



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار . عنابة.

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR. ANNABA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

*Thèse en vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat*

Spécialité: Neurobiologie Animale (Eco-éthologie)

Intitulé :

**Valorisation des composés secondaires de la  
plante saharienne *Cleome arabica* L. (*Capparidaceae*)  
: Effets insecticides direct et différé sur un insecte  
modèle de laboratoire**

Présentée par : Mme HABBACHI Sarra

Membres de jury :

Pr. TAHRAOUI Abdelkrim	Président	Professeur	Univ. Annaba
Dr. REBBAS Khellaf	Directeur	MCA	Univ. M'sila
Dr. HABBACHI Wafa	Co-directeur	MCA	Univ. Annaba
Pr. FARINE Jean-Pierre	Examineur	CR1 CNRS	Univ. Bourgogne
Pr. GRARA Noudjoud	Examinatrice	Professeur	Univ. Guelma
Dr. DJEMLI Samir	Examineur	MCA	Univ. Annaba

Année Universitaire 2019/ 2020

## *Remerciements*

Je remercie, en premier lieu, **Mr. TAHRAOUI Abdelkrim** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour avoir accepté de présider le jury mais aussi pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire de Neuroendocrinologie appliquée, pour son aide continue, son ouverture d'esprit et sa gentillesse, autant d'éléments qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs. Merci de vous être impliquée dans ce travail, Monsieur.

Je voudrais également remercier les examinateurs de cette thèse pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et d'avoir accepté de juger cette thèse : **Mr. DJEMLI Samir** Maître de Conférences à l'Université de Badji Mokhtar d'Annaba, **Mme. GRARA Ndjoud**, Professeur de l'Université de 8 Mai 1945 - Guelma, **Mr. FARINE Jean-Pierre**, Directeur de Recherches au CNRS (Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CSGA) de l'Université de Bourgogne (Dijon, France).

Je tiens aussi à remercier très chaleureusement **Mr. REBBAS Khellaf**, Maître de Conférences à l'Université Mohamed Boudiaf, M'Sila qui a assuré la direction de thèse mais surtout pour la confiance qu'il m'a témoignée et ses qualités pédagogiques scientifiques et humaines.

J'adresse, également, de chaleureux remerciements à mon co-directeur de thèse, **Mme HABBACHI Wafa** Maître de Conférences à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba qui a assuré convenablement mon encadrement pour les conseils prodigués, la patience. Ceci est déterminant dans la réalisation de ce travail.

J'associe à ces remerciements toute l'équipe du Département de Biologie et l'équipe du laboratoire de neuroendocrinologie appliquée, les enseignants-chercheurs, les techniciens, et mes collègues doctorants, pour tous les échanges techniques, scientifiques et pour leur sympathie, leur accueil chaleureux pendant ces quatre ans de thèse.

Un remerciement particulier à mes chers parents, qui ont toujours été fier de moi, pour leur soutien sans faille, et à tout ce qu'ils ont pu m'apporter pour franchir les obstacles les plus difficiles. Je tiens à leur exprimer ma plus vive gratitude pour leur aide financière et morale tout au long de ces années d'études. Un immense merci à ma chère Wafa, ainsi qu'à mes

sœurs, Amel et Karima, pour leur soutien au cours de ces dernières années et sans lesquelles je n'en serais pas là aujourd'hui. Je vous remercie aussi d'avoir été présentes dans mes moments de doutes, de m'avoir remonté le moral et encouragé à ne pas laisser tomber cette thèse. Votre soutien a été précieux.

## Résumé :

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante dans la vie de ces derniers, ainsi l'étude des activités biologiques et biotechnologique des extraits de plantes n'a jamais cessé de s'accroître.

Aujourd'hui les plantes jouent encore un rôle très important dans les traditions médicales et la vie des habitants, mais les règles de leur utilisation manquent parfois de rigueur et ne tiennent pas compte des nouvelles exigences des techniques thérapeutiques modernes pour vérifier leurs suretés et leurs efficacités.

Dans la présente étude, nous cherchons les effets insecticides d'une plante thérapeutique et spontanée dans les zones arides, neurotoxique, antibactérienne *Cleome arabica* (extrait aqueux et éthanolique) sur la mouche de vinaigre *Drosophila melanogaster*.

Par ingestion le traitement des larves de 2<sup>ème</sup> stade de *D. melanogaster* a montrée une bonne activité insecticide des extraits de cette plante. Les résultats montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre les taux de mortalité et les temps d'exposition aux deux extraits de la plante utilisée, ainsi qu'entre la mortalité et les concentrations préparées. En utilisant la concentration de 100 µg/ml pour l'extrait aqueux de *C. arabica* on obtient 90% de mortalité au bout de 15 jours de traitement, alors pour l'extrait éthanolique de cette plante provoque un taux de mortalité de 60% pour la concentration 1 µg/ml. Nous avons enregistré, aussi, que le traitement perturbe le développement des mouches surtout lorsque nous utilisons l'extrait éthanolique qui provoque une accélération du développement.

La seconde étude de notre thèse est d'évaluer les effets différés de différentes concentrations sublétales pour chaque extrait (aqueux et éthanolique) sur le comportement alimentaire des larves de 3<sup>ème</sup> stade, d'une part et sur le comportement sexuel et le choix d'oviposition des femelles de *D. melanogaster* d'une autre part.

Les résultats de l'étude du comportement alimentaire indiquent que les larves de *D. melanogaster* perdent la faculté de la détection des odeurs de leurs milieux nutritifs pour les deux extraits. Alors, nous avons observé que l'extrait éthanolique de *C. arabica* perturbe complètement l'attractivité des larves, ce qui prouve que les molécules bioactives de l'extrait éthanolique de la plante sont principalement des composés allélochimiques répulsifs.

La deuxième série des tests comportementaux indique le bilan incomplet et la perturbation des différentes séquences du comportement sexuel chez les adultes de *D. melanogaster* et ce après le traitement avec les deux extraits de *C. arabica*, nous avons enregistré une inhibition des séquences de comportement menant à l'accouplement (vibrations, léchage et les tentatives d'accouplement).

Les extraits de *C. arabica* que nous avons préparé au niveau de notre laboratoire agissent aussi sur le choix de lieu de ponte chez la mouche. Les calculs de l'indice d'attraction montrent l'effet attractive de l'extrait éthanolique pour les femelles de *D. melanogaster*, contrairement aux extrait aqueux de *C. arabica* qui avaient un effet répulsif. Les extraits de cette plante influence aussi la fécondité et la fertilité des femelles. Le suivi du nombre des œufs et des larves de la première génération après traitement montrent une diminution significative des nombres des témoins et des traités. L'étude chimique par CPG confirme les résultats présentés.

**Mots clés :** *Drosophila melanogaster*, *Cleome arabica*, insecticide, mortalité, comportement alimentaire, comportement sexuel, comportement de l'ovipostion.

## Abstract

The history of aromatic and medicinal plants is associated with the evolution of civilizations. In all regions of the world, the history of peoples shows that these plants have always occupied an important place in the life of the latter, so the study of the biological and biotechnological activities of plant extracts has never stopped increase.

Today plants still play a very important role in the medical traditions and the life of the inhabitants, but the rules of their use sometimes lack rigor and do not take into account the new requirements of modern therapeutic techniques to check their safety and their effectiveness.

In the present study, we are looking for the insecticidal effects of a therapeutic plant and spontaneous in arid area, neurotoxic and antibacterial, it's *Cleome arabica* (aqueous and ethanolic extracts) on the vine fly *Drosophila melanogaster*.

By ingestion, the treatment of 2<sup>nd</sup> stage larvae showed good insecticidal activity. The results show that there is a strong positive correlation between mortality rates and exposure times to plant extracts, as well as between mortality and concentrations. Using the concentration of 100 µg / ml for the *C. arabica* aqueous extract, 90% mortality is obtained after 15 days of treatment, so for the ethanolic extract of this plant causes a mortality rate of 60% for the concentration 1 µg / ml. We have also recorded that the treatment disrupts the flies' development, especially when we use the ethanolic extract which causes development acceleration.

The second study of our thesis is to evaluate the delayed effects of different sublethal concentrations of extracts (aqueous and ethanolic) on the feeding behavior in 3<sup>rd</sup> stage larvae and the sexual behavior and oviposition of *D. melanogaster*.

The results on food behavior tests indicate that *D. melanogaster* larvae lose the faculty of detecting odors from their nutritive medium for the two extracts. Then we observe that the *C. arabica* ethanolic extract completely disrupts the larvae attractiveness, which proves that the bioactive molecules of the plant ethanolic extract are mainly repellent allelochemicals.

Incomplete sequences and remarkable disturbances of sexual behavior in *D. melanogaster* adults were recorded when we using the two extracts of *C. arabica*, in addition, we showed a courtship flies inhibition.

The attraction index calculations show the attractive effect of the ethanolic extract for females laying, unlike the repellent effect of the aqueous extracts of *C. arabica* was observed.

**Keywords:** *Drosophila melanogaster*, *Cleome arabica*, insecticide, mortality, eating behavior, sexual behavior, oviposition behavior

## المخلص

يرتبط تاريخ النباتات العطرية والطبية بتطور الحضارات في جميع مناطق العالم ، يُظهر تاريخ الشعوب أن هذه النباتات احتلت دائماً مكاناً مهماً في حياة الأخيرة ، لذلك لم تتوقف دراسة الأنشطة البيولوجية والتكنولوجية الحيوية للمستخلصات النباتية.

لا تزال النباتات اليوم تلعب دوراً مهماً في التقاليد الطبية وحياة السكان، لكن قواعد استخدامها تفنقر أحياناً إلى الدقة ولا تأخذ في الاعتبار المتطلبات الجديدة للتقنيات العلاجية الحديثة للتحقق من سلامتها وفعاليتها.

في هذه الدراسة، نبحث عن الآثار السمية ضد ذبابة الخل للهبيدات الحشرية المستخلصة من نبتة عفوية في المناطق الصحراوية القاحلة *Cleome arabica* (مستخلص مائي وإيثانولي) المتميزة بخصائصها العلاجية العصبية والتي تعتبر مضادة للجراثيم.

عن طريق الابتلاع، أظهرت معالجة يرقات مرحلة الثانية لذبابة الخل نشاط مبيد حشري جيد. أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية بين معدلات الوفيات وأوقات التعرض لمستخلصي النبات المستخدم ، وكذلك بين الوفيات والتركيزات المستعملة .

باستخدام تركيز 100 ميكروغرام / مل في المستخلص المائي لنبذة يتم الحصول على معدل وفيات 90% بعد 15 يوماً من العلاج ، لذلك بالنسبة للمستخلص الإيثانولي لهذا النبات ، فإن معدل الوفيات يبلغ 60% للتركيز 1 ميكروغرام / مل. لقد سجلنا أيضاً أن العلاج يعطل تطور الذباب ، خاصةً عندما نستخدم مستخلص الإيثانول الذي يسبب تسارع التطور.

الدراسة الثانية لأطروحتنا هي تقييم التأثيرات المتأخرة للتركيز المتنوع الفرعي لكل مستخلص (مائي وإيثانولي) على سلوك التغذية ليرقات المرحلة الثالثة والسلوك الجنسي

تشير النتائج على سلوك التغذية أن يرقات ذبابة الخل تفقد أعضاء الكشف عن الروائح اوسائهم الغذائية للمستخلصين (مائي وإيثانولي). لذلك نلاحظ أن مستخلص الإيثانول

*C.arabica* يعطل تماماً جاذبية اليرقات ، مما يثبت أن الجزيئات ناشطة بيولوجيا للمستخلص الإيثانول للنباتي كما يعتبر المستخلص الإيثانولي طارد بواسطة المكونات الاساسية *allélochimiques*. سلوك الجنسي غير مكتمل و اضطراب ملحوظ لدى البالغين لحشرة *D.melanogaster* بواسطة تأثير المستخلصين. كما تم تسجيل تثبيط تسلسل السلوك الجنسي لذبابة الخل.

تُظهر حسابات مؤشر الجذب التأثير الجذاب للمستخلص الإيثانولي لاباضة الذبابة على عكس التأثير الطارد للمستخلصات المائية *C.arabica*

**كلمات المفتاح** *Drosophila melanogaster*, *Cleome arabica* مبيد حشري ، وفيات ، سلوك التغذية

، السلوك الجنسي ، سلوك التبيض

# Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	01
<b>2. Matériel et Méthodes</b> .....	08
<b>2.1. Présentation du matériel biologique</b> .....	08
<b>2.2. Elevage de masse</b> .....	14
<b>2.3. <i>Cleome arabica L.</i></b> .....	15
<b>2.4. Extraction des principes actifs de la plante</b> .....	17
<b>2.4.1. Préparation des extraits aqueux de <i>C. arabica</i></b> .....	17
<b>2.4.2. Préparation des extraits éthanoliques de <i>C.arabica</i></b> .....	17
<b>2.5. Effet de <i>C.arabica</i> sur la mortalité et le développement de <i>D.melanogaster</i></b> .....	18
<b>2.5.1. Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i></b> .....	18
<b>2.5.2. Effet de l'extrait éthanoliques de <i>C.arabica</i></b> .....	18
<b>2.6. Effet de <i>C .arabica</i> sur l'attractivité alimentaire des larves de <i>D.melnogaster</i></b> .....	19
<b>2.7. Effet de l'extrait aqueux et éthanolique de <i>C.arabica</i> sur le comportement sexuel des adultes de <i>D.melnogaster</i></b> .....	21
<b>2.7.1. Description du comportement sexuel de <i>D. melanogaster</i></b> .....	21
<b>2.7.2. Test de comportement sexuel</b> .....	25
<b>2.8. Effet de l'extrait aqueux et éthanolique de <i>C.arabica</i> sur le choix d'oviposition chez les femelles</b> .....	26
<b>2.9. Analyse des données</b> .....	27
<b>2.9.1. Test de mortalité</b> .....	27
<b>2.9.2. Test d'attractivité alimentaire</b> .....	28
<b>2.9.3. Test de comportement sexuel</b> .....	28
<b>2.9.4. Test d'oviposition</b> .....	28
<b>3. Résultats</b> .....	30
<b>3.1. Effet de <i>C.arabica</i> sur la mortalité et le développement de <i>D.melanogaster</i></b> .....	30
<b>3.1.1. Effet de l'extrait aqueux.</b> .....	30
- <i>Effet de la concentration 35µg/ml</i> .....	30
- <i>Effet de la concentration 70 µg/ml</i> .....	30
- <i>Effet de la concentration 100µg/ml</i> .....	30

- Effet de la concentration 200µg/ml .....	31
- Les paramètres toxicologiques .....	32
<b>3.1.2. Effet de l'extrait éthanolique. ....</b>	<b>32</b>
- Effet de la concentration 0.25µg/ml. ....	32
- Effet de la concentration 0.5µg/ml. ....	33
- Effet de la concentration 1µg/ml. ....	33
- Effet de la concentration 2.5µg/ml. ....	33
- Effet de la concentration 5µg/ml. ....	34
- Les paramètres toxicologiques .....	35
<b>3.2. Effet de <i>C.arabica</i> sur l'attractivité alimentaire des larves L3 de <i>D.melanogaster</i> ..</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1. Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) .....</b>	<b>36</b>
3.2.1.1. Attraction des larves témoins. ....	36
3.2.1.2. Attraction des larves traitées .....	37
3.2.1.3. Temps de détection.....	39
3.2.1.4. Le temps passé dans chaque milieu .....	41
3.2.1.5. Pupation des larves témoins .....	42
3.2.1.6. Pupation des larves traitées .....	43
3.2.1.7. Indice d'attraction .....	43
<b>3.2.2. Effet de l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) .....</b>	<b>44</b>
3.2.2.1. Attraction des larves témoins .....	44
3.2.2.2. Attraction des larves traitées.....	46
3.2.2.3. Le temps de détection .....	48
3.2.2.4. Le temps passé dans chaque milieu .....	49
3.2.2.5. Pupation des larves témoins .....	51
3.2.2.6. Pupation des larves traitées .....	51
3.2.2.7. Indice d'attraction .....	52
<b>3.3. Effet de <i>C.arabica</i> sur le comportement sexuel des adultes de <i>D.melnogaster</i> .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.1. Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) .....</b>	<b>53</b>
3.3.1.1. Effet sur le taux des réussites d'accouplement. ....	53
3.3.1.2. Effet sur les séquences comportenantaes.....	53
<b>3.3.2. Effet de l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) .....</b>	<b>60</b>
3.3.2.2. Effet sur le taux des réussites d'accouplement .....	60
3.3.1.2. Effet sur les séquences comportementales.....	61
<b>3.4. Effet de <i>C.arabica</i> sur le choix d'oviposition des femelles de <i>D.melanogaster</i> .....</b>	<b>67</b>
<b>3.4.1. Effet de l'extrait aqueu de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) .....</b>	<b>67</b>



3.4.1.1. Effet sur le choix d'oviposition .....	67
3.4.1.2. Calcul d'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de <i>D. melanogaster</i> d'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml).....	68
3.4.2. Effet de l'extrait éthanolique. de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) .....	68
3.4.2.1. Effet sur le choix d'oviposition.....	68
3.4.2.2. Calcul d'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de <i>D. melanogaster</i> d'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml).....	69
3.5. Effet de <i>C.arabica</i> sur la fécondité et la fertilité des femelles de <i>D.melanogaster</i> .....	70
3.5.1. Effet des l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) .....	70
3.5.2. Effet de l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) .....	72
4. Discussion .....	75
5. Conclusion.....	86
6. Références bibliographiques.....	88
Annexe .....	112

## LISTE DES TABLEAUX

N	Titre	page
01	Tableau 1 : Les utilisations traditionnelles de différentes espèces du genre <i>Cleome</i> .	16
02	Tableau 2 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 35µg/ml de <i>C.arabica</i>	30
03	Tableau 3: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 70µg/ml de <i>C.arabica</i>	30
04	Tableau 4: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 100µg/ml de <i>C.arabica</i>	31
05	Tableau 5: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 200µg/ml de <i>C.arabica</i>	31
06	Tableau 6: Taux de mortalité causé par différentes concentrations d'extraits aqueux de <i>C. arabica</i>	31
07	Tableau 7: Paramètres toxicologiques de l'effet larvicide d'extraits aqueux de <i>C. arabica</i> sur les larves L <sub>2</sub> de <i>D. melanogaster</i>	32
08	Tableau 8 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 0.25µg/ml de <i>C.arabica</i>	33
09	Tableau 9 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 0,5µg/ml de <i>C.arabica</i>	33
10	Tableau 10: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 1 µg/ml de <i>C.arabica</i>	33
11	Tableau 11: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 2.5 µg/ml de <i>C.arabica</i>	34
12	Tableau 12 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de <i>D. melanogaster</i> après traitement par la concentration 5 µg/ml de <i>C.arabica</i>	34
13	Tableau 13: Taux de mortalité causé par différentes concentrations d'extraits éthanolique de <i>C. arabica</i>	34
14	Tableau 14: Paramètres toxicologiques de l'effet larvicide d'extraits éthanolique de <i>C. arabica</i> sur les larves L <sub>2</sub> de <i>D. melanogaster</i>	35
15	Tableau 15 : Le premier choix des larves témoins vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait aqueux de <i>C.arabica</i> )	36
16	Tableau 16: Choix des larves témoins après 30 minutes du test	37
17	Tableau 17: Choix des larves témoins après 60 minutes du test	37
18	Tableau 18: Le premier choix des larves traitées vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait aqueux de <i>C.arabica</i> )	38
19	Tableau 19: Choix des larves traitées après 30 minutes du test	38

20	Tableau 20: Choix des larves traitées après 60 minutes du test	39
21	Tableau 21 : Temps de détection (secondes) des larves témoins en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml)]	40
22	Tableau 22: Temps de détection (secondes) des larves traitées en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> ]	41
23	Tableau 23: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu des larves témoins	41
24	Tableau 24 : Le temps passé (secondes) dans chaque milieu des larves traitées par l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i>	42
25	Tableau 25 : Pupation des larves témoins (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml))	43
26	Tableau 26: Pupation des larves traitées (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml))	43
27	Tableau 27 : Le premier choix des larves témoins vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml))	45
28	Tableau 28: Choix des larves témoins après 30 minutes du test	45
29	Tableau 29: Choix des larves témoins après 60 minutes du test	46
30	Tableau 30 : Le premier choix des larves traitées vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml))	46
31	Tableau 31 : Choix des larves traitées après 30 minutes du test	47
32	Tableau 32 : Choix des larves traitées après 60 minutes du test	48
33	Tableau 33: Temps de détection (secondes) des larves témoins en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml)].	48
34	Tableau 34 : Temps de détection (secondes) des larves traitées en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml)].	49
35	Tableau 35: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu par les larves témoins.	50
36	Tableau 36: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu par les larves traitées par l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> .	50
37	Tableau 37: Pupation des larves témoins (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml))	51
38	Tableau 38: Pupation des larves traitées (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml))	52
39	Tableau 39: Effets de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements de <i>D. melanogaster</i>	53
40	Tableau 40: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le temps du premier contact	54
41	Tableau 41 : Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le nombre des contacts	54

42	Tableau 42: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le temps de la première vibration	55
43	Tableau 43: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le nombre de vibration	56
44	Tableau 44: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le temps du 1 <sup>er</sup> léchage	56
45	Tableau 45: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le nombre de léchage	57
46	Tableau 46: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le temps de la première tentative	58
47	Tableau 47: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35µg/ml) sur le nombre de tentative.	58
48	Tableau 48: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le temps du premier accouplement	59
49	Tableau 49: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur la durée d'accouplement	60
50	Tableau 50: Effets d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements de <i>D. melanogaster</i>	60
51	Tableau 51: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le temps du premier contact	61
52	Tableau 52: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le nombre d'attouchement	62
53	Tableau 53: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le temps de la première vibration	63
54	Tableau 54: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le nombre de vibrations	63
55	Tableau 55: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le temps du premier léchage	64
56	Tableau 56: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le nombre de léchages	64
57	Tableau 57: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le temps de la première tentative.	65
58	Tableau 58: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le nombre de tentatives d'accouplement	66
59	Tableau 59: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le temps du premier accouplement	66
60	Tableau 60: Effet d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur la durée d'accouplement	67
61	Tableau 61: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le choix du site de ponte chez <i>D. melanogaster</i>	68
62	Tableau 62: Indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de <i>D. melanogaster</i> d'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml)	68
63	Tableau 63: Effet d'extrait éthanologique de de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le choix du site de ponte chez <i>D. melanogaster</i>	69
64	Tableau 64: Indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de <i>D. melanogaster</i> d'extrait éthanologique de <i>C. arabica</i> .	70
65	Tableau 65: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le nombre total des œufs pondus dans deux milieux par les femelles	71
66	Tableau 66: Effet de l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml) sur le	72

	<b>nombre total des larves issues après éclosion des œufs</b>	
<b>67</b>	<b>Tableau 67: Effet de l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml) sur le nombre total d'œufs pondus dans le deux milieux par les femelles</b>	<b>73</b>
<b>68</b>	<b>Tableau 68: Effet de l'extrait éthanolique de <i>C.arabica</i> sur le nombre total des larves issues après éclosion des œufs</b>	<b>74</b>

## LISTE DES FIGURES

N	Titre	page
01	Figure 1. <i>Drosophila melanogaster</i> entrain de pondre sur les fruits mûrs (Gr : x 13,33)	08
02	Figure 2. Dimorphisme sexuel chez <i>D. melanogaster</i> (= : Gr: x 12,8 ; > : Gr: x 13,33)	09
03	Figure 3. Différents stades larvaires de <i>D. melanogaster</i> (Gr : X 10)	11
04	Figure 4. Œufs de <i>D. melanogaster</i> (Gr : x 56)	12
05	Figure 5. Pré-pupe (Gr : X 15,33)	12
06	Figure 6. Pupe de <i>D. melanogaster</i> . (Gr: X 16,33)	12
07	Figure 7. Cycle de vie de <i>D. melanogaster</i>	13
08	Figure 8. Elevage de masse initiale à partir de fruit mûr (pomme)	14
09	Figure 9. <i>Cleome arabica</i>	16
10	Figure 10. Traitement des larves L2 stades de <i>D. melnogaster</i>	18
11	Figure 11. Schéma de l'arène de test [Boîte de pétri, Ø 100 mm]	19
12	Figure 12. Préparation du milieu gélosé à base d'agar et de l'eau	20
13	Figure 13. Le mélange préparé est distribué sur les boîtes de pétrie	20
14	Figure 14. Présentation schématique qui illustrent les différentes séquences de la parade de <i>D. melanogaster</i>	25
15	Figure 15. Séparation des adultes de <i>D. melanogaster</i> par sexe	26
16	Figure 16. Chambres d'oviposition	27
17	Figure 17. Représentation graphique de l'indice d'attraction (IA) des larves de <i>D. melanogaster</i> (témoins et traitées) envers les différents milieux testés par l'extrait aqueux de <i>C. arabica</i> (35 µg/ml)	44
18	Figure 18. Représentation graphique de l'indice d'attraction (IA) des larves de <i>D. melanogaster</i> (témoins et traitées) envers les différents milieux testés par l'extrait éthanolique de <i>C. arabica</i> (0,5 µg/ml)	52

# **Introduction**

## 1. Introduction:

L'étude des insectes qui ont une importance médicale, vétérinaire et écologique est l'une des préoccupations actuelles chez les scientifiques, car ils sont responsables d'une multitude de maladies vectorielles. Pourtant, ils jouent un rôle utile et même essentiel dans la vie de nos lacs et cours d'eau, des milieux où, de la bactérie aux gros poissons prédateurs, la vie de chacun dépend de la présence de l'autre.

Les insectes nuisibles, considérés comme l'un des problèmes majeurs en agriculture, peuvent être, également, vecteurs d'agents pathogènes (McKay *et al.*, 2013 ; Menasria *et al.*, 2014; White *et al.*, 2014; Govindarajan & Rajeswary, 2015) et constituer une menace pour les animaux dont l'homme. Par conséquent, une gestion de ces différentes nuisances est primordiale pour un appui à la productivité agricole et une protection de la santé animale et humaine. Actuellement, la lutte chimique reste le moyen le plus largement adopté dans le monde pour contenir ces insectes nuisibles à un seuil raisonnable (Cantrell *et al.*, 2012 Casida & Durkin, 2013). Les dépenses mondiales annuelles en pesticides représentent plus de 25 milliards d'euros pour un montant total d'environ 2,5 millions de tonnes de pesticides (USEPA, 2011; FAO, 2012; Fenner *et al.*, 2013) ; par ailleurs, 90% de ces produits sont perdus dans l'air, au moment de l'application ou encore du fait du phénomène de ruissellement, affectant à la fois les coûts des traitements et les différents écosystèmes (Ghormade *et al.*, 2011).

Face à ces menaces l'homme fait appel à l'utilisation intensive d'insecticides conventionnels pour contrer rapidement la nuisance que représentent les insectes sur la productivité alimentaire (Oerke, 2006), ou encore l'invasion de mauvaises herbes. Les insecticides se classent en fonction de leur structure chimique ou de leur origine, en insecticides minéraux ou organiques, insecticides naturels ou de synthèse. Quatre groupes principaux sont distingués: les insecticides non organiques, insecticides organiques d'origine végétale ou de synthèse et les régulateurs de croissance (Bekhakheche, 2018). Cependant, les signes évidents de toxicité et les conséquences néfastes de l'usage massif de pesticides conventionnels ne sont plus à prouver, puisqu'il cause des dommages à l'environnement, à la santé humaine et entraîne une perte d'efficacité liée au développement de résistance des insectes et des pertes économiques (Snedeker, 2001; Schoeters & Hoogenboom, 2006; Ekström & Ekbohm 2011).



Un immense effort est actuellement accompli à l'échelle mondiale pour lutter contre les insectes nuisibles par plusieurs méthodes, qu'elles soient physiques, biologiques ou chimiques (**Bensafi-Gheraïbia, 2015**), mais la lutte à l'aide des pesticides chimiques est la plus adoptée à cause de leurs efficacités sur la cible (**Cantrell et al., 2012 ; Casida & Durkin, 2013 ; Boulahbel, 2015**). Cependant, les signes évidents de toxicité et les conséquences néfastes de l'usage massif de pesticides conventionnels ne sont plus à prouver puisqu'ils causent des dommages à l'environnement, la biodiversité et à la sante humaine. Ils entraînent une perte d'efficacité liée au développement de résistance des insectes et des pertes économiques importantes (**Eriksson et al., 1992 ; Snedeker, 2001 ; Schoeters & Hoogenboom, 2006 ; Bonde et al., 2008 ; Ekström & Ekbohm, 2011 ; Kohler & Triebkorn, 2013 ; Gupta & Milatovic, 2014**).

