insecticides sur la blatte germanique et afin de mieux cerner l'effet direct et/ou différé de ces produits, nous nous sommes penchés sur l'effet potentiel du Spirotetramat et de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur les différentes phases comportementales conduisant à l'accouplement, et ce, en utilisant des concentrations sublétales. Nous avons, aussi, évalué l'effet des produits sur l'attractivité sexuelle et grégaire des insectes.



## 2. Matériel & méthodes :

### 2.1. *Blattella germanica* :

La blatte germanique, *B. germanica*, est une espèce de petite taille (10 à 15mm de longueur), qui se caractérise par une couleur brune tirant sur le jaune et par deux bandes longitudinales de couleur noire sur le pronotum. Elle est capable de se déplacer très rapidement (130 cm/seconde) et peut facilement grimper sur des surfaces verticales rugueuses ou lisses. Les adultes femelles sont de couleur plus sombre et possèdent un corps trapu et un abdomen arrondi, alors que chez les mâles l'abdomen est plus effilé.

#### *Position systématique de l'insecte étudié*

Embranchement : Arthropodes	Sous Embranchement : Mandibulates
Classe : Insectes	Sous-Classe : Aptérygotes
Super-Ordre : Blattopteroiidae	Ordre : Dictyoptera
Sous-Ordre : Blattaria	Super-Famille : Blaberoidae
Famille : Blattellidae	Sous-Famille : Blattellinae
Genre : <i>Blattella</i>	espèce : <i>germanica</i>

*B. germanica* est une espèce domestique cosmopolite (**Gordon, 1996 ; Guillaumin et al., 1969 ; Miller et Koehlen, 2003**). Les adultes femelles, qui peuvent vivre près de 6 mois au laboratoire (**Cornwell, 1968**), produisent en moyenne 4 à 6 oothèques, contenant jusqu'à une trentaine d'œufs, durant leur vie. Les oothèques sont déposées près d'une source de nourriture peu avant l'éclosion (**Tanaka, 1976 ; Gordon, 1996**). Le temps d'incubation des œufs dépend des conditions extérieures. Dans les conditions de température les plus favorables (30°C environ), l'éclosion des larves a lieu 17 jours environ après l'accouplement. Les jeunes larves qui éclosent sont molles, de couleur blanchâtre et, après tannage de la cuticule en quelques heures, prennent une couleur brunâtre. Les larves sont aptères (**Willis et al., 1958**). Le développement larvaire présente 5 à 7 stades successifs séparés par des mues (**Wattiez et Beys, 1999**) (**Fig. 4**).

Comme la plupart des blattes, *B. germanica* est une espèce grégaire et nocturne. La journée, elle reste cachée dans des lieux chauds, humides et sombres : fissures de murs,



tuyaux d'écoulement, cuisinières, placards, compartiments à moteur, réfrigérateurs. On la trouve en grand nombre dans les cuisines, les boulangeries, les magasins d'alimentation, les hôtels, les restaurants, les habitations, les hôpitaux, etc...) (Grandcolas, 1996).

Les blattes sont généralement omnivores et sont particulièrement attirées par les substances en fermentation et la nourriture destinée à la consommation humaine (Gordon, 1996) ; cette dernière peut être contaminée, soit par transfert mécanique des agents provoquant des maladies à partir du corps de l'insecte, soit par transmission dans les excréments. Les blattes représentent des vecteurs potentiels de maladies comme la dysenterie, les gastroentérites, la fièvre typhoïde et la poliomyélite ; elles peuvent causer des réactions allergiques graves (Durier et Rivault, 2003).

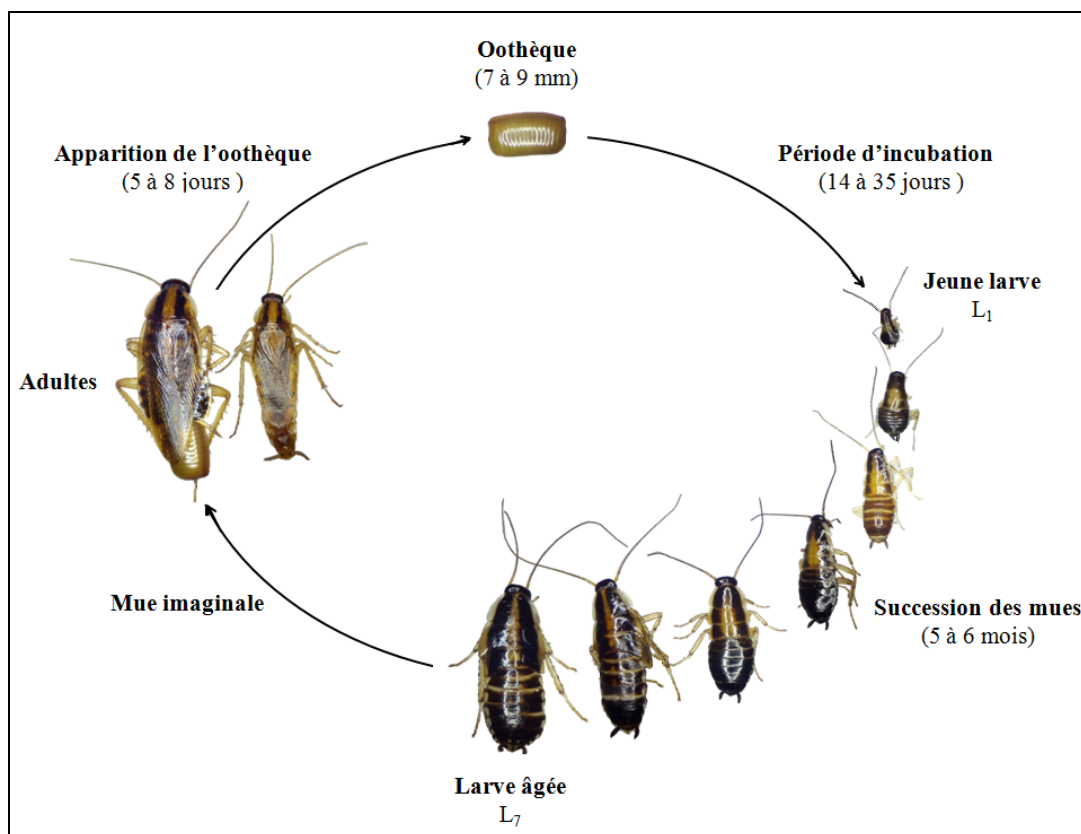


Figure 4. Cycle de vie de *B. germanica* (x 0,67) (El Bah, 2017).

## 2.2. Elevage de masse :

Les élevages de masse (Fig. 5) se font dans des boîtes en plastiques transparentes présentant des orifices grillagées. Des cartons à œufs font office d'abris. Les blattes sont nourries de biscuits (croquettes) pour chien et abreuvés grâce à des tubes remplis d'eau et bouchés par du coton ; ces tubes assurent également l'humification du milieu. L'élevage est



maintenu à une température de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , une hygrométrie de 70 à 80% et une scotophase de 12 : 12 (Fig. 5).



Figure 5. Élevage de masse de *B. germanica* (Cliché Bekhakheche)

### 2.3. Effets toxicologiques directes des insecticides sur *Blattella germanica* :

#### 2.3.1. Traitement :

Les jeunes adultes (juste après la mue imaginale) sont isolés et regroupés par sexe (n=10) dans des boîtes (9,5 x 6,5 x 2cm) contenant une croquette pour chien (aliment) et un tube d'eau additionné de diverses concentrations de spirotetramat (5µg/ml, 10 µg/ml, et 20 µg/ml) et/ou de l'extrait éthanolique de la *C. colocynthis* (1µg/ml, 3 µg/ml, 5µg/ml, 10 µg/ml et 13 µg/ml) (Fig. 6). Les blattes témoins (n=10) reçoivent de l'eau pure.

Pour chaque produit (spirotetramat et/ou *C. colocynthis*) et chaque concentration, le traitement est répété trois fois (10 individus/répétition) et le suivi de la mortalité se fait pendant 30 jours ; on note quotidiennement le nombre d'individus mort pour déterminer les concentrations létales et les temps létaux (CL50%, CL90%, TL50% et TL90%).

Le test se fait au laboratoire dans les mêmes conditions décrites précédemment.

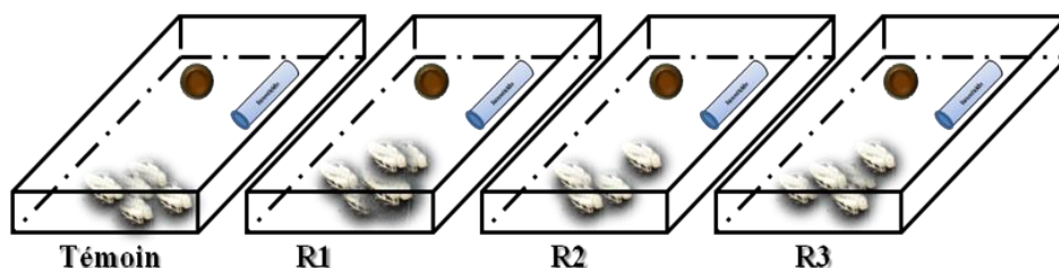


Figure 6. Traitement des blattes par voies orales.

## 2.4. Effets toxicologiques différés des insecticides sur le comportement sexuel :

### 2.4.1. Elevage des adultes isolé :

Dans une boîte d'élevage nous avons isolés uniquement les larves âgées ce qui nous a permis de suivre et récupérer quotidiennement les adultes dès la mue imaginale (Fig. 7). Les adultes âgés de zéro jour sont regroupés isolés selon leur sexe jusqu'au huitième jour (âge de la maturité sexuelle). Ces insectes sont élevés dans les mêmes conditions décrites précédemment.



Figure 7. Élevage larves âgées de *B. germanica*.

L'identification des mâles et des femelles de la blatte germanique se fait à l'œil nu grâce à la forme des ailes et des extrémités abdominales chez cette espèce (Fig. 8).



**Figure 8.** Adultes de *B. germanica* (El Bah, 2017).

[A, B : Mâle et Femelle (x 0,67)]

Pour mettre en évidence l'effet du spirotetramat et de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur le comportement sexuel, nous avons traité les individus de la blatte germanique par des concentrations sublétale de ces produits dès la mue imaginale. Le traitement se fait par ingestion (c'est-à-dire dans l'eau) (Tab. 6).

**Tableau 6:** Concentrations sublétale de Spirotetramat et de la *C. colocynthis*

Produit	Concentration sublétale
Spirotetramat	5µg/ml
Extrait éthanolique de la <i>C. colocynthis</i>	1µg/ml

#### 2.4.2. Comportement sexuel :

##### *Description du comportement sexuel chez B. germanica :*

Chez *B. germanica*, le comportement sexuel se compose très schématiquement de cinq phases successives (Fig. 9) : l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergaes du mâle par la femelle et enfin l'accouplement (Tokro, 1984 ; Clynen *et al.*, 2011 ; Habbachi, 2013 ; Bell *et al.*, 2014).

Le rapprochement des sexes est favorisé par l'existence d'une phéromone sexuelle femelle sensu stricto ; elle adopte une position caractéristique, peu spectaculaire et difficile à observer (ouverture furtive de l'atrium génital) pendant qu'elle émet sa phéromone sexuelle volatile, Blattellaquinone (Fig. 9-A) (Liang et Shall, 1993 ; Nojima *et al.*, 2005). Le mâle ne



présente pas de modification comportementale et il n'y a pas de posture particulière associée à la détection la phéromone sexuelle femelle (Tokro, 1984).

Le mâle ainsi attiré vient au contact de la femelle ; il fléchit ses pattes antérieures, baisse la tête et les antennes se déplaçant dans toutes les directions jusqu'à ce qu'il entre en contact de la femelle (Nishida et Fukami, 1983). Il lui faut environ de cinq à trente secondes pour la percevoir.

Le mâle et la femelle se reconnaissent mutuellement à l'aide des contacts antennaires (Fig. 9-B) ; lorsqu'un mâle arrive au contact d'une femelle, ses antennes sont presque verticales puis il les abaisse brusquement afin qu'elles la touchent. Souvent la femelle relève aussi ses antennes pour établir des contacts avec lui (Tokro, 1984 ; Bell *et al.*, 2014). Ils discriminent le sexe du partenaire grâce aux nombreux chimiorécepteurs de contacts présents sur leurs antennes (Masson et Brossut, 1981 ; Nishida et Fukami, 1983).

Le contact mutuel déclenche chez le mâle un comportement de parade (Fig. 9-C), il tourne son abdomen vers la femelle et relève brusquement ses ailes, lui présentant ainsi les glandes tergaux (Bell *et al.*, 2014). Il répète cet acte une dizaine de fois en moyenne. Les ailes, qui restent relevés quelques secondes (une minute au maximum), forment un angle de 30° à 90° environ avec le reste du corps. Il découvre complètement ses tergites abdominaux sur lesquels se trouvent les glandes tergaux (partie antérieure des tergites 7 et 8), la cuticule à cet endroit présente de profondes modifications (Hales et Breed, 1983 ; Gemeno et Schal, 2004 ; Lihoreau *et al.*, 2008). Au repos, ces glandes sont cachées par le bord postérieur des tergites 6 et 7 et par les ailes. Les glandes tergaux sont visibles à l'œil nu ; il suffit de relever les ailes et de presser le thorax pour distendre l'abdomen. Souvent, on peut même apercevoir la sécrétion tergale aphrodisiaque (film liquide) au fond et au bord des dépressions cuticulaires (Rust *et al.*, 1995). Pendant qu'il parade, les antennes du mâle restent toujours en contact avec le corps ou les antennes de la femelle (Nishida et Fukami, 1983).

La femelle, réceptive et excitée, monte sur le dos du mâle pour lécher les sécrétions tergaux, ce qui la place dans une position favorable à l'accouplement (Fig. 9-D) (Hall, 1994). La sécrétion des glandes tergaux ne constitue pas uniquement un message sensoriel perçu par contact. Les palpes labiaux (surtout) de la femelle sont constamment en mouvement, mais l'observation des pièces buccales montre que la sécrétion est « léchée » et absorbée. Le léchage est assez bref (10 à 40 secondes). Durant le léchage, la tête de la femelle est au-dessus des tergites 7 et 8, l'abdomen du mâle est aplati contre le sol et les cerques arrivant sous le



thorax de la femelle. Il arrive qu'une femelle léchant les sécrétions tergaux refuse de s'accoupler, elle s'éloigne. Le mâle, qui la suit en gardant le contact antennaire et relevant de temps en temps les ailes, continue de la suivre en la touchant de ses antennes puis finit par renoncer (**Tokro, 1984 ; Habbachi, 2013**).

Lorsque la femelle est sur le dos du mâle, ce dernier étend progressivement son abdomen sous la femelle et agrippe les genitalia à l'aide de son phallomère. Une fois l'accouplement réalisé, le mâle se retourne et les deux individus se retrouvent en position opposée (**Fig. 9-E**) (**Bell et al., 2007**). Tandis que le mâle reste immobile, la femelle est plus active et se déplace en "tirant" le mâle derrière elle. L'accouplement dure environ 45 à 70 minutes.

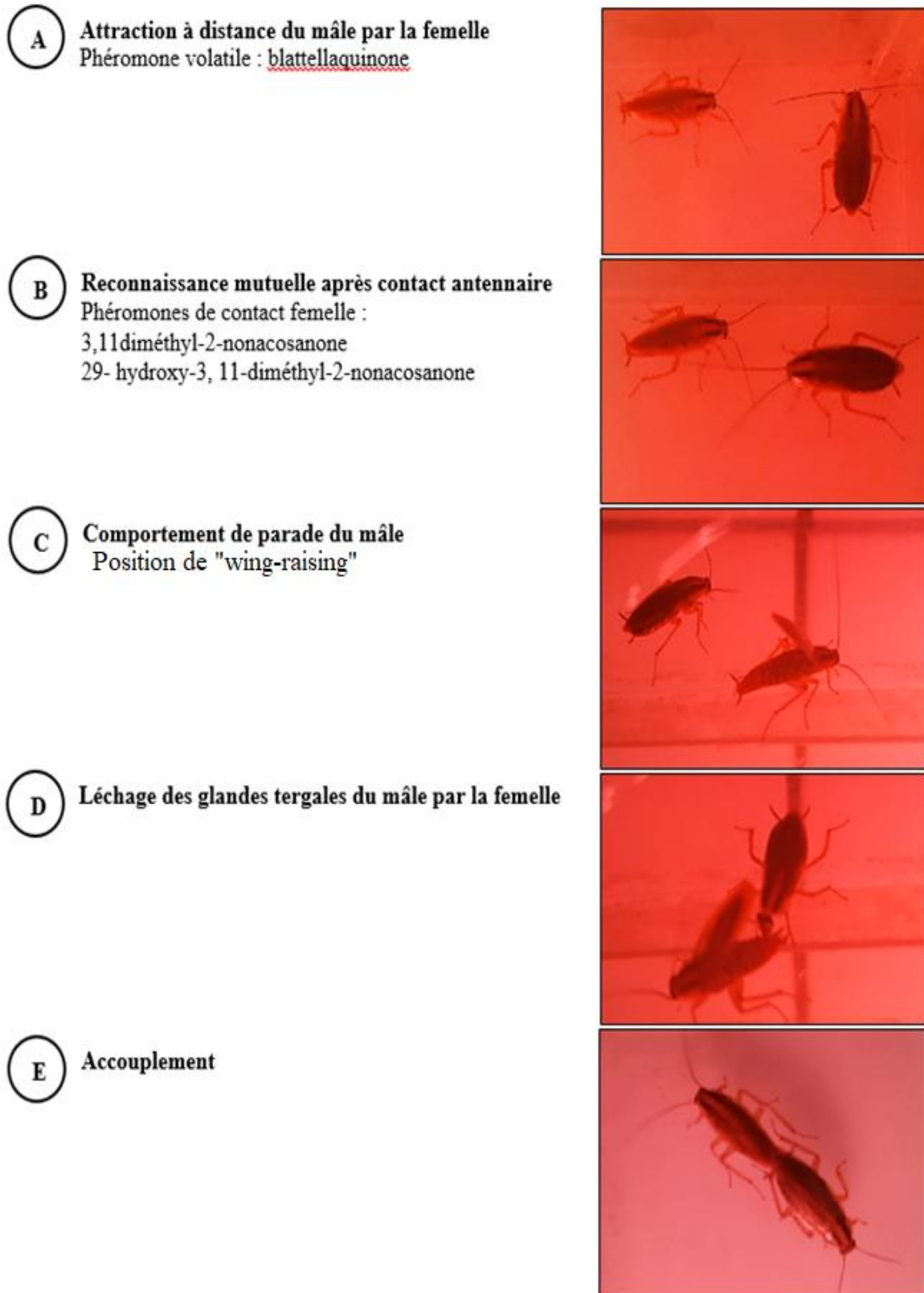


Figure. 9 : Comportement sexuel chez *B. germanica* (Habbachi, 2013).

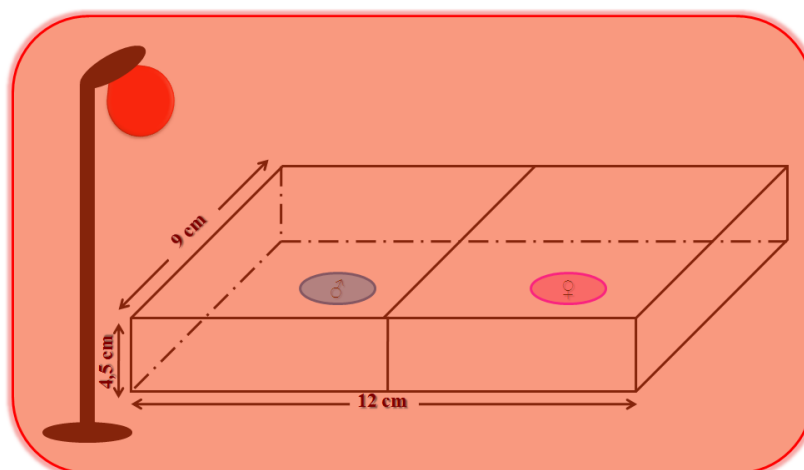


### **Effet du traitement sur le comportement sexuel :**

Pour déterminer l'effet des produits sur le déroulement du comportement sexuel (sur les différentes séquences conduisant à l'accouplement), nous avons réalisés des tests en enceinte close. Les testes consiste en une étude de l'effet des deux produits insecticides sur les différentes séquences du comportement sexuel de la blatte. Tous les individus testés sont des adultes (mâles et femelles) naïfs sexuellement et âgés de 08 jours. Les tests se déroulent dans une salle obscure, fermée, couvrant le maximum de bruit venant de dehors. Les tests se font dans une boîte grillagée (17,5 x 11,5 x 7 cm) sous lumière rouge de faible intensité que les blattes ne perçoivent pas (**Barth, 1964**) (**Fig. 10**). Les conditions de température et d'humidité de la salle de test sont les mêmes que celle de l'élevage. On a réalisé quatre types de tests:

- Mâles témoins x Femelles témoins (n=10)
- Mâles témoins x Femelles traités (n=10)
- Mâles traités x Femelles témoins (n=10)
- Mâles traités x Femelles traités (n=10)

Pour chaque couple, nous introduisons la femelle à l'extrémité de l'enceinte et quelques minutes ensuite nous introduisons le mâle à l'extrémité opposée. On note les différents temps et séquences menant à l'accouplement : premier contact antennaire, le temps de la première parade de qui correspond au début de l'introduction du mâle jusqu'au moment du « Wing-Raising », le nombre de parade, le temps du premier léchage, nombre de léchage, le temps de la première tentative, le nombre des tentatives et la durée d'accouplement est aussi enregistrée s'il est réussi.



**Figure 10.** Enceinte close utilisée pour les tests d'accouplement.



### **Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle :**

Pour cette étude, nous avons préparé quatre extraits des blattes adultes (témoins et traités). Quelques minutes avant l'extraction, on a anesthésié les blattes âgées de 08 jours (témoins et traités) par le froid. Dans six flacons contenant un 1 ml d'hexane, on plonge complètement et séparément les adultes témoins et traités par les concentrations sublétales des produits utilisés (spirotetramat et extrait de *C. colocynthis*). Cinq minutes après, nous filtrons les extraits et nous les conservons au congélateur jusqu'à leur utilisation.

Les différents extraits que nous avons préparés et utilisés sont les suivants :

- Extrait d'un mâle témoin,
- Extrait d'une femelle témoin,
- Extrait d'un mâle traité avec le Spirotetramat (5 µg/ml),
- Extrait d'une femelle traitée avec le Spirotetramat (5 µg/ml),
- Extrait d'un mâle traité avec l'extrait éthanolique de la *C. colocynthis* (1µg/ml),
- Extrait d'une femelle traitée avec l'extrait éthanolique de la *C. colocynthis* (1µg/ml).

Afin de démontrer l'existence d'un effet insecticide des produits utilisés sur l'attractivité sexuelle et grégaire de la blatte germanique, nous avons utilisé un olfactomètre bidirectionnel qui un tube en forme « Y » (branche principale : 30 cm de long, branches secondaires 20 cm de long) (**Fig. 11**). L'olfactomètre en verre est traversé par un faible courant d'air pur filtré sur une cartouche de charbon activé. La vitesse du courant d'air, arrivant en amont des branches secondaires, est contrôlée par un débitmètre et fixée à 10 ml/min afin d'éviter toute réponse anémotactiques de l'insecte.

Les tests se déroulent dans une salle obscure, fermée, couvrant le maximum de bruit venant de dehors et sous lumière rouge de faible intensité que les blattes ne perçoivent pas (**Barth, 1964**) (**Fig. 11**). Les individus à tester (n=10) sont placés dans une petite boîte menée d'une porte grillagée (6x5x4,5 cm) qui permet de libérer l'insecte dans la branche principale de l'olfactomètre alors que le papier filtre imbibé par les extraits (préparés précédemment) est placé dans l'une des deux branches secondaires, 5 à 10 minutes avant le début du test. Le début du test correspond au moment de libération de la blatte dans la branche principale du tube « Y », on note le temps de détection qui correspond au moment de l'introduction de la blatte jusqu'au moment où elle effectue son choix, le choix de l'insecte et le temps qu'il met pour arriver à la source odorante (le papier filtre).



**Figure 11** : Tube en forme de « Y » : Olfactomètre Bidirectionnel.

[1- Boîte ; 2-Tube en forme « Y » (Olfactomètre) ; 3-Lampe rouge ; 4- Compresseur ; 5- Manomètre ; 6- Conduit à air]

## 2.5. Analyse statistique des données :

### 2.5.1. Tests de toxicité :

En ce qui concerne les résultats obtenus pour l'étude toxicologique, nous avons calculé, selon les procédés mathématiques de **Finney (1971)**, les concentrations létales (CL50% et CL90%) et les temps létaux (TL50% et TL90%) pour chacun des produits insecticides utilisés. Pendant les 30 jours d'exposition aux insecticides, la variable mesurée est le nombre des individus morts quotidiennement. Le taux de mortalité observé est corrigé par la formule d'Abott qui permet de connaître la toxicité réelle aux insecticides. Les différents taux subissent une transformation angulaire d'après les tables de Bliss. Les données sont ainsi normalisées et font l'objet d'une analyse de variance sur XLStat 2014. Les données obtenues sont alors transformées en Probits, ce qui permet d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des concentrations utilisées ou les temps d'exposition. Le test « Chi2 » permet un bon ajustement de la droite (**Finney, 1971**) ; à partir de cette droite, on calcule les concentrations létales ou les temps létaux.



### 2.5.2. Les tests comportementaux :

Les différents temps obtenus pour l'étude du comportement sexuel ont été analysés par des méthodes métriques descriptives donnant, la moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum. Les résultats sont présentés en Box-plots et ont fait l'objet d'une analyse des variances sur le logiciel XLSTAT2014 (Addinsoft, New York, NY). Les résultats des tests éthologiques obtenus en olfactomètre sont comparés en utilisant la simulation de Monte-Carlo, basé sur un test  $\chi^2$  au seuil  $\alpha=0,05$  (Vaillant & Derrij, 1992).



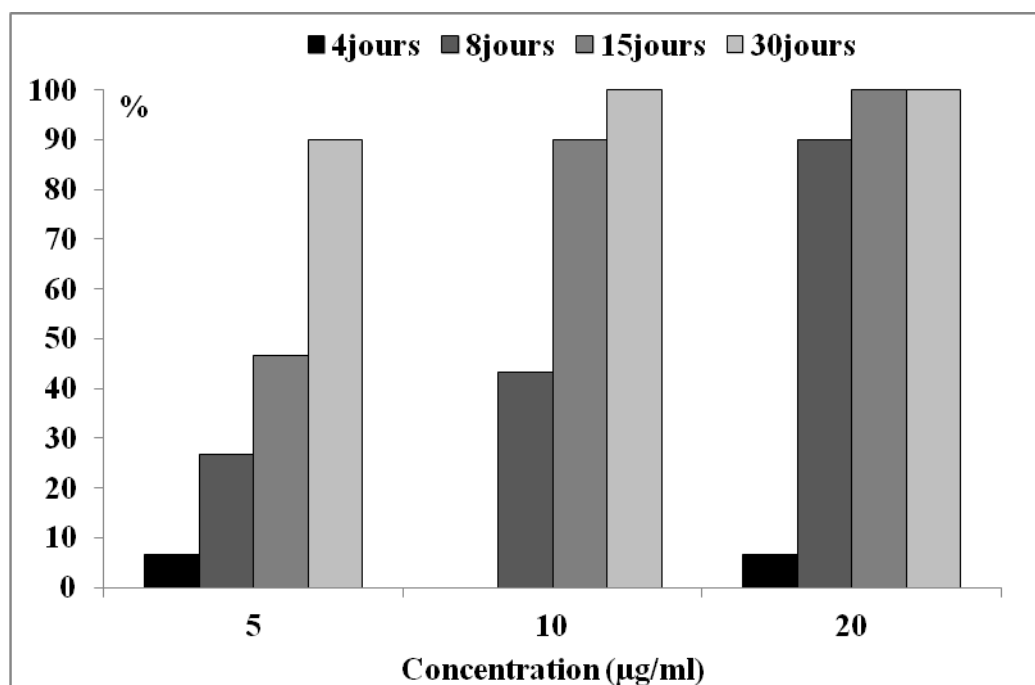
### 3. Résultats :

#### 3.1. Etude toxicologique :

##### 3.1.1. Effet du Spirotetramat sur la mortalité de *B. germanica*:

Nous avons testé l'activité des différentes concentrations du Spirotetramat sur la mortalité des adultes (mâles et femelles) de *B. germanica*.

Chez les mâles, lorsque nous avons utilisé la concentration 5  $\mu\text{g/ml}$ , le Spirotetramat, provoque environ 6,70 % de mortalité chez les mâles après 4 jours d'exposition, 26,70 % après 8 jours de traitement, 46,70 % après 15 jours et 90% au bout du 30<sup>ème</sup> jour d'exposition au spirotetramat (5  $\mu\text{g/ml}$ ) (**Fig. 12**). Pour la concentration de 10  $\mu\text{g/ml}$ , le taux moyen de mortalité de 43,3 % au 8<sup>ème</sup> jour du traitement mais la mortalité peut atteindre un taux de 90 % à 100 % après 15 et 30 jours d'exposition (**Fig. 12**). La plus forte concentration de 20  $\mu\text{g/ml}$  provoque une mortalité de 90 % après 8 jours d'exposition (**Fig. 12**).



**Figure 12.** Taux de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de Spirotetramat.

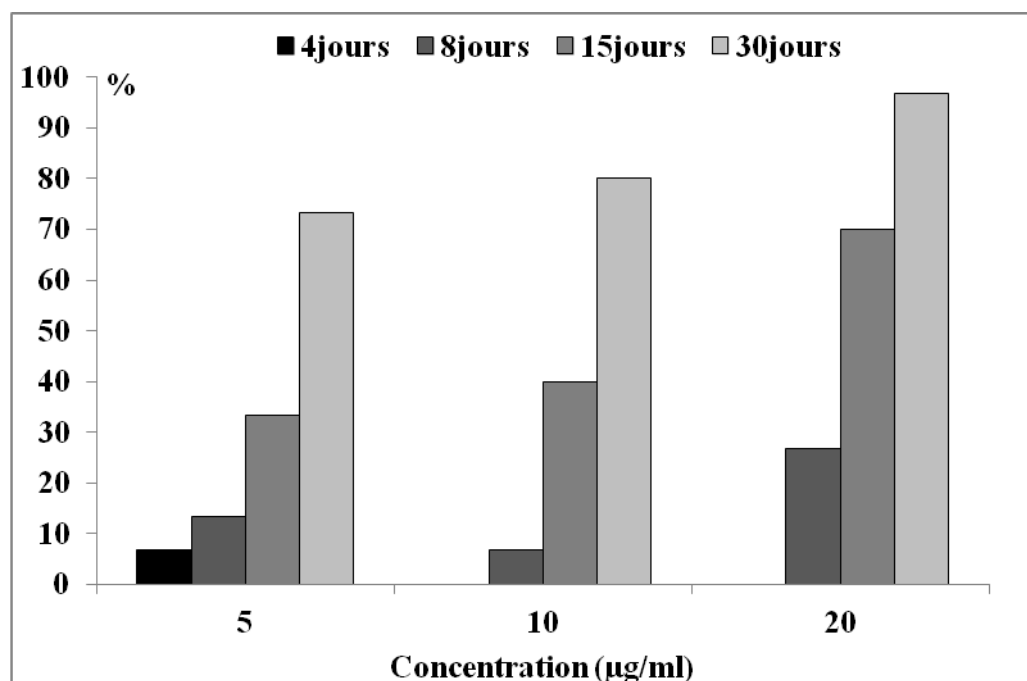
L'analyse statistique (comparaison des variances) montre qu'il existe des différences hautement significatives entre la mortalité enregistrée pour les trois concentrations utilisées (**Tab. 7A**). Nous avons, également, enregistré qu'il y a une différence significative entre la mortalité observée en fonction des temps d'exposition pour la concentration du produit la plus faible (5  $\mu\text{g/ml}$ ) et/ou la plus forte (20  $\mu\text{g/ml}$ ) (**Tab. 7B**).

**Tableau 7** : Comparaison entre les taux de mortalité des mâles traités par le Spirotetramat.

(A) En fonction des concentrations			(B) En fonction du temps d'exposition		
	F <sub>obs</sub>	P		F <sub>obs</sub>	P
<b>4 jours</b>	8	<b>0,02*</b>	<b>5 µg/ml</b>	6,52	<b>0,02*</b>
<b>8 jours</b>	3,42	<b>0,1</b>	<b>10 µg/ml</b>	3,6	<b>0,07</b>
<b>15 jours</b>	4,00	<b>0,07</b>	<b>20 µg/ml</b>	12,8	<b>0,002***</b>
<b>30 jours</b>	1,61	<b>0,3</b>			

[\* : Différents significativement]

Chez les femelles, les résultats obtenus montrent que la concentration de 5 µg/ml provoque 6,7% de mortalité après 4 jours, 13,3% après 8 jours, 33,3% au 15<sup>ème</sup> jour du traitement et 73,3% au bout de 30 jours (**Fig. 13**). Pour la concentration de 10 µg/ml nous avons observé que le Spirotetramat n'affecte que 6,7% des femelles après 8 jours d'exposition et 40% à 15 jours du traitement alors qu'au 30<sup>ème</sup> jour nous avons enregistré un taux de mortalité de 80% (**Fig. 13**). Les résultats obtenus montrent que la plus forte concentration de 20 µg/ml provoque une mortalité variant de 26,7% (après 4 jours de traitement) à 96,7% (après 30 jours de traitement) (**Fig. 13**).

**Figure 13.** Taux de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de Spirotetramat.

Chez les femelles, l'analyse statistique des résultats montre qu'il existe des différences hautement significatives entre la mortalité enregistrée pour les trois concentrations utilisées au bout de 4 jours de traitement (**Tab. 8A**). Pour la mortalité observée en fonction



des temps d'exposition au Spirotetramat, aucune différence n'a été enregistrée pour toutes les concentrations testées (**Tab. 8B**).

**Tableau 8:** Comparaison entre les taux de mortalité des femelles traitées par le Spirotetramat.

(A) En fonction des concentrations			(B) En fonction du temps d'exposition		
	F <sub>obs</sub>	P		F <sub>obs</sub>	P
<b>4jours</b>	16	<b>0,003**</b>	<b>5 µg/ml</b>	2,23	<b>0,16</b>
<b>8jours</b>	2,40	<b>0,17</b>	<b>10 µg/ml</b>	1,68	<b>0,25</b>
<b>15jours</b>	1,72	<b>0,25</b>	<b>20 µg/ml</b>	3,01	<b>0,09</b>
<b>30jours</b>	2,89	<b>0,13</b>			

[\* : Différents significativement]

**Paramètres toxicologiques du Spirotetramat :**

Les résultats consignés dans le tableau 10 résument les concentrations létales de Spirotetramat pour 8, 15 et 30 jours d'exposition. Ces derniers montrent qu'il y a une forte corrélation positive entre le taux de mortalité et le temps d'exposition des blattes à différentes concentrations de l'insecticide. Comme le montre nos résultats, les mâles sont plus sensibles au Spirotetramat que les femelles (**Tab. 9**).

Au bout de 8 jours de traitement, les résultats montrent que la mortalité des femelles de *B. germanica* ne dépend pas des concentrations utilisées, on enregistre une faible corrélation positive entre les taux de mortalité et les concentrations utilisée ( $R^2 = 0,38$ ) (**Tab. 9**).

**Tableau 9 :** Paramètres toxicologiques du Spirotetramat (concentrations létales).

Temps d'exposition	Mâles			Femelles		
	Droite de régression	CL50 (µg/ml)	CL90 (µg/ml)	Droite de régression	CL50 (µg/ml)	CL90 (µg/ml)
<b>8 jours</b>	Y=1,99+3,16X (R <sup>2</sup> =0,91)	<b>8,96</b>	<b>22,78</b>	Y=3,11+0,82X (R <sup>2</sup> =0,30)	<b>210,7</b>	<b>7244,3</b>
<b>15 jours</b>	Y=0,30+6,33X (R <sup>2</sup> =0,97)	<b>5,52</b>	<b>8,80</b>	Y=3,36+1,58X (R <sup>2</sup> =0,88)	<b>10,91</b>	<b>70,48</b>
<b>30 jours</b>	Y=3,84+4,06X (R <sup>2</sup> =0,75)	<b>1,93</b>	<b>3,99</b>	Y=4,06+2,03X (R <sup>2</sup> =0,88)	<b>2,90</b>	<b>12,40</b>

En ce qui concerne les temps létaux, les calculs toxicologiques montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre la mortalité des adultes et les temps d'exposition puisque le coefficient de corrélation varie entre 0,88 et 0,98 (**Tab. 10**). On note aussi, que plus les



concentrations en Spirotetramat augmentent plus les temps létaux diminuent, et ce, aussi bien chez les mâles que chez les femelles (Tab. 10).

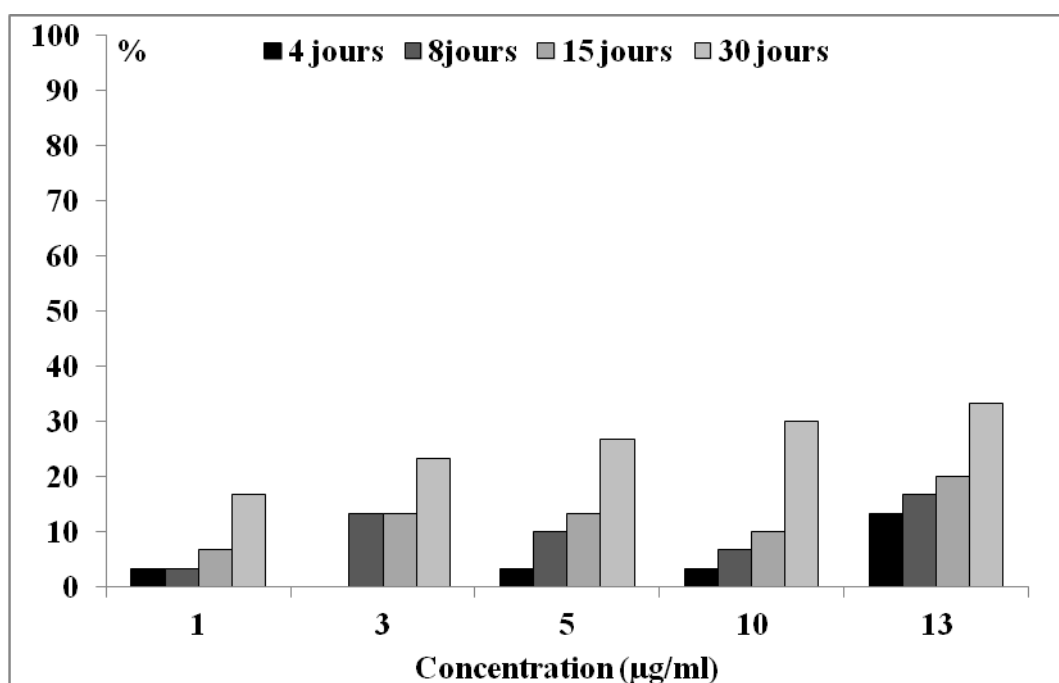
**Tableau 10** : Paramètres toxicologiques du Spirotetramat (temps létaux).

Concentrations	Mâles			Femelles		
	Droite de régression	TL50 (j)	TL90 (j)	Droite de régression	TL50 (j)	TL90 (j)
5 µg/ml	$Y=1,60+3,05X$ ( $R^2=0,98$ )	12,88	33,88	$Y= 1,89+2,41X$ ( $R^2=0,96$ )	19,50	66,07
10 µg/ml	$Y=4,90+9,47X$ ( $R^2=0,94$ )	10,96	15,14	$Y= -3,17+6,44X$ ( $R^2=0,92$ )	18,62	29,51
20 µg/ml	$Y=0,37+6,19X$ ( $R^2=0,88$ )	5,62	8,91	$Y= -3,54+7,43X$ ( $R^2=0,88$ )	14,12	20,90

### 3.1.2. Effet du *C. colocynthis* sur la mortalité de *B. germanica*:

L'activité insecticide de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur *B. germanica* a été aussi évaluée à travers une série de tests toxicologiques.

Les résultats de cette étude montrent que la concentration de 1 µg/ml de *C. colocynthis*, provoque environ 3,33 % de mortalité chez les mâles après 8 jours d'exposition, 6,67 % de mâles meurent après 15 jours du traitement et 16,67% au bout du 30<sup>ème</sup> jour d'exposition (Fig. 14). Pour la concentration de 3 µg/ml, le taux moyen de mortalité des mâles est de 13,33 % au 8<sup>ème</sup> jour et après 30 jours d'exposition la mortalité ne dépasse pas 23,33 % (Fig. 14). Pour les concentrations 5 µg/ml et 10 µg/ml de *C. colocynthis* les résultats indiquent un taux de 3,33 % au bout du 4<sup>ème</sup> jour du traitement, la mortalité des mâles atteint un taux moyen 26,67% à 33,33% au 30<sup>ème</sup> jour (Fig. 14). Les taux de mortalité des mâles élèvent lorsqu'on augmente la concentration de l'extrait utilisé. La plus forte concentration de 13 µg/ml provoque une mortalité de 13,33 % après 4 jours d'exposition, 13,67% à 8 jours d'exposition, 20% à 15 jours et au bout de 30 jours la mortalité peut atteindre un taux maximal de 33,33% (Fig. 14).



**Figure 14.** Taux de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de *C. colocynthis*.

La comparaison des variances montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre la mortalité des mâles enregistrée pour les quatre concentrations des extraits de *C. colocynthis* (**Tab. 11**). Nos résultats révèlent qu'il y a des différences significatives entre les taux de mortalité selon les temps d'exposition des blattes mâles aux extraits de la plante (**Tab. 11**). Ces résultats indiquent que la mortalité des mâles est surtout fonction des temps d'exposition des blattes au *C. colocynthis* (**Tab. 11**).

**Tableau 11 :** Comparaison entre les taux de mortalité des mâles traités par le *C. colocynthis*.

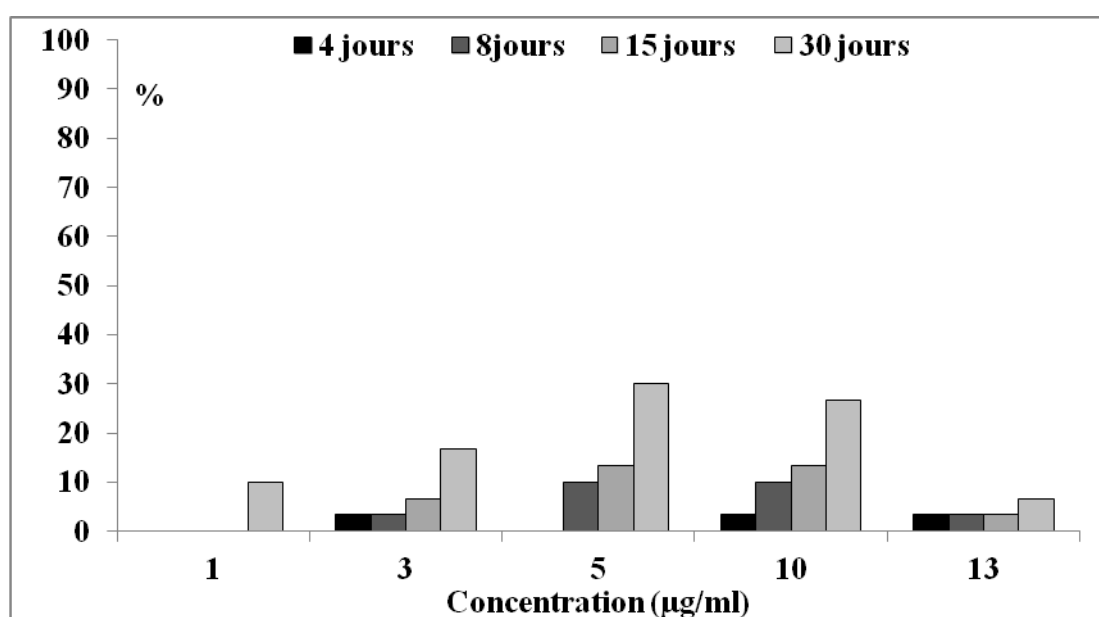
<i>(A) En fonction des concentrations</i>			<i>(B) En fonction du temps d'exposition</i>		
	$F_{obs}$	$p$		$F_{obs}$	$P$
<b>4jours</b>	4	<b>0,03*</b>	<b>1 µg/ml</b>	0,89	<b>0,49</b>
<b>8jours</b>	4	<b>0,03*</b>	<b>3 µg/ml</b>	4,68	<b>0,04*</b>
<b>15jours</b>	2,04	<b>0,16</b>	<b>5 µg/ml</b>	1,94	<b>0,20</b>
<b>30jours</b>	0,11	<b>0,97</b>	<b>10 µg/ml</b>	4,67	<b>0,04*</b>
			<b>13 µg/ml</b>	1,78	<b>0,23</b>

[\* : Différents significativement]



La figure 15 résume les différents taux de mortalité enregistrés pour les femelles de *B. germanica* traitées avec l'extrait de *C. colocynthis*.

Les résultats du traitement avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* illustrent que la concentration de 1  $\mu\text{g/ml}$  n'affecte que 10% des blattes femelles et ce qu'après 30 jours d'exposition au produit (**Fig. 15**). Pour la concentration de 3  $\mu\text{g/ml}$ , le taux moyen de mortalité des femelles est de 3,33% au 4<sup>ème</sup> et au 8<sup>ème</sup> jour et peut atteindre seulement un taux de 16,67% au 30<sup>ème</sup> jour de traitement (**Fig. 15**). Lorsque nous avons utilisé une concentration de 5  $\mu\text{g/ml}$ , 30% de la population des femelles meurent au bout de 30 jours de traitement (**Fig. 15**). Alors que l'utilisation de la concentration de 10  $\mu\text{g/ml}$  provoque un taux moyen de mortalité allant de 3,33 à 26,67% (**Fig. 15**). La plus forte concentration de 13  $\mu\text{g/ml}$  provoque une de mortalité de 6,67% (**Fig. 15**).



**Figure 15.** Taux de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de *C. colocynthis*.

La comparaison des variances des différentes concentrations utilisées montre qu'au seuil de significativité  $\alpha = 0,05$ , il existe des différences hautement significative entre les taux de mortalité enregistrée pour les concentrations utilisés au bout de 4 jours et 15 jours de traitement (**Tab. 12A**). Il n'existe pas des différences significatives entre la mortalité enregistrée en fonction des temps d'exposition à l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (**Tab. 12B**).



**Tableau 12 :** Comparaison entre les taux de mortalité des femelles traitées par le *C. colocynthis*.

(A) En fonction des concentrations			(B) En fonction du temps d'exposition		
	F <sub>obs</sub>	p		F <sub>obs</sub>	p
4jours	8	0,003**	1 µg/ml	4,00	0,05*
8jours	1,5	0,27	3 µg/ml	2,19	0,17
15jours	3,35	0,05*	5 µg/ml	2,25	0,16
30jours	0,72	0,59	10 µg/ml	1,33	0,33
			13 µg/ml	2,29	0,16

[\* : Différents significativement].

#### Paramètres toxicologiques du *C. colocynthis* :

Les concentrations létales du *C. colocynthis* calculées sont résumées dans le tableau 17.

Les résultats de cette étude montrent que la CL50% est très élevée chez les femelles au bout de 30 jours que chez les mâles. Chez les femelles, les résultats montrent qu'il existe une faible corrélation positive entre la mortalité et les concentrations de l'extrait de *C. colocynthis* dont le coefficient de corrélation varie entre 0,01 et 0,62 (Tab. 13). Les mêmes résultats ont été, aussi, obtenus pour les mâles (Tab. 13).

**Tableau 13:** Paramètres toxicologiques du *C. colocynthis* (concentrations létales).

Temps d'exposition	Mâles			Femelles		
	Droite de régression	CL50 (µg/ml)	CL90 (µg/ml)	Droite de régression	CL50 (µg/ml)	CL90 (µg/ml)
4j	Y=1,92+1,13X (R <sup>2</sup> =0,10)	531,69	7217,83	Y=0,26+2,47X (R <sup>2</sup> =0,40)	82,99	273,68
8j	Y=3,32+0,51X (R <sup>2</sup> =0,43)	1968,41	636680,52	Y=0,83+2,92X (R <sup>2</sup> =0,69)	26,79	73,52
15j	Y=3,56+0,40X (R <sup>2</sup> =0,55)	3981,07	6309573,44	Y=0,96+2,91 (R <sup>2</sup> =0,62)	24,45	67,32
30j	Y=4,03+0,46X (R <sup>2</sup> =0,99)	128,43	77858,19	Y=3,93+0,12X (R <sup>2</sup> =0,01)	825404	3,83

Les résultats obtenus pour les temps létaux, montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre la mortalité des adultes mâles, due à un accroissement des concentrations de l'extrait et les temps d'exposition, puisque le coefficient de corrélation varie entre 0,70 et 0,97 (Tab. 14). Plus les concentrations de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* augmentent, plus le temps léthal de 50% de la population diminue chez la blatte germanique (Tab. 14).

**Tableau 14:** Paramètres toxicologiques du le *C. colocyntis* (temps létaux).

Concentrations	Mâles			Femelles		
	Droite de régression	TL50 (j)	TL90 (j)	Droite de régression	TL50 (j)	TL90 (j)
1 µg/ml	$Y=2,41+1,01X$ ( $R^2=0,85$ )	363,08	6760,82	$Y=-3,06+3,84X$ ( $R^2=0,61$ )	125,89	269,15
3 µg/ml	$Y=-1,65+4,51X$ ( $R^2=0,70$ )	29,51	57,54	$Y=-1,84+4,68X$ ( $R^2=0,75$ )	28,84	54,95
5 µg/ml	$Y=2,42+1,32X$ ( $R^2=0,97$ )	91,20	831,76	$Y=2,44+0,90X$ ( $R^2=0,61$ )	691,83	18197,01
10 µg/ml	$Y=1,98+1,69X$ ( $R^2=0,87$ )	61,66	346,74	$Y=2,42+1,31X$ ( $R^2=0,97$ )	93,33	891,25
13 µg/ml	$Y=3,39+0,74X$ ( $R^2=0,91$ )	7,41	8128,31	$Y=2,88+0,35X$ ( $R^2=0,61$ )	1148153	5128613840

### 3.2. Etude du comportement sexuel :

Tous les adultes utilisés lors de nos tests étaient vierges et âgés de 8 jours (âge de la maturité sexuelle chez l'espèce *B. germanica*).

#### 3.2.1. Effet du traitement avec « Spirotetramat » sur les séquences du comportement sexuel de *B. germanica*:

Les résultats consignés dans ce tableau indiquent que pour le cas des adultes témoins on observe 60 % d'accouplements réussis dont les 40 % qui restent sont avortés et aucun accouplement nul n'a été enregistré pour ces insectes (**Tab. 15**). Chez les insectes traités nous n'avons pas observés d'accouplements réussis, ni avortés, mais on a 100 % accouplements nuls.

Pour les couples des mâles traités et des femelles témoins, mâles témoins et des femelles traitées nous n'avons pas enregistré des accouplements réussis et avortés mais on a 100 % d'accouplements nuls (**Tab. 15**).

**Tableau 15:** Effet du Spirotetramat (5µg/ml) sur le taux de réussite des accouplements.

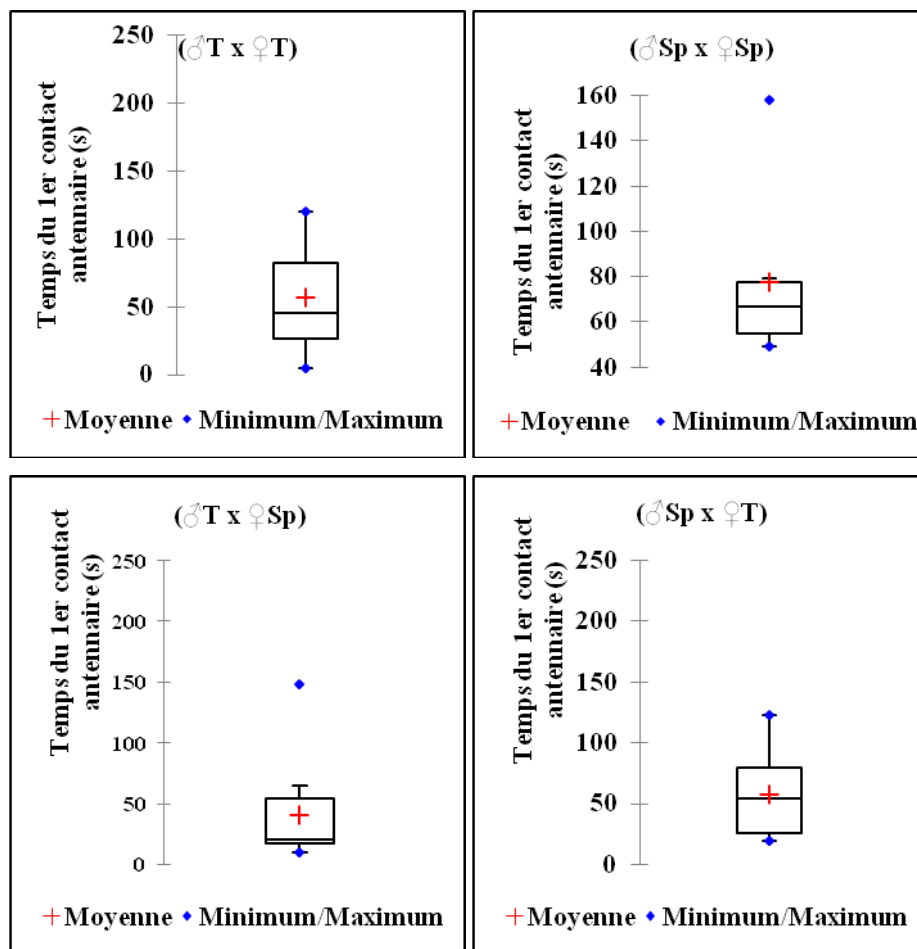
	Taux d'accouplement (%)		
	Réussi	Avortée	Nul
<b>MTxFT</b>	60	40	0
<b>MTxFSp</b>	0	0	100
<b>MSpFT</b>	0	0	100
<b>MSpFSp</b>	0	0	100

[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Sp : Spirotetramat]



**Effet du spirotetramat sur le temps de premier contact antennaire :**

Chez les couples témoins, le temps moyen du premier contact antennaire est  $56,20 \pm 12,91$  secondes avec un minimum de 5 secondes et un maximum de 120 secondes, alors que les mâles traités arrivent à localiser leurs femelles traitées après un temps moyen de  $77,6 \pm 10$  secondes dont le minimum de 49 secondes et un maximum de 158 secondes (**Fig. 16**). Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de  $40,20 \pm 13,50$  secondes avec un minimum de 10 secondes et un maximum de 148 secondes et  $57,40 \pm 35,51$  secondes est le temps moyen du premier contact antennaires chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un minimum de 19 secondes et un maximum de 123 secondes (**Fig. 16**). La comparaison des variances, montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps du premier contact enregistrés chez les différents couples testés ( $F_{\text{obs}} = 0,26$ ;  $p : 0,85$ ) (**Fig. 16**).



[♂T : Mâle témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀T : Femelle Témoin ; ♀Sp: Femelle Spirotetramat]

**Figure 16.** Effet du Spirotetramat (5  $\mu\text{g/ml}$ ) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire.

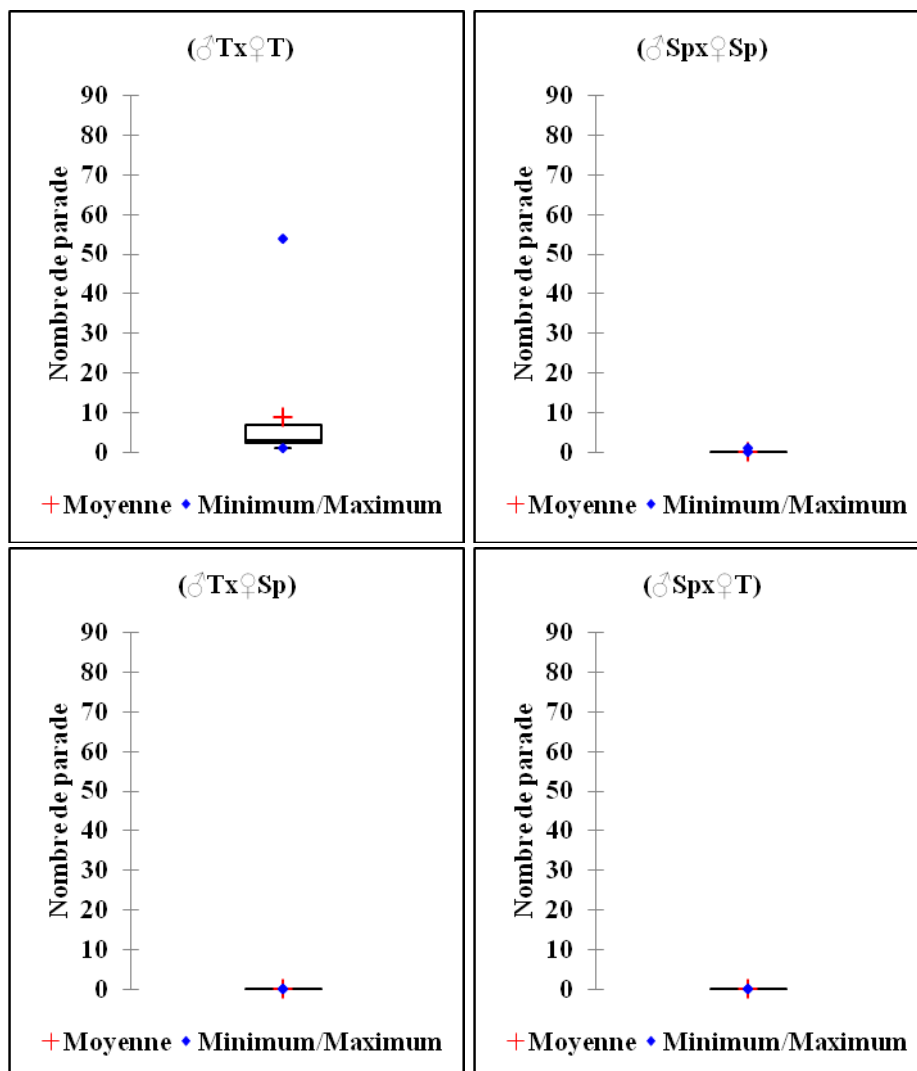


**Effets du spirotetramat sur la parade du mâle :**

**a/ Effets du spirotetramat sur le nombre de parades :**

Les résultats obtenus montrent que le nombre moyen des parades enregistrées pour les couples des individus témoins est de  $8,8 \pm 5,07$  parades avec un minimum de 1 parade et un maximum de 54 parades tandis que, chez les couples traités avec le spirotetramat nous avons enregistré entre zéro et une parade avec une moyenne de  $0,10 \pm 0,1$  parade (**Fig. 17**).

Pour les couples dont l'un des deux sexes est traités avec l'inhibiteur de la synthèse des lipides, nous avons enregistré que le nombre des parades est nul (**Fig. 17**). La comparaison indique qu'il existe de différences significatives entre le nombre de parade évaluée chez les quatre couples étudiées ( $F_{obs} = 4,86$ ;  $p : 0,01$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

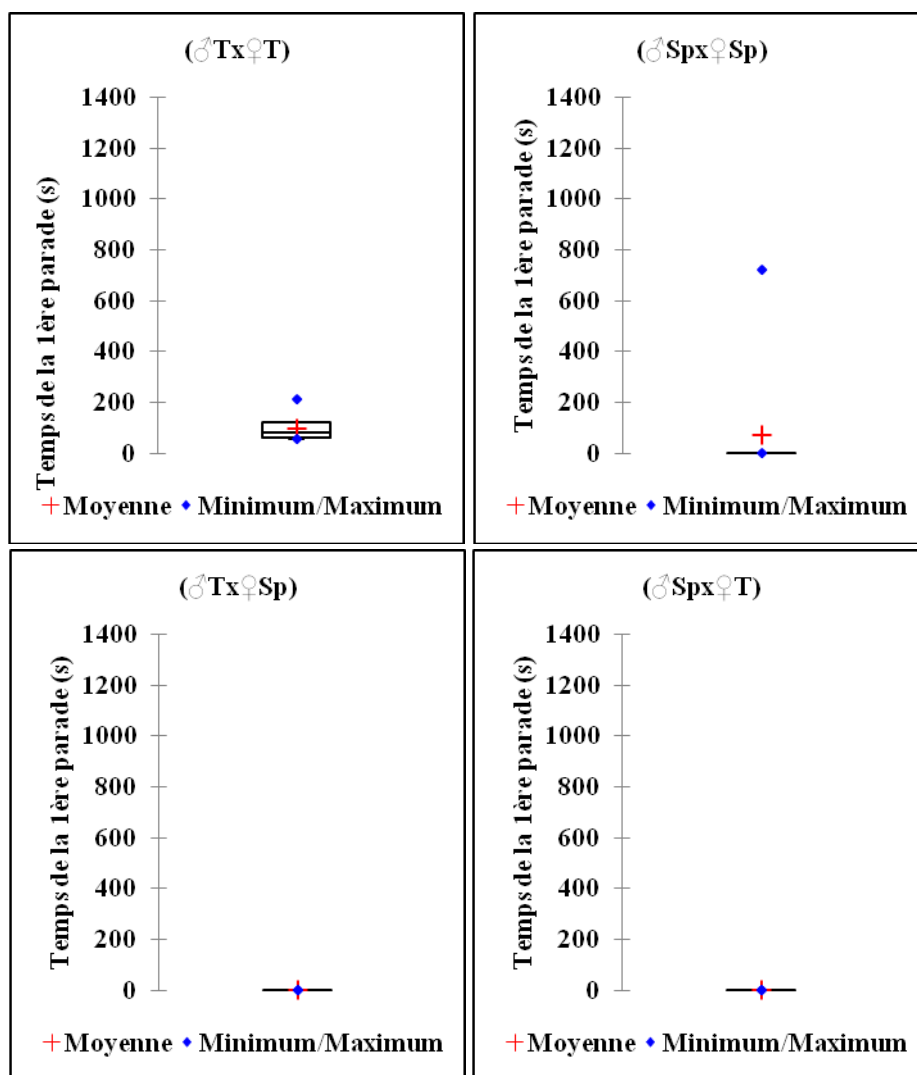
**Figure 17.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de parade.