Les problèmes de toxicité et de neurotoxicité qui sont associés à l'utilisation de certains organochlorés, organophosphorés, les pyréthriinoïdes et autres carbamates (**Colborn, 2006 ; Grandjean & Landrigan, 2006**) entraînent de graves déséquilibres dans le milieu (pollution des eaux, contamination du sol et de l'air) (**Regnault-Roger et al., 2005 ; Gueye et al., 2011**), ou encore, l'érosion des sols, l'accumulation de résidus toxiques dans les produits récoltés (**Snedeker, 2001; Den Hond & Schoeters, 2006 ; Schoeters & Hoogenboom, 2006**). En outre, on signale la perte massive de la biodiversité liée à l'usage des insecticides à large spectre (**Bianchi et al., 2006**), ainsi que l'impact sur les organismes auxiliaires (**Stark et al., 1992 ; Desneux et al., 2007**). Ces pesticides agissent sur plusieurs systèmes physiologiques (croissance, reproduction et métabolisme) chez les organismes non visés (**Gagné et al., 1999**). L'usage intensif de ces produits provoque également le développement de formes résistantes de ravageurs vis à vis de différents types d'insecticides (**Boyer, 2006 ; Brévault et al., 2009 ; Yang et al., 2009 ; Tomé et al., 2012 ; Carvalho et al., 2017**) qui sont aussi neurotoxiques sur les vertébrés (**Mathew & Thanuja, 2008**) ainsi que sur les organismes aquatiques (**De Groot, 2006**).

Les organismes de protection de l'environnement, dénoncent l'impact négatif des molécules synthétiques comme les organochlorés, organophosphorés et carbamates (**Hoffman & Lorenz, 1998 ; Scudeler & Santos, 2013; Kohler & Triebkorn, 2013; Gupta & Milatovic, 2014**). qui restent encore les plus vendus (≈40%) dans le monde (**Casida & Durkin, 2013**); en effet, ces pesticides conventionnels, très efficaces dans la gestion des organismes visés (**Bruce, 2010**), sont responsables du phénomène de pollution (**Long, 2000**;

**Comoretto & Chiron, 2005**) et de l'apparition de forte résistance chez les organismes cibles (**Kristensen et al., 2005 ; Karunker et al., 2008; Yang et al., 2009 ; Ahmad & Arif, 2010 ; Sahu et al., 2014**). Ainsi, dans le cadre du développement durable, des pesticides non polluants ont été commercialisés par les firmes pharmaceutiques et phytosanitaires. Ces molécules, alternatives aux pesticides conventionnels, sont représentées par les pesticides synthétiques de la 3<sup>ème</sup> génération (régulateurs de croissance) ou encore par les pesticides d'origine naturelle (biopesticides). Les régulateurs de croissance synthétiques (Insect growth Regulator IGRs) agissent, spécifiquement (**Dhadialla et al., 2005**) *via* les deux principales hormones du développement (hormone juvénile ou HJ et les ecdystéroïdes) ou *via* la synthèse de la chitine, composé majeur de la cuticule (**Ishaaya, 1990; Dhadialla et al., 2010**); ainsi, en fonction du mode d'action, ces molécules sont réparties en trois groupes (**Dhadialla et al., 2005; 2010**): les agonistes et antagonistes de l'HJ (**Kaakeh et al., 1997; Aribi et al., 2006**), les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (**Oberlander & Silhacer, 1998**) et enfin, les agonistes et antagonistes des ecdysteroides (**Aribi et al., 1999; Soltani-Mazouni et al., 2012; Amira et al., 2013; Daas-Maamcha et al., 2013 ; Kilani-Morakchi et al., 2014**). Les pesticides naturels, issus du développement de la biotechnologie, se définissent, au sens large, comme provenant d'organismes vivants: animaux, plantes, bactéries ou encore certains minéraux comme le bicarbonate de potassium (**Sporleder & Lacey, 2013**). Selon, l'agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA), il a été enregistré plus de 192 biopesticides actifs (**Cantrell et al., 2012**).

Ce qui rend urgent l'orientation vers d'autres moyens de lutte qui font appel aux composés naturels propres au monde vivant (végétal ou micro-organismes) pouvant être à l'origine de traitements préventifs et curatifs (**Mehaoua, 2014**). Dans ce contexte les biologistes ont mis l'accent sur la création de d'une nouvelle génération de biopesticides à base d'huiles naturelles, de bactéries pathogènes, des régulateurs de croissance d'insectes (IGR), de phéromones, de nématodes et de toxines marines (**Abdullah, 2009**).

Le développement des nouvelles techniques a permis également l'apparition de nouveau pesticides à partir de produit naturels ou biopesticides qui sont de plus en plus mis à l'avant pour une lutte propre et efficace. Ces molécules possèdent des actions insecticides fongicides ou herbicides, provenant des composés végétaux ou animaux pouvant être utilisés dans la lutte contre les insectes nuisibles. Les bio-pesticides désignent, en gros, les produits de lutte contre les ennemis des cultures qui proviennent de matières naturelles, comme les

animaux, les plantes, les bactéries et les minéraux. Ils peuvent être microbiens - l'ingrédient actif est alors un microorganisme bénéfique - ou biochimiques, auquel cas l'ingrédient actif est dérivé d'une substance naturelle qui permet de lutter contre les ennemis des cultures de façon différente (**Mehaoua, 2014**).

Les biopesticides en générale et ceux d'origines végétales en particulier offrent de nombreux avantages. Ils sont écologiquement beaucoup plus compatibles que les produits chimiques et ont une spécificité accrue vis-à-vis des espèces contre lesquelles ils sont dirigés (**Deravel et al., 2014**). Ces molécules sont moins rémanentes que leurs homologues chimiques et possèdent une toxicité plus faible vis-à-vis des espèces non ciblées, ce qui supporte une utilisation compatible dans les programmes de lutte intégrée (**Deravel et al., 2014**). De plus, les biopesticides sont souvent efficaces en faible quantité et leurs molécules bioactives emploient plusieurs modes d'action, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour limiter l'apparition de bio-agresseurs résistants (**Deravel et al., 2014**).

Les possibilités d'utiliser les substances secondaires des plantes contre les insectes nuisibles, a suscité beaucoup d'intérêt, certains travaux ont montrés la large variété d'activités biologiques des préparations à base des plantes (**Candan et al., 2003**). En effet le monde botanique fournit des moyens de lutte en meilleure harmonie avec l'environnement. De nombreuses plantes synthétisent des métabolites secondaires, tels que les alcaloïdes, les polyphénols, les terpènes, les stéroïdes, et leurs huiles essentielles ont des propriétés biologiques importantes contre les insectes nuisibles (**Silva et al., 2002; Regnault-Roger et al., 2005**).

De plus, les recherches sur les produits naturels d'origines végétales susceptibles d'avoir une activité phytosanitaire (biopesticides) retrouvent un regain d'intérêt (**Mordue et al., 2010 ; Bezzar-Bendjazia, 2016**). L'usage des plantes en médecine est très ancien. Les plantes médicinales font partie du savoir de base de toutes les sociétés humaines (**Paul, 2001**). Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des insectes. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores et elles affectent profondément le comportement des insectes phytophages (**Benayad, 2008 ; Deravel et al., 2014**).

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes (**Crosby & Rucker, 1966**). D'après **Jacobson (1989)**, plus de 2000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées. En **2000**, **David et al.** ont montré que la litière de l'aulne, plante riche en polyphénols possèdent des propriétés toxiques importantes vis-à-vis des larves des moustiques *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*.

**Yang & Tang (1988)** ont étudié les plantes utilisées pour le contrôle des insectes nuisibles et ont trouvé qu'il existe une forte corrélation entre les plantes médicinales et les pesticides (**Jbilou et al., 2006**). Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées dont le produit le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (**Schmutterer, 1990**). Les molécules du métabolisme secondaire des plantes appartiennent à des familles chimiques très diverses telles que les alcaloïdes, les phénols, les flavonoïdes, les triterpénoïdes et les stéroïdes (**Benayad, 2008**). Ces produits ont également été étudiés pour leur toxicité aiguë, leurs effets antiappétants, répulsifs ou attractifs et fumigeants, ainsi que l'inhibition de la reproduction de nombreux espèces ravageurs (**Cox, 2004 ; Kubo, 2006**).

Comme dans tout le Maghreb, l'Algérie est parmi les pays méditerranéens qui ont une longue histoire avec les plantes spontanées. Depuis des décennies, la plus part des travaux en Algérie convergent vers l'utilisation des extraits de plantes comme moyen de lutte contre divers ravageurs (**Aouinty et al., 2006 ; Kemassi, 2008 ; Lebouz, 2010 ; Bounechada & Arab, 2011 ; Habbachi et al., 2013 ; Habbachi et al., 2014 ; Merabti et al., 2015 ; Benhissen, 2016**). L'Algérie, grâce à sa situation géographique, son relief, sa grande variété de climats et de sols, possède une flore variée dans les régions côtières, les massifs montagneux, les hauts plateaux, la steppe et oasis sahariennes, renfermant plus de 3000 espèces végétales (**Saad et al., 2006**). La flore algérienne avec ses 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques, dont 15% endémiques (**Quezel & Santa, 1963**), reste très peu explorée sur le plan phytochimique (**Ayad, 2008**), ainsi par leurs propriétés insecticides et leurs pouvoirs intrinsèques. Le Sahara algérien dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée de plus de 500 espèces, dont il est dénombré 162 espèces endémiques dans le Sahara septentrional seul et à la quelle s'ajoute une tradition séculaire de pharmacopée traditionnelle (**Ozenda, 1991**). Plusieurs espèces sont connues pour leurs

propriétés thérapeutiques remarquables (Quezel, 1978). Les plantes spontanées des zones arides sont considérées comme l'une des ressources phytogénétiques qui présentent un intérêt agronomique, économique, écologique mais aussi stratégique (UNESCO, 1960).

C'est dans cet esprit que nous aborderons le cas des plantes spontanées réputées toxiques et que nos recherches visent à valoriser les plantes spontanées en Algérie. La plante choisie pour cette thèse est *Cleome arabica* est l'une de ces espèces végétales fortement tolérantes à la sécheresse et qui se trouve dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie. Ce choix a été fait sur la base de l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle.

Nous avons, donc, initié un protocole qui a pour l'objectif de évaluer l'effet toxique direct et indirect des extraits aqueux et éthanoliques de *C. arabica*, sur la mouche de vinaigre *Drosophila melanogaster*. Les drosophiles sont connues partout dans le monde sous des noms divers : mouches du vinaigre ou petites mouches des fruits. Ces insectes très communs vivent souvent à proximité des activités humaines (Delbac *et al.*, 2014). La drosophile, bien qu'étant un petit insecte, est un animal à part entière qui permet aussi d'appréhender des questions scientifiques à bien d'autres niveaux biologiques : le comportement, la reproduction, le développement, les relations avec les autres espèces ou bien encore l'adaptation à l'environnement (Joly *et al.*, 2003). *D. melanogaster*, l'espèce la plus répandue dans le monde, est considérée comme une nuisance redoutée tant pour le désagrément causé par les maladies parasitaires qu'elles peut inoculer (Jolivet, 1980 ; Joly *et al.*, 2003 ; Habbachi *et al.*, 2013). Elle représente également un vecteur important de divers microorganismes infectieux, comprenant des levures et des bactéries phytopathogéniques qui s'attaquent non seulement aux cultures maraîchères et fruitières mais aussi aux cultures de céréales ou de tournesol (Kloepper *et al.*, 1979 ; Corby-Harris *et al.*, 2007 ; Nadarajah & Stavrinides, 2011 ; Becher *et al.*, 2012). Les drosophiles adultes peuvent devenir gênantes par leur pullulation. Les larves ingérées avec des fruits infestés ou des liquides conservés dans des récipients malpropres causent une diarrhée et parfois des myiases intestinales (Rageau, 1958 ; Joly, 2006 ; Delbac *et al.*, 2014).

Cette étude comporte deux parties principales. La première partie est une étude toxicologique pour déterminer l'effet de la plante (extrait aqueux et éthanolique de la plante) sur l'insecte modèle de laboratoire *D. melanogaster* (Diptera ; Drosophilidae). Alors que la deuxième partie est une étude comportementale pour déterminer les effets différés de la plante

sur l'attractivité alimentaire des larves de la mouche, le comportement sexuel, le choix d'oviposition et la fécondité et la fertilité des adultes.

**Matériel**  
**&**  
**Méthodes**

## 2. Matériel et Méthodes :

### 2.1. Présentation du matériel biologique : *Drosophila melanogaster* :

*Drosophila melanogaster* est l'espèce de drosophile la mieux connue. C'est l'un des organismes modèle de laboratoire (Campbell & Reece, 2007). C'est un insecte hygrophile, lucicole et holométabole, facile à élever (Colombani et al., 2006). C'est un insecte qui fait partie de l'ordre des Diptères, sous ordre des Brachycères, et famille des Drosophilidae.

C'est un animal prolifique, une femelle peut pondre de 200 à 300 œufs (Goudey-Perrière & Perrière, 1974). En tant qu'holométabole, son développement est indirect, ce qui signifie qu'il subit une métamorphose complète au cours du stade nymphal, de telle manière que l'œuf éclot en une larve, a une structure assez différente de l'adulte (Slack, 2004 ; Gilbert, 1996). Les larves apparaissent après un jour, passent par des stades définis du développement embryonnaire et forment après cinq jours une pupe, qui se métamorphose ensuite en un animal adulte (Passarge, 2003).



**Figure 1. *Drosophila melanogaster* entrain de pondre sur les fruits mûrs (Gr : x 13,33)**

*Drosophila melanogaster*, comme tous les autres *Drosophila* subit quatre étapes fondamentales du développement. La première étape est l'œuf, La seconde est la larve, le troisième est la pupe, et la dernière étape est l'adulte.



*D. melanogaster* dure environ 24 heures au le stade de l'œuf, après quoi la larve éclot. La larve mue deux fois au cours de laquelle il perd ses cuticules, crochets buccaux et stigmates sur une période d'environ sept jours. Le stade nymphal dure environ six jours, à partir de là une jeune mouche émerge. Les mouches adultes peuvent vivre pendant plusieurs semaines (**Griffiths et al., 2002**).

Sa reproduction est très rapide, au laboratoire, elle se reproduit toute l'année, sans interruption, avec une nouvelle génération tous les 12 jours à une température de 25 °C et on obtient en moyenne 25 génération par an, (**Griffiths et al., 2002 ; Tavernier & Lizeaux, 2002**), en comparaison, l'homme donne une génération tous les 25 ans (**Joly et al., 2003**). Il est donc très facile de conserver sous forme de stocks des individus qui proviennent soit de lignées sauvages qui sont prélevées directement dans la nature, soit de lignées mutantes sélectionnées au laboratoire à partir des souches sauvages ou induites.

La femelle de drosophile présente un dimorphisme sexuel avec les mâles, un peu plus petits que les femelles et dont la partie arrière de leur corps est plus foncée (**Fig. 2**). Cet insecte suit le type de reproduction des hexapodes qui est le plus souvent de type sexuée (**Heusser & Dupuy, 2004**). Disposant d'une taille minuscule, ce moucheron de 3 à 4 mm de long se reconnaît facilement à son corps jaune et brunâtre, relativement massif, avec des anneaux transversaux noirs au travers de l'abdomen.



**Figure 2. Dimorphisme sexuel chez *D. melanogaster* (= : Gr: x 12,8 ; > : Gr: x 13,33)**

Comme tous les insectes, la drosophile possède trois paires de pattes. Comme tous les diptères, elle n'a qu'une seule paire d'ailes fonctionnelles, les antérieures; alors que les postérieures sont atrophiées sous la forme d'un balancier minuscule. Son vol est assuré par deux larges ailes ovales bien développées qui peuvent battre jusqu'à 250 fois par seconde. Les mouches volent par des séquences directes de mouvement alternant avec de rapides rotations appelées saccades. Au cours de ces rotations, une mouche peut effectuer une rotation de 90 degrés en moins de 50 milli secondes (**Baudry, 1998 ; Heusser & Dupuy, 2004 ; Joly, 2006 ; DDEP, 2008**).

La drosophile adulte nommée aussi imago suit le plan général des insectes, elle présente un corps en trois parties bien distinctes; une tête de forme générale globuleuse, qui porte des yeux composés rouge vif, contiennent 800 unités de vision ou ommatidia, ce qui fait d'eux les plus développés parmi les insectes. Chaque ommatidium contient 8 cellules photoréceptrices (R1-8), des cellules de support, des cellules de pigment et une cornée, on trouve aussi sur sa tête, des organes sensoriels, des pièces buccales de type lécheur et une paire d'antennes courtes dont l'extrémité est plumeuse.

Dans la région post céphalique, il y a formation d'un thorax bien distinct de forme quadrangulaire, divisé en trois segments sur lesquels s'articulent les organes locomoteurs, les trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes ovales. Le thorax est suivi d'un abdomen plutôt court et rayé de bandes sombres, contenant les organes respiratoires, reproducteurs et excrétoires. Des amas de soies tactiles, dispersés sur tout le corps, sont autant d'organes sensoriels comme cellules olfactives qui sont situées sur les antennes. Alors que les organes auditifs qui sont disposés sur le corps (poils sensoriels), sur les pattes ou sur l'abdomen (organe tympanique) et d'autres soies, les organes gustatifs sont situés sur les palpes (**Baudry, 1998 ; Lecointre & Le Guyader, 2001**).

Le cycle de vie de *D. melanogaster* comprend l'embryogénèse, trois stades larvaires, un stade pupal qui se termine par l'émergence d'une mouche qui est capable de voler et de se reproduire (**Bouharmont et al., 2007**). Après l'accouplement, la femelle pond sur le milieu, en général des fruits, des centaines d'œufs allongés et blanchâtres d'environ 0,5 millimètre de long, de la forme d'un ballon de rugby (**Joly, 2006**). Ces œufs présentent de minuscules poils d'un côté, le micropyle qui apparait comme une petite excroissance sur la coque rigide qui entoure l'œuf (**Fig. 3**), et par lequel entreront les spermatozoïdes (**Gehring, 1999 ; Wolpert, 2004**).

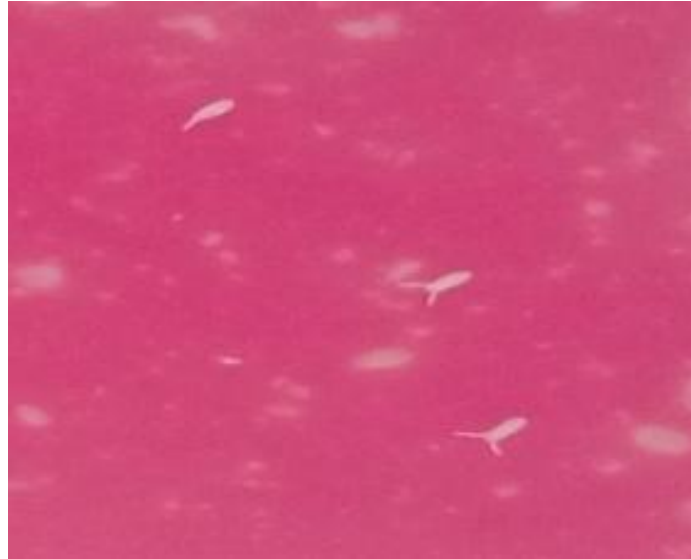


**A- Larve de premier stade    B- Larve de deuxième stade    C- Larve de troisième stade**

**Figure 3. Différents stades larvaires de *D .melanogaster* (Gr : X 10)**

Après la segmentation et la gastrulation, le corps de l'embryon se segmente, et à l'éclosion de l'œuf, la drosophile, comme de nombreux autres insectes, apparaît sous forme d'une larve blanchâtre appelée aussi asticot. Elle est dépourvue de tête, acéphale et d'appendice locomoteur, apode. Cet asticot respire par de petits orifices, les stigmates, situés à l'arrière de son corps (**Heusser & Dupuy, 2004 ; Wolpert, 2004**).

La larve libérée est capable de se nourrir de la pulpe du fruit en creusant des galeries ou de levures qui croissent sur divers matériaux sucrés ou fermentés à l'aide de son appareil buccal. Alors que, les adultes s'alimentent plutôt des fruits mûrs ou avariés, des végétaux, des champignons en décomposition ainsi que des liquides fermentés. Les larves présentent un aspect et une écologie fort différente de celles des adultes (**Lecointre & Le Guyader, 2001 ; DDEP, 2008**). Cette larve présente une segmentation thoracique et abdominale ; les disques imaginaux, ensembles des cellules ayant conservé des caractères embryonnaires, sont à l'origine des structures adultes (**Fig. 4**). Lors de la métamorphose, leur développement donne naissance aux antennes, aux yeux, aux ailes, aux balanciers, aux pattes, aux pièces génitales alors que les autres appareils sont profondément modifiés (**Heusser & Dupuy, 2004**). Ces disques assurent le passage de la larve à l'adulte, ainsi la morphologie larvaire est très différente de celle de l'adulte.



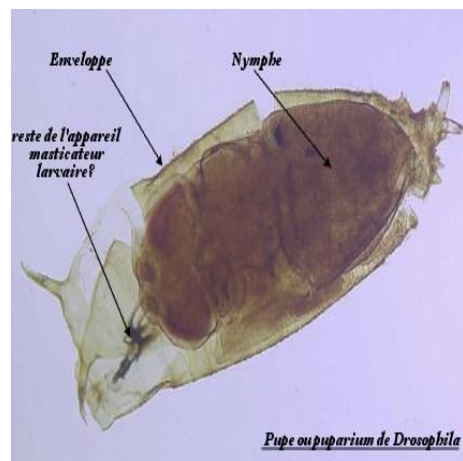
**Figure 4. Œufs de *D. melanogaster* (Gr : x 56).**

Le développement passe par une succession de stades larvaires séparés d'une série de mues, en effet, les larves de troisièmes stade rampent jusqu'à une portion sèche des aliments pour se transformer en pupes (**Fig.5**). C'est le stade intermédiaire entre le stade larvaire et celui d'adulte, caractéristique des insectes à métamorphose complète ; ainsi nommées en raison de l'épaississement considérable de l'enveloppe, ou puparium, formée par la dernière mue larvaire durcie.

Alors que la pupa est enfermée dans un cocon, elle ne se nourrit pas, c'est à l'intérieur de ce cocon qu'aura lieu la métamorphose qui va donner le jour à un insecte adulte ailé (**Baudry, 1998**).



**Figure 5. Pré-pupe (Gr : X 15,33)**



**Figure 6. Pupa de *D. melanogaster*. (Gr: X 16,33)**

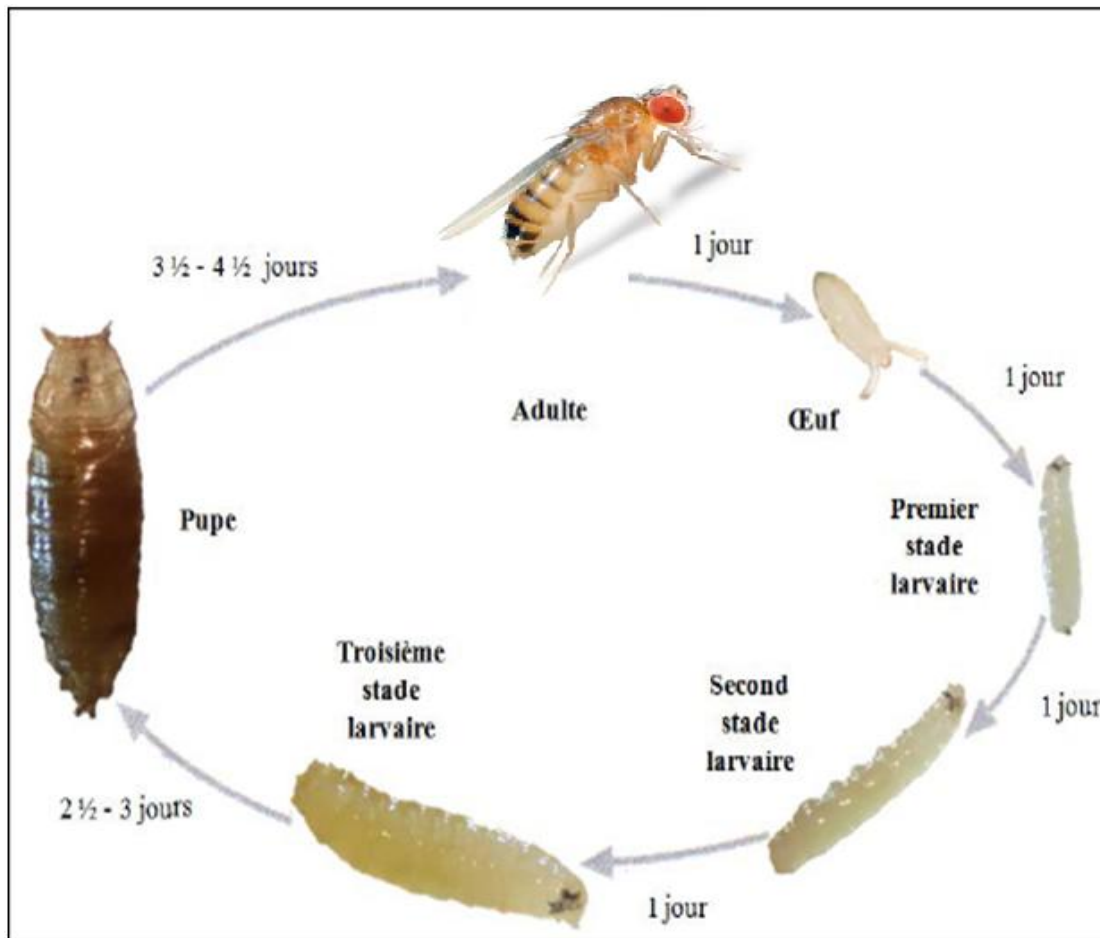


Figure 7. Cycle de vie de *D. melanogaster*.

Position systématique (Meigen, 1830)

- ❖ Règne ..... Animalia
- ❖ Embranchement ..... Arthropodes.
- ❖ Classe ..... Insecta
- ❖ Sous-classe ..... Pterygota.
- ❖ Infra-classe ..... Neopetera.
- ❖ Ordre ..... Dipteraé
- ❖ Sous-ordre ..... Brachycera.
- ❖ Infra-ordre ..... Muscomorpha.
- ❖ Famille ..... Drosophilidae.
- ❖ Sous-famille ..... Drosophilanae.
- ❖ Genre ..... *Drosophila*.
- ❖ Espèce ..... *melanogaster*

## 2.2. Elevage de masse:

Pour l'élevage de masse initiale, des fruits murs (principalement des pommes) ont été coupés en petits morceaux et mis dans des boîtes en plastiques pour accélérer la fermentation (Fig. 8). Dès que les fruits se décomposent, on remarque de petits asticots qui se déplacent sur le milieu, ils représentent des larves du premier stade. Ces derniers sont aussitôt déplacés sur un autre milieu artificiel préparé au laboratoire.



**Figure 8. Elevage de masse initiale à partir de fruit mûr (pomme)**

L'élevage des drosophiles nécessite des conditions favorables du milieu et repose sur un contrôle quotidien des facteurs environnementaux. Le suivi du développement et les diverses expériences réalisées sur les drosophiles ont été menées dans une pièce chauffée. D'autres paramètres très importants pour la survie des mouches tout au long de l'élevage, le premier réside dans la structure de la "chambre de vol" et le second dans le nombre d'individus par tube. Aussi la conduite de la reproduction est primordiale en élevage de drosophiles car elle conditionne pour une grande partie sa réussite.

De plus, la conduite, le maintien et le bon fonctionnement de l'élevage sont basées sur différentes manipulations qu'il faut effectuer régulièrement afin d'obtenir le matériel nécessaire aux différentes expériences réalisées. En effet, toutes les deux semaines, un renouvellement de stock est indispensable et un repiquage est établi tout les 7 à 8 jours.

### 2.3. *Cleome arabica* L. :

Cette plante appartient à la famille des Capparidacées, son nom *Cleome* vient du grec 'kleio' qui signifie entourer. Localement, Elle est dénommée « Netten » et « Netteina » en référence à l'odeur nauséabonde que dégage la plante (**Quezel & Santa., 1963, Baba Aissa., 2000**).

La plante *C. arabica* est une herbe verte, brièvement poilue, glanduleuse, visqueuse, et annuelle de 30 à 50 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées, feuilles trifoliolées, fruit allongé en silique s'ouvrant par 2 valves, graines revêtues de poils aussi longs que le diamètre de la graine (**Ozenda., 1991**). La fleur possède un calice à 4 sépales, 4 pétales (brun pourpre ou jaunes bordés de brun-pourpre), 6 étamines (ou 4 ovaires à 1 loge, portés par un pied court ou nul : podogyne), la capsule est de plus de 20 mm de long stipitée, siliquiforme, à 2 valves se séparant des placentas.

Le fruit est une gousse velue de 2 à 5 cm de longueur située à la base de pétiole. *C. arabica*, une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Les glandes stipitées sécrètent une substance visqueuse (**Gubb, 1913 ; Ozenda, 1991**).

Selon (**Ozanda, 1991**) dans la région saharienne, *C. arabica* se trouve sur des rocailles, du sable et des graviers. Les feuilles et les racines de certaines espèces du genre *Cleome* telles que *Cleome rosea* L., *Cleome viscosa* L., *Cleome gynandra* L. et *Cleome africana* L. sont utilisées dans plusieurs régions du monde en pharmacopée traditionnelle contre les diarrhées. Elles présentent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anti-arthritiques, anti-prolifératives, antioxydantes, anti-néoplasiques.

*C. arabica*, fréquent dans les savanes désertiques et les régions de l'étage tropical, monte dans l'étage méditerranéen inférieur sur les pentes pierreuses et dans les ravins sablonneux jusque vers 2300 m d'altitude (**Maire, 1933**). C'est une espèce commune dans tout le grand Sahara septentrional (Afrique du nord), en Egypte et en Afrique tropicale (**Kemassi et al., 2012**). Selon **Ozanda (1991)** dans la région saharienne, *C. arabica* se trouve sur des rocailles, du sable et des graviers.

En Algérie ; cette espèce septentrionale pousse dans la Hodna (M'sila) et dans quelques régions du Sahara algérien : *C. arabica* (**Ozenda., 1991, Tigrine., 2013**). Le genre de *Cleome* contient environ 250 espèces (**Wollenweber & Dorr., 1992**).



Figure 9. *Cleome arabica* (Photo originale)

Tableau 1 : les utilisations traditionnelles de différentes espèces du genre *Cleome*.

Utilisation traditionnelle du genre <i>Cleome</i>	Référence
Agent Sédatif; analgésique; traitement gastrique; anticolique; anti-grippe; anti-vomissement; agent diurétique; contre les douleurs névralgiques; contre les douleurs rhumatismales; agent hallucinogène; anti-inflammation; anti-gale; contre la fièvre rhumatismale; traitement des maladies du foie; contre la diarrhée; cicatrisant.	<b>Burkill., 1985 ; Djeridane., et al 2010 ; Baba Aissa., 2011; Tschritzis et al., 1993 ; Ahmad et al., 1992; Boulos., 1983 ; Harraz et al., 1995 ; Nagaya et al., 1997 ; Parimaladevi., 2002 ; Narendhirakannan et al., 2007 ; Farjam et al., 2014 ; Parimaladevi et al., 2003 ; Asolkar et al., 1981 ; Kirtikar &amp; Basu., 1975.</b>



### Classification systématique de *Cleome arabica* :

- ❖ Règne : Plantae.
- ❖ Embranchement : Spermaphyte.
- ❖ Sous Embranchement : Angiosperme.
- ❖ Classe : Dicotylédones.
- ❖ Sous classe : Dilleniidae.
- ❖ Ordre : Capparales.
- ❖ Sous ordre : Capparidinea.
- ❖ Famille : *Capparidaceae*.
- ❖ Genre : *Cleome*
- ❖ Espèce: *arabica* L. (Ozenda, 1991).

### 2.4. Extraction des principes actifs de la plante :

#### 2.4.1. Préparation des extraits aqueux de *C. arabica* :

Pour obtenir un extrait aqueux des feuilles de *C. arabica*, nous avons mis 250 g de feuilles fraîches dans un 500 ml d'eau distillée et on laisse bouillir pendant 30 minutes sur une plaque chauffante à 180°C. Le mélange obtenu est filtré à l'aide du papier filtre et on récupère un litre du filtrat.

#### 2.4.2. Préparation des extraits éthanoliques de *C.arabica* :

Pour l'extraction des feuilles de *C. arabica* nous avons macéré 300g de feuilles sèches en poudre dans 600 ml d'éthanol à 70% pendant 24h à température ambiante et à l'ombre. Après filtration, le filtrat obtenu a fait l'objet d'une évaporation en utilisant un Rotavapor à une température de 45°C pour éliminer le solvant éthanol. La partie récupérée a été conservée à 4°C jusqu'à utilisation. L'extraction a été réalisée dans le laboratoire pédagogique de l'université Badji Mokhtar Sidi Ammar (Annaba).

## 2.5. Effet de *C. arabica* sur la mortalité et le développement de *D. melanogaster* :

### 2.5.1. Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica*:

Le test de toxicité consiste à exposer ou à administrer (par ingestion) de différentes concentrations d'extraits aqueux aux larves du 2ème stade de la drosophile, dans des conditions bien contrôlées du laboratoire.

Nous avons préparé quatre concentrations différentes de 35 µg/ml, 70 µg/ml, 100 µg/ml et 200 µg/ml. Les extraits sont ingérés; chaque concentration est mélangée à 40 g de nourriture sera divisé en quatre tubes différents. Dans chaque tube, 20 des larves de deuxième stade sont placées. Un tube de contrôle contient 20 larves de deuxième stade et non traitées par *C. arabica* extraits aqueux. Le suivi de la mortalité et du développement des larves se fait pendant 15 jours (temps nécessaire pour terminer le développement).

### 2.5.2. Effet de l'extrait éthanoliques de *C. arabica* :

Nous avons préparé différentes concentrations de l'extrait éthanoliques de *C. arabica* 0,25 µg/ml, 0,5 µg/ml, 1 µg/ml, 2,5 µg/ml et 5 µg/ml. Les extraits sont ingérés; chaque concentration est mélangée à 40 g de nourriture sera divisé en quatre tubes différents. Dans chaque tube, 20 des larves de deuxième stade sont placées. Un tube de contrôle contient 20 larves de deuxième stade et non traitées par *C. arabica* extraits éthanoliques. Le suivi de la mortalité et du développement des larves se fait pendant 15 jours (temps nécessaire pour terminer le développement).

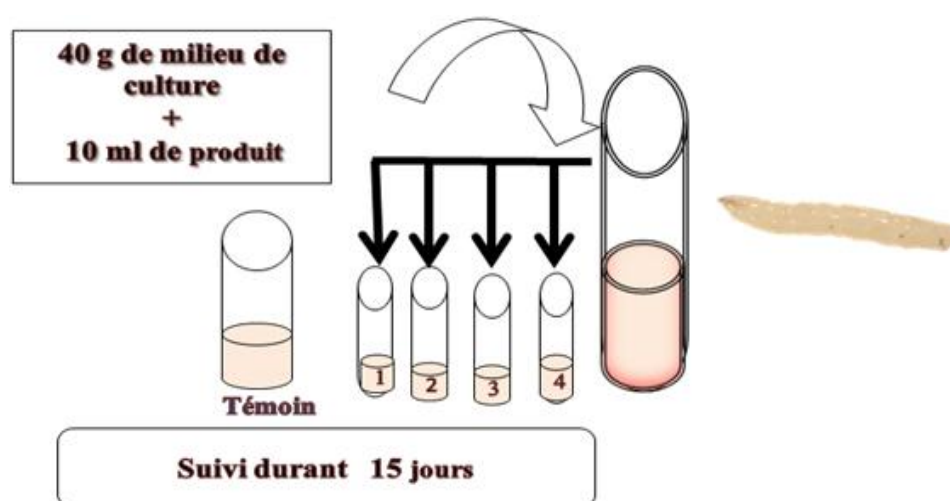


Figure 10. Traitement des larves L2 stades de *D. melanogaster*

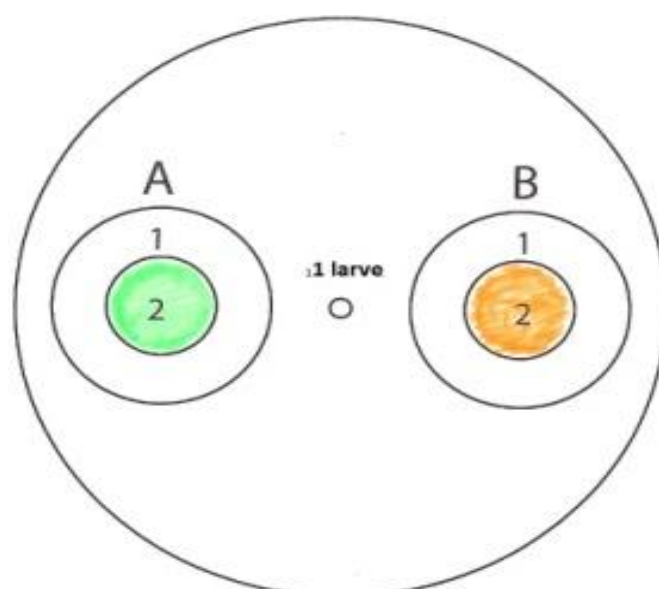
## 2.6. Effet de *C. arabica* sur l'attractivité alimentaire des larves de *D. melanogaster* (L3) :

Les larves du troisième stade (L3) issues du traitement ont fait l'objet des tests du comportement alimentaire par deux extraits aqueux et éthanoliques de *C. arabica* à des concentrations sublétales (35 µg/ml, 0,5 µg/ml) respectivement. Ces larves, sont faciles à manipuler. 40 larves non traitées sont utilisées pour l'observation des témoins.

Le principe des tests d'attraction porte sur les larves de 3<sup>ème</sup> stade de *D. melanogaster* c'est pour mieux comprendre l'acuité olfactive chez les larves et comment peuvent-elles détecter la présence de la nourriture.

Afin de réaliser ces tests on utilise le matériel suivant : boîtes de pétri en plastique (diamètre de 100 mm), papiers filtre Whatman (diamètre 15 mm), pinces fines, petites aiguilles (longueur environ 10 mm), spatules inox, chronomètres, coupelles en verre.

L'arène de test utilisée est une boîte de Pétri en plastique (diamètre de 100 mm) contenant de l'agar à 2% dont le fond est recouvert d'un papier sur lequel on a dessiné au crayon de papier 2 zones circulaires (Zone « A » et « B ») disposées ligne ; chacune des zones représente 10% de la surface totale de l'arène.



**Figure 11. Schéma de l'arène de test (Photo originale)**

[Boîte de pétri, Ø 100 mm]

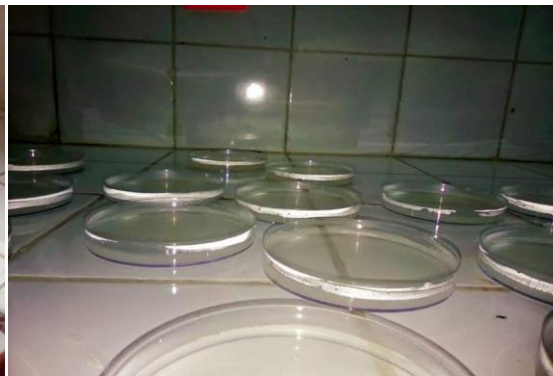
**Préparation des boîtes de pétri contenant de l'agar à 2% :**

Le milieu artificiel utiliser assure le déplacement des larves et constitue une surface lisse qui facilite le mouvement des larves.

Au laboratoire, on a préparé le milieu à base d'agar et de l'eau. Pour préparer 8 boîtes, on dissout 5 g d'agar avec 250 ml d'eau, puis on délaye la casserole sur la plaque chauffante en agitant sans arrêt pour assurer que le produit d'agar se dissocie complètement dans l'eau. Le mélange est porté à ébullition jusqu'à l'apparition d'une couche dense sous le mélange. La quantité préparée est distribué sur les boîtes de pétri à une épaisseur d'environ 5 mm et on laisse environ 3 heures afin que le milieu refroidit et pour que la surface devient lisse.



**Figure 12. Préparation du milieu gélosé à base d'agar et de l'eau**  
(Photo Originale).



**Figure 13. Le mélange préparé est distribué sur les boîtes de pétri**  
(Photo originale).

Ensuite on introduit les papiers filtre (déjà préparé) dans des tubes contenant le milieu de culture témoin et mélangé avec l'extrait aqueux ou éthanolique des feuilles de *C. arabica* et on laisse 2 heures pour que les papiers filtre garde l'odeur de la nourriture.

Après 2 heures, on retire les papiers et on enlève le milieu en frottant avec une spatule les deux côtés des papiers filtre. Ces papiers sont ensuite mis dans les boîtes de pétri dans la zone A et la zone B. On note le choix de chaque larve et le temps qu'elle met pour atteindre la zone choisie. Le suivi de test se fait pendant 30 minutes.

Les larves sont transvasées des tubes d'élevage vers une coupelle en verre avec de l'eau distillé puis elles sont prélevées avec des pinces dans une autre coupelle en verre contenant, aussi, de l'eau déminéralisée. Les papiers filtre imbibés de milieu nutritionnel sont introduits dans la boîte de pétri contenant l'agar (2%). Ils sont manipulés uniquement avec des pinces. Chaque papier filtre est fixé avec une petite aiguille.

On prélève une larve (avec une pince) et on la dépose au centre (point « L ») de la boîte de pétri contenant les papiers filtre. A ce moment, on déclenche de chronomètre et on note le choix de larve ainsi que le temps qu'elle met pour faire son choix.

Les tests se font avec des larves témoins et des larves traitées (N= 40) et on a testé le choix des entre les milieux : traité vs traité, témoin vs traité et témoin vs témoin

Larves témoins (n=120)	Larves traitées (n=120)
<b>Milieux testés</b>	
- Témoin X Traité (n=40)	- Témoin X Traité (n=40)
- Traité X Traité (n=40)	- Traité X Traité (n=40)
- Témoin X Témoin (n=40)	- Témoin X Témoin (n=40)

## 2.7. Effet de l'extrait aqueux et éthanolique de *C. arabica* sur le comportement sexuel des adultes de *D. melanogaster* :

### 2.7.1. Description du comportement sexuel de *D. melanogaster* :

La parade sexuelle chez les drosophiles est un comportement riche en événements (Clynen *et al.* 2011 ; Chardonnet, 2013), passe par six étapes essentielles, prédéterminées et invariables (Terhzaz, 2003 ; Dickson, 2008 ; Revadi *et al.* 2015) et requiert de nombreux signaux sensoriels dont les signaux chimiques (les phéromones des hydrocarbures cubiculaires) tiennent une place importante (Greenspan & Ferveur, 2000 ; Sokolowski, 2001). Et c'est le mâle qui procède les différentes séquences.

#### A / Orientation et poursuite du mâle :

Lorsque les deux partenaires sont réunis dans la chambre du test, le mâle commence par explorer le lieu. Après quelque secondes, c'est toujours le mâle qui va détecter la femelle en premier et commence à la courtiser rapidement et le premier contact avec les pattes antérieures s'établit. La femelle est plus discrète, elle secrète des substances odorantes

aphrodisiaques qui sont des phéromones. Elle indique sa réceptivité en ralentissant son activité locomotrice pour faciliter l'accouplement (I.N.A.P.G, 1997).



**A. Orientation, repérage de mâle (photo originale)**

**B / Contact :**

Les attouchements se font par les mâles, le mâle arrive près de la femelle et l'explore et la tapote par ses pattes antérieures. Au cours de ces contacts, il la suit et lui tourne autour.



**B. Attouchements** (toucher, chimiodétection par les phéromones de contact de femelle)  
**(Photo originale)**

**C / Le chant ou la vibration :**

Au cours de la parade des mouches de *D. melanogaster*, le mâle déplie une de ses ailes à la verticale de son corps, et il l'a fait vibrer produisant ainsi un chant caractéristique qui ne dure que quelques secondes. Le chant se répète plusieurs fois pendant la parade et seuls les mâles qui font les vibrations. Le circling c'est une sorte de chant, dans lequel le mâle tourne autour de la femelle.



**C. Chant nuptial :** (Chimiodétection émission de phéromones par le mâle) **(Photo originale)**

**D / Léchage des plaques génitales de la femelle par le mâle :**

Après une sollicitation continue du mâle, la femelle réceptive s'immobilise, le mâle étend sa trompe et commence par lécher les plaques génitales de la femelle. Le léchage des mâles de *D. melanogaster* se répète plusieurs fois et ne dure que quelques secondes.



**D. Léchage.** Toucher chimiodétection (émission de phéromones par la femelle) **(Photo originale)**

**E / Tentative d'accouplement :**

La première tentative d'accouplement suit immédiatement l'étape de léchage des génitales de la femelle. Le mâle tente une copulation en incurvant son abdomen. Si la tentative d'accouplement échoue, le mâle répète sa tentative plusieurs fois jusqu'à la réussite de l'accouplement. Si la femelle refuse de s'accoupler il cesse sa cour. Cette séquence ne dure que quelques minutes (maximum 10 minutes).



**E. Tentative. (Photo originale)**

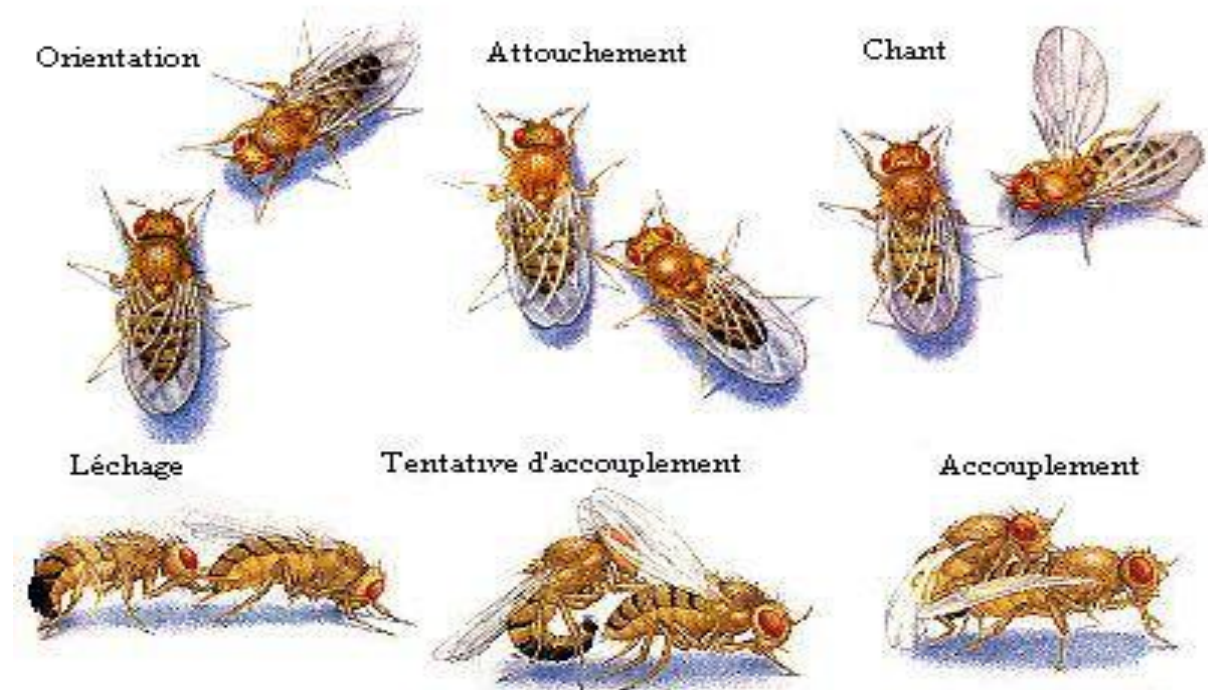
**F/ Accouplement :**

Après stimulation de la femelle durant la parade, elle ralentit son activité locomotrice pour favoriser l'accouplement. L'accouplement se fait dès que le mâle est sur le dos de la femelle, il étend à ce moment, et progressivement, son pénis dans les génitales de la femelle. L'accouplement dure environ 20 minutes pendant lesquels, le mâle reste immobile tandis que la femelle manipule et écarte ses plaques génitales. Le décrochage des deux partenaires annonce la fin de l'accouplement.



**F. Accouplement. (Photo originale)**





**Figure 14. Présentation schématique qui illustrent les différentes séquences de la parade de *D. melanogaster* (Greenspan, 1995).**

### 2.7.2. Test de comportement sexuel :

Pour déterminer l'effet indirect des l'extraits aqueux et éthanolique de *C. arabica*, nous avons établi des tests du comportement sexuel afin de mesurer l'effet de cette molécule sur la parade sexuelle des mouches. Pour cette étude, le traitement a été réalisé avec l'utilisation d'une concentration sublétales de *C. arabica* qui est 35 µg/ml pour l'extrait aqueux et 0,5 µg/ml pour l'extrait éthanolique. Le traitement avec ces concentrations se fait sur des larves de troisième stade et quotidiennement on isole les adultes émergés. Dès l'émergence, les adultes survivants sont isolés (pendant 48 heures) jusqu'au moment des tests du comportement sexuel.

On a étudié 20 couples de drosophiles pour chaque type de croisement, L'observation se fait pendant une demi-heure (30 min) du temps et le test commence dès l'introduction des mouches dans les tubes prévus pour ces tests. Durant ce temps les principaux comportements stéréotypés de parade des mâles sont analysés : la poursuite, le contact des mouches avec les premières paires de pattes, la vibration alaire, le léchage et la tentative d'accouplement et même l'accouplement.

- 1- Mâle témoin x Femelle témoin.
- 2- Mâle traité x Femelle témoin.
- 3- Mâle témoin x Femelle traitée.
- 4- Mâle traité x Femelle traitée.



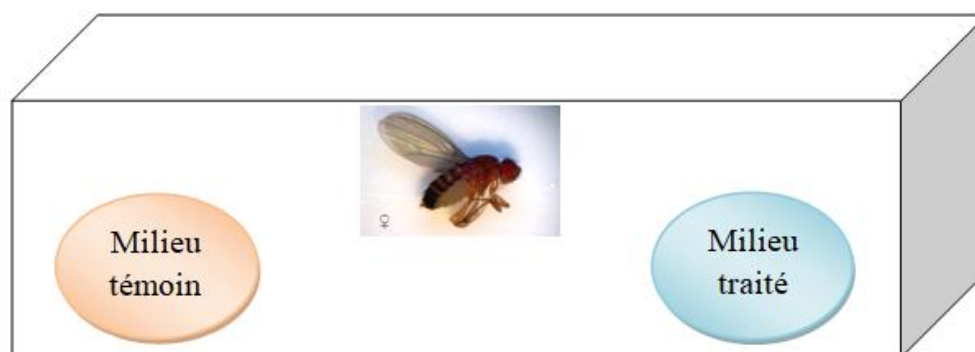
**Figure 15.** Séparation des adultes de *D. melanogaster* par sexe (photo originale)

### **2.8. Effet des extraits aqueux et éthanolique de *C.arabica* sur le choix d'oviposition chez les femelles :**

Dans le but de déterminer le choix de milieu de ponte des œufs par les femelle de *Drosophila*, dans lequel elle assure l'éclosion de ses œufs, nous avons a utilisé une méthode au niveau de notre laboratoire qui facilite l'étude de ce choix d'oviposition.

Les tests se font les mêmes conditions de l'élevage (température et l'humidité) dont la méthode consiste à mettre des couples dans des boites en plastique contenant deux milieux différents (milieu témoin qui est utilisé pour notre élevage de masse quotidien et milieu traité avec l'extrait aqueux et/ou éthanolique de *C. arabica* à 35 µg/ml et 0,5 µg/ml, respectivement) (**Fig. 16**). Les adultes doivent être vierges et matures sexuellement (adultes séparés dès l'émergence).

Après 72 heures, on récupère les deux milieux et on les observe l'aide d'une loupe les œufs pondus ainsi que le nombre des larves dans chaque milieu.



**Figure 16. Chambres d'oviposition** (Photo originale)

## 2.9. Analyse des données :

### 2.9.1. Test de mortalité:

En ce qui concerne les résultats obtenus pour cette étude toxicologique, on a calculé les concentrations létales (CL50% et CL90%) pour l'insecticide utilisé selon les procédés mathématiques de Finney.

Pendant les 15 jours d'exposition à l'insecticide, 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 des 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 2009 puis ils sont transformés en probits ce qui permet d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des concentrations utilisées, et le test  $\chi^2$  permet un bon ajustement de la droite (**Finney, 1971**). A partir de cette droite on a calculé les concentrations létales.

La même analyse statistique a été utilisée pour calculer les temps létaux de chaque concentration utilisée (TL50% et TL90%) (de chaque produit utilisé). Le taux de mortalité observé pour chaque concentration est corrigé par la formule d'Abott, puis transformé d'après les tables de Bliss, ce qui nous permet de comparer les variances sur XLStat 2009. Ces taux sont aussi transformés en probits afin d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des temps d'exposition, un test Chi2 permettant un bon ajustement de la droite (**Finney, 1971**). A partir de cette droite, on peut alors calculer les temps létaux.

### 2.9.2. Test d'attractivité alimentaire:

En ce qui concerne les résultats obtenus des tests du comportement alimentaire des larves, Les différents temps obtenus ont été analysés par des méthodes métriques descriptives donnant la moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum ainsi que la variance. Les résultats obtenus sont alors comparés en utilisant une analyse des variances (ANOVA) sur XLSTAT 2014 software (Addinsoft, New York, NY).

Les résultats des tests de choix obtenus sont comparés en utilisant la simulation de Monté-Carlo, basée sur un test Chi2 au seuil  $\alpha = 0,05$  (Vaillant & Derrij, 1992).

Un Indice d'attraction (IA) est calculé selon Honda *et al.* (2014) comme suit :  $IA = (\text{nombre de larves présentes sur un milieu traité} - \text{nombre de larves présentes sur un milieu témoin}) / (\text{nombre de larves présentes sur un milieu traité} + \text{nombre de larves présentes sur un milieu témoin})$ . Théoriquement il varie entre -1 (grande aversion pour le produit) et +1 (grande attraction pour le produit).

### 2.9.3. Test de comportement sexuel :

Les différents paramètres mesurés dans cette étude ont été analysés statistiquement par des méthodes métriques descriptives donnant la moyenne, l'écart-type, le minimum, le maximum et la variance. Puis on a analysé les résultats en utilisant un test paramétrique : ANOVA (comparaison des variances de k échantillons) sur XLStat 2009 software (Addinosoft NY).

Les résultats des tests de choix obtenus sont comparés en utilisant la simulation de Monté-Carlo, basée sur un test Chi2 au seuil  $\alpha = 0,05$  (Vaillant & Derrij, 1992).

### 2.9.4. Test d'oviposition :

Les différents paramètres mesurés dans cette étude ont été analysés statistiquement par des méthodes métriques descriptives donnant la moyenne, l'écart-type, le minimum, le maximum et la variance. Puis on a analysé les résultats en utilisant un test paramétrique : ANOVA (comparaison des variances) sur XLStat 2009 software (Addinosoft NY).

Les résultats de tests de choix de ponte des femelles sont comparés en utilisant la simulation de Monté-Carlo, basée sur un test Chi2 au seuil  $\alpha = 0,05$  (**Vaillant & Derrij, 1992**).

Un Indice de Préférence d'oviposition (IPO) est calculé selon (**Flaven-Pouchon et al. 2014**) comme suit : 
$$\text{IPO} = \frac{(\text{nombre d'oeufs sur un milieu traité}) - (\text{nombre d'oeufs sur milieu témoin})}{(\text{nombre d'oeufs sur le milieu traité}) + (\text{nombre d'oeufs sur le milieu témoin})}$$
 Théoriquement il varie entre -1 (grande aversion pour le produit) et +1 (grande attraction pour le produit).

# Résultats

### 3. Résultats :

#### 3.1. Effet de *C.arabica* sur la mortalité et le développement de *D.melanogaster* :

##### 3.1.1. Effet de l'extrait aqueux :

Les tableaux 2, 3, 4 et 5 illustrent l'évolution des taux de mortalité chez *D. melanogaster* en fonction du temps d'exposition en utilisant les différentes concentrations des extraits issus de la décoction de *C. arabica*.

**Effet de la concentration 35µg/ml :** Après correction des taux de la mortalité observée, nous avons enregistré des taux de mortalité allant de 5% au 2<sup>ème</sup> jour du traitement jusqu'à 35% après 15 jours de traitement avec la plus faible concentration 35 µg/ml (**Tab. 2**).