**b/ Effets du spirotetramat sur le temps de la première parade :**

Les mâles des couples témoins commencent à parader après un temps moyen de 98,10 ± 15,66 secondes avec un minimum de 55 secondes et un maximum de 215 secondes (**Fig. 18**). Par contre, chez les couples traités, les mâles adoptent leur position de « wing-raising » après un temps de 725 secondes (**Fig. 18**). Chez les couples où l'un des deux sexes est traité, nous avons observé que le temps de la première parade est nul (**Fig. 18**).

Le spirotetramat agit, aussi, sur temps de la première parade, la comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les temps de parades enregistrés chez les couples testés ( $F_{\text{obs}}=4,39$ ;  $p : 0,01$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

**Figure 18.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade.

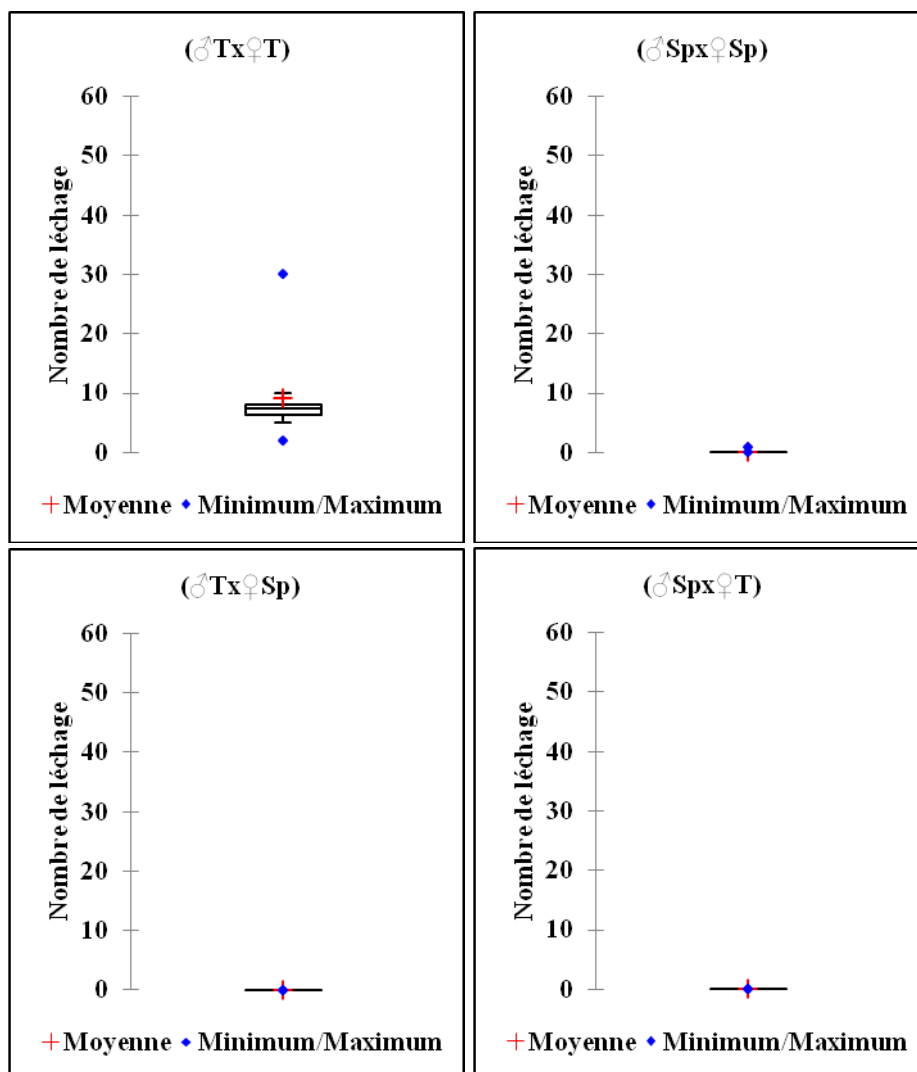


**Effet du spirotetramat sur le léchage :**

**a/ Effets du spirotetramat sur le nombre du léchage :**

En ce qui concerne le léchage, toutes les femelles témoins effectuent cette étape avec un nombre moyen de  $9,10 \pm 2,42$  léchages, alors que chez les couples traités nous avons enregistré entre zéro et un léchage (**Fig. 19**). Mais chez les couples où l'un des deux partenaires est traité avec le spirotetramat, le nombre moyen de léchage est nul (**Fig. 19**).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les nombres de léchages enregistrés chez les couples testés ( $F_{obs}=4,94$  ;  $p : 0,01$ ).



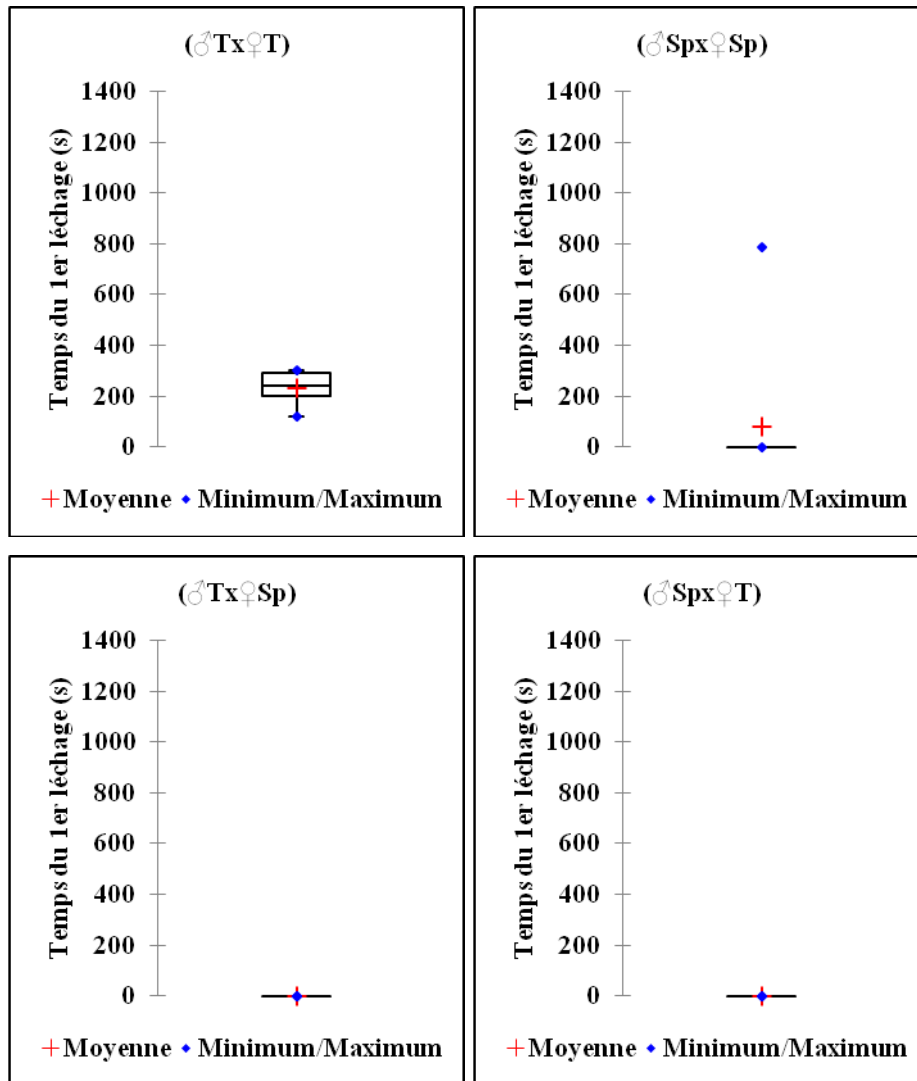
[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

**Figure 19.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de léchage.



**b/ Effets du spirotetramat sur le temps du premier léchage :**

Les femelles témoins de la blatte germanique lèchent les sécrétions de leurs partenaires sexuels témoins après un temps moyen de  $232,70 \pm 21,68$  secondes un minimum de 120 secondes et un maximum de 300 secondes (**Fig. 20**). Par contre chez les couples traités le temps de premier léchage est de 78,70 secondes (**Fig. 20**). Lorsqu'un des deux partenaires est traité, les femelles n'effectuent pas le phénomène de léchage.



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

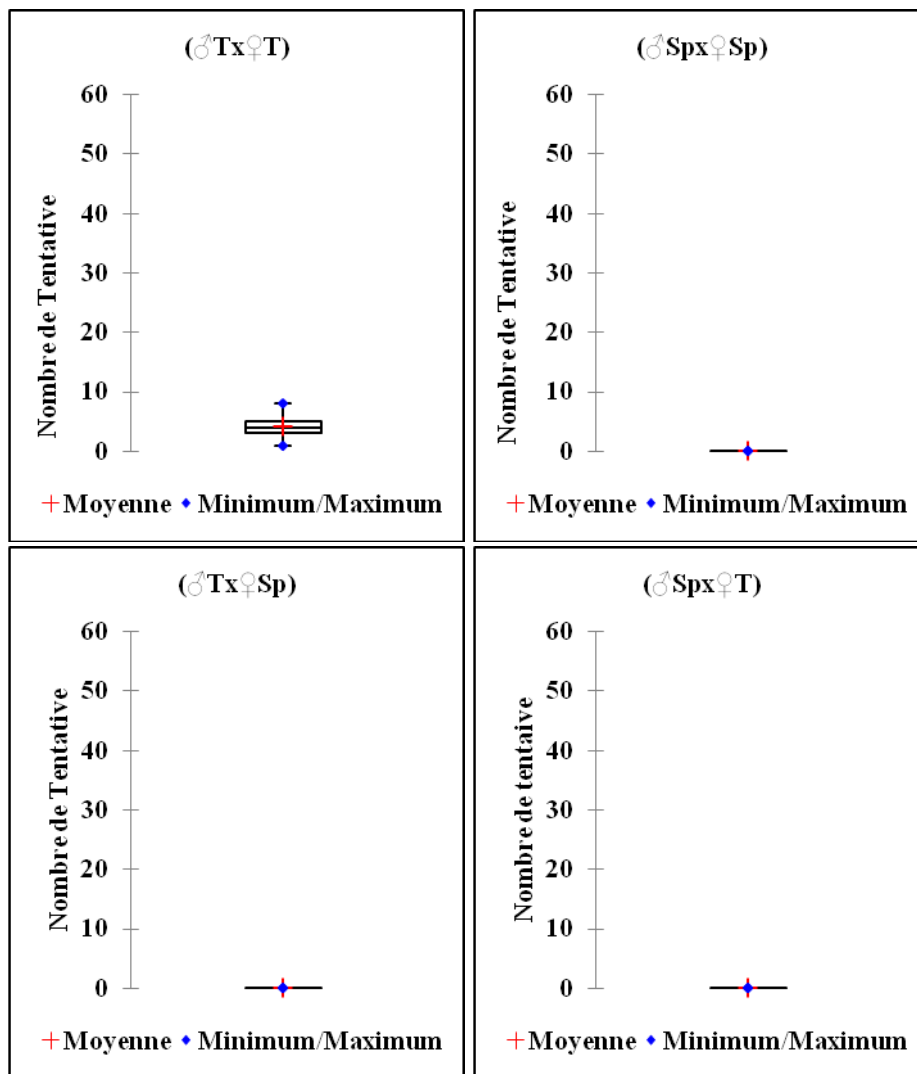
**Figure 20.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps du premier léchage.



**Effet du spirotetramat sur la tentative d'accouplement :**

**a/Effet du spirotetramat sur le nombre de tentatives d'accouplement :**

En ce qui concerne le nombre de tentative d'accouplement, nous enregistrons  $4,1 \pm 0,73$  tentatives en moyenne avec un minimum de 1 tentative et un maximum de 8 tentatives chez les couples témoins (**Fig. 21**). Chez les adultes traités avec le spirotetramat, aucune tentative d'accouplement n'a été observée pour tous les couples testés (**Fig. 21**). Ces résultats indiquent les différences très hautement significatives entre les nombres enregistrés chez les couples testés (Fobs=25,3;  $p < 0,0001$ ).



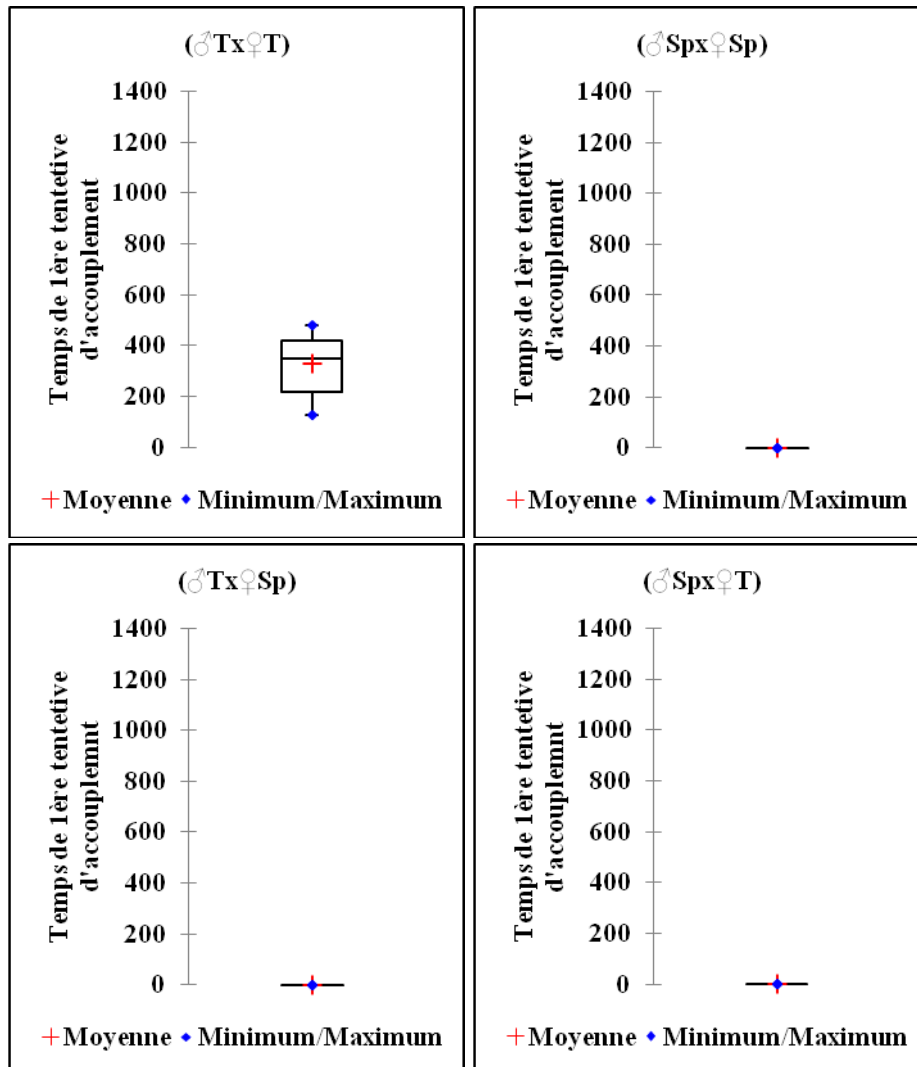
[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

**Figure 21.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le nombre de tentative.



**b/Effet du spirotetramat sur le temps de tentatives d'accouplement :**

En ce qui concerne la première tentative d'accouplement, la comparaison des variances au seuil de signification  $\alpha=0,05$ , montre également qu'il existe de différences très hautement significatives entre les différents couples étudiés ( $F_{obs}= 26,58$ ;  $p < 0,0001$ ) (**Fig. 22**). Chez les adultes témoins, la première tentative d'accouplement est enregistrée à  $327 \pm 41,65$  secondes avec un minimum de 130 secondes et un maximum de 480 secondes (**Fig. 22**).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

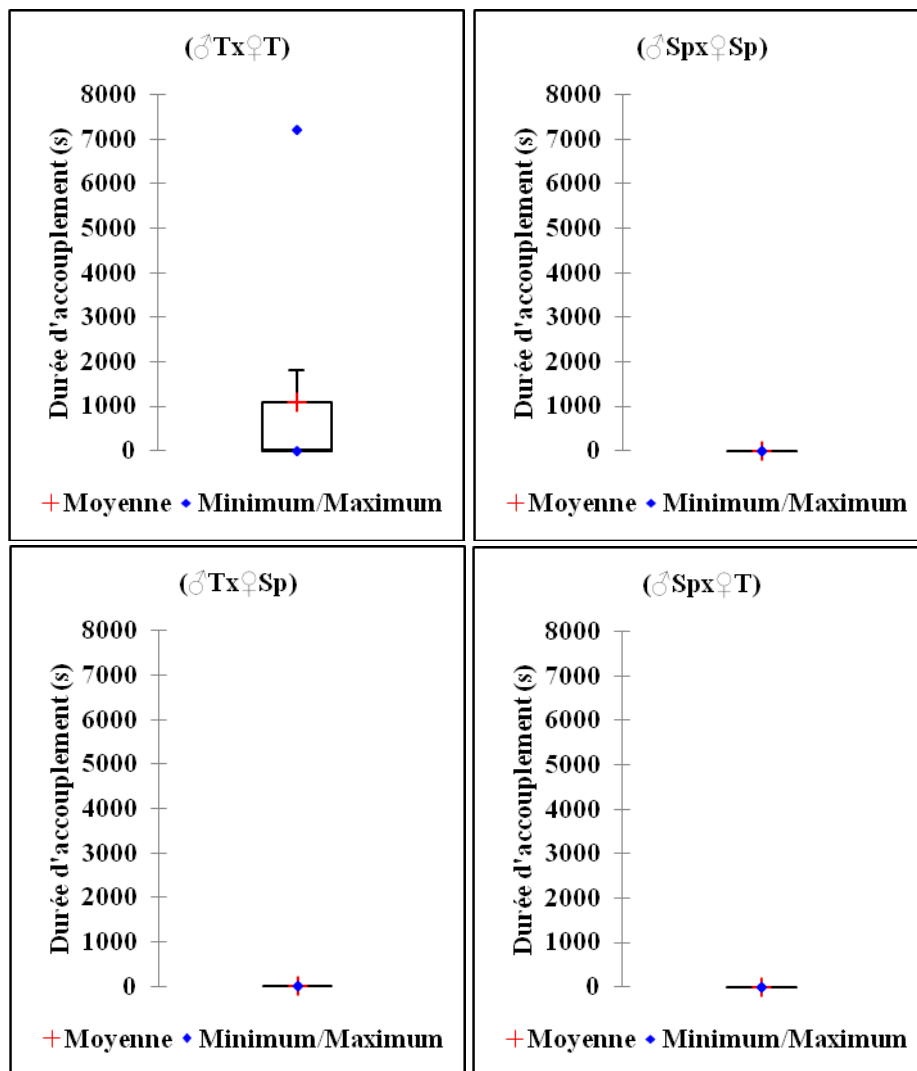
**Figure 22.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur le temps de tentative.



**Effet du spirotetramat sur la durée de l'accouplement :**

Les résultats montrent que le spirotetramat administré à une concentration sublétales influe sur l'accouplement des individus traités puisqu'on a observé que des accouplements nuls. Pour les couples témoins, 60% aboutissent à un accouplement réussi et la durée moyenne de l'accouplement est  $1098 \pm 706,99$  secondes (environ 18 minutes) (**Fig. 23**).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les temps enregistrés chez les couples testés ( $F_{obs}=6,63$  ;  $p : 0,001$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat]

**Figure 23.** Effet du Spirotetramat (5 µg/ml) sur la durée d'accouplement.



### 3.2.2. Effet du traitement avec « l'extrait de *C. colocynthis* » sur les séquences du comportement sexuel de *B. germanica*:

Les résultats consignés dans le tableau 20 montrent que 100 % accouplements sont nuls chez les insectes traités avec l'extrait éthanolique des graines de *C. colocynthis* (Tab. 16). Pour les couples des mâles traités et des femelles témoins on observe 10% d'accouplements réussis, 10% d'accouplements avortés et 80% d'accouplements nuls (Tab. 16). Alors que lorsque les mâles sont témoins et les femelles traitées, nous avons enregistré 20% des accouplements réussis, 30% des accouplements avortés et 50 % accouplements nuls (Tab. 16).

**Tableau 16 :** Effet du *C. colocynthis* (1µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements.

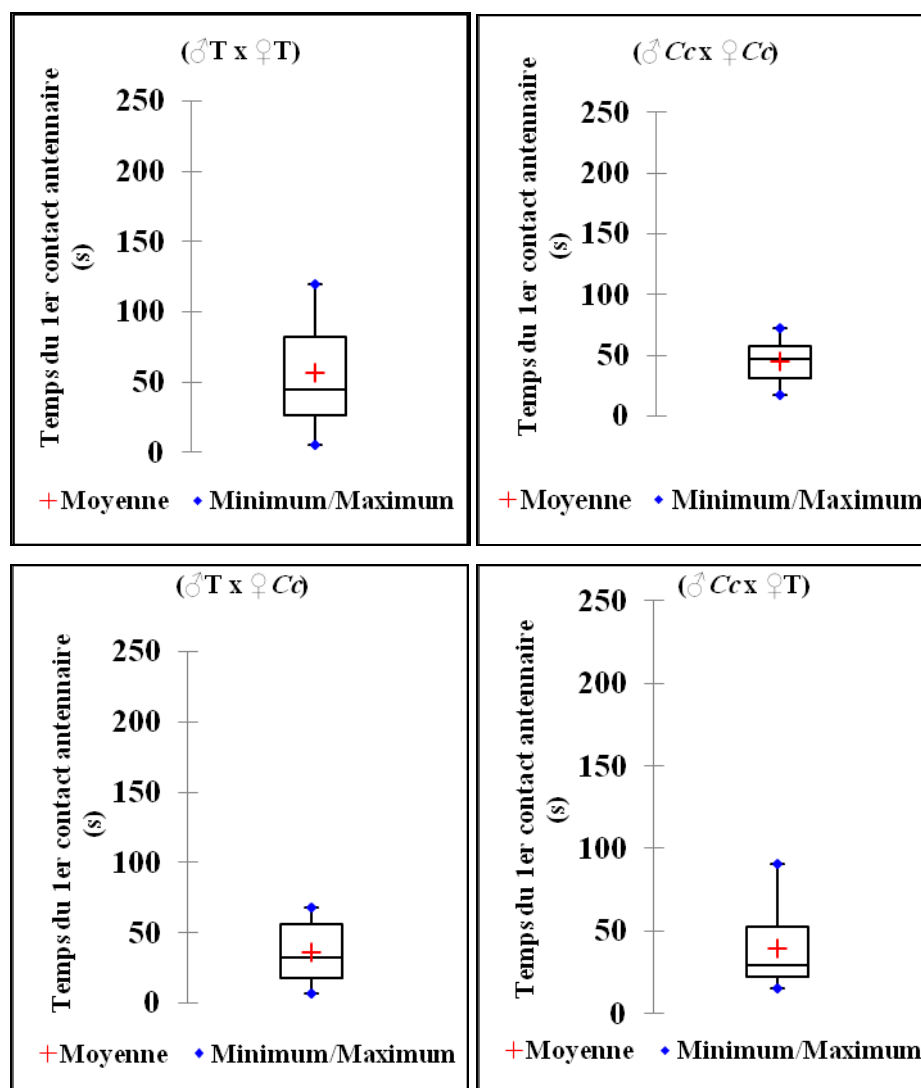
	Taux d'accouplement (%)		
	Réussi	Avortée	Nul
<b>MTxFT</b>	60	40	0
<b>MTxFCc</b>	20	30	50
<b>MCcxFT</b>	10	10	80
<b>MCcxFCc</b>	0	0	100

[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Cc : *C. colocynthis*]

#### *Effet de C. colocynthis sur le temps du premier contact antennaire :*

Les mâles traités avec l'extrait de *C. colocynthis* arrivent à localiser leurs femelles traitées après un temps moyen de  $45 \pm 19,52$  avec un minimum de 17 secondes et un maximum de 72 secondes (Fig. 24). Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée, ils mettent en moyenne de  $36,2 \pm 23,41$  secondes pour localiser leur partenaire et  $39,3 \pm 25,59$  secondes chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un minimum de 15 secondes et un maximum de 91 secondes (Fig. 24).

La comparaison des variances, montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps du premier contact enregistrés chez couples témoins et traités ( $F_{\text{obs}} = 2,63$  ;  $p : 0,07$ ) (Fig. 24).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

**Figure 24.** Effet du *C. colocyntis* (1 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire.

**Effet de *C. colocyntis* sur la parade du mâle :**

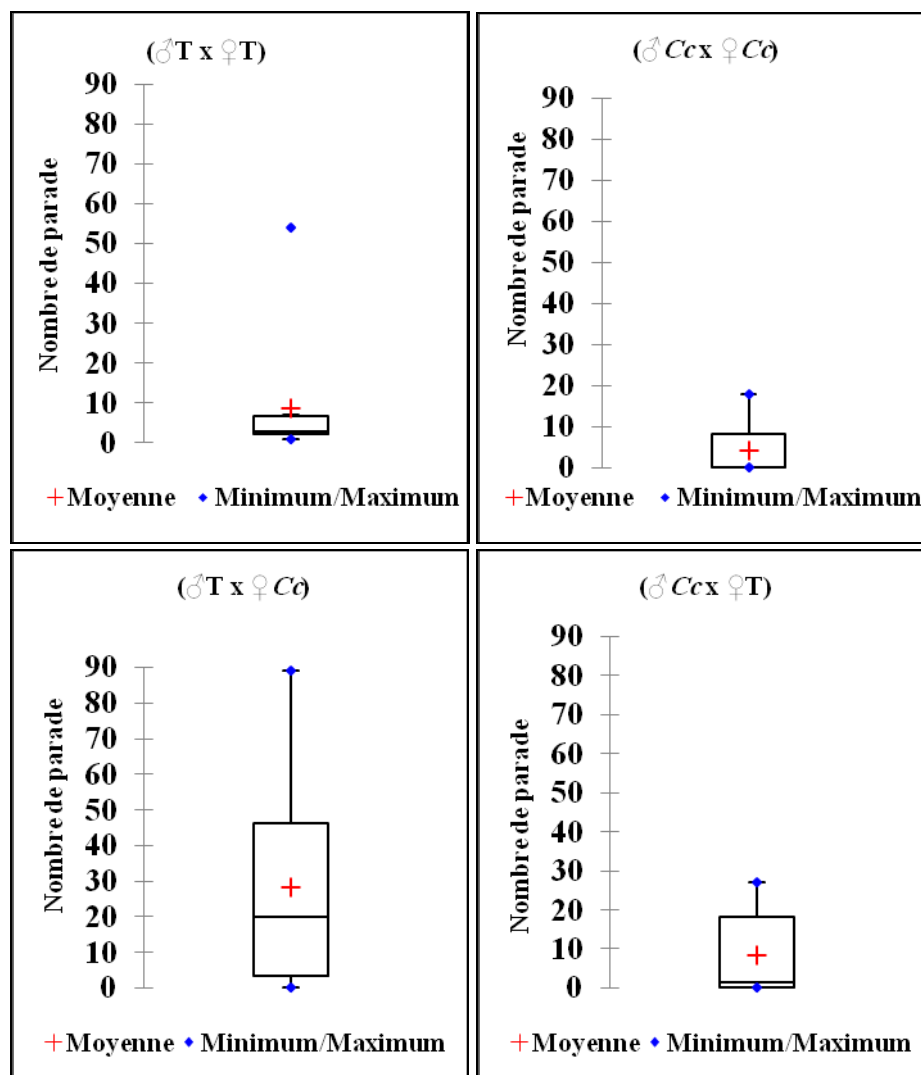
**a/ Effet de *C. colocyntis* sur le nombre de parades :**

Les résultats obtenus montrent que le nombre moyen des parades enregistrées pour les couples des individus traités varie entre zéro et 18 parades avec une moyenne de  $4,2 \pm 6,48$  parades (**Fig. 25**).

Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de  $28,4 \pm 30,27$  parades avec un minimum de 0 parades et un maximum de 89 parades et  $8,5 \pm 10,90$  parades sont enregistrées chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un maximum de 27 parades (**Fig. 25**).



La comparaison indique qu'il existe des différences très hautement significatives entre le nombre de parade observé chez les quatre couples étudiées ( $F_{obs} = 6,78$  ;  $p : 0,001$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

**Figure 25.** Effet du *C. colocyntis* (1 µg/ml) sur le nombre de parade.

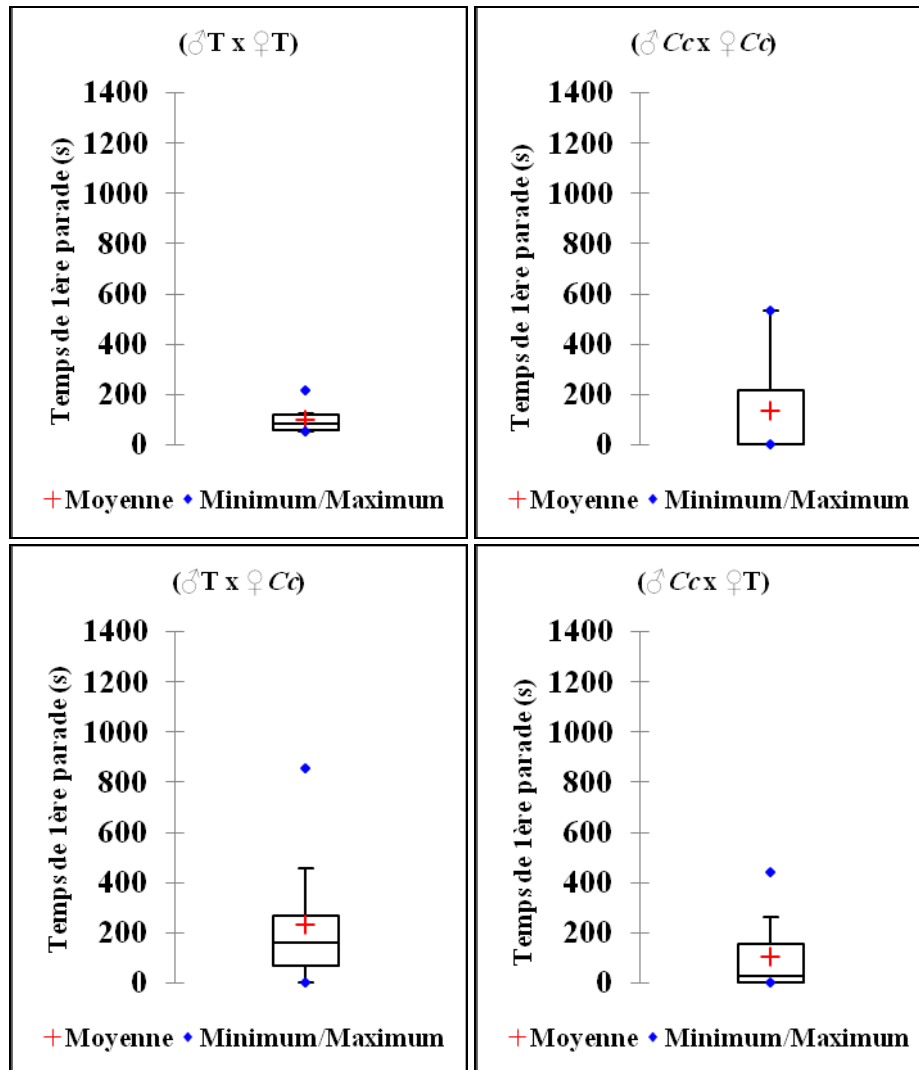
**b/ Effet de *C. colocyntis* sur le temps de la première parade :**

Les mâles des couples traités, adoptent leur position de wing-raising après une moyenne de  $133,5 \pm 200,48$  secondes avec un minimum de zéro et un maximum de 533 secondes (**Fig. 26**).

Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de  $230,5 \pm 260,05$  secondes et  $104,3 \pm 148,45$  secondes est enregistré chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin (**Fig. 26**).



La comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les temps enregistrés chez les couples testés ( $F_{obs} = 3,24$ ;  $p : 0,03$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

**Figure 26.** Effet du *C. colocyntis* (1  $\mu\text{g/ml}$ ) sur le temps (secondes) de la première parade.

**Effet de *C. colocyntis* sur léchage:**

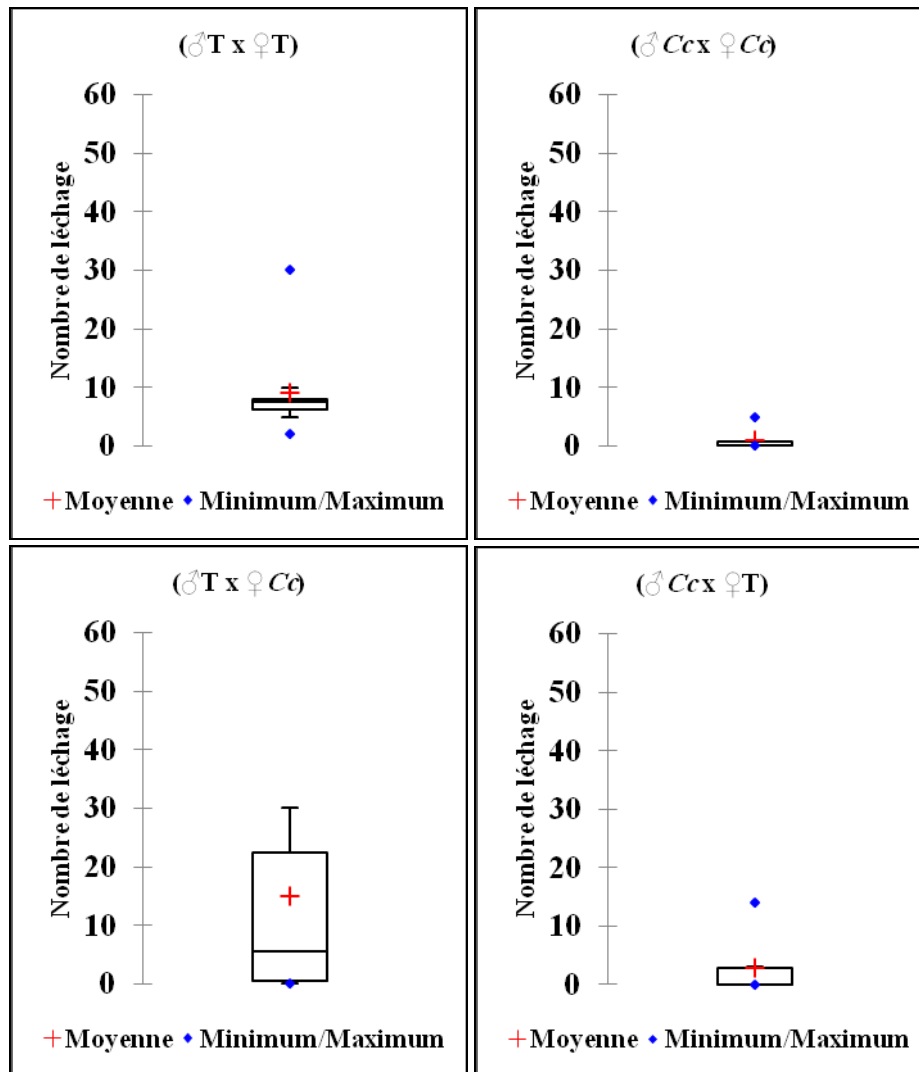
**a/ Effet de *C. colocyntis* sur le nombre de léchages :**

Chez les couples traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocyntis* nous avons enregistré entre zéro et 5 léchages (**Fig. 27**).

Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un nombre moyen de  $15 \pm 20,18$  léchages et tandis que les couples dont de mâles traités et femelles témoins effectuent en moyenne  $2,8 \pm 4,85$  léchages (**Fig. 27**).



La comparaison des variances montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les nombres de léchages enregistrés chez les couples témoins et les couples traités avec l'extrait de la plante ( $F_{obs}=8,20$  ;  $p : 0,0003$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

**Figure 27.** Effet du *C. colocyntis* (1 µg/ml) sur le nombre de léchage.

**b/ Effet de *C. colocyntis* sur le temps du premier léchage :**

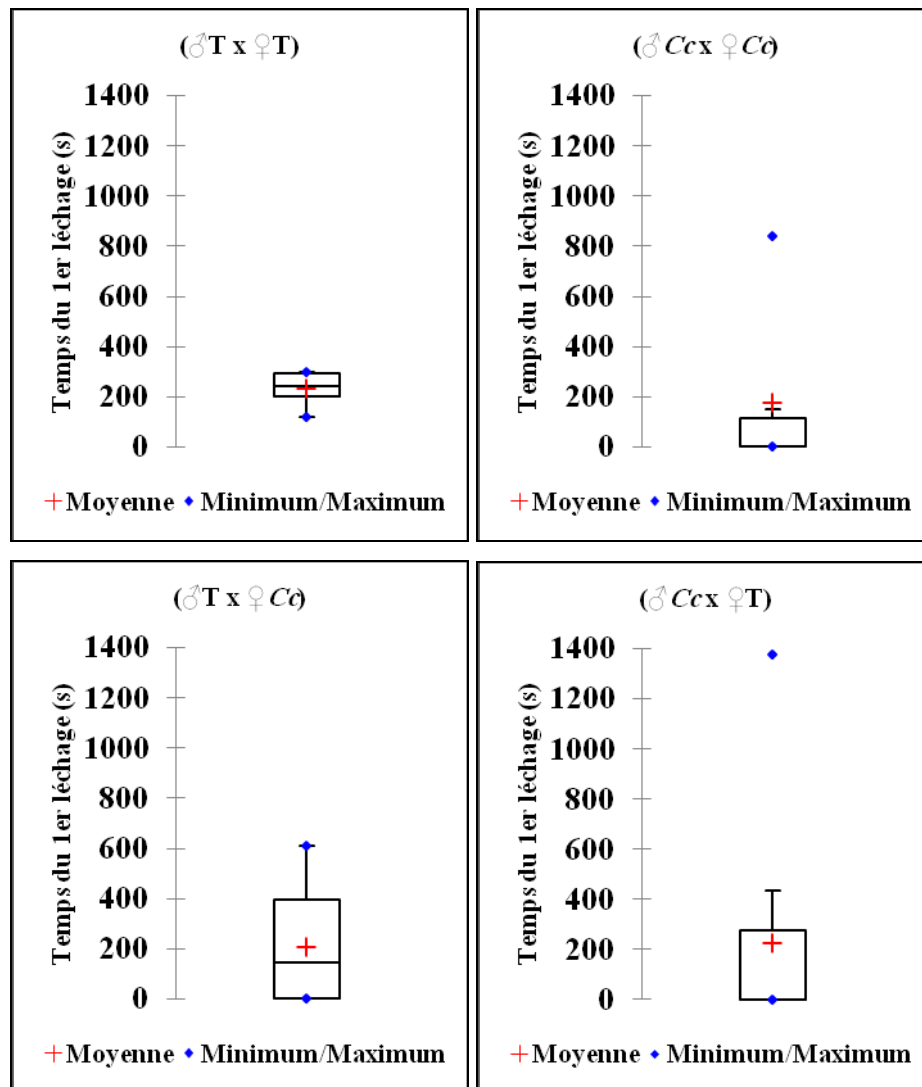
Les femelles témoins de la blatte germanique lèchent les sécrétions de leurs partenaires sexuels témoins après un temps moyen de  $232,70 \pm 21,68$  secondes un minimum de 120 secondes et un maximum de 300 secondes (**Fig. 28**), alors que chez les couples traités nous avons enregistré entre zéro et 842 secondes avec un moyen de  $177,4 \pm 337,60$  léchage.

Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de  $205,1 \pm 233,34$  secondes avec un minimum nul et un maximum de 609



secondes et  $2,8 \pm 4,85$  secondes chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un minimum de zéro seconde et un maximum de 1375 secondes (**Fig. 28**).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les temps enregistrés chez les couples testés ( $F_{obs}=2,70$ ;  $p : 0,04$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocolynthis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocolynthis*]

**Figure 28.** Effet du *C. colocolynthis* (1 µg/ml) sur le temps du premier léchage.

**Effet de *C. colocolynthis* sur la tentative d'accouplement :**

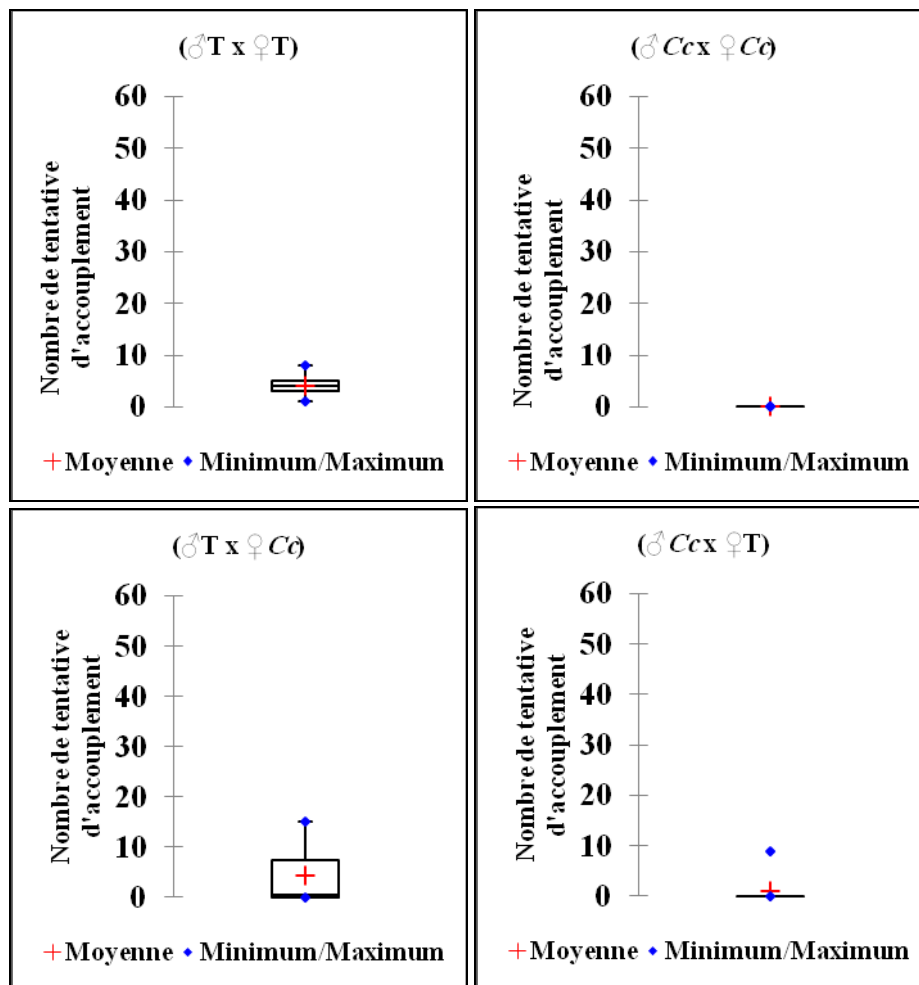
**a/ Effet de *C. colocolynthis* sur le nombre de tentatives d'accouplement :**

En ce qui concerne le nombre de tentative d'accouplement, nous n'avons enregistré aucune tentative d'accouplement chez les couples traités (**Fig. 29**).



Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré  $4,2 \pm 6,11$  tentatives d'accouplement avec un maximum de 15 et  $1 \pm 2,82$  tentatives d'accouplement est observée chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un maximum de 9 tentatives (**Fig. 29**).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les nombres de tentatives d'accouplement enregistrés chez les couples testés ( $F_{obs}=11,91$ ;  $p < 0,0001$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

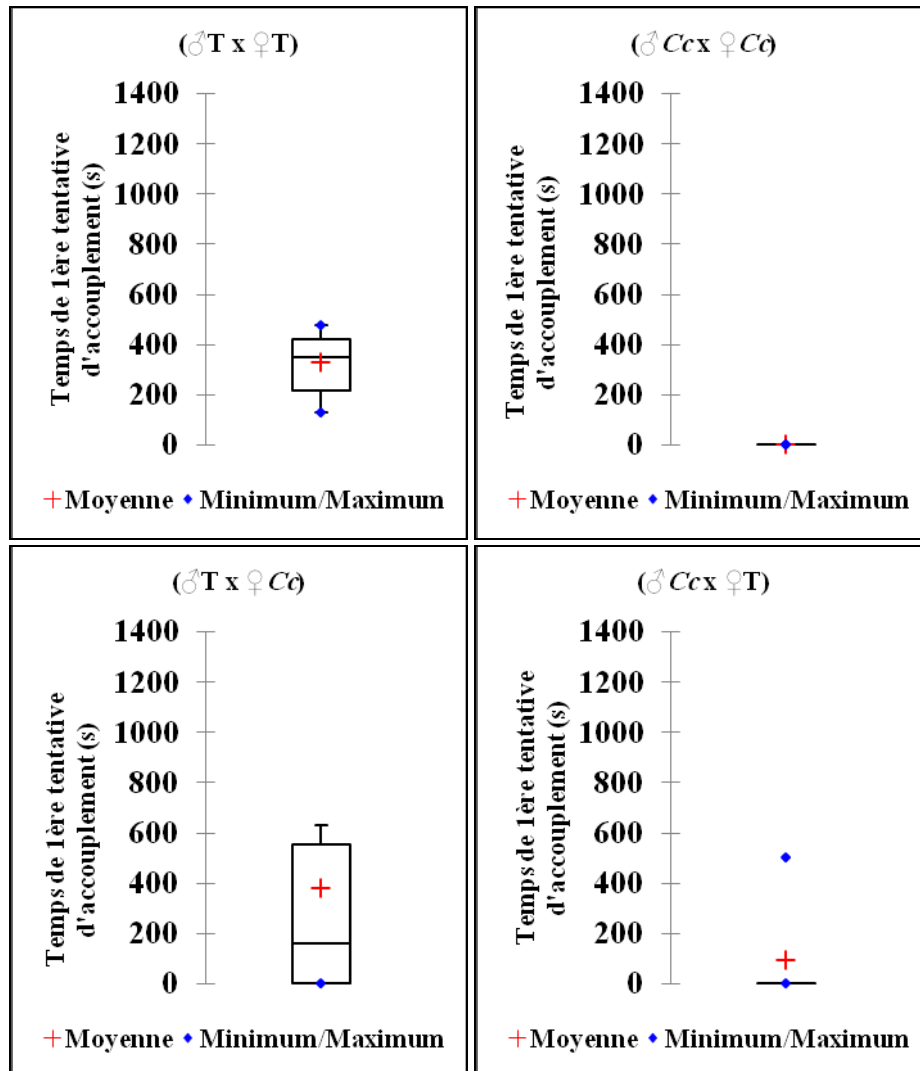
**Figure 29.** Effet du *C. colocyntis* (1 µg/ml) sur le nombre de tentative.

**b/ Effet de *C. colocyntis* sur le temps de tentatives d'accouplement :**

Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées nous avons enregistré sur le temps de la première tentative d'accouplement arrivent jusqu'à 1733 secondes tandis que les couples formés des mâles traités et des femelles témoins mettent en moyenne  $95,20 \pm 201,07$  secondes pour aboutir à cette étape (**Fig. 30**).



La comparaison des variances au seuil de signification  $\alpha=0,05$ , montre qu'il existe de différences très hautement significatives entre les temps enregistrés chez les individus témoins et les individus traités avec le *C. colocynthis* ( $F_{obs}=7,37$  ;  $p : 0,0006$ ) (**Fig. 30**).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocynthis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocynthis*]

**Figure 30.** Effet du *C. colocynthis* (1  $\mu\text{g/ml}$ ) sur le temps de tentative.

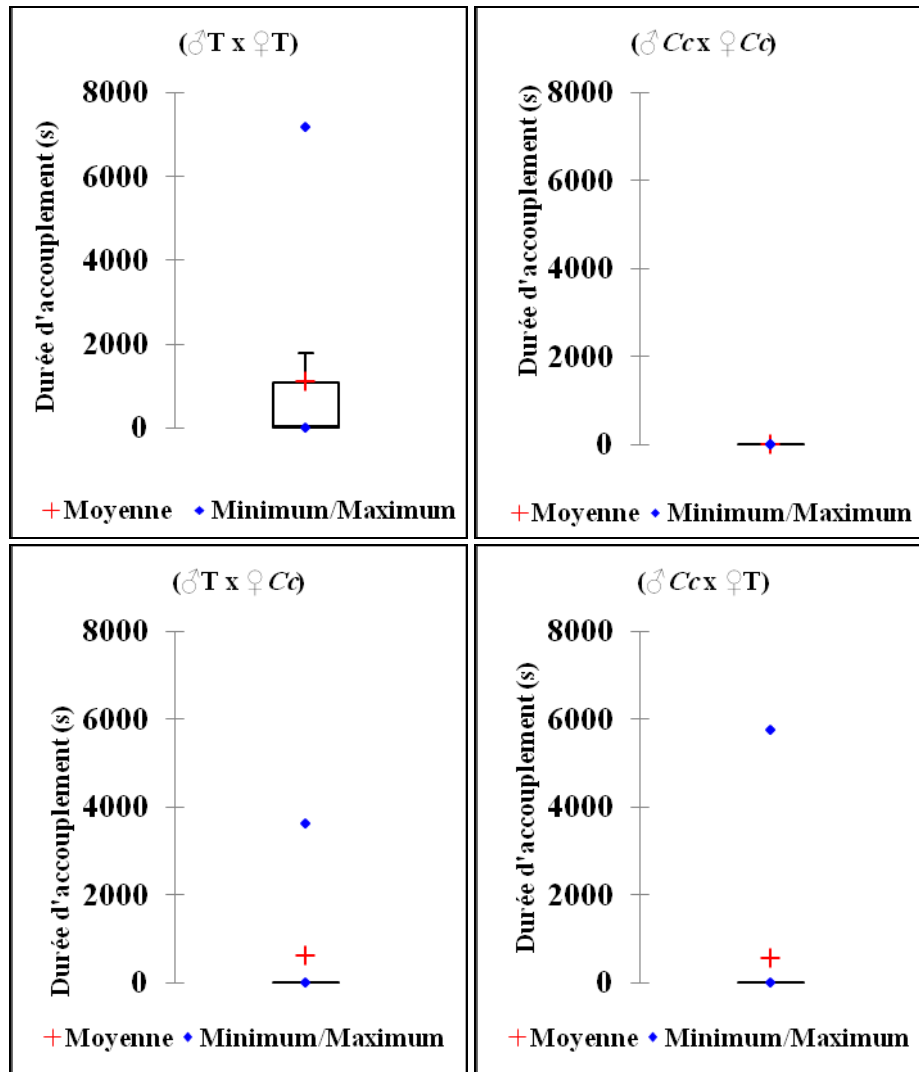
**Effet de *C. colocynthis* sur la durée de l'accouplement :**

Les résultats montrent que le *C. colocynthis* administré à une concentration sublétales influe sur l'accouplement des individus traités (**Fig. 31**).

Chez les couples des mâles témoins et des femelles traitées, la durée d'accouplement est de 2765 à 3626 secondes (de 46 à 60 minutes) et quand le mâle est traité et la femelle est témoin, la durée d'accouplement est de 5773 secondes (environ 96 minutes) (**Fig. 31**).



La comparaison des variances montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre la durée d'accouplement enregistré chez les couples témoins et les couples traités ( $F_{obs}=2,50$ ;  $p : 0,07$ ).



[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocyntis* ; ♀Cc : Femelle *C. colocyntis*]

**Figure 31.** Effet du *C. colocyntis* (1 µg/ml) sur la durée d'accouplement.

### 3.3. Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle :

Les tests de l'attraction à distance en olfactomètre bidirectionnel indique les effets des deux produits insecticides sur l'attractivité des adultes, non seulement sur la perception mais aussi sur le signal chimique.



### 3.3.1. Effet du Spirotetramat (5µg/ml):

Tous les extraits utilisés pour l'étude de l'attractivité des adultes traités (mâles et femelles) n'attirent pas significativement ces derniers. La simulation de Monté Carlo montre aussi que les individus témoins sont attirés significativement par les odeurs des extraits de leurs congénères ce qui indique l'effet de spirotetramat (5 µg/ml) sur l'attractivité des animaux (**Tab. 17**).

Plus de 40 % des mâles traités n'arrivent pas à localiser les odeurs des extraits des adultes traités ; alors que pour les femelles traitées de *B. germanica* on a enregistré un taux maximal de 50 % des individus attirés par ces derniers (**Tab. 17**). Chez les adultes témoins, le taux d'attractivité est de 90 % à 100 % quand l'odeur testée est celle des extraits des adultes témoins tandis que seulement 30 % à 70% détectent l'odeur des extraits des adultes traités (**Tab. 17**).

**Tableau 17** : Attraction des individus de *B. germanica* traités avec le Spirotetramat par les différents extraits (n=10). [A : Attiré ; NA : Non Attiré ; S : Significatif ; NS : Non Significatif ; T : Témoin ; Sp : Spiroteramat]

	Extrait ♂Sp			Extrait ♂T			Extrait ♀Sp			Extrait ♀T		
	A	NA	p	A	NA	p	A	NA	p	A	NA	p
♂Sp	4	6	NS	2	8	NS(0,752)	6	4	NS	2	8	NS
♀Sp	5	5	NS	5	5	NS	4	6	NS	5	5	NS
♂T	7	3	NS	10	0	S (1,000)	7	3	NS	10	0	S (1,000)
♀T	5	5	NS	9	1	S (0,990)	3	7	NS	10	0	S (1,000)

[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Sp : Mâle Spirotetramat ; ♀Sp : Femelle Spirotetramat ; A : Attiré ; NA : Non Attiré ; S : Significatif ; NS : Non Significatif]

La comparaison entre l'attractivité des individus témoins et traités par un test de  $Khi_2$  indique l'effet de Spiroteramat (5 µg/ml) sur la perception des adultes mâles et femelles de *B. germanica* ainsi que sur les sécrétions et le profil cuticulaire des mâles (**Tab. 18**). Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre l'attractivité des mâles témoins et des mâles traités par les extraits des adultes témoins (effet sur la perception des mâles dont la valeur de  $Khi_2$  est de 5,33) (**Tab. 18**).



**Tableau 18 :** Comparaison entre l'attractivité des adultes de *B. germanica* témoins et traités avec le Spiroteramat (5 µg/ml).

	Extrait FT		Extrait MT		Extrait FSp		Extrait MSp	
	♂T/♂Sp	♀T/♀Sp	♂T/♂Sp	♀T/♀Sp	♂T/♂Sp	♀T/♀Sp	♂T/♂Sp	♀T/♀Sp
<b>Khi<sub>2</sub></b>	5,33*	1,67	5,33*	1,14	0,08	0,14	0,82	0,00

[T : Témoin ; Sp : Spiroteramat ; \* : Significatif]

### 3.3.2. Effet du *C. colocynthis* (1 µg/ml):

Les quatre extraits utilisés pour l'étude de l'attractivité des adultes traités (mâles et femelles) n'attirent pas significativement ces derniers contrairement aux adultes témoins qui détectent l'odeur des extraits des insectes témoins (**Tab. 19**).

Plus de 70 % des adultes mâles traités n'arrivent pas à localiser les odeurs des extraits testés (**Tab. 19**). Alors que pour les femelles traitées de *B. germanica* nous avons enregistré que seulement 10 à 30 % sont attirées par les odeurs testés (**Tab. 19**). On a observé aussi que les adultes témoins ne localisent pas l'odeur des extraits des extraits d'adultes traités puisque le taux d'attractivité varie entre 40 et 60% pour les mâles et 30 à 50% pour les femelles (**Tab. 19**).

**Tableau 19:** Attraction des individus de *B. germanica* traités avec le *C. colocynthis* par les différents extraits (n=10).

	Extrait ♂Cc			Extrait ♂T			Extrait ♀Cc			Extrait ♀T		
	A	NA	p	A	NA	P	A	NA	p	A	NA	P
♂Cc	3	7	NS	7	3	NS(0,752)	2	8	NS	3	7	NS
♀Cc	3	7	NS	3	7	NS	1	9	NS	2	8	NS
♂T	6	4	NS	10	0	S(1,000)	4	6	NS	10	0	S(1,000)
♀T	3	7	NS	9	1	0,990	5	5	NS	10	0	S(1,000)

[♂T: Mâle Témoin ; ♀T : Femelle Témoin ; ♂Cc : Mâle *C. colocynthis*; ♀Cc : Femelle *C. colocynthis* ; A : Attiré ; NA : Non Attiré ; S : Significatif ; NS : Non Significatif]

Le test de Khi<sub>2</sub> indique l'effet de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (1 µg/ml) sur la perception des adultes de *B. germanica* (**Tab. 20**). Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre l'attractivité des femelles témoins et des femelles traitées par les extraits des femelles témoins (effet sur la perception) (**Tab. 20**).



**Tableau 20 :** Comparaison entre l'attractivité des adultes de *B. germanica* témoins et traités avec le *C. colocynthis* (1 µg/ml).

	Extrait FT		Extrait MT		Extrait FCc		Extrait MCc	
	♂T/♂Cc	♀T/♀Cc	♂T/♂Cc	♀T/♀Cc	♂T/♂Cc	♀T/♀Cc	♂T/♂Cc	♀T/♀Cc
<b>Khi<sub>2</sub></b>	3,77	5,33*	0,53	3,00	0,67	2,67	1,00	0,00

[T : Témoin ; Cc : *C. colocynthis* ; \* : significative].

Selon l'étude statistique multi variée (GLM), les résultats obtenus sur les effets des deux produits sur les blattes indiquent que la nature du traitement agit significativement sur les séquences primordiales conduisant à l'accouplement chez les blattes. Le traitement affecte principalement les paramètres nombre de parades ( $F = 4,373$ ,  $p: 0,003$ ) (**Tab. 21**), nombre de léchages ( $F = 4,118$ ,  $p: 0,005$ ) (**Tab. 21**), temps de la première tentative ( $F = 3,810$ ,  $p: 0,008$ ) et le nombre de tentatives ( $F = 3,321$ ,  $p: 0,02$ ) (**Tab. 21**).

**Tableau 21:** Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel (Effet inter-sujets).

	SC III	Ddl	CM	F	Sig
<b>Temps du premier Contact</b>	7407,267	4	1851,82	1,721	<b>0,156</b>
<b>Temps de la première Parade</b>	122335,267	4	30583,82	1,158	<b>0,338</b>
<b>Nombre de Parade</b>	3333,867	4	833,47	4,373	<b>0,003**</b>
<b>Temps du premier Léchage</b>	51638,133	4	12909,53	0,213	<b>0,930</b>
<b>Nombre de Léchage</b>	1160,333	4	290,08	4,118	<b>0,005**</b>
<b>Temps de la première Tentative</b>	773516,867	4	193379,22	3,810	<b>0,008**</b>
<b>Nombre de Tentative</b>	96,267	4	24,07	3,321	<b>0,02*</b>
<b>Durée d'Accouplement</b>	2485144,467	4	621286,12	0,427	<b>0,789</b>



#### 4. Discussion :

La blatte germanique est considérée comme nuisible car elle va pouvoir envahir tout endroit où sont stockés des aliments qu'ils vont contaminer avec leurs fèces, et la sécrétion noirâtre qu'ils régurgitent en mangeant (**Mourier, 2014**). Leurs sécrétions salivaires ainsi que corporelles vont être à l'origine d'une odeur nauséabonde et persistante. Ces sécrétions vont pouvoir altérer le goût des aliments cuits avec les ustensiles contaminés (**Mourier, 2014**). Ils peuvent également occasionner des dégâts au niveau des tissus et des produits à base de papier. Ces cafards constituent des sources d'allergènes puissants (**Fakoorziba et al., 2010 ; Mahjoob et al., 2010 ; Tilahun, 2012 ; Nejati et al., 2012 ; Mahmoud et al., 2013 ; Motevali Haghi et al., 2014**), ayant ainsi la réputation de transmettre des organismes tels que les Staphylocoques, les Streptocoques, les bactéries coliformes, et le virus de la poliomyélite (**Fotedar, 1991 ; Erku et al., 2006 ; Bonnefoy, 2008**).

En raison de sa nuisance, *B. germanica* a fait l'objet de plusieurs études toxicologiques. Cet insecte constitue aussi un modèle expérimental aux nombreux avantages pour étudier le vivant. Il permet d'appréhender des questions scientifiques à bien des niveaux biologiques comme le comportement, la reproduction, les relations avec les autres espèces ou bien encore l'adaptation à l'environnement (**Joly, 2006**). En effet, cet insecte est capable d'exprimer une grande variété de comportements complexes, car il peut révéler différentes formes de mémoires associatives (**DeZazzo et Tully, 1995 ; Chabaud et al. 2006 ; Pacaud, 2008**) sous le contrôle de gènes et de structures spécifiques (**Isabel et al., 2004**).

La résistance aux insecticides peut être définie comme "une modification héréditaire dans la sensibilité d'une population d'organismes nuisibles, se traduisant par l'échec d'un produit pour atteindre le niveau escompté de contrôle, lorsque le produit est utilisé conformément aux recommandations requises pour cette espèce nuisible" (**IRAC, 2008**). L'utilisation d'insecticides en tant que telle, ne crée pas de résistance. Cependant, celle-ci peut se développer à cause d'une utilisation abusive ou inadaptée. Les espèces invasives sont des espèces à haut pouvoir d'adaptation, elles évoluent très vite et continuellement pour maintenir leur place dans leur environnement biologique. Il n'est donc pas étonnant que les espèces invasives aient rapidement développé des résistances vis à vis des insecticides. La résistance va progresser lorsque la variation génétique qui survient naturellement permet à une faible proportion de la population de résister et de survivre transmettant la résistance à leurs descendants (**Mourier, 2014**).



Actuellement, la lutte dans les milieux naturels et anthropisés se dirige de plus en plus vers l'utilisation de moyens naturels pour combattre les différents ravageurs. Cette tendance est dictée par un souci majeur d'actualité qui vise à réduire le plus possible le recours aux pesticides qui polluent l'environnement et conduisent également à l'apparition de souches résistantes (Acheuk, 2012). Parmi ces moyens naturels figure l'utilisation des extraits végétaux comme bioinsecticides (Grethead *et al.*, 1994).

Dans cette optique, nous avons testé la toxicité de deux molécules sur les adultes de *B. germanica*, nous avons choisi un produit chimique qui est le Spirotetramat, est un dérivé d'acide tétramique spirocyclique, c'est l'unique insecticide foliaire. Le produit a un mode d'action nouveau et unique classé comme inhibiteur de l'acétyl-CoA carboxylase ou inhibiteur de la biosynthèse des lipides (IRAC, 2008), et un produit biologique qui est l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, c'est une espèce proche de la pastèque. Elle est fortement tolérante à la sécheresse et se trouve dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie (Bruneton, 1996).

Plusieurs études s'intéressent à lutte contre les blattes urbaines. On peut citer ceux de Habbes (2006), Nasirian *et al.* (2011), Maiza *et al.* (2011), Habbachi (2013) et de Tine *et al.* (2015). Certains insecticides agissent en synergie contre les vecteurs de maladies et les insectes nuisibles tel *B. germanica* (Zurek *et al.*, 2002 ; Habbachi, 2013).

Nos résultats montrent que le Spirotetramat entraîne une mortalité variable selon le sexe des individus traités, la concentration utilisée et le temps de traitement; chez les mâles les valeurs des CL50 % diminuent avec l'augmentation de la durée de traitement. Notre étude montre également que la CL50 du Spirotetramat diminue en fonction du temps de traitement et montre qu'après 30 jours d'exposition, la CL50 est équivalente à 0,83 µg/µl chez les mâles et 0,89 µg/µl chez les femelles. Ramanaidu et Cutler, 2013 indiquent que l'ingestion chronique des concentrations de Spirotetramat a une forte mortalité chez les abeilles ouvrières. Nos résultats corroborent ceux obtenus par (Maiza *et al.*, 2011; Nasirian *et al.*, 2011) et par Habbachi (2013) qui ont montré que le spinosad provoque les mêmes effets chez les adultes de *B. germanica*. Ces mêmes symptômes ont aussi été notés après traitement par l'acide borique chez *B. germanica* (Habes *et al.*, 2006). Aussi Pratt et Croft (2000) ont rapporté que le spirotetramat a conduit à 100% de mortalité adulte chez *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) affectant négativement tous les stades de croissance, y compris fécondité.



Les effets toxiques sur *Typhlodromuspyri scheuten* en laboratoire ont été signalés par **Maus (2008)**, qui a également noté que, dans les vignes, le Spirotetramat est apparu comme non toxique pour *T. pyri*. Spirodiclofène et Spiromesifen sont d'autres exemples d'insecticides du groupe d'acide tétronique. Spirodiclofène est non toxique pour les adultes *Galendromus occidentalis* au laboratoire (**Bostanian et al., 2009a**). Spiromesifen a été signalé pour diminuer la longévité de *G. occidentalis* après 4 jours et a affecté négativement la fertilité et la fécondité (**Saenz-de-Cabezón Irigaray et Zalom, 2006; Saenz-de-Cabezón Irigaray et Zalom, 2007**). Dans *G. occidentalis*, le Spirotetramat a causé la mortalité significative des oeufs (**Lefebvre et al., 2010**). Des études de toxicité sur les larves montrent que le Spirotetramat est le plus toxique sur les larves de *G. occidentalis* (**Lefebvre et al., 2010**). Le Spirotetramat réduit la consommation de proie par *G. occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) (**Beers et Schmidt, 2014**). Plusieurs études récentes ont catégorisé cet inhibiteur de la biosynthèse des lipides est inoffensif à d'autres ennemis naturels, tels que les prédateurs *Episyrphus balteatus* (Degeer) (Diptera: Syrphidae), *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptères: Chrysopidae) (**Schnorbach et al., 2008; Moens et al., 2011**), *C. montrouzieri* (**Planes et al., 2013**) et les parasitoïdes Médiateur de microplite (Haliday) (Hyménoptères: Braconidae), *Coccidoxenoides perminutus* Girault (Hyménoptères: Encyrtidae) et *Anagyrus* sp près des pseudocoques (Hyménoptères: Encyrtidae) (**Moens et al., 2012**). **Fahimeh et al., (2016)** montre que l'éclosion des œufs déposés par les adultes qui se sont nourris de proies traitées avec 2/1 de le CRFM de Spirotétramat, a été légèrement réduite (10%). La même étude a fait état chez *Anas platyrhynchos* de la réduction de la production d'œufs, du taux d'éclosion et du poids corporel des petits (Concentration Sans Effet Observé CSEO = 28,8 mg m.a. /kg d'aliment) et chez *Colinus virginianus* de la réduction du poids corporel moyen à l'éclosion et du pourcentage d'embryons viables/œufs pondus (CSEO = 264 mg m.a. /kg d'aliment). Dans des études à long terme, on a observé chez *Daphnia magna* une diminution du nombre de descendants par parent (**ARLA, 2006e**). La même étude a noté une inhibition de la formation des coquilles chez les huitres. Dans un essai de toxicité aux premiers stades vitaux sur *Pimephales promelas*, on a vu que le Spirotétramat avait des effets nocifs sur le taux d'éclosion (CSEO 33 j = 1,16 mg m.a./l), la survie des alevins (CSEO 33 j = 0,534 mg m.a./l) et la croissance (1,16 mg m.a./l) (**ARLA, 2006d**). L'étude de sa toxicité aiguë a donné chez *Oncorhynchus mykiss* une CL50-96 h = 2,54 mg m.a. /l et une CSEO de 0,825 mg m.a. /l (**ARLA, 2006c**), chez *Cyprinodon carpio* une CL50-96 h = 2,59 mg m.a./l (**ARLA, 2006a**) et chez *Lepomis macrochirus* une CL50-96 h = 2,2 mg m.a. /l (**ARLA, 2006b**).



Dans le cadre de la recherche des molécules bioactives, d'origine végétale, efficaces dans la lutte contre la blatte germanique, *B. germanica*, la présente étude s'oriente vers l'activité biologique d'un extrait éthanolique d'une plante spontanée réputée toxique. Il s'agit de *C. colocynthis*.

Nous avons montré que l'extrait éthanolique du *C. colocynthis* a un effet sur la mortalité des mâles et des femelles de la blatte germanique, et ce, en fonction des concentrations utilisées et du temps d'exposition. Les valeurs des CL50 %, CL90%, TL50% et TL90% diminuent avec l'augmentation de la durée de traitement et/ou la concentration du produit. Nos résultats montrent que la mortalité des femelles est plus importante que celle des mâles, les calculs des CL50% et des CL90% indiquent ces différences.

Nos résultats sont en accord avec ceux **Darriet (1998)** qui trouve que les extraits aqueux des fruits de *C. colocynthis* provoquent une mortalité élevée chez les larves L4 des deux espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. **Merabti et al. (2015)** trouve que la dose 50 mg/l de l'extrait aqueux des fruits de la coloquinte arrive à éliminer plus de 50% de population de *Culex pipiens* uniquement après 24h.

**Abdul Rahuman et Venkatesan, 2008** ont démontré l'activité des acides oléique et linoléique extraits de *C. colocynthis* sur les larves des moustiques (*Aedesaegypti*, *A. stephensi* et *Culex quinquefasciatus*). Les extraits d'éther de pétrole de *C. colocynthis*, *Coccinia indica*, *Cucumis sativus*, *M. charantia*, et *Trichosanthes anguina* ont été utilisés contre les larves des moustiques (**Hemingway et al., 2004 ; Mullai et al., 2008**).

Nos résultats trouvés sont en accord aussi avec ceux qui sont signalés pour *P. harmala* chez *Culex pipiens* (**Habbachi et al., 2014 ; Benhissen, 2016**) et *Blattella germanica* (**Masna, 2016 ; El Bah, 2017**), les ravageurs de cultures ; sur des larves de lépidoptères (**Abdel-Rahman et Al-Mozini, 2007 ; Abbasipour et al., 2010**) que sur des larves de coléoptères (**Salari et al., 2012 ; Amandeep et Meera, 2014**) et d'acridiens (**Idrissi-Hassani & Hermas, 2008 ; Kemassi et al., 2012**). L'alimentation en *P. harmala* provoque une mortalité aux stades larvaires chez *S. gregaria* (**Idrissi Hassani et al., 1998; Idrissi Hassani, 2000**). **Azzi (2007)** montre que de la dose létale 50 (DL50) des alcaloïdes totaux extraits des graines de coloquinte, administrée par voie intra péritonéale chez les rats Wistar est de 800mg/kg.



Chaque jour, les animaux dont les insectes utilisent de nombreuses sources d'informations, émanant de leur environnement. Ces stimuli, notamment visuels et olfactifs, servent, entre autres, à localiser des sources de nourriture, des partenaires sexuels, ou à toute autre activité nécessitant de se déplacer dans l'environnement. L'utilisation de telles informations implique la mise en place de processus de discrimination et éventuellement de mémorisation des stimuli les plus pertinents (**Pacaud, 2008 ; Louat, 2013**).

Basés sur l'origine de l'émission et sur le receveur, les signaux chimiques peuvent être divisés en deux grands groupes ; les allélochimiques, signaux qui sont émis d'un animal d'une espèce vers un membre d'une espèce différente (**Whittaker et Feeny, 1970**) et les phéromones, signaux chimiques qui transportent l'information d'un individu à un autre membre de la même espèce (**Karlson et Lüscher, 1959**). La communication chimique intraspécifique joue un rôle essentiel dans le comportement sexuel et la vie sociale des insectes (**Desneux et al., 2007 ; Badi, 2015**).

L'étude détaillée du comportement sexuel des blattes, et de *B. germanica* en particulier, était donc un des facteurs primordiaux à ne pas négliger, et c'est ce que nous avons tenté de faire dans ce travail. Comme chez de nombreuses blattes, le comportement sexuel de *B. germanica* comprend cinq phases successives : l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergaux du mâle par la femelle et, enfin l'accouplement (**Tokro, 1984**).

La reproduction des blattes se fait grâce à des phéromones sexuelles émises par l'un des sexes seulement, ce sont surtout les femelles qui émettent ces phéromones. **Cochran (1982), Roth et Dateo (1966)** et **Tokro (1984)** montrent que la femelle de *B. germanica* émet la phéromone sexuelle volatile au niveau d'une petite zone glandulaire située sur son pygidium (dernier tergite abdominal recouvrant l'atrium génital) afin d'attirer les mâles à distance.

Le comportement sexuel commence par le contact d'antenne. Dans différentes espèces de blattes, leur rôle dans la reconnaissance mutuelle a été prouvé (**Roth et Willis, 1952; Smyth, 1963; Farine et al., 1993; Gropeaux, 1994**). Cette phase d'identification déclenche la parade dans le comportement masculin "wing-raising posture", qui montre son excitation. Ce phénomène permet à la femelle de lécher les sécrétions des glandes tergaux du mâle et il essaye d'attacher sa femelle.



Le comportement d'insectes et tous les animaux, est dirigé par des interactions entre les neurones au sein de leur système nerveux. Les insecticides ont été choisis et parfois conçus pour leur capacité remarquable à tuer les insectes. La plupart attaquent des sites spécifiques dans le système nerveux de l'insecte. Donc il n'est pas surprenant que les insecticides à des niveaux qui ne mènent pas à la mortalité peuvent influencer le comportement (**Haynes, 1988 ; Rafalimanana, 2004**).

Cependant, il existe peu d'études détaillées sur les effets potentiels des doses sublétales d'insecticides. Les études sur les effets comportementaux des neurotoxiques sont importantes pour plusieurs raisons. D'abord, les observations détaillées des symptômes comportementaux d'insectes empoisonnés aideront à élucider les modes d'action des insecticides nouveaux et conventionnels. Deuxièmement, il est clair que presque tous les insecticides interfèrent avec les comportements normalement bien orchestrés des insectes ravageurs et peuvent donc contribuer à la gestion de leurs populations (**Haynes, 1988 ; Desneux et al., 2007 ; Lürning et Scheffer, 2007**).

Le comportement d'accouplement chez les insectes se compose d'une série complexe des événements comportementaux qui sont coordonnés par les systèmes nerveux et hormonal de manière très précise. Chaque événement de comportement peut être affecté par des doses sublétales d'insecticide, conduisant à l'échec de la reproduction. Il affecte la capacité de localisation, la parade et le temps de l'accouplement peuvent également entraîner une diminution de la production de la progéniture (**Haynes, 1988**).

L'utilisation de Spirotetramat à des concentrations sublétales affecte le comportement sexuel des adultes de *B. germanica*, nous avons enregistré un taux de 100% d'accouplements nuls lorsque l'un de deux sexes est témoin (mâle traité-femelle témoin, mâle témoin-femelle traitée) ainsi que dans le cas où les deux sexes sont traités, le produit empêche les séquences de parade, léchage, tentative et d'accouplement. Notons qu'aucune étude des effets sublétaux de Spirotetramat n'a été faite sur le comportement sexuel de la blatte germanique. Cependant, ils ont également été décrits dans des expériences avec d'autres insecticides.

La perturbation du comportement sexuel et de l'accouplement par les doses sublétales d'insecticides a été démontrée chez plusieurs insectes. **Floyd et Crowder (1981)** ont rapporté que *Pectinophora gossypiella* traité par permethrin ne répond pas à la parade wing-fanning et elle a de basses concentrations de phéromone. Les fréquences de vol et le parade de mâle *Trichoplusia ni* ont également diminué lors de contact avec les doses



subléthales de cyperméthrin et chlordimeform (Clark et Haynes, 1992a, b). L'exposition à l'imidaclopride, un néonicotinoïde, à des doses sublétales en intoxication chronique induit des effets sur l'accouplement et la fécondité des drosophiles (Louat, 2013). Des résultats similaires sont obtenus par l'utilisation d'insecticides : dithiocarbamate, Dithane M 45 (Vasudev, 2013). De plus, Beers et Schmidt (2014) ont indiqué aussi que le Spirotétramat a diminué l'éclosion des œufs et la fécondité de *G. occidentalis* à 1/10, 1/1 et 2/1 de son CRFM (CRFM pour le spirotétramat = 50 mg / ml). Récemment, des résultats acquis par Bensafi Gheraïbia (2015) indiquent que le Spiromesifen perturbe le métabolisme lipidique chez la drosophile, confirmant ainsi son mécanisme d'action primaire sur la synthèse des lipides des hydrocarbures cuticulaires.

Le comportement sexuel de l'insecte peut donc être utilisé comme un paramètre important pour comprendre les effets délétères des plantes toxiques. Dans ce contexte, nous avons évalué les effets secondaires (différés) de différentes concentrations sublétales de *C. colocynthis* sur l'ensemble de séquences comportementales conduisant à l'accouplement et le potentiel reproductif chez *B. germanica*.

En ce qui concerne l'accouplement des congénères témoins chez *B. germanica*, nous avons enregistré un taux de réussite de 60% et qu'il y avait 40% d'accouplements avortés. Nos résultats montrent que les toxines contenues dans la plante étudiée (*C. colocynthis*) influent aussi sur les couples de la blatte. Nous avons noté que des accouplements réussis ne dépassent pas les 20%, lorsque l'un des deux sexes est témoin (mâle traité-femelle témoin, mâle témoin-femelle traitée). Dans le cas des deux sexes traités, nous enregistrons 100% des accouplements nuls. Ce résultat peut s'expliquer par une sélection des mâles par les femelles afin de sélectionner les meilleurs gènes du mâle pour sa progéniture et assurer ainsi la survie de l'espèce comme chez les blattes de *Leucophaea amaderae* (Mondet, 2008).

L'effet des insecticides sur les comportements d'accouplement de *B. germanica* est très peu étudié. Lee *et al.* (1998) observent que les mâles de *B. germanica* établissent le contact antennaire et adoptent une position de parade devant les femelles traitées par deltaméthrin, mais ces dernières ne sont pas réceptives. L'azadirachtine est responsable de l'augmentation du temps de la première parade chez le mâle de *B. germanica* et celui du premier temps de léchage chez la femelle ainsi que sur le taux de réussite des accouplements (Masna *et al.*, 2015 ; Masna, 2016). Egalement, Le *Bacillus thuringiensis var kurstaki*, le spinosad, le tébufenozide et l'halofenozide administrés à des concentrations sublétales perturbent le



déroulement de comportement sexuel et grégaire de *B. germanica* et les individus traités perdent la faculté de perception des stimuli extraits des femelles suite à des modifications dans les quantités des cires cuticulaires (**Habbachi, 2009 ; Kilani-Morakchi et al., 2009, Habbachi et al., 2010 ; Badi, 2015**). Il semble que le mode d'action du pesticide soit localisé à un des niveaux d'intégration du message odorant, ainsi situé aux premiers niveaux de l'intégration de message (**Ouakid, 2006 ; Habbachi, 2009 ; Mehaoua, 2014**).

L'utilisation de Spirotetramat et de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, à des concentrations sublétales affectent ainsi le comportement grégaire de la blatte germanique. Les insecticides utilisés au cours de ce travail agissent sur la perception des blattes adultes ; *B. germanica* traités et testés en olfactomètre ne détectent pas significativement les odeurs testées. Les produits affectent aussi le signal chimique chez les blattes puisque les extraits des adultes traités n'attirent pas significativement les blattes testées.

Les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* sont des neurotoxines et provoquent des perturbations de la perception chimique chez la blatte germanique selon **Masna (2016) et Elbah (2017)**. L'extrait éthanolique de feuilles de *P. harmala* affecte la physiologie et le système nerveux du criquet et provoque des troubles de l'équilibre chez l'ensemble des traités (**Abbassi et al., 2005**).

L'étude de **Shafeek et al. (2004)** a été effectuée pour comprendre le mécanisme du neurotoxique de l'Azadirachtine chez *P. americana*, ils ont proposé que ce produit exerce l'action excitatrice sur l'activité électrique dans le système nerveux du cancrelat interférant avec les canaux d'ion dans la membrane du nerf, la cible probable de plusieurs insecticides. Ce qui peut expliquer aussi l'effet de l'Azadirachtine sur la perception des molécules chimiques chez les adultes de la blatte germanique.

*Chapitre 3 :*  
*Les effets*  
*insecticides sur*  
*les Rats souche*  
*Wistar*



## 1. Introduction :

Chez les mammifères, l'ordre des rongeurs (*Rodentia*) est le plus large avec plus de 2000 espèces et représente 44% de l'ensemble des mammifères. D'un point de vue géographique, les rongeurs sont également prédominants, ils ont colonisé tous les continents à l'exception de l'antarctique. Ils doivent cette prépondérance à leur capacité d'adaptation aux différents écosystèmes urbains, ruraux ou sylvatiques (**Pocock et al., 2004**). La synanthropie est une forme de commensalisme qui caractérise certains rongeurs. Elle qualifie le mode de vie particulier d'animaux non domestiques tirant profit de leur proximité de l'homme et de son habitat.

L'importance des rongeurs peut être perçue globalement sur plusieurs plans notamment écologique, agricole, alimentaire, médicale, sanitaire, culturel. Les rongeurs constituent des proies pour beaucoup d'autres animaux notamment les rapaces (diurnes et nocturnes) (**Teka et al., 2002**). D'après **Ramade (2003)**, les rongeurs ont un impact accentué sur la dynamique de la végétation car ils jouent un rôle dans la dissémination des semences des plantes, et ils influent aussi sur la répartition de leurs prédateurs.

Le rat fait partie des six espèces de rongeurs catégorisées en tant qu'authentiques rongeurs commensaux. Ce terme trouvé dans la littérature scientifique vise à désigner la relation de dépendance des rats envers les humains pour satisfaire leurs besoins alimentaires. Toutefois, comme une relation de commensalisme véritable implique qu'une espèce tire profit d'une autre sans lui causer préjudice, le terme kleptoparasitisme serait plus approprié pour caractériser l'association existant entre les rats et les humains (**Battersby et al., 2008**). Effectivement, la relation entre les deux espèces se produit au détriment de l'humain puisqu'elle entraîne pour lui des impacts négatifs importants au niveau social et économique (**Meyer, 2003**).

Les ressources écologiques sont les principaux déterminants de la densité de rat en milieu urbain (**Feng et al., 2013; Himsworth et al., 2013c**). Les populations de rats ont besoin d'un abri et de nourritures afin de s'établir. Ces critères caractérisent le milieu urbain, ce qui y rend difficile l'identification précise d'un habitat optimal du rat. Une étude récente décrit des facteurs sociaux (zones défavorisées, état des habitations) pour expliquer une densité élevée des rats (**Himsworth et al., 2014c**). Le statut socio-économique d'une zone



pourrait donc être un indicateur de la densité de rat et un indicateur de risque d'exposition à l'homme.

L'Organisation mondiale de la santé s'accorde pour dire que les rats représentent un risque important pour la santé humaine, particulièrement chez les personnes qui présentent une vulnérabilité accrue comme les jeunes enfants et les personnes âgées (**Battersby et al., 2008**). Des recherches ont démontré que ces mammifères peuvent être associés à la transmission de plus de 40 maladies par la propagation d'ectoparasites, d'endoparasites, de bactéries et de virus contenus dans leurs fèces, leur pelage, leur urine, leur salive, leur sang ou sur leurs pieds (**Corrigan, 2001**). Les maladies qui peuvent être transmises par le rat sont, entre autres, la bilharziose, le typhus murin, la salmonellose, la leptospirose, la trichinellose, la fièvre par morsure du rat et la peste bubonique. La mortalité associée à la transmission des maladies par le rat est importante. Il a d'ailleurs été démontré que la présence de rats dans les immeubles contribue à augmenter la présence d'allergènes à l'intérieur des appartements et par conséquent les cas d'asthme et de rhinoconjonctivite (**Battersby et al., 2008**).

Outre la transmission de maladies, la présence des rats en ville détériore également la santé humaine en agissant comme générateur d'anxiété chez certains individus (**Battersby et al., 2008**). Les rats sont souvent associés à des conditions d'insalubrité et à la transmission de maladies, ce qui fait que leur présence agit parfois comme agent stressant qui affecte la santé mentale des individus exposés, particulièrement chez les êtres déjà fragilisés. Par leur présence plus importante dans les environnements plus défavorisés, les rats contribuent également à accentuer l'inégalité sociale existant entre les différentes classes de la société.

Dans ce contexte nous avons déterminé l'efficacité des deux insecticides : le Spirotetramat (produit chimique) et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (produit d'origine végétal) sur la toxicité aiguë et sur le comportement anxieux des rats (souche Wistar). Pour cela notre travail est basé sur les axes suivant :

- Déterminer l'effet des deux insecticides sur la mortalité des rats (mâles et femelles).
- Déterminer l'effet des deux insecticides sur le comportement anxieux des rats et ceux par des tests de labyrinthe en croix surélevée, tests du champ ouvert et des tests de la nage forcée.



- Déterminer l'effet des produits sur la physiologie des rats (poids des animaux et poids des organes).
- Déterminer l'effet des produits sur les paramètres hématologiques et biochimiques.
- Déterminer l'effet des produits sur la transmission nerveuse par l'appréciation des profils de l'acétylcholinestérase.
- Déterminer l'effet des produits sur les coupes histologiques des différents organes (foie, reins, testicules).



## 2. Matériel & Méthodes :

### 2.1. Rat Wistar :

Les rats sont des mammifères nocturnes, omnivores et coprophages. Un rat adulte mesure en moyenne 35 à 50 cm de long (avec la queue) et il pèse entre 300 et 500 grammes entre 200 et 400 grammes pour les femelles (Tremblay, 2001 ; Gabner, 2002 ; Bulliot, 2004). Ils sont caractérisés par des grands pavillons auriculaires, des pattes longues et un thorax étroit (Tremblay, 2001). La durée de vie d'un rat domestique est comprise entre 24 à 48 mois avec un record enregistré de 4 ans et 3 mois. Cette grande variabilité dépend de facteurs génétiques et environnementaux (Tremblay, 2001). En se basant sur le paramètre âge, la puberté peut se prévoir en fonction de l'âge, du poids vif ou de la longueur du corps. Ce dernier paramètre semble être le plus constant (Maeda *et al.*, 2000 ; Tremblay, 2001). La majorité des individus deviennent sexuellement matures entre 6 et 9 semaines. Cependant, certains sont plus précoces et deviennent pubères à partir de la 5<sup>ème</sup> semaine (Tremblay, 2001).



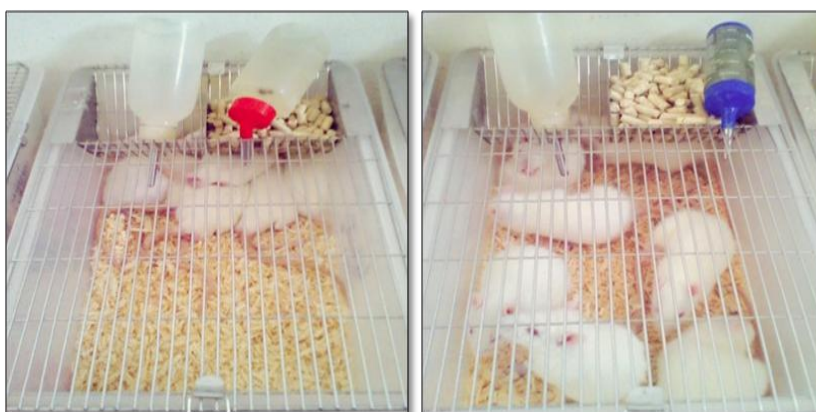
**Figure 32 :** Photo comparative – vue ventrale d'un mâle (à gauche) et d'une femelle (à droite) (Bouchon, 2007).

### 2.2. Conditions d'élevage :

L'étude expérimentale a été effectuée sur des rats blancs, de la souche Wistar provenant de l'institut pasteur d'Alger (Kouba). Ces rats sont placés dans des cages au niveau d'un box à l'animalerie du département de biologie de l'université Badji Mokhtar Annaba. Les cages sont en matière plastique et ont un couvercle en acier inoxydable, munies d'une



étiquette où est mentionné le nom du lot, le traitement subis et les dates des expérimentations. Une épaisse couche de sciure déposée au fond des cages est renouvelée tous les 3 à 4 jours. Ces derniers ont été acclimatés aux conditions de l'animalerie à une température de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  et une photopériode naturelle. La nourriture apportée aux animaux est confectionnée sous forme de bâtonnets constitués de maïs, d'orge, de lait et de compléments vitaminés (ONAB d'El-Ksar à Bejaia) ; quant à l'eau de boisson, elle est présentée dans des biberons adaptés aux cages. L'aliment et l'eau sont fournis *ad libitum* (**Fig. 33**).



**Figure 33** : Conditionnement des rats au niveau de l'animalerie de l'université (**Photo personnelle**).

## 2.3. Effets directs des insecticides :

### 2.3.1. Effets du Spirotetramat :

16 rats ont été répartis en 4 lots (4 rats/lot) sans prendre en compte leur sexe. Le premier lot (lot A) reçoit, dans les biberons, une solution composée de l'eau minérale (62,5 ml où 50 %) et le spirotetramat à  $15 \mu\text{g/ml}$  (62,5 ml où 50 %) et ce pendant 3 semaines successives. Le deuxième lot reçoit 2 ml de spirotetramat ( $15 \mu\text{g/ml}$ ) par gavage (durant une semaine) un jour sur deux, tandis que du troisième lot reçoit par gavage 1 ml de spirotetramat ( $15 \mu\text{g/ml}$ ) mélangé avec 1 ml d'eau minérale pendant une semaine (un jour sur deux). Le quatrième lot c'est le lot témoin où les animaux reçoivent de l'eau minérale (**Tab. 22**). Le tableau 25 résume les différents traitements réalisés avec le spirotetramat.



**Tableau 22 :** Mode d'application du spirotetramat pour étudier l'effet sur la mortalité

Lot	Traitement	Mode	Durée
<b>Lot Témoin</b>	Reçoit de l'eau minérale.	ingestion	30 jours
<b>Lot 1</b>	l'eau minérale (62,5 ml où 50 %) et le spirotetramat à 15 µg/ml (62,5 ml où 50 %)	ingestion	30 jours
<b>Lot 2</b>	2 ml de spirotetramat (15 µg/ml)	gavage	une semaine (un jour sur deux)
<b>Lot 3</b>	1 ml de spirotetramat (15 µg/ml) mélangé avec 1 ml d'eau minérale	gavage	une semaine (un jour sur deux)

### 2.3.2. Effets de l'extrait de *C. colocynthis*:

Soixante rats de type Wistar ont été séparés en 5 lots, chaque lot contient 10 individus (5 mâles et 5 femelles). Le premier lot reçoit 5 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml), le deuxième lot reçoit 10 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml) et le troisième lot reçoit 15 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml) pendant 07 jours (un jour sur deux). Le quatrième lot reçoit 5 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml) pendant 07 jours successifs et le cinquième lot reçoit 5 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml) pendant 21 jours successifs, avec un lot témoin où les animaux reçoivent 5 ml de l'eau minérale. Les rats ont été intoxiqués par voie orale (gavage), à la sonde gastrique (**Tab. 23**).

**Tableau 23 :** Mode d'application de l'extrait de *C. colocynthis* pour étudier l'effet sur la mortalité.

Lots	Effectif		Concentration de l'extrait de <i>C. colocynthis</i>	Doses gavées (20g/l)	Période de gavage
	Mâles	Femelles			
Lot témoin	5	5	20 µg/ml	5 ml	7 jours
Lot 1	5	5	20 µg/ml	5 ml	7 jours (jours par jours)
Lot 2	5	5	20 µg/ml	10 ml	
Lot 3	5	5	20 µg/ml	15 ml	
Lot 4	5	5	20 µg/ml	5 ml	7 jours successifs
Lot 5	5	5	20 µg/ml	5 ml	21 jours successifs



## 2.4. Effets indirects des insecticides :

### 2.4.1. Effets sur le comportement :

Le comportement anxieux chez le rat est inné, il est une composante déterminante du comportement général des rongeurs, il se manifeste par la disposition naturelle de l'animal à avoir peur lorsqu'il est mis, sans adaptation ou expérience préalable, dans un environnement non protégé. Ce comportement peut être mesuré et évalué à l'aide des dispositifs expérimentaux validés par la société scientifique dont les plus utilisés sont le labyrinthe en croix surélevé (*Elevated Plus Maze : EPM*), le champ ouvert (*Open Field : OP*) et le test de la nage forcée (*Forced Swim Test : FST*). Pour notre étude, ces tests sont utilisés du moins vers le plus stressant.

Pour l'étude des effets indirects du Spirotetramat, vingt rats ont été séparés en deux groupes, un groupe des témoins (10 individus: 5 mâles et 5 femelles) et un groupe des traités (10 individus: 5 mâles et 5 femelles). Les rats sont traités par ingestion avec 10% du Spirotetramat (15 µg/ml) pendant 7 jours.

Concernant l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, trente rats ont été séparés en deux groupes, un groupe des témoins (10 individus: 5 mâles et 5 femelles) et un groupe des traités (20 individus: 10 mâles et 10 femelles). Ces rats sont traités par gavage avec 2 ml de l'extrait de *C. colocynthis* (20 µg/ml) pendant 7 jours (un jour sur deux).

#### ➤ Test du labyrinthe en croix surélevé « *Elevated Plus Maze Test* » :

Ce dispositif, en forme de croix est surélevé à 50cm au-dessus du sol. Il comporte quatre bras opposés deux à deux ; deux de ces bras sont fermés par des parois brunes (50 × 15 × 45cm) tandis que deux autres sont ouverts (50 × 15cm). Les bras sont reliés par une plateforme centrale (15 × 15cm) (**Fig. 34**) (**Patin et al., 2005**). Pour chaque rat on a enregistré une vidéo de tout le comportement de l'animal durant le test.

La validation du labyrinthe en croix surélevé en tant que dispositif pour la mesure de l'anxiété chez les rongeurs est basée sur des critères comportementaux, physiologiques et pharmacologiques (**Pellow et al., 1985**). Compte-tenu de l'aversion des rongeurs pour les espaces ouverts et la hauteur, les bras ouverts du dispositif sont plus anxiogènes que les bras fermés. Ainsi, un animal qui explore plus les bras ouverts sera considéré comme étant « peu



anxieux », alors qu'un animal qui reste confiné dans les bras fermés du dispositif, sera lui, considéré, comme étant « anxieux » (El Hage, 2012).

Le test consiste à placer les rats au centre du dispositif, face à un bras ouvert, et laissés libres de l'explorer pendant 5 minutes. Le plancher est nettoyé à l'éthanol (70%) entre chaque test afin d'éviter toute odeur pouvant modifier le comportement de l'animal suivant. Plusieurs variables classiques ont été mesurées par analyse des enregistrements vidéo : le nombre d'entrées dans les bras ouverts (BO) et/ou les bras fermés (BF) et le temps passé dans ces derniers, le nombre de redressement (un animal se tenant sur ses deux pattes postérieures est en position de redressement) et le temps passé dans le centre. La plateforme centrale considérée comme un indicateur d'hésitation entre approche et évitement des bras les plus anxiogènes, le nombre total d'entrées dans l'ensemble des bras, considéré comme un bon indicateur de l'activité locomotrice de l'animal. Une entrée est comptabilisée lorsque les quatre pattes de l'animal franchissent le seuil du bras (El Hage, 2012).



**Figure 34:** Test du labyrinthe en croix surélevé (EPM) (Guedri, 2014).

➤ **Test du champ ouvert « Open Field Test»:**

Le test de l'Open Field, initialement décrit par Hall (1934, 1938), a été développé dans le but de mesurer les différences de réactivité émotionnelle chez le rat et permettre ainsi d'observer l'anxiété non pathologique des animaux (Prut & Belzung, 2003).

Le dispositif se compose d'une base entourée par des parapets en verre dont les mesures sont respectivement de 54cm x 38cm x 40cm. Le plancher est sous forme de cases (sombre et claire) de 13cm x 9 cm, il a été divisé en deux zones, une zone centrale et une zone périphérique (Fig. 35). Le test du champ ouvert est réalisé pendant 30mn et l'animal est placé au centre du dispositif. Son déplacement est enregistré à l'aide d'une caméra vidéo ce qui



permet de mesurer par la suite le nombre de cases traversés (sombre et claire) ainsi que le temps passé dans ces cases pour chaque zone. De ce fait, ce test mesure l'activité locomotrice et le comportement anxieux. Ce dernier est d'autant plus prononcé quand le rat passe plus de temps dans la zone périphérique. Quant à la zone centrale, son exploration représente un signe de moindre anxiété. Le dispositif est nettoyé après chaque test avec l'éthanol à 70%.



Figure 35: Test du champ ouvert (Photo original).

➤ **Test de la Nage Forcée « *Forced Swim Test* » :**

La nage forcée est un test largement répandu permettant d'une part d'induire un état de désespoir chez les rongeurs et d'autre part d'étudier la capacité antidépressive des agents pharmacologiques (Porsolt *et al.*, 1978). Il consiste à contraindre les rats à nager dans un aquarium de (54 x 38 x 40 cm) de diamètre pour assurer que le rat ne pourra pas s'enfuir en s'agrippant aux bordures du dispositif (Fig. 36). Au bout de quelques minutes, la proportion de temps passé à nager diminue au profit du comportement d'immobilité, c'est-à-dire que l'animal flotte passivement en n'effectuant que les mouvements nécessaires au maintien de sa tête hors de l'eau.

Le temps d'immobilité est un indicateur de l'état pseudo-dépressif ou résigné de l'animal. Il est réduit par l'administration de la plupart des antidépresseurs classiques (El Hage, 2012). L'aquarium est rempli d'eau à 26C°. La hauteur de l'eau atteint 30cm, pour s'assurer que le rat ne se serve pas de ses membres inférieurs pour se maintenir à la surface, et donc l'obliger à nager.

Ce test est composé de deux étapes espacées de 24 heures. Au cours de la première étape (prétest), les rats ont été placés individuellement dans l'aquarium pendant 15 mn, cette phase sert à provoquer une dépression mentale (phase dépressinogène). La deuxième étape (le



test pris en considération) dure 5 mn au cours de laquelle, le temps d'immobilité, de nage et d'escalade sont mesurés à l'aide d'un enregistrement vidéo. Après chaque session de nage, l'animal est séché rapidement avec un séchoir, puis replacé dans sa cage d'hébergement.



Figure 36: Test de la nage forcée (Guedri, 2014).

#### 2.4.2. Effet sur les paramètres hématologiques et biochimiques :

##### ➤ Prélèvement sanguin :

Les prélèvements sanguins se font lors de la décapitation à l'aide d'un entonnoir. Les échantillons sanguins sont recueillis dans des tubes EDTA pour la mesure de la formule de numération sanguine (FNS) et de réaliser le dosage de l'ACTH, tubes Héparines pour faire les paramètres biochimiques (la glycémie, les triglycérides, le cholestérol, l'urée et la créatinine) et les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire d'analyses médicale du Dr Fridja Benmahmoud S.

##### ➤ Prélèvement des organes :

Après sacrifice, l'animal est fixé en décubitus dorsal, une incision est pratiquée depuis l'orifice urogénital jusqu'au manubrium sternal. Les organes de l'axe du stress (cerveau, surrénales, reins), les organes de l'axe gonadotrope (ovaires, testicules, épидидyme), le foie (métabolisme énergétique) et les poumons ont été rapidement prélevés à l'aide d'une pince fine. Les organes sont débarrassés de la matière grasse qui les entoure par le biais d'une lame coupante, puis sont rincés, séchés et enfin pesés sur une balance de précision (Scaltec Instruments, Germany). Les organes ont été par la suite coupés en deux parties égales, l'une conservée dans une boîte sombre et hermétiquement fermée contenant le formol à 10%



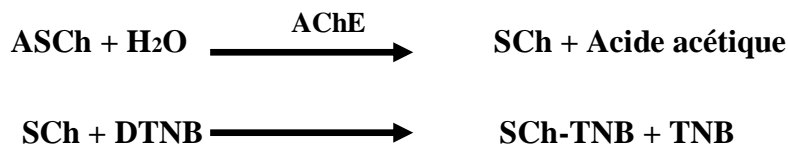
disposé, et l'autre moitié mise dans du papier aluminium et conservée au frais pour usage ultérieur.

➤ **Dosage des paramètres du stress oxydant cérébral :**

***Dosage de l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE)***

La méthode utilisée est celle décrite par **Ellman et al. (1961)**. C'est une méthode colorimétrique. Ainsi l'acétylcholinestérase contenue dans la fraction des tissus va se réagir avec l'acétylcholine (ASCh) en libérant l'acétate et la thiocholine (SCh). Cette dernière réagit à son tour avec le 5-5'-Dithio-bis (2-nitrobenzoate) (DTNB) en donnant du 5-thio-2-nitrobenzoïque (TNB) produit de couleur jaune qui absorbe à 412 nm et dont la concentration est proportionnelle à la quantité d'enzymes présente dans le milieu.

La réaction peut se schématiser ainsi:



**Mode opératoire:**

Réactifs	Blanc	Essai
Tampon Phosphate PBS (.01 M, pH 7.4)	1050	1000
DTNB	50	50
ASCh	50	50
Homogénat	–	50

- Les tubes sont bouchés puis agités ;
- La lecture de l'absorbance se fait à 412 nm à un intervalle de temps de 25 min (lecture de la DO chaque 3 min) contre le blanc.

L'activité de l'AChE exprimée en nanomoles par minute par milligramme de protéines (nmol/min/mg prot) est calculée selon la fonction suivante:



---

$$\text{AChE (nmol/min/mg prot)} = \frac{\Delta \text{DO} / \Delta t \times 1691.18}{P}$$

- $\Delta \text{DO} / \Delta t$ : variation de la densité optique par minute;
- P : Concentration de protéines en mg/ml.

### 2.5. Analyse statistique:

Les résultats sont exprimés par des statistiques descriptives (moyenne, écart type, minimum et maximum) et ont été analysés en utilisant le test "t" de Student avec le logiciel XLStat (2014). Les valeurs de  $p \leq 0,05$  sont considérées significatives.



### 3. Résultats :

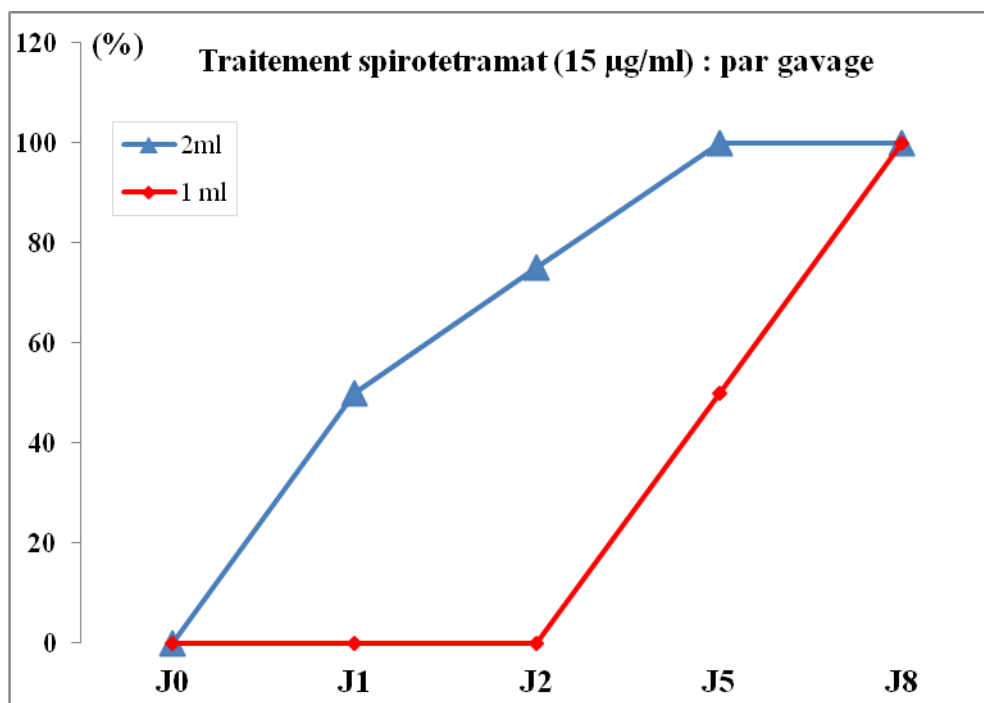
#### 3.1. Evaluation de la toxicité aigue :

##### Spirotetramat :

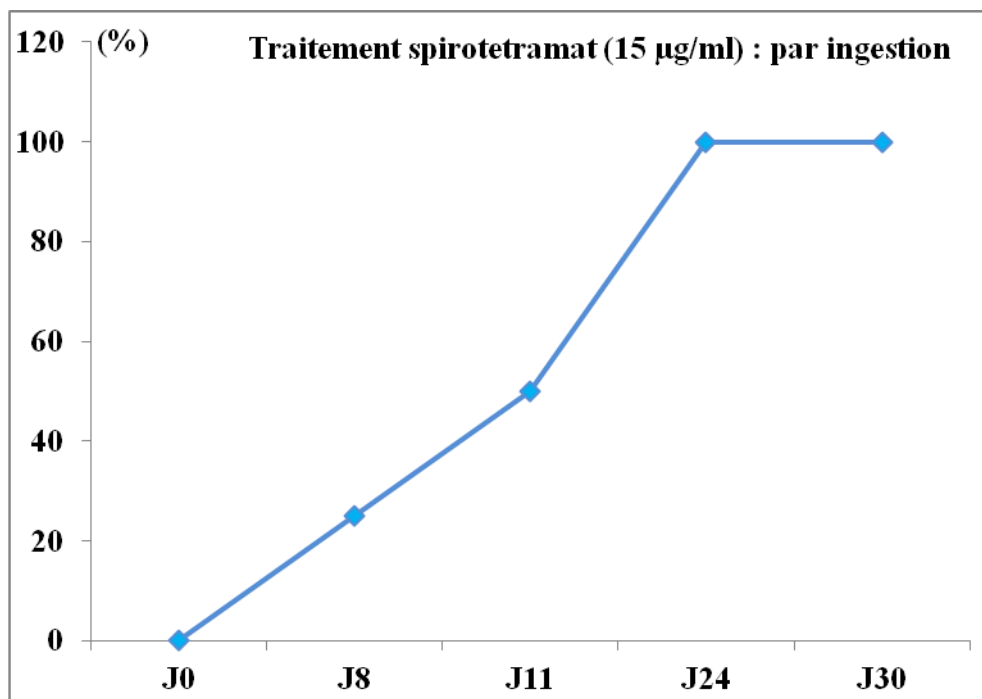
Après l'administration des différentes doses de Spirotetramat aux différents lots des rats, nous avons obtenu les résultats suivants :

Dés le début du traitement nous avons constaté chez les animaux une carte clinique caractérisée par des symptômes grave :

- Une difficulté de respiration et agitation.
- L'activité des animaux se réduit, leur démarche devient lente, puis peu à peu ils se couchent sur le ventre.
- La mortalité atteint 100% au bout d'une semaine chez les lots (2 et 3), et au bout de 30 jours chez le lot 1.



**Figure 37:** Taux de mortalité chez les rats traités (par gavage) par différentes doses de Spirotetramat.



**Figure 38 :** Taux de mortalité chez les rats traités (par ingestion) par différentes doses de Spirotetramat.

#### Extrait de *C. colocynthis* :

Nos résultats montrent que l'application par gavage d'une concentration de 20 µg/ml de l'extrait de *C. colocynthis* à différentes doses (5, 10 et 15 ml) ne présente aucune mortalité, quelque soit la durée de l'exposition. Des effets différés ont été observé chez les rats traités avec l'extrait de la plante qui sont :

- Les douleurs gastro-intestinales traduites par une diarrhée.
- La fatigue et l'activité des animaux se réduit.

### 3.2. Tests comportementaux :

#### 3.2.1. Effet de Spirotetramat (15µg/ml) :

##### 3.2.1.1. Tests du labyrinthe en croix surélevé (Elevated Plus Maze) :

###### ➤ Temps passé dans le centre :

Chez les mâles témoins ce test révèle que le temps passé dans le centre est d'une moyenne de  $33,20 \pm 17,64$  secondes avec un minimum de 13 secondes et un maximum de 61 secondes. Alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le temps passé dans le



centre atteint  $19,60 \pm 11,48$  secondes dont le minimum enregistré est de 6 secondes et le maximum de 35 secondes (**Tab. 24**). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes ( $t=1,45$  ;  $p : 0,19$ ) (**Tab. 24**).

Chez les femelles témoins, on remarque que le temps passé dans le centre est d'une moyenne de  $11 \pm 7,31$  secondes avec un minimum d'une seconde et un maximum de 20 secondes. Mais chez les individus traités, la moyenne du temps passé dans le centre est de  $45,40 \pm 27,15$  secondes dont le minimum enregistré est de 11 secondes et le maximum de 68s (**Tab. 24**). La comparaison des moyennes au seuil de signification  $\alpha=0,05$  montre qu'il existe des différences significatives entre ces temps ( $t= -2,74$ ;  $p : 0,03$ ) (**Tab. 24**).

**Tableau 24:** Variation du temps passé dans le centre du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	33,20 ± 17,64	19,60 ± 11,48	11 ± 7,31	45,40 ± 27,15
<b>Min</b>	13,00	6,00	1,00	11,00
<b>Max</b>	61,00	35,00	20,00	68,00
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>1,45</b>		<b>-2,74</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,19</b>		<b>0,03*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Temps passé dans les bras fermés :**

Chez les mâles témoins, on a constaté que le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $243,20 \pm 12,46$  secondes avec un minimum de 228 secondes et un maximum de 256 secondes. Alors que chez les traités au Spirotetramat, le temps passé dans les bras fermés a augmenté et atteint une moyenne de  $269,20 \pm 14,10$  secondes dont le minimum enregistré est de 252 secondes et le maximum de 290 secondes (**Tab. 25**). L'analyse statistique montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes ( $t= -2,74$ ;  $p : 0,02$ ) (**Tab. 25**).

Le temps passé dans les bras fermés chez les femelles témoins est d'une moyenne de  $257 \pm 24,40$  secondes avec un minimum de 238 secondes et un maximum de 299 secondes. Pour les femelles traitées, le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $242,80 \pm$



26,64 secondes dont le minimum enregistré est de 220 secondes et le maximum de 282 secondes (**Tab. 25**). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes ( $t=0,88$ ;  $p:0,41$ ) (**Tab. 25**).

**Tableau 25:** Variation du temps passé dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	243,20 ± 12,46	269,20 ± 14,10	257 ± 24,40	242,80 ± 26,64
<b>Min</b>	228,00	252,00	238,00	220,00
<b>Max</b>	256,00	290,00	299,00	282,00
$t_{obs}$	<b>-3,1</b>		<b>0,88</b>	
$p$	<b>0,02*</b>		<b>0,41</b>	

\* :  $p<0,05$  ; \*\* :  $p<0,01$  ; \*\*\* :  $p<0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Temps passé dans les bras ouverts :**

Chez les mâles témoins on enregistre que le temps passé dans les bras ouverts varie de zéro à 59 secondes ; contrairement aux individus traités, où le temps passé dans les bras ouverts est d'une moyenne de  $11 \pm 8,94$  secondes avec un minimum est de zéro secondes et un maximum de 21 secondes (**Tab. 26**). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les temps moyens passés dans les bras ouverts par les mâles témoins et les mâles traités avec le Spirotetramat du rat Wistar ( $t=0,61$  ;  $p:0,56$ ) (**Tab. 26**).

Les résultats obtenus montrent que chez les femelles témoins, le temps passé dans les bras ouverts est d'une moyenne de  $25,80 \pm 23,00$  secondes dont le minimum est de zéro secondes et le maximum est de 52 secondes. Chez les femelles traitées, le temps passé dans les bras ouverts atteint  $15,20 \pm 11,43$  secondes dont le minimum enregistré est de zéro secondes et le maximum de 28 secondes (**Tab. 26**). Le Spirotetramat n'agit pas significativement sur le temps passé dans les bras ouverts chez les rattes ( $t=0,92$  ;  $p:0,38$ ) (**Tab. 26**).



**Tableau 26:** Variation du temps passé dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	18 ± 24,22	11 ± 8,94	25,80 ± 23,00	15,20 ± 11,43
<b>Min</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Max</b>	59,00	21,00	52,00	28,00
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,61</b>		<b>0,92</b>	
<i>p</i>	<b>0,56</b>		<b>0,38</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Nombre de redressements :**

Chez les mâles témoins, nous avons observé que le nombre de redressements est d'une moyenne de  $11 \pm 1,58$  redressements avec un minimum de 9 redressements et un maximum de 13 redressements, mais chez les traités avec le Spirotetramat, il est de  $14,20 \pm 5,44$  redressements dont le minimum enregistré est de 6 redressements et le maximum est de 21 redressements (**Tab. 27**). L'analyse statistique ne montre aucun effet du Spirotetramat sur le nombre de redressement chez les mâles ( $t = -1,26$ ;  $p : 0,24$ ) (**Tab. 27**).

Chez les femelles témoins, le nombre de redressements est d'une moyenne de  $11,40 \pm 3,85$  redressement, alors que chez les femelles traitées il est d'une moyenne de  $18,40 \pm 8,88$  redressement avec un minimum de 13 redressements et un maximum de 34 redressements (**Tab. 27**). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes ( $t = -1,62$ ;  $p : 0,14$ ) (**Tab. 27**).

**Tableau 27:** Variation du nombre de redressements dans le labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	11 ± 1,58	14,20 ± 5,44	11,40 ± 3,85	18,40 ± 8,88
<b>Min</b>	9,00	6,00	6,00	13,00
<b>Max</b>	13,00	21,00	16,00	34,00
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,26</b>		<b>-1,62</b>	
<i>p</i>	<b>0,24</b>		<b>0,14</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **Nombre d'entrées dans les bras fermés :**

Dans notre étude les résultats montre que chez les mâles témoins, le nombre d'entrées dans les bras fermés est d'une moyenne de  $5,40 \pm 2,70$  entrées avec un minimum de 3 entrées et un maximum de 10 entrées (**Tab. 28**). Par contre chez les mâles traités avec le Spirotetramat, le nombre d'entrées dans les bras fermés est d'une moyenne de  $3,80 \pm 1,30$  entrées dont le minimum enregistré est de 3 entrées et le maximum est de 6 entrées (**Tab. 28**). Cependant l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les témoins et les traités avec le Spirotetramat ( $t=1,19$  ;  $p : 0,27$ ) (**Tab. 28**).

Alors que chez les femelles, le nombre moyen d'entrées dans les bras fermés est de  $2,80 \pm 1,48$  entrées dont le minimum enregistré est d'une entrée et le maximum est de 6 entrées (**Tab. 28**). Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, le nombre d'entrées dans les bras fermés est d'une moyenne de  $4 \pm 1,87$  entrées avec un minimum d'une entrée et un maximum de 5 entrées (**Tab. 28**). La comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative entre le nombre d'entrées dans les bras fermés chez les femelles témoins et traitées ( $t=-1,12$  ;  $p : 0,29$ ) (**Tab. 28**).

**Tableau 28:** Variation du nombre d'entrées dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	5,40 ± 2,70	3,80 ± 1,30	2,80 ± 1,48	4 ± 1,87
<b>Min</b>	3	3	1	1
<b>Max</b>	10	6	5	6
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>1,19</b>		<b>-1,12</b>	
<i>p</i>	<b>0,27</b>		<b>0,29</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Nombre d'entrées dans les bras ouverts :**

Chez les mâles témoin, le test du labyrinthe en croix surélevée révèle que le nombre d'entrées dans les bras ouverts est de  $0,80 \pm 0,84$  entrée, avec un minimum de zéro et un maximum de 2 entrées, mais chez les mâles traités est de  $0,80 \pm 0,84$  entrée avec un minimum



nul et un maximum de 2 entrées. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes, chez les mâles après l'ingestion de Spirotetramat ( $t=0,00$  ;  $p : 1,00$ ) (**Tab. 29**).

Alors que chez les femelles témoins, le nombre d'entrées dans les bras ouverts est de  $2 \pm 1,58$  entrées avec un minimum nul et un maximum de 4 entrées. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, le nombre d'entrées dans les bras ouverts est d'une moyenne de  $1,40 \pm 1,14$  entrée dont le maximum est de 3 entrées. Le test "t" de Student ne montre aucune différence significative entre le nombre d'entrées moyen dans les bras ouverts chez les femelles ( $t=0,69$  ;  $p : 0,51$ ) (**Tab. 29**).

**Tableau 29:** Variation du nombre d'entrées dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	0,80 $\pm$ 0,84	0,80 $\pm$ 0,84	2 $\pm$ 1,58	1,40 $\pm$ 1,14
<b>Min</b>	0	0	0	0
<b>Max</b>	2	2	4	3
<b><math>t_{obs}</math></b>	<b>0,00</b>		<b>0,69</b>	
<b><math>p</math></b>	<b>1,00</b>		<b>0,51</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### 3.2.1.2. Test du champ ouvert (Open Field) :

#### ➤ Les zones claires centrales :

En Open Field, les résultats obtenus montrent que chez les mâles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires centrales est de  $3,40 \pm 2,07$  entrée avec un minimum de 2 entrées et un maximum de 7 entrées (**Tab. 30**). Chez les individus traités avec Spirotetramat, la moyenne est de  $3,40 \pm 2,30$  entrée avec un minimum d'une entrée et un maximum de 7 entrées. Au seuil de signification  $\alpha= 0,05$ , l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes chez les mâles ( $t=0,00$  ;  $p : 1,00$ ) (**Tab. 30**).

Par contre on a remarqué que la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires centrales chez les femelles témoins est plus importante et est de  $7,20 \pm 3,42$  entrées avec un



minimum de 2 entrées et un maximum de 11 entrées (**Tab. 30**). Pour les individus traités avec l'inhibiteur de la biosynthèse des lipides, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires centrales est de  $5,20 \pm 4,92$  entrée avec un minimum d'une entrée et un maximum de 13 entrées. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes chez les femelles ( $t=0,75$  ;  $p : 0,48$ ) (**Tab. 30**).

**Tableau 30:** Variation du nombre d'entrée dans la zone claire centrale du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	3,40 ± 2,07	3,40 ± 2,30	7,20 ± 3,42	5,20 ± 4,92
<b>Min</b>	2	1	2	1
<b>Max</b>	7	7	11	13
$t_{obs}$	<b>0,00</b>		<b>0,75</b>	
$p$	<b>1,00</b>		<b>0,48</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

Les mâles témoins passent en moyenne  $6,60 \pm 3,91$  secondes dans les zones claires centrales du champ ouvert avec un minimum d'une seconde et un maximum de 12 secondes. Les individus traités avec le Spirotetramat passent plus de temps dans les zones claires au centre du dispositif et mettent en moyenne  $9,20 \pm 6,38$  secondes dont le minimum est d'une seconde et le maximum est de 19 seconde (**Tab. 31**). Le Spirotetramat n'influe pas significativement sur ce temps chez les mâles ( $t=-0,78$  ;  $p : 0,46$ ) (**Tab. 31**).

Chez les femelles témoins, le temps moyen passé dans les zones claires centrales est de  $3,60 \pm 2,41$  secondes avec un minimum d'une seconde et un maximum de 7 secondes. Après l'ingestion du Spirotetramat, la moyenne du temps passé dans les zones claires centrales par les femelles est de  $3 \pm 4,53$  secondes (**Tab. 31**). La comparaison des moyennes montre aucune différence significative entre les moyennes ( $t=0,26$  ;  $p : 0,80$ ) (**Tab. 31**).



**Tableau 31:** Variation du temps passé dans les zones claires centrales du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	6,60 ± 3,91	9,20 ± 6,38	3,60 ± 2,41	3 ± 4,53
<b>Min</b>	1	1	1	0
<b>Max</b>	12	19	7	11
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-0,78</b>		<b>0,26</b>	
<i>p</i>	<b>0,46</b>		<b>0,80</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Les zones claires périphériques :**

Pour le nombre d'entrées dans les zones claires périphériques on a enregistré chez les mâles témoins une moyenne de  $54 \pm 10,49$  entrées, alors que chez les individus traités, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques est de  $52 \pm 8,78$  entrées (**Tab. 32**). La comparaison des moyennes indique que le Spirotetramat n'agit pas sur ce paramètre ( $t=0,33$  ;  $p : 0,75$ ) (**Tab. 32**).

En ce qui concerne les femelles, le nombre d'entrées dans les zones claires périphériques chez les témoins, varient de 107 à 159 entrées et il est de 34 à 54 entrées chez les femelles traitées avec le Spirotetramat (**Tab. 32**).

**Tableau 32:** Variation du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	54 ± 10,49	52 ± 8,78	125,8 ± 20,14	43,80 ± 7,82
<b>Min</b>	37	45	107	34
<b>Max</b>	65	67	159	54
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,33</b>		<b>8,49</b>	
<i>p</i>	<b>0,75</b>		<b>&lt; 0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



Nous avons constaté que la moyenne du temps passé dans les zones claires périphériques est de  $230,80 \pm 69,94$  secondes chez les mâles témoins et atteint  $397 \pm 162,56$  secondes chez les mâles traités (**Tab. 33**).

Les résultats obtenus montrent que la moyenne du temps passé dans les zones claires périphériques chez les femelles témoins est de  $883 \pm 56,40$  secondes, tandis que chez les femelles traitées, elle est de  $371,60 \pm 103,11$  secondes (**Tab. 33**).

Le Spirotetramat n'agit pas significativement, aussi, sur le temps passé dans les zones claires périphériques chez les mâles ( $t=-0,94$  ;  $p : 0,38$ ) et les femelles ( $t=4,35$  ;  $p : 0,002$ ) (**Tab. 33**).