**Tableau 2 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 35µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5j	10j	15j
<b>R1</b>	5%	5%	5%	25%
<b>R2</b>	0%	0%	0%	30%
<b>R3</b>	0%	0%	0%	25%
<b>R4</b>	0%	5%	5%	35%

**Effet de la concentration 70 µg/ml :** Quand on traite les larves de L2 de *D. melanogaster* en augmentant la dose à 70µg/ml les taux de mortalité enregistrés arrivent à 50% au 15<sup>ème</sup> jour de traitement (**Tab. 3**).

**Tableau 3: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 70µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5j	10j	15j
<b>R1</b>	5%	5%	20%	40%
<b>R2</b>	0%	0%	10%	45%
<b>R3</b>	0%	0%	0%	50%
<b>R4</b>	0%	0%	15%	25%

**Effet de la concentration 100µg/ml :** Les taux de la mortalité obtenus par la concentration 100µg/ml sont de 5% au 2<sup>ème</sup> jour du traitement et arrivent jusqu'à 90% après 15 jours. Avec des valeurs intermédiaires au 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> jour (**Tab. 4**).

**Tableau 4: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 100µg/ml de *C.arabica***

Temps	2J	5J	10J	15J
<b>R1</b>	0%	0%	45%	55%
<b>R2</b>	5%	5%	10%	25%
<b>R3</b>	5%	5%	15%	50%
<b>R4</b>	0%	0%	10%	90%

**Effet de la concentration 200µg/ml :** Au bout de 15 jours de traitement des L2 de *D. melanogaster*, la mortalité atteint un taux de 60% pour la concentration 200 µg/ml dont le minimum est de 5% (Tab. 5).

**Tableau 5: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 200µg/ml de *C.arabica***

Temps	2J	5J	10J	15J
<b>R1</b>	0%	0%	0%	5%
<b>R2</b>	0%	0%	0%	5%
<b>R3</b>	0%	10%	15%	10%
<b>R4</b>	60%	25%	60%	55%

Les résultats montrent que les extraits aqueux de *C. arabica* agissent sur le temps de développement larvaire et la mortalité larvaire en fonction de la concentration appliquée. La concentration de 35 µg/ml a une faible activité larvicide. Pour les trois concentrations (70, 100 et 200 µg / ml), 50% de la population, en moyenne, est morte après 15 jours de traitement. Il existe une différence significative entre le taux de mortalité enregistré pour une concentration de 35 µg / ml ( $p : 0,02$ ) (Tab. 6).

**Tableau 6: Taux de mortalité causé par différentes concentrations d'extraits aqueux de *C. arabica*.**

	35 µg/ml	70 µg/ml	100 µg/ml	200 µg/ml	F <sub>obs</sub>	P
<b>2j</b>	1,25%	1,25%	2,50%	1,25%	<b>0,33</b>	<b>0,80</b>
<b>5j</b>	2,50%	1,25%	2,50%	1,25%	<b>0,67</b>	<b>0,59</b>
<b>10j</b>	2,50%	11,25%	20,00%	8,75%	<b>0,11</b>	<b>0,95</b>
<b>15j</b>	28,75%	40,00%	55,00%	50,00%	<b>1,53</b>	<b>0,26</b>
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>4,98</b>	<b>0,71</b>	<b>0,58</b>	<b>0,47</b>		
<b>P</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,56</b>	<b>0,64</b>	<b>0,71</b>		



**Les paramètres toxicologiques:**

Les taux de mortalité des larves sont faiblement et positivement corrélés aux concentrations de l'extrait aqueux utilisé (**Tab.7A**). La concentration létale de 50% atteint 2818,38 µg/ml à 10 jours et 131,83 µg/ml à 15 jours d'exposition (**Tab. 7A**). 90% des larves meurent avec la concentration de 5011,87 µg/ml au bout de 15 jours (**Tab. 7A**).

Pour les temps létaux, les résultats montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre le taux de mortalité et le temps d'exposition des larves aux extraits de la plante (**Tab. 7B**). Nos résultats indiquent que le TL50% est de 81,28 jours pour les faibles concentrations et de 25,70 jours pour la concentration la plus élevée. Le TL90% atteint 91,20 jours pour la plus forte concentration (**Tab. 7B**).

**Tableau 7: Paramètres toxicologiques de l'effet larvicide d'extraits aqueux de *C. arabica* sur les larves L<sub>2</sub> de *D. melanogaster***

(**A:** temps d'exposition des larves, **B:** concentrations utilisées, **y:** Probits des taux de mortalités, **X:** le logarithme décimal des concentrations et/ou des temps).

A			
Temps	Droite de régression	CL <sub>50%</sub>	CL <sub>90%</sub>
2 jours	Y=2,71+6,49*10 <sup>-2</sup> X (R=0,16)	1,95*10 <sup>35</sup> µg/ml	1,02*10 <sup>55</sup> µg/ml
5 jours	Y=3,38-0,25X (R=0,55)	3019951,72 µg/ml	3,98*10 <sup>11</sup> µg/ml
10 jours	Y=1,93+0,89X (R=0,59)	2818,38 µg/ml	77624,71 µg/ml
15 jours	Y=3,28+0,81X (R=0,84)	131,83 µg/ml	5011,87 µg/ml
B			
Concentration	Droite de régression	TL <sub>50%</sub>	TL <sub>90%</sub>
35 µg/ml	Y= 2,11+1,51X (R=0,76)	81,28 j	575,44 j
70 µg/ml	Y=1,78+2,19X (R=0,88)	29,51 j	112,20 j
100 µg/ml	Y=1,96+2,36X (R=0,89)	19,50 j	67,61 j
200 µg/ml	Y=1,68+2,35 (R=0,85)	25,70 j	91,20 j

**3.1.2. Effet de l'extrait éthanolique:**

Les tableaux 8, 9, 10 et 11 illustrent l'évolution des taux de mortalité chez *D. melanogaster* en fonction du temps d'exposition en utilisant les différentes concentrations des extraits issus de la macération de *C. arabica* dans l'éthanol.

**Effet de la concentration 0,25µg/ml :** Après la correction des taux de la mortalité obtenue, nous avons enregistré des taux de mortalité allant de zéro à 30% durant les 15 jours de suivi du traitement (**Tab. 8**).

**Tableau 8 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 0.25µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5j	10j	15j
R1	0%	0%	30%	30%
R2	0%	0%	10%	20%
R3	0%	5%	25%	25%
R4	0%	0%	25%	25%

**Effet de la concentration 0,5µg/ml :** Nous avons enregistré que la mortalité des larves de *D. melanogaster* du à la concentration de 0,5 µg/ml de l'extrait éthanolique varie entre 5% et 10% au bout de 5 jours de traitement, elle arrive à 30% aux 10 jours de traitement, et atteint 50 % au 15<sup>ème</sup> jour de traitement par cette concentration (**Tab. 9**).

**Tableau 9 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 0,5µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5J	10j	15j
R1	0%	10%	25%	45%
R2	0%	0%	30%	50%
R3	0%	5%	20%	25%
R4	0%	0%	25%	30%

**Effet de la concentration 1µg/ml :** Au bout de 15 jours de traitement des L2 de *D. melanogaster*, la mortalité atteint un taux de 60% pour la concentration 1µg/ml dont le minimum est de 20%, en moyenne de 40% de mortalité est enregistré au 10<sup>ème</sup> jour (**Tab. 10**).

**Tableau 10: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 1 µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5j	10j	15j
R1	20%	25%	30%	30%
R2	35%	35%	45%	50%
R3	35%	35%	40%	55%
R4	55%	60%	60%	60%

**Effet de la concentration 2.5µg/ml :** Quand on traite les larves de L2 de *D. melanogaster* en augmentant la dose à 2.5µg/ml les taux de mortalité enregistrés arrivent à 80% au 15<sup>ème</sup> jour de traitement. À 5 jour on enregistrés déjà 15% ce taux augment progressivement à 10 jour (**Tab. 11**).

**Tableau 11: Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 2.5 µg/ml de *C.arabica***

Temps	2j	5j	10j	15j
<b>R1</b>	0%	15%	50%	80%
<b>R2</b>	0%	10%	45%	80%
<b>R3</b>	0%	0%	35%	70%
<b>R4</b>	0%	5%	30%	70%

*Effet de la concentration 5µg/ml* : Pour la concentration la plus forte (5µg/ml) de l'extrait éthanolique de *C.arabica*, nous avons enregistré un taux mortalité qui varié entre 15% allant jusqu'a 85% de mortalité pendant 15 jours de traitement (**Tab. 12**).

**Tableau 12 : Taux de la mortalité corrigée chez les larves L2 de *D. melanogaster* après traitement par la concentration 5 µg/ml de *C.arabica***

Temps	2J	5J	10J	15J
<b>R1</b>	85%	85%	85%	85%
<b>R2</b>	15%	15%	25%	45%
<b>R3</b>	0%	10%	20%	30%
<b>R4</b>	0%	15%	10%	40%

Les résultats montrent que les extraits éthanolique de *C. arabica* agissent sur la durée de développement larvaire et sur la mortalité des larves en fonction de la concentration appliquée. La concentration 0,25 µg/ml présente une faible activité larvicide. Pour les concentrations (1 ; 2,5 et 5 µg/ml), on arrive a tués 50% de la population après 15 jours de traitement. Il existe de différence significative entre les taux mortalité enregistrée et la concentration 0,5µg/ml ( $p:0,0001^{***}$ ), alors qu'il n'existe pas un effet du temps sur la mortalité aux autres concentrations (**Tab. 13**).

**Tableau 13: Taux de mortalité causé par différentes concentrations d'extraits éthanolique de *C. arabica*.**

	0,25 µg/ml	0,5 µg/ml	1 µg/ml	2,5 µg/ml	5 µg/ml	F <sub>obs</sub>	p
<b>2 j</b>	0,00	0,00	36,25	0,00	25,00	<b>5,72</b>	<b>0,005**</b>
<b>5 j</b>	1,25	3,75	38,75	57,50	31,25	<b>2,32</b>	<b>0,104</b>
<b>10 j</b>	22,50	25,00	43,75	40,00	35,00	<b>3,47</b>	<b>0,034*</b>
<b>15 j</b>	25,00	37,50	48,75	50,00	50,00	<b>2,65</b>	<b>0,074</b>
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>3,41</b>	<b>17,71</b>	<b>0,036</b>	<b>4,052</b>	<b>0,55</b>		
<b>p</b>	<b>0,53</b>	<b>0,0001***</b>	<b>0,99</b>	<b>0,033*</b>	<b>0,658</b>		

**Les paramètres toxicologiques:**

Les taux de mortalité des larves sont faiblement et positivement corrélés aux concentrations de l'extrait éthanolique utilisé (**Tab. 14A**). La concentration létale de 50% atteint 23,99µg/ml à 10 jours et 1,48 µg/ml de l'extrait de *C. arabica* à 15 jours d'exposition (**Tab. 14A**). 90% des larves meurent avec la concentration de 85,11µg/ml au bout de 15 jours (**Tab. 14A**).

Pour les temps létaux, les résultats montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre le taux de mortalité et le temps d'exposition des larves aux extraits de la plante (**Tab. 14B**). Nos résultats indiquent que le TL50% est de 15,85 j pour les faibles concentrations et de 26,30 j pour la concentration sublétale. Le TL90% atteint 120226 j pour la concentration sub-létale (**Tab. 14B**).

**Tableau 14: Paramètres toxicologiques de l'effet larvicide d'extraits éthanolique de *C. arabica* sur les larves L<sub>2</sub> de *D. melanogaster***

(**A:** temps d'exposition des larves, **B:** concentrations utilisées, **y:** probits des taux de mortalités, **X:** le logarithme décimal des concentrations et/ou des temps).

<b>A</b>			
<b>Temps</b>	<b>Droite de régression</b>	<b>CL 50%</b>	<b>CL 90%</b>
<b>2 jours</b>	Y=1,67+2,48X ( <b>R=0,28</b> )	<i>21,88 µg/ml</i>	<i>79 µg/ml</i>
<b>5 jours</b>	Y=3,84+0,93X ( <b>R=0,36</b> )	<i>17,38 µg/ml</i>	<i>416,87 µg/ml</i>
<b>10 jours</b>	Y=4,53+0,34X ( <b>R=0,47</b> )	<i>23,99 µg/ml</i>	<i>100000 µg/ml</i>
<b>15 jours</b>	Y=4,87+0,73X ( <b>R=0,57</b> )	<i>1,48 µg/ml</i>	<i>85,11 µg/ml</i>
<b>B</b>			
<b>Concentration</b>	<b>Droite de régression</b>	<b>TL<sub>50%</sub></b>	<b>TL<sub>90%</sub></b>
<b>0,25 µg/ml</b>	Y=-1,32+5,25X ( <b>R=0,98</b> )	<i>15,85 j</i>	<i>27,5 j</i>
<b>0,5 µg/ml</b>	Y=-1.21+5.36X ( <b>R=0,94</b> )	<i>14,12 j</i>	<i>24,5 j</i>
<b>1 µg/ml</b>	Y=4,50+0.35X ( <b>R=0,9</b> )	<i>26,30 j</i>	<i>120226 j</i>
<b>2,5 µg/ml</b>	Y= -1.55+6.34X ( <b>R=0,96</b> )	<i>10,71 j</i>	<i>16,98 j</i>
<b>5 µg/ml</b>	Y= 4,06+0,68X ( <b>R=0,83</b> )	<i>23,9 j</i>	<i>1819,7 j</i>

### 3.2. Effet de *C.arabica* sur l'attractivité alimentaire des larves L3 de *D.melanogaster*:

#### 3.2.1. Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) :

##### 3.2.1.1. Attraction des larves témoins :

##### Le premier choix :

Durant les premières minutes du test, nous avons remarqué que 52,5% des larves témoins sont attirées par l'odeur du milieu témoin et 35% de ces asticots sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 12,5% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 15**).

En ce qui concerne l'observation d'attraction des larves par les odeurs des milieux de culture testés, nous avons observé que 80% des larves témoins sont attirées et 20% d'entre elles ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins. Pour le choix entre les deux milieux traités, 60% des larves font leurs choix et seulement 40% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 15**).

**Tableau 15 : Le premier choix des larves témoins vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testés (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait aqueux de *C.arabica*)**

N=40	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	80%	52,5%	-
Milieu Traité	-	35%	60%
Aucun choix	20%	12,5%	40%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

##### Choix des larves témoins après 30 minutes d'observation :

Après 30 minutes d'observation, nous avons remarqué que 52% des larves témoins sont attirées par l'odeur du milieu témoin et 35% de ces asticots sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 12,5% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 16**).

Concernant l'observation d'attraction des larves par les odeurs des milieux de culture témoins, nous avons observé que 80% des larves témoins sont attirées et 20% d'entre elles ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins. Pour le choix entre les deux milieux traités, 60% des larves font leurs choix et seulement 40% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 16**).

**Tableau 16: Choix des larves témoins après 30 minutes du test**

N=40	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	80%	52%	-
Milieu Traité	-	35%	60%
Aucun choix	20%	12,5%	40%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**Choix des larves témoins après 60 minutes d'observation :**

Après 60 minutes d'observation, nous avons enregistré que 60% des larves témoins ont choisis le milieu témoin et seulement 30% des larves ont choisis le milieu traité ; cependant, 10% de ces dernières ne font pas leur choix (**Tab. 17**).

En ce qui concerne l'observation du choix à 60 minutes, 77,5% des larves témoins préfèrent le milieu témoin tandis que 22,5% des larves témoins ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins (**Tab. 17**).

Concernant le choix entre les deux milieux traités avec l'extrait de *C. arabica*, 80% des larves témoins de *D. melanogaster* font leurs choix pour le milieu de culture testé et uniquement 20% des larves témoins ne font pas leur choix lors de ce test. (**Tab. 17**)

**Tableau 17: Choix des larves témoins après 60 minutes du test**

N=40	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	77,5%	60%	-
Milieu Traité	-	30%	80%
Aucun choix	22,5%	10%	20%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**3.2.1.2. Attraction des larves traitées :****Le premier choix :**

Comme une première observation, nous avons remarqué que 15% des larves traitées avec l'extrait aqueux de *C. arabica* sont attirées par l'odeur du milieu témoin durant les premières minutes du test et 25% des larves sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 60% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 18**).

En ce qui concerne l'observation de l'attraction des larves traitées par les milieux témoins, 87,5% d'entre elles sont attirées et 12,5% ne font pas leur choix (**Tab. 18**).

Pour le choix entre deux milieux traités, 75% des larves font leurs choix et sont attirées par l'odeur du milieu de culture testé, par contre 25% des larves ne sont pas attirées. (**Tab. 18**)

**Tableau 18: Le premier choix des larves traitées vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait aqueux de *C.arabica*)**

N=40	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	87,5%	15%	-
Milieu Traité	-	25%	75%
Aucun choix	12,5%	60%	25%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**Choix des larves traitées après 30 minutes d'observation :**

Quant aux larves traitées avec l'extrait *C. arabica* (35 µg/ml), nous avons observé que seulement 12,5% des larves sont attirées par l'odeur du milieu témoin durant les 30 premières minutes du test, 27,5% des larves traitées sont attirées par l'odeur du milieu traité et 60% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 19**).

En ce qui concerne l'observation de l'attraction des larves traitées par les milieux témoins, 87,5% des larves témoins sont attirées par les deux odeurs de ces milieux et 12,5% d'entre elles ne font pas leur choix. Pour le choix entre deux milieux traités, 75% des larves font leurs choix et sont attirées par l'odeur du milieu de culture testé, par contre 25% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 19**).

**Tableau 19: Choix des larves traitées après 30 minutes du test**

N=40	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	87,5%	12,5%	-
Milieu Traité	-	27,5%	75%
Aucun choix	12,5%	60%	25%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### Choix des larves traitées après 60 minutes d'observation :

Pour les larves traitées et au bout d'une heure d'observation, 12,5% d'entre elles choisissent le milieu témoin et 27,5% ont choisis le milieu traité, par contre 60% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 20**).

En ce qui concerne le choix des larves traitées pour les deux odeurs témoins, nous avons observé que 85% des larves font un choix et seulement 15% d'entre elles ne font pas leur choix. Pour le choix entre les deux milieux traités avec *C. arabica*, nous avons enregistré que 72,5% des larves témoins font leurs choix par contre 27,5% de ces larves ne font pas leur choix (**Tab. 20**).

**Tableau 20: Choix des larves traitées après 60 minutes du test**

N=40	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	85%	12,5%	/
Milieu Traité	/	27,5%	72,5%
Aucun choix	15%	60%	27,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

#### 3.2.1.3. Temps de détection :

##### *Chez les larves témoins:*

En présence de deux odeurs différentes (témoin vs traitée), les larves témoins se déplacent plus lentement vers le milieu témoin avec un temps de détection de  $789,636 \pm 107,214$  secondes dont le minimum enregistré est de 27 secondes et le maximum de 1517 secondes (**Tab. 21**). Ces larves détectent plus rapidement le milieu traité avec l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) et mettent en moyenne de  $586,538 \pm 125,055$  secondes avec un minimum de 47 secondes et un maximum de 1642 secondes (**Tab. 21**). La comparaison des variances montrent qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps de détections des deux milieux : témoin et traité (Fobs= 1,767 ; p : 0,193) (**Tab. 21**).

Une fois les larves témoins sont en exposition aux mêmes sources odorantes (témoin vs témoin ou traitée vs traitée), l'attraction est toujours plus rapide pour leur milieu de développement initial avec  $791,417 \pm 152,272$  secondes en moyenne (**Tab. 21**). Cependant, elles mettent plus de temps pour détecter l'odeur provenant du milieu traité (**Tab. 21**).



**Tableau 21 : Temps de détection (secondes) des larves témoins en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml)].**

Milieu	Choix	N	Moy±SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	p
Témoin X Traité	Milieu témoin	22	789,636±107,214	27,000	1517,000	252885,481	1,767	0,193
	Milieu traité	13	586,538±125,055	47,000	1642,000	203302,436		
Témoin X Témoin	A	12	791,417±152,272	332,000	1790,000	278239,720	1,180	0,286
	B	20	808,550±93,696	223,000	1797,000	175577,103		
Traité X Traité	A	12	1012,417±112,879	409,000	1782,000	152899,174	0,991	0,330
	B	12	789,833±148,658	140,000	1730,000	265190,515		

[Moy : Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance]

***Chez les larves traitées :***

En ce qui concerne les larves traitées, les temps de détection enregistrés sont en moyenne  $930,333 \pm 133,303$  et  $805,667 \pm 211,032$  secondes pour localiser, respectivement, les papiers imbibés dans le milieu témoin et les papiers du milieu nutritif traité avec l'extrait aqueux de *C. arabica* (**Tab. 22**). L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps de détection des deux odeurs ( $F_{\text{obs}}=0,797$  ;  $p : 0,388$ ) (**Tab. 22**).

En outre, elles mettent entre 52 et 1342 secondes pour localiser l'odeur témoin et  $870,625 \pm 132,548$  secondes pour l'odeur du milieu traité et ce lorsqu'on utilise deux milieux similaires dans l'acène du test (**Tab. 22**).

**Tableau 22: Temps de détection (secondes) des larves traitées en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait aqueux de *C. arabica*].**

Milieu	Choix	N	Moy±SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	p
Témoin X Traité	Milieu témoin	9	930,333±133,303	185,000	1670,000	159927,750	0,797	0,388
	Milieu traité	6	805,667±211,032	187,000	1590,000	267208,267		
Témoin X Témoin	A	18	578,722±86,249	122,000	1300,000	133898,801	0,013	0,909
	B	17	651,471±89,096	52,000	1342,000	134947,390		
Traité X Traité	A	22	438,955±70,407	67,000	1325,000	109058,522	0,280	0,601
	B	8	870,625±132,548	349,000	1441,000	140551,125		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

### 3.2.1.4. Le temps passé dans chaque milieu :

#### Les larves témoins :

On enregistre que les larves témoins passent  $968,565 \pm 100,676$  secondes au niveau des papiers imbibés dans les milieux témoins dont le minimum est de 229 secondes et un maximum de 1773 secondes (**Tab. 23**). Alors que ces asticots mettent  $1049,071 \pm 131,801$  secondes en moyenne dans le milieu traité par l'extrait aqueux de *C. arabica* avec un minimum de 158 et un maximum de 1747 secondes (**Tab. 23**). L'étude statistique n'indique pas les différences entre les temps passé sur chaque papier (**Tab. 23**).

**Tableau 23: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu des larves témoins**

Milieu	Choix	N	Moy±SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs.</sub>	p
Témoin X Traité	Milieu témoin	23	968,565±100,676	229,000	1 773,000	233122,166	0,106	0,746
	Milieu traité	14	1049,071±131,801	158,000	1 747,000	243202,379		
Témoin X Témoin	A	13	865,923±149,787	10,000	1 468,000	291668,910	0,546	0,466
	B	20	882,100±109,867	3,000	1 523,000	241415,989		
Traité X Traité	A	12	689,833±116,192	71,000	1 391,000	162005,606	2,876	0,103
	B	14	887,357±149,684	70,000	1 660,000	313675,016		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

**Les larves traitées :**

Pour le temps passé dans le milieu qui contient des papiers témoin et d'autre imbibés dans l'extrait aqueux de *C. arabica*, les larves traitées passent  $551,400 \pm 124,613$  secondes au niveau des papiers imbibés dans les milieux témoins avec un minimum de 35 et un maximum de 1130 secondes. Ces dernières mettent  $876,500 \pm 150,580$  secondes en moyenne dans le milieu traité avec un minimum de 210 secondes et un maximum de 1568 secondes (**Tab. 24**). L'analyse des données n'indique pas les différences entre les temps passé sur chaque papier ( $F_{obs}=0,005$  ;  $p : 0,945$ ) (**Tab. 24**).

**Tableau 24 : Le temps passé (secondes) dans chaque milieu des larves traitées par l'extrait aqueux de *C. arabica***

Milieux	Choix	N	Moy±SEM	Min	Max	Variance	F <sub>obs</sub>	p
<b>Témoin X Traité</b>	<b>Milieu témoin</b>	10	551,400±124,613	35,000	1 130,000	155285,156	<b>0,005</b>	<b>0,945</b>
	<b>Milieu traité</b>	8	876,500±150,580	210,000	1 568,000	181394,571		
<b>Témoin X Témoin</b>	<b>A</b>	19	767,474±108,943	60	1508,000	225504,152	<b>0,379</b>	<b>0,542</b>
	<b>B</b>	19	696,737±95,609	90	1530,000	173680,649		
<b>Traité X Traité</b>	<b>A</b>	<b>23</b>	877,522±94,256	11,000	1500,000	204336,261	<b>0,608</b>	<b>0,442</b>
	<b>B</b>	<b>9</b>	796,667±128,678	285,000	1451,000	149021,250		

[Moy : Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance]

**3.2.1.5. Pupation des larves témoins :**

En ce qui concerne l'observation de la pupation des larves au niveau des arènes après les tests du comportement alimentaire, nous avons marqué que 35% des larves font leurs choix pour la pupation dans le milieu témoin et 32,5% des larves dans le milieu traité, par contre 32,5% de ces dernières ne font pas leur choix en présence du milieu témoin et traité en même temps. (**Tab. 25**)

75% des larves témoins ont marqué la présence de leur pupes sur les papiers imbibés des milieux de culture témoins et 25% d'entre elles ne font pas leur choix quand les deux milieux sont témoins. Pour la pupation dans les boites contenant deux milieux traités, 37,5% des larves témoins font leurs choix pour la pupation dans le milieu de culture testé (**Tab. 25**).

**Tableau 25 : Pupation des larves témoins (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml))**

	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	75%	35%	/
Milieu Traité	/	32,5%	37,5%
Aucun choix	25%	32,5%	62,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.2.1.6. Pupation des larves traitées :

L'observation de la chrysalide des larves traitées après les tests a montré que 20% des larves font leurs choix pour le milieu témoin, et uniquement 17,5% pour le milieu traité et par contre 62,5% de ces derniers ne font pas leur choix lorsque les deux milieux sont présents dans la boîte de test (**Tab. 26**).

En ce qui concerne l'observation de la pupation des larves traitées au niveau des arènes contenant deux milieux témoins, la moitié d'entre eux ont marqué la présence de leur pupa sur les milieux témoins et l'autre moitié ne font aucun choix. Pour les tests de deux milieux traités, 52,5% des larves traitées font leurs choix pour la pupation dans le milieu de culture testée 47,5% ne choisissent pas ce milieu (**Tab. 26**).

**Tableau 26: Pupation des larves traitées (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml))**

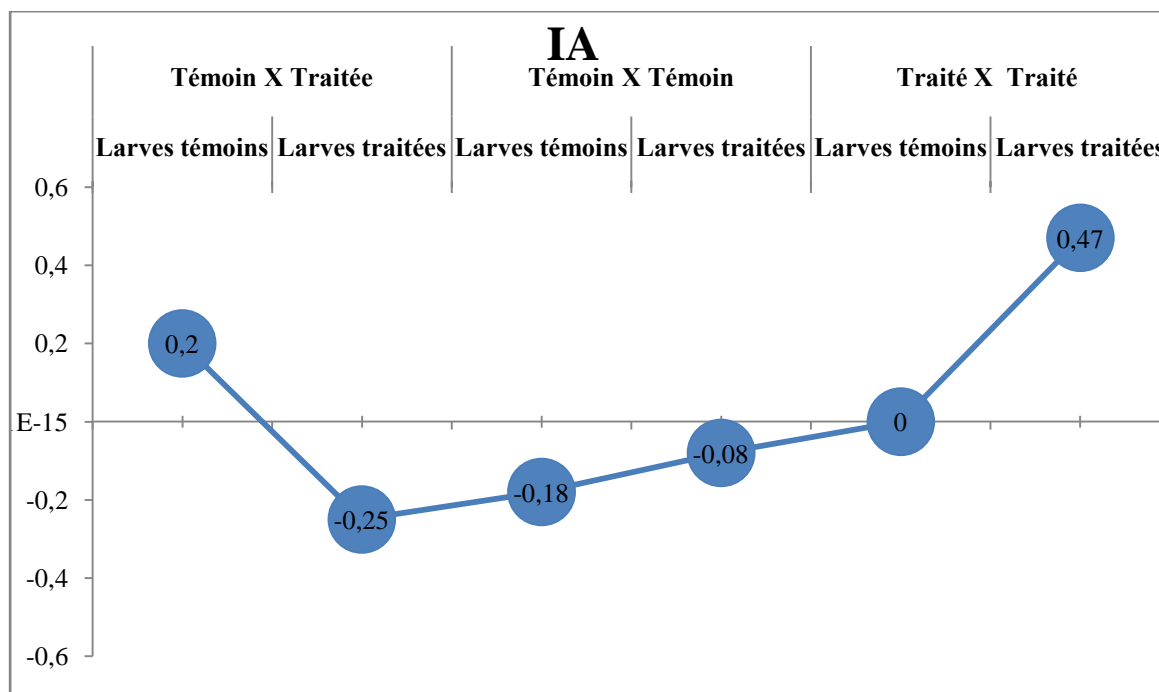
	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	50%	20%	/
Milieu Traité	/	17,5%	52,5%
Aucun choix	50%	62,5%	47,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.2.1.7. Indice d'attraction :

Le calcul de l'indice d'attraction (IA) confirme les résultats obtenus dans le tableau précédant et montre des valeurs positives qui indique que l'odeur du milieu traité par l'extrait aqueux de *C. arabica* présentent un effet attractif envers les larves de *D. melanogaster* (soit témoins ou traitées) (**Fig. 17**).

Alors que les valeurs négatives montrent un effet répulsif pour les larves témoins et les larves traitées. Le (0) montre qu'il n'y a pas des effets ni attractif ni répulsifs c'est-à-dire un effet nul (**Fig. 17**).



**Figure 17.** Représentation graphique de l'indice d'attraction (IA) des larves de *D. melanogaster* (témoins et traitées) envers les différents milieux testés par l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml).

### 3.2.2. Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml):

#### 3.2.2.1. Attraction des larves témoins :

##### Le premier choix

Au début du test, nous avons remarqué que 40% des larves témoins sont attirées par l'odeur du milieu témoin comme un premier choix et 55% de ces asticots sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 5% de ces derniers ne font pas leurs choix (**Tab. 27**).

En ce qui concerne l'observation d'attraction des larves par les odeurs des milieux de culture témoins, nous avons observé que 80% des larves témoins sont attirées et 20% d'entre elles ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins (**Tab. 27**). Pour le choix entre les deux milieux traités, 60% des larves font leurs choix et seulement 40% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 27**).

**Tableau 27 : Le premier choix des larves témoins vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testées (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml))**

	Larves Témoin		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	80%	40%	-
Milieu Traité	-	55%	60%
Aucun choix	20%	5%	40%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

#### Choix des larves témoins après 30 minutes d'observation:

Durant les 30 premières minutes du test, nous avons remarqué que 45% des larves témoins sont attirées par l'odeur du milieu témoin et 50% d'entre elles sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 5% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 28**).

Concernant l'observation d'attraction des larves par les odeurs des milieux de culture témoins, nous avons observé que 80% des larves témoins sont attirées et 20% d'entre elles ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins (**Tab. 28**). Pour le choix entre les deux milieux traités, 60% des larves font leurs choix et seulement 40% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 28**).

**Tableau 28: Choix des larves témoins après 30 minutes du test**

	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	80%	45%	-
Milieu Traité	-	50%	60%
Aucun choix	20%	5%	40%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

#### Choix des larves témoins après 60 minutes d'observation:

Au bout d'une heure d'observation, nous avons remarqué que seulement 37,5% des larves témoins de *D. melanogaster* ont choisis le milieu témoin et 53,5% des larves ont choisis le milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* cependant, 10% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 29**).

Concernant l'observation du choix des larves témoins entre les deux milieux témoins après 60 minutes, 77,5% des larves témoins préfèrent le milieu témoin tandis que 22,5% des larves témoins ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins (**Tab. 29**). En observant

le choix entre les deux milieux traités seulement 35% des larves témoins font leurs choix pour le milieu de culture testé et 65% des larves témoins ne font pas leur choix lors de ce test (**Tab. 29**).

**Tableau 29: Choix des larves témoins après 60 minutes du test**

	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	77,5%	37,5%	-
Milieu Traité	-	53,5%	35%
Aucun choix	22,5%	10%	65%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.2.2.2. Attraction des larves traitées:

#### Le premier choix

Durant les premières minutes du test, nous avons observé que 40% des larves traitées sont attirées par l'odeur du milieu témoin comme un premier choix et 55% de ces asticots préfèrent l'odeur du milieu traité, par contre 5% de ces derniers ne font pas leur premier choix (**Tab. 30**).

Pour l'observation d'attraction des larves par les odeurs des milieux de culture témoins, nous avons observé que 80% des larves traitées sont attirées et seulement 20% d'entre elles ne font pas leur choix entre les deux milieux témoins (**Tab. 30**).

Concernant le choix entre les deux milieux traités, 60% des larves font leurs choix et 40% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 30**).

**Tableau 30 : Le premier choix des larves traitées vis-à-vis les différentes odeurs des milieux testés (milieu témoin et milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml))**

	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	92,5%	35%	-
Milieu Traité	-	27,5%	52,5%
Aucun choix	7,5%	37,5%	47,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**Choix des larves traitées après 30 minutes d'observation:**

Après 30 minutes d'observation des larves traitées avec l'extrait de *C. arabica*, nous avons remarqué que 35% des larves sont attirées par l'odeur du milieu témoin et 30% des larves sont attirées par l'odeur du milieu traité, par contre 35% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 31**).

Pour l'observation de l'attraction des larves traitées par les milieux témoins, 92,5% des larves témoins sont attirées par les deux odeurs de ces milieux et seulement 7,5% d'entre elles ne font pas leur choix (**Tab. 31**).

Concernant le choix entre deux milieux traités, 52,5% des larves sont attirées par l'odeur du milieu de culture testé, par contre 47,5% des larves ne sont pas attirées (**Tab. 31**).

**Tableau 31 : Choix des larves traitées après 30 minutes du test.**

	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	92,5%	35%	-
Milieu Traité	-	30%	52,5%
Aucun choix	7,5%	35%	47,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**Choix des larves traitées après 60 minutes d'observation:**

Au bout d'une heure d'observation, 35% des larves traitées par l'extrait de *C.arabica* ont choisis le milieu témoin et 27,5% sont attirées par le milieu traité, par contre 37,5% de ces derniers ne font pas leur choix (**Tab. 32**).

Pour le choix des larves traitées à 60 minutes pour les deux odeurs témoins, 92,5% des larves font un choix et uniquement 7,5% d'entre elles ne font pas leur choix (**Tab. 32**).

En ce qui concerne le choix des larves traitées entre les deux milieux de culture testés mélangé avec l'extrait de *C. arabica*, 55% des larves traitées font leurs choix tandis que 45% de ces larves ne font pas leur choix (**Tab. 32**).



**Tableau 32 : Choix des larves traitées après 60 minutes du test.**

	Larves Traitées		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	92,5%	35%	-
Milieu Traité	-	27,5%	55%
Aucun choix	7,5%	37,5%	45%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.2.2.3. Le temps de détection :

#### Chez les larves témoins :

Face à deux odeurs différentes (témoin vs traitée), les larves témoins se déplacent lentement vers le milieu témoin avec un temps de latence moyen de  $501,250 \pm 127,129$  secondes (le temps minimal est de 126 et le maximum est de 1862 secondes), et plus rapidement elles détectent le milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* ( $0,5 \mu\text{g/ml}$ ) avec une moyenne de  $306,318 \pm 34,791$  secondes avec un minimum de 129 et un maximum de 652 (Tab. 33). La comparaison des variances montrent qu'il existe des différences hautement significatives entre les temps de détection des deux milieux ( $F_{\text{obs}} = 9,332$  ;  $p : 0,004$ ) (Tab. 33).

**Tableau 33: Temps de détection (secondes) des larves témoins en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait éthanolique de *C. arabica* ( $0,5 \mu\text{g/ml}$ )].**

Milieu	Choix	N	Moy $\pm$ SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	P
Témoin X Traité	Milieu témoin	16	501,250 $\pm 127,129$	126,000	1862,000	258589,667	9,332	0,004**
	Milieu traité	22	306,318 $\pm$ 34,791	129,000	652,000	26628,799		
Témoin X Témoin	A	12	795,583 $\pm$ 152,156	332,000	1790,000	277816,992	1,107	0,301
	B	20	808,550 $\pm$ 93,696	223,000	1797,000	175577,103		
Traité X Traité	A	11	946,182 $\pm$ 160,194	183,000	1904,000	282284,164	0,088	0,770
	B	13	878,692 $\pm$ 149,298	223,000	1779,000	289766,897		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

**Chez les larves traitées :**

En ce qui concerne les larves traitées, les temps de détection enregistrés sont en moyenne  $739,214 \pm 102,485$  et  $870,545 \pm 159,305$  secondes pour localiser, respectivement, les papiers imbibés dans le milieu témoin et traité à l'extrait éthanolique de *C.arabica* (0,5 µg/ml) (Tab. 34).

De plus, elles mettent entre 73 et 1331 secondes pour localiser l'odeur témoin et  $780,929 \pm 114,371$  secondes pour l'odeur traitée lorsqu'on utilise deux milieux similaires dans l'acène du test. (Tab. 34).

**Tableau 34 : Temps de détection (secondes) des larves traitées en réponse aux différentes odeurs du milieu testées [milieu témoin; milieu traité à l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml)].**

Milieu	Choix	N	Moy ± SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	P
Témoin X Traité	Milieu témoin	14	739,214±102,485	149,000	1393,000	147043,720	1,354	0,257
	Milieu traité	11	870,545±159,305	165,000	1794,000	279158,873		
Témoin X Témoin	A	21	605,571±79,002	157,000	1331,000	131066,657	0,212	0,648
	B	16	548,875±77,616	73,000	1027,000	96388,783		
Traité X Traité	A	14	780,929±114,371	213,000	1670,000	183128,841	0,085	0,773
	B	7	535,571±224,553	135,000	1826,000	352968,286		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

**3.2.2.4. Le temps passé dans chaque milieu :**

**Les larves témoins :**

On enregistre que les larves témoins passent en moyenne  $822,548 \pm 94,622$  secondes au niveau des papiers imbibés dans les milieux témoins avec un minimum de 8 et un maximum de 1659 secondes (Tab. 35). Les asticots qui ont choisis le milieu traité avec l'extrait éthanolique (0,5 µg/ml) mettent  $715,923 \pm 167,518$  secondes sur les papiers avec un minimum de 54 et un maximum de 1644 secondes (Tab. 35).

**Tableau 35: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu par les larves témoins**

Milieu	Choix	N	Moy ± SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	P
Témoin X Traité	Milieu témoin	31	822,548±94,622	8,000	1659,000	277551,589	0,397	0,532
	Milieu traité	13	715,923±167,518	54,000	1644,000	364807,910		
Témoin X Témoin	A	14	903,143±143,584	10,000	1468,000	288627,209	0,551	0,463
	B	20	882,100±109,867	3,000	1523,000	241415,989		
Traité X Traité	A	10	419,700±98,303	59,000	1162,000	96634,456	8,146	0,009**
	B	14	650,143±134,727	21,000	1345,000	254120,132		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

**Les larves traitées:**

Pour le temps passé dans le milieu qui contient des papiers témoin et d'autre imbibés dans l'extrait éthanolique de *C. arabica*, les larves traitées passent 661,706 ± 121,435 secondes au niveau des papiers imbibés dans les milieux témoins avec un minimum de 6 et un maximum de 1680 secondes. Ces dernières mettent 423,909 ± 130,955 secondes en moyenne dans le milieu traité avec un minimum de 13 et un maximum de 1319 secondes en présence des deux odeurs différents (Tab. 36). La comparaison des variances montrent qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps enregistrés (F<sub>obs</sub>=0,068 ; p : 0,796) (Tab. 36).

**Tableau 36: Le temps passé (secondes) dans chaque milieu par les larves traitées par l'extrait éthanolique de *C. arabica*.**

Milieu	Choix	N	Moy ± SEM	Min	Max	Var	F <sub>obs</sub>	P
Témoin X Traité	Milieu témoin	17	661,706±121,435	6,000	1680,000	250689,721	0,068	0,796
	Milieu traité	11	423,909±130,955	13,000	1319,000	188641,091		
Témoin X Témoin	A	22	878,455±89,503	180,000	1515,000	176238,165	0,827	0,369
	B	18	850,222±95,124	42,000	1727,000	162874,183		
Traité X Traité	A	18	585,889±95,407	39,000	1149,000	163843,634	1,336	0,260
	B	7	451,429±134,838	157,000	1177,000	127268,952		

[Moy :Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ;Var : Variance]

### 3.2.2.5. Pupation des larves témoins :

Concernant l'observation de la pupation des larves témoins en présence du milieu témoin et traité en même temps, nous avons noté que 7,5% des larves choisissent le milieu témoin ; tandis qu'aucune d'entre elles n'a choisit la pupation dans le milieu traité et 92,5% de ces derniers ne font pas leur choix en présence du milieu témoin et traité en même temps. (Tab.37).

Les mêmes résultats sont observés avec les tests de confirmation du choix. 75% des larves témoins ont marqué la présence de leur pupa sur les papiers imbibés des milieux de culture témoins et 25% d'entre elles ne font pas leur choix quand les deux milieux sont témoins (Tab. 37). Pour la pupation dans les boites contenant deux milieux traités, 12,5% des larves témoins ont choisis la pupation dans le milieu de culture testé comme on note l'absence de 87,5% de pupa après ces tests (Tab. 37).

**Tableau 37: Pupation des larves témoins (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml))**

	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	75%	7,5%	/
Milieu Traité	/	0%	12,5%
Aucun choix	25%	92,5%	87,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.2.2.6. Pupation des larves traitées :

L'observation de la pupation (la chrysalide) des larves traitées après les tests du comportement alimentaire a montré que 22,5% des larves font leurs choix pour le milieu témoin et seulement 10% pour le milieu traité et par contre la majorité (67,5%) de ces derniers ne font pas leur choix entre les deux milieux témoin et traité (Tab. 38).

Pour l'observation de choix de la pupation des larves traitées entre les deux milieux témoins, 20% des asticots choisis les milieux témoins et 80% ne font aucun choix (Tab. 38). En ce qui concerne l'observation de la pupation des larves traitées au niveau des arènes contenant deux milieux traités 77,5% ne font aucun choix c'est-à-dire on trouve la pupa sur le milieu gélosé (Tab. 38).

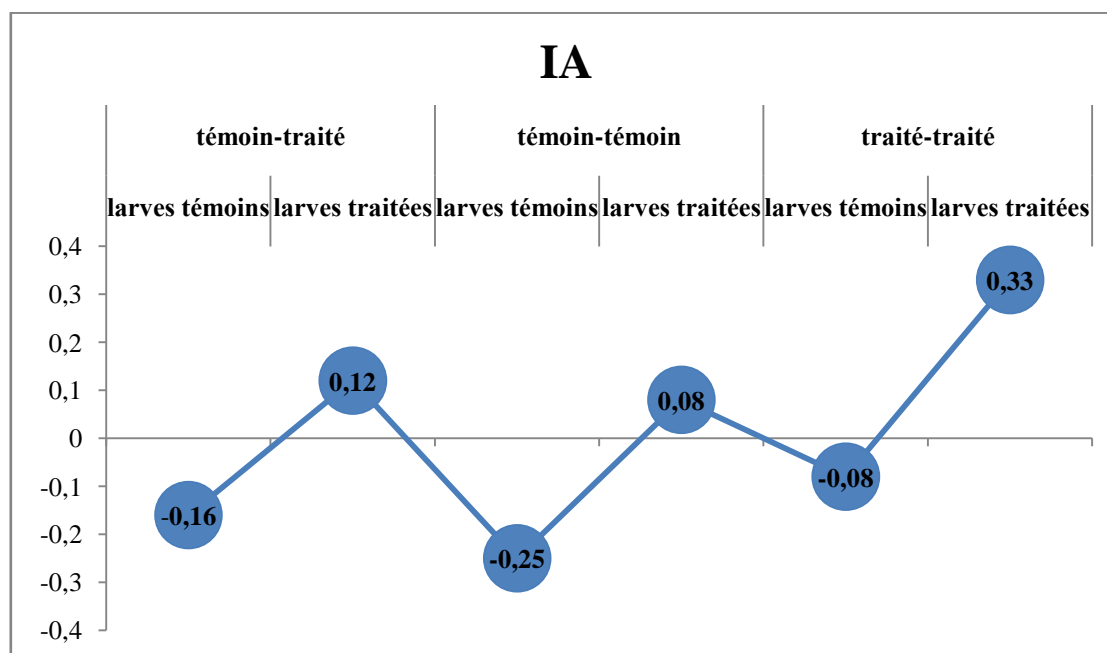
**Tableau 38: Pupation des larves traitées (choix entre l'odeur du milieu témoin et le milieu traité avec l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml))**

	Larves Témoins		
	Tm x Tm	Tm x Tr	Tr x Tr
Milieu Témoin	20%	22,5%	/
Milieu Traité	/	10%	22,5%
Aucun choix	80%	67,5%	77,5%

[Tm : Témoin ; Tr : Traité]

**3.2.2.7. Indice d'attraction :**

Le calcul de l'indice de réponse (IA) confirme les résultats obtenus dans les tableaux précédents et montre des valeurs positives pour les larves traitées et des valeurs négatives pour les larves témoins ce qui explique l'attraction des larves témoins envers l'odeur du milieu traité par l'extrait éthanolique du *C. arabica* et une aversion importante des larves traitées à ce produit (**Fig. 18**).



**Figure 18. Représentation graphique de l'indice d'attraction (IA) des larves de *D. melanogaster* (témoins et traitées) envers les différents milieux testés par l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml).**

### 3.3. Effet de *C. arabica* sur le comportement sexuel des adultes de *D.melnogaster* :

#### 3.3.1. Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) :

##### 3.3.1.1. Effet sur le taux des réussites d'accouplement :

Les résultats montrent que l'extrait aqueux de *C. arabica*, administré à une concentration sub létale de 35µg/ml, supprime l'accouplement chez la mouche et ce, quelle que soit le sexe traité au sein d'un couple (dyade) (**Tab. 39**). Le taux de réussite d'accouplement est de 70 % chez les témoins alors qu'il atteint 25% lorsque les mâles sont traités avec la plante saharienne (**Tab. 39**). Le taux des accouplements avortés (couples qui tentent de s'accoupler sans succès) et des accouplements nuls (ni tentative, ni accouplement) est plus important chez les couples composés des mâles traités et des femelles témoins (**Tab. 39**).

**Tableau 39: Effets de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements de *D. menlanogaster***

	% accouplement		
	réussi	avorté	Nul
♂Tm x ♀Tm	70	20	10
♂Tm x ♀C.a	55	10	35
♂C.a x ♀Tm	25	30	45
♂C.a x ♀C.a	55	10	35

[Tm : Témoin ; C.a : *C. arabica*]

##### 3.3.1.2. Effet sur les séquences comportementales:

###### ➤ Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le temps du 1<sup>er</sup> contact :

Les résultats obtenus montrent que chez les couples témoins, le temps du premier contact est d'une moyenne de 118,700 ± 22,878 secondes, avec un minimum de 8 secondes et un maximum de 330 secondes. Alors que chez les couples traités, le temps moyen du premier contact est de 80,100 ± 36,720 secondes dont le minimum est zéro et le maximum est de 720 secondes (**Tab. 40**).

Pour les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, les mâles établies le premier contact avec ses pattes antérieures dans 1,000 à 690,000 secondes, avec une moyenne de 79,850 ± 35,502 secondes (**Tab. 40**). Tandis que chez les couples des mâles traités et des femelles témoins le temps moyen du premier contact est de 112,950 ± 61,004

secondes avec un minimum de 2 secondes et un maximum de 1241 secondes (**Tab. 40**). La comparaison des variances montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps enregistrés ( $F_{obs}=0,41$ ;  $p : 0,75$ ) (**Tab. 40**).

**Tableau 40: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps du 1<sup>er</sup> contact**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	118,700 ± 22,878	79,850 ±35,502	112,950 ± 61,004	80,100 ± 36,720
<b>Var</b>	10468,011	25208,450	74429,313	26966,726
<b>Min</b>	8,000	1,000	2,000	0,000
<b>Max</b>	330,000	690,000	1241,000	720,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0,410</b>			
<b>p</b>	<b>0,75</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre des attouchements :**

Chez les couples témoins, le nombre moyen des attouchements est de  $8,500 \pm 1,144$  contact, avec un minimum d'un attouchement et un maximum de 20 attouchements (**Tab. 41**). Pour les couples traités le nombre moyen des attouchements est de  $7,2 \pm 7,20$  attouchements dont le minimum est zéro et le maximum est de 23 attouchements (**Tab. 41**).

Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, nous avons noté que le nombre moyen des attouchements est de  $11,250 \pm 1,942$  attouchement, avec un minimum d'un attouchement et un maximum est de 38 attouchements (**Tab. 41**). Les couples des mâles traités et des femelles témoins font 3 à 68 attouchements avec une moyenne de  $22,500 \pm 4,479$  attouchement (**Tab. 41**). L'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre le nombre d'attouchements enregistré chez les 4 types de croisement ( $F_{obs}=12,181$  ;  $p : < 0,0001$ ) (**Tab. 41**).

**Tableau 41 : Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre des contacts**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	8,500 ± 1,144	11,250 ± 1,942	22,500 ± 4,479	7,200 ± 7,200
<b>Var</b>	26,158	75,461	401,316	39,853
<b>Min</b>	1,000	1,000	3,000	0,000
<b>Max</b>	20,000	38,000	68,000	23,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>12,181</b>			
<b>p</b>	<b>&lt; 0,0001***</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps de la première vibration :**

Pour le temps de la première vibration, les résultats obtenus indiquent que chez les couples témoins, les mâles font leurs premières vibrations ailières dans  $285,700 \pm 73,588$  secondes (**Tab. 42**). Nous avons notés une diminution du temps de la première vibration lorsque les couples sont traitées, qui mettent en moyenne  $190,700 \pm 58,753$  secondes dont le minimum est de 0,000 secondes et le maximum est de 912 secondes (**Tab. 42**). Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, les mâles prennent de 0,000 à 756 secondes pour établir cette étape (**Tab. 42**). Le temps devient plus important chez les couples lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins où nous avons enregistré un temps moyen de  $444,600 \pm 186,558$  secondes, avec un minimum de zéro et un maximum de 3725 secondes (**Tab. 42**). L'étude statistique indique l'absence des différences significatives entre les différents temps de vibrations enregistrés ( $F=2,287$ ;  $p:0,09$ ) (**Tab. 42**).

**Tableau 42: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps de la première vibration**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	285,700 ± 73,588	222,950 ± 54,002	444,600 ± 186,558	190,700 ± 58,753
<b>Var</b>	108304,853	58323,945	696081,305	69037,484
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	1458,000	756,000	3725,000	912,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>2,287</b>			
<b>p</b>	<b>0,09</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le nombre de la 1<sup>ère</sup> vibration :**

Chez les couples témoins, nous avons trouvé que le nombre de vibration est d'une moyenne de  $8,150 \pm 1,833$  vibrations, alors qu'il est de  $7,450 \pm 2,062$  vibrations chez les couples traitées (**Tab. 43**). Contrairement aux couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées le nombre a augmenté et atteint 65 vibrations, lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins le nombre de vibration est deux fois plus important que chez les couples témoins, avec une moyenne de  $19,750 \pm 4,716$  vibrations et un minimum de zéro et un maximum de 63 vibrations (**Tab. 43**). Au seuil de signification  $\alpha= 0,05$ , la comparaison des variances montre qu'il existe des différences très hautement significatives



entre le nombre de vibration enregistré chez les 4 types de croisements ( $F_{obs} = 6,641$ ;  $p: 0,000$ ) (Tab. 43).

**Tableau 43: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre de vibration**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	8,150 ± 1,833	11,100 ± 3,259	19,750 ± 4,716	7,450 ± 2,062
<b>Var</b>	67,187	212,411	444,829	84,997
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	32,000	65,000	63,000	33,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>6,641</b>			
<b>p</b>	<b>0,000***</b>			

[Moy : Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le temps de premier léchage:**

Chez les couples témoins, les mâles lèchent les sécrétions des femelles après un temps moyen  $332,100 \pm 74,083$  secondes (Tab. 44), tandis que chez les couples traités, ce se fait dans un temps moyen de  $262,200 \pm 84,689$  secondes dont le minimum est de zéro et le maximum est de 1128 seconde (Tab. 44).

Lorsque les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, nous avons enregistré un temps moyen de  $323,400 \pm 79,902$  secondes avec un minimum de zéro et maximum de 1329 secondes (Tab. 44), alors que chez les couples des mâles traités et des femelles témoins, nous avons enregistré de 0,000 à 1550 secondes (Tab. 44). L'analyse statistique révèle l'absence des différences significatives entre les temps de premier léchage ( $F_{obs} = 0,459$  ;  $p: 0,71$ ) (Tab. 44).

**Tableau 44: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps du 1<sup>er</sup> léchage**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	332,100 ± 74,083	323,400 ± 79,902	250,550 ± 80,591	262,200 ± 84,689
<b>Var</b>	109765,463	127685,726	129898,997	143445,747
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	1459,000	1329,000	1550,000	1128,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0,459</b>			
<b>p</b>	<b>0,71</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre de léchage :**

Nos résultats montrent que chez les couples témoins, le nombre de léchage est d'une moyenne de  $5,650 \pm 1,330$  léchages, avec un minimum nul et maximum de 24 léchages, pour les couples traités on a une moyenne de  $5,950 \pm 1,961$  léchages dont le minimum est de zéro et le maximum est de 33 léchages (**Tab. 45**).

Lorsque les mâles sont témoins et les femelles sont traités, nous avons enregistré une moyenne de  $5,900 \pm 1,596$  léchages, tandis que chez les couples des mâles traités et des femelles témoins, le nombre de léchage est deux fois plus élevé que les couples témoins avec un minimum nul et maximum 40 léchages (**Tab. 45**). Nous avons enregistré qu'il existe des différences hautement significatives entre le nombre de léchage observé ( $F_{obs} = 6,350$  ;  $p : 0,001$ ) (**Tab. 45**).

**Tableau 45: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre de léchage**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	5,650 ± 1,330	5,900 ± 1,596	12,100 ± 3,108	5,950 ± 1,961
<b>Var</b>	35,397	50,937	193,253	76,892
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	24,000	28,000	40,000	33,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>6,350</b>			
<b>p</b>	<b>0,001**</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le temps de la première tentative d'accouplement :**

Chez les couples témoins nous avons noté que le temps de la première tentative est d'une moyenne de  $404,150 \pm 80,702$  secondes, avec un minimum de zéro et maximum de 1460 secondes (**Tab. 46**). Alors que lorsque les deux partenaires sont traités, le temps moyen est de  $370,650 \pm 105,217$  secondes (**Tab. 46**). Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traités, le temps moyen de la première tentative est moins important, il est de 0,000 à 1369 secondes, avec une moyenne de  $292,000 \pm 80,867$  secondes, par contre il est de 0,000 à 1707 secondes lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins (**Tab. 46**). L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps de la première tentative observée chez les différents couples ( $F_{obs} = 0,701$  ;  $p : 0,55$ ) (**Tab. 46**).

**Tableau 46: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps de la première tentative**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	404,150 ± 80,702	292,000 ± 80,867	260,750 ± 99,760	370,650 ± 105,217
<b>Var</b>	130255,713	130790,842	199041,250	221410,661
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	1460,000	1369,000	1707,000	1316,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0,701</b>			
<b>P</b>	<b>0,55</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le nombre de tentative d'accouplement :**

Les résultats de cet étude montrent que le nombre des tentatives effectuées par les mâles des couples témoins est d'une moyenne de 3,650 ± 1,091 tentatives dont le minimum est de zéro tentative et le maximum est de 19,000 tentatives (**Tab. 47**). Pour les couples traités le nombre de tentatives est d'une moyenne de 3,150 ± 1,132 tentatives avec un minimum nul et un maximum de 19 tentatives (**Tab. 47**).

Chez les couples des mâles témoins et des femelles traitées, nous avons enregistré de 0,000 à 13 tentatives, avec une moyenne de 2,600 ± 0,893, alors que, chez les couples dont les mâles sont traités et les femelles sont témoins, le nombre de tentative est de 0,000 à 35,000 tentatives, avec une moyenne de 4,500 ± 1,920 tentatives (**Tab. 47**). La comparaison des variances montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le nombre de tentative ( $F_{obs}=1,980$ ;  $p: 0,12$ ) (**Tab. 47**).

**Tableau 47: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µg/ml) sur le nombre de tentative.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	3,650 ± 1,091	2,600 ± 0,893	4,500 ± 1,920	3,150 ± 1,132
<b>Var</b>	23,818	15,937	73,737	25,608
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	19,000	13,000	35,000	19,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1,980</b>			
<b>p</b>	<b>0,12</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps d'accouplement de *D. melanogaster*.**

L'accouplement est effectué dans 980 secondes lorsque les deux partenaires sont témoins avec une moyenne de  $333,350 \pm 71,353$  secondes, quand les couples sont traités le temps est augmenté et il est de 1403 secondes, avec une moyenne de  $324,650 \pm 110,841$  secondes, (**Tab. 48**).