**Tableau 33:** Variation du temps passé dans les zones claires périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	230,80 ± 156,40	397 ± 363,49	883 ± 126,10	371,60 ± 230,57
<b>Min</b>	134	61	692	189
<b>Max</b>	506	987	1022	652
$t_{obs}$	<b>-0,94</b>		<b>4,35</b>	
$p$	<b>0,38</b>		<b>0,002**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Les zones sombres centrales :**

Chez les mâles témoins, on observe que la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $6,60 \pm 2,79$  entrées avec un minimum de 4 entrées et un maximum de 10 entrées. Alors que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $7,60 \pm 3,43$  entrée avec un minimum de 3 entrées et un maximum de 11 entrées (**Tab. 34**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $9,4 \pm 2,70$  entrée avec un minimum de 6 entrées et un maximum de 13 entrées. Chez les femelles traitées avec l'inhibiteur de la biosynthèse des lipides, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $11,20 \pm 8,92$  entrées avec un minimum de 4 entrées et un maximum de 24 entrées (**Tab. 34**).



Pour les deux sexes, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les moyennes chez les témoins et les traités avec le Spirotetramat ( $p$  : 0,63 pour les mâles) et ( $p$  : 0,56 pour les femelles) (**Tab. 34**).

**Tableau 34:** Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	6,60 ± 2,79	7,60 ± 3,43	9,4 ± 2,70	11,20 ± 8,92
<b>Min</b>	4	3	6	4
<b>Max</b>	10	11	13	24
$t_{obs}$	<b>-0,51</b>		<b>-0,60</b>	
$p$	<b>0,63</b>		<b>0,56</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

En ce qui concerne le temps passé dans les zones sombres du centre de l'open field, les mâles témoins passent en moyenne  $12,80 \pm 15,51$  secondes dans ces zones, alors que les mâles traités avec le Spirotetramat mettent entre 2 secondes et 19 secondes (**Tab. 35**).

Alors que chez les femelles témoins, le temps moyen enregistré est de  $2,80 \pm 1,30$  secondes. Par contre chez les femelles traitées, la moyenne du temps passé dans les zones sombres centrales est de  $6,60 \pm 5,41$  secondes (**Tab. 35**). La comparaison des moyennes indique que le Spirotetramat n'agit pas sur cette mesure et ce, pour les deux sexes ( $p > 0,05$ ) (**Tab. 35**).

**Tableau 35:** Variation du temps passé dans les zones sombres centrales du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	12,80 ± 15,51	9,20 ± 6,38	2,80 ± 1,30	6,60 ± 5,41
<b>Min</b>	3	2	1	0
<b>Max</b>	40	19	4	13
$t_{obs}$	<b>0,48</b>		<b>-1,53</b>	
$p$	<b>0,64</b>		<b>0,17</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **Les zones sombres périphériques :**

Pour le nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques on a observé, chez les mâles témoins, une moyenne de  $65 \pm 14,21$  entrées avec un minimum de 51 entrées et un maximum de 84 entrées, alors que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques est de  $63,80 \pm 6,72$  entrées avec un minimum de 57 entrées et un maximum de 75 entrées. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre moyennes ( $p > 0,05$ ) (**Tab. 36**).

Chez les femelles témoins, ce test révèle que la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques est de  $133,4 \pm 20,60$  entrées et après traitement le nombre diminue pour atteindre  $52,40 \pm 12,89$  entrées (**Tab. 36**).

Contrairement aux mâles, le Spirotetramat agit significativement sur le nombre d'entrées dans les zones sombres de la périphérie chez les femelles ( $t=8,14$  ;  $p < 0,0001$ ).

**Tableau 36:** Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	$65 \pm 14,21$	$63,80 \pm 6,72$	$133,4 \pm 20,60$	$52,40 \pm 12,89$
<b>Min</b>	51	57	112	36
<b>Max</b>	84	75	160	70
$t_{obs}$	<b>0,17</b>		<b>8,14</b>	
<b>P</b>	<b>0,87</b>		<b>&lt; 0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Sp**: Spirotetramat ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Les résultats obtenus montrent que les mâles témoins, mettent en moyenne  $635,80 \pm 345,83$  secondes dans les zones sombres périphériques. Alors que les mâles traités, mettent dans cette zone  $391 \pm 176,03$  secondes (**Tab. 37**).

Chez les femelles témoins, on remarque que la moyenne du temps passé dans les zones sombres périphériques est de  $429,60 \pm 278,43$  secondes avec un minimum de 210 secondes et un maximum de 872 secondes. Mais chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne du temps passé dans les zones sombres périphériques est de  $337,80 \pm 195,9$  secondes avec un minimum de 131 secondes et un maximum de 648 secondes.



L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les temps moyens chez les mâles ( $t=1,41$  ;  $p : 0,20$ ) et les femelles ( $t=0,60$  ;  $p : 0,56$ ) (**Tab. 37**).

**Tableau 37:** Variation du temps passé dans les zones sombres périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat ( $n= 20$ ).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	635,80 ± 345,83	391 ± 176,03	429,60 ± 278,43	337,80 ± 195,9
<b>Min</b>	270	142	210	131
<b>Max</b>	1085	590	872	648
$t_{obs}$	<b>1,41</b>		<b>0,60</b>	
$p$	<b>0,20</b>		<b>0,56</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Les redressements :**

Le nombre moyen de redressements enregistré chez les mâles témoins, est de 71 à 126 redressements. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le nombre moyen de redressements est de  $129,20 \pm 44,56$  redressement avec un minimum de 99 redressements et un maximum de 207 redressements. La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes ( $t=-1,23$  ;  $p : 0,26$ ) (**Tab. 38**).

Chez les femelles témoins, ce test révèle que le nombre moyen de redressements est de  $78,60 \pm 17,5$  redressement et atteint  $122 \pm 50,65$  redressements après l'ingestion de Spirotetramat (**Tab. 38**). La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes ( $t=-1,81$  ;  $p : 0,11$ ) (**Tab. 38**).



**Tableau 38:** Variation du nombre de redressements pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Tr	Tém	Tr
<b>Moy±s</b>	101,40 ± 24,19	129,20 ± 44,56	78,60 ± 17,5	122 ± 50,65
<b>Min</b>	71	99	58	68
<b>Max</b>	126	207	99	196
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,23</b>		<b>-1,81</b>	
<i>p</i>	<b>0,26</b>		<b>0,11</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

Chez les mâles témoins, on a noté que le temps moyen de ces redressements est de 311,60 ± 43,19 secondes. Chez les mâles traités avec l'inhibiteur de synthèse de lipides, il est de 283,80 ± 40,99 secondes avec un minimum de 173 secondes et un maximum de 414 secondes. La comparaison des moyennes par le test « t » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes ( $t=0,47$ ;  $p : 0,65$ ) (**Tab.39**).

L'exposition des rattes au Spirotetramat agit sur le temps de redressement ( $t=-2,47$  ;  $p : 0,04$ ) (**Tab. 39**) et nous avons enregistré 152,60 ± 55,10 secondes chez les témoins et 316,60 ± 137,66 secondes chez les traitées (**Tab. 39**).

**Tableau 39:** Variation du temps de redressements pour le champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	311,60 ± 96,56	283,80 ± 91,65	152,60 ± 55,10	316,60 ± 137,66
<b>Min</b>	212	173	106	133
<b>Max</b>	438	414	224	446
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,47</b>		<b>-2,47</b>	
<i>p</i>	<b>0,65</b>		<b>0,04*</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **L'immobilité :**

Les résultats de notre étude montrent que le nombre moyen d'immobilités chez les mâles témoins est de 21,40 ± 9,93 et chez les mâles traités avec le Spirotetramat il est de



35,60 ± 4,77. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il y a des différences significatives entre le nombre moyen d'immobilité ( $t=-2,88$  ;  $p : 0,02$ ) (**Tab. 40**).

En ce qui concerne le temps moyen d'immobilités, il est de 659,60 ± 211,37 secondes chez les témoins. Alors que les mâles traités avec le Spirotetramat, mettent en moyenne 657 ± 401,31 secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps moyens d'immobilité ( $t=0,01$ ;  $p : 0,99$ ) (**Tab. 41**).

Chez les femelles, on a constaté que la moyenne du nombre d'immobilités est plus élevée que chez les mâles et il est de 76,00 ± 21,30 avec un minimum de 44 et un maximum de 98. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, le nombre moyen d'immobilités est de 32,20 ± 7,04. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il y a une différence hautement significative entre les moyennes ( $t=3,36$ ;  $p : 0,003$ ) (**Tab. 40**).

Chez les femelles témoins, on a noté que la moyenne des temps d'immobilité est de 1090,8 ± 87,08 secondes avec un minimum de 1012 secondes et un maximum de 1223 secondes. Pa contre chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne des temps d'immobilité est de 628,20 ± 105,68 secondes avec un minimum de 395 secondes et un maximum de 978 secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il y a une différence hautement significative entre les moyennes ( $t=4,11$ ;  $p : 0,003$ ) (**Tab. 41**).

**Tableau 40:** Variation du nombre d'immobilités pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	21,40 ± 9,93	35,60 ± 4,77	76,00 ± 21,30	32,20 ± 7,04
<b>Min</b>	5	28	44	25
<b>Max</b>	32	41	98	41
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-2,88</b>		<b>3,36</b>	
<i>p</i>	<b>0,02*</b>		<b>0,003**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Sp**: Spirotetramat ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].



**Tableau 41:** Variation du temps d'immobilité pour le champ (s) ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	659,60 ± 211,37	657 ± 401,31	1090,8 ± 87,08	628,20 ± 105,68
<b>Min</b>	417	320	1012	395
<b>Max</b>	923	1329	1223	978
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,01</b>		<b>4,11</b>	
<i>p</i>	<b>0,99</b>		<b>0,003**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Les défécations :**

Chez les mâles témoins, ce test révèle que le nombre moyen de défécations est de 1 à 3 défécations et peut atteindre jusqu'à 4 défécations chez les mâles traités. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les mâles témoins et les mâles traités avec le Spirotetramat ( $t=0$ ;  $p : 1$ ) (**Tab. 42**).

Chez les femelles témoins, on a observé que le nombre moyen de défécations est de  $2,80 \pm 2,39$  défécation avec un maximum de 6 défécations. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, il est de  $3,6 \pm 2,70$  défécation avec un maximum de 7 défécations. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes le nombre moyen de défécation chez les femelles ( $p > 0.05$ ) (**Tab. 42**).

**Tableau 42:** Variation du nombre de défécations pour le champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	2 ± 1	2 ± 1,87	2,80 ± 2,39	3,6 ± 2,70
<b>Min</b>	1	0	0	1
<b>Max</b>	3	4	6	7
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0</b>		<b>-0,50</b>	
<i>p</i>	<b>1</b>		<b>0,63</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



Les résultats de notre étude montrent que le temps moyen de défécations est de  $305,4 \pm 446,87$  secondes chez les mâles témoins. Alors que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, il est de  $284,80 \pm 90,73$  secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les deux temps chez les mâles ( $t=0,10$ ;  $p : 0,92$ ) (**Tab. 43**).

Chez les femelles témoins, on a constaté que la moyenne des temps de défécations est de  $595,2 \pm 609,12$  secondes. Contrairement aux femelles traitées où la moyenne des temps de défécations est de  $308,80 \pm 302,72$  secondes. Le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux temps chez les femelles aussi ( $t=0,94$ ;  $p : 0,37$ ) (**Tab. 43**).

**Tableau 43:** Variation du temps de défécations pour le champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	305,4 ± 446,87	284,80 ± 90,73	595,2 ± 609,12	308,80 ± 302,72
<b>Min</b>	6	139	47	47
<b>Max</b>	1094	362	791	1127
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,10</b>		<b>0,94</b>	
<i>p</i>	<b>0,92</b>		<b>0,37</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### 3.2.1.3. Test de la nage forcée (Forced Swim Test) :

#### ➤ Temps de nage :

Chez les mâles témoins, ce test révèle que le temps de la nage est d'une moyenne de  $111,20 \pm 28,68$  secondes avec un minimum de 76 secondes et un maximum de 149 secondes. Alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le temps de la nage est moins important et d'une moyenne de  $66,40 \pm 52,88$  secondes dont le minimum enregistré est de 22 secondes et le maximum est de 152 secondes (**Tab. 44**).

Chez les femelles témoins, le temps de la nage est de  $147,20 \pm 50,69$  secondes avec un minimum de 96 secondes et un maximum de 209 secondes. Par contre chez les rattes traitées



avec le Spirotetramat, le temps de la nage est d'une moyenne de  $43 \pm 36,17$  secondes dont le minimum enregistré est de 10 secondes et le maximum est de 116 secondes (**Tab. 44**).

La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe de différence hautement significative entre le temps de la nage chez les rats témoins et traités (**Tab. 44**).

**Tableau 44:** Variation du temps de nage pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	111,20 ± 28,68	66,40 ± 52,88	147,20 ± 50,69	43 ± 36,17
<b>Min</b>	76	22	96	10
<b>Max</b>	149	152	209	116
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>1,67</b>		<b>3,74</b>	
<i>p</i>	<b>0,13</b>		<b>0,006**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Temps d'escalade :**

En ce qui concerne le temps d'escalade enregistrés lors du test de la nage, les mâles témoins mettent en moyenne  $60,20 \pm 9,97$  secondes avec un minimum de 24 secondes et un maximum de 79 secondes. Tandis que les mâles traités mettent  $158,80 \pm 28,37$  secondes dont le minimum enregistré est de 86 secondes et le maximum est de 229 secondes. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe une différence hautement significative entre les temps d'escalade chez les mâles témoins et les mâles traités avec le Spirotetramat ( $t = -3,28$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 45**).

Chez les femelles témoins, le temps d'escalade est de  $40,80 \pm 13,28$  secondes et atteint  $174,00 \pm 29,70$  secondes chez les femelles traitées. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre il existe une différence hautement significative entre les deux temps chez les femelles ( $t = -4,09$  ;  $p : 0,004$ ) (**Tab. 45**).



**Tableau 45:** Variation du temps d'escalade pour la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	60,20 ± 22,29	158,80 ± 63,43	40,80 ± 29,68	174,00 ± 66,42
<b>Min</b>	24	86	7	94
<b>Max</b>	79	229	65	275
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-3,28</b>		<b>-4,09</b>	
<b>P</b>	<b>0,01*</b>		<b>0,004**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Sp**: Spirotetramat ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Temps d'immobilité :**

Chez les mâles témoins, on a constaté que le temps d'immobilité est d'une moyenne de  $122,40 \pm 12,97$  secondes avec un minimum de 101 secondes et un maximum de 170 secondes. Mais chez les individus traités avec le Spirotetramat, le temps d'immobilité est d'une moyenne de  $74,60 \pm 13,17$  secondes dont le minimum enregistré est de 48 secondes et le maximum de 124 secondes. L'analyse statistique indique l'effet du Spirotetramat sur le temps d'immobilité chez les mâles (**Tab. 46**).

Chez les femelles témoins, le temps d'immobilité enregistré est d'une moyenne de  $103 \pm 15,42$  secondes avec un minimum de 56 secondes et un maximum de 147 secondes. Chez les rattes traitées, le temps d'immobilité atteint  $63,20 \pm 17,87$  secondes dont le minimum enregistré est de 15 secondes et le maximum est de 115 secondes. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre il n'existe pas de différences significatives entre les temps d'immobilité chez les femelles (**Tab. 46**).



**Tableau 46:** Variation du temps d'immobilité pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	122,40 ± 29,01	74,60 ± 29,46	103 ± 34,48	63,20 ± 39,95
<b>Min</b>	101	48	56	15
<b>Max</b>	170	124	147	115
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>2,59</b>		<b>1,69</b>	
<i>p</i>	<b>0,03*</b>		<b>0,13</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### 3.2.2. Effet de l'extrait de *C. colocynthis* (1µg/ml):

#### 3. 2. 2. 1. Tests du labyrinthe en croix surélevé (Elevated Plus Maze) :

##### ➤ Temps passé dans le centre :

Chez les mâles témoins, le temps passé dans le centre est d'une moyenne de  $33,2 \pm 17,64$  secondes avec un minimum de 13 secondes et un maximum de 61 secondes. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps passé dans le centre atteint en moyenne  $21,59 \pm 11,12$  secondes dont le minimum enregistré est de 10 secondes et le maximum est de 44 secondes (**Tab. 47**). La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes ( $t=1,58$  ;  $p : 1,14$ ) (**Tab. 47**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du temps passé dans le centre est de  $11 \pm 7,31$  secondes avec un minimum d'une seconde et un maximum de 20 secondes. Alors que chez les femelles traitées, le temps passé dans le centre est d'une moyenne de  $9,8 \pm 5,55$  secondes dont le minimum enregistré est de 3 secondes et le maximum est de 17 secondes (**Tab. 47**). La comparaison des moyennes au seuil de signification  $\alpha=0,05$  montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre ces temps ( $t=0,36$  ;  $p : 0,73$ ) (**Tab. 47**).



**Tableau 47 :** Variation du temps passé dans le centre du labyrinthe en croix surélevé(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	33,2 ± 17,64	21,59 ± 11,12	11 ± 7,31	9,8 ± 5,55
<b>Min</b>	13	10	1	3
<b>Max</b>	61	44	20	17
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>1,58</b>		<b>0,36</b>	
<i>p</i>	<b>0,14</b>		<b>0,73</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Nombre d'entrées dans les bras fermés :**

Chez les mâles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les bras fermés est de  $5,4 \pm 2,70$  entrées avec un minimum de 3 entrées et un maximum de 10 entrées. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les bras fermés est de  $2,93 \pm 1,29$  entrées avec un minimum d'une seule entrée et un maximum de 5 entrées (**Tab. 48**). Cependant la comparaison des moyennes par le test « t » de Student montre qu'il existe de différences significatives entre les témoins et les traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* ( $t=2,45$  ;  $p : 0,03$ ) (**Tab. 48**).

En ce qui concerne les femelles témoins, le nombre moyen d'entrée dans les bras fermés est de  $2,8 \pm 1,48$  entrées dont le minimum est d'une seule entrée et le maximum est de 5 entrées. Pour les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre moyen d'entrée dans les bras fermés est de  $1,7 \pm 0,95$  entrées avec un minimum d'une seule entrée et un maximum de 4 entrées (**Tab. 48**). La comparaison des moyennes par le test « t » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le nombre d'entrée dans les bras fermés chez les femelles témoins et les femelles traitées ( $t=1,76$  ;  $p : 0,10$ ) (**Tab. 48**).



**Tableau 48** : Variation du nombre d'entrées dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	5,4 ± 2,70	2,93 ± 1,29	2,8 ± 1,48	1,7 ± 0,95
<b>Min</b>	3	1	1	1
<b>Max</b>	10	5	5	4
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>2,45</b>		<b>1,76</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,03*</b>		<b>0,10</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Temps passé dans les bras fermés :**

Chez les mâles témoins, le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $243,2 \pm 12,46$  secondes avec un minimum de 228 secondes et un maximum de 256 secondes. En ce qui concerne les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $255,5 \pm 24,05$  secondes dont le minimum enregistré est de 206 secondes et le maximum est de 290 secondes (**Tab. 49**). L'analyse des données par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes ( $t = -1,06$  ;  $p : 1,31$ ) (**Tab. 49**).

Chez les femelles témoins, le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $257 \pm 24,40$  secondes avec un minimum de 238 secondes et un maximum de 299 secondes. Pour les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps passé dans les bras fermés est d'une moyenne de  $275,4 \pm 26,71$  secondes dont le minimum enregistré est de 229 secondes et le maximum est de 297 secondes (**Tab. 49**). La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes ( $t = -1029$  ;  $p : 0,22$ ) (**Tab. 49**).



**Tableau 49** : Variation du temps passé dans les bras fermés du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	243,2 ± 12,46	255,5 ± 24,05	257 ± 24,40	275,4 ± 26,71
<b>Min</b>	228	206	238	229
<b>Max</b>	256	290	299	297
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,06</b>		<b>-1,29</b>	
<i>p</i>	<b>0,31</b>		<b>0,22</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Nombre d'entrées dans les bras ouverts :**

Chez les mâles témoins, le test de labyrinthe en croix surélevée révèle que le nombre moyen d'entrée dans les bras ouverts enregistré est de  $0,8 \pm 0,84$  entrées avec un minimum nul et un maximum de 2 entrées, mais chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est de  $1,22 \pm 1,06$  entrées avec un minimum nul et un maximum de 3 entrées. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les moyennes, chez les mâles après ingestion de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* ( $t=-0,76$  ;  $p : 0,46$ ) (**Tab. 50**).

Chez les femelles témoins, le nombre moyen d'entrée dans les bras ouverts est de  $2 \pm 1,58$  entrées dont le minimum est de zéro et le maximum est de 4 entrées. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre moyen d'entrées dans les bras ouverts est de  $0,7 \pm 1,06$  entrées dont le minimum est de zéro et le maximum est de 3 entrées. Le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le nombre moyen d'entrée dans les bras ouverts chez les femelles ( $t=1,91$  ;  $p : 0,08$ ) (**Tab. 50**).



**Tableau 50:** Variation du nombre d'entrées dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	0,8 ± 0,84	1,21 ± 1,06	2 ± 1,58	0,7 ± 1,06
<b>Min</b>	0	0	0	0
<b>Max</b>	2	3	4	3
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>-0,76</b>		<b>1,91</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,46</b>		<b>0,08</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Temps passé dans les bras ouverts :**

Chez les mâles témoins on a enregistré que le temps passé dans les bras ouverts varie de zéro à 59 secondes ; contrairement aux individus traités où le temps passé dans les bras ouverts est d'une moyenne de  $22,58 \pm 26,04$  secondes avec un minimum de zéro et un maximum de 79 secondes (**Tab. 51**). La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps moyen passés dans les bras ouverts par les mâles témoins et les mâles traités avec l'extrait éthanologique de *C. colocynthis* du rat Wistar ( $t=-0,33$  ;  $p : 0,75$ ) (**Tab. 51**).

Les résultats obtenus montrent que, chez les femelles témoins, le temps passé dans les bras ouverts est d'une moyenne de  $25,8 \pm 23,00$  secondes dont le minimum est de zéro et le maximum est de 52 secondes. Tandis que chez les femelles traitées avec l'extrait éthanologique de *C. colocynthis*, le temps passé dans les bras ouverts atteint en moyenne  $14,8 \pm 21,85$  secondes avec un minimum nul et un maximum de 54 secondes (**Tab. 51**). L'extrait éthanologique de *C. colocynthis* n'agit pas significativement sur le temps passé dans les bras ouverts chez les rattes ( $t= 0,90$ ;  $p : 0,38$ ) (**Tab. 51**).



**Tableau 51:** Variation du temps passé dans les bras ouverts du labyrinthe en croix surélevé (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	18 ± 24,22	22,58 ± 26,04	25,8 ± 23,00	14,8 ± 21,85
<b>Min</b>	0	0	0	0
<b>Max</b>	59	79	52	54
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-0,33</b>		<b>0,90</b>	
<i>p</i>	<b>0,75</b>		<b>0,38</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Nombre de redressements :**

Chez les mâles témoins, le nombre moyen de redressement est d'une moyenne de  $11 \pm 1,58$  redressement avec un minimum de 9 redressements et un maximum de 13 redressements. Alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre de redressements est de  $17,49 \pm 7,8$  redressements avec un minimum nul et un maximum de 27 redressements (**Tab. 52**). La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student ne montre aucun effet de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur le nombre de redressement ( $t=-1,80$  ;  $p : 0,09$ ) (**Tab. 52**).

Chez les femelles témoins, le nombre moyen de redressements est de  $11,4 \pm 3,85$  redressements avec un minimum de 6 redressements et un maximum de 16 redressements, alors que chez les femelles traitées, il est de  $8,5 \pm 3,81$  redressements avec un minimum de 3 redressements et un maximum de 14 redressements (**Tab. 52**). L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les moyennes ( $t=1,39$ ;  $p : 0,19$ ) (**Tab. 52**).



**Tableau 52 :** Variation du nombre de redressement pour le test de labyrinthe en croix surélevé chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	11 ± 1,58	17,49 ± 7,82	11,4 ± 3,85	8,5 ± 3,81
<b>Min</b>	9	0	6	3
<b>Max</b>	13	27	16	14
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,80</b>		<b>1,39</b>	
<i>p</i>	<b>0,09</b>		<b>0,19</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### 3.2.2.2. Test du champ ouvert (Open Field) :

#### ➤ Les zones claires centrales :

En Open Field les résultats de cet étude montrent que chez les mâles témoins, la moyenne du nombre d'entrée dans les zones claires centrales est de  $3,4 \pm 2,07$  entrées avec un minimum de 2 entrées et un maximum de 7 entrées (**Tab. 53**). Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrée dans les zones claires centrales est de  $2,6 \pm 2,07$  entrées avec un minimum nul et un maximum de 5 entrées, la comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes chez les mâles ( $t=0,71$  ;  $p : 0,49$ ) (**Tab. 53**).

En ce qui concerne les femelles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires centrales est plus importante et il est de  $6,75 \pm 3,78$  entrées avec un minimum de 2 entrées et un maximum de 11 entrées (**Tab. 53**). Pour les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires centrales est de  $2,11 \pm 1,90$  entrées avec un minimum de zéro et un maximum de 5 entrées. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes chez les femelles ( $t=3,03$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 53**).



**Tableau 53:** Variation du nombre d'entrée dans le centre du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	3,4 ± 2,07	2,6 ± 2,07	6,75 ± 3,78	2,11 ± 1,90
<b>Min</b>	2	0	2	0
<b>Max</b>	7	5	11	5
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>0,71</b>		<b>3,03</b>	
<i>p</i>	<b>0,49</b>		<b>0,01*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Les mâles témoins mettent en moyenne  $6,6 \pm 3,91$  secondes dans les zones claires centrales du champ ouvert (OF) avec un minimum d'une seconde et un maximum de 12 secondes. Les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, passent  $6,1 \pm 5,88$  secondes dans les zones claires centrales dont le minimum est nul et le maximum est de 19 secondes (**Tab. 54**). L'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur ce temps chez les mâles ( $t=0,17$  ;  $p : 0,87$ ) (**Tab. 54**).

Chez les femelles témoins, le temps moyen passé dans les zones claires centrales est de  $3,6 \pm 2,41$  secondes avec un minimum d'une seconde et un maximum de 7 secondes. Après ingestion de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du temps passé dans les zones claires centrales est de  $3,2 \pm 4,24$  secondes (**Tab. 54**). La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les moyennes ( $p > 0,05$ ) (**Tab. 54**).

**Tableau 54 :** Variation du temps passé dans les zones claires centrales du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	6,6 ± 3,91	6,1 ± 5,88	3,6 ± 2,41	3,2 ± 4,24
<b>Min</b>	1	0	1	0
<b>Max</b>	12	19	7	14
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>0,17</b>		<b>0,19</b>	
<i>p</i>	<b>0,87</b>		<b>0,85</b>	

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum]



➤ **Les zones claires périphériques :**

Chez les mâles témoins le nombre moyen d'entrées dans les zones claires périphériques est de  $54 \pm 10,48$ . Alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques est de  $42,6 \pm 36,5$  entrées. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'agit pas significativement sur ce paramètre ( $t=0,67$  ;  $p : 0,51$ ) (**Tab. 55**).

En ce qui concerne les femelles, le nombre d'entrée dans les zones claire périphérique chez les témoins, varient de 107 à 159 entrées et il est de 17 à 108 entrées chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (**Tab. 55**). Au seuil de signification  $\alpha=0,05$ , la comparaison par le test « *t* » de Student révèle que les différences sont très hautement significatives entre les moyennes ( $t=5,03$  ;  $p : 0,0002$ ) (**Tab. 55**).

**Tableau 55 :** Variation du nombre d'entrées dans les zones claires périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	54 ± 10,49	42,6 ± 36,47	125,8 ± 20,14	51,6 ± 29,46
<b>Min</b>	37	5	107	17
<b>Max</b>	65	114	159	108
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>0,67</b>		<b>5,03</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,51</b>		<b>0,0002***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc** : *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Nous avons constaté que la moyenne du temps passé dans les zones claires périphériques est de  $230,8 \pm 156,39$  secondes chez les mâles témoins et atteint  $640,6 \pm 549,78$  secondes chez les mâles traités (**Tab 56**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du temps passé dans les zones claires périphériques est de  $883 \pm 126,10$  secondes, tandis que chez les femelles traitées, elle est de  $953,7 \pm 596,92$  secondes. L'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'agit pas significativement, aussi, sur le temps passé dans les zones claires périphériques chez les mâles ( $t=-1,61$  ;  $p : 0,13$ ) et les femelles ( $t=-0,26$  ;  $p : 0,80$ ) (**Tab 56**).



**Tableau 56 :** Variation du temps passé dans les zones claires périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	230,8 ± 156,39	640,6 ± 549,78	883 ± 126,10	953,7 ± 596,92
<b>Min</b>	134	157	692	63
<b>Max</b>	506	1641	1022	1470
$t_{obs}$	<b>-1,61</b>		<b>-0,26</b>	
$p$	<b>0,13</b>		<b>0,80</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis* ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Les zones sombres centrales :**

Chez les mâles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $6,6 \pm 2,79$  entrées avec un minimum de 4 entrées et un maximum de 10 entrées. Alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $3,4 \pm 2,41$  entrées avec un minimum d'une seule entrée et un maximum de 7 entrées (**Tab. 57**). La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes chez les mâles ( $t=2,30$  ;  $p : 0,04$ ) (**Tab. 57**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $9,4 \pm 2,70$  entrées avec un minimum de 6 entrées et un maximum de 13 entrées. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales est de  $2,8 \pm 2,39$  entrées avec un minimum d'une seule entrée et un maximum de 8 entrées. La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes chez les femelles ( $t=4,83$  ;  $p : 0,0003$ ) (**Tab. 57**).



**Tableau 57:** Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres centrales du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	6,6 ± 2,79	3,4 ± 2,41	9,4 ± 2,70	2,8 ± 2,39
<b>Min</b>	4	1	6	1
<b>Max</b>	10	7	13	8
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>2,30</b>		<b>4,83</b>	
<i>p</i>	<b>0,04*</b>		<b>0,0003****</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

En ce qui concerne le temps passé dans les zones sombre du centre de l'open field, les mâles témoins mettent en moyenne  $12,8 \pm 15,52$  secondes dans ces zones, alors que les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, mettent entre zéro et 17 secondes (**Tab. 58**).

Chez les femelles témoins, le temps moyen enregistré est de  $2,8 \pm 1,30$  secondes. Alors que chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du temps passé dans les zones sombres centrales est de  $5,1 \pm 3,54$  secondes (**Tab. 58**).

La comparaison des moyennes indique que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'agit pas sur cette mesure et ce, pour les deux sexes ( $p > 0,05$ ) (**Tab. 58**).

**Tableau 58:** Variation du temps passé dans les zones sombres centrales du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	12,8 ± 15,52	5,3 ± 5,03	2,8 ± 1,30	5,1 ± 3,54
<b>Min</b>	3	0	1	1
<b>Max</b>	40	17	4	13
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>1,43</b>		<b>-1,38</b>	
<i>p</i>	<b>0,18</b>		<b>0,19</b>	

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].



➤ **Les zones sombres périphériques :**

Les résultats obtenus montrent que le nombre d'entrée dans les zones sombres périphériques chez les mâles témoins est marqué par une moyenne de  $65 \pm 14,21$  entrées avec un minimum de 51 entrées et un maximum de 84 entrées, alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques est de  $43,6 \pm 38,05$  entrées avec un minimum de 6 entrées et un maximum de 118 entrées. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre moyennes ( $p > 0,05$ ) (**Tab. 59**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques est de  $54,9 \pm 35,07$  entrées et après traitement le nombre diminue pour atteindre  $2,8 \pm 2,39$  entrées (**Tab. 59**). Contrairement aux mâles, l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* agit significativement sur le nombre d'entrée dans les zones sombres périphériques chez les femelles ( $t=4,69$  ;  $p : 0,0001$ ) (**Tab. 59**).

**Tableau 59:** Variation du nombre d'entrées dans les zones sombres périphériques du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	$65 \pm 14,21$	$43,6 \pm 38,05$	$54,9 \pm 35,07$	$2,8 \pm 2,39$
<b>Min</b>	51	6	16	1
<b>Max</b>	84	118	129	8
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>1,20</b>		<b>4,69</b>	
<i>p</i>	<b>0,25</b>		<b>0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Les résultats obtenus montrent que les mâles témoins mettent en moyenne  $635,8 \pm 345,83$  secondes dans les zones sombres périphériques. Alors que les mâles traités, mettent en moyenne  $1147,5 \pm 549,27$  secondes dans cette zone (**Tab. 60**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du temps passé dans les zones sombres périphériques est de  $429,6 \pm 278,44$  secondes avec un minimum de 210 secondes et un maximum de 872 secondes. Alors que chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du temps passé dans les zones sombres périphériques est de 838,7



$\pm 598,04$  secondes avec un minimum de 325 secondes et un maximum de 1732 secondes (**Tab. 60**).

La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps moyens chez les mâles ( $t=-1,89$  ;  $p : 0,08$ ) et chez les femelles ( $t=-1,43$  ;  $p : 0,18$ ) (**Tab. 60**).

**Tableau 60** : Variation du temps passé dans les zones sombres périphériques du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	635,8 $\pm$ 345,83	1147,5 $\pm$ 549,27	429,6 $\pm$ 278,44	838,7 $\pm$ 598,04
<b>Min</b>	270	138	210	325
<b>Max</b>	1085	1624	872	1732
$t_{obs}$	<b>-1,89</b>		<b>-1,43</b>	
$p$	<b>0,08</b>		<b>0,18</b>	

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Les redressements :**

Le nombre moyen de redressement enregistré chez les mâles témoins est de 71 à 126 redressements. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre moyen de redressement est de  $36,1 \pm 29,42$  redressements avec un minimum de 7 redressements et un maximum de 104 redressements. La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les moyennes ( $t=4,27$  ;  $p : 0,001$ ) (**Tab. 61**).

Chez les femelles témoins, le nombre moyen de redressement est de  $78,6 \pm 17,50$  redressements et atteint  $34,4 \pm 16,73$  redressements après l'ingestion de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (**Tab. 61**). La comparaison des moyennes par le test «  $t$  » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes ( $t=4,76$  ;  $p : 0,0003$ ) (**Tab. 61**).



**Tableau 61 :** Variation du nombre de redressement pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	101,4 ± 24,19	36,1 ± 29,42	78,6 ± 17,50	34,4 ± 16,73
<b>Min</b>	71	7	58	9
<b>Max</b>	126	104	99	56
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>4,27</b>		<b>4,76</b>	
<i>p</i>	<b>0,001***</b>		<b>0,0003***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Chez les mâles témoins, le temps moyen de ces redressements est de  $311,6 \pm 96,57$  secondes. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est de  $113,2 \pm 89,08$  secondes avec un minimum de 14 secondes et un maximum de 315 secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les moyennes enregistrées chez les mâles témoins et les mâles traités ( $t=3,96$  ;  $p : 0,002$ ) (**Tab. 62**).

L'exposition des rattes à l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* agit sur le temps de redressement ( $t=3,96$  ;  $p : 0,002$ ) (**Tab. 62**) et nous avons enregistrés  $152,6 \pm 55,11$  secondes chez les témoins et  $92,3 \pm 48,09$  secondes chez les traitées (**Tab. 62**).

**Tableau 62:** Variation du temps de redressement pour le test du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	311,6 ± 96,57	113,2 ± 89,08	152,6 ± 55,11	92,3 ± 48,09
<b>Min</b>	212	14	106	23
<b>Max</b>	438	315	224	157
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>3,96</b>		<b>2,19</b>	
<i>p</i>	<b>0,002**</b>		<b>0,05*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].



➤ **L'immobilité :**

Chez les mâles témoins, le nombre moyen d'immobilité est de  $21,4 \pm 9,94$  et chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est de  $30,6 \pm 20,61$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le nombre moyen d'immobilité ( $t=-0,93$  ;  $p : 0,37$ ) (**Tab. 63**).

En ce qui concerne le temps d'immobilité, le temps moyen d'immobilité, il est de  $659,6 \pm 211,38$  secondes chez les témoins. Alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est de  $1461,5 \pm 441,15$  secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le temps d'immobilité ( $t=-3,80$  ;  $p : 0,002$ ) (**Tab. 64**).

Chez les femelles témoins, on a observés que la moyenne du nombre d'immobilité est plus élevée que chez les mâles et il est de  $76 \pm 21,31$  avec un minimum de 44 et un maximum de 98. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, les résultats obtenus montre que la moyenne du nombre d'immobilité est de  $23,9 \pm 15,28$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes ( $t=5,48$  ;  $p : 0,0001$ ) (**Tab. 63**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du temps d'immobilité est de  $1090,8 \pm 87,08$  secondes avec un minimum de 1012 secondes et un maximum de 1223 secondes. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du temps d'immobilité est de  $1583,6 \pm 83,56$  secondes avec un minimum de 395 secondes et un maximum de 978 secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes ( $t=-10,63$  ;  $p < 0,0001$ ) (**Tab. 64**).



**Tableau 63:** Variation du nombre d'immobilités pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	21,4 ± 9,94	30,6 ± 20,61	76 ± 21,31	23,9 ± 15,28
<b>Min</b>	5	5	44	6
<b>Max</b>	32	68	98	61
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-0,93</b>		<b>5,48</b>	
<i>P</i>	<b>0,37</b>		<b>0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

**Tableau 64 :** Variation du temps d'immobilité pour le test du champ ouvert (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	659,6 ± 211,38	1461,5 ± 441,15	1090,8 ± 87,08	1583,6 ± 83,56
<b>Min</b>	417	294	1012	1440
<b>Max</b>	923	1770	1223	1685
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-3,80</b>		<b>-10,63</b>	
<i>p</i>	<b>0,002**</b>		<b>&lt; 0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Les défécations :**

Chez les mâles témoins, le nombre moyen de défécation est de 1 à 3 défécations et peut atteindre jusqu'à 4 défécation chez les mâles traités. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les mâles témoins et les mâles traités ( $t=0,30$  ;  $p : 0,77$ ) (**Tab. 65**).

On a enregistré que chez les femelles témoins, le nombre moyen de défécation est de  $2,8 \pm 2,39$  défécation avec un maximum de 6 défécations. Chez les femelles traitées, il est de  $2,6 \pm 2,55$  défécations avec un maximum de 8 défécations. La comparaison des moyennes par



le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les le nombre moyen de défécation chez les femelles ( $p > 0.05$ ) (**Tab. 65**).

**Tableau 65:** Variation du nombre de défécations pour le test du champ ouvert chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n=40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	2 ± 1	1,8 ± 1,32	2,8 ± 2,39	2,6 ± 2,55
<b>Min</b>	1	0	0	0
<b>Max</b>	3	4	6	8
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,30</b>		<b>0,15</b>	
<i>p</i>	<b>0,77</b>		<b>0,89</b>	

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

Chez les mâles témoins, le temps moyen de défécation est de  $305,4 \pm 446,87$  secondes. Alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est de  $250,2 \pm 457,12$  secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les deux temps chez les mâles ( $t=0,22$  ;  $p$  : 0,83) (**Tab. 66**).

En ce qui concerne les femelles témoins, la moyenne du temps de défécation est de  $595,2 \pm 609,12$  secondes. Contrairement aux femelles traitées où la moyenne du temps de défécation est de  $1044,3 \pm 1386,13$  secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps chez les femelles aussi ( $t=-0,68$  ;  $p$  : 0,51) (**Tab. 66**).

**Tableau 66 :** Variation du temps de défécations pour le test du champ ouvert(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	305,4 ± 446,87	250,2 ± 457,12	595,2 ± 609,12	1044,3 ± 1386,13
<b>Min</b>	6	0	0	0
<b>Max</b>	1094	1526	1552	4504
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,22</b>		<b>-0,68</b>	
<i>p</i>	<b>0,83</b>		<b>0,51</b>	

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].



### 3.2.2.3. Test de la nage forcée (Forced Swim Test)

#### ➤ Temps de nage :

Les résultats obtenus dans cet étude montre que chez les mâles témoins, le temps de la nage est d'une moyenne de  $111,2 \pm 28,68$  secondes avec un minimum de 76 secondes et un maximum de 149 secondes. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps de la nage est d'une moyenne de  $35,1 \pm 24,24$  secondes dont le minimum enregistré est de 6 secondes et le maximum est de 90 secondes (**Tab. 67**).

Chez les femelles témoins, on a noté que le temps moyen de la nage est de  $147,2 \pm 50,69$  secondes avec un minimum de 96 secondes et un maximum de 209 secondes. Chez les rattes traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps moyen de la nage est de  $28,4 \pm 19,29$  secondes dont le minimum enregistré est de 4 secondes et le maximum est de 73 secondes (**Tab. 67**).

La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre le temps de la nage chez les rats témoins et les rats traités ( $t=5,41$  ;  $p : 0,0001$ ) (**Tab. 67**).

**Tableau 67** : Variation du temps de nage pour le test de la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	111,2 ± 28,68	35,1 ± 24,24	147,2 ± 50,69	28,4 ± 19,29
<b>Min</b>	76	6	96	4
<b>Max</b>	149	90	209	73
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>5,41</b>		<b>6,70</b>	
<i>p</i>	<b>0,0001***</b>		<b>&lt; 0,0001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc** : *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].



➤ **Temps d'escalade :**

En ce qui concerne le temps d'escalade enregistré lors du test de la nage, les mâles témoins mettent  $79 \pm 22,29$  secondes avec un minimum de 24 secondes et un maximum de 79 secondes. Chez les individus traités, le temps d'escalade est d'une moyenne de  $46 \pm 43,90$  secondes dont le minimum enregistré est d'une seconde et le maximum est de 162 secondes. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps d'escalade chez les mâles témoins et les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* ( $t=0,68$  ;  $p : 0,51$ ) (**Tab. 68**).

Chez les femelles témoins, le temps d'escalade est d'une moyenne de  $40,8 \pm 29,69$  secondes et atteint  $105,9 \pm 37,57$  chez les femelles traitées. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les deux temps chez les femelles ( $t=-3,36$  ;  $p : 0,005$ ) (**Tab. 68**).

**Tableau 68 :** Variation du temps d'escalade pour le test de la nage forcée(s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n=40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	$79 \pm 22,29$	$46 \pm 43,90$	$40,8 \pm 29,69$	$105,9 \pm 37,57$
<b>Min</b>	24	1	7	7
<b>Max</b>	79	162	65	144
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>0,68</b>		<b>-3,36</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,51</b>		<b>0,005**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Temps d'immobilité :**

Les résultats obtenus montrent que chez les mâles témoins, le temps d'immobilité est d'une moyenne de  $122,4 \pm 29,01$  secondes avec un minimum de 101 secondes et un maximum de 170 secondes. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le temps d'immobilité est d'une moyenne de  $218,9 \pm 51,96$  secondes dont le minimum enregistré est de 120 secondes et le maximum est de 293 secondes. L'analyse statistique indique l'effet de l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur les temps d'immobilité chez les mâles (**Tab. 69**).



Chez les femelles témoins, le temps d'immobilité est d'une moyenne de  $103 \pm 34,48$  secondes avec un minimum de 56 secondes et un maximum de 147 secondes. Chez les rattes traitées, le temps d'immobilité atteint en moyenne  $165,7 \pm 41,82$  secondes dont le minimum enregistré est de 110 secondes et le maximum est de 268 secondes. La comparaison des moyennes par le test «*t*» de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps d'immobilité chez les femelles (**Tab. 69**).

**Tableau 69:** Variation du temps d'immobilité pour la nage forcée (s) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 40).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	122,40 ± 12,97	74,60 ± 13,17	103 ± 15,42	63,20 ± 17,87
<b>Min</b>	101	48,00	56	15
<b>Max</b>	170	124	147	115
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>2,59</b>		<b>1,69</b>	
<i>p</i>	<b>0,03*</b>		<b>0,13</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis* ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

### 3.3. Prélèvements :

#### 3.3.1. Prélèvements sanguins :

##### 3.3.1.1. Effet du Spirotetramat :

##### ➤ Le nombre des globules blancs (GB) :

Chez les mâles témoins, le nombre des globules blancs est de  $4,62 \pm 0,88 * 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le nombre des globules blancs est de  $7,11 \pm 2,46 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 70**).

Chez les femelles témoins, le nombre des globules blancs est d'une moyenne de  $3,89 \pm 0,50 * 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $3,53 * 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $4,24 * 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les individus traités le nombre de globules blancs atteint  $3,77 \pm 0,83 * 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $2,93 * 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum de  $4,91 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 70**).



L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le nombre de globules blancs chez les deux sexes (**Tab. 70**).

**Tableau 70:** Variation du nombre de globules blancs ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	4,62 $\pm$ 0,88	7,11 $\pm$ 2,46	3,89 $\pm$ 0,50	3,77 $\pm$ 0,83
<b>Min</b>	3,66	5,27	3,53	2,93
<b>Max</b>	5,99	11,29	4,24	4,91
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-2,14</b>		<b>0,17</b>	
<i>p</i>	<b>0,06</b>		<b>0,87</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Le nombre des globules rouges (GR) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des globules rouges est de  $15,31 \pm 19,74 * 10^6 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le nombre des globules rouges est de  $6,71 \pm 0,62 * 10^6 \mu\text{l}$  (**Tab. 71**).

Chez les femelles témoins, le nombre des globules rouges est d'une moyenne de  $5,50 \pm 0,78 * 10^6 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $4,95 * 10^6 \mu\text{l}$  et un maximum de  $6,05 * 10^6 \mu\text{l}$ . Chez les individus traités, le nombre des globules rouges est d'une moyenne de  $6,67 \pm 0,83 * 10^6 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $6,24 * 10^6 \mu\text{l}$  et le maximum de  $8,15 * 10^6 \mu\text{l}$  (**Tab. 71**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe significativement pas sur le nombre de globules rouges chez les deux sexes (**Tab. 71**).



**Tableau 71:** Variation du nombre de globules rouges ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	15,31 $\pm$ 19,74	6,71 $\pm$ 0,62	5,50 $\pm$ 0,78	6,67 $\pm$ 0,83
<b>Min</b>	5,5	5,95	4,95	6,24
<b>Max</b>	50,6	7,62	6,05	8,15
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>0,97</b>		<b>-1,71</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,36</b>		<b>0,15</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **La concentration d'hémoglobines (HB) :**

Chez les mâles témoins, la concentration d'hémoglobine est de 10,64  $\pm$  1,20 g/dL, alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, la concentration d'hémoglobine est de 11,88  $\pm$  0,79 g/dL (**Tab. 72**).

Chez les femelles témoins, la concentration d'hémoglobine est d'une moyenne de 10,55  $\pm$  1,63 g/dL avec un minimum de 9,40 g/dL et un maximum de 11,70 g/dL. Chez les femelles traitées, la concentration d'hémoglobine est d'une moyenne de 11,32  $\pm$  0,61 g/dL dont le minimum enregistré est de 10,90 \*10<sup>3</sup> g/dL et le maximum de 12,40 g/dL (**Tab. 72**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe significativement pas sur la concentration d'hémoglobine chez les deux sexes (**Tab. 72**).

**Tableau 72:** Variation de la concentration d'hémoglobines (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	10,64 $\pm$ 1,20	11,88 $\pm$ 0,79	10,55 $\pm$ 1,63	11,32 $\pm$ 0,61
<b>Min</b>	9,2	11,3	9,4	10,9
<b>Max</b>	12,3	13,2	11,7	12,4
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>-1,94</b>		<b>-1,01</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,09</b>		<b>0,36</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **Le volume globulaire moyen (VGM) :**

Chez les mâles témoins, le taux du volume globulaire moyen est de  $75,70 \pm 5,67$  fL alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, il est de  $71,10 \pm 1,48$  fL (**Tab. 73**).

Chez les femelles témoins, le taux du volume globulaire moyen est d'une moyenne de  $72,70 \pm 4,10$  fL avec un minimum de 69,80 fL et un maximum de 75,60 fL. Chez les femelles traitées, le taux du volume globulaire moyen est d'une moyenne de  $76,08 \pm 10,33$  fL dont le minimum enregistré est de 57,70 fL et le maximum de 82,40 fL (**Tab. 73**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le taux du volume globulaire moyen chez les deux sexes (**Tab. 73**).

**Tableau 73:** Variation du volume globulaire moyen (fL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	75,70 ± 5,67	71,10 ± 1,48	72,70 ± 4,10	76,08 ± 10,33
<b>Min</b>	66,40	66,40	69,80	57,70
<b>Max</b>	81,30	75,60	75,60	82,40
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>1,57</b>		<b>-0,43</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,16</b>		<b>0,69</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) :**

Chez les mâles témoins, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $17,24 \pm 1,01$  pg, alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, il est de  $17,74 \pm 0,89$  (**Tab. 74**).

Chez les femelles témoins, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est d'une moyenne de  $19,15 \pm 0,21$  pg avec un minimum de 19 pg et un maximum de 19,30 pg. Chez les individus traités, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est d'une moyenne de  $17,06 \pm 1,08$  pg dont le minimum enregistré est de 15,20 pg et le maximum de 17,80 pg. L'analyse statistique montre le Spirotetramat agit sur le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine chez les femelles (**Tab. 74**).



**Tableau 74:** Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (pg) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	17,24 ± 1,01	17,74 ± 0,89	19,15 ± 0,21	17,06 ± 1,08
<b>Min</b>	15,80	16,90	19	15,20
<b>Max</b>	18,20	19,20	19,30	17,80
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-0,83</b>		<b>2,57</b>	
<i>p</i>	<b>0,43</b>		<b>0,05*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) :**

Chez les mâles témoins, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $22,94 \pm 2,93$  g/dl, alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, elle est de  $24,94 \pm 0,95$  g/dL (**Tab. 75**).

Chez les femelles témoins, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine est d'une moyenne de  $26,40 \pm 1,84$  g/dl avec un minimum de 25,10 g/dL et un maximum de 27,70 g/dL. Chez les femelles traitées, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine est d'une moyenne de  $22,66 \pm 2,16$  g/dL dont le minimum enregistré est de 20,80 g/dL et le maximum de 26,40 g/dL. (**Tab. 75**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine chez les deux sexes (**Tab. 75**).

**Tableau 75:** Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	22,94 ± 2,93	24,94 ± 0,95	26,40 ± 1,84	22,66 ± 2,16
<b>Min</b>	20,30	23,50	25,10	20,80
<b>Max</b>	27,40	26,10	27,70	26,40
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,45</b>		<b>2,13</b>	
<i>p</i>	<b>0,18</b>		<b>0,09</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **Le nombre des plaquettes (PLQ) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des plaquettes est de  $475,60 \pm 58,80 * 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le nombre de plaquettes est de  $325,80 \pm 77,42 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 76**).

Chez les femelles témoins, le nombre des plaquettes est d'une moyenne de  $451,50 \pm 62,93 * 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $407 * 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $496 * 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les individus traités le nombre des plaquettes atteint  $471,60 \pm 78,46 * 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $342 * 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum de  $549 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 76**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le nombre de plaquettes chez les deux sexes (**Tab. 76**).

**Tableau 76:** Variation du nombre de plaquettes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	475,60 ± 58,80	325,80 ± 77,42	451,50 ± 62,93	471,60 ± 78,46
<b>Min</b>	403	143	407	342
<b>Max</b>	539	594	496	549
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>1,83</b>		<b>-0,32</b>	
<i>p</i>	<b>0,10</b>		<b>0,76</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Le nombre des neutrophiles (NEUT) :**

Chez les mâles témoins, le nombre de neutrophiles est de  $1,03 \pm 0,32 * 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le nombre des neutrophiles est de  $1,95 \pm 0,92 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 77**).

Chez les femelles témoins, le nombre de neutrophiles est d'une moyenne de  $0,62 \pm 0,1 * 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $0,55 * 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $0,69 * 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les femelles traitées, le nombre des neutrophiles est d'une moyenne de  $1,16 \pm 0,41 * 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $0,75 * 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum de  $1,63 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 77**).



L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le nombre de neutrophiles chez les deux sexes (**Tab. 77**).

**Tableau 77:** Variation du nombre de neutrophiles ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	1,03 ± 0,32	1,95 ± 0,92	0,62 ± 0,1	1,16 ± 0,41
<b>Min</b>	0,68	1,37	0,55	0,75
<b>Max</b>	1,43	3,56	0,69	1,63
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-2,11</b>		<b>-1,76</b>	
<i>p</i>	<b>0,07</b>		<b>0,14</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Le nombre des lymphocytes (LYMPH) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des lymphocytes est de  $3,72 \pm 0,94 *10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, le nombre des lymphocytes est de  $4,29 \pm 1,39 *10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 78**).

Chez les femelles témoins, le nombre de lymphocytes a atteint une moyenne de  $2,89 \pm 0,42 *10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $2,59 *10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $3,19 *10^3 \mu\text{l}$ . Chez les femelles traitées, le nombre de lymphocytes est d'une moyenne de  $2,57 \pm 0,40 *10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $2,10 *10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $3,20 *10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 78**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le nombre de lymphocytes chez les deux sexes (**Tab. 78**).

**Tableau 78:** Variation du nombre de lymphocytes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	3,72 ± 0,94	4,29 ± 1,39	2,89 ± 0,42	2,57 ± 0,40
<b>Min</b>	2,55	2,98	2,59	2,10
<b>Max</b>	4,89	6,47	3,19	3,20
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,35</b>		<b>0,94</b>	
<i>p</i>	<b>0,21</b>		<b>0,39</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **Le nombre des monocytes (MONO) :**

Chez les mâles témoins, le nombre de monocytes est de  $0,28 \pm 0,11 * 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, le nombre de monocytes est de  $0,56 \pm 0,36 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 79**).

Chez les femelles témoins, le nombre de monocytes a atteint une moyenne de  $0,29 \pm 0,07 * 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $0,24 * 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $0,34 * 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les femelles traitées, le nombre de monocytes a atteint la moyenne de  $0,14 \pm 0,07 * 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $0,06 * 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum de  $0,25 * 10^3 \mu\text{l}$  (**Tab. 79**).

L'analyse statistique montre que le Spirotetramat n'influe pas significativement sur le nombre de monocytes chez les deux sexes (**Tab. 79**).

**Tableau 79:** Variation du nombre de monocytes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	0,28 ± 0,11	0,56 ± 0,36	0,29 ± 0,07	0,14 ± 0,07
<b>Min</b>	0,16	0,22	0,24	0,06
<b>Max</b>	0,39	1,15	0,34	0,25
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-1,68</b>		<b>2,39</b>	
<i>p</i>	<b>0,13</b>		<b>0,06</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat ; Min : Minimum ; Max : Maximum].

**3.3.1.2. Effet de l'extrait de *C. colocynthis* :**

➤ **Le nombre des globules blancs (GB) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des globules blancs est de  $4,62 \pm 0,88 * 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des globules blancs est de  $7,6 \pm 1,31 * 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « t » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur le nombre des globules blancs chez les mâles (**Tab. 80**).

Chez les femelles témoins, on a trouvé que le nombre des globules blancs est d'une moyenne de  $3,89 \pm 0,50 * 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $3,53 * 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $4,24 * 10^3 \mu\text{l}$ . Alors que pour les individus traités, le nombre des globules blancs atteint en moyenne



4,64±3,73 10<sup>3</sup>µl dont le minimum enregistré est de 1,1 10<sup>3</sup>µl et le maximum est de 10,1 10<sup>3</sup>µl. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le nombre des globules blancs chez les femelles (**Tab. 80**).

**Tableau 80:** Variation du nombre des globules blancs (µl) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	4,62±0,88	7,6±1,31	3,89±0,50	4,64± 3,73
<b>Min</b>	3,66	6,5	3,53	1,1
<b>Max</b>	5,99	9,5	4,24	1,01
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-13,01</b>		<b>-1,66</b>	
<i>p</i>	<b>&lt; 0,0001***</b>		<b>0,16</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le nombre de globules rouges (GR) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des globules rouges est de 15,31 ± 19,74 10<sup>6</sup>µl, alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des globules rouges est de 8,43 ± 0,54 10<sup>6</sup>µl (**Tab. 81**).

Chez les femelles témoins, le nombre des globules rouges est d'une moyenne de 5,5 ± 0,78 10<sup>6</sup>µl avec un minimum de 4,95 10<sup>6</sup>µl et un maximum de 6,05 10<sup>6</sup>µl. Alors que chez les femelles traitées, le nombre des globules rouges est d'une moyenne de 5,40 ± 2,14 10<sup>6</sup>µl dont le minimum enregistré est de 3,02 10<sup>6</sup>µl et le maximum est de 3,02 10<sup>6</sup>µl (**Tab. 81**).

La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le nombre de globules rouges chez les deux sexes (**Tab. 81**).



**Tableau 81:** Variation du nombre de globules rouges ( $\mu$ l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	15,31 $\pm$ 19,74	8,43 $\pm$ 0,54	5,5 $\pm$ 0,78	5,40 $\pm$ 2,14
<b>Min</b>	5,5	7,65	4,95	3,02
<b>Max</b>	50,6	9,09	6,05	7,09
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>0,78</b>		<b>0,06</b>	
<i>p</i>	<b>0,46</b>		<b>0,95</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **La concentration d'hémoglobines (HB) :**

Chez les mâles témoins, la concentration d'hémoglobine est de  $10,64 \pm 1,19$  g/dL, alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la concentration d'hémoglobine est de  $16,44 \pm 0,71$  g/dL. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur la concentration d'hémoglobine chez les mâles (**Tab. 82**).

Chez les femelles témoins, on a marqué que la concentration d'hémoglobine est d'une moyenne de  $10,55 \pm 1,63$  g/dL avec un minimum de 9,40 g/dL et un maximum de 11,7 g/dL. Contrairement aux femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la concentration d'hémoglobine est d'une moyenne de  $12,1 \pm 5,43$  g/dL dont le minimum enregistré est de 6 g/dL et le maximum est de 17,9 g/dL. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur la concentration d'hémoglobine chez les femelles (**Tab. 82**).



**Tableau 82:** Variation de la concentration d'hémoglobines (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	10,64 ± 1,19	16,44 ± 0,71	10,55 ± 1,63	12,1 ± 5,43
<b>Min</b>	9,2	16	9,4	6
<b>Max</b>	12,3	17,7	11,7	17,9
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-9,31</b>		<b>-0,38</b>	
<i>p</i>	<b>&lt; 0,0001***</b>		<b>0,72</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le volume globulaire moyen (VGM) :**

Chez les mâles témoins, les résultats obtenus montrent que le taux du volume globulaire moyen est de  $75,7 \pm 5,67$  fL, alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux du volume globulaire moyen a atteint un moyenne de  $60,19 \pm 1,81$  fL. (**Tab. 83**).

Chez les femelles témoins, le taux du volume globulaire moyen est d'une moyenne de  $72,70 \pm 4,10$  fL avec un minimum de 69,80 fL et un maximum de 75,60 fL. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est d'une moyenne de  $58,49 \pm 2,13$  fL dont le minimum enregistré est de 55,16 fL et le maximum est de 60,37 fL (**Tab. 83**).

La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur le taux du volume globulaire moyen chez les deux sexes (**Tab. 83**).



**Tableau 83** : Variation du volume globulaire moyen (fL) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	75,7 ± 5,67	60,19 ± 1,81	72,7 ± 4,10	58,49 ± 2,13
<b>Min</b>	66,4	57,79	69,8	55,16
<b>Max</b>	81,3	62,27	75,6	60,37
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>5,83</b>		<b>6,43</b>	
<i>p</i>	<b>0,0004***</b>		<b>0,001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) :**

Chez les mâles témoins, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $17,24 \pm 1,01$  pg, alors que chez les mâles avec traités l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $19,53 \pm 0,88$  pg. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine chez les mâles (Tab. 84).

On a signalé que chez les femelles témoins, le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine est d'une moyenne de  $19,15 \pm 0,21$  pg avec un minimum de 19 pg et un maximum de 19,30 pg. Alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, il est d'une moyenne de  $21,99 \pm 2,11$  pg dont le minimum enregistré est de 19,35 pg et le maximum est de 25,25 pg. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le taux de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (Tab. 84).



**Tableau 84:** Variation de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (pg) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	17,24 ± 1,01	19,53 ± 0,88	19,15 ± 0,21	21,99 ± 2,11
<b>Min</b>	15,8	18,63	19	19,35
<b>Max</b>	18,2	20,92	19,3	25,25
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-3,82</b>		<b>-1,80</b>	
<i>p</i>	<b>0,005**</b>		<b>0,13</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) :**

Chez les mâles témoins, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $22,94 \pm 2,93$  g/dl, alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine a atteint  $32,46 \pm 1,49$  g/dL (**Tab. 85**).

Chez les femelles témoins, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine est de  $26,4 \pm 1,84$  g/dl avec un minimum de 25,10 g/dL et un maximum de 27,70 g/dL. Contrairement aux femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, elle est d'une moyenne de  $37,55 \pm 2,60$  g/dL dont le minimum enregistré est de 35,09 g/dL et le maximum est de 41,82 g/dL (**Tab. 85**).

La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine chez les deux sexes (**Tab. 85**).



**Tableau 85:** Variation de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (g/dL) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	22,94 ± 2,93	32,46 ± 1,49	26,4 ± 1,84	37,55 ± 2,60
<b>Min</b>	20,3	29,93	25,1	35,09
<b>Max</b>	27,4	33,9	27,7	41,82
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-6,47</b>		<b>-5,4</b>	
<i>p</i>	<b>0,0001***</b>		<b>0,003**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le nombre des plaquettes (PLQ) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des plaquettes est de  $475,6 \pm 58,80 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanologique de *C. colocynthis*, le nombre des plaquettes atteint  $694 \pm 58,35 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanologique de *C. colocynthis* influe sur le nombre des plaquettes chez les mâles (**Tab. 86**).

Chez les femelles témoins, le nombre des plaquettes est de  $451,5 \pm 62,93 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $407 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $496 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanologique de *C. colocynthis*, le nombre des plaquettes atteint  $275,2 \pm 166,67 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $129 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum est de  $562 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanologique de *C. colocynthis* n'influe pas sur le nombre des plaquettes chez les femelles (**Tab. 86**).



**Tableau 86:** Variation du nombre de plaquettes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	475,6 $\pm$ 58,80	694 $\pm$ 58,35	451,5 $\pm$ 62,93	275,2 $\pm$ 166,67
<b>Min</b>	403	594	407	129
<b>Max</b>	539	745	496	562
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-5,90</b>		<b>1,39</b>	
<i>p</i>	<b>0,0004***</b>		<b>0,22</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le nombre des neutrophiles (NEUT) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des neutrophiles est de  $1,03 \pm 0,32 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ , par contre chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des neutrophiles a atteint  $2,12 \pm 4,74 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le nombre des neutrophiles chez les mâles (**Tab. 87**).

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que chez les femelles témoins, le nombre des neutrophiles est de  $0,62 \pm 0,01 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $0,55 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $0,69 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . Alors que chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des neutrophiles est de  $29,76 \pm 13,27 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $10,5 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum est de  $47 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur le nombre des neutrophiles chez les femelles (**Tab. 87**).



**Tableau 87:** Variation du nombre de neutrophiles ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	1,03 $\pm$ 0,32	2,12 $\pm$ 4,74	0,62 $\pm$ 0,01	29,76 $\pm$ 13,27
<b>Min</b>	0,68	0	0,55	10,5
<b>Max</b>	1,43	10,6	0,69	47
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-0,51</b>		<b>-2,93</b>	
<i>p</i>	<b>0,62</b>		<b>0,03*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le nombre des lymphocytes (LYMPH) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des lymphocytes est de  $3,28 \pm 0,94 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des lymphocytes a atteint la moyenne de  $16,9 \pm 37,79 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le nombre des lymphocytes chez les mâles (**Tab. 88**).

Chez les femelles témoins, on a marqué que le nombre des lymphocytes est de  $22,89 \pm 0,42 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $2,59 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $3,19 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . Alors que chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des lymphocytes est de  $58,54 \pm 17,12 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $38,8 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum est de  $83,8 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur le nombre des lymphocytes chez les femelles (**Tab. 88**).



**Tableau 88:** Variation du nombre de lymphocytes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	3,28 $\pm$ 0,94	16,9 $\pm$ 37,79	2,89 $\pm$ 0,42	58,54 $\pm$ 17,12
<b>Min</b>	2,55	0	2,59	38,8
<b>Max</b>	4,89	84,5	3,19	83,8
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-0,81</b>		<b>-4,34</b>	
<i>p</i>	<b>0,44</b>		<b>0,007**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc**: *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Le nombre des monocytes (MONO) :**

Chez les mâles témoins, le nombre des monocytes est de  $0,28 \pm 0,11 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ , alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre moyen des monocytes est de  $0,98 \pm 2,19 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* n'influe pas significativement sur le nombre des monocytes chez les mâles (**Tab. 89**).

Chez les femelles témoins, le nombre des monocytes est de  $0,29 \pm 0,07 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  avec un minimum de  $0,24 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et un maximum de  $0,34 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le nombre des monocytes est de  $11,6 \pm 4,71 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  dont le minimum enregistré est de  $5,7 \cdot 10^3 \mu\text{l}$  et le maximum est de  $18 \cdot 10^3 \mu\text{l}$ . La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre que l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* influe sur le nombre des monocytes chez les femelles (**Tab. 89**).



**Tableau 89:** Variation du nombre de monocytes ( $\mu\text{l}$ ) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	0,28 $\pm$ 0,11	0,98 $\pm$ 2,19	0,29 $\pm$ 0,07	11,6 $\pm$ 4,71
<b>Min</b>	0,16	0	0,24	5,7
<b>Max</b>	0,39	4,9	0,34	18
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-0,71</b>		<b>-3,21</b>	
<i>p</i>	<b>0,50</b>		<b>0,02*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

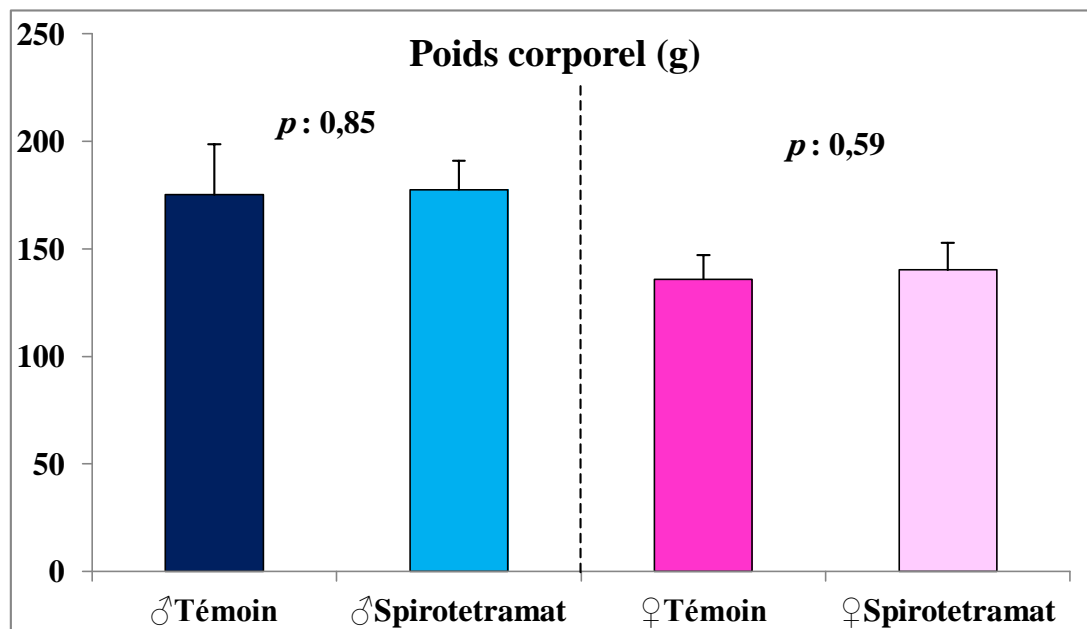
### 3.3.2. Prélèvement d'organes :

#### 3.3.2.1. Effet du Spirotetramat :

##### ➤ Poids du corps :

Chez les mâles témoins, la moyenne de poids des corps est de  $175,16 \pm 23,42$  g avec un minimum de 139,80 g et un maximum de 202,20 g. Chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne de poids des corps est de  $177,50 \pm 13,53$  g avec un minimum de 157,30 g et un maximum de 193,60 g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids corporel moyen ( $t = -0,19$  ;  $p : 0,85$ ) (**Fig. 39**).

Chez les femelles témoins, la moyenne des poids des corps est de  $135,92 \pm 11,27$  g avec un minimum de 121,40g et un maximum de 149g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des corps est de  $140,20 \pm 12,64$  g avec un minimum de 123g et un maximum de 152g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids corporel moyen ( $t = -0,57$ ;  $p : 0,59$ ) (**Fig. 39**).

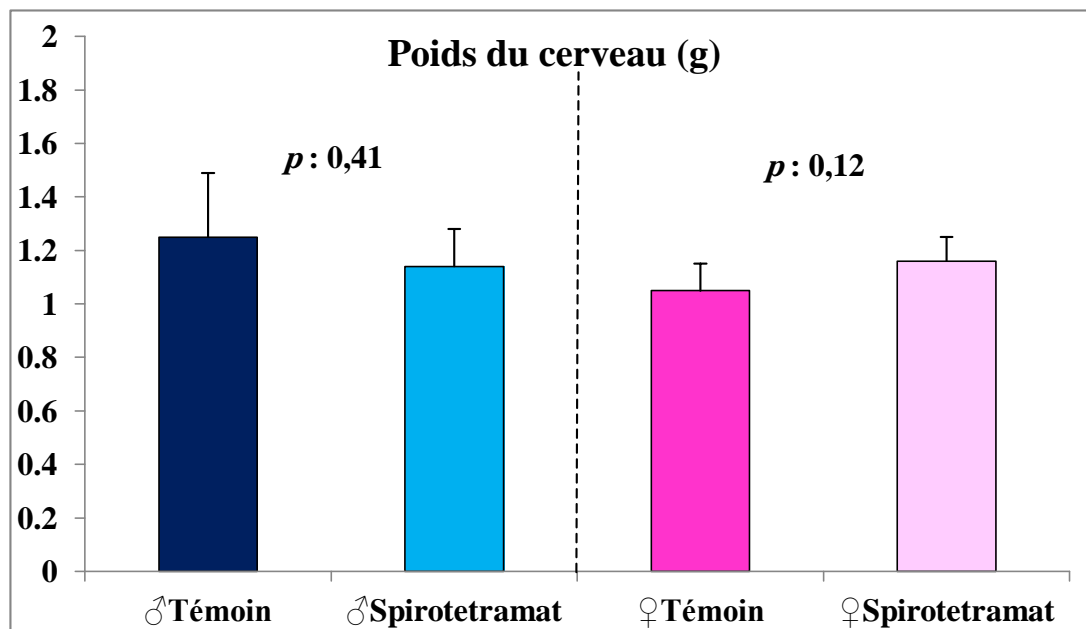


**Figure 39 :** Variation du poids corporel chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids du cerveau :**

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que la moyenne du poids du cerveau chez les mâles témoins, est de  $1,25 \pm 0,24$  g avec un minimum de 1,03g et un maximum de 1,66g. Pour les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne du poids du cerveau est de  $1,14 \pm 0,14$  g avec un minimum de 0,91g et un maximum de 1,26g. L'analyse statistique de ces résultats a révélé qu'il n'existe pas de différences significatives entre le poids moyen du cerveau ( $t=0,87$  ;  $p : 0,41$ ) (**Fig. 40**).

Chez les femelles témoins, la moyenne de poids du cerveau est de  $1,05 \pm 0,10$  g avec un minimum de 0,91g et un maximum de 1,19 g. Par contre, nous avons remarqué que chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne de poids du cerveau est de  $1,16 \pm 0,09$  g avec un minimum de 0,10g et un maximum de 1,22g. L'analyse statistique a montré qu'il n'existe pas de différences significatives entre le poids moyen du cerveau ( $t=-1,76$  ;  $p : 0,12$ ) (**Fig. 40**).

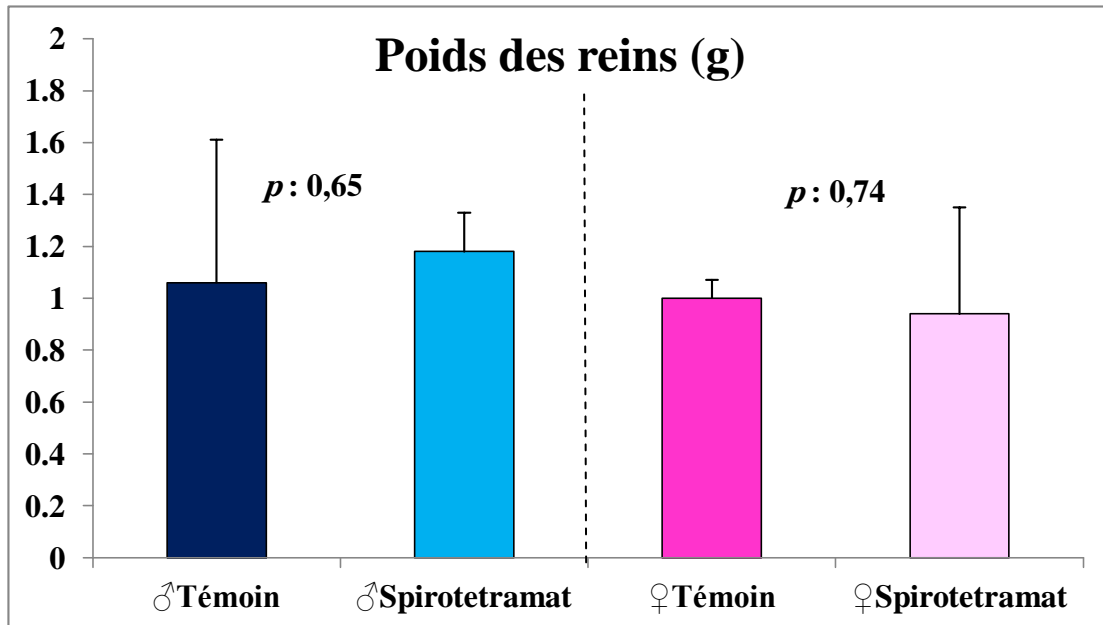


**Figure 40 :** Variation du poids du cerveau chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids des reins :**

Chez les mâles témoins, la moyenne des poids des reins est de  $1,06 \pm 0,55$  g avec un minimum de 0,11g et un maximum de 1,43g. Cependant nous avons perçu que chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des reins est de  $1,18 \pm 0,15$  g avec un minimum de 0,97g et un maximum de 1,31g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des reins ( $t=-0,47$  ;  $p : 0,65$ ) (**Fig. 41**).

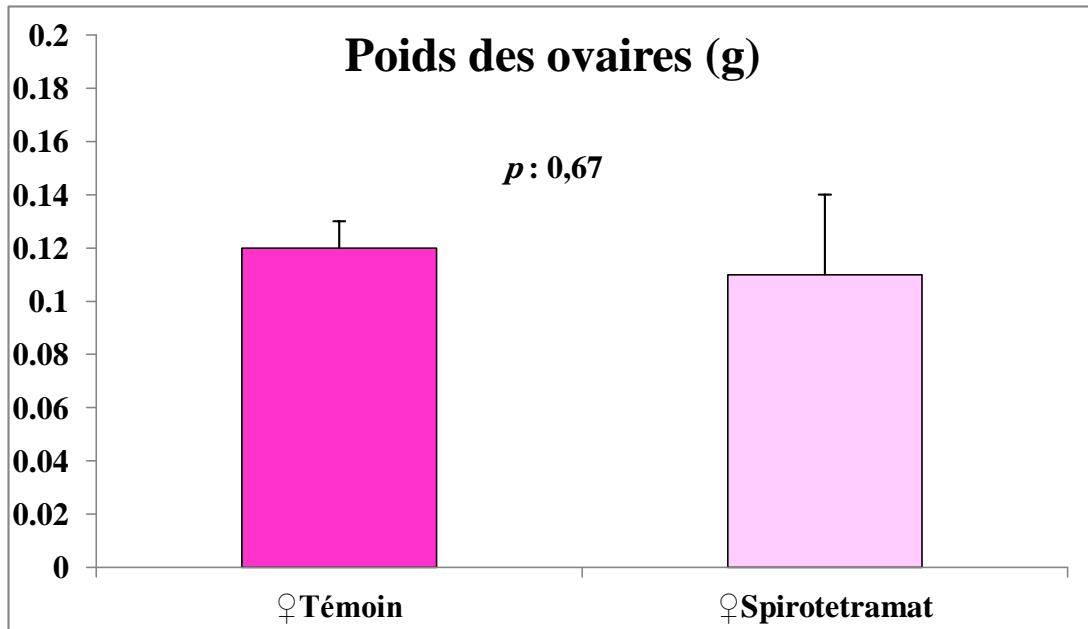
Chez les femelles témoins, la moyenne des poids des reins est de  $1,00 \pm 0,07$  g avec un minimum de 0,89g et un maximum de 1,08g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des reins est de  $0,94 \pm 0,41$  g avec un minimum de 0,21g et un maximum de 1,22g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des reins ( $t= 0,35$ ;  $p : 0,74$ ) (**Fig. 41**).



**Figure 41** : Variation du poids des reins chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids des ovaires :**

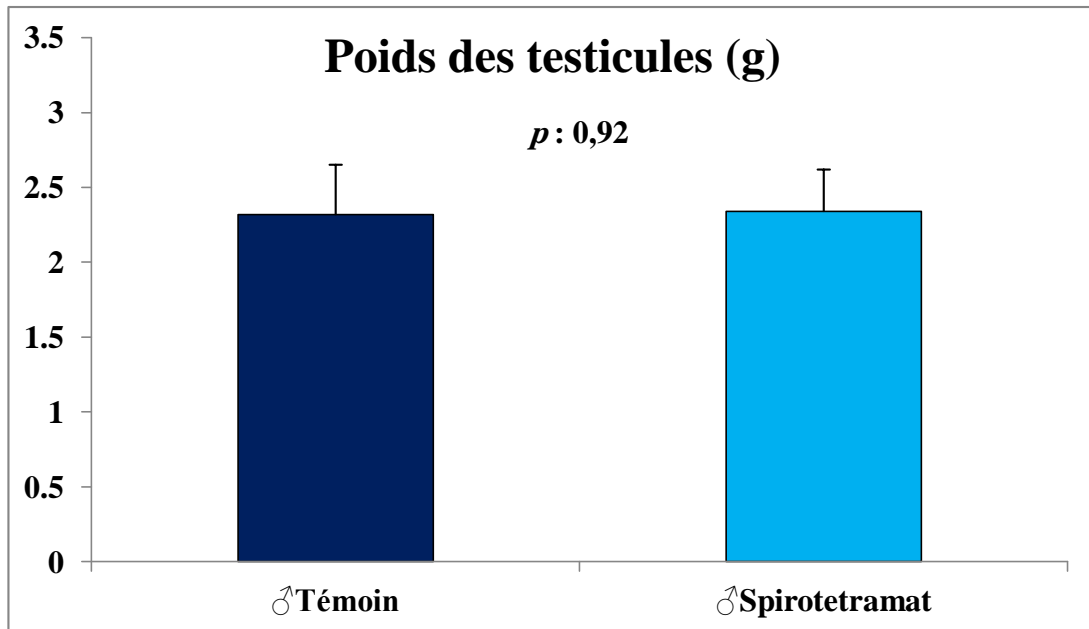
La moyenne des poids des ovaires chez les femelles témoins est de  $0,12 \pm 0,01$ g avec un minimum de 0,10g et un maximum de 0,15g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des ovaires est de  $0,11 \pm 0,03$ g avec un minimum de 0,09g et un maximum de 0,15g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des ovaires ( $t=0,45$  ;  $p : 0,67$ ) (**Fig. 42**).



**Figure 42 :** Variation du poids des ovaires chez les rattes témoins et traitées avec le Spirotetramat.

➤ **Poids des testicules :**

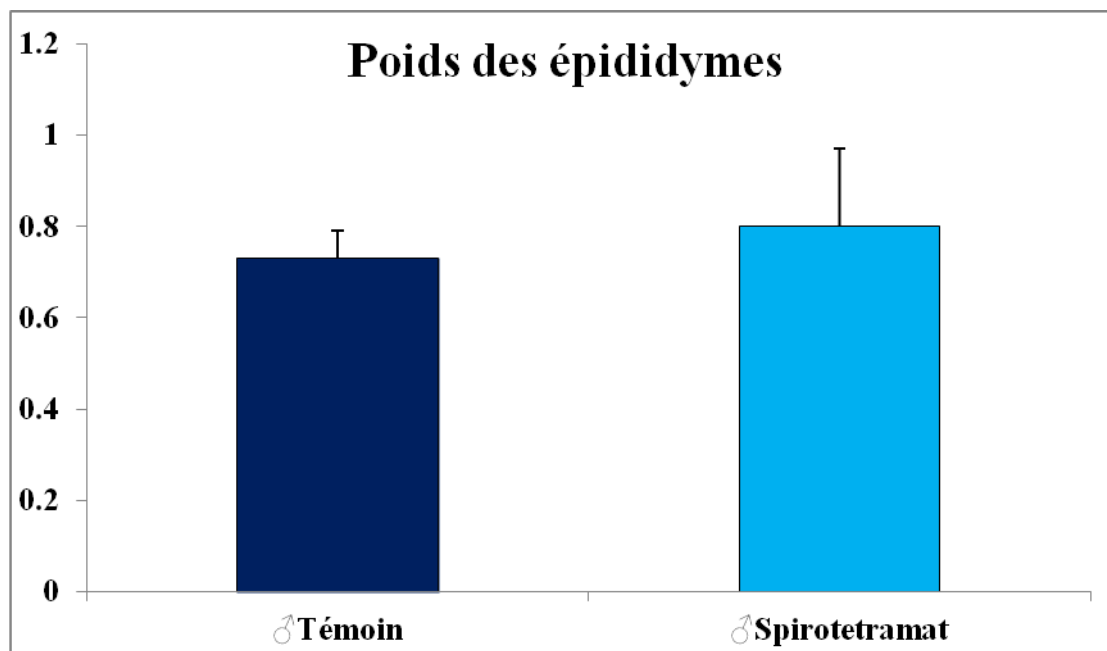
La moyenne des poids des testicules chez les mâles témoin est de  $2,32 \pm 0,33$  g avec un minimum de 1,78g et un maximum de 2,55g. Chez les traités avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des testicules est de  $2,34 \pm 0,28$  g avec un minimum de 2,12g et un maximum de 2,78g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des testicules ( $t=-0,11$  ;  $p : 0,92$ ) (**Fig. 43**).



**Figure 43 :** Variation du poids des testicules chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids des épидидymes :**

La moyenne des poids des épидидymes mesurée est de  $0,73 \pm 0,06$  g avec un minimum de 0,67g et un maximum de 0,80g. Chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des épидидymes est de  $0,80 \pm 0,17$  g avec un minimum de 0,64g et un maximum de 1,09 g. La comparaison L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des épидидymes ( $t=-0,79$  ;  $p : 0,46$ ) (**Fig. 44**).

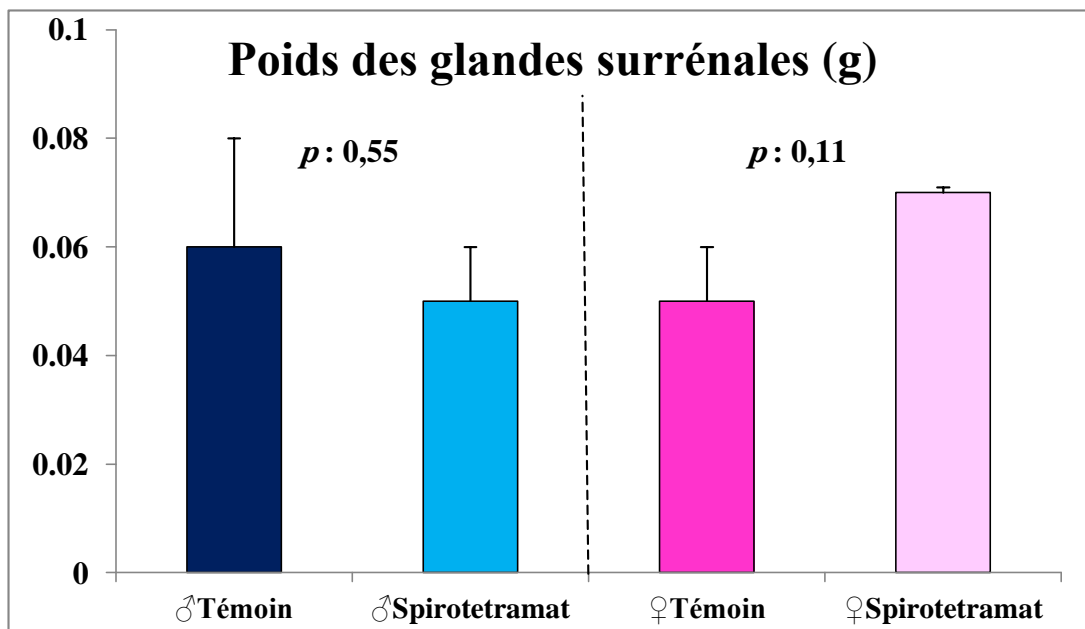


**Figure 44 :** Variation du poids des épидидymes chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids des glandes surrénales :**

Chez les mâles témoins, la moyenne des poids des glandes surrénales est de  $0,06 \pm 0,02$ g avec un minimum de 0,04g et un maximum de 0,09g. Chez les mâles traités avec le Spirotetramat, on a marqué que la moyenne des poids des glandes surrénales est de  $0,05 \pm 0,01$ g avec un minimum de 0,04g et un maximum de 0,07g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des glandes surrénales ( $t=0,63$  ;  $p : 0,55$ ) (**Fig. 45**).

Les résultats de notre étude montrent que chez les femelles témoins, la moyenne des poids des glandes surrénales est de  $0,05 \pm 0,01$ g avec un minimum de 0,03g et un maximum de 0,07g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne des poids des glandes surrénales est de  $0,07 \pm 0,001$ g avec un minimum de 0,06g et un maximum de 0,08g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des glandes surrénales ( $t=-1,79$  ;  $p : 0,11$ ) (**Fig. 45**).

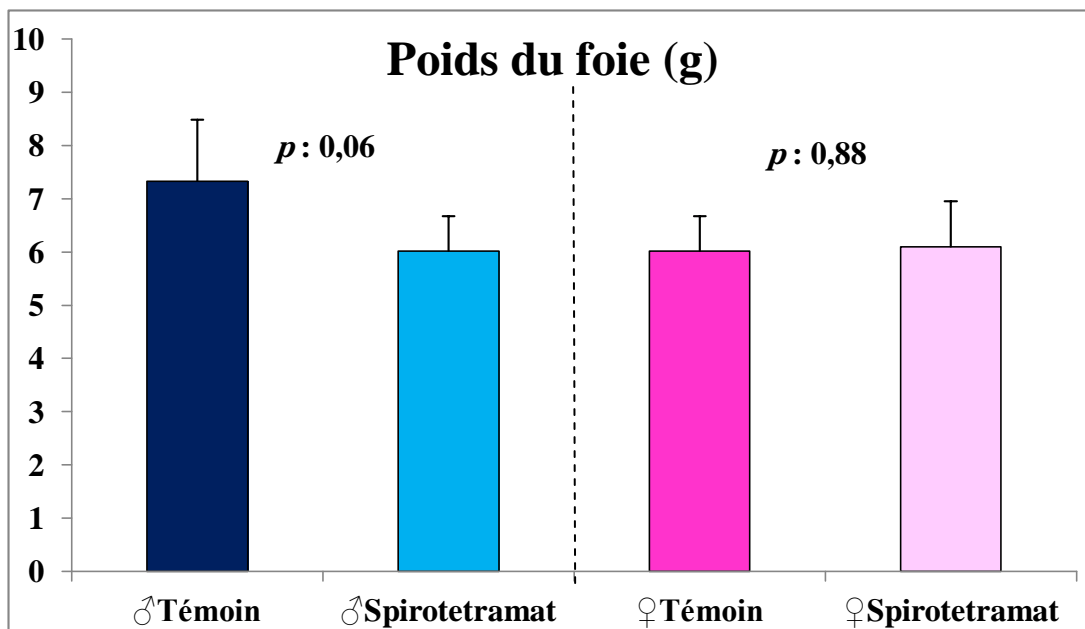


**Figure 45 :** Variation du poids des surrénales chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

➤ **Poids du foie**

Chez les mâles témoins, on a constaté que la moyenne de poids du foie est de  $7,33 \pm 1,15$  g avec un minimum de 6,12 g et un maximum de 8,97 g. Chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne de poids du foie est de  $6,02 \pm 0,65$  g avec un minimum de 5,00 g et un maximum de 8,97g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen du foie ( $t=2,22$  ;  $p : 0,06$ ) (**Fig. 46**).

Chez les femelles témoins, la moyenne de poids du foie enregistré est de  $6,02 \pm 0,65$  g avec un minimum de 5,00 g et un maximum de 6,66 g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne de poids du foie est de  $6,10 \pm 0,85$  g avec un minimum de 4,63 g et un maximum de 6,85 g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen du foie ( $t=-0,16$  ;  $p : 0,88$ ) (**Fig. 46**).

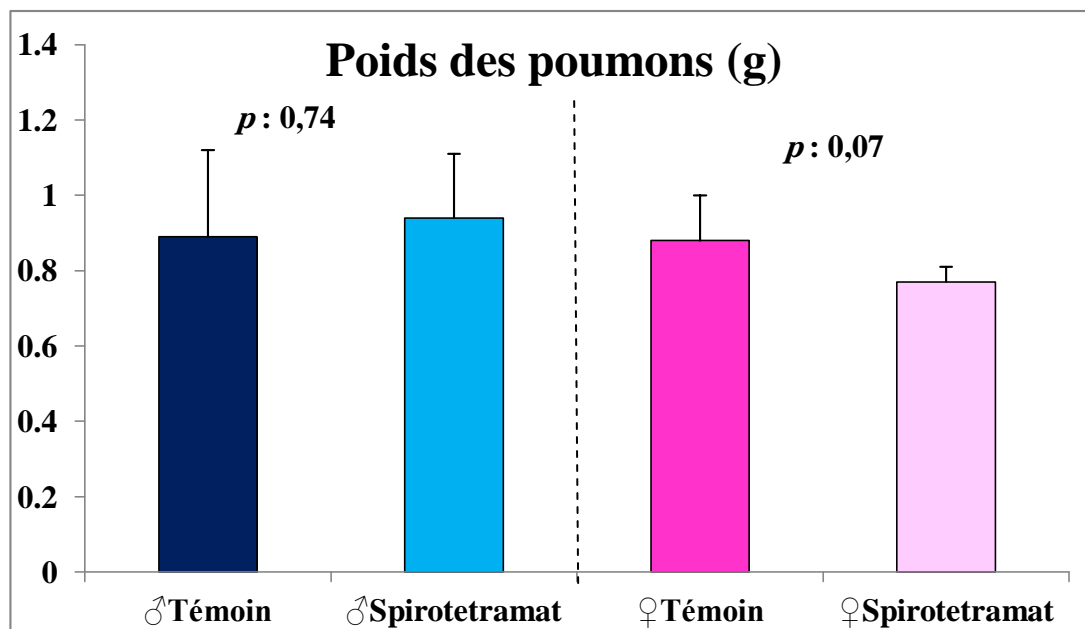


**Figure 46 :** Variation du poids du foie chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

#### ➤ Poids du poumon

Chez les mâles témoins, la moyenne de poids du poumon est de  $0,89 \pm 0,23$  g avec un minimum de 0,69g et un maximum de 1,26g. Chez les mâles traités avec le Spirotetramat, la moyenne de poids du poumon est de  $0,94 \pm 0,17$  g avec un minimum de 0,79g et un maximum de 1,22g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre poids moyen des poumons ( $t=-0,34$  ;  $p : 0,74$ ) (**Fig. 47**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du poids du poumon observé est de  $0,88 \pm 0,12$  g avec un minimum de 0,71g et un maximum de 0,80 g. Chez les femelles traitées avec le Spirotetramat, la moyenne de poids du poumon est de  $0,77 \pm 0,04$  g avec un minimum de 0,72g et un maximum de 1,02g. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le poids moyen des poumons ( $t=2,09$  ;  $p : 0,07$ ) (**Fig. 47**).



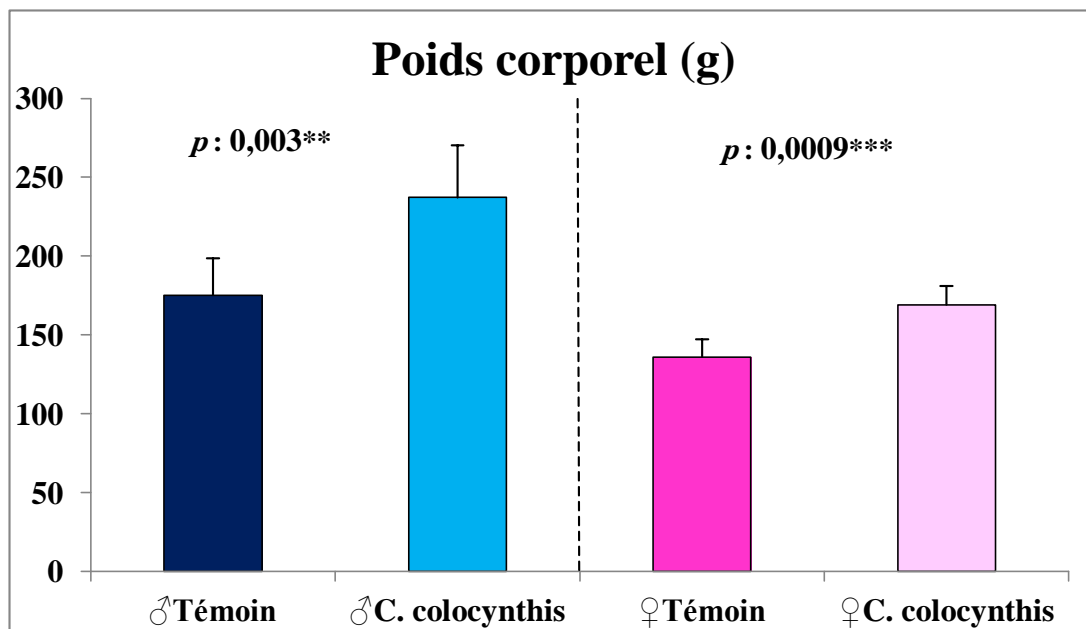
**Figure 47 :** Variation du poids des poumons chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat.

### 3.3.2.2. Effet de l'extrait de *C. colocynthis* :

#### ➤ Poids du corps :

Chez les mâles témoins, la moyenne des poids des corps est de  $175,16 \pm 23,42$  g avec un minimum de 139,80 g et un maximum de 202,20 g. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne des poids des corps est de  $237,2 \pm 32,99$  g avec un minimum de 156 g et un maximum de 269 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre poids corporel moyen ( $t=-3,73$  ;  $p : 0,003$ ) (**Fig. 48**).

Chez les femelles témoins, on a noté que la moyenne des poids des corps est de  $135,92 \pm 11,27$  g avec un minimum de 121,40 g et un maximum de 149 g. Mais chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne des poids des corps est de  $169,1 \pm 12,02$  g avec un minimum de 150 g et un maximum de 189 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre le poids corporel moyen ( $t=-5,14$  ;  $p : 0,0009$ ) (**Fig. 48**).

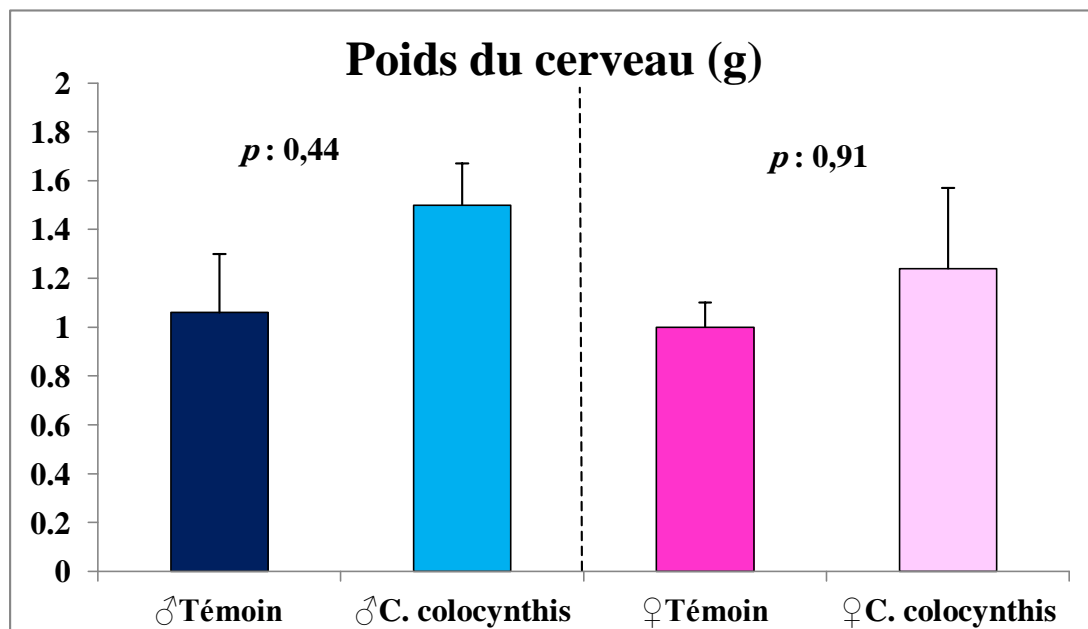


**Figure 48 :** Variation du poids corporel chez les rats témoins et traités avec le *C. colocythis*.

➤ **Poids du cerveau :**

Chez les mâles témoins, la moyenne du poids du cerveau est de  $1,25 \pm 0,24$  g avec un minimum de 1,03 g et un maximum de 1,66 g. Pour les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocythis*, la moyenne du poids du cerveau est de  $1,17 \pm 0,17$  g avec un minimum de 0,83 g et un maximum de 1,39 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids du cerveau ( $t=0,79$  ;  $p : 0,44$ ) (**Fig. 49**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du poids du cerveau est de  $1,05 \pm 0,10$  g avec un minimum de 0,91 g et un maximum de 1,19 g. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocythis*, la moyenne du poids du cerveau est de  $1,07 \pm 0,33$  g avec un minimum de 0,16 g et un maximum de 1,29 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids du cerveau ( $t=-0,11$  ;  $p : 0,91$ ) (**Fig. 49**).

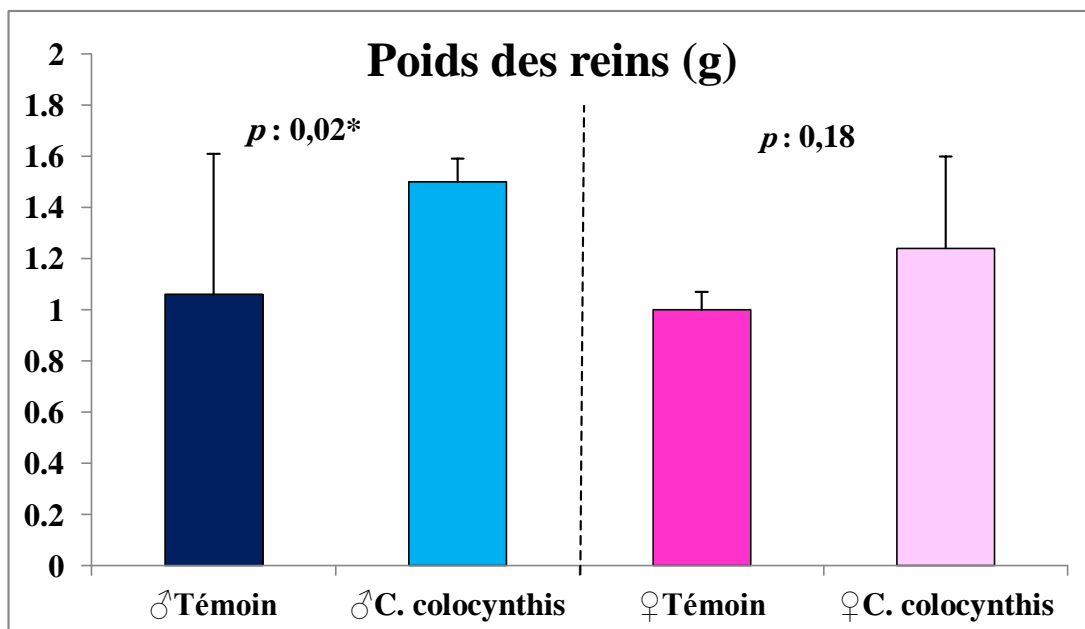


**Figure 49** : Variation du poids du cerveau chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids des reins :**

Chez les mâles témoins, les résultats obtenus que la moyenne du poids des reins est de  $1,06 \pm 0,55$  g avec un minimum de 0,11 g et un maximum de 1,43 g. Par contre chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des reins est de  $1,5 \pm 0,09$  g avec un minimum de 1,38 g et un maximum de 1,70 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre le poids des reins ( $t=-2,58$  ;  $p : 0,02$ ) (**Fig. 50**).

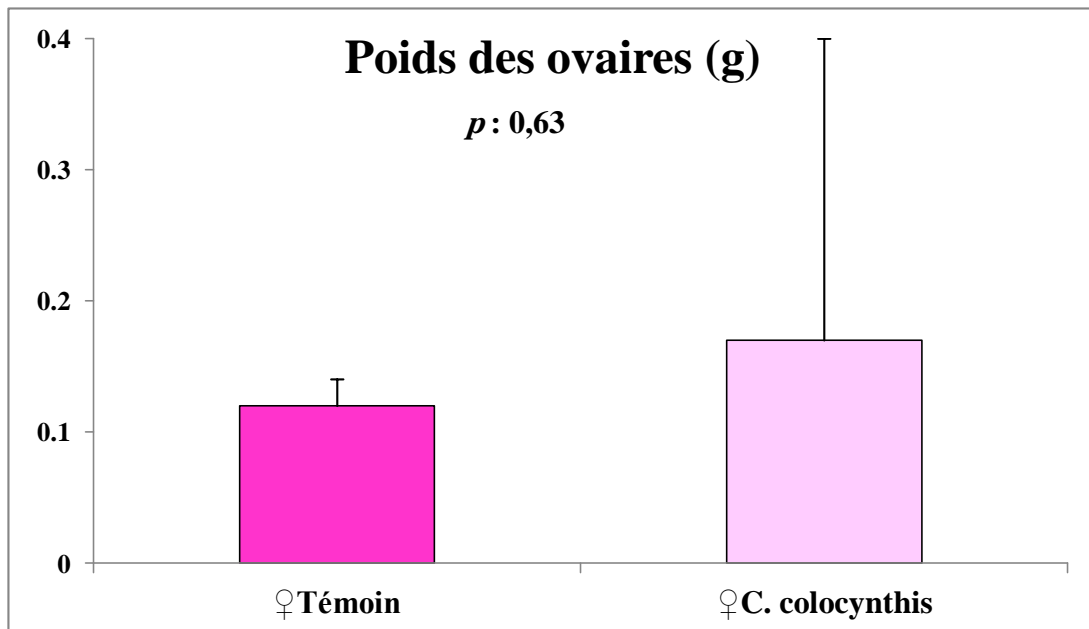
Chez les femelles témoins, la moyenne du poids des reins est de  $1,00 \pm 0,07$  g avec un minimum de 0,89 g et un maximum de 1,08 g. Par contre chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des reins est de  $1,24 \pm 0,36$  g avec un minimum de 0,89 g et un maximum de 1,99 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids des reins ( $t=-1,42$  ;  $p : 0,18$ ) (**Fig. 50**).



**Figure 50 :** Variation du poids des reins chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids des ovaires :**

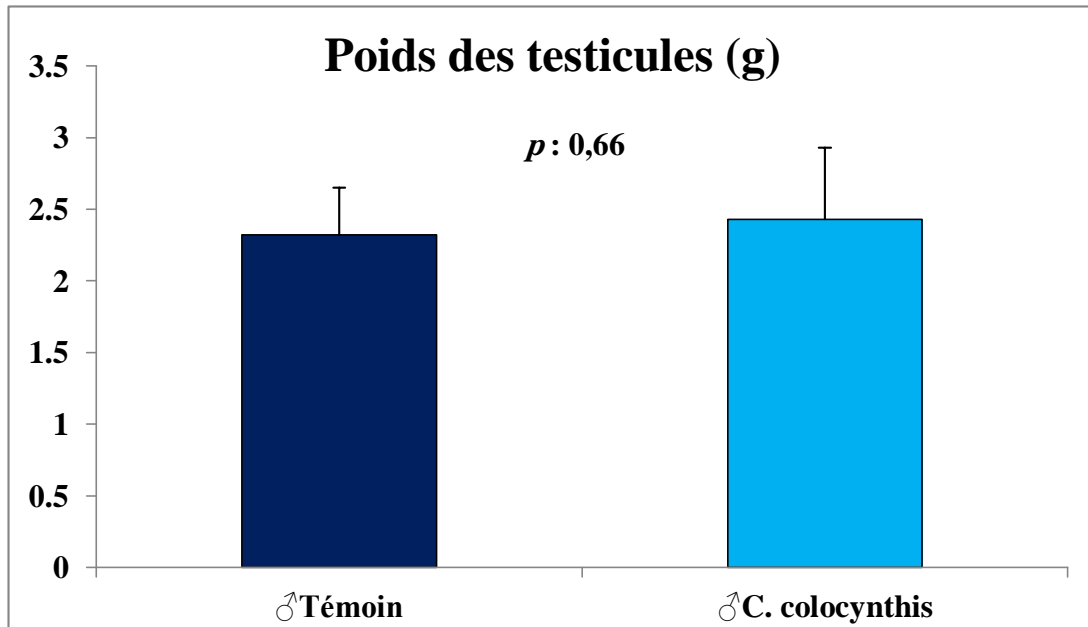
La moyenne du poids des ovaires chez les femelles témoins est de  $0,12 \pm 0,02$  g avec un minimum de 0,10 g et un maximum de 0,15 g. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des ovaires est de  $0,17 \pm 0,23$  g avec un minimum de 0,07 g et un maximum de 0,82 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids des ovaires ( $t=-0,49$  ;  $p : 0,63$ ) (**Fig. 51**). .



**Figure 51** : Variation du poids des ovaires chez les rattes témoins et traitées avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids des testicules**

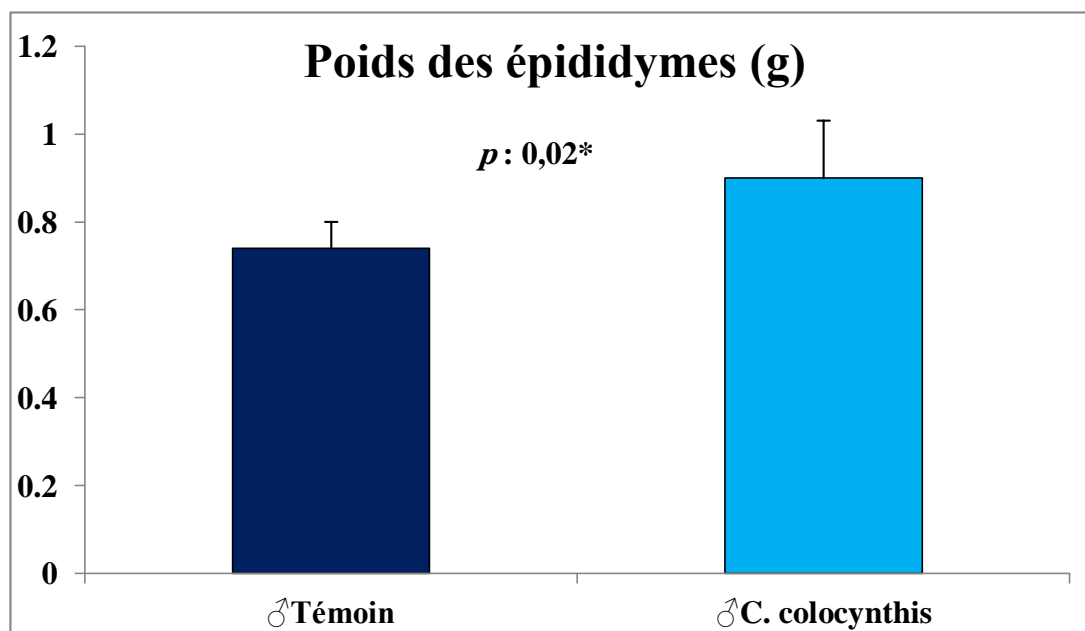
La moyenne du poids des testicules est de  $2,32 \pm 0,33$  g avec un minimum de 1,78 g et un maximum de 2,55 g. Alors que chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des testicules est de  $2,43 \pm 0,50$  g avec un minimum de 2,12 g et un maximum de 2,78 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids des testicules ( $t = -0,45$  ;  $p : 0,66$ ) (Fig. 52).



**Figure 52 :** Variation du poids des testicules chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids des épидидymes**

La moyenne du poids des épидидymes mesurée est de  $0,74 \pm 0,06$  g avec un minimum de 0,67 g et un maximum de 0,80 g. Contrairement aux mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, on a trouvé que la moyenne du poids des épидидymes est de  $0,90 \pm 0,13$  g avec un minimum de 0,71 g et un maximum de 1,08 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre le poids des épидидymes ( $t=-2,79$  ;  $p : 0,02$ ) (**Fig. 53**).

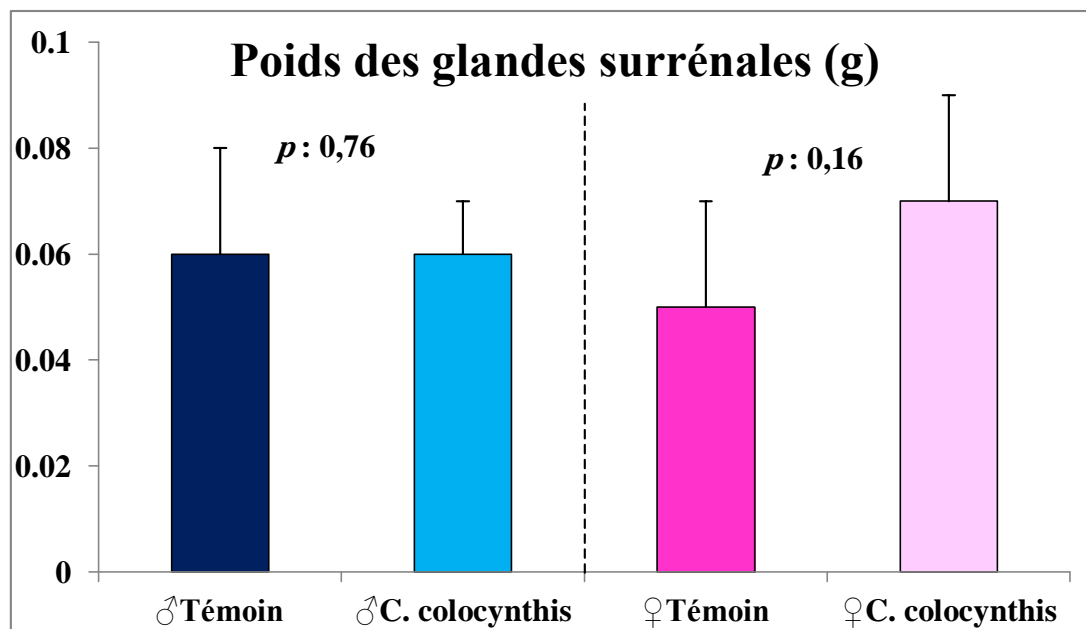


**Figure 53 :** Variation du poids des épидидymes chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

#### ➤ Poids des glandes surrénales

Chez les mâles témoins, la moyenne du poids des glandes surrénales est de  $0,06 \pm 0,02$  g avec un minimum de 0,04 g et un maximum de 0,09 g. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des glandes surrénales est de  $0,06 \pm 0,01$  g avec un minimum de 0,04 g et un maximum de 0,07 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids des glandes surrénales ( $t=0,32$  ;  $p : 0,76$ ) (**Fig. 54**).

Chez les femelles témoins, les résultats obtenus montrent que la moyenne du poids des glandes surrénales est de  $0,05 \pm 0,02$  g avec un minimum de 0,03 g et un maximum de 0,07 g. Contrairement aux femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des glandes surrénales est de  $0,07 \pm 0,02$  g avec un minimum de 0,03 g et un maximum de 0,09 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids des glandes surrénales ( $t=-1,48$  ;  $p : 0,16$ ) (**Fig. 54**).

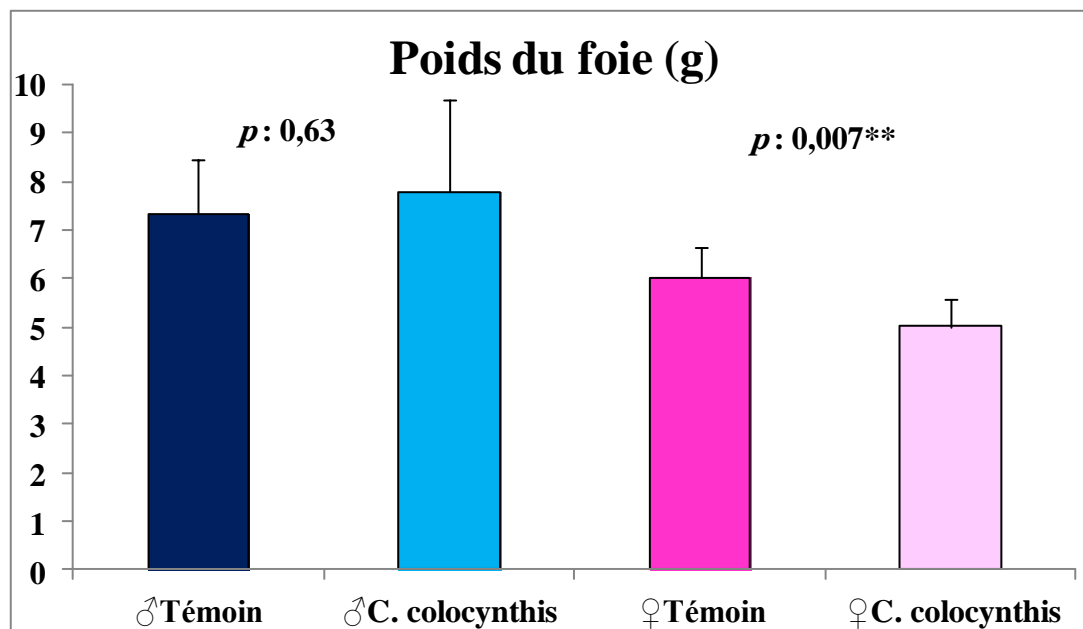


**Figure 54 :** Variation du poids des glandes surrénales chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids du foie :**

Chez les mâles témoins, la moyenne du poids du foie est de  $7,33 \pm 1,15$  g avec un minimum de 6,12 g et un maximum de 8,97 g. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids du foie est de  $7,79 \pm 1,90$  g avec un minimum de 4,58 g et un maximum de 9,89 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le poids du foie ( $t = -0,49$  ;  $p : 0,63$ ) (**Fig. 55**).

Chez les femelles témoins, on a marqué que la moyenne du poids du foie est de  $6,02 \pm 0,65$  g avec un minimum de 5,00 g et un maximum de 6,66 g. Mais chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids du foie est de  $5,01 \pm 0,55$  g avec un minimum de 4,19 g et un maximum de 5,99 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le poids du foie ( $t = 3,19$  ;  $p : 0,007$ ) (**Fig. 55**).

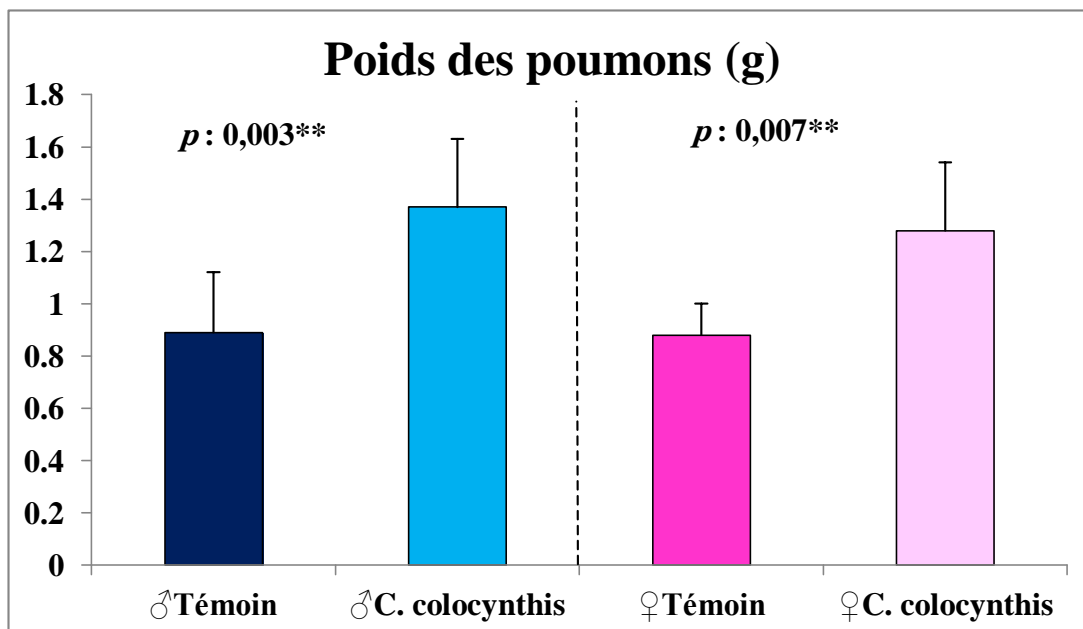


**Figure 55 :** Variation du poids du foie chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

➤ **Poids des poumons :**

Chez les mâles témoins, la moyenne du poids des poumons est de  $0,89 \pm 0,23$  g avec un minimum de 0,69 g et un maximum de 1,26 g. Chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des poumons est de  $1,37 \pm 0,26$  g avec un minimum de 0,94 g et un maximum de 1,68 g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le poids des poumons ( $t=-3,49$  ;  $p : 0,003$ ) (**Fig. 56**).

Chez les femelles témoins, la moyenne du poids des poumons est de  $0,88 \pm 0,12$  g avec un minimum de 0,71 g et un maximum de 1,02 g. Chez les femelles traitées avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, la moyenne du poids des poumons est de  $1,28 \pm 0,26$  g avec un minimum de 1,02 g et un maximum de 1,95g. La comparaison des moyennes par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le poids des poumons ( $t=-3,22$  ;  $p : 0,007$ ) (**Fig. 56**).



**Figure 56 :** Variation du poids des poumons chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis*.

### 3.4. Paramètres biochimiques :

#### 3.4.1. Effet du Spirotetramat :

##### ➤ Glycémie:

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que chez les mâles témoins, le taux de la glycémie a atteint une moyenne de  $1,02 \pm 0,38$  g/l avec un minimum de 0,46 g/l et un maximum de 1,38g/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de la glycémie a atteint la moyenne de  $0,95 \pm 0,14$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,75g/l et le maximum de 1,11g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le taux moyen de glycémie chez les mâles ( $t=0,42$  ;  $p : 0,68$ ) (**Tab. 90**).

Chez les femelles témoins, le taux de la glycémie a atteint une moyenne de  $0,82 \pm 0,10$  g/l avec un minimum de 0,71g/l et un maximum de 0,95g/l. Alors que chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de la glycémie a atteint la moyenne de  $0,98 \pm 0,18$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,69g/l et le maximum de 1,15g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le taux moyen de glycémie chez les femelles ( $t=1,66$  ;  $p : 0,13$ ) (**Tab. 90**).



**Tableau 90:** Variation du taux de la glycémie (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	1,02 $\pm$ 0,38	0,95 $\pm$ 0,14	0,82 $\pm$ 0,10	0,98 $\pm$ 0,18
<b>Min</b>	0,46	0,75	0,71	0,69
<b>Max</b>	1,38	1,11	0,95	1,15
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>0,42</b>		<b>-1,66</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,68</b>		<b>0,13</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### ➤ Cholestérol:

Chez les mâles témoins, le taux du Cholesterol a atteint une moyenne de 0,45  $\pm$  0,1 g/l avec un minimum de 0,28 g/l et un maximum de 0,53g/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux du Cholesterol a atteint la moyenne de 0,38  $\pm$  0,09 g/l dont le minimum enregistré est de 0,28g/l et le maximum de 0,47g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le taux moyen du cholestérol chez les mâles ( $t=1,01$  ;  $p$  : 0,34) (**Tab. 91**).

Chez les femelles témoins, le taux du Cholesterol a atteint une moyenne de 0,43  $\pm$  0,11 g/l, avec un minimum de 0,29g/l et un maximum de 0,52g/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux du Cholesterol a atteint la moyenne de 0,38  $\pm$  0,09 g/l dont le minimum enregistré est de 0,27g/l et le maximum de 0,49g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le taux moyen du cholestérol chez les femelles ( $t=0,81$  ;  $p$  : 0,44) (**Tab. 91**).



**Tableau 91:** Variation du taux du cholestérol (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	0,45 ± 0,1	0,38 ± 0,09	0,43 ± 0,11	0,38 ± 0,09
<b>Min</b>	0,28	0,28	0,29	0,27
<b>Max</b>	0,53	0,47	0,52	0,49
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>1,01</b>		<b>0,81</b>	
<b><i>p</i></b>	<b>0,34</b>		<b>0,44</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Triglycéride:**

Chez les mâles témoins, le taux des Triglycérides a atteint une moyenne de  $0,75 \pm 0,15$  g/l avec un minimum de 0,52g/l et un maximum de 0,91g/l. Contrairement aux individus traités avec le Spirotetramat, le taux des Triglycérides a atteint la moyenne de  $0,61 \pm 0,03$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,58g/l et le maximum de 0,65g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre le taux moyen des triglycérides chez les mâles ( $t=1,97$  ;  $p : 0,08$ ) (**Tab. 92**).