Pour les couples dont les mâles sont témoins et les femelles traités nous avons notés un temps moyen de  $322,150 \pm 96,486$  avec un maximum de 1371 secondes, tandis que chez les couples dont les mâles sont traités et les femelles sont témoins nous avons enregistré un temps moyen de  $169,500 \pm 97,552$  secondes (**Tab. 48**). L'étude statistique montre que *C. arabica* n'agit pas significativement sur le temps d'accouplement ( $F_{obs}=1,395$ ;  $p$ : 0,251) (**Tab. 48**).

**Tableau 48: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le temps du premier accouplement**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	333,350 ± 71,353	322,150 ± 96,486	169,500 ± 97,552	324,650 ± 110,841
<b>Var</b>	101825,924	186191,924	190328,895	245713,924
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	980,000	1371,000	1808,000	1403,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1,395</b>			
<b>p</b>	<b>0,251</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35µ g/ml) sur la durée d'accouplement de *D. melanogaster* :**

Chez les couples témoins, nous avons observé que la durée d'accouplement est d'une moyenne de  $1179,350 \pm 185,563$  secondes, alors que chez les couples traitées, elle est de  $882,150 \pm 208,496$  secondes (**Tab. 49**).

Les couples des mâles témoins et des femelles traitées, la durée moyenne de l'accouplement est d'une valeur maximale de 2777 secondes, mais lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins, la durée est de 5461,000 secondes (**Tab. 49**). Nous avons

enregistré qu'il n'existe pas des différences significatives entre la durée d'accouplement ( $F_{obs} = 0,361$  ;  $p : 0,78$ ) (Tab. 49).

**Tableau 49: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur la durée d'accouplement**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	1179,350 ± 185,563	905,900 ± 216,794	566,900 ± 294,782	882,150 ± 208,496
<b>Var</b>	688675,818	939993,147	1737933,463	869413,924
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Max</b>	2181,000	2777,000	5461,000	2395,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>0,361</b>			
<b>p</b>	<b>0,78</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.3.2. Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) :

#### 3.3.2.2. Effet sur le taux des réussites d'accouplement :

Les résultats montrent que l'extrait éthanolique de *C. arabica*, administré à une concentration sub létale de 0,5 µg/ml, supprime l'accouplement chez la mouche lorsque les deux sexes sont traités au sein d'un couple (Tab. 50). Le taux de réussite d'accouplement dépend du traitement des mâles ; il est de 10% lorsque les mâles sont traités avec la plante *C. arabica* et il atteint jusqu'à plus de 70% lorsque les mâles sont témoins (Tab. 50). Le taux des accouplements avortés (couples qui tentent de s'accoupler sans succès) et des accouplements nuls (ni tentative, ni accouplement) est plus important chez les couples composés des mâles traités (Tab. 50).

**Tableau 50: Effets d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le pourcentage de réussite des accouplements de *D. melanogaster***

	% accouplement		
	réussi	avorté	Nul
♂Tm x ♀Tm	70	20	10
♂C.a x ♀C.a	0	0	100
♂ Tmx ♀C.a	75	25	0
♂C.a x ♀Tm	10	55	35

### 3.3.1.2. Effet sur les séquences comportementales:

➤ **Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps du premier contact :**

Les résultats obtenus montrent que chez les couples témoins, le temps du premier contact est d'une moyenne de  $118,700 \pm 22,878$  secondes, avec un minimum de 8 secondes et un maximum de 330 secondes. Alors que chez les couples traités le temps moyen du premier contact est de  $92,250 \pm 39,626$  secondes dont le minimum est 2 secondes et le maximum est de 683 secondes (**Tab. 51**).

Pour les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, les mâles établissent le premier contact avec ses pattes antérieures dans 1,000 à 266,000 secondes, avec une moyenne de  $52,000 \pm 18,406$  secondes. Tandis que chez les couples des mâles traités et des femelles témoins le temps moyen du premier contact est de  $113,556 \pm 36,475$  secondes avec un minimum de 6 secondes et un maximum de 710 secondes (**Tab. 51**). La comparaison des variances montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps enregistrés ( $F_{obs}=1,029$ ;  $p : 0,385$ ) (**Tab. 51**).

**Tableau 51: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps du premier contact**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀ Tr
<b>Moy ±SEM</b>	118,700 ± 22,878	52,000±18,406	113,556± 36,475	92,250± 39,626
<b>Var</b>	10468,011	6775,368	26608,211	31404,197
<b>Min</b>	8,000	1,000	6,000	2,000
<b>Max</b>	330,000	266,000	710,000	683,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1,029</b>			
<b>p</b>	<b>0,385</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre des contacts :**

Chez les couples témoins, le nombre moyen des attouchements est de  $8,500 \pm 1,144$  attouchement, avec un minimum d'un attouchement et un maximum de 20 attouchements (**Tab. 52**). Pour les couples traités le nombre moyen des contacts est de  $10,300 \pm 1,257$  contact avec un minimum est 2 et un maximum est de 21 attouchements (**Tab. 52**).

Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, nous avons noté que le nombre d'attouchements est plus important et atteint  $17,000 \pm 2,307$  attouchements (**Tab. 52**); tandis que les mâles traités et les femelles témoins font 3 à 26 attouchements avec une moyenne de  $13,944 \pm 1,800$  attouchements (**Tab. 52**). L'analyse statique montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre le nombre d'attouchement ( $F_{obs}=1,873$  ;  $p : 0,141$ ) (**Tab. 52**).

**Tableau 52: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre d'attouchement.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	8,500 ± 1,144	17,000±2,307	12,550±8,401	10,300±1,257
<b>Var</b>	26,158	106,421	58,291	31,589
<b>Min</b>	1,000	3,000	3,000	2,000
<b>Max</b>	20,000	48,000	26,000	21,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1,873</b>			
<b>p</b>	<b>0,141</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps de la première vibration :**

Pour le temps de la première vibration, nous avons notés une diminution du temps de vibration lorsque les couples sont traités, qui mettent en moyenne  $371,550 \pm 59,151$  secondes dont le minimum est de 205 secondes et le maximum est de 822 secondes (**Tab. 53**).

Chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, les mâles prennent de 9,000 à 501,000 secondes pour établir cette étape. Le temps devient moins important chez les couples lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins où nous avons enregistré un temps moyen de  $135,700 \pm 28,797$  secondes, avec un minimum de 41 secondes et un maximum de 458 secondes (**Tab. 53**). L'étude statistique indique les différences significatives entre les différents temps de vibrations enregistrés ( $F_{obs}=3,854$ ;  $p:0,013$ ) (**Tab. 53**).

**Tableau 53: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps de la première vibration**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	285,700±73,588	156,650±30,091	135,700± 28,797	371,550±59,151
<b>Var</b>	108304,853	18109,713	16584,853	69977,734
<b>Min</b>	30,000	9,000	41,000	205,000
<b>Max</b>	1458,000	501,000	458,000	822,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>3,854</b>			
<b>p</b>	<b>0,013*</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de vibrations :**

Après traitement avec l'extrait éthanolique de notre plante saharienne, le nombre de vibrations ailières augmente chez les couples traités ; il est de  $12,600 \pm 3,205$  vibrations chez les couples traités (Tab. 54), atteint 44 vibrations chez les couples dont les mâles sont traités et les femelles sont témoins et arrive jusqu'à 79 vibrations lorsque les mâles sont témoins et les femelles sont traitées (Tab. 54). Au seuil de signification  $\alpha = 0,05$ , la comparaison des variances montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le nombre de vibration ( $F_{obs} = 4,140$ ;  $p = 0,009$ ) (Tab. 54).

**Tableau 54: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de vibrations**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	8,579±1,878	32,850± 4,113	13,650± 3,182	12,600± 3,205
<b>Var</b>	67,035	338,345	202,450	205,411
<b>Min</b>	0,000	11,000	0,000	1,000
<b>Max</b>	32,000	79,000	44,000	62,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>4,140</b>			
<b>p</b>	<b>0,009**</b>			

[Moy : Moyenne ; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps de premier léchage :**

Chez les couples traités, nous avons notés que le premier léchage se fait dans  $347,105 \pm 100,422$  secondes (Tab. 55). Lorsque les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, nous avons enregistré un temps moyen de  $201,750 \pm 33,015$  secondes avec un



minimum de 11 secondes et maximum de 509 secondes, alors que chez les couples des mâles traités et des femelles témoins, nous avons enregistré de 0,000 à 705,000 secondes (**Tab. 55**). L'analyse statistique révèle les différences hautement significatives entre les temps du premier léchage ( $F_{obs}=6,452$ ;  $p : 0,001$ ) (**Tab. 55**).

**Tableau 55: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps du premier léchage.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	349,579±75,886	201,750±33,015	206,200±48,209	329,750±96,837
<b>Var</b>	109795,463	21799,776	46481,432	187547,039
<b>Min</b>	0,000	11,000	0,000	2,000
<b>Max</b>	1459,000	509,000	705,000	1406,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>6,452</b>			
<b>p</b>	<b>0,001**</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de léchages :**

Nos résultats montrent que chez les couples témoins, le nombre de léchage arrive jusqu'à 24 léchages tandis que pour les couples traités on a une moyenne de  $9,350 \pm 2,206$  léchages dont le minimum est de un léchage et le maximum est de 45 léchages (**Tab. 56**).

Lorsque les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, nous avons enregistré une moyenne de  $30,400 \pm 3,168$  léchages, par contre chez les couples des mâles traités et des femelles témoins, le nombre de léchages est moins élevé et varie de 1 à 45 léchages (**Tab. 56**). Nous avons enregistré qu'il existe des différences hautement significatives entre le nombre de léchage observé chez les quatre croisements ( $F_{obs}= 4,453$  ;  $p : 0,006$ ) (**Tab. 56**).

**Tableau 56: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de léchages.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	5,650 ± 1,330	30,400 ± 3,168	12,150 ± 3,097	9,350 ± 2,206
<b>Var</b>	35,397	200,674	191,818	97,292
<b>Min</b>	0,000	12,000	0,000	1,000
<b>Max</b>	24,000	69,000	45,000	45,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>4,453</b>			
<b>P</b>	<b>0,006**</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps de la première tentative d'accouplement :**

Chez les couples où les deux partenaires sont traités le temps moyen de la première tentative d'accouplement est de 826,75±111,056 secondes (**Tab. 57**). Ce temps est moins important chez les couples dont l'un des deux partenaires est traité ; nous avons enregistré que chez les couples dont les mâles sont témoins et les femelles sont traitées, le temps moyen de la première tentative est plus important, il est de 311,850±85,569 secondes, en moyenne et il arrive à 217,650±88,888 secondes lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins (**Tab. 57**). L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les temps des premières tentatives d'accouplement ( $F_{obs}=1,380$  ;  $p : 0,255$ ) (**Tab. 57**).

**Tableau 57: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps de la première tentative.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	404,150±80,702	311,850±85,569	217,650±88,888	826,75±111,056
<b>Var</b>	130255,713	146440,661	158021,173	246669,355
<b>Min</b>	0,000	12,000	51,000	352,000
<b>Max</b>	1460,000	1742,000	1330,000	1682,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>1,380</b>			
<b>p</b>	<b>0,255</b>			

[**Moy** : Moyenne; **SEM** : Ecart-type de la moyenne ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ; **Tm** : Témoin ; **Tr** : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de tentatives d'accouplement :**

Les résultats de cette étude montrent que le nombre des tentatives effectuées est important chez les couples témoins. Pour les couples traités le nombre de tentatives est de 1 à 16 tentatives dont la moyenne est de 4,350 ± 0,927 (**Tab. 58**). Le nombre de tentatives le plus important est observé chez les couples des mâles témoins et des femelles traitées, nous avons enregistrés de 7,000 à 50 tentatives, avec une moyenne de 21,800 ± 2,447 tentatives ; enfin chez les couples dont les mâles sont traités et les femelles sont témoins le nombre de tentatives d'accouplement est de 2,000 à 37,000 tentatives, avec une moyenne de 7,750 ± 2,296 tentatives (**Tab. 58**). La comparaison des variances montre qu'il existe des différences hautement significatives entre le nombre de tentatives d'accouplement ( $F_{obs}=4,820$ ;  $p:0,004$ ) (**Tab. 58**).

**Tableau 58: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre de tentatives d'accouplement**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	3,650 ± 1,091	21,800 ± 2,447	7,750 ± 2,296	4,350 ± 0,927
<b>Var</b>	23,818	119,747	105,461	17,187
<b>Min</b>	0,000	7,000	2,000	1,000
<b>Max</b>	19,000	50,000	37,000	16,000
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>4,820</b>			
<b>p</b>	<b>0,004**</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps d'accouplement de *D. melanogaster* :**

L'accouplement est effectué dans 476,214± 73,463 secondes lorsque les deux partenaires sont témoins ; quand les couples sont traités le temps d'accouplement est nul ; cela signifie que l'extrait éthanolique de la plante *C. arabica* agit significativement sur cette séquence chez les adultes de *D. melanogaster* (**Tab. 59**).

Pour les couples dont les mâles sont témoins et les femelles traités nous avons noté un temps moyen de 827,750 ± 171,998 secondes avec un minimum de 204 secondes et maximum de 3017 secondes, tandis que chez les couples dont les mâles sont traités et les femelles sont témoins nous avons enregistré un temps moyen de 102,800±71,066 secondes, dont le minimum est de 936 secondes et le maximum est de 1120 secondes (**Tab. 59**). L'étude statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre le temps d'accouplement (F<sub>obs</sub>= 17,908 ; p: <0,0001) (**Tab. 59**).

**Tableau 59: Effet d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le temps du premier accouplement.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	333,350 ±71,353	827,750 ± 171,998	102,800±71,066	/
<b>Var</b>	101825,924	591669,566	101007,326	/
<b>Min</b>	0,000	204,000	936,000	/
<b>Max</b>	980,000	3017,000	1120,000	/
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>17,908</b>			
<b>p</b>	<b>&lt;0,0001***</b>			

[Moy : Moyenne; SEM : Ecart-type de la moyenne ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ; Tm : Témoin ; Tr : Traité].

➤ **Effet de l'extrait éthanologique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur la durée d'accouplement de *D.melanogaster* :**

Chez les couples témoins, nous avons observé que la durée d'accouplement est d'une moyenne de 1179,350 ± 185,563 secondes, alors que chez les couples traités, elle est nulle (**Tab. 60**). Les couples des mâles témoins et des femelles traitées, la durée moyenne de l'accouplement est de 0,000 à 5400 secondes, mais lorsque les mâles sont traités et les femelles sont témoins, la durée est de 0,000 à 180,000 secondes (**Tab. 60**). Nous avons enregistré qu'il existe des différences très hautement significatives entre la durée des accouplements réussis ( $F_{obs} = 13,930$  ;  $p : <0,0001$ ) (**Tab. 60**).

**Tableau 60: Effet d'extrait éthanologique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur la durée d'accouplement.**

	♂Tm X ♀Tm	♂ Tm X ♀ Tr	♂ Tr X ♀ Tm	♂Tr X ♀Tr
<b>Moy ±SEM</b>	1179,350 ± 185,563	940,550 ± 297,480	15,0500 ± 10,577	/
<b>Var</b>	688675,818	1980732,495	2237,418	/
<b>Min</b>	0,000	0,000	0,000	/
<b>Max</b>	2181,000	5400,000	180,000	/
<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>13,930</b>			
<b>p</b>	<b>&lt;0,0001***</b>			

[**Moy** : Moyenne; **SEM** : Ecart-type de la moyenne ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ; **Tm** : Témoin ; **Tr** : Traité].

**3.4. Effet de *C. arabica* sur le choix d'oviposition des femelles de *D. melanogaster* :**

**3.4.1. Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) :**

**3.4.1.1. Effet sur le choix d'oviposition :**

Le tableau 61 présente l'attractivité des femelles fécondées (qui ont subi un accouplement réussi) dans le choix du site de ponte. Il semble que les femelles témoins (n= 20) sont attiré significativement par l'odeur témoin car elles déposent 100% de leurs œufs dans le milieu témoin seulement ( $p : 1,000$  S) (**Tab. 61**). Sur les 20 couples traités, 11 femelles sont attirées par le milieu témoin ( $p : <0,930$  NS) (**Tab. 61**). Chez les 20 couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée et/ou le mâle traité et femelle témoin, 17 femelles sont attirées significativement par le milieu témoin ( $p : 1,000$  S) (**Tab. 61**).

Alors que dans le milieu traité, aucune femelle des couples témoins n'est attirée par ce dernier ; aussi, 6 femelles sont attirées par ce milieu quand elles sont issues des

accouplements de mâles et femelles traitées (Tab. 61). Les résultats montrent que seulement 10 à 13 femelles choisissent le milieu traité lorsque l'un des deux partenaires est traité (Tab. 61).

**Tableau 61: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le choix du site de ponte chez *D. melanogaster***

	N	Milieu témoin			Milieu traité		
		A	NA	<i>p</i>	A	NA	<i>p</i>
♂Tm x ♀Tm	20	20	0	1,000 S	0	20	<0,930NS
♂Tm x ♀Tr	20	17	3	1,000 S	13	7	<0,930NS
♂Tr x ♀Tm	20	17	3	1,000 S	10	10	<0,930NS
♂Tr x ♀Tr	20	11	9	<0,930NS	6	14	<0,930NS

[N: Nombre des adultes; A: Attirées; NA: Non attirées ; Tm : Témoin ; Tr : Traité ].

### 3.4.1.2. Calcul d'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* d'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml):

Le tableau 62 présente l'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* (n= 20) en présence d'extrait aqueux de *C. arabica*.

Pour les quatre croisements (Les couples témoins et traités, et les couples mâle témoin et la femelle traitée et les couple de mâle traitée et femelle témoin), les adultes femelles préfèrent le milieu témoin avec un indice de préférence (IPO) négative (- 1) et (- 0,28) ce qui montre qu'il existe un effet répulsif de l'extrait aqueux de *C. arabica* qui n'attire pas les femelles *D. melanogaster* (Tab. 62).

**Tableau 62: Indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* d'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml)**

Couple	♂Tm x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tm	♂Tr x ♀Tr
IPO	- 1	- 0,28	- 0,38	- 0,76

### 3.4.2. Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) :

#### 3.4.2.1. Effet sur le choix d'oviposition :

Le tableau 63 présente l'attractivité des femelles accouplées après traitement avec l'extrait éthanolique de la plante dans le choix du site de ponte.

Comme pour les tests de l'extrait aqueux de la plante, 100% les femelles témoins choisissent le milieu témoin et aucune femelle ne pond ses œufs dans le milieu traité avec l'extrait éthanolique (**Tab. 63**). Chez les couples traités testés, seulement 11 femelles sont attirées par le milieu témoin ( $p : <0,930$  NS) tandis que 16 femelles sont attirées significativement par leur milieu initial qui est le milieu mélangé qui contient l'extrait éthanolique de *C. arabica* ( $p : 0,989$  S) (**Tab. 63**).

Chez les 20 couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée, 100% des femelles sont attirées significativement par le milieu témoin tandis que 14 seulement, pondent ses œufs dans le milieu traité (**Tab. 63**).

Dans le croisement où la femelle est témoin et le mâle est traité ; 18 femelles préfèrent pondre leurs œufs dans le milieu témoin ( $p : 1,000$ ) (**Tab. 63**). En analysant leur comportement envers le milieu traité au *C. arabica* (0,5µg/ml), les femelles issues de ce croisement se montrent attirées par l'odeur de ce milieu traité aussi (18 femelles avec  $p : 1,000$ ) (**Tab. 63**).

**Tableau 63: Effet d'extrait éthanolique de de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le choix du site de ponte chez *D. melanogaster***

	N	Milieu témoin			Milieu traité		
		A	NA	<i>p</i>	A	NA	<i>p</i>
♂Tm x ♀Tm	20	20	0	1,000 S	0	20	<0,930 NS
♂Tm x ♀Tr	20	20	0	1,000 S	14	6	0,930 NS
♂Tr x ♀Tm	20	18	2	1,000 S	18	2	1,000 S
♂Tr x ♀Tr	20	11	9	<0,930 NS	16	4	0,989 S

[N: Nombre des adultes; A: Attirées; NA: Non attirées ; P : ; Tm : Témoin ; Tr :Traité]

### 3.4.2.2. Calcul d'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* d'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) :

Le tableau 64 présente l'indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* (n= 20) en présence d'extrait éthanolique de *C. arabica*.

Les couples témoins et les couples dont la femelle est traitée et le mâle est témoin préfèrent le milieu témoin avec un indice de préférence négative (-1) et (-0,60), respectivement (**Tab.64**). Les résultats montrent qu'il existe un effet répulsif de l'extrait éthanolique de *C. arabica* qui n'attire pas les femelles *D. melanogaster* (**Tab.64**).

Un IPO positive a été enregistré chez les couples traités (+0,69) et chez les couples composés de femelles témoins et mâles traités (+0,012) (Tab.64). Cependant les résultats montrent une attraction appréciable sur le milieu traité c'est-à-dire l'extrait éthanolique attire les femelles de *D. melangaster* issues de ces derniers croisements (Tab.64).

**Tableau 64: Indice de préférence d'oviposition (IPO) des femelles de *D. melanogaster* d'extrait éthanolique de *C. arabica*.**

Couple	♂Tm x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tm	♂Tr x ♀Tr
IPO	-1	-0,60	+0,012	+0,69

### 3.5. Effet de *C. arabica* sur la fécondité et la fertilité des femelles de *D.melanogaster* :

#### 3.5.1. Effet des l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) :

Le nombre moyen d'œufs pondus pour les couples témoins sur le milieu témoin est de avec  $57,80 \pm 2,85$  un minimum de 38 et un maximum de 88 œufs, par contre les couples témoin ne pondent pas dans le milieu traité (Tab. 65). L'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les deux choix ( $p: 0,0001^{***}$ ) (Tab. 65).

Les résultats montrent que les femelles témoins accouplées avec des mâles traités avec l'extrait aqueux, peuvent pondre jusqu'à 86 œufs dans le milieu témoin avec une moyenne de  $28,75 \pm 5,35$  œufs et jusqu'à 33 œufs dans les milieux traitées avec le même extrait dont la moyenne de  $7,30 \pm 2,30$  œufs (Tab. 65). Cependant l'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significative entre les nombres de œufs ( $p : 0,004^{***}$ ) (Tab. 65).

Le nombre moyen d'œufs pondus pour les couples mâles témoins et femelles traitées sur le milieu traité est, seulement, de  $10,20 \pm 3,172$  œufs dont le maximum est de 47 œufs, tandis que celui déposé sur le milieu témoin est de  $22,00 \pm 3,64$  œufs dont le maximum est de 45 œufs (Tab. 65). Cependant l'analyse statistique par le test « t » de Student ne montre qu'il n'existe pas des différences significative entre nombre des œufs pondus dans les deux milieux chez ces couples ( $p : 0,111$ ) (Tab. 65).

Le nombre moyen d'œufs pondus pour les couples composé de mâles traités et femelles traitées est d'en moyenne  $67,90 \pm 18,12$  œufs dont le maximum est de 269 œufs,

tandis que celui déposé sur le milieu traité est de  $8,80 \pm 3,21$  œufs dont le maximum est de 41 œufs (**Tab. 65**). Cependant l'analyse statistique par le test « *t* » de Student ne montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les choix établis ( $p : <0,0001^{***}$ ) (**Tab. 65**).

**Tableau 65: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre total des œufs pondus dans deux milieux par les femelles**

<b>A : Nombre des œufs dans le milieu témoin</b>				
	♂Tm x ♀Tm	♂Tr x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tr
<b>Moy± SEM</b>	57,80 ± 2,85	28,75±5,35	22,00± 3,64	67,90±18,12
<b>Min</b>	38	0	0	0
<b>Max</b>	88	86	45	269
<b>B : Nombre des œufs dans le milieu traité</b>				
<b>Moy± SEM</b>	/	7,30±2,30	10,20±3,17	8,80±3,21
<b>Min</b>	/	0	0	0
<b>Max</b>	/	33	47	41
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>36.25</b>	<b>9.571</b>	<b>2.661</b>	<b>21.425</b>
<b><i>p</i></b>	<b>&lt;0.0001***</b>	<b>0.004***</b>	<b>0.111</b>	<b>&lt;0.0001***</b>

[Moy ± SEM : Moyenne ± écart-type ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

Six jours après les tests on observe jusqu'à 58 larves dans les milieux témoins et qui sont issues des accouplements des mâles et des femelles témoins dont la moyenne est de  $41,75 \pm 2,19$  larves ; on note l'absence totale des larves dans le milieu traité (**Tab. 66**). La comparaison des moyennes montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les choix d'oviposition établis ( $p : <0,001$ ) (**Tab. 66**).

Chez les couples de femelles témoins et mâles traités aux extraits aqueux de *C. arabica*, et dans le milieu témoin, on observe la présence de  $6,45 \pm 1,41$  larves tandis que dans le milieu traité on observe de zéro à 7 larves uniquement (**Tab. 66**). L'analyse statistique montre aucune des différences significatives entre le nombre de larves dans chaque milieu ( $p : 0,000$ ) (**Tab. 66**).

Les femelles traitées et accouplées avec des mâles témoins préfèrent le milieu témoin avec un maximum de 64 larves et une moyenne de  $13,25 \pm 3,99$  et jusqu'à 53 larves dans milieu traité avec une moyenne de  $7,45 \pm 3,04$  (**Tab. 66**). L'analyse statistique montre aucune différence significative entre les choix d'oviposition établis ( $p : 0,295$ ).

Les larves issues de ce croisement sont en moyenne de  $47,60 \pm 12,11$  larves dans le milieu témoin et de  $6,25 \pm 2,36$  larves dans le milieu traité. L'analyse statistique montre qu'il



existe des différences très hautement significatives entre les choix établis ( $p$ : <0,0001\*\*\*) (Tab. 66).

**Tableau 66: Effet de l'extrait aqueux de *C. arabica* (35 µg/ml) sur le nombre total des larves issues après éclosion des œufs**

<b>A : Nombre des larves dans le milieu témoin</b>				
	♂Tm x ♀Tm	♂Tr x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tr
<b>Moy± SEM</b>	41,75 ± 2,19	6,45 ± 1,41	13,25 ± 3,97	47,60 ± 12,11
<b>Min</b>	23	0	0	0
<b>Max</b>	58	64	64	163
<b>B : Nombre des larves dans le milieu traité</b>				
<b>Moy± SEM</b>	/	0,90 ± ,40	7,45 ± 3,04	6,25 ± 2,36
<b>Min</b>	/	0	0	0
<b>Max</b>	/	7	53	35
<b><math>t_{obs}</math></b>	<b>47,14</b>	<b>17,04</b>	<b>1,13</b>	<b>25,63</b>
<b><math>p</math></b>	<b>&lt;0,0001***</b>	<b>0,000***</b>	<b>0,295</b>	<b>&lt;0,0001***</b>

[Moy ± SEM : Moyenne ± écart-type ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

### 3.5.2. Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) :

Les résultats montrent que les femelles témoins accouplées avec des mâles traités, peuvent pondre jusqu'à 51 œufs dans le milieu témoin dont la moyenne est de 12,35 ± 2,98 œufs et elles déposent jusqu'à 49 œufs dans les milieux traités avec le même extrait dont la moyenne de 12,65 ± 3,67 œufs (Tab. 67). Cependant l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les nombres de œufs pondus dans les deux milieux ( $p$  : 0,19) (Tab. 67).

Le nombre moyen d'œufs pondus pour les couples des mâles témoins et femelles traitées est de 14,40 ± 2,95 œufs déposés sur le milieu traité dont le maximum est de 105 œufs, tandis que celui déposé sur le milieu témoin est de 58,95 ± 5,76 œufs dont le maximum est de 60 œufs (Tab. 67). Cependant l'analyse statistique par le test «  $t$  » de Student montre qu'il existe des différences hautement significative entre le nombre des œufs pondus pour ce couple ( $p$  : 0,003) (Tab. 67).

Le nombre moyen d'œufs pondus pour les couples des mâles traités et femelles traitées est de 22,00 ± 3,27 œufs dont le maximum est de 60 œufs pondus sur le milieu mélangé avec extrait éthanolique de la plante ; pour le milieu témoin, le nombre des œufs pondus est de 4,00 ± 1,22 œufs dont le maximum est de 15 œufs (Tab. 67). Cependant

l'analyse statistique par le test « *t* » de Student montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les choix établis ( $p : 0,007$ ) (Tab. 67).