Chez les femelles témoins, on a enregistré que le taux des Triglycérides atteint une moyenne de  $1,12 \pm 0,25$  g/l avec un minimum de 0,48g/l et un maximum de 1,72g/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux des Triglycérides enregistré est d'une moyenne de  $0,62 \pm 0,27$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,41g/l et le maximum de 1,08g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre le taux moyen des triglycérides chez les femelles ( $t=1,81$  ;  $p : 0,11$ ) (**Tab. 92**).



**Tableau 92:** Variation du taux des Triglycérides (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	0,75 ± 0,15	0,61 ± 0,03	1,12 ± 0,25	0,62 ± 0,27
<b>Min</b>	0,52	0,58	0,48	0,41
<b>Max</b>	0,91	0,65	1,72	1,08
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>1,97</b>		<b>1,81</b>	
<b><i>P</i></b>	<b>0,08</b>		<b>0,11</b>	

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Urée:**

Les résultats de notre étude montrent que chez les mâles témoins, le taux de l'urée a atteint une moyenne de  $0,52 \pm 0,16$  g/l avec un minimum de 0,3g/l et un maximum de 0,69 g/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de l'urée a atteint la moyenne de  $0,69 \pm 0,06$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,60g/l et le maximum de 0,75 g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe de différences significatives entre le taux moyen de l'urée chez les mâles ( $t=-2,28$  ;  $p : 0,05$ ) (**Tab. 93**).

Chez les femelles témoins, on a constaté que le taux de l'urée est une moyenne de  $0,35 \pm 0,05$  g/l avec un minimum de 0,26 g/l et un maximum de 0,40 g/l. Par contre chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de l'urée a atteint la moyenne de  $0,49 \pm 0,04$  g/l dont le minimum enregistré est de 0,42 g/l et le maximum de 0,53 g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le taux moyen de l'urée chez les femelles ( $t= -4,39$  ;  $p : 0,002$ ) (**Tab. 93**).



**Tableau 93:** Variation du taux de l'urée (g/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy<math>\pm</math>s</b>	0,52 $\pm$ 0,16	0,69 $\pm$ 0,06	0,35 $\pm$ 0,05	0,49 $\pm$ 0,04
<b>Min</b>	0,3	0,60	0,26	0,42
<b>Max</b>	0,69	0,75	0,40	0,53
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>-2,28</b>		<b>-4,39</b>	
<b><i>P</i></b>	<b>0,05*</b>		<b>0,002**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### ➤ Créatinine:

Les résultats obtenus montrent que chez les mâles témoins, le taux de la créatinine a atteint une moyenne de  $3,86 \pm 0,66$  mg/l avec un minimum de 2,86 mg/l et un maximum de 4,52 mg/l. Chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de la créatinine a atteint la moyenne de  $4,95 \pm 0,25$  mg/l dont le minimum enregistré est de 4,65 mg/l et le maximum de 5,32 mg/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre le taux moyen de la créatinine chez les mâles ( $t = -3,45$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 94**).

Chez les femelles témoins, le taux de la créatinine enregistré est d'une moyenne de g/l  $3,41 \pm 0,56$  mg/l avec un minimum de 2,28 mg/l et un maximum de 5,41 mg/l. Mais chez les individus traités avec le Spirotetramat, le taux de la créatinine a atteint la moyenne de  $4,98 \pm 0,31$  mg/l dont le minimum enregistré est de 3,85 mg/l et le maximum de 5,77 mg/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe de différences significatives entre le taux moyen de la créatinine chez les femelles ( $t = -2,46$  ;  $p : 0,04$ ) (**Tab. 94**).



**Tableau 94:** Variation du taux de la créatinine (mg/l) chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	3,86 ± 0,66	4,95 ± 0,25	3,41 ± 0,56	4,99 ± 0,70
<b>Min</b>	2,86	4,65	2,28	3,85
<b>Max</b>	4,52	5,32	5,41	5,77
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-3,45</b>		<b>-2,46</b>	
<b>P</b>	<b>0,01*</b>		<b>0,04*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Variation de l'activité cholinestérasique :**

**Acétylcholine :**

Nos résultats montrent qu'il y'a une diminution significative ( $p < 0.05$ ) de l'activité cholinestérasique chez les rats traités avec le Spirotetramat pour les deux sexes (**Tab. 95**).

**Tableau 95 :** Variation de l'activité cholinestérasique chez les rats Wistar (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	0,16 ± 0,03	0,13 ± 0,05	0,19 ± 0,03	0,13 ± 0,03
<b>Min</b>	0,12	0,09	0,14	0,07
<b>Max</b>	0,20	0,22	0,23	0,17
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>0,70</b>		<b>2,60</b>	
<b>p</b>	<b>0,50</b>		<b>0,03*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **ACTH :**

Nos résultats montrent que le taux de l'ACTH est diminué très significativement chez les rats traités avec le Spirotetramat pour les deux sexes (**Tab. 96**).



**Tableau 96 :** Variation du taux de l'ACTH chez les rats témoins et traités avec le Spirotetramat (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Sp	Tém	Sp
<b>Moy±s</b>	89,19 ± 31,40	14,47 ± 18,07	100,08 ± 2 9,93	19,24 ± 16,72
<b>Min</b>	41,93	1	73,18	0,9
<b>Max</b>	119,80	45,56	142,6	39,14
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>4,61</b>		<b>5,27</b>	
<i>p</i>	<b>0,002**</b>		<b>0,001***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Sp: Spirotetramat; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### 3.4.2. Effet de l'extrait de *C. colocynthis* :

#### ➤ Glycémie:

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que chez les mâles témoins, le taux de la glycémie a atteint une moyenne de  $1,02 \pm 0,38$ g/l avec un minimum de 0,46g/l et un maximum de 1,38g/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de la glycémie a atteint la moyenne de  $1,17 \pm 0,23$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,83g/l et le maximum de 1,45g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le taux de la glycémie chez les mâles ( $t = -0,75$  ;  $p : 0,47$ ) (**Tab. 97**).

Chez les femelles témoins, le taux de la glycémie a atteint une moyenne de  $0,83 \pm 0,1$ g/l avec un minimum de 0,71g/l et un maximum de 0,95g/l. Alors que chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de la glycémie a atteint la moyenne de  $1,10 \pm 0,15$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,89g/l et le maximum de 1,29g/l. L'analyse statistique montre qu'il existe de différence significative entre les taux de la glycémie chez les femelles ( $t = -4,22$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 97**).



**Tableau 97:** Variation du taux de la glycémie (g/l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	1,02 ± 0,38	1,17 ± 0,23	0,83 ± 0,1	1,10 ± 0,15
<b>Min</b>	0,46	0,83	0,71	0,89
<b>Max</b>	1,38	1,45	0,95	1,29
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-0,75</b>		<b>-4,22</b>	
<i>p</i>	<b>0,47</b>		<b>0,01*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc** : *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Cholestérol:**

Chez les mâles témoins, le taux du Cholesterol a atteint une moyenne de  $0,45 \pm 0,1$ g/l avec un minimum de 0,28g/l et un maximum de 0,53g/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux du Cholesterol a atteint la moyenne de  $0,61 \pm 0,15$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,36g/l et le maximum de 0,72g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les taux du cholestérol chez les mâles ( $t = -2,06$  ;  $p : 0,07$ ) (**Tab. 98**).

Chez les femelles témoins, le taux du Cholesterol a atteint une moyenne de  $0,43 \pm 0,1$ g/l, avec un minimum de 0,29g/l et un maximum de 0,52g/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux du Cholesterol a atteint la moyenne de  $0,56 \pm 0,08$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,44g/l et le maximum de 0,67g/l. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les taux du cholestérol chez les femelles ( $t = -2,03$  ;  $p : 0,1$ ) (**Tab. 98**).



**Tableau 98:** Variation du taux du cholestérol (g/l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	0,45 ± 0,1	0,61 ± 0,15	0,43 ± 0,1	0,56 ± 0,08
<b>Min</b>	0,28	0,36	0,29	0,44
<b>Max</b>	0,53	0,72	0,52	0,67
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-2,06</b>		<b>-2,03</b>	
<i>p</i>	<b>0,07</b>		<b>0,1</b>	

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

### ➤ Triglycérides:

Chez les mâles témoins, le taux des Triglycérides a atteint une moyenne de  $0,75 \pm 0,15$ g/l avec un minimum de 0,52g/l et un maximum de 0,91g/l. Contrairement aux individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux des Triglycérides a atteint la moyenne de  $0,49 \pm 0,15$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,33g/l et le maximum de 0,69g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe de différences significatives entre les taux des triglycérides chez les mâles ( $t=2,46$  ;  $p : 0,04$ ) (Tab. 99).

Chez les femelles témoins, on a enregistré que le taux des Triglycérides atteint une moyenne de  $1,13 \pm 0,57$ g/l avec un minimum de 0,48g/l et un maximum de 1,72g/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux des Triglycérides enregistré est d'une moyenne de  $0,55 \pm 0,3$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,29g/l et le maximum de 1,07g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les taux des triglycérides chez les femelles ( $t=2,01$  ;  $p : 0,1$ ) (Tab. 99).



**Tableau 99:** Variation du taux des Triglycérides (g/l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	0,75 ± 0,15	0,49 ± 0,15	1,13 ± 0,57	0,55 ± 0,3
<b>Min</b>	0,52	0,33	0,48	0,29
<b>Max</b>	0,91	0,69	1,72	1,07
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>2,46</b>		<b>2,01</b>	
<i>p</i>	<b>0,04*</b>		<b>0,1</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc** : *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

➤ **Urée:**

Les résultats de notre étude montrent que chez les mâles témoins, le taux de l'urée a atteint une moyenne de  $0,52 \pm 0,16$  g/l avec un minimum de 0,3g/l et un maximum de 0,69 g/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de l'urée a atteint la moyenne de  $0,6 \pm 0,12$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,5g/l et le maximum de 0,79 g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les taux de l'urée chez les mâles ( $t = -0,97$  ;  $p : 0,3$ ) (**Tab. 100**).

Chez les femelles témoins, on a constaté que le taux de l'urée est une moyenne de  $0,35 \pm 0,05$ g/l avec un minimum de 0,26 g/l et un maximum de 0,40 g/l. Par contre chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de l'urée a atteint la moyenne de  $0,62 \pm 0,15$ g/l dont le minimum enregistré est de 0,38g/l et le maximum de 0,79 g/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre les taux de l'urée chez les femelles ( $t = -3,82$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 100**).



**Tableau 100:** Variation du taux de l'urée (g/l) (g/l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	0,52 ± 0,16	0,6 ± 0,12	0,35 ± 0,05	0,62 ± 0,15
<b>Min</b>	0,3	0,5	0,26	0,38
<b>Max</b>	0,69	0,79	0,4	0,79
<i>t</i> <sub>obs</sub>	<b>-0,97</b>		<b>-3,82</b>	
<i>p</i>	<b>0,3</b>		<b>0,01*</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[**Tém** : Témoin ; **Cc** : *Citrullus colocynthis*; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum].

### ➤ Créatinine:

Les résultats obtenus montrent que chez les mâles témoins, le taux de la créatinine a atteint une moyenne de  $3,86 \pm 0,66$  mg/l avec un minimum de 2,86 mg/l et un maximum de 4,52 mg/l. Chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de la créatinine a atteint la moyenne de  $5,06 \pm 0,34$  mg/l dont le minimum enregistré est de 4,46 mg/l et le maximum de 5,26 mg/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences significatives entre les taux de la créatinine chez les mâles ( $t = -3,62$  ;  $p : 0,01$ ) (**Tab. 101**).

Chez les femelles témoins, le taux de la créatinine enregistré est d'une moyenne de g/l  $3,41 \pm 1,25$  mg/l avec un minimum de 2,28 mg/l et un maximum de 5,41 mg/l. Mais chez les individus traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, le taux de la créatinine a atteint la moyenne de  $6,72 \pm 0,47$  mg/l dont le minimum enregistré est de 5,98 mg/l et le maximum de 7,23 mg/l. La comparaison des moyennes par un test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les taux de la créatinine chez les femelles ( $t = -5,52$  ;  $p : 0,001$ ) (**Tab. 101**).



**Tableau 101:** Variation du taux de la créatinine (mg/l) chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	3,86 ± 0,66	5,06 ± 0,34	3,41 ± 1,25	6,72 ± 0,47
<b>Min</b>	2,86	4,46	2,28	5,98
<b>Max</b>	4,52	5,26	5,41	7,23
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-3,62</b>		<b>-5,52</b>	
<i>p</i>	<b>0,01*</b>		<b>0,001**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

➤ **Variation de l'activité cholinestérasique et du stress oxydatif :**

**Acétylcholine :**

Les résultats de notre études, montrent que les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* ont subi une diminution hautement significative ( $p < 0.01$ ) de l'activité cholinestérasique et il y'a une diminution très hautement significative chez les femelles traitées ( $p < 0.001$ ) (Tab. 102).

**Tableau 102:** Variation de l'activité cholinestérasique chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	0,16 ± 0,04	0,06 ± 0,02	0,19 ± 0,03	0,09 ± 0,02
<b>Min</b>	0,12	0,04	0,14	0,07
<b>Max</b>	0,20	0,1	0,22	0,11
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>4,30</b>		<b>5,92</b>	
<i>p</i>	<b>0,003**</b>		<b>0,0004***</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].



➤ **ACTH :**

Les résultats obtenus montrent qu'il existe des différences très hautement significatives chez les mâles traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, et il existe des différences hautement significatives chez les femelles traitées (**Tab. 103**).

**Tableau 103 :** Variation du taux de l'ACTH chez les rats témoins et traités avec le *C. colocynthis* (n= 20).

	♂		♀	
	Tém	Cc	Tém	Cc
<b>Moy±s</b>	89,19 ± 31,41	536,80 ± 137,99	100,08 ± 29,93	22,69±30,58
<b>Min</b>	41,93	386,60	73,18	1
<b>Max</b>	119,80	748,60	142,60	65,55
<i>t<sub>obs</sub></i>	<b>-7,07</b>		<b>4,04</b>	
<i>p</i>	<b>0,0001***</b>		<b>0,004**</b>	

\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$

[Tém : Témoin ; Cc: *Citrullus colocynthis*; Min : Minimum ; Max : Maximum].

**3.5. Effet des deux traitements sur les paramètres chez le Rat Wistar (comportements, paramètres hématologiques et biochimiques) :**

Les résultats du test de modèle linéaire général (GLM) obtenus indiquent l'effet du traitement sur les paramètres clés des tests comportementaux réalisés. Le type de traitement agit sur le temps passé dans le centre de labyrinthe en croix surélevée qui diffère entre les animaux témoins, les animaux traités avec le Spirotetramat et les animaux traités avec l'extrait de la plante étudiée ( $F = 5,03$ ,  $p: 0,01$ ). L'analyse montre aussi que le facteur traitement agit sur le temps passé dans les bras ouverts ( $F = 81,42$ ,  $p: 0,000$ ) et les bras fermés du labyrinthe ( $F = 113,25$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 104**). Le facteur « sexe » influence d'une manière très hautement significative sur le temps passé dans les bras du labyrinthe. La combinaison des deux facteurs (traitement /sexuel) confirme ces résultats (**Tab. 104**).

En Open Field, il influe sur le nombre d'entrée dans les zones claires et sombres (centre et/ou périphérie) (**Tab. 105**), le temps passé dans la périphérie (claire et sombre), le temps d'immobilité ( $F = 35,88$ ,  $p: 0,000$ ), le nombre d'immobilité ( $F = 6,19$ ,  $p: 0,005$ ), le temps de redressement ( $F = 19,65$ ,  $p: 0,000$ ) et le nombre de redressements ( $F = 31,24$ ,  $p: 0,000$ ). Le facteur « sexe » influence d'une manière très hautement significative sur le temps



passé dans les zones claire périphérique, le nombre d'entrée dans la périphérie du champ ouvert et le nombre d'immobilité ( $F = 7,99$ ,  $p: 0,008$ ) (**Tab. 105**). La combinaison des deux facteurs (traitement /sexuel) confirme ces résultats (**Tab. 105**).

Pour le test de la nage forcée nous avons marqués l'effet très hautement significative du traitement sur le temps de la nage ( $F = 28,16$ ,  $p: 0,000$ ), le temps d'escalade ( $F = 19,07$ ,  $p: 0,000$ ) et le temps d'immobilité ( $F = 24,28$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 106**). Le facteur « sexe » influence d'une manière très hautement significative sur le temps d'immobilité pour ce test ( $F = 26,84$ ,  $p: 0,000$ ). La combinaison des deux facteurs (traitement /sexuel) confirme ces résultats (**Tab. 106**).

Le traitement agit, également, sur le profil hématologique, principalement sur le taux de VGM ( $F = 19,06$ ,  $p: 0,000$ ), du TCMH ( $F = 17,88$ ,  $p: 0,000$ ), du CCMH ( $F = 72,92$ ,  $p: 0,000$ ), des monocytes ( $F = 19,43$ ,  $p: 0,000$ ) et le taux des neutrophiles ( $F = 15,972$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 107**). Nous avons notés aussi que le facteur sexuel agit significativement sur le taux de TCMH ( $F = 5,13$ ,  $p: 0,04$ ), du CCMH ( $F = 5,71$ ,  $p: 0,03$ ), des neutrophiles ( $F = 453,13$ ,  $p: 0,003$ ) (**Tab. 107**) et des globules blanc ( $F = 6,94$ ,  $p: 0,02$ ). La combinaison des deux facteurs (traitement /sexuel) confirme ces résultats (**Tab. 107**).

Nous avons enregistré l'effet significatif du traitement sur le taux du cholestérol ( $F = 9,61$ ,  $p: 0,001$ ), des triglycérides ( $F = 5,33$ ,  $p: 0,01$ ), de l'urée ( $F = 8,16$ ,  $p: 0,002$ ) et de la créatinine ( $F = 26,62$ ,  $p: 0,000$ ), ainsi que sur le taux de l'ACTH ( $F = 50,21$ ,  $p: 0,000$ ) et sur l'activité de l'acétyle-choline estérase ( $F = 16,95$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 108**). le facteur sexuel agit significativement sur le taux de l'urée ( $F = 8,83$ ,  $p: 0,007$ ) et de l'ACTH ( $F = 54,82$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 108**). Le facteur sexuel agit significativement sur le poids corporel et du foie ( $F = 46,885$ ,  $p: 0,000$  /  $F = 11,688$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 108**). La combinaison des deux facteurs (traitement /sexuel) confirme ces résultats (**Tab. 108**).

Le traitement agit aussi sur le poids corporel des animaux ( $F = 23,726$ ,  $p: 0,000$ ) et sur le poids des reins ( $F = 5,585$ ,  $p: 0,008$ ) et des poumons ( $F = 22,397$ ,  $p: 0,000$ ) (**Tab. 109**).



**Tableau 104:** Effet du traitement sur les paramètres du test de la croix surélevée mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
Temps dans le centre	1874,83	2	937,41	5,03	<b>0,01*</b>	68,89	1	68,89	0,37	<b>0,55</b>	3349,23	2	1674,61	9,002	<b>0,001**</b>
Temps passé dans les bras ouverts	86149,90	2	43074,95	81,42	<b>0,000***</b>	53731,24	1	53731,24	101,5 6	<b>0,000***</b>	103424,40	2	51712,20	97,74	<b>0,000***</b>
Temps passé dans les bras fermés	106236,95	2	53118,48	113,25	<b>0,000***</b>	48532,09	1	48532,09	103,4 7	<b>0,000***</b>	138646,05	2	69323,02	147,7 9	<b>0,000***</b>
Nombre d'entrée dans les bras fermés	27,43	2	13,71	5,63	<b>0,008***</b>	13,69	1	13,69	5,62	<b>0,02*</b>	9,83	2	4,91	2,01	<b>0,19</b>
Nombre de redressement	135,68	2	67,84	1,93	<b>0,16</b>	19,36	1	19,36	0,55	<b>0,46</b>	337,27	2	168,63	4,81	<b>0,01*</b>



**Tableau 105:** Effet du traitement sur les paramètres du test de l'open field mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
Nombre entrée ZCC	70,03	2	35,01	4,70	<b>0,02*</b>	24,01	1	24,01	3,22	<b>0,08</b>	35,63	2	17,82	2,39	<b>0,11</b>
Nombre entrée ZCP	13572,40	2	6786,20	10,30	<b>0,000***</b>	5270,76	1	5270,76	8,001	<b>0,008**</b>	9299,60	2	464409,80	7,06	<b>0,003**</b>
Nombre entrée ZSC	8544,83	2	161,70	10,36	<b>0,000***</b>	33,640	1	33,640	2,156	<b>0,151</b>	36,900	2	18,450	1,183	<b>0,319</b>
Nombre entrée ZSP	155385,74	2	8544,82	10,58	<b>0,000***</b>	4664,89	1	4664,89	5,78	<b>0,02*</b>	8699,65	2	4349,83	5,39	<b>0,009**</b>
Temps passé ZSP	3051063,51	2	1553485,74	7,55	<b>0,002**</b>	322851,24	1	322851,24	1,56	<b>0,22</b>	8699,650	2	4349,825	5,388	<b>0,009***</b>
Temps passé ZCP	1215302,83	2	607651,42	3,03	<b>0,06</b>	883412,01	1	883412,01	4,40	<b>0,04*</b>	573927,425	2	286963,713	1,429	<b>0,25</b>
Temps d'immobilité	6102127,02	2	3051063,51	35,88	<b>0,000***</b>	275100,25	1	275100,25	3,23	<b>0,08</b>	280142,025	2	140071,013	1,647	<b>0,21</b>
Nombre d'immobilité	3069,23	2	1534,61	6,19	<b>0,005**</b>	1980,25	1	1980,25	7,99	<b>0,008**</b>	6813,23	2	3406,61	13,75	<b>0,000***</b>
Temps de redressement	290183,65	2	145091,83	19,65	<b>0,000***</b>	21638,41	1	21638,41	2,93	<b>0,09</b>	50346,15	2	25218,07	3,42	<b>0,04*</b>
Nombre de redressement OF	58971,83	2	29485,91	31,24	<b>0,000***</b>	1004,89	1	1004,89	1,06	<b>0,30</b>	746,25	2	373,213	0,395	<b>0,67</b>

[ZCC : Zone claire centrale ; ZCP : Zone claire périphérique ; ZSC : Zone sombre centrale ; ZSP : Zone sombre périphérique ; OF : Open Field].



**Tableau 106:** Effet du traitement sur les paramètres du test de nage forcée mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
<b>Temps de nage</b>	63991,65	2	31995,83	28,16	<b>0,000***</b>	34,810	1	34,810	0,031	<b>0,86</b>	4832,950	2	2416,475	2,127	<b>0,14</b>
<b>Temps d'escalade</b>	77726,55	2	38863,28	19,07	<b>0,000***</b>	3102,490	1	3102,490	1,522	<b>0,23</b>	11106,450	2	5553,225	2,725	<b>0,08</b>
<b>Temps d'immobilité</b>	76757,68	2	38378,84	24,28	<b>0,000***</b>	42436,00	1	42436	26,84	<b>0,000***</b>	17215,67	2	8607,84	5,44	<b>0,009**</b>



**Tableau 107:** Effet du traitement sur les paramètres hématologiques mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
<b>Hémoglobine</b>	58,43	2	29,22	4,42	<b>0,02*</b>	15,396	1	15,396	2,328	<b>0,143</b>	24,189	2	12,095	12,095	<b>0,186</b>
<b>Volume globulaire moyen</b>	1204,19	2	602,09	19,06	<b>0,000***</b>	0,238	1	0,238	0,008	<b>0,932</b>	57,456	2	28,728	0,909	<b>0,419</b>
<b>TCMH</b>	58,41	2	29,21	17,88	<b>0,000***</b>	8,39	1	8,39	5,13	<b>0,04*</b>	13,26	2	6,63	4,06	<b>0,03*</b>
<b>CCMH</b>	693,84	2	346,92	72,92	<b>0,000***</b>	27,15	1	27,15	5,71	<b>0,03*</b>	63,57	2	31,78	6,68	<b>0,006**</b>
<b>Lymphocyte</b>	7035,05	2	3517,53	10,20	<b>0,001**</b>	1007,939	1	1007,939	2,923	<b>0,10</b>	2725,19	2	1362,60	3,95	<b>0,03*</b>
<b>Monocyte</b>	210,94	2	105,47	19,43	<b>0,000***</b>	67,25	1	67,25	12,39	<b>0,002**</b>	175,52	2	87,76	16,16	<b>0,000***</b>
<b>Neutrophile</b>	1276,387	2	638,193	15,972	<b>0,000***</b>	453,13	1	453,13	11,34	<b>0,003**</b>	1183.809	2	591.904	14.814	<b>0.000***</b>
<b>Plaquette</b>	35971,777	2	17985,889	1,253	<b>0,31</b>	56602,865	1	56602,865	3,944	<b>0,061</b>	394357,25	2	197178,63	13,74	<b>0,000***</b>
<b>Globule blanc</b>	12,709	2	6,355	1,382	<b>0,27</b>	31,91	1	31,91	6,94	<b>0,02*</b>	6,535	2	3,268	0,711	<b>0,50</b>

[TCMH : Teneur corpusculaire moyen en hémoglobine ; CCMH : Concentration corpusculaire moyen en hémoglobine].



**Tableau 108:** Effet du traitement sur les paramètres biochimiques mesurés chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
<b>Cholestérol</b>	0,21	2	0,10	9,61	<b>0,001**</b>	0,004	1	0,004	0,355	<b>0,557</b>	0,004	2	0,002	0,175	<b>0,840</b>
<b>Triglycéride</b>	0,96	2	0,48	5,33	<b>0,01*</b>	0,170	1	0,170	1,885	<b>0,183</b>	0,197	2	0,099	1,093	<b>0,351</b>
<b>Urée</b>	0,19	2	0,94	8,16	<b>0,002**</b>	0,10	1	0,10	8,83	<b>0,007**</b>	0,072	2	0,036	3,106	<b>0,063</b>
<b>Créatinine</b>	25,69	2	12,84	26,62	<b>0,000***</b>	1,298	1	1,298	2,690	<b>0,114</b>	6,06	2	3,03	6,28	<b>0,006**</b>
<b>ACTH</b>	371991,54	2	185995,77	50,21	<b>0,000***</b>	203057,17	1	203057,17	54,82	<b>0,000***</b>	445788,47	2	222894,24	60,17 6	<b>0,000***</b>
<b>AchE</b>	0,05	2	0,02	16,95	<b>0,000***</b>	0,003	1	0,003	1,990	<b>0,17</b>	0,003	2	0,001	0,944	<b>0,40</b>

[ACTH : *Hormone Adénocorticotrope*; AchE : *Acétylcholinestérase*]



**Tableau 109:** Effet du traitement sur le poids des organes mesuré chez les rats (Effet inter-sujets).

	Traitement					Sexe					Traitement* Sexe				
	SC III	ddl	CM	F	Sign	SC III	ddl	CM	F	Sign	SCIII	ddl	CM	F	Sig
<b>Poids corporel</b>	21173,01	2	10586,700	23,726	<b>0,000***</b>	20920,730	1	20920,730	46,88 5	<b>0,000***</b>	2229,277	2	1114,638	2,498	<b>0,1</b>
<b>Reins</b>	1,055	2	0,527	5,585	<b>0,008**</b>	0,310	1	0,310	3,288	<b>0,08</b>	0,077	2	0,039	0,408	<b>0,69</b>
<b>Foie</b>	1,900	2	0,950	0,690	<b>0,51</b>	16,104	1	16,104	11,68 8	<b>0,002**</b>	14,144	2	7,072	5,133	<b>0,01*</b>
<b>Poumon</b>	2,083	2	1,041	22,397	<b>0,000***</b>	0,067	1	0,067	1,444	<b>0,24</b>	0,033	2	0,016	0,355	<b>0,70</b>
<b>Testicules</b>	0,052	2	0,026	0,145	<b>0,866</b>										
<b>Epididymes</b>	0,100	2	0,050	3,101	<b>0,866</b>										
<b>Ovaires</b>	0,015	2	0,007	0,264	<b>0,771</b>										



### 3.6. Etude histologique :

#### 3.6.1. Le foie :

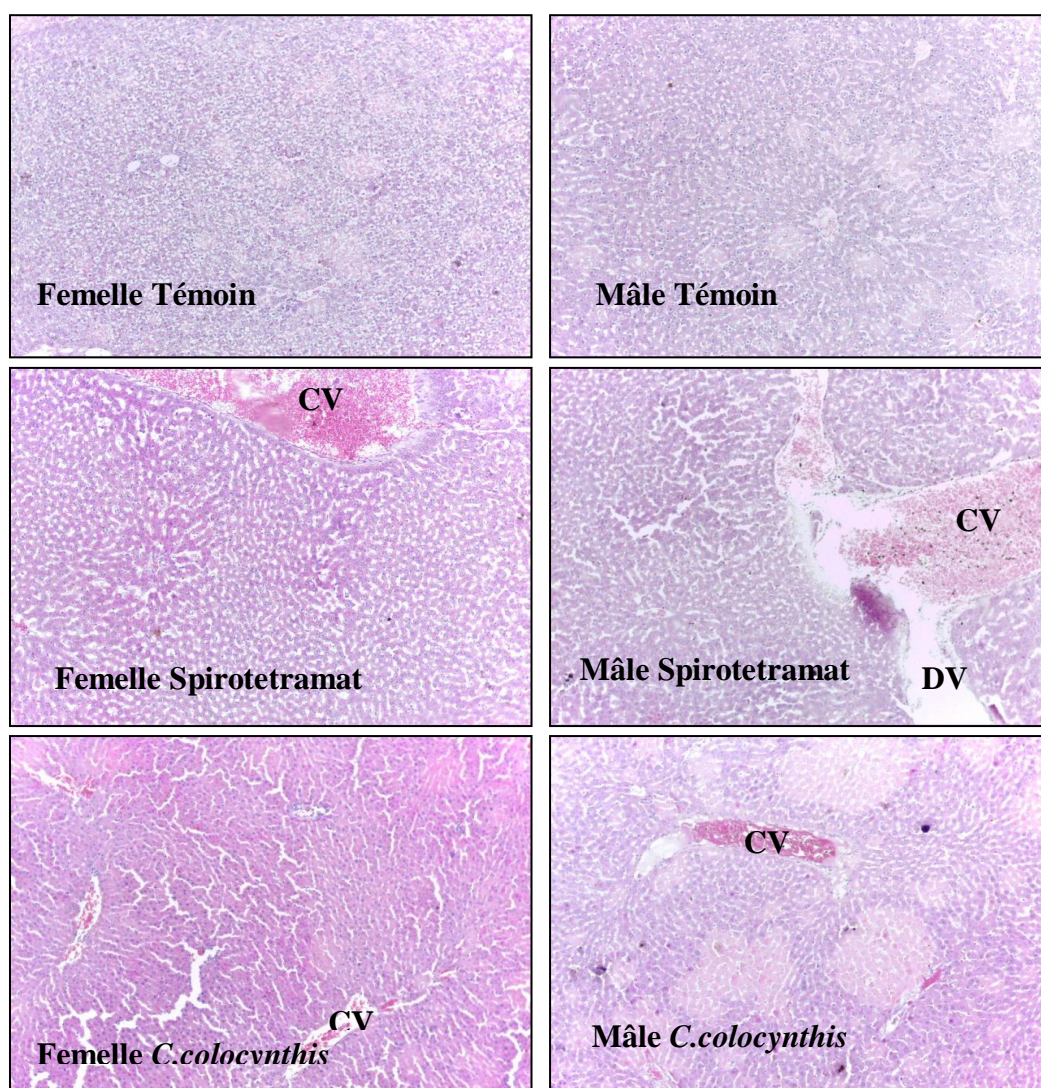
L'histologie du foie des rats témoins révèle un aspect histologique normal chez les deux sexes.

L'histologie du foie des mâles traités au Spirotetramat montre une congestion vasculaire associée à une dilatation des vaisseaux sanguins.

L'histologie du foie des rats traités au *C. colocynthis* montre une congestion vasculaire.

**CV** : Congestion vasculaire.

**DV** : Dilatation des vaisseaux sanguins.



**Figure 57:** Coupes histologiques du foie des rats témoins et traités (Mâle et Femelle) au Spirotetramat et au *C. colocynthis*. (100x).



### 3.6.2. Le rein :

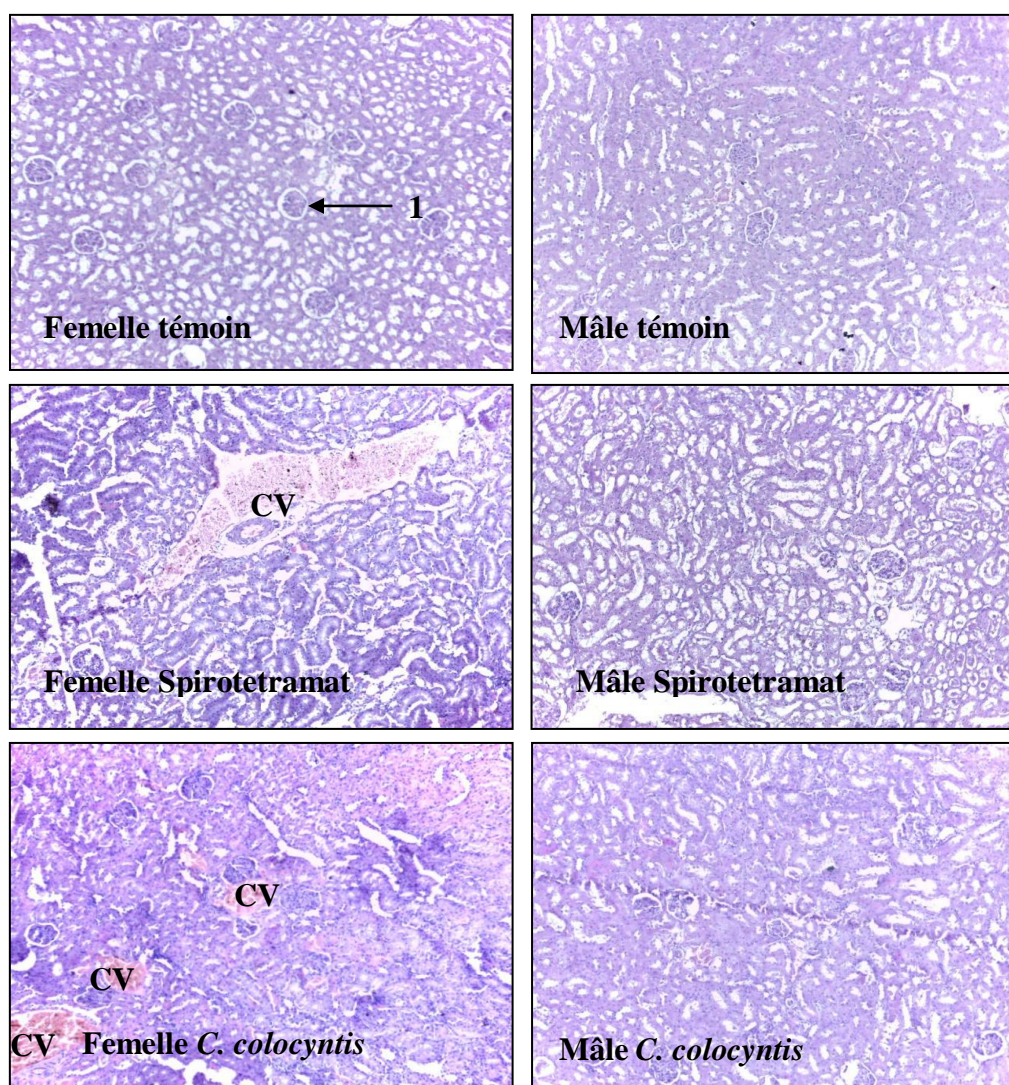
L'histologie du rein des rats témoins (mâle et femelle) montre que le parenchyme rénal est d'aspect normal fait de glomérules et de tubes proximaux et distaux.

L'histologie du rein des mâles traités au Spirotetramat montre une congestion vasculaire.

L'histologie du rein des rats traités au *C. colocynthis* montre aussi une congestion vasculaire.

CV : Congestion vasculaire.

1 : Glomérule normal.



**Figure 58:** Coupes histologiques du rein des rats témoins et traités (Mâle et Femelle) au Spirotetramat et au *C. colocynthis*. (100x).



### 3.6.3. Le testicule :

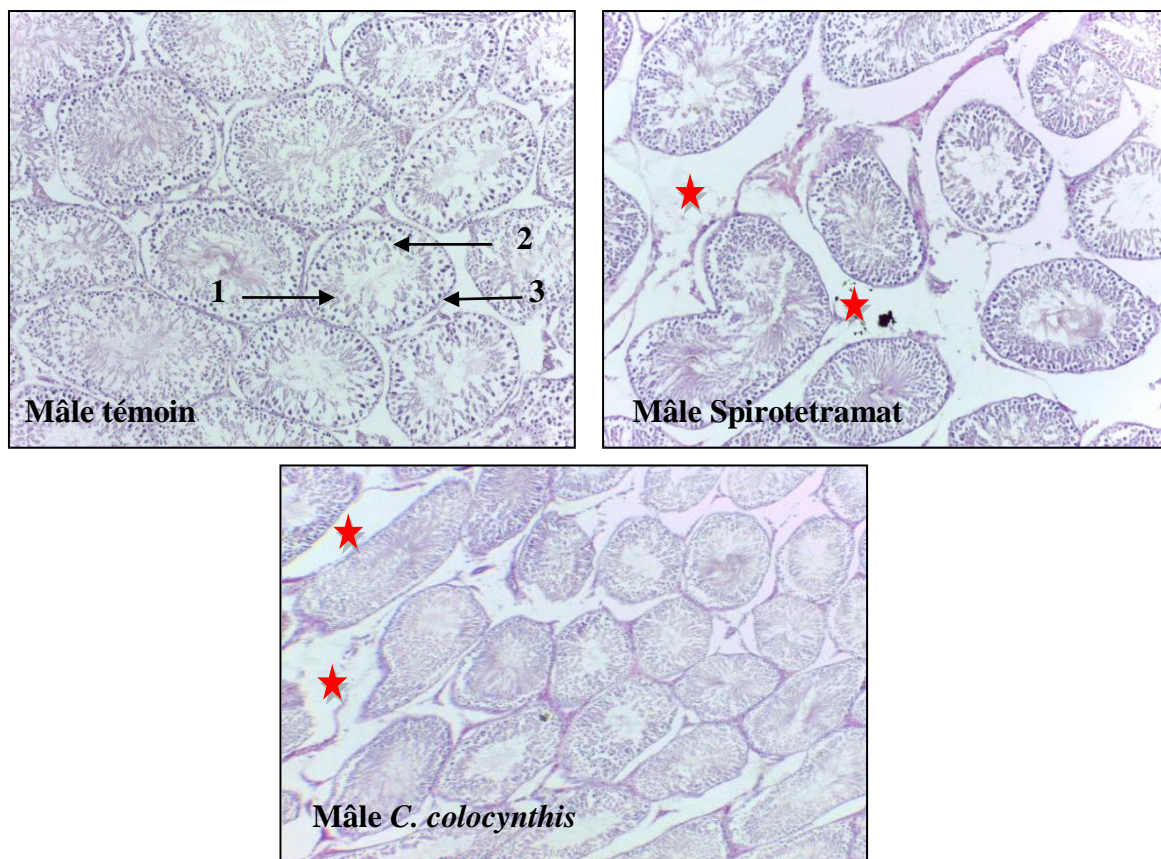
L'histologie du testicule des rats témoins a révélé des tubes séminifères de forme arrondie et bien structurée, contenant des cellules germinales d'aspect normal et une lumière remplie de spermatozoïdes.

L'histologie du testicule des mâles traités au Spirotetramat montre qu'il ya une modification structurale ainsi que les tubes séminifères apparaissent d'une forme allongée et un élargissement évident de l'espace interstitiel.

Le *C. colocynthis* a aussi provoqué des modifications histologiques comme celles de spirotétramat, les tubes séminifères ont subi un allongement léger avec élargissement plus au moins important que celui provoqué par le spirotétramat.

(1): lumière du tube séminifère; (2): cellule productrice; (3): Espace interstitiel.

★: Elargissement de l'espace interstitiel.



**Figure 59 :** Coupes histologiques du testicule des rats témoins et traités au Spirotetramat et au *C. colocynthis*. (100x).



#### 4. Discussion :

L'utilisation des pesticides a connu un développement important au cours des dernières décennies. Elle a fortement contribué à l'amélioration des rendements agricoles et permis un énorme progrès dans la maîtrise des ressources alimentaires (**Camard et Magdelaine, 2010**).

Les effets des pesticides sur la santé dépendent toujours du type de pesticide, quelques-uns peuvent être cancérigènes (**Fondation de l'Eau Potable Sûre FEPS**). Et quelques d'autres ont montré des interférences potentielles avec le bon fonctionnement des régulations hormonales et ont été baptisés perturbateurs endocriniens (**Karami-Mohajeri et Abdollahi, 2011**). **Astiz et al., (2009)** présentent que les pesticides sont le principal facteur de l'environnement associé à l'étiologie des troubles neurodégénératifs chez l'homme.

Les pesticides présentent un effet toxique pour les utilisateurs et la population même en très faible quantité (**Samuel et Laurent, 2001**). En plus de leur effets toxiques sur la santé humaines, ils ont également des effets néfastes sur l'environnement (**Burger et al., 2008; Maryono, 2008**), leur utilisation inappropriée est source de contamination de l'eau et de l'air ainsi que de dommages aux cultures (par suite de pénétration des résidus d'herbicide dans le sol) (**Eleftherohorinos, 2008**).

Les effets néfastes des pesticides peuvent se manifester immédiatement, à court terme après exposition, à la suite d'absorption répétée ou sur une longue période à faibles doses (**Onil, 2005**). L'homme est constamment exposé à une toxicité soit aiguë soit subaiguë ou encore chronique (**Bismuth et al., 1987**).

Les pesticides, qu'ils soient naturels ou de synthèse (la majorité), sont des produits biologiquement actifs et donc intentionnellement toxiques pour les organismes cibles. Du fait de leur dangerosité intrinsèque, le contact inopiné de ces substances avec des cibles non désignées risque d'entraîner des troubles graves pour ces dernières. L'homme constitue l'une de ces cibles involontaires du fait qu'il est l'apporteur de ces substances mais aussi, par exemple, consommateur de ressources alimentaires contaminées par des résidus. Ces deux contextes d'exposition aux pesticides, professionnel et environnemental, soulignent deux risques bien différents, le premier lié à des expositions habituellement élevées, le second associé à des expositions généralement très faibles mais répétées dans le temps (**Multigner,**



2005). Certains indices de toxicité tant aiguë que chronique peuvent être utilisés pour évaluer le niveau de risque ou le degré de toxicité des pesticides.

Notre travail consiste à étudier la toxicité de deux insecticides le Spirotetramat, est un dérivé d'acide tétramique spirocyclique, c'est l'unique insecticide foliaire. Le produit a un mode d'action nouveau et unique classé comme inhibiteur de l'acétyl-CoA carboxylase ou inhibiteur de la biosynthèse des lipides (**IRAC, 2008**), et un produit biologique qui est l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*, c'est une espèce proche de la pastèque. Elle est fortement tolérante à la sécheresse et se trouve dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie (**Bruneton, 1996**), et leur effet sur le rat Wistar.

Nos résultats montrent que la mortalité provoqué par la concentration de 15 µg/ml de Spirotetramat peut atteindre jusqu'à 100% au bout de 15 jours d'exposition, ce qui indique que le Spirotetramat peut causer des effets chroniques chez les rats à long terme. Chez le rat la dose létale médiane (DL50) de Spirotetramat était > 20 g/kg de poids corporel (**Eigenberg, 2004a**).

Nos résultats montrent aussi que l'ingestion par gavage d'une concentration de 20 µg/ml de *C. colocynthis* ne présente aucune mortalité, mais il présente une diarrhée avec une fatigue. Selon **Giroux (2004)**, cet effet est le résultat due à la toxicité aiguë de la plante.

D'après la classification des produits chimiques de **Frank en 1992**, l'extrait éthanolique des glycosides cucurbitacines des graines de la coloquinte est classé dans la catégorie des produits très toxiques. La dose de 0,25 à 10 g/kg provoque la mort des animaux en 4 à 5 jours avec difficulté de respiration consécutive à une hémorragie pulmonaire, une entérite, une chute de poils et des diarrhées. Une quantité de 800 mg/kg de l'extrait éthanolique des feuilles de cette espèce est une dose toxique pour les rats et peut entraîner la mort de 60% de ces derniers après 24 heures (**Elawad et al., 1984; El Wasfi, 1994**). A des doses élevées, *C. colocynthis* est hautement toxique pour les animaux et les humains. Les signes d'intoxication sont douleurs gastro-intestinales avec diarrhée, vomissement, rétention urinaire, fatigue, hypothermie, désordre cardiaque et congestion cérébrale produisant un effondrement fatal (**Charnot, 1945**), mais selon la durée, la fréquence et la quantité de produits toxiques auxquelles un individu est exposé, on observe plusieurs types de toxicités (**Alain, 2002**).



D'après **Azzi en 2007**, La détermination de la dose létale 50% (DL50%) des alcaloïdes totaux extraits des graines de coloquinte, administrée par voie intra péritonéale chez les rats Wistar a permis de confirmer la toxicité relative de cet extrait, et cela lorsque il applique une concentration de 800mg/kg.

**Mahdeb (2002)**, a montré que l'administration par voie orale de 100 mg/kg des alcaloïdes totaux extraits des feuilles du *Datura stramonium L* ne provoque aucun effet toxique. De plus **Benouadah ( 2009)**, a noté que la détermination de la dose létale 50% (DL50%) des alcaloïdes totaux extraits des graines de *Datura stramonium L*. administrée par voie oral chez les rats blanc (*Albinos Wistars*) a permis de confirmer la toxicité relative de cet extrait, qui a été de DL50 =303.38mg/kg chez les mâles et (294,44mg/kg) chez les femelles.

La neurotoxicité est définie comme un changement structural ou une altération fonctionnelle du système nerveux, qui trouve son origine dans l'exposition à des agents physiques, biologiques ou chimiques (**Philbert et al., 2000**). Les effets neurotoxiques impliquent l'entrée de l'agent dans l'organisme, son interaction avec des cibles cellulaires spécifiques et l'initiation de changements biologiques menant à des altérations fonctionnelles du système nerveux (**Philbert et al., 2000**). Chez l'adulte, la neurotoxicité touche plus facilement le système nerveux périphérique car le système nerveux central est protégé d'une série d'agents chimiques par la barrière hémato-méningique (**Costa et al., 2004**). Cependant, certaines substances très petites ou lipophiles, telles que les organophosphorés sont susceptibles de passer cette barrière et d'atteindre le système nerveux central (**Costa et al., 2008**). Les études comportementales de modèles animaux sont d'une grande importance car elles permettent de détecter les différentes formes de neurotoxicité.

En effet, la complexité organisationnelle et fonctionnelle des cellules du système nerveux central requise pour l'élaboration des comportements permet à de petites altérations de cette organisation d'être détectées par des tests neurocomportementaux, alors qu'elles peuvent passer inaperçues par des techniques de mesures moléculaires ou histologiques.

Chez les rongeurs et les humains, le stress peut avoir des conséquences morphologiques, physiologiques et comportementales persistante (**Dudley et al., 2011 ; Yong et al., 2012 ; Neigh et al., 2013**). Dans un cadre non pathologique, l'anxiété est un état de préparation cognitif et comportemental qu'un organisme se mobilise en réponse à une menace potentielle distante dans l'espace ou le temps. On parle alors d'état d'anxiété comme une



réponse adaptative de grande vigilance qui permet à l'organisme de naviguer dans un environnement inconnu dans lequel un danger ou un stress est ressenti. Dans sa forme pathologique, l'anxiété est un état de mauvaise adaptation qui empêche l'organisme à répondre adéquatement à son environnement (**Leonardo et Hen, 2008**).

Quelques tests comportementaux ont été mis au point afin de mesurer l'anxiété chez les rongeurs (rat et souris). Le Labyrinthe en croix surélevé est couramment utilisé pour l'étude des comportements liés à l'anxiété chez les rongeurs (**Torres et Escarabajal, 2002**). L'expérience exploite le conflit chez les rongeurs entre la peur des espaces ouverts et le désir d'explorer un nouvel environnement. Les bras fermés représentent la sécurité, alors que les bras ouverts offrent une valeur exploratoire. Un animal anxieux aura naturellement tendance à préférer les espaces clos et sombres qu'aux espaces ouverts et éclairés. Partant de ce principe, l'anxiété comportementale est mesurée par le degré d'évitement des espaces ouverts du labyrinthe, un temps court passé dans les bras ouverts est considéré comme un indice d'anxiété (**Onaivi et al., 1990; Lister, 1987; Pellow et al., 1985**).

L'analyse des variables classiques obtenue dans le labyrinthe en croix surélevé montre que les mâles traités au Spirotetramat passent plus de temps dans les bras fermés comparativement aux mâles témoins ce qui suggère une réponse anxiogène au Spirotetramat. On a noté aussi que les femelles traitées par Spirotetramat, ont passé moins de temps dans les bras ouverts en comparaison avec les femelles témoins, ce qui pourrait s'expliquer par une augmentation de l'activité générale ou par une plus grande motivation à l'exploration chez les femelles stressées.

Pour l'effet de *C. Colocynthis*, nous avons signalé aussi une augmentation du temps passé dans les bras fermés chez les mâles et les femelles traités comparativement aux témoins, ce qui suggère une réponse anxiogène au *C. Colocynthis*.

Ces résultats sont accord avec les observations de **Seddik (2014)** qui a montré que les rats exposés au plomb passent plus de temps dans les bras fermés que dans les bras ouverts. **Bouhali (2016)** a signalé une diminution du temps passé dans les bras ouverts et une augmentation du temps passé dans les bras fermés chez les rats traités au fenthion. **Tayaa (2014)** a montré que l'exposition à court terme au diazinon provoque des effets anxiogènes chez la ratte Wistar. De plus, **Maha et al. (2013)** ont montré que l'exposition subchronique au diazinon montre des effets anxiogènes chez le rat mâle Wistar.



Le nombre d'entrées dans les bras est généralement décrit comme un indice de locomotion (**Espejo, 1997**). Aucune différence significative n'a été observée entre les rats témoins et traités par le Spirotetramat pour les autres paramètres mesurés (temps passé dans les bras ouverts, temps passé dans le centre, nombre d'entrées dans les bras ouverts, nombre d'entrées dans les bras fermés, nombre de redressements) chez les deux sexes. Alors que pour le cas de *C. colocynthis* nos résultats montrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les rats témoins et traités pour les paramètres suivants : temps passé dans les bras ouverts, temps passé dans le centre, nombre d'entrées dans les bras ouverts, nombre d'entrées dans les bras fermés et le nombre de redressements.

Lorsqu'on a utilisé le *C. colocynthis* nous avons signalé une diminution des activités locomotrices avec une diminution du temps passé dans la zone centrale et forte augmentation du temps passé dans la zone périphérique chez les groupes stressés en comparaison aux groupes témoins. Par conséquent, les rats anxieux ont tendance à passer plus de temps dans les coins et la périphérie de l'appareil plutôt que dans le centre (**Elizalde et al., 2008**). **Onaivi et al. (1990)** exposent qu'un animal anxieux aura naturellement tendance à préférer les espaces clos et sombres qu'aux espaces ouverts et éclairés ce qui observé dans nos résultats ; une forte augmentation du temps passé dans les zones sombres avec une diminution du temps passé dans les zones claires.

Le temps d'immobilité est un indicateur de l'état pseudo-dépressif ou résigné de l'animal. Il est réduit par l'administration de la plupart des antidépresseurs classiques (**El-Hage, 2012**). Ce dernier a augmenté chez les rats exposés au *C. colocynthis* comparativement aux rats témoins pour les deux sexes. En plus, **Benamara et al. (2014)** ont montré que les rats prénatalement stressés au fenthion développent des altérations locomotrices. **Tayaa (2014)** a montré que l'exposition subchronique au diazinon provoque une altération de la motricité chez la ratte Wistar. **Fabricio et al. (2005)** ont montré aussi la capacité du malathion qui a diminué la motricité chez le rat.

Le test de la nage forcée, ou le test de l'efficacité des antidépresseurs représente une situation aversive et stressante où le rat ne peut pas s'échapper et produit l'immobilité, comportement de désespoir (**Porsolt et al., 1977 ; Kirby et Lucki, 1997**). Chez les animaux, l'immobilité est interprétée comme un manque de volonté à survivre et considérée comme un signe de dépression chez la souris et le rat (**Porsolt et al., 1977; Petit-Demouliere et al., 2005**). Dans ce modèle, les rats ou les souris sont obligés de nager dans un espace confiné,



après une tentative d'abord frénétique à s'échapper, ils prennent une posture immobile et le début de l'immobilité est beaucoup plus rapide suite à la nage ultérieure. Cet état a été nommé "désespoir comportemental" selon l'hypothèse de l'abondement des animaux l'espoir d'échappement (**Willner, 1990**).

Bien que cette procédure est plus utilisée pour valider les médicaments antidépresseurs (**Porsolt et al., 1977**), un modèle génétique de dépression (c'est à dire, Flinders rats) a également passé plus de temps immobile que les groupes de contrôle lors de l'évaluation dans la nage forcée (**Einat et al., 2002; Tizabi et al., 1999**). De plus, ce modèle a été utilisé pour étudier le comportement de type dépressif induit par l'interféron-alpha chez la souris (**Makino et al., 2000**). Des études cliniques ont signalé des symptômes dépressifs chez les résidents de la ferme (**Stallone et Beseler, 2002**) et même un risque accru de suicide dans les populations résidentes dans les zones d'agriculture (**Parron et al., 1996**). La dépression est un trouble fréquent et une principale cause d'invalidité et cause la mort à la fois par le suicide en raison des taux élevés de troubles psychiques (**Fritze, 1993**).

La durée de la nage et la durée de l'escalade sont considérées comme des tentatives d'échappement (**El-Hage, 2012**). Le temps d'escalade a fortement augmenté chez les rats exposé au Spirotetramat en comparaison avec les rats témoins. Ceci explique la diminution du temps d'immobilité chez les rats traités suite aux tentatives de fuites qui peuvent être considérées comme un comportement anxieux. Ces résultats sont accords avec les observations de **Latreche (2014)** qui montrent que les rats exposés au Toluène sont moins déprimés à l'âge adulte au cours du test de nage forcée.

Lorsqu'on a utilisé le *C. colocynthis*, nos résultats montrent clairement une augmentation du temps d'immobilité. Le temps d'escalade a fortement augmenté chez les femelles traités en comparaison avec les femelles témoins et diminué chez les mâles stressés. **Tayaa (2014)** a démontré les effets dépressifs du diazinon suite à l'exposition à court terme chez la ratte Wistar. L'exposition pendant trois jours par voie intrapéritonéale à une faible dose de malathion provoquait des effets dépressifs chez le rat Wistar (**Carminé et al., 2009**).

En cas de stress chronique, des modifications morphologiques peuvent apparaître et le poids corporel peut être un indice intéressant des capacités de riposte de l'animal (**Selye, 1976**). Dans notre étude expérimentale, aucune différence significative n'a été enregistrée pour le poids corporel, pour le poids des testicules et des reins entre les rats témoins et les rats



traités par le Spirotetramat. Ces résultats sont en accord avec celui de **Bhushan et al., (2010)** qui montrent aucune différence n'a été observée dans le poids corporel, ni dans le poids relatif des organes qui peuvent être attribués à un processus inflammatoire ou de stress causé par l'intoxication avec Beta-Cyfluthrin.

Concernant l'effet de *C. colocynthis* sur le poids corporel des animaux nous avons observé une augmentation significative avec une élévation de gain de poids corporel. Cette hausse du poids pourrait être liée à une stimulation de l'appétit des animaux par l'extrait et qui aurait pour conséquence une augmentation de leur consommation de nourriture (**Gome et al., 2011**), nos résultats sont en accord avec celui de **Ghedjati (2014)** qui a signalé que l'extrait des alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium L* a les mêmes effets sur les rats de la souche wistar.

Généralement, les altérations de la masse relative des organes reflètent la toxicité après l'exposition à une substance toxique, le coeur, le foie, les reins, la rate et les poumons sont les premiers organes affectés par la réaction métabolique provoquée par le toxique (**Jothy et al., 2011**). Dans cet étude, nous avons remarqué que le poids des reins, du foie et des poumons a augmenté chez les mâles traités tandis que chez les femelles traités a diminué et il y a aussi une augmentation du poids des testicules. Ce qui pourrait s'expliquer par des études précédentes : **Simons et al. (1995)** ont signalé que l'augmentation du poids absolus ou relatifs des organes des animaux représente un indicateur de la cytotoxicité par les insecticides. Les études de la toxicité sur des petits ruminants suggèrent que la consommation du fruit de la coloquinte endommage essentiellement le foie, les reins et l'appareil gastro-intestinal (**Yaniv et al., 1999**).

**Allouni (2010)** a constaté une élévation significative de la masse relative de rein au 1<sup>er</sup> et 5<sup>ème</sup> jour chez des rats traités dans les conditions de la toxicité aigüe par les alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* avec la dose de 100 mg/kg. Des études de toxicologie ont montré que, l'administration orale du Di-n-Butyl Phthalate (DBP) entraîne une augmentation du poids des reins chez le rat (**ATSDR, 2001**).

Le foie, principal organe de détoxification, est capable de neutraliser toutes les substances toxiques. Vu son rôle dans la transformation des xénobiotiques environnementaux (**Karami-Mohajeri et Abdollahi, 2011**). **Dehghani et Panjehshahin en 2006**, ont démontré que l'administration intrapéritonéale de l'extrait alcoolique des graines de la coloquinte, peut



provoquer des effets toxiques sur les cellules du foie, qui peuvent induire la nécrose de l'hépatocyte et la fibrose de foie. **Nahal (2016)** montre que les études de la toxicité suggèrent que la consommation du fruit de la plante du *C. colocynthis* endommage essentiellement le foie, les reins et l'appareil gastro-intestinal.

Le rein est un organe cible pour les composés xénobiotiques notamment les polluants environnementaux suite au volume sanguin supplémenté élevé et leur rôle en concentrant les solutés. Cette susceptibilité du rein à la toxicité produit une variété d'effets toxiques rénaux impliquant les cellules tubulaires et glomérulaire (**Mohamed et al., 2003**). L'augmentation du poids du foie peut être attribuée à l'augmentation des demandes accrues de détoxification des composés toxiques (**Kadota et al., 1976**). En outre, il désigne l'augmentation de la masse cellulaire ou de la densité cellulaire (**Abston et al., 1976**).

En revanche, dans des études en doses orales répétées sur les rats, les principaux organes cibles étaient les poumons, les testicules, les reins et le foie. Les effets les plus notables sur les poumons étaient l'incidence accrue de l'accumulation de macrophages alvéolaires chez les deux sexes à des doses de 189 mg/kg p.c./j et plus, avec une incidence accrue de la décoloration des poumons, une diminution du poids des poumons ainsi qu'une évolution vers la pneumonie interstitielle aux doses élevées (**Agence de la lutte antiparasitaire, 2008**).

Selon les résultats, l'analyse de l'hémogramme n'a pas varié de manière significative. Toutefois, une diminution très hautement significative du nombre de globules rouges a pu être constatée chez les mâles traités au Spirotetramat, ce qui indique l'existence d'un problème d'anémie. Par ailleurs, il a noté que l'administration de doses élevées du Di-n-Butyl Phtalate (DBP) par la voie orale chez des rats et des souris, peut provoquer une anémie, cela va ainsi réduire le niveau des globules rouges (**ATSDR, 2001**).

Pour les autres paramètres hématologiques (Globules blancs, Hémoglobine, CCMH, Neutrophiles, Monocytes, Plaquette), l'analyse de l'hémogramme ne présente aucune particularité cytomorphologique, ces résultats sont en accord avec les observations de **Gordan (1987)** qui n'a pas mis en évidence de perturbation des paramètres hématologiques lors de l'étude de cancérogénèse chez des rats intoxiqué par une alimentation contenant un insecticide de la famille des avermectines.



D'autre part, nous avons démontré une diminution du nombre de globules rouges chez les mâles traités au *C. Colocynthis*. Ces résultats sont similaires à ceux de **Mahdeb et al., (2012)** chez des rates traitées par les alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* avec la dose de 100 mg/kg. Une diminution significative de globules blanc au 1<sup>er</sup> jour, qui concorde avec celui de **Diker et al., (2007)** dans leur étude sur une personne hospitalisée après avoir consommée du thé à base de *Datura*. On a noté aussi une augmentation significative du taux de TCMH et de CCMH chez les rats traités au *C. Colocynthis*. Des résultats similaires ont été trouvés par **Allouni (2010)** dans son étude de la toxicité aigüe des alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* L.

Par ailleurs, nous avons signalé une différence de la réactivité du système immunitaire illustrée principalement par une augmentation du taux des globules blanc, des lymphocytes et des monocytes chez les deux groupes exposés au *C. colocynthis*. Cette augmentation explique que l'animale mobilise toutes ces capacités de défense pour lutter contre les infectieux causés par la présence des xénobiotique dans son organisme (**Karmakar et al., 2000**). L'augmentation des lymphocytes et des monocytes est due peut être à la stimulation de la lymphopoïèse et à la libération accrue des lymphocytes de la lymphe du tissu myéloïde (**Das et Mukherjee, 2003**).

Au niveau du métabolisme glucidique l'administration du Spirotetramat chez les femelles et les mâles n'induit aucune modification significative de la glycémie. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Nadejzda et al., (2007)** montrant que l'administration chronique d'alcool n'avait aucune influence sur la glycémie chez la souris. Au niveau du métabolisme lipidique, l'administration de ce produit n'a aucune incidence sur la triglycéridémie et la cholestéronomie chez les deux sexes, L'exposition de rats à l'émamectine benzoate par l'alimentation à des concentrations de (0, 25 ; 1 ; 2,5 et 5 mg / kg / jour) n'entraîne pas de perturbations lipidiques sériques pour les rats mâles. Nos résultats ont montrés une augmentation significative du taux de l'urée chez les mâles et des teneurs sériques en urée et en créatinine chez les femelles comparés à leurs témoins respectifs.

Des résultats semblables ont été également retrouvés par des auteurs sur d'autres pesticides (**Garoui et al., 2011; Salem, 2011; Renugadevi et Milton., 2009**), qui ont montré l'augmentation de la créatinine et l'urée par différent types de pesticides avec altération de la fonction rénale. **Saafi-Ben Salah et al. (2012)** montrent que l'administration du diméthoate par voie orale pendant deux mois chez les rats provoque une nette insuffisance rénale



caractérisée par une augmentation significative du taux de la créatinine et de l'urée sériques. Une autre étude montrent que le pesticide contenant le cobalt provoque l'augmentation des taux plasmatiques de créatinine et d'urée reflétant le diagnostic de l'insuffisance rénale chez les rats (**Fetoui et al., 2010; Donadio et al., 1997**). Ces résultats sont en accord avec d'autres études dans lesquelles le dommage rénal a été occasionné chez des ouvriers professionnellement exposés au méthomyl (**Khan et al., 2008**), dans un cas de suicide (**Makrides et al., 2005**) et chez les animaux d'expérience (**Fayez et Bahig, 1991 ; El-Demerdash et al., 2013**) suite à l'exposition au méthomyl.

En plus, l'augmentation en urée et créatinine plasmatique indiquent la capacité diminuée des reins de filtrer les déchets du sang et de les excréter dans l'urine. Une association entre l'hyperuricémie et les dommages rénaux a été rapporté par **Feig et al., (2006)**. De même **El Feki (1981), Stengel (1996), Smaoui et al., (2000) et Zuhair (2006)**, ont observé que les pesticides induisaient un dysfonctionnement tubulaire ou une néphropathie tubulo-interstitielle évoluant vers une insuffisance rénale.

**Malcom, 1970 et Michaux et al., 1971** ont révélé une augmentation de la concentration sérique de créatininémie chez les sujets exposés au plomb. Selon **Michaux et al., 1971** ceci serait la conséquence d'un abaissement de la vitesse de filtration glomérulaire. Ainsi, selon **El Zoghbi et Sitohy (2001)**, la créatinine des rats intoxiqués au plomb, retour a une valeur normale après un traitement à base des pectines de la faible estérification. Urée et la créatinine ce sont des paramètres essentiels pour évaluer la fonction rénale et la filtration glomérulaire (**Finco, 1997**).

Concernant l'effet *C. colocynthis* sur les paramètres biochimique, on a noté une augmentation de la glycémie chez les rats exposés au ce produit. Ces résultats vont dans le même sens que celui de **Samy A. Abd El-Azim et al., (2013)** qui ont signalé une augmentation significative de la glycémie chez les rats diabétiques et cela peut être dû à la destruction des cellules bêta du pancréas par STZ. Nos résultats ne sont pas d'accord avec ceux de **Bouchahdene (2009)** qui a signalé une diminution de la concentration sérique en glucose chez les animaux traités par les graines de *Datura innoxia* à la concentration de 1g/kg de poids corporel, et ceux de **Krishna Murthy (2004)** qui a montré que les graines de *Datura metel* administrées à court terme chez les rats mâles Wistar diminuent la concentration sérique en glucose.



Nos résultats obtenus révèlent aussi une diminution de la concentration sérique en triglycérides chez les rats traités au *C. colocynthis*. Ces résultats vont dans le même sens que celui de **Hirunpanich *et al.*, (2006)** et celui de **Bouchahdene (2009)**. Mais sont contraires à ceux de **Piva *et al.* (1997)** qui ont enregistré une augmentation des triglycérides de manière dose-dépendante en présence des alcaloïdes tropaniques (scopolamine et hyoscyamine). De plus, nous avons constaté qu'il n'existe pas de différence significative pour le taux de cholestérol entre les animaux témoins et traités. L'augmentation de la créatinine est un indicateur fiable d'une altération de la fonction rénale plus précisément la filtration glomérulaire (**Gad *et al.*, 2013**), ce résultat concorde avec celui de **Gidado *et al.*, (2007)**.

Chez les rats traités au Spirotetramat, nous avons signalé une diminution du taux de l'ACTH chez les deux sexes. Les données de cette étude montrent aussi que le stress léger chronique, conduit à une augmentation de l'anxiété et comportements dépressifs, accompagnés de niveaux plus élevés de taux d'ACTH chez les mâles traités avec le *C. colocynthis* contrairement aux femelles traités où il y'a une diminution du taux de l'ACTH. Cela confirme certaines études antérieures (**El Fazaa *et al.*, 2000**). **Atchley (2011)** a également signalé que des situations stressantes sont associées à l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (axe HPA) en tant que marqueur de la réponse au stress. En outre un vaste ensemble d'études a révélé que les activités de l'axe HPA améliorées altèrent également les fonctions cognitives à la fois chez les rongeurs et chez les humains (**Song *et al.*, 2006**; **Csernansky *et al.*, 2006**; **Maccari et Morley-Fletcher, 2007**; **Aisa *et al.*, 2007**).

L'exposition des organismes cibles (ravageurs) et non cibles (mammifères) aux pesticides affecte le système nerveux en inhibant l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE). En effet, l'inhibition de l'AChE par de nombreux toxiques entraîne une accumulation du médiateur chimique dans les espaces synaptiques, conduit ainsi à une transmission continue de l'influx. Concernant l'activité de l'AChE ; biomarqueur de la neurotoxicité, les résultats obtenus indiquent leur diminution dans le cerveau des rats après traitement avec le Spirotetramat et le *C. colocynthis*. L'inhibition de l'activité de l'AChE, comme cible enzymatique, peut servir d'indicateur d'exposition excessive à des agents toxiques (**Brkia *et al.*, 2008** ; **Derbalah, 2009**).

Plusieurs études sont en accord avec nos résultats comme celles qui ont montré l'effet inhibiteur du méthomyl sur l'activité de l'AChE (**Fayez et Bahig, 1991** ; **Patil *et al.*, 2008** ; **Garg *et al.*, 2009a** ; **Mansour *et al.*, 2009** ; **El- Fakharany *et al.*, 2011**). De plus, les



résultats de **Tayaa (2014)** indiquent qu'une inhibition prolongée de l'acétylcholinestérase causée par une exposition répétée à des composés organophosphorés altère les fonctions de la mémoire spatiale.

C'est aux fins de confirmer la toxicité des pesticides au niveau tissulaire, nous avons réalisé des coupes histologiques sur quelques organes. Cet examen histologique est conçu dans le but de compléter nos résultats précédents. L'analyse histopathologique du parenchyme hépatique a révélé une congestion vasculaire associée à une dilatation des vaisseaux sanguins qui représente l'une des premières étapes du processus inflammatoires. Néanmoins, les données de l'étude histologique sur les effets des carbamates sur le foie a montré la formation des vacuoles dans les hépatocytes, des infiltrations leucocytaires et une congestion des vaisseaux sanguins résultant d'une hémorragie (**Mamun et al., 2014**). Des résultats semblables ont été rapportés sur le malathion, l'endosulphon et d'autre pesticides qui confirment qu'une exposition à ces pesticides mène à une perturbation histologique chez les animaux de laboratoire (**Ahmed et Nasr, 2009 ; Youcef et al., 2003 ; Adeniran et al., 2009**).

L'analyse histopathologique du parenchyme rénal a révélé une congestion vasculaire chez les rats traités. Chez les rongeurs, les lésions rénales ou les transformations néoplasiques peuvent être induites par plusieurs métaux cancérigènes. Par exemple, le plomb induit des néoplasmes au niveau des cellules rénales tubulaires chez les souris et les rats (**Waisberg et al., 2003**). Une néphropathie induite par le Cd, chez le rat, est caractérisée par des lésions tubulaires et glomérulaire (**El Heni et al., 2008**).

L'examen histologique réalisé sur les testicules a montré qu'il y'a un œdème interstitiel avec une conservation en premier temps de la spermatogénèse chez les rats traités. Des études similaires sur les effets des pesticides sur l'histologie des testicules ont montré que l'exposition des rats mâles au lindane à des doses de 10, 20 et 40 mg/kg contribue à la suppression de la spermatogénèse par une réduction de la prolifération des cellules germinales ainsi que l'augmentation de l'apoptose des cellules germinales (**Yuksel et al., 2009**). D'autres recherches publiées sur le traitement des rats par l'endosulfan ont signalé une altération de la spermatogénèse, histologiquement par une diminution du diamètre des tubes séminifères (**Jain et al., 2013**). En outre, des résultats publiés précédemment sur le traitement des souris par des doses sublétales de méthoxychlore ont montré des changements dégénératifs des tubes séminifères conduisant à une augmentation de leurs diamètres et l'apparition d'œdèmes interstitiels (**Staub et al., 2001**). L'Analyse histologique des testicules des rats exposés à des



### *Chapitre 3 : Les effets insecticides sur les Rats souche Wistar*

---

doses de 3 et 6 mg/kg de dieldrine montre aussi une altération de la spermatogenèse avec une réduction marquée de la production de gamètes combinée à une réduction des diamètres des tubes séminifères (**Hallegue *et al.*, 2003**). Aussi, L'histologie des testicules d'animaux traités avec de fortes doses de diméthoate ont montré une dégénérescence des cellules de Sertoli avec une désorganisation de l'épithélium geminal ; la lumière des tubes séminifères a révélé de faibles concentrations en spermatozoïdes (**Ngoula *et al.*, 2007**).

*Conclusion  
générale*



**Conclusion générale :**

Le lien entre l'exposition aux pesticides et la santé est difficile à mettre en évidence. Cependant, de nombreuses études épidémiologiques ont soulevé l'existence possible d'un effet des polluants sur le système nerveux, la fertilité masculine et féminine, les altérations du système immunitaire, les troubles du comportement, l'augmentation de l'incidence de certains cancers, et plus récemment de certaines maladies métaboliques comme le diabète, l'obésité ou les maladies cardiovasculaires.... C'est pour cela l'exploitation du potentiel biologique des espèces végétales revêt un intérêt important, ainsi les nouvelles démarches consistent à s'intéresser à la recherche des principes actifs dans les produits naturels d'origines végétales.

Dans la première partie de ce travail, nous avons évalué la toxicité des deux insecticides le Spirotetramat (produit chimique) et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (produit d'origine végétal) sur les adultes de *B. germanica*, au laboratoire dans les conditions contrôlés.

L'effet direct concernant l'essai de lutte, nous avons pu déterminer que le Spirotetramat possède une bonne activité insecticide contre les adultes de *B. germanica*. La mortalité observée est corrélée positivement avec les concentrations utilisées et la durée d'exposition des adultes à cette molécule. En parallèle, les extraits éthanolique de *C. colocynthis* sont moins toxiques par rapport au Spirotetramat, et les calculs des concentrations létales et des temps létaux indiquent les différences.

Les effets sublétaux les plus importants d'un insecticide sont ceux qui perturbent les traits liés à la reproduction des insectes, comme la recherche du partenaire sexuel, le sexe ratio, la fertilité des oeufs, ...etc. Dans les conditions de laboratoire, nous avons montré que, le Spirotetramat et les extraits éthanolique de *C. colocynthis* provoquent des troubles importants du comportement sexuel (attraction à distance, reconnaissance par contact, etc...) et, par voie de conséquence, rendait les individus incapables de s'accoupler, donc, de donner une descendance. Les résultats en olfactomètre indiquent aussi l'effet des insecticides sur la perception et le message chimique chez les blattes adultes. Les produits influent, non seulement sur les



sécrétions sexuelles mais aussi, sur les sécrétions grégaires. De ce fait, il serait intéressant d'analyser les extraits attractifs afin de déterminer l'influence des insecticides sur les hydrocarbures cuticulaires et ce à travers des analyses chromatographiques.

Dans la deuxième partie, notre travail est basé sur le traitement avec le Spirotetramat et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur les rats de la souche wistar. Concernant l'effet direct de Spirotetramat sur les rats, nous avons pu déterminer que ce produit est très toxique sur les rats où on a observé une mortalité de 100%. Malgré l'enregistrement d'une mortalité nulle, nous avons remarqué des signes d'intoxication chez les rats traités avec l'extrait éthanolique de *C. colocynthis*.

Nous avons pu déterminer aussi que l'exposition de bas niveau aux deux produits et à courte période provoque des réponses anxio-dépressives associées, d'une part, à l'inhibition cholinestérasique, et d'autre part, à la perturbation des paramètres hématologiques et biochimiques ainsi que des taux d'hormone ACTH. De plus, cette exposition a provoqué des détériorations du système nerveux illustré par certains comportements anxieux et des changements dans les activités locomotrices. De ce fait, il serait intéressant de tester la bioaccumulation et la bioconcentration de ces produits chez les animaux pour mieux comprendre leurs méfaits sur la santé. Il serait également souhaitable d'établir des nouvelles molécules neurotoxiques et apprécier l'effet sur la progéniture.

*Références*  
*Bibliographiques*

## Références Bibliographiques

**Abbasipour H., Mahmoudvand M., Rastegar F. & Basij M., 2010.** Insecticidal activity of *Peganum harmala* seed extract against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Bulletin of Insectology*, 63(2): 259-263.

**Abbassi K., Mergaoui L., atay-kadiri Z., ghaout S. & Stambouli A., 2005.** Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. *Zool. Bætica*, 16: 31-46.

**Abdel-Rahman H. R. & Al-Mozini R. N., 2007.** Antifeedant and Toxic Activity of some Plant Extracts Against Larvae of Cotton Leaf worm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera : Noctuidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(24): 4467-4472.

**ACTA., 1999.** Index phytosanitaire. 35ème édition. Paris : ACTA, 644 p.

**ACTA., 2002.** "Recueil des effets non intentionnels des produits phytosanitaires". 8<sup>ème</sup> édition, Paris, 492 p.

**Abdul Rahuman , Venkatesan P., 2008.** Larvicidal efficacy of five cucurbitaceous plant leaf extracts against mosquito species. *Parasitol Res* 103:133–139.

**Abston P., Yarbroug H., 1976.** The in vivo effect of mirex on soluble hepatic enzymes in the rat. *Pestic. Biochem. Physiol.* 6 :192-199.

**Acheuk F., 2012.** Évaluation des effets du Téflubenzuron et de l'extrait méthalonique de la plante *Haplophyllim tuberculatum* (Rutacée) sur le développement et la reproduction du criquet migrateur : *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Orthoptera, Oedipodinae). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. École Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach d'Alger, Algérie. 151 pp.

**Adeniran O. Y., Fafunso M. A., Adeyemi O., Lawal A. O. A., Ologundudu A., Omonkhu A. A. 2006.** Biochemical effects of pesticides on serum and urinological system of rats. *J Applied Sci.* 6: 668-672.

**Ahmed M., Nasr H. M., 2009.** Dimethoate-induced changes in biochemical parameters of experimental rat serum and its neutralization by black seed (*Nigella sativa*) oil. *Slovak J Anim Sci.* 42:87-94

**Aisa B., Tordera R., Lasheras B., Del Río J. & Ramírez M. J., 2007.** Cognitive impairment associated to HPA axis hyperactivity after maternal separation in rats. *Psychoneuroendocrinology*, 32(3), 256-266.

**Akcha, F., Arzul, G., Rousseau, S., Bardouil, M., 2008.** Comet assay in phytoplankton as biomarker of genotoxic effects of environmental pollution. *Mar. Environ. Res.* 66, 59-61.

**Alain D., 2002.** Guide du traitement des déchets.3 édition. Dunod. Paris.

**Albanis T. A., Hela D. G., Sakellarides T. M., Konstantinou I. K., 1998.** Monitoring of pesticide residues and their metabolites in surface and underground waters of Imathia (N. Greece) by means of solid-phase extraction disks and gas chromatography. *Journal of Chromatography A* **823** : 59-71.

**Allouni R., 2010.** Étude de la toxicité des alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* L. sur les animaux de laboratoire. Mémoire de magister en Biochimie Option: Biochimie Appliqué, *Université Ferhat Abbes - Sétif*, Algérie. pp 61

**Amandeep K. & Meera S., 2014.** Pesticidal Effect of Plant *Peganum harmala* Against Stored Grain Pest *Tribolium Castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). *Indian Journal of Applied Research*, 4(7): 554-555.

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2005.** Technical grade of spirotetramat. A subchronic toxicity testing study in the rat. 201136, MRID: 469045-38, DACO: 4.3.3.

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2006a.** 4-Methoxycyclohexanone, acute fish toxicity. 2006/0032/02, DACO: 9.9.

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2006b.** Acute toxicity of spirotetramat (tech.) to fish (*Lepomis macrochirus*). DOM 24056, MRID: 469044-39, DACO: 9.5.2.2.

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2006c.** Acute toxicity of spirotetramat (tech.) to fish (*Oncorhynchus mykiss*). DOM 24025, MRID: 469044-38, DACO: 9.5.2.1.

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2006d.** Early-life stage toxicity of spirotetramat (tech.) to fish (*Pimephales promelas*). EBFN0305, MRID: 469044-42, DACO: 9.5.3.1

**ARLA (Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire), 2006e.** Spirotetramat ecotoxicological equivalence assessment of the technical specification with the material tested in ecotoxicity studies. M- 274995-01-2, DACO: 2.13.3 CBI.

**ARLA (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire), 2008.** Projet de décision de réévaluation : Trifluraline. Ottawa (Ont.) : Santé Canada, ARLA, Sécurité des produits de consommation. PRVD2008-22, 18 juin 2008. [consulté en juin 2008]. Pour obtenir une copie électronique du document, consultez : [http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/part/consultations/\\_prvd2008-22/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/part/consultations/_prvd2008-22/index-fra.php)

**Astiz M., Alaniz M. J., Marra C. A., 2009.** Effect of pesticides on cell survival in liver and brain rat tissues. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **72**: 2025-2032.

**Atchley D., 2011.** The Time-course of the Effects of Stress on Behavior in Rodents (Doctoral dissertation, Lake Forest College Senior Thesis).7:1-13

**ATSDR., 2001.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Methyl Parathion. Update. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. top. Disclaimer.

**Azzi R & Boumellah O., 2002.** Contribution à l'étude des effets antidiabétiques des saponosides et des glucosides extraits de la coloquinte (*Citrullus colocynthis*) sur des rats Wistar rendus diabétique par la Streptozotocine et la recherche de ses effets antifongiques sur *Fusarium oxysporum*. Mémoire DES en Biochimie. Département de Biologie, Faculté des sciences, Université de Tlemcen.

**Azzi R., 2007.** Contribution à la recherche des effets antidiabétiques des alcaloïdes et glycosides cucurbitacines extraits des graines de coloquinte (*citrullus colocynthis*) chez le rat rendu diabétique par la Streptozotocine. Mémoire de magistère, Université de Tlemcen.

**Azzi R., 2013.** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de Doctorat *Option : Biochimie*, Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen-p : 179.

**Badi A., 2015.** Effets sublétaux d'un régulateur de croissance des insectes, le tébufénozide, sur la communication chimique et la reproduction de *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae). Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 107 pp.

**Banarjee S. P., Dandiya P. C., 1967.** Smooth muscle and cardiovascular pharmacology of alphaelaterin- 2-D-glucopyranoside glycoside of *Citrullus colocynthis*. J. pharm. Sci.; 56 (12): 1665-1667.

**Barrette É., 2006.** *Pesticides et eau souterraine : Prévenir la contamination en milieu agricole*, Direction des politiques en milieu terrestre, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec.

**Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G., 1997.** Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformations et dissipation. *Etud. Gest. Sols* 3/4, 279-295 (Numéro spécial).

**Barth R. H., 1964.** The mating behavior of *Byrsotria fumigata* (Gubrin) (Blattidae, Blaberinae). *Behaviour* 23: 1-30.

**Batanouny K. H., Abou Tabl S., Shabana M et Soliman F., 1999.** Wild medicinal plants in Egypt: An Inventory to Support Conservation and Sustainable Use. Academy of Scientific Research and Technology, Egypt International Union for Conservation (IUCN).

**Battersby S., Hirschhorn B. R. and Amman R. B., 2008.** Commensal rodents. *In* Bonnefoy, X., Kampen, H. et Sweeney, K., *Public health significance of urban pests* (p. 387-419). Copenhagen, World Health Organization. ISBN # 978-92-890-7188-8.

**Beers E. H & Schmidt R. A., 2014.** Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: Lethal and sublethal effects. *Crop Protection*, 56: 16-24.

**Bell J.W., 2013.** Petition for a Three Year Extension of Exclusive Use Data Protection for spirotetramat As Provided for Under FIFRA Section 3 (c) (1) (F) (ii).48PP

**Bell M. R., 2014.** Endocrine-disrupting actions of PCBs on brain development and social and reproductive behaviors. *Curr Opin Pharmacol* 19:134–144.

**Bell W. J., Roth L. M. & Nalepa C. A., 2007.** Cockroaches Ecology, Behavior and Natural History. *JHU Press*. 247 pp.

**Benhissen S., 2016.** Identification, composition et structure des populations Culicidiennes de la région d'Ouled-Djellal (Biskra). Effet des facteurs écologiques sur l'abondance saisonnière. Essais de lutte. Thèse de Doctorat en Ecologie Animale. Université de Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 126 pp.

**Benmara I., Sifi M., Troudi A., Soudani N., Boudawara T., Zeghal N., 2014.** Fenthion, an organophosphorus pesticide, induces alterations in oxydant/antioxydant status and histological disorder in cereberrum and cerebellum suckling rat. *Indian journal of Biochemistry and Biophysic.* **51**: 293-301.

**Benmehdi H., 2000.** Valorisation de certaines plantes médicinales à activité hypoglycémiantes comme la coloquinte. Mémoire de magistère en chimie organique appliquée. Département de chimie faculté des sciences Université Tlemcen.

**Benouadah Z., 2009.** Etude de l'effet de la toxicité du *Datura stramonium* L. sur le rein du rat blanc (*Albinos Wistars*). *Mémoire de Magistère*. Université de Constantine. 79 pp.

**Bensafi Gheraïbia H., 2015.** Evaluation du Spiromesifen, inhibiteur de la synthèse des lipides chez *Drosophila melanogaster* : Aspect toxicologique, biochimique et comportemental. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université de Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 105 pp.

**Benziane C., 2012.** Effet toxique des résidus des pesticides utilisés Sur la flore de la région de Sétif. Thèse présenté pour l'obtenir diplôme de doctorat.

**Bhushan B., Saxena N., Saxena P. N., 2010.** Beta-Cyfluthrin induced histochemical alterations in the liver of the albino rats. *Scand J Lab Anim Sci* 37: 61-66.

**Bismuth C., Baud F., Conse F., Fréjaville P.P., Garnier R., 1987.** Toxicologie clinique. Flammarion Médecine Sciences, Paris, 956p.

**Blaire A. M., Walker A. and Welch S. J., 1990.** Measurement and prediction of isoproturon movement and persistence in three soils. *Crop Protection*, **9**: 289-294.

**Blomquist G. J., Jurenka R., Schal C. & Tittiger C., 2005.** Biochemistry and molecular biology of pheromone production. In: *Comprehensive Molecular Insect Science*, Gilbert L.I., Iatrou K. & Gill S.K. (Eds), Elsevier-Pergamon, Oxford, UK, 3:705-751.

**Bonan H et Prime J. L., 2001.** Rapport sur la présence de pesticide dans les eaux de consommation humaine en Guadeloupe. Ministère de l'aménagement et du territoire et de l'environnement, 138 pp.

**Bonnefoy X., Kampen H. & Sweeney K., 2008.** Les nuisibles urbains et leur impact sur la Santé Publique. Chartered Institute of Environmental Health. 48 pp.

**Bostanian N. J., Thistlewood H. A., Hardman J. M., Laurin M. C & Racette G., 2009a.** Effect of seven new orchard pesticides on *Galendromus occidentalis* in laboratory studies. *Pest Management Science* **65**, 635–639.

**Bouchahdene S., 2009.** Evaluation de la toxicité de *Daruta innoxia* M. chez des rats femelles wistar. Mémoire de magister en Biochimie, *Université Badji Mokhtar Annaba*, Algérie, 61p.

**Boutaleb-Joutei A., 2010.** Synthesis of research results on the use of some original biopesticides on crops of economic importance in Morocco. Proceeding of the Seventh Congress of the Moroccan Association for the Protection of Plants. Rabat, Morocco. 2: 377-389.

**Bouziyani M., 2007.** La pollution des eaux par les pesticides, une préoccupation pour les chercheurs algériens. *Journée scientifique de l'ACEDD*, Oran.

**Brkić V. D., Vitorović S. L., Gašić S. M., Nešković N. K., 2008.** Carbofuran in water: Subchronic toxicity to rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. **25**: 334-341.

**Bruck E., Elbert A., Fischer R., Krueger S., Kuhnhold J., Klueken A. M., Ralf N., Jean-Francois N., Udo R., Hans-Juren S., Robert S., Xavier V. W., 2009.** Movento, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture; biological profile and field performance. *Crops Protection*, **28**: 838-844.

**Bruneton J., 1996.** Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. *Edition Lavoisier*, Paris. 529 pp.

**Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.

**Buckley N. A, Eddleston M., Li Y., Bevan M., Robertson J., Oximes., 2011.** for acute organophosphate pesticide poisoning. *Cochrane SystRev* ; 16 :85-50.

**Bulliot C., 2004.** Le stress chez les NAC. *L'auxiliaire vétérinaire* 3 :22 – 24.

**Burger J., Mol F., Gerowitt B., 2008.** The necessary extent of pesticide use Thoughts about key term in German pesticide policy. *Crop Prot.* **27** :343-351.

**Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M. P. and Coquet Y., 2005.** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. Edition France Agricole, Paris, 637 p.

**Camard J. P., Magdelaine C., 2010.** Produits phytosanitaires risques pour l'environnement et la santé: connaissances des usages en zone non agricole. Institut d'aménagement et d'urbanisme, Observatoire regional de santé d'île-de-France (IAU/ORS). 58p.

**Cantrell C. L., Dayan F. E., Duke S. O., 2012.** Natural products as sources for new pesticides. *J. Nat. Prod.* 75: 1231–1242.

**Carminé I. A., Cristiane L., Marina P., Cristina W. O., 2009.** Antidepressant-like effect of diphenyl diselenide on rats exposed to malathion: Involvement of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase activity. *Neurosciences Letters*, 455 : 168–172.

**Carter I., 1997.** Plantes protectrices pastèque sauvage. *Revue Pas à Pas Tear Fund* (Angleterre). **32** : 9. 19.

**Chabaud M. A., Devaud J. M., Pham-Delègue M. H., Preat T., Kaiser L., 2006.** Olfactory conditioning of proboscis activity in *Drosophila melanogaster*. *J. Comp. Physiol. A* 192, 1335-1348

**Charnot A., 1945.** La toxicologie au Maroc. Mémoire de la Soc. Sci. Nat. Du Maroc, Rabat, n° XLVII. p82.

- Chelabi M., 2009.** Des pesticides dans vos assiettes. Le Quotidien d'Oran.
- Chialir M., 1973.** Contribution à la naissance de la pharmacopée traditionnelle algérienne ; thèse de doctorat d'état en pharmacie. 151p
- Chopard L., 1951.** Orthoptéroïdes. Faune de France 56. *Office central de faunistique.* 358 p.
- Chopra C., Abrol b. K. et Handa K. L., 1960.-** Les plantes médicinales 139 des régions arides considérées surtout du point de vue botanique: liere partie. Recherche sur les zones arides XIII. Ed. UNESCO, Rome, 97 p.
- Cietap., 2003.** Guides produits phytosanitaires, réglementation et bonnes pratiques. Phytoma-la défense des végétaux, 560. P 13-42.3.
- Cissé I., Fall S.T., Akinbamijo O., Diop Y., M. B., Adediran S. A., 2001.** L'utilisation des pesticides et leurs incidences sur la contamination des nappes phréatiques et les risques sur la santé des populations dans la zone des Niayes au Sénégal. CRDI (Ottawa, Canada), 98 p.
- Clark D. C. & Haynes K. F., 1992 a.** Sublethal effects of cypermethrin on chemical communication, courtship and oviposition in the cabbage looper (Lepidoptera : Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 1771-1778.
- Clark D. C. & Haynes K. F., 1992 b.** Sublethal effects of chlordimeform on chemical communication and other reproductive behaviors in the female cabbage looper moth (Lepidoptera : Noctuidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 19: 105-117.
- Cloarec A., Rivault C., Fontaine F. & Le Guyader A., 1992.** Cockroaches as carrier of bacteria in multi-family dwelling. *Epidemiol. Infect.* 109: 483-490.
- Clynen E., Ciudad L., Bellés X. & Piulachs M. D., 2011.** Conservation of fruitless role as master regulator of male courtship behaviour from cockroaches to flies. *Dev. Genes. Evol.*, 221: 43-48.
- Cochan D. C., 1982.** Cockroaches. Biology and control. *Vector biology and control* n° 82856. *World Health Organization, Geneva.*

**Cornwell P. B., 1968.** The cockroach, A laboratory insect and an industrial pest. *London, Hutchinson*, 1: 116.

**Corrigan M. R., 2001.** *Rodent control: A practical guide for pest management professionals*. Moreland, D. édition, Cleveland, GIE Media, 355 p. (Collection Pest control technology).

**Costa L. G., Aschner M., Vitalone A., Syversen T., Soldin O. P., 2004.** Developmental neuropathology of environmental agents. *Annual Review Pharmacology and Toxicology* 44: 87-110.

**Costa L. G., Giordano G., Guizzetti M., Vitalone A., 2008.** Neurotoxicity of pesticides: a brief review. *Frontiers in Bioscience* 13: 1240-1249.

**Darriet F., 1998.-** La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies, Khartala- orstom, Paris. 91p.

**Das B. K., Mukherjee S. C., 2003.** Toxicity of cypermethrin in *Labeo rohita* fingerlings: biochemical, enzymatic and haematological consequences. *Comp. Biochem. Phys.*, v.134, p.109-121.

**Debuigne., 1984.** Larousse des plantes qui guérissent.

**Dehghani F et Panjehshahin M. R., 2006.** The toxic effect of alcoholic extract of *Citrullus colocynthis* on rat liver. *Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics*; 5: 117-119.

**Derbalah A. S., 2009.** Chemical remediation of carbofuran insecticide in aquatic system by advanced oxidation processes. *J. Agric. Res. Kafir El-Sheikh Univ.* 35: 308-327.

**Desneux N., Decourtye A. & Delpuech J.M., 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol*, 52: 81-106.

**Deviller J., Farret R., Girardin P., Rivière J-L. and Soulas G., 2005.** Indicateurs pour l'évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Paris, Ed. Lavoisier, 278p.

**Dewaillye E et al., 2000.** Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorine. *Env. Health Perspect*, 108 (3) 205-211: [www.ehponline.org](http://www.ehponline.org).

**DeZazzo J. & Tully T., 1995.** Dissection of memory formation: from behavioral pharmacology to molecular genetics. *Trends Neurosci*, 18: 212-218.

**Dhadialla T. S., Retnakaran A. & Smagghe G., 2005.** Insect growth- and developmental disturbing insecticides, in: *Gilbert LI, Iatrou K, Gill SK (eds.), Comprehensive Molecular Insect Science, Elsevier, Oxford*. Vol.6:55-116.

**Diker D., Markovitz D., Rothman M., Sendovski U., 2007.** Coma as a presenting sign of *Datura stramonium* seed tea poisoning. *European Journal of Internal Medicine* 18, 336–338.

**Dinan T. G., O'brien S., Lavelle E., Scott L.V., 2004.** Further neuroendocrine evidence of enhanced vasopressin vc receptor responses in melancholic depression. *Psychol Med*, vol. 34(1): 169-172.

**Donadio C., Lucchesi A., Tramonti G., Bianchi C., 1997.** Créatinine clearance predicted from body cell mass is a good indicator of renal function, kidney. *Inter Suppl* . 63: 166–8.

**Dudley K. J., Li X., Kobor M. S., Kippin T. E., Bredy T. W., 2011.** Epigenetic mechanisms mediating vulnerability and resilience to psychiatric disorders. *Neuroscience Biobehavioral, Review*. **35** : 1544–1551.

**Duke J. A., 1978.** The quest for tolerant germplasm. In: ASA Special Symposium 32, Crop tolerance to suboptimal land conditions. *Am. Soc. Agron. Madison. WI*: 1-61.

**Durier V. & Rivault C., 2003.** Amelioration in German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) le contrôle de la population par la distribution fragmentée de gel appâts. *Journal of Economic Entomology*, 96 : 1254-1258.

**Eigenberg D. A., 2004a.** An acute oral LD50 study in the rat with BYI 08330. Unpublished report No. 200398, edition No. M-069299-01-1, dated 6 May 2004, from Bayer CropScience LP, Research Triangle Park, North Carolina, USA. Submitted to WHO by Bayer CropScience, Germany.

**Einat H., Belmaker R. H., Zangen A., Overstreet D. H., Yadid G., 2002.** Chronic inositol treatment reduces depression-like immobility of Flinders sensitive line rats in the forced swim test. *Depression and Anxiety* 15: 148.

**El Bah D., 2017.** Etude de deux modèles d'insectes nuisibles coloniaux des milieux urbains : *Blattella germanica* (L.) et *Drosophila melanogaster* : Aspect toxicologique et comportemental. Thèse de Doctorat en Neurosciences. Université de Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 145 pp.

**El Fazaa S., Gharbi N., Kamoun A. & Somody L., 2000.** Vasopressin and A1 noradrenaline turnover during food or water deprivation in the rat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 126(2), 129-137.

**El Feki A., Gribaa S., Gharbi Lasseram N. et Kammoun A., 1981:** « Taux de catabolisme hépatique de la corticostérone chez les rats soumis à diverses agressions », *J. Physiol. (Paris)* 77 17A.

**El Hage C., 2012.** L'anxiété liée au sevrage à la cocaïne. Etude comportementale et neuroanatomique. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard- Lyon 1. 150 P 48-52.

**El Wasfi A., 1994.** pharmacological Studies on *Citrullus colocynthis*. *Journal of Herbs, Specie and Medicinal Plants*. 2(2):65-79

**El Zoghbi et Sitohy M. Z., 2001.** Mineral absorption by albinos rats as affected by some types of dietary pectin with different degrees of esterification. *Nahrung/Food* 45: 114-117

**Elawad A., Abdel Bari E. M., Mmehmoud O. M., Adam S. E., 1984.** The Effect of *Citrullus colocynthis* on Sheep. *Vet. Hum. Toxicol.* 26: 481 -485.

**El-Demerdash F. M., Dewer Y., Elmazoudy R. H., Attia A. A., 2013.** Kidney antioxidant status, biochemical parameters and histopathological changes induced by methomyl in CD-1 mice. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 65: 897-901.

**El Heni J., Messaoudi I., Hamouda F., Kerkeni A. 2008.** Protective effects of selenium (Se) and zinc (Zn) on cadmium (Cd) toxicity in the liver and kidney of the rat: Histology and Cd accumulation. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 3522– 3527.

**Eleftherohorinos G. I., 2008.** Weed science: Weeds, Herbicides, Environement and methods of Weed Management. Greece : Agro Typos : Athens.

**El-Fakharany I. I., Massoud A. H., Derbalah A. S., Saad Allah M. S., 2011.** Toxicological effects of methomyl and remediation technologies of its residues in an aquatic system. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. **3(13)**: 332-339.

**Elie M. P., 1998.** Blattes : Une vie cachée. *Magazine Québec science*. 40 pp.

**El-Sayed N. M. A., Donelson J. E., 1997.** African trypanosomes have differentially expressed genes encoding homologues of the Leishmania GP63 surface protease. *J. Biol. Chem.* **272**: 26742-26748.

**Elizalde N., Gil-Bea F. J., Ramirez M. J., Aisa B., 2008.** Long-lasting behavioral effects and recognition memory deficit induced by chronic mild stress in mice: effect of antidepressant treatment. *Psychopharmacology*. **199(1)**:1-14.

**Ellman G.L., Courtney K.D., ANDRES V., Featherstone R.M. (1961).** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*. **7**: 88-95.

**Emans H. J. B., Beek M. A., Linders J. B. H. J., 1992.** Evaluation system for pesticides (ESPE) 1. Agricultural pesticides. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), report n0679101 004, Bilthoven, Pays-Bas. pp 83.

**Erku W., Gebre-Michael T. & Ashenafi M., 2006.** Cockroaches associated food-borne bacterial pathogens from some hospitals and restaurants in Addis Ababa, Ethiopia : Distribution and antibiograms. *Journal of Rural and Tropical Public Health*. James cook University, Australia. 8 pp.

**Espejo E. F., 1997.** Structure of the mouse behavior on the elevated plus maze test of anxiety. *Behavior brain Research*. **86**: 105-112.

**Fabricio L. A., Kênia D. Z., Patr´icia S., Brocardo P. P., Ana L. S., Reinaldo N. Ti., 2005.** Behavioral effects and ChE measures after acute and repeated administration of malathion in rats, *Environmental Toxicology Pharmacology* **20**: 443–449.

- Fabricius J. C., 1798.** Supplementum Entomologiae Systematicae. Hafniae 185 p.
- Fahimeh A., Shahnaz S. N., Kamran M. & Guy S., 2016.** Lethal and sublethal effects of spirotetramat and abamectin on predatory beetles (*Menochilus sexmaculatus*) via prey (*Agonoscena pistaciae*) exposure, important for integrated pest management in pistachio orchards. *Belg. J. Zool.*, 146 (2) : 113–122.
- Fakoorziba M. R., Eghbal F., Hassanzadeh J. & Moemenbellah-Fard M. D., 2010.** Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential vectors of the pathogenic bacteria found in nosocomial infections. *Ann. Trop. Med. Parasitol*, 104(6): 521-8.
- Farine J. P., Le Quéré J. L., Duffy J., Sémon E., Brossut R., 1993.** 4-Hydroxy-5-methyl-3- (2H)-furanone and 4-hydroxy-2, 5-dimethyl- 3-(2H)-furanone, two components of the male sex pheromone of *Eurycotis floridana* (Blattidae). *Biosci. Biotech. Biochem.* 57: 2026-2030.
- Fayez V., Bahig M., 1991.** Short term toxicity of methomyl in rats. *Chemosphere.* 23(3):375-381.
- Feig D. I., Mazzali M., Kang D. H., Nakagawa T., Price K., Kannelis J., 2006.** Serum uric acid: a risk factor and a target for treatment? *Journal of the American Society of Nephrology.* 17: S 69-73.
- Feng AYT., Himsworth C., 2013.** The secret life of the city rats: a review of ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *rattus rattus*) Urban ecosystem DOI 10.1007/s11252-013-0305-4.
- Fetoui H., Makni M., Garoui E.M., Zeghal N., 2010.** Toxic effects of lambda-cyhalothrin, a synthetic pyrethroids pesticide, on the rat kidney: involvement of oxidative stress and protective role of ascorbic acid. *Experimental and Toxicologic Pathology.* 62: 593-599.
- Finco D. R., 1997.** Kidney function. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruce, M.L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals.* Academic press, San Diego, California. 462- 478.
- Finney D. J., 1971.** Probits analysis. 3<sup>rd</sup> ed, *Cambridge University Press*, London.

**Floyd J. P. & Crowder L. A., 1981.** Sublethal effects of permethrin on pheromone response and mating of male pink bollworm moths. *Journal of Economic Entomology*, 74: 634-638.

**Fotedar R., Shriniwa S. & Banerjee U., 1991.** Nosocomial infections : cockroaches as possible vectors of drug-resistant *Klebsiella*. *The Journal of Hospital Infection*, 18(2): 155-159.

**Frank C. L. U., 1992.** Toxicologie, Données générales procédures d'évaluation, organes cibles, évaluation du risque. Paris pp 73- 202.

**Fritze J., 1993.** The adrenergic–cholinergic imbalance hypothesis of depression: a review and a perspective, *Reviews in Neurosciences* 41: 63–93.

**Gabner G., 2002.** *Rats*. 2ème éd. Paris : Les Editions Eugen Ulmer, 48 p.

**Gad M. M. S., Mohammad Y. S., Mohammad T. G. M., 2013.** Acute and Repeated-Doses (28 Days) Toxicity of Thymol Formulation in Male Albino Rats. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 7(10): 594-601, ISSN 1991-8178.

**Gálvez Contreras M.D., López Gallardo A., Diez Garcia F., 1996.** L'intoxication coloquantide, une cause rare de syndrome diarrhéique aigu. *Med Clin (Barc)* 106 (15): 599.

**Gamlath B., Gunatilaka A. A., Alvi A., Raman A. and Balasubramaniam S., 1988.** Cucurbitacins of *Colocynthis vulgaris*. *Phytochemistry*, vol. 27 (10): 3225-3229.

**Garfield E., 1990.** The cockroach connection. Ancient, seemingly indestructible *Pest. Part 2. Population control. Current comments*.46: 5-13.

**Garg D. P., Bhalla P., Kiran R., Bansal A. K., Dhawan D. K., 2009a.** Vitamin E-mediated protection in methomyl induced alterations in rat liver. *Toxicological and Environmental Chemistry*. **91(4)**: 685-698.

**Garoui E. M., Fetoui H., Ayadi Makni F., Boudawara T., Zeghal N., Cobalt., 2011.** Chloride induces hepatotoxicity in adult rats and their suckling pups. *Experimental and Toxicologic Pathology*. P 9-15.

**Gemeno C. & Schal C., 2004.** Sex pheromones of cockroaches. In: Cardé R.T. & Miller J.G., (eds), *Advances in insect chemical ecology*, chapter 6. Cambridge University Press, New York, NY. 179-247 pp.

**Ghedjati., 2014.** Toxicité aigüe et subaigüe des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du *Datura stramonium*. Mémoire de magister en Biologie Option: Biochimie : Toxicologie, Environnement et Santé. *Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algerie*, 63 p.

**Gidado A., Zaineb A. A., Hadiza M. U., Serah D. P., Anas H. Y., Milala M. A., 2007.** Toxicity studies of ethanol extract of the leaves of *Datura stramonium* in rats. *African journal of biotechnology*.vol. 6 (8), pp 1012-1015.

**Giroux I., 2004.** *La présence de pesticides dans l'eau en milieu agricole au Québec*. Ministère de l'Environnement du Québec, 40.

**Gome M. B., Kouakou K., Toure A., Traore F., 2011.** Étude de la toxicité aiguë et subchronique de l'extrait aqueux de *Passiflora foetida* Linn. (Passifloraceae) chez les rats et les souris. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(5): 1777-1789.

**Gordon D. G., 1996.** The compleat cockroach : a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. Creature on Earth. *Ten speed pressm Berkely*. 178 pp.

**Gordon L. R., Wise L. D. and Vonderfecht S. L., 1987:** «Single generation study in rats with the Delta-8,9-isomer of abamectingénération (avermectin B 1 ) ». No. 87-716-0. Étude n ° 87-716-0, Unpublished report prepared, West Point, Pennsylvanie, États-Unis, Soumis à l'OMS par MSDRL, Three Bridges, NJ, Etats-Unis.

**Grandcolas P., 1996 .** The phylogeny of cockroach. Families a cladistic appraisal of morpho-anatomical data. *Canadian journal of Zoology*, 74 : 508-527.

**Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de santé. *Bureau regionalde l'europe*. 24 pp.

**Grandcolas P., 2000.** Description d'une nouvelle espèce de *Deropeltis* (Dictyoptera, Blattaria, Blattidae) et intérêt phylogénétique de la forme des paraproctes femelles chez les blattes. *Zoosystema*. 22 (4): 807-813.

**Grethead P. J., Kooyman C., Launois-Luong M. H. & Popov G. B., 1994.** Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Collection Acridologie Opérationnelle, n°8. Ed. Cirad-Gerdar-Prifa, Montpellier. 147 pp.

**Gropeaux J. C., 1994.** Comportement sexuel de *Diploptera punctata* (Dictyoptera, Blaberidae) : Approche éthologique. Mémoire de diplôme d'études approfondies de Biologie. Université Paris XIII. 18 p.

**Guedri K., 2014.** Etude des perturbations neuro-biologiques et comportementales chez un modèle animal gonadectomisé. *Thèse Doctorat en Biologie et physiologie Animale. Université d'Annaba, Algérie.* 87 p.

**Guerrier & Noiret., 1991.** Cockroach allergy in children: Clinical/laboratory and environmental characteristics. *Revue Française d'Allergie et d'Immunologie Clinique* 31 (3):153-156.

**Guillaumin M., Renoux J., Stockman R., 1969 .** La blatte : *Blabera fusca* Br. Edition Doin 1. Paris. Vol I : 67 pp.

**Habbachi W., 2009.** Étude de deux espèces de Blattellidae *Loboptera decipiens* & *Blattella germanica* (L.) : Reproduction et Comportement Sexuel. Mémoire de magister en Biologie et physiologie environnementale Option: Éco-Éthologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 88 p.

**Habbachi W., 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. *Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba, Algérie.* 170 p.

**Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M. L., Farine J. P. & Bairi A., 2014.** Toxicity of aqueous extracts from Mediterranean plants on *Culex pipens* (Mosquitoes). Case of *Daphne gnidium* (Thymelaeaceae) and *Peganum harmala* (Zygophyllaceae). *J. Wulfenia*, 21(12): 244-252.

**Habbachi W., Bensafi H., Adjami Y., Ouakid M. L., Farine J. P. & Everaerts C., 2010.** Spinosad Affects Chemical Communication in the German Cockroach, *Blattella germanica* (L.). *J. Chem. Ecol*, 35(12): 1384-1410.

**Habes D., 2006 .** Evaluation d'un insecticide inorganique, l'Acide Borique à l'égard d'un modèle à intérêt médicale (*Blattella germanica*) : Inventaire, Toxicité, Analyse des résidus, structure de l'intestin et activités enzymatiques. Thèse de Doctorat. Université de Annaba (Algérie). 121 p.

**Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Soltani N., 2001.** Toxicity of boric acid to *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) and analysis of residues in several organs. Med. Fac.Landouww. Univ.Ghent. 66(2):525-534.

**Habes D., Morakchi S., Aribi N., Farine J. P. & Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica*: alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione Stransferase activity. *Pestic. Biochem. Physiol.* 84:17-24.

**Hales R. A. & Breed M. D., 1983.** Female calling and reproductive behavior in the brown banded cockroach, *Supella longipalpa* (F.) (Orthoptera : Blattellidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer*, 76: 239-241.

**Hall C. S., 1938.** The inheritance of emotionality. *Sigma Xi Q.* 26: 17-27.

**Hall J. C., 1994.** The mating of a fly. *Science*, 264(5166): 1702-714.

**Hallegue D., Ben Rhouma K., Tbourbi O., Sakly M., 2003.** Impairment of Testicular Endocrine and Exocrine Functions after Dieldrin Exposure in Adult Rats. *Pol J Environ Stud*;12(5): 557-561.

**Haloui M., 2014.** Etude du dysfonctionnement neurobiologique et physiologique suite au stress de contention chez les rattes Wistar et leur progéniture. Thèse de doctorat, universite badji-mokhtar-annaba, 91p (8, 24).

**Hasch J. J. & Zumofen M., 1999.** Notions d'hygiène hospitalière. 210 p.

**Haynes K. F., 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Ann. Rev. Entomol*, 33: 149-168.

**Hemingway J., Hawkes N. J., McCarroll L., Ranson H., 2004.** The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 34, 653–665.

**Hermanowicz A., Nawarska Z., Borys D., & Maslankiewicz A., 1982.** The neutrophil function and infectious diseases in workers occupationally exposed to organochloride insecticides. *Int Arch Occup Environ Health*, 50(4), 329-340.

**Himsworth C. G., Bidulka J., Parsons K. L., Feng A. Y. T., Tang P., Jardine C. M., Kerr T., Mak S., Robinson J. and Patrick D. M., 2013c.** Ecology of *Leptospira interrogans* in Norway Rats (*Rattus norvegicus*) in an Inner-City Neighborhood of Vancouver, Canada. *PLoS Negl Trop Dis* 7, e2270.

**Himsworth C. G., Jardine C. M., Parsons K. L., Feng A. Y. T. and Patrick D. M., 2014c.** The characteristics of wild rat (*Rattus* spp.) populations from an inner-city neighborhood with a focus on factors critical to the understanding of rat-associated zoonoses. *PloS One* 9, e91654.

**Hirunpanich V., Utaipat A., Morales N. P., Bunyaphatsara N., Sato H., Herunsale A., Suthisisang C., 2006.** Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extracts from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. *J Ethnopharmacol.* 103(2):252–260.

**Horowitz A. R. & Ishaaya I., 2002.** Biorational insecticides-mechanisms, selectivity and importance in pest management. *Insect pest management, field and protected crops.* 28 p.

**Idrissi Hassani L. M., 2000.** Contribution à l'étude phytochimique du harmel *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Thèse Doctorat d'Etat, Université Ibn Zohr, Agadir*, 214 p.

**Idrissi Hassani L. M. & Hermas J., 2008.** Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, 19: 71-84.

**Idrissi Hassani L. M., Ould Ahmedou M. A. Chihrane J. & Bouaichi A., 1998.** Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* L. sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Ethnopharmacologia*, 23: 26-41.

**IRAC., 2008.** Resistance Management for Sustainable Agriculture and Improved Public Health. The insecticide resistance committee website.

**Irinislimane H., 2007.** Etude de l'adsorption d'un pesticide sur des matériaux de récupération (sciure de bois et chutes de liège). Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Alger, 59 p.

**Isabel G., Pascual A. & Preat T., 2004.** Exclusive consolidated memory phases in *Drosophila*. *Science*, 304: 1024-1027.

**Ishaaya I., Horowitz A. R., 1998.** Insecticides with novel mode of actions: overview. In: Ishaaya I. and Degheel D. (Eds). Insecticides with novel mode of action mechanisms and application. Springer. Berlin Heidelberg New York. 1-24.

**Jacobs S., 2013.** German cockroaches. The Pennsylvania State University. Disponible sur <http://ento.psu.edu/extension/factsheets/german-cockroaches>.

**Jain N., Srivastava P., Joshi SC., 2013.** Testicular Dysfunction in Male Rat Following Endosulfan Exposure. *Int J Pharm Sci Rev Res*. 19 (2):108-113.

**John U. et Cincinnati O., 1898.** *Citrullus colocynthis*. Reprinted from the Western druggist. Chicago.

**Joly D., 2006.** La drosophile : Un insecte au service de la science. *Insectes*, 128(1): 25-29.

**Jothy S. L., Zakaria Z., Chen Y., Lau Y. L., Latha L.Y and Sasidharan S., 2011.** Acute oral toxicity of methanolic seed extract of *Cassia fistula* in mice. *Molecules* 16(6): 5268-5282.

**Kadota T., Okuna K. H. and Mtyamoto J., 1976.** Mammalian toxicological study of permethin, 3 phenoxy benzyl ( $\pm$ ) astrans -2, 2- dimethyl-3-(2, 2 dichlorovinyl) - cyclopropane -1- carboxylate. *Botyukgoku*, 41: 143-151.

**Karami-Mohajeri S., Abdollahi M., (2011).** Toxic influence of organophosphate, carbamate, and organochlorine pesticides on cellular metabolism of lipids, proteins, and carbohydrates : a systematic review. *Hum. Exp. Toxicol*. 30 :1119-1140.

**Karlson P. & Lüscher M., 1959.** Pheromones : A new term for a class biologically active substances. *Nature*, 183: 55-56.

**Karmakar R., Bhatta Acharya R., Chatterjee M., 2000.** Biochemicale, haemtological and histopathologicale study in relations to time-related cadium-induced hepatotoxicity in mice. *Biometales*. **13**(3) :231-239.

**Kemassi A., Boual Z., Lebbouz I., Daddi Bouhoun M., Saker M. L., Ould ElHadj-Khelil A. & Ould El Hadj M. D., 2012.** Étude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). *Lebanese Science Journal*, **13**(2): 81-97. **Khan D. A., Bhatti M. M., Khan F. A., Naqvi S.T., Karam A., 2008.** Adverse effects of pesticides residues on biochemical markers in Pakistani tobacco farmers. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. **1**: 274-282.

**Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J. P., Smagghe G. & Soltani N., 2009.** Halofenozide affects sexual behavior, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool*, **139**, 147-155.

**Kirby L. G. et Lucki I., 1997.** Interaction between the forced swimming test and fluoxetine treatment on extracellular 5-hydroxytryptamine and 5-hydroxyindoleacetic acid in the rat, *Journal Pharmacology Experimental Therapeutic* **282**(2): 967-976.

**Krishnamurthy B., Nauri S., Kota M. K., Krishna Rao R. V., Koteswara Rao N., Annapurna A., 2004.** Evaluation of hypoglycemic and antihyperglycemic effects of *Datura metel* (Linn) seeds in normal and alloxan-induced diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.* **91**:95-98.

**Kumar S., Kumar D., Manjusha, Saroha K., Singh N., Vashishta B., 2008.** Antioxidant and free radical scavenging potential of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. methanolic fruit extract. *Acta Pharm.*; **58** (2): 215-220.

**Lacey L. A. & Orr B. K., 1994.**The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. *Amer. J. Trop. Med.Hyg.* **50**(6): 97-115.

**Lamara-Mahammed S., 2005.** Dégradation du Thrichloro-1,1,1 Bis-(P-Chlorophenyl)-2,2 Ethane (DDT) périmé par voie chimique. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Alger, 56 p.

**Latreche A., 2014.** Effets du stress prénatal au toluène sur le développement de la progéniture des rats Wistar: Aspect neuro comportemental et physiologique. Thèse de doctorat es sciences, *Université d'Annaba*, Algérie. pp 90.

**Le Guyader A., Rivault C. & Chaperon J., 1989.** Microbial organisms carried by brownbanded cockroaches in relation to their spatial distribution in a hospital. *Epidemiology and Infection*. 102: 485-492.

**Lee C.Y., Yap H. H. & Chong N. L., 1998.** Sublethal effects of deltamethrin and propoxur on longevity and reproduction of German cockroaches, *Blattella germanica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89: 137-145.

**Lefebvre M., N. J., Bostanian G., Racette H., Thistlewood et Mauffette Y., 2010.** « A laboratory assessment of the toxic attributes of six 'reduced risk insecticides' on *Galendromus occidentalis* (Acari : Phytoseiidae) ».

**Legendre F., 2007.** Phylogénie et évolution du comportement social chez les Blattes et les termites. Thèse de Doctorat en Sciences de la Vie. *Université Pierre et Marie Curie – Paris VI*; 394 p.

**Leonardo E. D. & Hen R., 2008.** Anxiety as a developmental disorder. *Neuro psycho pharmacology* 33: 134-140.

**Liang D. & Shall C., 1993.** Ultrastructure and maturation of a sex pheromone gland in the female German cockroach, *Blattella germanica*. *Tissue & Cell*, 25: 763-776.

**Lihoreau M., Zimmer C. & Rivault C., 2008.** Mutual mate choice : when it pays both sexes to avoid inbreeding. *PLoS ONE*, 3(10): 1-7.

**Linnaeus C., 1767.** Systema naturae, Tom I. Parts II. *Edition Duodecima*. Reformata. Holmiae. (Laurentii Salvii). 533-1327 pp.

**Linnaeus C., 1758.** Tomus I. Syst. Nat. Ed. 10 Holmiae, laurentii Salvii. 1-4, 824p.

**Lister R. G., 1987.** The use of a plus-maze to measure anxiety in the mouse. *Psychopharmacology*. **92**: 180-185.

**Louat, F., 2013.** Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Doctoral thesis, University of Orleans. 224 p.

**Louchahi M. R., 2015.** Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture dans la région centre de l'algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation. Mémoire de magister Ecole Doctorale : Amélioration des Productions Végétales et des Ressources Génétiques ED-APVRG, Ecole nationale supérieure d'agronomie, 111p.

**Lürning M. & Scheffer M., 2007.** Info-disruption : pollution and transfer of chemical information between organisms. *Trends. Ecol. Evol*, 22: 37-49.

**Maccari S. & Morley-Fletcher S., 2007.** Effects of prenatal restraint stress on the hypothalamus-pituitary-adrenal axis and related behavioural and neurobiological alterations. *Psychoneuroendocrinology*, 32, S10-S15.

**MacFarlane E., Benke G., Del Monaco A., Sim M. R., 2010.** Causes of death and incidence of cancer in a cohort of Australian pesticide-exposed workers. *Ann Epidemiol*; 20: 273-280.

**Maeda K. I., Ohkura S., Tsukamura H., 2000.** Physiology of Reproduction. *In* : Krinke G. J, editor. *The Laboratory Rat*. 1<sup>st</sup> ed. London : Academic Press, 145- 174.

**Maha A. E., Hebatalla I. A., Engy M. E., 2013.** Melatonin Protects Against Diazinon- Induced Neurobehavioral Changes in Rats. *Neurochemistry Research* 38:2227–2236

**Mahdeb N., 2002.** Etudes toxiques du *Datura stramonium* L. Effet de l'extrait des feuilles sur le cerveau et le foie des rats. Mémoire de Magistère. Université Farhat Abbas Sétif.

**Mahdeb N., Bouzidi A., Kara N., Benouadah Z., Soufane S., 2012.** Acute and sub-acute toxicity studies of alkaloids of seeds and synthetic alkaloids of *Datura stramonium* in female rats. *Pharmacologia* 3 (11): 598 – 604.

**Mahjob M., Nejati J. & Keyhani A., 2010.** Evaluation of bacterial infection of external surface and digestive system of cockroach species. *Hormozgan Med J*, 14(1): 80-86.

**Mahmoud M. F., El-Bahrawy A. F., El-Sharabasy H. M., El-Badry Y. S. & El-Kady G. A., 2013.** Ecological investigation, density, infestation rate and control

strategy of German cockroach, *Blattellagermanica* (L.) in two hospitals in Ismailia, Egypt. *Arthropods*. 2(4): 216-224

**Maiza A., Rehamnia F., Bensbaa F., Kilani-Morakchi S. & Aribi N., 2011.** Activité d'un biopesticide, le spinosad chez *Blattella germanica* : effets sur divers biomarqueurs (LDH, GSH, MDA). *Bull. Soc. Zool. Fr.* 136.

**Makino M, Kitano Y, Komiyama C, Hirohashi M, Takasuna K., 2000.** Involvement of central opioid systems in human interferon $\alpha$  induced immobility in the mouse forced swimming test. *British Journal Pharmacology* 130: 1269.

**Makrides C., Koukouvas M., Achillews G., Tsikkos S., Vounou E., Symeonides M., Christodoulides P., Ioannides M., 2005.** Methomyl-induced severe acute pancreatitis: possible etiological association. *Journal of Pancreas*. 6(2): 166-171.

**Malcom D., 1970.** The effects of lead on the kidney. *Trans. Soc occup. Med.* 20:50-53.

**Mamun M. A. A., Illa I. J., Haque K. M. F., Ferdousi Z., 2014.** Histological study of the effects of cypermethrin on liver and kidney tissues of mice model. *IOS Journal of Pharmacy and Biological Science*. 9: 121-128.

**Mansour S. A., Mossa A.T. H., Heikal T. M., 2009.** Effects of methomyl on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat erythrocytes: *In vitro* studies. *Toxicol. Indust. Health*. 25(8): 557-563.

**Maryono J., 2008.** Direct and indirect impacts of integrated pest management on pesticides use : A case of rice agriculture in Java, Indonesia. *Pest Manag Sci.* ; 64 : 1069-107

**Masna F., 2016.** Inventaire de la faune Blattoptère urbaine et forestière dans la région aride de Laghouat. Caractérisation des principales espèces nuisibles et essais de lutte. Thèse de Doctorat en Ecologie Animale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 94 pp.

**Masna F., Habbachi W., Ouakid M.L. & Bairi A., 2015.** Azadirachtin affects mortality and sexual behavior in German cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera : Blattellidae). *Kasmera*, 43(2): 66-75.

**Masson C. & Brossut R., 1981.** La communication chimique chez les insectes. *La recherche*, 121: 406-416.

**Maus C., 2008.** « Ecotoxicological profile of the insecticide spirotetramat ». Bayer CropSci 1. vol. 61, no. 2, p. 159-180.

**Medjdoub A., 2013.** Evaluation des effets métaboliques d'un gavage par les pesticides (Mancozèbe, Métribuzine) chez le rat Wistar. Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen.

**Mehaoua M. S., 2014.** Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie. 109 pp.

**Mehri M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 140 p.

**Merabti I., 2016.** Identification, composition et structure des populations Culicidiennes de la région de Biskra (Sud-est Algérien). Effets des facteurs écologiques sur l'abondance saisonnière. Essais de lutte. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Option : Écologie Animale. Université Kasdi Merbah d'Ouargla, Algérie. 164 pp.

**Merzouki A., Ed-Derfoufi F., Molero M. J., 2000.** Contribution to knowledge of Rifian traditional medicine. Folk medicine in Ksar Lakbir (NW Morocco). *Fitoterapia*; 71: 278-307.