**Tableau 67: Effet de l'extrait éthanolique de *C. arabica* (0,5 µg/ml) sur le nombre total d'œufs pondus dans le deux milieux par les femelles**

<b>A : Nombre des œufs témoins</b>				
	♂Tm x ♀Tm	♂Tr x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tr
<b>Moy± SEM</b>	57,80±2,85	12,35±2,98	58,95±5,76	4,00±1,22
<b>Min</b>	38	0	13	0
<b>Max</b>	88	51	105	15
<b>B : Nombre des œufs traités</b>				
<b>Moy± SEM</b>	/	12,65±3,67	14,40±2,95	22,00±3,27
<b>Min</b>	/	0	0	0
<b>Max</b>	/	49	60	60
<b>t<sub>obs</sub></b>	<b>36,25</b>	<b>1,72</b>	<b>10,20</b>	<b>8,10</b>
<b>p</b>	<b>&lt;0,0001***</b>	<b>0,003**</b>	<b>0,19</b>	<b>0,007**</b>

[Moy ± SEM : Moyenne ± écart-type ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

Chez les couples des femelles témoins accouplées avec les mâles traités aux extraits éthanolique de *C. arabica*, on observe un nombre maximal de 30 larves sur le milieu témoin et 17 larves sur le milieu traité (Tab. 68). L'analyse statistique ne montre aucune des différences significatives entre le nombre des larves dans les deux milieux ( $p : 0,12$ ) (Tab. 68).

Pour les femelles traitées et les mâles témoins, le nombre des larves dans le milieu témoin est d'une moyenne de  $7,15 \pm 0,93$  et il est seulement de  $2,10 \pm 0,51$  dans le milieu traité avec extrait éthanolique de *C. arabica* (Tab. 68). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le nombre des larves observé dans les deux milieux ( $p : 0,08$ ) (Tab. 68).

Le nombre des larves est minime aussi pour le croisement des deux partenaires traités ; les larves issues de ce croisement sont en moyenne de  $5,10 \pm 4,51$  larves dans le milieu traité et de  $1,30 \pm 2,25$  larves dans le milieu témoins. L'analyse statistique montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les larves des deux milieux ( $p : 0,001$ ) (Tab. 68).

**Tableau 68: Effet de l'extrait éthanolique de *C.arabica* sur le nombre total des larves issues après éclosion des œufs**

<b>A : Nombre des larves témoins</b>				
	♂Tm x ♀Tm	♂Tr x ♀Tm	♂Tm x ♀Tr	♂Tr x ♀Tr
<b>Moy± SEM</b>	41,75 ± 2,19	6,35 ± 2,16	7,15 ± 0,93	1,30 ± 2,25
<b>Min</b>	23	0	2	0
<b>Max</b>	58	30	20	8
<b>B : Nombre des larves traités</b>				
<b>Moy± SEM</b>	/	5,25 ± 1,35	2,10 ± 0,51	5,10 ± 4,51
<b>Min</b>	/	0	0	0
<b>Max</b>	/	17	8	14
<b><i>t</i><sub>obs</sub></b>	<b>47,14</b>	<b>2,52</b>	<b>3,29</b>	<b>14,32</b>
<b><i>p</i></b>	<b>&lt;0,0001***</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>	<b>0,001*</b>

[Moy ± SEM : Moyenne ± écart-type ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Tm : Témoin ; Tr : Traité]

# Discussion

#### 4. Discussion :

La drosophile reste, donc, un excellent modèle d'étude pour les recherches scientifiques, en raison de son immunité très efficace contre les microorganismes, elle représente un excellent sujet pour tester la virulence d'agents pathogènes pour l'homme. Elle permet également de décrypter les mécanismes de défenses contribuant à leur élimination par l'organisme infecté (**Lorec, 2013**). *D. melanogaster*, permet aussi d'appréhender des questions scientifiques à bien d'autres niveaux biologiques : le comportement, la reproduction, les relations avec les autres espèces ou bien encore l'adaptation à l'environnement.

*D. melanogaster* a la capacité de provoquer des dégâts directs, sans action préalable de micro-organismes ou présence de blessures, sur les cultures fruitières et maraîchères (**Delbac et al., 2014**). Les dégâts indirects se manifestent par la vection de certains pathogènes liés notamment au mutualisme de *D. melanogaster* avec certaines levures (**Fermaud et al., 2002 ; Hamby et al., 2012**) ou d'autres pathogènes (**Van Timmeren & Isaacs, 2013**). C'est une caractéristique des drosophiles, quelle que soit l'espèce, d'être associées aux levures (**Morais et al., 1992**). Le rôle de propagation de champignons est également connu, avec notamment la vection du botrytis par *D. melanogaster*, agent de la pourriture grise des fruits (**Louis et al., 1996**). Dans les habitations et les commerces, le risque sanitaire est majeur et dû surtout à la contamination des aliments et à la prolifération rapide des mouches.

Les adultes de *D. melanogaster*, comme ceux des autres espèces de drosophiles, ne représentent généralement aucun danger pour les humains. Elles ne mordent pas et ne piquent pas ; et en plus de la contribution et l'accélération du processus de décomposition des végétaux, cette petite mouche sert de nourriture à plusieurs animaux insectivores. Cependant, leurs larves peuvent causer une irritation intestinale ou une diarrhée si on les avale par mégarde, en mangeant des fruits infestés par exemple (**Bensafi-Gheraïbia, 2015**).

Les insectes, en générale, et les Diptères, en particulier, jouent des rôles épidémiologiques variés, ce qui fait d'eux un problème majeur de santé publique (**Berge, 1975 ; Jolivet, 1980**). Car ils peuvent être considéré comme simple nuisance, ou comme hôtes d'agents pathogènes, mais surtout comme vecteurs de maladies infectieuses pour l'Homme, les animaux ou encore, les végétaux (**Dumon & Faugere, 1995**). C'est dans ce cadre que l'étude de ces insectes et la lutte contre ces nuisance ont pris un intérêt de premier ordre dans le domaine de la recherche scientifique (**Senevet & Andarelli, 1956**).

Le siècle dernier a enregistré des progrès significatifs dans la synthèse des pesticides. Cependant, les insecticides synthétiques ont vite montré leur agressivité envers des organismes non visés dont les insectes utiles, les mammifères et l'homme, en plus de leur persistance dans la nature qui perturbe les équilibres écologiques. Ces dernières années, une nouvelle approche est apparue. Les risques écotoxicologiques engendrés par l'utilisation massive des insecticides conventionnels nous ont amené à évaluer des composés alternatifs tels les biopesticides (**Ouakid, 2006**). L'écotoxicologie s'est développée au début des années 1960 quand se sont manifestés les effets de contamination de l'environnement par des produits polluants d'origine industrielle ou agricole (**Ramade, 2011**), notamment les insecticides chimiques conventionnels tels que les organochlorés, les organophosphorés et les méthyle carbamates (**Reierson et al., 1983 ; Appel, 1990 ; Garfield, 1990 ; Reid et al., 1990**).

Cependant, les effets secondaires de ces insecticides conventionnels et les impératifs environnementaux ont poussé l'industrie phytosanitaire à développer des molécules plus sélectives de grande stabilité métabolique et environnementale (**Dhadialla et al., 1998 ; Casida & Quistad, 1998**). La lutte biologique est devenue une alternative à la lutte chimique. Les données bioécologiques acquises sur les nuisances serviront de base à une lutte intégrée raisonnée (**Ouakid, 2006**).

Ces dernières années, les recherches scientifiques sur la lutte contre les insectes entrent dans une nouvelle phase : «botanique» qui fournit des molécules non toxiques pour les organismes non-visés, biodégradables, moins susceptibles de provoquer la résistance chez les espèces cibles et qui semblent l'un des moyens en meilleure harmonie avec l'environnement (**Philogene, 1991**). Le groupe de composés bioactifs le plus étudié est celui des azadirachtines, qui interviennent dans la régulation neuroendocrinienne des hormones qui elles-mêmes régissent la croissance en concentration infime, la métamorphose et la reproduction des insectes (**Rembold, 1994**).

Les principes actifs des plantes sont devenus aujourd'hui des composants essentiels de nos médicaments et produits de soins (**Hans, 2007**). Mais, malgré l'innocuité de certaines plantes dans le traitement de plusieurs maladies, il existe de nombreuses espèces qui sont toxiques telle que la digitale, belladone, colchique... etc. En effet, l'utilisation inconsidérée des plantes médicinales peut provoquer des intoxications graves parfois mortelles (**Fouché et al., 2000**).

Ces dernières années les chercheurs s'intéressent aux études approfondies et les analyses de l'efficacité thérapeutique ainsi que l'aspect toxicologique des plantes (**De Smet, 1993**). Depuis des décennies, l'utilisation des produits naturels, spécifiquement les extraits des plantes aqueux ou éthanoliques, comme type de lutte contre les insectes en Algérie a commencé de se développer, à travers une multitude de travaux récents (**Aouinty et al., 2006 ; Kemassi et al., 2014 ; Habbachi et al., 2013 ; Lebouz.,2010 ; Aouinty et al. 2006, Benhissen, 2016 ; Merabti et al., 2015 ; Merabti, 2016, Masna, 2016 ; El-Bah et al.,2016 ; Bekhakheche,2018**).

Dans cette étude, nous avons utilisé l'extrait aqueux et éthanolique de *C. arabica*, afin de cerner les substances toxiques de cette plante et voir si la plante, en plus de ses capacités médicamenteuses, peut être utilisée comme bio-insecticide pour limiter la prolifération des insectes nuisibles.

*C. arabica* est utilisée en médecine traditionnelle par les populations locales et les nomades du Sahara comme analgésique des douleurs névralgiques et rhumatismales et comme diurétique (**Sharaf et al., 1997**). Dans le Hoggar les feuilles séchées de *C. arabica* ou leur poudre sont ajoutés à l'alimentation comme un diurétique, pour le traitement des rhumatismes, ou pour provoquer la transpiration (**Burkill, 1985**). Les habitants de la région de Boussaâda, utilisent les feuilles de *C. arabica* dans des cataplasmes à application externe, sur la peau, pour traiter certaines formes rhumatismales (**Djeridane et al., 2010**). Elle présente des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anti-arthritiques, anti-prolifératives, anti-oxydantes, anti-néoplasiques.

Dans notre recherche nous avons évalué l'effet toxique direct des deux extraits différents de *C.arabica* contre les larves du 2<sup>ème</sup> stade de *D.menolgaster*. Par ingestion, avec l'extrait aqueux on arrivé à 90% de mortalité avec la concentration 100 µg/ml ce qui montre une forte corrélation positive entre les taux de mortalité et les temps d'exposition des larves à l'extrait aqueux. La mortalité est moins importante pour l'extrait éthanolique mais elle est, toujours, fonction de la concentration et du temps d'exposition. Nous avons enregistré que les plus forts taux de mortalité sont observés à la fin du traitement c'est-à-dire au bout de 15 jours du traitement.

Ces résultats sont similaires aux travaux antérieurs portant sur la toxicité des Diptère nous notons ceux qui sont signalés chez *C. pipiens* avec *Peganum harmala* (**Habbachi et al.,**

2014 ; Benhissen, 2016) et *Blattella germanica* (Masna, 2016), les ravageurs de cultures ; sur des larves de lépidoptères (Abdel-Rahman & Al-Mozini, 2008 ; Abbasipour *et al.*, 2010) que sur des larves de coléoptères (Salari *et al.*, 2012 ; Amandeep & Meera, 2014) et d'acridiens (Idrissi-Hassani & Hermas, 2008 ; Kemassi *et al.*, 2012). Dhumad Kadhim *et al.*, 2015 ont rapporté les effets de différents extraits de graines de *P. harmala* sur le charançon du riz *Sitophilus oryzae* L., à une concentration de 1%, 2% et 3%. Après 24, 48, 72 heures, des taux de mortalité de 98, 100, 100% ont été enregistré avec l'extrait éthanolique et de 64, 66, 74% avec un extrait aqueux, respectivement. En effet, certains auteurs ont pu montrer la propriété insecticide, vis-à-vis d'un certain nombre de ravageurs (Zeng *et al.*, 2010 ; Bouayad *et al.*, 2012 ; Kontsedalov *et al.*, 2009 ; Ghanim & Kontsedalov, 2009 ; Marčić *et al.*, 2009 ; Bretschneider *et al.*, 2003), l'action de *D. gniduum* a été aussi rapportée sur *Spodoptera littoralis* (Pérez Izquierdo & Ocete, 1994), *Xanthogaleruca luteola* (Maistrello *et al.*, 2005), *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* (Benayad, 2008) et *C. pipiens* (Habbachi *et al.*, 2014). Dahchar *et al.*, 2016 ont testé le potentiel larvicide d'extrait aqueux de feuilles de la plante contre deux espèces de moustiques, *C. pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Après 72 heures.

Au cours des nos expérimentations, l'effet différé de *C.arabica* sur le développement de la mouche a été aussi étudié. Les résultats montrent que ses extraits aqueux et éthanolique influent, sur la durée de pupation et le nombre d'adultes émergés occasionnant un retard de croissance et de la mue chez les larves traitées. La mue étant perturbée de différentes manières : soit la mue est empêchée et l'insecte meurt à l'intérieur de son ancienne cuticule, soit elle est initiée mais n'est pas achevée et l'ancienne capsule céphalique, empêchant ainsi les larves de se nourrir (Berry *et al.*, 1993) où engendrent des lésions cuticulaires et des mues anormales. Ce sont des composés connus comme phagorépresseurs qui peuvent donc retarder le développement larvaire (Kemassi, 2008).

Plusieurs extraits de plantes ont des propriétés insecticides et peuvent contrôler les ravageurs, en affectant nombreuses activités biologiques (Schmutterer, 1992 ; Mostafa *et al.*, 2012). Par exemple, Sadek (2003), a observé que la durée de pupation chez les larves de *Spodoptera littoralis* augmente après un traitement avec l'extrait de *Adhatoda vasica*. Jeyabalan *et al.*, (2003) ont rapporté que l'extrait de *Plargonium citrosa* (Vanleenii) prolonge la durée de stades larvaires et la durée totale de développement de *Anopheles stephensi*. Selon Zhong *et al.*, (2001), l'extrait de fleurs de *Rhododendron molle* prolonge la durée de



développement de *Pieris rapae*. Des effets toxiques larvaires et pupaux causés par *Euphorbia canariensis* ont également ont été mis en évidence par divers auteurs dans *Musca domestica* (Beard & Walton, 1971) et *D. melanogaster* (Uysal & Kaya, 2004). Khosravi & Sendi (2013) ont confirmé les effets négatifs des huiles essentiels de *Thymus vulgaris* et *Lavandula angustifolia* sur le développement larvaire et l'émergence d'adultes chez *Xanthogaleruca luteola*.

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, 2003).

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 & Scheffer, 2007).

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).

Les systèmes neuronaux chimiosensoriels composés des organes olfactifs et gustatifs permettent le guidage et repérage des sources de nourritures et/ou des partenaires sexuels. Un fait marquant chez les insectes et en particulier la drosophile réside dans le fait que les organes gustatifs sont disséminés sur le corps. La bordure antérieure de l'aile est tapissée avec des sensilles gustatives alternées avec des sensilles mécaniques. La fonctionnalité et le rôle

des cellules gustatives au niveau de l'aile de la drosophile reste énigmatique et à ce jour largement inconnue (**Stocker, 1994**).

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 & Feeny, 1970**) et les phéromones, signaux chimiques qui transportent l'information d'un individu à un autre membre de la même espèce (**Karlson & 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**).

Les larves de drosophile possèdent sur leur partie antérieure, 3 organes sensoriels externes : l'organe dorsal (DO), l'organe terminal (TO) et l'organe ventral (VO). Ces organes comportent des sensilles sensorielles permettant à la larve de percevoir les molécules présentes dans son environnement (**Fourgeron, 2011**). Seul l'organe dorsal (DO) est impliqué dans la perception olfactive. C'est un organe constitué d'un dôme, contenant une sensille avec plusieurs pores, et de six sensilles périphériques. Le dôme est innervé par 32 neurones dont 21 ORNs (OlfactoryReceptorNeuron) (**Oppliger et al, 2000 ; Kreher et al, 2005 ; Heimbeck et al, 1999**). Lorsque l'on inhibe ces 21 neurones, les larves deviennent anosmiques, ce qui suggère que ce sont les seuls neurones olfactifs chez les larves (**Larsson et al, 2004a ; Fishilevich et al, 2005**).

Lorsqu'une molécule odorante atteint le DO, elle va alors se fixer sur des ORs, présents sur les dendrites des ORNs. Vingt-cinq ORs (OlfactoryReceptor) différents sont exprimés chez les larves. Parmi ces ORs, 14 sont spécifiques au stade larvaire et 11 existent à la fois chez les larves et chez les adultes (**Fishilevich et al, 2005**). Les ORs larvaires répondent à des composés aromatiques et aliphatiques présents dans la nourriture (**Kreher et al, 2005**).

Dans notre étude sur le comportement alimentaire de *D. melanogaster* nous avons observé que l'extrait aqueux de la plante étudiée (*C. arabica*) agit aussi sur l'attractivité alimentaire des larves de *D. melanogaster*. Les larves témoins préfèrent le milieu témoin qui a un effet attractif. Certaines larves testées de cette espèce de drosophile perdent la faculté de détection, lors de nos test un nombre important des asticots n'arrivent pas à localiser les odeurs témoins et/ou traités.

Avec l'extrait éthanolique de *Cleome arabica*, nous avons testé différentes odeurs issues du milieu de l'alimentation et l'odeur du milieu de traitement sur le choix d'attraction des larves traitées comparativement avec les larves témoins ce qui affecte l'attractivité des larves, les larves témoins ont préféré le milieu traité dans les trois choix alors que les larves traitées choisissent le milieu témoin ou bien n'ont fait aucun choix .

En 2011, **Fourgeron** a pu, aussi, montrer que les larves de cette mouche sont attirées significativement par l'odeur de leur milieu de culture et particulièrement par l'odeur des acides gras insaturés. La composition chimique de notre milieu reste à identifier afin de déterminer les différentes molécules et définir les préférences alimentaires de cette souche de mouche.

Les résultats de ce travail montrent, également, que les molécules bioactives de l'extrait aqueux de *C. arabica* influent significativement sur le lieu de pupation. Lorsqu'on utilise les deux milieux dans l'arène du test les larves testées de drosophile préfèrent faire leur pupa loin des papiers imbibés des milieux de culture. Pour le choix de pupation, les larves témoins et traitées avec l'extrait éthanolique n'ont choisi aucun milieu des deux milieux testés et préfèrent faire leurs pupations à l'extérieur des deux papiers imbibés dans les deux milieux de culture.

Bien qu'il n'existe pas des travaux qui traitent l'effet de plante contre la mouche de vinaigre, mais plusieurs études confirment les effets insecticides des plantes spontanées Maghrébines contre les insectes en générale, et les Diptères, en particulier. D'après **Benhissen et al., (2018)**, **Habbachi et al., (2014)** et **Mahmoudian et al., (2002)**, *P. harmila* et *Nicotiana glauca* Graham agissent sur la moratélite de *D. melanogaster*, de *C. pipiens* et de *C. longiareolata*.

D'autres études montrent que l'utilisation de l'extrait aqueux à des concentrations différentes de *C. arabica* a permis de suivre leur effet sur le premier stade larvaire d'*Ectomyelois ceratoniae* sous conditions contrôlées. Les résultats ont montré que le taux de mortalité augmente en fonction de la concentration de l'extrait et en fonction du temps (**Korichi-Almi et al., 2016 ; Lebouz, 2017**).

Un autre comportement vital peut être visé pour une lutte intégrée efficace contre les insectes nuisibles, il s'agit du comportement sexuel.

La parade amoureuse chez la drosophile est un comportement riche en événements (Clynen *et al.*, 2011 ; Chardonnet, 2013). Il n'est donc pas surprenant que cela soit un des comportements les plus étudiés (Grillet, 2009). Le comportement sexuel des mâles est défini par un rituel de cour complexe correspondant à une succession d'actions prédéterminées et invariables (Terhzaz, 2003 ; Dickson, 2008 ; Revadi *et al.*, 2015) et requiert de nombreux signaux sensoriels dont les signaux chimiques tiennent une place importante (Greenspan & Ferveur, 2000 ; Sokolowski, 2001).

Chez les drosophiles, les phéromones connues sont des hydrocarbures cuticulaires (HCs) et le *cis*- vaccenyl acetate (cVA) (Grillet, 2009). En effet, les femelles réceptives répondent à cette parade amoureuse en permettant la copulation et ensuite l'oviposition des œufs (Hall, 1994 ; Bussell *et al.*, 2014).

L'accouplement déclenche des changements comportementaux et physiologiques chez la femelle de *D. melanogaster*, y compris une élévation de la ponte (Herndon & Wolfner, 1995). D'autres chercheurs ont montré que l'accouplement réduisait la durée de vie de la femelle et rendait les spermatozoïdes présents dans la spermathèque (provenant d'accouplements antérieurs avec d'autres mâles) incapables de féconder les ovules de la femelle, assurant ainsi la paternité au mâle du dernier accouplement (I.N.A.P.G, 1997).

Les résultats obtenus sur le comportement sexuel des mouches traitées avec les deux extraits *C. arabica* indiquent un changement du comportement de la part des mâles et des femelles, ou les deux à la fois selon le type de croisement effectué.

Pour l'extrait aqueux de *C. arabica*, il influe sur l'accouplement des mouches de *D. melanogaster* ; ces dernières ne s'accouplent pas lorsque l'un des deux insectes est traité ou en traitant des deux sexes. Le produit avec des concentrations sublétales perturbe complètement les séquences comportementales des adultes de drosophile. Après quelques contacts entre les deux partenaires, aucune séquence de parade n'est observée cela est peut être dû à une modification du profil cuticulaire chez les mouches. Le rôle des contacts dans la reconnaissance mutuelle des partenaires a été prouvé chez différentes espèces d'insectes tel que les blattes (Roth & Willis, 1952, Smyth, 1963, Farine *et al.*, 1993, Gropeaux, 1994). Cette phase de reconnaissance antennaire entre les deux sexes déclenche chez le mâle un comportement de parade, la « vibration alaire », qui démontre son excitation.

L'extrait éthanolique de *C. arabica* montre, également, que lorsque les deux insectes sont traités ou lorsque le mâle est traité et la femelle est témoin l'accouplement est bloqué. Par contre quand le mâle est témoin et la femelle est traitée ou les deux mouches sont témoins, la majorité des couples font un accouplement ce qui indique que l'extrait éthanolique de *C. arabica* perturbe complètement l'accouplement des mouches mâles que les mouches femelles.

Cette inappétence sexuelle est due à des différences comportementales qui sont liées à des particularités du chant des mâles en relation avec des spécificités des phéromones épicuticulaires des femelles. Car ces phéromones sont désignées comme signaux de reconnaissances intra et inter espèces (Clément *et al.*, 1987 ; Espelie *et al.*, 1994 ; Everaerts *et al.*, 1997). Une analyse chimique des mouches traitées et des mouches témoins peut nous renseigner sur toute modification dans le profil des hydrocarbures de *D. melanogaster*, comme elle va nous expliquer l'effet de l'extrait de la plante sur la reconnaissance mutuelle chez la mouche.

Après l'accouplement, la seconde phase essentielle pour la reproduction de l'insecte est l'oviposition, qui est aussi sous contrôle neuronal conduisant à une ponte sélective sur des substrats appropriés (Becher *et al.*, 2012). Le choix du substrat est le résultat d'une évaluation sensorielle exprimé dans le comportement de "search-like", précédant le programme d'oviposition stéréotypée (Yang *et al.*, 2008). L'effet répulsif des insecticides peut également induire une diète ou une baisse de l'alimentation chez l'insecte pouvant conduire à une réduction de la fécondité (Li *et al.*, 2007 ; Louat, 2013).

Dans cette étude, nous avons mis en évidence que l'extrait éthanolique de *C. arabica* influe sur le choix du site de la ponte des mouches de *D. melanogaster* et ce en fonction du type de croisement effectué. Nos résultats indiquent que chez les couples témoins, 100% des femelles déposent leurs œufs dans le milieu témoin par contre quand les couples sont traités, 88,8 % des femelles pondent dans le milieu traité et 61,1 % pondent dans le milieu témoin, cela explique que les femelles traitées peuvent identifier leurs milieux traités grâce à l'efficacité de l'extrait éthanolique de *C. arabica*, tandis que les couples dont le mâle est témoin est la femelle est traitée 70 % des femelles préfèrent pondre leurs œufs dans le milieu traité mais dans le croisement dont le mâle est traité et la femelle est témoin 90 % des femelles déposent leurs œufs dans le milieu traité et dans le milieu témoin en même temps. Plus l'extrait éthanolique est attractif, l'extrait aqueux est répulsif ; les femelles exposées à

des substrats nutritifs contenant cet extrait aqueux, préfèrent le milieu témoin pour pondre leurs œufs ce qui montre l'effet répulsif de milieu.

Une femelle peut avoir avantage à pondre une partie de ses œufs sur des sites moins favorables pour sa progéniture lorsque son espérance de vie diminue (**Lalonde & Roitberg, 1992**). Ainsi, des femelles deviennent moins sélectives en pondant sur des hôtes déjà infestés lorsque le temps depuis leur dernière ponte augmente (**Roitberg et al., 1984**) ou lorsque la pression atmosphérique chute, signe annonciateur d'un front orageux (**Lalonde & Roitberg, 1992**). De la même façon, la dépense énergétique associée à la phase de recherche d'hôtes peut avoir des répercussions négatives sur la fécondité des femelles (**Inglesfield & Begon, 1983**).

Le choix du site de ponte des femelles peut également être influencé par la présence d'ennemis naturels (**Denno & al., 1990; Bievre et al., 1992**). La prise en compte de ce facteur dans le comportement d'oviposition est d'autant plus important que, chez les insectes, la prédation est l'un des principaux facteurs de mortalité larvaire (**Bernays, 1997**).

Pour notre étude du comportement d'oviposition chez *D. melanogaster* on a constaté que la femelle drosophile choisit le milieu de culture témoin comme un endroit de ponte ; les femelles peuvent aussi choisir le milieu de culture traité comme un lieu de ponte et cela pour assurer le développement de leurs générations. Dans cette étude nous avons montré que la plupart des œufs se développent rapidement en larves lorsqu'elles sont pondues sur un substrat témoin. Le nombre des œufs pondus (par la plupart des femelles témoins et traitées) sur un substrat traité avec les extraits de *C. arabica* est toujours inférieurs aux nombre des œufs pondues sur un substrat témoin. Aussi, le nombre des larves qui se développent après l'éclosion, est plus important sur les milieux témoins. Cela peut être expliqué par l'effet toxique des molécules secondaires des deux extraits de *C. arabica* ; ces derniers influence significativement sur la fécondité et la fertilité des femelles de *D. melanogaster*. Il serait, donc, intéressant d'étudier la composition chimique de ces milieux par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) afin de pouvoir tester le rôle potentiel de certaines molécules odorantes sur l'attraction à distance de cette espèce.

Quoi qu'il en soit, le fait de disposer d'un bon insecticide, chimique ou d'origine biologique, ne suffit pas pour autant à garantir le succès d'un programme de lutte réussis. Le choix de la stratégie et les moyens de l'appliquer sont tout aussi importants par exemple dans

notre étude on ne vise pas la mortalité qui nécessite des grandes doses (quantités d'extraits et donc de plante) mais plutôt les comportements vitaux de *D. melanogaster* qui demandent des doses minimales dans le cadre d'une lutte biologique intégrée, toute en respectant l'environnement et la santé des êtres vivants y compris l'homme. Il est alors important de bien réfléchir sur l'ensemble de ces paramètres avant de passer à l'exécution d'un programme sans risque.

# Conclusion



## 5. Conclusion :

La quête de nouvelles méthodes de lutte contre les insectes nuisible a base de l'utilisation des substances secondaires des plantes médicinales aromatiques.

Dans notre étude nous avons étudié l'effet direct et diffère des extraits aqueux et éthanolique de *Celome arabica* sur la mouche vinaigre *Drosophila melanogaster*. La drosophile est un modèle idéal pour étudier les relations entre sexes et comprendre la mise en place des stratégies de reproduction, c'est l'organisme le plus étudié au laboratoire, possédant de multiples atouts qui ont contribué à son immense succès. En effet, la mouche du vinaigre a permis une grande et rapide acquisition de connaissances dans tous les domaines de la recherche.

Nous avons montrez l'effet toxique des deux extraits (aqueux et éthanolique) de *C. arabica* contre les mouches de *D. melanogaster*, et une bonne activité insecticides de l'extrait aqueux comparativement avec l'extrait éthanolique. Les calcules des paramètres toxicologiques (concentrations létales et des temps létaux) indiquent les différences, La mortalité observée est corrélée positivement avec les concentrations utilisées et la durée d'exposition. Les essais toxicologiques ont montré l'existence d'une toxicité envers les animaux traités ; ces essais ont permis aussi de déterminer la CL50%, CL90 %, et aussi et TL50%, TL90% pour ce produit.