**Meyer A., 2003.** Urban commensal rodent control: fact or fiction ? In Singleton, R.G., Hinds, A.L., Krebs, J.C., Spratt, M.D. (réd), *Rats, mice and people: rodent biology and management* (p. 446-450). Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research.

**Michaux P., Boiteau H. L., 1971 :** Valeur et limite de dépistage clinique et biologique en pathologie industrielle. *Arch. Mal. Prof.*, 32: 1-2, 56-66.

- Miller D.M. & Koehle P.G., 2003 .** Least Toxic Methods of cockroach control. *ENY*, 258.
- Mindykowski B., Jaenick E., Tenzer S., Cirak S., Schweikardt T., Schild H. et Decker H., 2010.** Cockroach allergens Per a 3 are oligomers. *Dev. Comp. Immunol*, 34(7): 99-722.
- Moens J., De C. P. & Tirry L., 2011.** Side effects of pesticides on the larvae of the hoverfly *Episyrphus balteatus* in the laboratory. *Phytoparasitica*, 39: 1-9.
- Moens J., Tirry L. & De C. P., 2012.** Susceptibility of cocooned pupae and adults of the parasitoid *Microplitis mediator* to selected insecticides. *Phytoparasitica*, 40: 5-9.
- Mohamed M., Abdellatif M. D., Sabar A., Elglammal M. D., 2003.** Sodium fluoride ion and renal function after prolonged sevoflurane or isoflurane anaesthesia. *Eng. J. Anaesth.* **19**: 79-83.
- Mondet C., 2008.** Dominance et sélection sexuelle chez la blatte *Leucophaea amaderae* (Dictyoptera ; Oxyhaloïnae). Aspects comportementaux, communication chimique et héritabilité. *Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne- Dijon (France)*. 130 p.
- Monk B. E., Pembrok A. C., 1987.** Cockroach dermatitis: an occupational hazard. *BRI. MED. J.* 294 : 935.
- Motevali Haghi S. F., Aghili S. R., Gholami Sh., Salmanian B., Nikokar S. H., Khangolzadeh Geravi M. & Hajati H., 2014.** Isolation of medically important fungi from cockroaches trapped at hospitals of Sari, Iran. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 3: 29-36.
- Mourier A., 2014.** Lutte intégrée contre deux insectes synanthropes : *Blattella germanica* et *Cimex lectularius*. Apports de l'écologie scientifique pour le conseil à l'officine. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bordeaux, France. 101 pp.
- Moussaoui K. M., Boussahe R., Tchoulak Y., Haouchine O., Benmami M., Dalachi A. N., 2001.** "Utilisation, évaluation et impacts des pesticides en Algérie, Ecole Nationale Polytechnique. [www.recy.net/actualites/colloques/adeq/20010605-pesticides.ppt](http://www.recy.net/actualites/colloques/adeq/20010605-pesticides.ppt) access le 30mai 2016.

**Moussaoui O., 2010.** Biodégradation des pesticides : étude comparative des activités bactériennes et fongiques. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Alger, 91 p.

**Mullai K., Jebanesan A. et Pushpanathan T., 2008.-** Mosquitocidal and repellent activity of the leaf extract of *Citrullus vulgaris* (cucurbitaceae) against the malarial vector, *Anopheles stephensi* liston (diptera culicidae). *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 12(1):1–7.

**Multigner L., 2005.** Effets retardés des pesticides sur la santé humaine. *Environnement, risques & santé.* 4: 187-194.

**Multigner L., Ndong J. R., Giusti A., Romana M., Delacroix M. H, Cordier S., Jégou B., Thome J. P., Blanchet P., 2010.** Chlordecone exposure and risk of prostate cancer. *J Clin Oncol*; 28: 3457-3462.

**Nadejzda B., Letteron P., Fromenty B., Robin M., 2007.** Effets hépatiques et métaboliques d'une administration chronique d'alcool chez des souris obèses. *Cahiers IREB* 18 : 93-99.

**Nahal., 2016.** Etude ethnobotanique, écologique et activités biologiques de la coloquinte (*Citrullus colocynthis*.L) et du contenu floristique de la région de Béchar. Thèse de doctorat. Université Mustapha Stambouli- Mascara. 40p.

**Nasirian H., Ladonni H., Abdoulhassani M. & Limoe M., 2011.** Susceptibility of field populations of *Blattella germanica* (Blattaria : Blattellidae) to spinosad Pak. *J. Biol. Sci.*, 14 : 862-868.

**Nauen R., Bretschneider T., Elbert A., Fischer R R., Reckmann U., Van Waetermeulen X., 2006.** Biological and mechanistic considerations on the mode of action of spirotetramat. 11th IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, Aug 6–11. Book of Abstracts 2, Kobe, Japan, 109.

**Neigh G. N., Ritschel L. A., Kilpela L. S., Harrell C. S., Bourke C. H., 2013.** Translational reciprocity: bridging the gap between preclinical studies and clinical treatment of stress effects on the adolescent brain. *Neuroscience.* 249 :139–153.

**Nejati J., Keyhani A., Moosa-Kazemi S.H., Mohammadi M., Mahjoob M. & Boostanbakhsh A., 2012.** Cockroaches' bacterial infections in wards of hospitals, Hamedan city west of Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2(5): 381-384.

**Ngoula F., Pierre W., Dongmo M., Kenfack A., Kamtchouing P., Tchoumboué J., 2007.** Effects of pirimiphos-methyl (an organophosphate insecticide) on the fertility of adult male rats. *Afr Health Sci*; 7:3-9.

**Nishida R. & Fumaki H., 1983.** Female sex pheromone of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Mem. Coll. Agric. (Kyoto Univ)*, 11: 1-24.

**Nojima S., Schal C., Webster F. X., Santangelo R. G. & Roelofs W. L., 2005.** Identification of sex pheromone of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Science*, 307: 1104-1106.

**O.M.S., 1991.** L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences sur la santé publique, Genève, 34 p.

**Onaivi E. S., Green M. R., Martin B. R., 1990.** Pharmacological characterization of cannaboids in the elevated plus maze. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutic*. 253:1002-1009.

**Oseroff C., Sidney J., Tripple V., Grey H., Wood R., Broide D. H., Greenbaum J., Kolla R., Peters B., Pomés A., 2012.** Analysis of T cell responses to the major allergens from German cockroach: Epitope specificity and relationship to IgE production. *The Journal of Immunology* 189:679–688.

**Ouakid M. L., 2006.** Bioécologie de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) dans les subéraies d'El Tarf : comportement alimentaire et essais insecticides. Thèse de Doctorat d'État en Sciences Naturelles. Université Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 150 pp.

**Ozenda P., 1991.** Flore et végétation du Sahara. (3ème édition, augmentée).Ed. CNRS, Paris: 662 p.

**Pacaud F., 2008.** Apprentissage visuel et olfactif chez la blatte *Blattella germanica* (L.). Rapport de stage en Master 1 "Biologie des Organismes, des Populations et des Écosystèmes". CNRS-Université de Rennes 1, France. 17 pp.

**Park I. K., Lee S. G., Choi D. H. & Ahn Y. J., 2002.** Insecticidal properties of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 39 (4) : 375-384.

**Parron T., Hernandez A. F., Villanueva E., 1996.** Increased risk of suicide with exposure to pesticides in an intensive agricultural area. A 12-year retrospective study. *Forensic. Sci. Int.* 79: 53.

**Patin V., Lordi B., Vincent A., Caston J., 2005.** Effects of prenatal stress on anxiety and social interactions in adult rats. *Brain Res Dev Brain Res* 160:265–274.

**Peden D., Reed C. E., 2010.** Environmental and occupational allergies. *J. Allergy Clin. Immunol.* 125:S150-160.

**Pellow S., Chopin P., File S. E., Briley M., 1985.** Validation of open:closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *J Neurosci Methods* 14: 149–167.

**Periquet Alain., Boisset Michel., Casse Francine., Catteau Michel., Lecerf Jean-Michel., Carole Leguille., 2004.** Pesticides risques et sécurité alimentaire. Paris.

**Pesticide Action Network., 2005.** Etude d'impact socio-économique, sanitaire et environnemental de l'utilisation des POPs à Davié au Nord de Lomé (région Maritime), Togo, Rapport d'étude, Lomé, IPEP, PAN Togo, 37 p.

**Petit-Demouliere B., Chenu F., Bourin M., 2005.** Forced swimming test in mice: a review of antidepressant activity, *Psychopharmacology (Berl)*. Vol. 177(3): 245-255.

**Philbert M. A., Billingsley M. L., Reuhl K. R., 2000.** Mechanisms of injury in the central nervous system. *Toxicology and Pathology* 28, 43-53. poisoning, *Neurology India* 48(4):308–313.

**Piva A., Anfossi P., Meola E., Pietri A., Panciroli A., Bertuzzi T., Formigoni A., 1997.** Effect of microencapsulation on absorption processes in swine. *Livestock Production Science*; 51:53-61.

**Planes L., Catalan J., Tena A., Porcuna J. L., Jacas J. A., Izquierdo J. & Urbaneja A., 2013.** Lethal and sublethal effects of spirotetramat on the mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri*. *Journal of Pest Science*, 86: 321-327.

**Pocock M. J. O., Frantz S. C., Cowan D., White P. & Searle J., 2004.** Tapering bias inherent in minimum number alive (MNA) population indices. *Journal of Mammalogy* **85**: 959–962.

**Porsolt R., Le Pichon M., Jalfre M., 1977.** Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatment. *Nature* 266: 730-732

**Pratt P. D. & Croft B. A., 2000.** Overwintering and comparative sampling of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) on ornamental nursery plants. *Environmental Entomology*, 29: 1034- 1040.

**PRD (Projet de Décision d'Homologation) du spirotétramate. 2008.** Publication par l'Agence de Réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada. p. 134.

**Prut L., Belzung C., 2003.** The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors: à review. *Eur. J. Pharmacol.* **463**(1-3):3- 33.

**Rafalimanana H. J., 2004.** Évaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons : Études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France. Thèse de Doctorat en Ecologie et Environnement. Institut National Agronomique Paris-Grignon, France. 207 pp.

**Rajapakse B. N., Thiermann H., Eyer P., 2012.** Evaluation of the Test-mate CHE (cholinesterase) field kit in acute organophosphorus poisoning .*Ann Emerg Med* ; 58 :559-64.

**Ramade F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2ème édition. Edition Dunod.

**Ramade F., 2003.** *Eléments d'écologie fondamentale*. Ed. Dunod. Paris, 690 p.

- Ramanaidu K. & Cutler G. C., 2013.** Different toxic and hormetic responses of *Bombus impatiens* to *Beauveria bassiana*, *Bacillus subtilis* and spirotetramat. *Pest Management Science*, 69: 949-954.
- Regnault-Roger C., 2002.** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp. 19-39.
- Regnault-Roger C., 2005.** *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Paris, Lavoisier, 1013 p.
- Renugadevi J. S., Milton P., 2009.** Naringenin protects against cadmium-induced oxidative renal dysfunction in rats. *Toxicology* . 256 : 128–134.
- Rivault C., Cloarec A., Mathieu N. & Blane N., 1995.** La ville au risque de l'écologie, les blattes en milieu urbain. Rapport final. Appel d'offre N°93070 du Ministère de l'Environnement. 101 pp.
- Rivault C., Cloarec A., Le Guyader A., 1993.** Bacterial contamination of food by Cockroaches. *J. Environ. Health*. 55: 21-22.
- Roberts J., 1996.** Cockroaches linked with asthma. *Br Med J*. 312 (7047): 1630.
- Rosenfeld L., Rudd R., Chew G. L., Emmons K., Acevedo-Garcia D., 2010.** Are neighborhood-level characteristics associated with indoor allergens in the household? *J. Asthma*, 47(1): 66-75
- Roth L. M. & Dateo G. P., 1966.** A sex pheromone produced by the male of the cockroach *Nauphoeta cinerea*. *J. Insect Physiol.* 12: 255-265.
- Roth L. M. & Willis E. R., 1957.** The medical and veterinary importance of cockroaches. *Smithsonian miscellaneous collection*. 134: 1-147.
- Roth L. M. & Willis R., 1952 .** A study of cockroach behaviour. *Am. Midl. Nat.* 47 : 66-129.
- Rust M. K., Owens J. M. & Reiersen D. A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cockroach. New York Oxford. *Oxford University Press*. 430 pp.

**Saafi-Ben Salah E. B., El Arem A., Louedi M., Saoudi M., Elfeki A., Zakhama A., Najjar M. F., Hammami M., Achour L., 2012.** Antioxidant-rich date palm fruit extract inhibits oxidative stress and nephrotoxicity induced by dimethoate in rat. *J Physiol Biochem.* 68(1): 47-58.

**Saenz-de-Cabezón Irigaray F., et Zalom F. G., 2006.** « Side effects of five new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari, Phytoseiidae) ». *Exp. App. Acarol.*, vol. 38, no. 4, p.299-305.

**Saenz-de-Cabezón Irigaray F., Zalom F. G. et Thompson P. B., 2007.** « Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* reproductive potential ». *Biol. Control* vol. 40, no. 2, p. 153-159.

**Salari E., Ahmadi K., Dehyaghoobi R. Z., Purhematy A. & Takalloozadeh H. M., 2012.** Toxic and repellent effect of harmal (*Peganum harmala* L.) acetic extract on several aphids and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1): 147-151.

**Salem M. M., 2011.** Toxic effects of mancozeb containing formulations and neem pesticides on kidney function and ultrastructure of albino rats, Egypt. *Acad. J. Biol. Sci.* 3 (2011) 17–30.

**Samuel O., Saint-Laurent L., 2001.** Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère. Institut de Recherche en Santé, Québec, 92p.

**Samy A., Abd El-Azim., Shaymaa F., Hassan Kamal M., El Deib. and Maged M. A., Barakat., 2013.** Protective effect of dietary Ginger extract alone or in combination with Rosiglitazone and Glimpiride on hepatotoxicity and oxidative stress in streptozotocin – induced diabetes in rats. *International Journal of Advanced Research* 1(10): 256-271.

**Sawada N., Iwasaki M., Inoue M., Itoh H., Sasazuki S., Yamaji T., Shimazu T., Tsugane S., 2010.** Plasma organochlorines and subsequent risk of prostate cancer in Japanese men: a nested case-control study. *Environ Health Perspect*; 118: 659-665.

**Sawaya W. N., Dagher N. J., Khalil J. K., 1986.** *Citrullus colocynthis* seeds as a potential source of protein for food and feed. *Journal-of Agricultural and Food Chemistry.* 34 (2): 285-288.

**Schnorbach J., Elbert A., Laborie B., Navacerrada J., Bangels E. & Gobin B., 2008.** Movento, an ideal tool for integrated pest management in pomefruit, citrus and vegetables. *Bayer Crop Science*, 61: 377-402.

**Scotti G., 1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. ITCF/AFNOR. Paris. 238p.

**Seddik L., 2014.** Evaluation de l'effet protecteur de l'extrait de feuilles d'olive (*Olea europea*) chez les rats intoxiqués à l'acétate de plomb au niveau cérébrale et du cartilage osseux. Approche neurocomportementale, biochimique et immunohistochimique. Thèse de doctorat en biochimie appliquée. pp 72

**Selye H., 1978.** The Stress of Life. *McGraw-Hill, New York*.

**Shafeek A., Jaya Prasanthi R. P., Hariprasad Reddy G., Chetty C. S. & Rajarami Reddy G., 2004.** Alterations in acetylcholinesterase and electrical activity in the nervous system of cockroach exposed to the neem derivative, azadirachtin. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 59: 205-208.

**Sheehan W. J., Rangsithienchai P. A., Wood R. A., Rivard D., Chinratanapist S., Perzanowski M. S., Chew J. M., Seltezer J. M., Matsui E. C. and Phipatanakul W., 2010.** Post and allergen exposure and abatement in inner-city asthma: a work group report of the American Academy of Allergy, immunology indoor allergy/Air pollution Committee. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **125**(3):81-575.

**Simons J. E., Yang R. S. E., Bernan E., 1995.** Evaluation of the nephrotoxicity of complex mixtures containing organic metals: advantages and disadvantages of the use of red-world complex mixtures. *Environ. Health. Perspect.* **103**: 67-71.

**Sincich F., 2002.** Bedouin Traditional Medicine in the Syrian Steppe. *Rome, FAO*: 114-115.

**Smaoui M., Fatma G., Manel B., Fatma M. A., Abdel Fattah E., 2000.** Impact de l'exposition chronique aux gaz d'échappement d'origine automobile sur certains biomarqueurs touchant la fonction hormonale sexuelle mâle, la fonction rénale et l'hémogramme chez le rat. *Pollution Atmosphérique*. 167 : 439-449.

**Smyth T. Jr., 1963.** Mating behavior of the Madeira cockroach. In: 35th Animal meeting eastern branch, *Entomology Society of America*.

**Song L., Che W., Min-Wei W., Murakami Y. & Matsumoto K., 2006.** Impairment of the spatial learning and memory induced by learned helplessness and chronic mild stress. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 83(2), 186-193.

**Sporleder M., Lacey L. A., 2013.** Biopesticides. In: Giordanengo, P. Vincent, C. Alyokhin, A. (Eds). *Insect pests of potato: Global perspectives on biology and management*. Elsevier, Oxford, UK. 463-497.

**Stallones L. et Beseler C., 2002.** Pesticide poisoning and depressive symptoms among farm residents. *Annals of Epidemiology* 12: 389-394.

**Stankus R. P., Horner W. E. and Lehrer S. B., 1990.** Identification and characterization of important cockroach allergens. *J. Allergy Clin. Immunol.* **86**, 781–786.

**Staub C., Chapin RE., Harris M. H., Johnson L., 2001.** Perinatal/juvenile exposure to methoxychlor reduced daily sperm production that parallels reduction in sertoli cell number in adult rats XVIth Testis work-shop. New port Beach. California; 127(2): 241-249.

**Stengel B., 1996.** Maladies d'origine toxique professionnelle'. *Néphrologie-Urologie*, 18-067-A-10, 8.

**Tanaka A., 1976 .** Stages in the embryonic development of the German cockroach *Blattella germanica* (Blattaria, Blattellidae). *Kontyû*, 44 : 512-525.

**Teka O., Mensah G. A. et Holou R., 2002.** Colonisation des parcelles fourragères par des espèces de rongeurs Sud Bénin: cas de la ferme d'élevage de Samiondji. Acte du séminaire – atelier sur la mammalogie et la biodiversité ABOMEY – CALAVI/ Bénin, Société pour l'étude et la protection des mammifères, 30/10: 33-39.

**Tessie A. M., Bouque A. et PARI R. R., 1975.-** Sur quelques Euphorbiacées toxiques africaines. *Journal de plantes médicinales et phytothérapie*, T. IX (3): 238 249.

**Theo Colborn<sup>1</sup>, Lynn E and Carroll<sup>2</sup>, 2007.** Pesticides, Sexual Development, Reproduction, and Fertility: Current Perspective and Future Direction. *Human and Ecological Risk Assessment*; 13: 1078–1110.

**Tilahun B., Worku B. & Tachbele E., 2012.** High load of multi-drug resistant nosocomial neonatal pathogens carried by cockroaches in a neonatal intensive care unit at Tikur Anbessa specialized hospital, Addis Ababa, Ethiopia. World sepsis day. Disponible sur <http://www.aricjournal.com/content/1/1/12>.

**Tizabi Y., Overstreet D. H., Rezvani A. H., Louis V. A., Clark Jr. E., Janowsky D. S., Kling M. A., 1999.** Antidepressant effects of nicotine in an animal model of depression. *Psychopharmacology* 142:193-199.

**Tokro G., 1984.** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L. (Insecte, Dictyoptère). Sécrétion d'une phéromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat en Biologie Cellulaire et Moléculaire, Option : Entomologie. Université de Bourgogne-Dijon, France. 54 pp.

**Tokuda G., Lo N., Takase A., Yamada A., Hayashi Y., Watanabe H., 2008.** Purification and partial genome characterization of the bacterial endosymbiont *Blattabacterium cuenoti* from the fat bodies of cockroaches. *Bmc. Res. Notes*, **1**: 1-9.

**Tomlin, C. D. S., 2003.** *The Pesticide Manual: A World Compendium*. Alton, Hampshire, British Crop Protection Council, 1344 pp.

**Torres C. et Escarabajal M. D., 2002.** Validation of a behaviora recording utomated system in the elevated plus-maze test. *Life Sciences*. 70: 1751-1762.

**Tremblay M., 2001.** *Le rat*. 1<sup>ère</sup> éd. Québec : Le Jour, éditeur, 174 p.

**Truchon G., Tardif R. J., Drolet D., Levesque M., Boucher J., 2012.** Guide technique T-03. Guide de surveillance biologique de l'exposition. Stratégie de prélèvement et interprétation des résultats, 7 édition, Que bec : L'institut de recherche Robert- Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) ,57 :12-36.

**UNESCO., (1960).** Medicinal plants of arid regions. Research on arid zones. Flight 13, Paris (France), 99p.

**Vaillant J. & Derridj S., 1992.** Statistic analysis of insect preference in tow-choise experiments. *J. Insect. Behav*, 5: 773-781.

**Vasudev V., Gurushankara H. P., Vishwaprakash Mahadimane P., Khalandar D. & Shamprasad B. R., 2013.** Effects of fungicide Dithane M 45 in *Drosophila melanogaster* on courtship behavior. *Dros. Inf. Serv*, 96: 94-98.

**Vélez., A., 2008.** Checklist of colombian cockroaches (Dictyoptera, Blattaria). *Biota Colombiana* 9. p.21-38.

**Waisberg M., Joseph P., Hale B., Beyersmann D., 2003.** Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 192: 95–117.

**Wattiez C. & Beys B., 1999 .** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. *Pest. Action Network (Pan). Belg*, 12 pp.

**Whittaker R. H. & Feeny P. P., 1970.** Allelochemicals : chemical interactions between plants. *Science*, 171: 757-770.

**Willis E. R., Riser G. R., Roth L. M., 1958 .** Observation on reproduction and development in cockroaches. *Ent. Soc. Amer. Ann*, 51 : 53-69.

**Willner P., 1990.** Animal models of depression: an overview. *Pharmacology Therapy* 45, 425-455.

**Yaniv Z., Ellashabelsky et Schafferman D., 1999.** Colocynth: Potential arid land oil seed from an ancient cucurbit. Dans: J. Janick ( Ed). *Perspectives on new crops and new use*. ASHS press; Alescendria V A.

**Yong L., Gonzalez P., Zhang L., 2012.** Fetal stress and programming of hypoxic/ischemic-sensitive phenotype in the neonatal brain: Mechanisms and possible interventions. 98 ,145–165.

**Youcef M. I., Demerdash F. M., Kamel K. I., Al-salhen K. S., 2003.** Changes in some hematological and biochemical indices of rabbits induced by isoflavones and cypermethrin. *Toxicology* 4:189-223.

**Yuksel H., Karadas E., Keles H., Demirel H. H., 2009.** (Effects of Hexachlorocyclohexane (HCH-Isomer, Lindane) Intoxication on the Proliferation and Apoptosis in Rat Testes). *Acta Veterinaria Brno*; 78: 615-620.

**Zuhair Y. A. L. and Sahhaf., 2006.**«Toxicity of Sumithion in albino Rats: Hematological and Biochemical studies», 6: 2959-2962.

**Zurek L., Watson D.W. & Schall C., 2002.** The synergy between *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota, Hyphomycetes) and Boric acid against the German cockroach (Dictyoptera, Blattellidae). *Biological Control*, 23 (3), 296-302.

# *Résumés*

## **Résumé :**

L'utilisation des pesticides est devenue une technique quasi indispensable pour la plupart des pratiques agricoles, quel que soit le niveau de développement du pays. Actuellement, les pesticides utilisés sont souvent moins toxiques et plus spécifiques et sont basés sur les données physiologiques de l'insecte.

Au cours de la première partie de ce travail, nous avons étudié l'impact toxicologique des deux insecticides le Spirotetramat (inhibiteur de la synthèse des lipides chez les insectes) et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* (plante endémique du Sahara algérien) sur les adultes de *B. germanica*, qui présente plus de 90% des infestations domestiques. Cette étude montre que le Spirotetramat possède une bonne activité insecticide contre les adultes de *B. germanica*. En parallèle, les extraits éthanolique de *C. colocynthis* sont moins toxiques par rapport au Spirotetramat, et les calculs des concentrations létales et des temps létaux indiquent les différences. L'ingestion de concentrations sublétales de ces composés affecte également le déroulement des différentes phases du comportement sexuel ainsi que l'attractivité sexuelle (plus particulièrement l'attractivité chez les femelles).

Des études récentes indiquent que l'intoxication aux pesticides induit un stress oxydatif chez les organismes non-visés. C'est dans la deuxième partie de ce travail, nous avons dressés un traitement avec le Spirotetramat et l'extrait éthanolique de *C. colocynthis* sur les rats de la souche Wistar. Les différents tests comportementaux (labyrinthe en croix surélevée, champs ouvert et nage forcée) montrent que les deux pesticides ont eu un impact significatif sur le degré d'anxiété chez les rongeurs. Ces produits influencent significativement les paramètres biochimiques (glycémie, cholestérol, triglycérides, urée, créatinine), l'hormone ACTH et l'acétylcholine estérase.

**Mots-clés :** Insecticides, Stress, *Blattella germanica*, Rat Wistar, Toxicité, comportement animal.

**Abstract:**

The use of pesticides has become an almost indispensable technique for most agricultural practices, irrespective of the level of development of the country. Currently, the pesticides used are often less toxic and more specific and are based on the physiological data of the insect.

During the first part of this work, we studied the toxicological impact of the two insecticides Spirotetramat (inhibitor of lipid synthesis in insects) and the ethanolic extract of *C. colocynthis* (plant endemic to the Algerian Sahara) on adults of *B. germanica*, which presents for more than 90% of domestic infestations. This study shows that Spirotetramat has a good insecticidal activity against adults of *B. germanica*. In parallel, the ethanolic extracts of *C. colocynthis* are less toxic compared to the Spirotetramat, and the calculations of lethal concentrations and lethal times indicate the differences. Ingesting sublethal concentrations of these compounds also affects the course of the different phases of sexual behavior as well as the sexual attractiveness (more particularly the attractiveness in females).

Recent studies indicate that pesticide intoxication induces oxidative stress in non-target organisms. In the second part of this work, we treated with Spirotetramat and ethanolic extract of *C. colocynthis* in rats of the Wistar strain. The various behavioral tests (raised cross labyrinth, open field and forced swimming) show that both pesticides have had a significant impact on the degree of anxiety in rodents. These products significantly influence the biochemical parameters (glycemia, cholesterol, triglycerides, urea, creatinine), the ACTH hormone and acetylcholine esterase.

**Keywords:** Insecticides, Stress, *Blattella germanica*, Wistar rat, Toxicity, animal behavior.

## المخلص

لقد أصبح استخدام المبيدات تقنية لا غنى عنها تقريبا لمعظم الممارسات الزراعية، بغض النظر عن مستوى التنمية في البلد. وفي الوقت الراهن، غالبا ما تكون المبيدات المستخدمة أقل سمية وأكثر تحديدا وتستند إلى البيانات الفسيولوجية للحشرة.

في الجزء الاول من العمل درسنا الاثر السمي للمبيدات الحشرية Spirotetramat (مثبط تخليق الدهون في الحشرات) والمستخلص الايثانولي للحنظل (النبات المتوطن في الصحراء الجزائرية) على البالغين من *B. germanica* التي تمثل اكثر من 90% من الاصابات المحلية. وتبين هذه الدراسة ان Spirotetramat له تأثير جيد على الحشرات البالغين من *B. germanica*. موازاة مع ذلك، المستخلص الايثانولي للحنظل أقل سمية بالمقارنة مع Spirotetramat، وحسابات تركيزات قاتلة والأزمنة المميتة تؤكد هذه الاختلافات. كما أن تركيزات تركيزات هذه المركبات دون القاتلة تؤثر أيضا على مجرى مراحل السلوك الجنسي المختلفة، فضلا عن الجاذبية الجنسية (وخاصة الجاذبية لدى الإناث).

وتشير الدراسات الحديثة إلى أن سمية المبيدات تحفز الإجهاد التأكسدي في الكائنات غير المستهدفة. في الجزء الثاني من هذا العمل، تعاملنا مع Spirotetramat والمستخلص الإيثانولي للحنظل في الفئران من سلالة ويستار. وتظهر الاختبارات السلوكية المختلفة (المتاهة المتقاطعة، الحقول المفتوحة والسباحة القسرية) أن كلا المبيدتين كان لهما تأثير كبير على درجة القلق في القوارض. هذه المنتجات تؤثر بشكل كبير على المعلمات البيوكيميائية (السكر في الدم، والكوليسترول، والدهون الثلاثية، واليوريا، والكرياتينين)، وهرمون AChE و ACTH.

**الكلمات المفتاحية:** مبيدات الحشرات، الإجهاد، *B. germanica*، جردان ويستار، سمية، سلوك الحيوان.



## Chronic Contamination in Rats by Reduced Risk Pesticides: Cases of Spirotetramat and *Citrullus Colocynthis* (*Cucurbitaceae*) Extracts

Bekhakheche Manel, Manseur Amir, Masna Fatiha, Habbachi Sarra, Habbachi Wafa\*, Bairi Abdelmajid, Tahraoui Abdelkarim

Laboratory of Applied Neuroendocrinology. Department of Biology, Faculty of Sciences. BP 12 El-Hadjar, Badji Mokhtar University, 23000 Annaba, Algeria.

### ABSTRACT

The use of pesticides becomes an indispensable technique for most agricultural practices, whatever the level of country development. At present, the pesticides used are often less toxic and more specific and are based on insect physiology. Recent studies indicate that pesticide intoxication induces oxidative stress.

This work aims to study the neuro-behavioral consequences of the administration of two insecticides currently widely used in agriculture: spirotetramat (inhibitor of lipid synthesis in insects) and ethanol extract of *Citrullus colocynthis* (endemic plant of the Algerian Sahara). The different behavioral tests (raised cross labyrinth, open fields and forced swimming) show that both pesticides had a significant impact on rodent's anxiety degree. These products significantly influence the biochemical parameters (glycemia, cholesterol, triglycerides, urea, creatinine), the ACTH hormone and acetylcholine esterase (AChE).

**Keywords:** insecticides, spirotetramat, *Citrullus colocynthis*, non-target organism, Wistar rat.

**Corresponding author:** Habbachi Wafa

**Received:** 06 December 2016

**Accepted:** 29 September 2017

### INTRODUCTION

Following last reports, annual global pesticide expenditures represent more than 25 billion Euros for a total amount of about 2.5 million tons of pesticides (FAO, 2012; Fenner et al., 2013). Moreover, 90% of these products are lost in the air, at the application time or due to the runoff phenomenon, affecting both the treatment costs and ecosystems (Ghormade et al., 2011). In order to control the pest populations and to limit their proliferation, man is making considerable efforts and looking for new methods of physical, chemical and biological control (Kim et al., 1995, Lyon, 1997). Insecticides are substances that allow the arthropods elimination. They can be used against larvae and/or eggs (larvicides) or against adults. They must be harmful to insect pests but also relatively harmless to non-target organisms (Louat, 2013).

Chemical control is a method of using chemical plant protection products to control pests. She has increased risks of developing the cancer kinds, a drop in male fertility, hormonal disturbances, immune problems, congenital malformations ... etc. Among the most serious effects, some can even be transmitted from one generation to another (Veillerette, 2005). The risk assessment of chemical control can adequately reflect the hazards of these products to humans and environment.

As a result of the harmful consequences of chemical control on environment and on humans, which is reflected in carcinogenic phenomena (El Sayed & Donelson, 1997, Ishaaya & Horowitz, 1998), biological control has just been integrated in order to

fight against pests. Natural pesticides, resulting from biotechnology development, are defined broadly as coming from living organisms: animals, plants, bacteria or certain minerals (Sporleder & Lacey, 2013). According to environmental protection agency (EPA), more than 192 active organic pesticides have been registered (Cantrell et al., 2012). Biological control takes several forms, but, now, is natural substances of plant origin that attracts researcher's attention (Boutaleb-Joutei, 2010). Spontaneous plants in arid area are considered the plant genetic resources of agronomic, economic, ecological and strategic interests (UNESCO, 1960). Pesticide toxicity studies are often limited to various forms of direct and acute toxicity in target organisms and non - target organisms. Indeed, some harmful neurotoxic pesticides effects are related to another form of toxicity on developing organism. It's called developmental neurotoxicity and it's therefore linked to an "environmental exposure" in which some pesticides have a key role. Several studies have shown that gestational or neonatal exposure to pesticides causes neurobehavioral alterations in offspring in different developmental phases such as those of Lassiter et al (1998), Levin et al (2002), Laura et al (2004) and Chanda & Pope (1996).

This study has objective to determine the efficacy and neuro-behavioral consequences of administering two pesticides widely used in agriculture. The first one is a reduced-risk chemical, spirotetramat, which is an inhibitor of lipid synthesis in insects and the second product is the ethanolic extract of *Citrullus colocynthis* (*Cucurbitaceae*) (common name: hantel), a plant endemic to the Algerian Sahara.

## MATERIALS & METHODS

### 2.1. Animal:

For all experiments, we used adult rats "Rattus rattus" - Wistar strain from the Pasteur Institute (Algiers, Algeria). Rats were raised in sawdust-lined plastic cages with a steel lid and baby bottles filled with water. Rat's food is made in the sticks form consisting of corn, barley, milk and vitamin supplement. These animals were acclimatized to laboratory conditions (temperature  $25 \pm 2$  ° C and humidity 70 - 80% and photoperiod 12:12h).

### 2.2. Spirotetramat:

Spirotetramat is a spirocyclic tetramic acid derivative, it's the only foliar insecticide and exclusively developed by Bayer CropScience. The product has a novel and unique action mode, classified as an inhibitor of acetyl CoA carboxylase or an inhibitor of insect's lipid biosynthesis. Spirotetramat is an oral intoxicant and is active mainly on immature insects (Bell, 2013).

### 2.3. Citrullus colocynthis (Cucurbitaceae):

It's a spontaneous plant in arid area of Africa and Asia, It's very common in Sahara. Used in traditional medicine to treat excess sugar, which explains the intoxications frequency in the Maghreb (Hammiche et al., 2013). The toxicity is due to cucurbitacins and their glycosides present throughout the plant, particularly in fruit and seeds (Darwish-Sayed et al., 1974, Seger et al., 2005). The plant used in this study was collected in south central Algeria (Laghouat) ( $33^{\circ} 48'24''$  north latitude,  $2^{\circ} 52'56''$  east longitude) and we used the seeds for extraction with ethanol.

### 2.4. Pesticide treatments:

To studied indirect effects of Spirotetramat, twenty rats were divided into two groups: a control group (10 individuals: 5 males and 5 females) and a treated group (10 individuals: 5 males and 5 females). These animals have 10% of spirotetramat (15 $\mu$ g/ml) during 7 days (every other day).

For C. colocynthis, thirty rats were separated into two groups, a control group (10 individuals: 5 males and 5 females) and a treated group (20 individuals: 10 males and 10 females). These animals have 2ml of C. colocynthis (20 $\mu$ g/ml) for 7 days (every other day) (treatment by gavages).

### 2.5. Rat's Behaviors in different anxiety-provoking situations:

We tested the different rats groups using experimental devices recognized by the scientific society whose most used are the plus maze (EPM) (Rodgers & Dalvi, 1997; VanGaalen & Steckler, 2000; Karl et al., 2003; Elizalde et al., 2008), the open field (OF) (Crawley, 1999; Palanza, 2001; Karl et al., 2003; Prut & Belzung, 2003; Elizalde et al., 2008) and the forced swimming test or Porsolt test (FST) (Porsolt et al., 1977; Karl et al., 2003; Elizalde et al., 2008).

### 2.6. Effect on certain biochemical parameters:

Blood is collected from control adults, Spirotetramat's adults and C. colocynthis's adults. The separated plasma is frozen and stored immediately at (-20°C). ACTH plasmas were measured by radioimmunoassay (Raff et al., 2004). We also performed a blood glucose, cholesterol, triglyceride, urea, creatinine and AChE (Acetyl Choline Esterase) assay.

### 2.7. Data Analysis:

The various study data were analyzed by descriptive and comparative methods (variances analysis) on XLStat 2009 software. The multivariate analysis (MANOVA) with SPSS Statistics 22.0 enabled us to test treatment and sex effects on the rat behaviors tested and biochemical parameters.

## RESULTS & DISCUSSION:

### 3.1. Behaviors of rats in different anxiety-provoking situations:

#### 3.1.1. Plus maze test:

This test is used to evaluate anxiety about vacuum (Kousteff, 2011). The rat is anxious and naturally takes refuge in the closed arms which offer him greater security and will hesitate to explore with open arms (Rodgers & Dalvi, 1997; vanGaalen & Steckler, 2000; Karl et al., 2003; Elizalde et al., 2007; Kousteff, 2011). Our results show that there are no significant differences between times spent in closed arms and/or open arms in control and treated rats for both sexes (Table 1). A short time spent in open arms is considered to be an anxiety index (Onaivi et al., 1990; Lister, 1987; Pellow et al., 1985); this index is 11 to 22 seconds for males and 15 to 25 seconds for females. However we have recorded that entry's number in closed arms and/or the open arms is a little higher in control's rats; the treated rats are less active and make a single choice when put in the device plus maze (Tab.1). The decrease in open-arm exploration is typically interpreted as an anxiety increase (Elliott et al., 2004). The variances comparison shows that spirotetramat and C. colocynthis extract are reduced risk products, unlike the "Diazinon" insecticide, for example. According to Tayaa (2014), Diazinon acts significantly on females' rat behavior in the plus maze.

**Table 1: Pesticides effect on rat's behavior (in plus maze)**

N=10	Time spent in closed arms	Time spent in open arms	Number of closed arms	Number of open arms
♂C	243.20±12.46	18.00±24.22	5.40±2.70	0.80±0.84
♂S	269.20±63.0	11.00±4.00	3.80±0.58	0.80±0.37
♂Cc	255.50±24.05	22.58±26.04	2.93±1.29	1.21±1.06
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0.697</b>	<b>1.729</b>	<b>1.200</b>	<b>0.168</b>
<b>p</b>	<b>0.512</b>	<b>0.207</b>	<b>0.326</b>	<b>0.847</b>
♀C	257.00±24.40	25.80±23.00	2.80±1.48	2.00±1.58
♀S	242.80±11.91	15.20±5.11	4.00±0.84	1.40±0.51
♀Cc	275.40±26.71	14.80±21.85	1.70±0.95	0.70±1.06
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0.347</b>	<b>1.994</b>	<b>0.600</b>	<b>0.540</b>
<b>p</b>	<b>0.711</b>	<b>0.167</b>	<b>0.560</b>	<b>0.592</b>

[C: Control; S: spirotetramat; Cc: C. colocynthis] [\* significant\*; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant]

#### 3.1.2. Open Field Test:

This test evaluates an animal's response to a new and spacious environment (Kousteff, 2011). It creates a conflict situation between the animal's natural tendency to explore this new environment and its aversion to open spaces (Kousteff, 2011). As a result, normal rats tend to spend more time in corners and periphery of open field (the open field's center is considered the most anxiety-provoking area) (Crawley, 1999; Palanza, 2001; Karl et al., 2003; Prut & Belzung, 2003; Elizalde et al., 2008). The Table 2 results show that control and treated rats prefer to remain in the open field periphery. Entries number in the open field center is 10 to 20 times smaller (Table 2). It also appears from this table that the defecation number, recovery and immobility decreases when we treat rats with C. colocynthis; these three parameters are relatively higher in females than in males (Table 2). This test involves measuring locomotor activity (Tayaa, 2014). Spirotetramat and C. colocynthis do not significantly influence this activity. Some products cause acute locomotor hypoactivity such as organophosphorus pesticides (Tayaa, 2014); GABAergic system disruptions involve anxiety disorders (Möhler, 2006;

Domschke & Zwanzger 2008). There is a lot of scientific research that has highlighted the system role in anxiety

disorders (Tayaa, 2014).

**Table 2: Pesticides effect on rat's behavior (in open field)**

N=10	Number of entrances in the clear areas of the center	Number of entrances in the light areas of the periphery	Number of entrances in the dark areas of the center	Number of entrances in dark areas of the periphery	Number of defecations	Number of adjustments	Number of immobility
♂C	3.40±2.07	54.00±10.49	6.60±2.79	65.00±14.21	2.00±1.00	101.40±24.19	21.40±9.94
♂S	3.40±1.30	52.00±3.92	7.60±1.54	63.80±3.007	2.00±0.84	129.20±19.93	35.60±2.14
♂Cc	2.60±2.07	42.60±36.47	3.40±2.41	43.60±38.05	1.80±1.32	36.10±29.42	30.60±20.61
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0.328</b>	<b>8.401</b>	<b>0.980</b>	<b>7.187</b>	<b>2.165</b>	<b>0.518</b>	<b>3.563</b>
<b>p</b>	<b>0.724</b>	<b>0.003**</b>	<b>0.396</b>	<b>0.005**</b>	<b>0.145</b>	<b>0.605</b>	<b>0.051</b>
♀C	6.75±3.78	125.80±20.14	9.40±2.70	54.90±35.07	2.80±2.39	78.60±17.50	76.00±21.31
♀S	5.20±2.2	43.80±3.50	11.20±3.99	52.40±5.77	3.60±1.21	122.00±22.65	32.20±3.15
♀Cc	2.11±1.90	51.60±29.46	2.80±2.39	2.80±2.39	2.60±2.55	34.4 ± 16.73	23.90±15.28
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>3.318</b>	<b>2.887</b>	<b>14.817</b>	<b>1.744</b>	<b>0.195</b>	<b>4.458</b>	<b>1.777</b>
<b>p</b>	<b>0.061</b>	<b>0.083</b>	<b>0.000***</b>	<b>0.205</b>	<b>0.825</b>	<b>0.028*</b>	<b>0.199</b>

[C: Control; S: spirotetramat; Cc: C. colocythis] [\* significant; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant]

**3.1.2. Forced swim test:**

This test is to put the rat in a dangerous situation where he must struggle to survive, but without flees' possibility. The forced swimming test or the antidepressant efficacy test represents an aversive and stressful situation where the rat can't escape and produces immobility and despair behavior (Porsolt et al., 1978; Kirby & Lucki, 1997). In animals, immobility is interpreted as a lack of will to survive and considered as a depression sign (Porsolt et al., 1977, Petit-Demouliere et al., 2005). The results show that both pesticides have a significant effect on swimming time, which is 2 to 5 times lower for both sexes (Table 3). We recorded that the escalation time and/or immobility time are greater in these treated individuals (Table 3). This result confirms the increase in depression signs caused by pesticides used in this study.

**Table 3: Pesticides effect on depressive state**

	Swimming time	Climbing time	Time of immobility
♂C	111.20±28.68	79.00±22.29	122.40± 29.01
♂S	66.40±23.65	158.80±28.37	74.60±13.17
♂Cc	35.10±24.24	46.00±43.90	218.90±51.96

<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1.074</b>	<b>1.966</b>	<b>1.718</b>
<b>p</b>	<b>0.364</b>	<b>0.171</b>	<b>0.209</b>
♀C	147.20±50.69	40.80±29.69	103.00±34.48
♀S	43.00±16.18	174.00±29.70	63.20±17.67
♀Cc	28.40± 19.29	105.90±37.57	165.70±41.82
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>6.618</b>	<b>1.242</b>	<b>0.200</b>
<b>p</b>	<b>0.007**</b>	<b>0.314</b>	<b>0.821</b>

[C: Control; S: spirotetramat; Cc: C. colocythis] [\* significant; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant]

**3.2. Pesticides effect on biochemical parameters:**

We recorded a significant decrease in ACTH hormone level in rats treated with spirotetramat (Tab.4), which is a chemical insecticide marketed as a reduced risk product. The C. colocythis extract has two different effects; in males we recorded a significant increase in plasma hormone which reached 536.80±137.99 pg/ml. This quantity is 5 times greater than control males (Table 4). In C. colocythis females, we recorded a significant decrease in ACTH hormone (4 times less than the control) (Table 4). For biochemical parameters, we did not record any significant effects of the two products (Table 4).

**Table 4 Pesticides effect on various biochemical parameters, ACTH hormone and AChOE**

	Glycemia (g/l)	Cholesterol (g/l)	Triglyceride (g/l)	Urea (g/l)	Creatinine (mg/l)	ACTH (pg/ml)	AChOE (nmol/min/mg Protein)
♂C	1.02±0.16	0.44±0.04	0.75±0.069	0.51±0.071	3.85±0.29	89.19±31.40	0.16±0.04
♂S	0.95±0.06	0.39±0.04	0.61±0.01	0.69±0.02	2.95±0.11	14.47±8.08	0.13±0.05
♂Cc	1.17±0.23	0.61±0.15	0.49±0.18	0.60±0.12	5.06±0.34	536.80±137.99	0.07±0.03
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>2.830</b>	<b>0.548</b>	<b>9.467</b>	<b>2.045</b>	<b>2.425</b>	<b>4.594</b>	<b>0.588</b>
<b>p</b>	<b>0.098</b>	<b>0.591</b>	<b>0.003**</b>	<b>0.172</b>	<b>0.103</b>	<b>0.032*</b>	<b>0.570</b>
♀C	0.82±0.045	0.43±0.048	1.12±0.25	0.35±0.024	3.41±0.56	100.08±29.93	0.19±0.03
♀S	0.98±0.08	0.38±0.04	0.62±0.12	0.49±0.01	4.99±0.31	19.24±16.72	0.13±0.04
♀Cc	1.10±0.15	0.56±0.08	0.55±0.30	0.62±0.15	6.72±0.47	22.69±30.58	0.09±0.02
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0.493</b>	<b>1.004</b>	<b>2.581</b>	<b>1.668</b>	<b>1.250</b>	<b>3.039</b>	<b>0.754</b>
<b>p</b>	<b>0.622</b>	<b>0.394</b>	<b>0.116</b>	<b>0.229</b>	<b>0.321</b>	<b>0.05*</b>	<b>0.491</b>

[C: Control; S: spirotetramat; Cc: C. colocythis] [\* significant; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant]

We studied the effect of sex and different treatments (spirotetramat and C. colocynthis extract) on Wistar rat's anxiety state. MANOVA statistical analysis using the Lambda Wilk's test shows a highly significant effect of pesticides treatment ( $F_{19,6} = 18.39, p: 0.000$ ) and sex-treatment association on rats anxiety behavior ( $F_{38,12} = 3.81, p: 0.008$ ) (Table 5). It seems the sex factor does not significantly affect the rats anxious behavior ( $p: 0.191, NS$ ) (Table 5).

**Table 5: Treatment Effect on the different parameters studied (Multivariate test: Lambda Wilk's test)**

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig
Sex	0.134	2.05	19.00	6.00	0.191
Treatment	0.000	18.39	38.00	12.00	0.000***
Sex * Treatment	0.006	3.81	38.00	12.00	0.008**

[\* significant; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant]

The treatment effects mainly reside in the entries number at plus maze closed arms ( $F = 3.852, p: 0.04$ ) (Table 6), the entries number into the light/dark areas open field, the entries number in open field periphery's ( $F=9.098; p: 0.000 / F=7.896; p: 0.05$ ) (Table 6), the recovery and immobility in open

field ( $F = 15.054, p: 0.000 / F = 3.397, p: 0.000$ ) (Table 6) and swimming time ( $F = 14.915, p: 0.000$ ) (Table 6). With the exception of blood glucose, we recorded highly significant treatment effects on ACTH hormone level ( $F = 48.694, p: 0.000$ ) (Table 6), cholesterol ( $F = 9.613, p: 0.000$ ) (Table 6), triglycerides ( $F = 5.325, p: 0.01$ ) (Table 6), urea ( $F = 8.163, p: 0.000$ ) (Table 6), creatinine ( $F = 26.623, p: 0.000$ ) (Table 6) and AChE ( $F = 16.989, p: 0.000$ ) (Table 6). The sex factor influences mainly entries number into the plus maze closed arms and the entries number into the light/dark areas of open field periphery and the swimming time. ACTH and urea also depend on this sex factor (Table 6). The combination of the two factors (sex - treatment) confirms these results (Table 6). In mammals, spatial memory is regulated by cortex and hippocampus association as well as by the temporal lobe system, which is the link between these two structures (Canto et al., 2008). If many neurotransmitter systems (glutamate, acetylcholine, GABA), are involved in memory processes (Ogren et al., 2008). It is therefore logical to think that AChE inhibition must participate in the mechanisms that cause these persistent changes in rats' spatial memory. In addition, results from Tayaa (2014) indicated that prolonged acetylcholinesterase inhibition caused by repeated exposure to organophosphorus compounds alters the spatial memory functions.

**Table 6: Effects of the treatment and / or sex factor on the studied parameters (inter-subject effects)**

Source	Sex					Treatment					Sex * Treatment				
	SSIII	ddl	MS	F	Sig	SSIII	ddl	MS	F	Sig	SSIII	ddl	MS	F	Sig
Recovery-PM	45.63	1	45.63	1.64	0.21	142.2	2	71.1	2.548	0.1	358.867	2	179.433	6.43	0.01**
Closed Arms-PM	13.67	1	13.67	4.97	0.04*	21.20	2	10.602	3.852	0.04*	10.138	2	5.069	1.842	0.18
Open arms-PM	2.03	1	2.03	2.01	0.17	1.182	2	0.591	0.584	0.57	2.607	2	1.303	1.289	0.29
Center-OF Clear Zone	9.63	1	9.63	1.15	0.29	24.27	2	12.13	1.45	0.25	46.667	2	23.333	2.789	0.08
Clear zone periphery-OF	4588.03	1	4588.03	8.59	0.01**	9717.07	2	4858.53	9.098	0.000***	8749.067	2	4374.533	8.191	0.000***
Dark zone center-OF	28.03	1	28.03	1.39	0.25	176.47	2	88.23	4.379	0.02*	24.867	2	12.433	0.617	0.55
Dark zone periphery-OF	4440.83	1	4440.83	6.5	0.02*	10764.87	2	5382.43	7.896	0.000***	8220.467	2	4110.233	6.03	0.01**
Defecation-OF	5.63	1	5.63	1.41	0.25	1.4	2	0.7	0.175	0.84	2.467	2	1.233	0.308	0.74
Recovery-OF	1116.30	1	1116.30	0.95	0.34	35288.87	2	17644.43	15.054	0.000***	421.8	2	210.9	0.18	0.84
Immobility-OF	1672.53	1	1672.53	7.52	0.01**	1511.27	2	755.63	3.397	0.05*	5911.667	2	2955.833	13.287	0.000***
Swimming Time-FST	43.20	1	43.20	0.03	0.86	53089.4	2	26544.7	18.384	0.000***	4638.6	2	2319.3	1.606	0.22
Immobility-FST	25346.13	1	25346.13	15.46	0.000***	48913.8	2	24456.9	14.91	0.000***	27472.07	2	13736.03	8.377	0.000***
ACTH	207075.24	1	207075.24	55.30	0.000***	364695.36	2	182347.68	48.694	0.000***	454205.683	2	227102.842	60.646	0.000***
glycemia	0.05	1	0.05	1.00	0.33	0.258	2	0.13	2.792	0.08	0.065	2	0.033	0.707	0.5
Cholesterol	0.004	1	0.004	0.35	0.56	0.209	2	0.10	9.613	0.000***	0.004	2	0.002	0.175	0.84
triglyceride	0.17	1	0.17	1.88	0.18	0.962	2	0.48	5.325	0.01**	0.197	2	0.099	1.093	0.35
Urea	0.10	1	0.10	8.83	0.01**	0.189	2	0.09	8.163	0.000***	0.072	2	0.036	3.106	0.06
creatinine	1.30	1	1.30	2.69	0.11	25.688	2	12.84	26.623	0.000***	6.064	2	3.032	6.284	0.01
AchoE	0.003	1	0.003	2.02	0.17	0.046	2	0.02	16.989	0.000***	0.003	2	0.001	0.946	0.4

(PM: Plus Maze; OP: Open Field; FST: Forced swimming test) [\* significant; \*\* highly significant; \*\*\* very highly significant

### CONCLUSION:

In this study we were able to show the both pesticide products effect on a non - target organism. The two pesticides studied caused behavioral disturbances in the Wistar rat as a result of ACTH hormone levels disturbances as well as spatial memory disturbances due to the products effect on the AchoE rate. It seems that the extract of Saharan plant *C. colocynthis* presents less risk compared to the lipid synthesis inhibitor (spirotetramat) and for this we recommend the use of bioactive molecules from plants in the biological fight against pests.

### REFERENCES:

- Bell, J.W., (2013). Petition for a three-year extension of exclusive use data protection for spirotetramat as provided for under fifra section 3(c)(1) (F) (ii). Bayer Corp Science. 48 p. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/spirotetramat-petition-2013.pdf>.
- Boutaleb-Joutei, A., (2010). Synthesis of research results on the use of some original biopesticides on crops of economic importance in Morocco. Proceeding of the Seventh Congress of the Moroccan Association for the Protection of Plants. Rabat, Morocco. 2: 377-389.
- Canto, C.B., Wouterlood, F.G., Witter, M.P., (2008). What does the anatomical organization of the entorhinal cortex tell us? *Neural Plast.* 381- 243.
- Cantrell, C.L., Dayan, F.E., Duke, S.O., (2012). Natural products as sources for new pesticides. *J. Nat. Prod.* 75: 1231-1242.
- Chanda, S.M., Pope, C.N., (1996). Neurochemical and neurobehavioral effects of repeated gestational exposure to chlorpyrifos in maternal and developing rats. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 53: 771-776.
- Crawley, J.N., (1999). Behavioral phenotyping of transgenic and knockout mice: experimental design and evaluation of general health, sensory functions, motor abilities, and specific behavioral tests. *Brain Res.* 835 (1): 18-26.
- Darwish-Sayed, M., Balbaa, S.I., Afifi, M.S., (1974). The glycosidal content of the different organs of *Citrullus colocynthis*. *Planta Med.* 26: 293-8
- Domschke, K., Zwanzger, P., (2008). GABAergic and endocannabinoid dysfunction in anxiety - future therapeutic targets? *Curr. Pharm. Des.* 14:3508-3517.
- Elizalde, N., Gil-Bea, F.J., Ramirez, M.J., Aisa, B., Lasheras, B., Del Rio, J., Tordera, R.M., (2008). Long-lasting behavioral effects and recognition memory deficit induced by chronic mild stress in mice: effect of antidepressant treatment. *Psychopharmacology (Berl)*. 199(1):1-14.
- Elliott, B. M., Faraday, M.M., Phillips, J.M., Grunberg, N.E., (2004). Effects of nicotine on elevated plus maze and locomotor activity in male and female adolescent and adult rats. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 77: 21-28.
- El-Sayed, N.M.A., Donelson, J.E., (1997). African trypanosomes have differentially expressed genes encoding homologues of the *Leishmania* GP63 surface protease. *J. Biol. Chem.* 272: 26742-26748.
- FAO., (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Stability of food security in a green economy environment, Rio+20 Working Paper 3 (GEA), Rome. [[www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)].
- Fenner, K., Canonica, S., Wackett, L.P., Elsner, M., (2013). Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *Science.* 341: 752-758.
- Ghormade, V., Deshpande, M.V., Paknikar, K.M., (2011). Perspectives for nanobiotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol. Adv.* 29:792-803.
- Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M., (2013). Plantes toxiques a usage médicinal du pourtour méditerranéen. Collection Phytothérapie pratique, Springer-Verlag France, Paris. 391 pp.
- Ishaaya, I., Horowitz, A.R., (1998). Insecticides with novel mode of actions: overview. In: Ishaaya I. and Degheel D. (Eds). *Insecticides with novel mode of action mechanisms and application.* Springer. Berlin Heidelberg New York. 1-24.
- Karl, T., Pabst, R., Von Horsten, S., (2003). Behavioral phenotyping of mice in pharmacological and toxicological research. *Exper. Toxic. Pathol.* 55: 69-83.
- Kim, M.S., Yu, H.S., Kim, H.C., (1995). Studies on relative densities of cockroach population in 7 different habitats by using stuchy - traps in suwon. *Korean J. Appl. Entomol.* 34 (4): 391-542.
- Kirby, L.G., Lucki, I., (1997). Interaction between the forced swimming test and fluoxetine treatment on extracellular 5 - hydroxytryptamine and 5-hydroxyindolacetic acid in the rat. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 282: 967-976.
- Kousteff, A., (2011). Etude de l'interaction entre stress chronique et polymorphisme de l'apolipoprotéine E dans les processus émotionnels et cognitifs chez la souris : implications dans la maladie d'Alzheimer ? Doctoral thesis (Neurosciences). University of Strasbourg. 268 p.
- Lassiter, T.L., Padilla, S., Mortensen, S.R., Chanda, S.M., Moser, V.C., Barone Jr, S., (1998). Gestational Exposure to Chlorpyrifos: Apparent Protection of the Fetus? *Toxic. Appl. Pharm.* 152: 56-65.
- Laura, M., Icenoglea, N., Channelle Christophera, W., Paul Blackweldera, D., Patrick Caldwell, Dan Qiaob., Frederic, J.S., Theodore, A., Slotkina, B., Levina, E.D., (2004). Behavioral alterations in adolescent and adult rats caused by a brief subtoxic exposure to chlorpyrifos during neurulation. *Neurotoxicology and Teratology.* 26: 95-101.
- Levin, E.D., Addy, N., Baruah, A., Elias, A., Christopher, N.C., Seidler, F.J., Slotkin, T.A., (2002). Prenatal chlorpyrifos exposure in rats causes persistent behavioral alterations. *Neurotoxicology.* 24: 733-741.
- Lister, R.G., (1987). The use of a plus-maze to measure anxiety in the mouse. *Psychopharmacology.* 92: 180-185.
- Louat, F., (2013). Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Doctoral thesis, University of Orleans. 224 p.
- Lyon, W.F., (1997). German cockroach. Ohio State University Extension. Fact Sheet Entomol.
- Möhler, H., (2006). GABA<sub>A</sub> receptors in central nervous system disease: anxiety, epilepsy, and insomnia. *J. Recept. Sig. Trans. Res.* 26: 731-740.

28. Ogren, S.O., Eriksson, T.M., Elvander-Tottie, E., D'Addario, C., Ekström, J.C., Svenningsson, P., Meister, B., Kehr, J., Stiedl, O., (2008). The role of 5-HT(1A) receptors in learning and memory. *Behav. Brain Res.* 195, 54-77.
29. Onaivi, E.S., Green, M.R., Martin, B.R., (1990). Pharmacological characterization of cannabinoids in the elevated plus maze. *J. Pharm. Exp. Therap.* 253:1002-1009.
30. Palanza, P., (2001). Animal models of anxiety and depression: how are females different? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 25: 219-233.
31. Pellow, S., Chopin, P., File, S. E., & Briley, M. (1985). Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *J. Neurosc. Met.* 14: 149-167.
32. Petit-Demouliere, B., Chenu, F., Bourin, M., (2005). Forced swimming test in mice: a review of antidepressant activity. *Psychopharmacology (Berl)*. 177(3): 245-55.
33. Porsolt, R.D., Bertin, A., Jalfre, M., (1978). Behavioral despair in mice: a primary screening test for antidepressants. *Arch. Inter. Pharm. Therap.* 229 (2): 327-336.
34. Porsolt, R.D., Le Pinchon, M., Jalfre, M., (1977). Depression: new animal model sensitive to antidepressant treatments. *Nature.* 266:730-732.
35. Prut, L., Belzung, C., (2003). The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors: a review. *Eur. J. Pharm.* 463(1-3):3-33.
36. Raff, H., Lee, J.J., Widmaier, E.P., Oaks, M.K., Engeland, W.C., (2004). Basal and adrenocorticotropin-stimulated corticosterone in the neonatal rat exposed to hypoxia from birth: Modulation by chemical sympathectomy. *Endocrinology.* 145:79-86.
37. Rodgers, R.J., Dalvi, A., (1997). Anxiety, defence and the elevated plus-maze. *Neurosci Biobehav Rev* 21: 801-810.
38. Seger, C., Sturm, S., Mair, M., Ellmerer, E., Stuppner, H., (2005). <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR signal assignment of cucurbitacin derivatives from *Citrullus colocynthis* (L.) Schrader and *Ecballium elaterium* (L.) (Cucurbitaceae). *Mag. Reson. Chem.* 43(6): 489-91.
39. Sporleder, M., Lacey, L.A., (2013). Biopesticides. In: Giordanengo, P. Vincent, C. Alyokhin, A. (Eds). *Insect pests of potato: Global perspectives on biology and management.* Elsevier, Oxford, UK. 463-497.
40. Tayaa, H., (2014). Impact de l'exposition gestationnelle au diazinon sur les ratées Wistar et sur le neurodéveloppement de leur progéniture. Doctoral Thesis, University of Annaba. Algeria. 107 p.
41. UNESCO., (1960). Medicinal plants of arid regions. Research on arid zones. Flight 13, Paris (France), 99p.
42. Van Gaalen, M.M., Steckler, T., (2000). Behavioural analysis of four mouse strains in an anxiety test battery. *Behav. Brain Res.* 115(1):95-106.
43. Veillerette, F., (2005). Pourquoi de tels impacts alors que les pesticides sont testés et homologués? *Terre. Vie.* 94 : 2-6.