L'olfaction est très développée chez *D. melanogaster*, on a évalué l'effet indirect des extraits sur attractivité et l'activité des larves. Le traitement des larves et des milieux de cultures par les extraits de *C. arabica* perturbe le comportement alimentaire et l'attraction des larves. On a noté l'effet attractif de l'extrait éthanolique de *C.arabica* avec la concentration sub-létale (0.5µg/ml) contrairement à l'extrait aqueux de *C. arabica* qui a provoqué des perturbations de détection du milieu nutritif et présente un effet répulsif. Les extraits de *C. arabica* agissent sur l'olfaction des larves et le signal chimique (milieux nutritifs testés) ; la plante perturbe la faculté de détection des odeurs, leurs choix est aléatoire.

Les effets sublétaux les plus importants d'un insecticide sont ceux qui perturbent la reproduction des insectes. Dans notre recherche, nous avons montré que les deux extraits de *C.arabica* perturbent les séquences de comportement sexuel de l'insecte. Pour l'extrait éthanolique le bilan de la reproduction est nul lorsque les deux partenaires sont traités, et

25% de réussite pour l'extrait aqueux. L'étude de la fécondité et la fertilité de notre modèle biologique indique l'extrait aqueux est un milieu répulsif pour les femelles de *D. melanogaster* alors que l'extrait éthanolique c'est un milieu attractive pour la ponte des femelles.

Sur le plan de lutte, il serait intéressant d'identifier les molécules insecticides que contient les deux extraits de plante et de déterminer l'effet de ces derniers sur le profil cuticulaire de la mouche de vinaigre à travers une analyse chimique (CPG). Il est souhaitable aussi d'essayer d'autres plantes et d'autres extraits végétaux et d'évaluer leur effets bioinsecticides sur la durée de développement, l'aspect morphologique et biochimique ainsi qu'une estimation du potentiel reproducteur chez la drosophile traitée.

# **Bibliographie**

## 6. 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.
- Abdel-Rahman HR., Al-Mozini RN, 2008.** Antifeedant and toxic activity of some plant extracts against larvae of cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10(24):4467-72. 10.3923/pjbs.2007.4467.4472
- Abdullah M.A.R., 2009.** Toxicological and histopathological studies of *Boxus chinensis* oil and precocene II on larvae of the red palm weevil *Rynchophorus ferrugineus* (Oliver) (Coleoptera : Curculionidae). *Egypt. Acad. J. biolog. Sci*, 2(2): 45-54.
- Ahmad M. & Arif M.I. 2010.** Resistance of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to endosulfan, organophosphorus and pyrethro insecticides in Pakistan. *Crop Prot.* 29(12): 1428-1433.
- Ahmad A., Khan K.A., Sultana S., Siddiqui B.S., Begum S., Faizi S. & Siddiqui S., 1992.** Study of the in vitro antimicrobial activity of harmine-harmaline and there derivates. *J. Ethno-pharmacol limerick*, 35(3): 289-294.
- 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) : 544-545.
- Amira K., Boudjelida H. & Farine J.P. 2013.** Effect of an Insect Growth Regulator (Halofenozide) on the Cuticular Hydrocarbons of *Culex pipiens* Larvae . *Afr Entomol.* 21(2): 343-348.
- Aouinty B, Oufara S, Mellouki F et MahariS ., 2006.** Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis L.*) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.*) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens*(Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), 67 - 71.

- Appel A.G., 1990.** Laboratory and field performance of consumer bait products for German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) Control. *J. Eco. Entomol.* 81(1): 153-159.
- Aribi, N., Quennedy, A., Soltani, N. & Delbecque, J.P. 1999.** L'initiation de la métamorphose chez *Zophobas atratus* (Coléoptera : Tenebrionidae) : effets des ligatures et des régulateurs de croissance. *Ann Soc Entomol Fr.* 35: 59-64.
- Aribi, N., Smaghe, G., Lakbar S., Soltani-Mazouni, N. & Soltani, N. 2006.** Effects of pyriproxyfen, a juvenile hormone analog, on development of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Pest Biochem Physiol.* 84 (1): 55-62.
- Asolkar LV., Kakkar KK., Thakre OJ (1965–1981), 1981.** Second supplement glossary of Indian medicinal plants with active principles. (A–K), part I. Publication and Information Directorate, New Delhi p. 217.
- Ayad R., 2008.** Recherche et Détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce : *Zygophyllum cornutum* (Zygophyllaceae). Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine, Algérie. 124 pp.
- Baba Aïssa F., 2000.** Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. Edition Librairie Moderne Rouiba (Alger), 368.
- Baba Aïssa F., 2011.** Encyclopédie des plantes utiles: Flore Méditerranéenne (Maghreb, Europe méridionale) Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. BEO Alger: El Maarifa. 471 p.
- 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..
- Baudry M., 1998.** Encyclopédie des sciences. Édition : 2, France. ISBN 2-253-13020-6,1456 pp.
- Beard R.L. & Walton G.S., 1971.** Insecticidal mycotoxins produced by *Aspergillus flavus* var. *colunaris*. Bull. Conn. Agr. Exp. Sta, 725: 1-26.

- Becher P.G., Flick G., Rozpędowska E., Schmidt A., Hagman A., Lebreton S., Larsson M.C., Hansson B.S., Piškur J., Witzgal P. & Bengtsson M., 2012.** Yeast, not fruit volatiles mediate *Drosophila melanogaster* attraction, oviposition and development. *Functional Ecology*, 26: 822-828.
- Bekhakheche M., 2018.** Perturbation du comportement animal sous stress induit par les insecticides. Cas de deux modèles (invertébrés : les blattes et vertébrés : les rats Wistar). Doctoral Thesis. University of Annaba (Algeria). 229 pp.
- Benayad N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines, moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V-Agdal de Rabat, Maroc. 200 pp.
- Benhissen S., Rebbas K., Habbachi W., Masna F., 2018.** Bioactivity of *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae) and its toxic effects on *Culiseta longiareolata* (Diptera; Culicidae). *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*. 9 (1): 123-126.
- 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. Doctoral These. University of Annaba (Algeria). 126 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
- Berge T.O., 1975.** International catalogue of Arboviruses, including certain other viruses of Vertebrates. US Depart. Hlth. *Educ. And Welfare.Public.* N°75-8301, 2.
- Bernays EA., 1997.** Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. *Ecological entomology*. 22:121-123.
- Berry R.E., Moldenke A.F., Miller J.C. & Wernz J.C., 1993.** Toxicity of diflubenzuron in larvae of gypsy moth (Lepidoptera : Lymantridae) : Effets of host plant. *Journal of Economic Entomology*, 86(3): 809-814.

- Bezzar-Bendjazia R., 2016.** Effets d'un biopesticide, l'azadirachtine, sur un modèle de référence, *Drosophila melanogaster* (Diptera): Toxicité, Développement et Digestion. Thèse de Doctorat en Biologie Environnementale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 101 pp..
- Bianchi JJA., Booij CJH., T Tschardtke., 2006.** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.* 273 (1595):1715-27.
- Biever K.D., Chauvin R.L., 1992.** Suppression of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with Augmentative Releases of Predaceous Stinkbugs (Hemiptera: Pentatomidae). *J. Econ. Entomol.* 85, 720–726.
- Bonde J.P., Toft G., Rylander L., Rignell-Hydbom A., Giwercman A., Spano M., Manicardi G.C., Bizzaro D., Ludwicki J.K., Zvyezdya V., Bonefeld-Jorgensen E.C., Pedersen H.S., Jonsson B.A., Thulstrup A.M., 2008.** Fertility and markers of male reproductive function in Inuit and European populations spanning large contrasts in blood levels of persistent organochlorines. *Environ Health Perspect*, 116: 269-277.
- Bouayad N., Rharrabe K., Lamhamdi M., Ghailani Nourouti N., Sayah F., 2012.** Dietary effects of harmine, a b-carboline alkaloid, on development, energy reserves and a-amylase activity of *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera : Pyralidae). *Saudi Journal of Biological Sciences.* 19: 73-80.
- Bouharmont J., Masson PL., Van Hove C., 2007.** Biologie. Révision scientifique de Charles- Marie Evrard. Ed. De Boeck université. 386: 1250 pp.
- Boulahbel B., 2015.** Evaluation de l'azadirachtine (Neem-Azal et Huile de Neem) sur le développement et la reproduction chez *Drosophila melanogaster* (Diptera) : mécanismes d'action et action comparée. Thèse de Doctorat en Biologie Animale et Environnementale. Université Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 81 pp
- Boulos L., 1983.** Medicinal Plants of North Africa, p. 52. Reference Publications Inc., Algonac, Michigan. Greuter, W., Burdet, H. M. and Long, C. (eds) (1989) Med-Checklist. Conservatoire et Jardin botaniques, Geneva.

- Bounechada M., Arab R., 2011.** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). *Agronomie*, 1: 6.
- Boyer S. 2006.** Résistance Métabolique des Larves de Moustiques aux Insecticides : Conséquences Environnementales. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Laboratoire d'Ecologie Alpine. 78 p.
- Bretschneider T., Benet-Buchholz J., Fischer R., Nauen R., 2003,** Spirodiclofen and Spiromesifen - Novel Acaricidal and Insecticidal Tetrionic Acid Derivatives with a New Mode of Action. *CHIMIA International Journal for Chemistry*. 57(11):697-701
- Brévault T., Couston L., Bertrand A., Thézé M., Nibouche S., Vaissayre M., 2009.** Sequential pegboard to support small farmers in cotton pest control decision-making in Cameroon. *Crop Protection*. 28 : 968–973
- Bruce, T.J.A. 2010.** Tackling the threat to food security caused by crop pests in the new millennium. *Food Sec.* 2: 133-141.
- Burkill HM., 1985.** Entry for *Adenodolichos paniculatus* (Hua) Hutch. & Dalz. [family LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE]. In: The useful plants of West tropical Africa, Vol 3, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Bussell JJ, Yapici N, Zhang Stephen X, Dickson Barry J, Vosshall Leslie B., 2014.** Abdominal-B neurons control *Drosophila* virgin female receptivity. *Current Biology*. 24 (14) : 1584–1595..
- Campbell NA., Reece JB., 2007.** Biology. Benjamin-Cummings Publishing Company. 1418 pp.
- Candan F., Unlu M., Tepe B., Daferer D., Polissiou M., Sokmen A.et Akpulat H.A., 2003.** Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. *Journal of Ethnopharmacology*. 87: 215-220.
- Cantrell, C.L., Dayan, E.F. & Duke, S.O. 2012.** Natural products as sources for new pesticides. *J Nat Prod*. 75(6): 1231-1242.



- Carvalho, FP., 2017.** Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*. 6(2) : 48–60.
- Casida J.E., Durkin K.A., 2013.** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu Rev Entomol*, 58: 99-117.
- Casida J.E., Quistad GB., 1998.** Golden age of insecticide research: past, present, or future? *Annu. Rev. Entomol.* 43: 1-16.
- Chardonnet F., 2013.** Rôle du gène *foraging* dans l'évolution du comportement alimentaire de noctuelles foreuses de céréales. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie, Gif-sur-Yvette. France. 2013, 245.
- Clément JL., 1987.** Sociogenetics in termites. The nest: a family, a tribe or a population? In: Chemistry and Biology of Social Insects (J. Eder and H. Rembolt, Eds), Verlag J. Peperny, Munchen. pp 339–340.
- Clynen E., Ciudad L., Bellés X., Piulachs MD., 2011.** Conservation of fruitless' role as master regulator of male courtship behaviour from cockroaches to flies. *Dev. Genes. Evol.* 221:43-48.
- Colborn T., 2006.** A case for revisiting the safety of pesticides: A closer look at neurodevelopment. *Environmental Health Perspectives*. 114 (1): 10–17.
- Colombani J., Bianchini L., Layalle S., Léopold P., 2006.** Stéroïdes, insuline et croissance : les mouches dopent la recherche / Steroids, insulin and growth : *The flies dope the research*. Revue : M/S : médecine sciences, Volume 22, numéro 3, mars 2006.
- Comoretto, L., Chiron, S. 2005.** Comparing pharmaceutical and pesticide loads into a small Mediterranean river. *Sci Total Environ.* 349(1-3): 201-210. Comportement et génétique de la drosophile.
- Corby-Harris V., Pontaroli A.C., Shimkets L.J., Bennetzen J.L., Habel K.E. & Promislow D.E.L., 2007.** Geographical Distribution and Diversity of Bacteria Associated with Natural Populations of *Drosophila melanogaster*. *Applied And Environmental Microbiology*, 73(11): 3470-3479.

- Cox P.D., 2004.** Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *Journal of Stored Products Research*, 40: 1-25.
- Crosby DG., Rucker RK., 1966.** Toxicity of aquatic herbicides to *Daphnia magna*. *Science*. 154:289-291.
- Daas-Maamcha, O., Houd-Chaker, K., Maryam, S., Dass, T. & Scaps, P. 2013.** Effects of an ecdysteroid analog (RH-0345) on the ovarian and testicular components of *Eupolybothrus nudicornis* (Myriapoda : Chilopoda). *Jordan J Biol Sci*. 6 (2): 91-98.
- Dahchar Z., Bendali-Saoudi F. & Soltani N., 2016.** Larvicidal activity of some plant extracts against two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4): 346-350.
- David J.P., Rey D., Pautou M.P., Meyran J.C., 2000.** Differential toxicity of leaf litter to *Dipteran larvae* of mosquito developmental sites. *Journal of Invertebrate Pathology*. 75: 9–18.
- DDEP., 2008.** Développement durable, Environnement et Parcs, Québec, Les organismes indésirables, comment les contrôler efficacement : Pollénie, Mouche domestique et Drosophile, p 3-4, Mars 2008 (7037-08-02).
- De Groot I, 2004.** Protection des cereals et des légumineuses stockées. In Derradji Heffaf F., 2013, Composition chimique et activité insecticides de trois extraits végétaux à l'égard de *Sitophilus oryzae* (L.) Coleoptera : Curculionidae). Mémoire de magister en sciences agronomiques. ENS Agronomique – El Harach Alger. 80 pp.
- Delbac L., Cusch A., Rouzes R, Ravidat M.L. & Launes S., 2014.** *Drosophila suzukii* est elle une menace pour la vigne *Phytoma*, 679: 16-21.
- Den Hond E., Schoeters G., 2006.** Endocrine disrupters and human puberty. *Int. J. Androl*. 29 (1): 264 – 271.
- Denno R.F., Larsson S., Olmstead K.L., 1990.** Role of enemy-free space and plant quality in host-plant selection by willow beetles. *Ecology*. 71:124–137.

- Deravel J., Krier F. & Jacques Ph., 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 18(2): 220-232
- Deravel J., Krier F. & Jacques Ph., 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 18(2): 220-232.
- De Smet PAGM., 1993.** *Phytolacca Americana. Adverse Effects of Herbal Drugs. 2 pp 253-261*
- Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology.*, 52: 81-106.
- Dhadialla T.S., Carlson G.R. & Le D.P., 1998.** New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Ann. Rev. Entomol*, 43: 545-569.
- Dhadialla, T.S., Retnakaran, A. & Smagghe, G. 2005.** Insect growth- and development disrupting insecticides. In: Gilbert, L.I., Iatrou, K. & Gill, S.S. (Eds). *Comprehensive Insect Molecular Science*, Elsevier, Oxford, UK. 6: 55–116.
- Dhadialla, T.S., Retnakaran, A. & Smagghe, G. 2010.** Insect growth and development disrupting insecticides. In: Gilbert, L.I. & Gill, S.S. (Eds). *Insect Control*. Elsevier, New York. USA. 121-166.
- Dhumad Kadhim A., Salim H., Sahib Abed M., 2015.** Efficacy of Harmal Pegnum harmala on Rice weevil *Sitophilus oryzae* L in the stored Rice grains. *European Academic Research*. 3 (7): 7506-7514
- Dickson B.J., 2008.** Wired for sex: the neurobiology of *Drosophila* mating decisions. *Science*, 322(5903): 904-9.
- Djeridane A., Yousfi M., Brunel JM., Stocker P., 2010.** Isolation and characterisation of new steroid derivative as a powerful antioxydant from *Cleome arabica* in screening the in vitro antioxydant capacity of 18 Algerian medicinal plants. *Food and chemical toxicology*, 48, 2599 - 2606.

- Dumon H., Faugere B., 1995.** Insectes et pathologie tropicale. Médecine d'Afrique noire 39 (3).
- Ekström G. & Ekbohm B., 2011.** Pest Control in Agro-ecosystems : An Ecological Approach. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30: 74-94.
- El-Bah D., Habbachi W., Ouakid M.L., Tahraoui A., 2016.** Sublethal effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) on sexual behavior and oviposition in fruit fly *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 4(6): 638-642.
- Eriksson P., Ahlbom J. & Fredriksson A., 1992.** Exposure to DDT during a defined period in neonatal life induces permanent changes in brain muscarinic receptors and behavior in adult mice. *Brain Res*, 582: 277-281.
- Espelie KE., Gamboa G.J., Grudzien TA., Bura EA., 1994.** Cuticular hydrocarbons of the paper wasp, *Polistes fuscatus*: A search for recognition pheromones. *J. Chem. Ecol.* 20:1677-1687.
- Everaerts C., Farine J.P., Brossut R., 1997.** Changes of species specific cuticular hydrocarbons profiles in the cockroaches *Nauphoeta cinerea* and *Leucophaea maderae* reared in heterospecific groups. *Entomol. Exp. Appl*, 85 : 145-150.
- FAO.** 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT; [www.faostat.fao.org].
- 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.
- Farjam MH., Joukar M., Ranjbar F., 2014.** Antimicrobial, antifungal and antioxidant activity evaluation of various organic solvent extracts of cleome Turkmena bobrov. *Advances in environmental biology*. 8 (24): 152 – 155.

- Fenner, K., Canonica, S., Wackett, L.P. & Elsner, M. 2013.** Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *Science*. **341**(6147): 752-758.
- Fermaud M., Gravot E., Blancard D., 2002.** La pourriture acide dans le vignoble bordelais. II - Vection par les drosophiles des micro-organismes pathogènes. *Phytoma La Défense des Végétaux*. 547 : 41-44.
- Finney D.J., 1971.** Probits analysis. 3rd ed, Cambridge University Press, London.
- Fishilevich E., Domingos A.I., Asahina K., Naef F., Vosshall L.B., Louis M., 2005.** Comportement Chemotaxis médiée par simples neurones olfactifs larvaires chez la drosophile. *Curr. Biol.* 15 (23) : 2086-2096.
- Flaven-Pouchon J., Garcia T., Abed-Vieillard D., Farine J.P., Ferveur J.F. & Everaerts C., 2014.** Transient and Permanent Experience with Fatty Acids Changes *Drosophila melanogaster* Preference and Fitness. *PLoS ONE*, 9(3): e92352.
- Fouché J., Maquet A., Hambuchès K., 2000.** Les plantes médicinales, de la plante au médicament ; Observation du Monde des plantes Sart-Tilman
- Fourgeron A.S., 2011.** Réponses comportementales et préférences envers les acides gras à longue chaîne chez *Drosophila melanogaster*. Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne (Dijon). 126 pp.
- Gangé, F., Pardos, M. & Blaise, C. 1999.** Estrogenic effects of organic environmental extracts with the trout hepatocyte vitellogenin assay. *Bull Environ Contam Toxicol*. **62**(6): 723- 730.
- Garfield E., 1990.** The cockroachs connection- Ancient, Seemingly Indestructible Pest. Part 2. *Population control. Current comments*. 46: 5- 13.
- Gehring W J., 1999.** La drosophile aux yeux rouges : Gènes et Développement. *Éditions Jacob Odile*, N° d'édition : 7381-0696-X. p 291.

- Ghanim M., Kontsedalov S., 2009.** Susceptibility to insecticides in the Q biotype of *Bemisia tabaci* is correlated with bacterial symbiont densities. *Pest Management Science*. 65(9): 939 -942.
- Ghormade, V., Deshpande, M.V. & Paknikar, K.M. 2011.** Perspectives for nanobiotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol Adv.* **29**(6):792–803.
- Gilbert S.F., 1996.** Biologie du développement. 4ème édition, De Boeck, ISBN2-8041-2263-8, p 892.
- Goudey-Perrière F. & Perrière C., 1974.** Guide de travaux pratiques de Zoologie et de Biologie Animale. Centre de documentation universitaire. Vol 2.
- Govindarajan, M. & Rajeswary, M. 2015.** Ovicidal and adulticidal potential of leaf and seed extract of *Albizia lebbek* (L.) Benth. (Family: Fabaceae) against *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, and *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res.* **114**(5): 1949-1961.
- Grandjean P., Landrigan P.J., 2006.** Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet*. 368(9553): 2167–2178.
- Greenspan R.J., Ferveur JF., 2000.** Courtship in *Drosophila*. *Ann. Rev. Genet.* 34 (1) : 205-232.
- Greenspan R.J., 1995.** Understanding the genetic construction of behavior. *Sci. Am.* 272: 72 -76.
- Griffiths A. J. F., Miller J. H., Suzuki D.T., Sanlaville C., Lewontin R. C., Gelbart W.M., 2002.** Introduction à l'analyse génétique. 3e édition De Boeck Université. ISBN 2744500976, 9782744500978, p38.
- Grillet M., 2009.** Implication des signaux sensoriels dans la réceptivité sexuelle de la femelle *Drosophila melanogaster* : cas d'isolement reproducteur chez des populations du Zimbabwe. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université de Bourgogne, France.

- Gropeaux J.C., 1994.** Comportement sexuel de *Diploptera punctata* (Diptera, Blaberidae) : Approche éthologique. Mémoire de diplôme d'études approfondies de Biologie. Université Paris XIII. 18 pp.
- Gubb AS., 1913.** La flore Saharienne : Un aperçu photographique. Ed. ADOLPHE JOURDANE, Alger, 129 p.
- Gueye MT., Seck D., Wathelet JP., Lognay G., 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 15(1) : 183 -194.
- Gupta R.C. & Milatovic D., 2014.** Insecticides. In: Gupta, R.C. (Ed). *Biomarkers in Toxicology*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam. 389-407 pp.
- Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M.L. & Farine J.P., 2013.** Effets biologiques d'extraits aqueux de *Peganum harmala* (L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de *Drosophila melanogaster* (Diptera : Drosophilidae). *Algerian journal of arid environment*, 3: 82-88.
- Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M.L., Farine J.P., Bairi A., 2014.** Toxicity of aqueous extracts from Mediterranean plants on *Culex pipiens* (Mosquitoes). Case of *Daphnegrindium* (Thymelaeaceae) and *Peganum harmala* (Zygophyllaceae). *Wulfenia Journal*. 21 : 244-252.
- Hall J.C., 1994.** The mating of a fly. *Science*, 264(5166): 1702-714.
- Hamby KA., Hernández A., Boundy-Mills K, Zaloma FG., 2012.** Associations of Yeasts with Spotted-Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in Cherries and Raspberries. *Appl Environ Microbiol*. 78:4869.
- Hans WK., 2007.** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre édition. p6-7.
- Harraz FM., Ulubelen A., Öksüz S., Tan N., 1995.** Dammarane triterpenes from *Cleome amblyocarpa*. *Plant chemistry*. 39 (1): 175- 178.
- Haynes K.F., 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Ann. Rev. Entomol*, 33: 149-168.

- Heimbeck, G., Bugnon V., Gendre N., Haberlin C., Stocker R.F., 1999.** Smell and taste perception in *Drosophila melanogaster* larva: Toxin expression studies in chemosensory neurons. *Journal of Neuroscience*, 19: 6599-6609.
- Herndon LA., Wolfner MF., 1995.** A *Drosophila* Seminal Fluid Protein, Acp26Aa, Stimulates Egg Laying in Females for 1 Day After Mating. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 92 (22) : 10114 -10118.
- Heusser S., Dupuy H. G., 2004.** Biologie animale : Les grands plans d'organisation. 2<sup>e</sup> édition, DUNOD, p 142.
- Hoffmann, K.H. & Lorenz, M.W. 1998.** Recent advances in Hormones in Insect pest control *.Phytoparasitica* 26(4): 323-330.
- Honda T., Lee C.Y., Yoshida-Kasikawa M., Honjo K. & Furukubo-Tokunaga K., 2014.** Induction of Associative Olfactory Memory by Targeted Activation of Single Olfactory Neurons in *Drosophila* Larvae. *Scientific Reports*, 4: 4798.
- I.N.A.P.G., 1997.** Administration Institut National Agronomique Paris Grignon. Droso zone. Comportement et génétique de la drosophile.
- Idrissi Hassani L.M., Hermas J., 2008.** Effets 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.
- Inglesfield C., Begon M., 1983.** The ontogeny and cost of migration in *Drosophila subobscura* Collin. *Biological Journal of the Linnean Society*. 19(1) : 9 - 15.
- Ishaaya, I. 1990.** Benzoylphenyl-ureas and other selective control agent, mechanism and application In: Cassida, J.E. (Ed) *Pesticides and alternatives*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands 365-376.
- Jacobson M., 1989.** Botanical pesticides, past present and future. In Arnason JT. et al. (Ed.). *Insecticides of plant origin*. Washington, D.C: *American Chemical Society Symposium, series*. 387: 1-10.



- Jbilou R., Ennabili A. & Sayah F., 2006.** Insecticidal activity of four medicinal plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae). *Afr. J. Biotechnol*, 5(10): 936-940.
- Jeyabalan D., Arul N., Thangamathi P., 2003.** Studies on effects of *Pelargonium citrosa* leaf extracts on malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. *Bioresource Technology*. 89 (2) : 185 - 189.
- Jolivet P., 1980.** Les insectes et l'homme. Presse Universitaire de France, collect. *Que saisje*. 1: 127 pp.
- Joly D., Dejonghe B., Luck., 2003.** Les spermatozoïdes géants de la drosophile. Laboratoire Population, *Génétiques et Evolution, Insectes* 25-29 N° 128 (1).
- Joly D., 2006.** La drosophile : Un insecte au service de la science. *Insectes*, 128(1): 25-29.
- Kaakeh W., Scharf ME., Bennett GW., 1997.** Comparative Contact Activity and Residual Life of Juvenile Hormone Analogs Used for German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) Control. *Journal of Economic Entomology*. 90 (5) : 1247 - 1253.
- Karlson P. & Lüscher M., 1959.** Pheromones : A new term for a class biologically active substances. *Nature*, 183: 55-56.
- Karunker, I., Benting, J., Lueke, B., Ponge, T., Nauen, R., Roditakis, E., Vontas, J., Gorman, K., Denholm, I. & Morin, S. 2008.** Over-expression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Biochem Mol Biol*. **38**(6): 634- 644.
- Kemassi A et Oueld El-hadj M D., 2008.** Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du sahara septentrional est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *schistocerca gregaria* (forskål, 1775). *Mim.Mag.Uni de Kasdi Merbeh.Ouargla*.165p.
- Kemassi, A., Z. Boual, A. Lebbouz I., Dadi Bouhoun M., Sakeur M.L., Ould El Hadj-Khelil, Et Ould El Hadj M.D., 2012.** Etude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). *Lebanese Science Journal*, vol. 13 (2): 81-97.

**Kemassi A., Bouziane N., Boual Z. et Ould El Hadj M. D., 2014.** Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Phytothérapie*, vol 12(6) : 348-353.

**Khosravi R., Sendi J.J., 2013.** Toxicity, development and physiological effect of *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* essential oils on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of King Saud University – Science*. 25 (4): 349 - 355.

**Kilani-Morakchi, S., Badi, A., Aribi, N., Farine, J.P. & Soltani, N. 2014.** Toxicity of Tebufenozide, an Ecdysteroid Agonist, to *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae). *Afr Entomol.* 22(2): 337-342.

**Kirtikar & Basu., 1975.**

**Kloepper J., Harrison M. & Brewer J., 1979.** The association of *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* and *Erwinia carotovora* var. *carotovora* with insects in Colorado. *Am. Potato J*, 56: 351-361.

**Kohler, H.R. & Triebkorn, R. 2013.** Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond. *Science*. 341(6147): 759–765.

**Kontsedalov S., Gottlieb Y., Ishaaya I., 2008b ; Nauen R., Horowitz AR., Ghanim M., 2009.** Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. *Pest. Manag. Sci.* 65: 5–13.

**Korichi-Almi A., Bissati-Bouafia S., Bensalah K., Korichi R. 2016.** Effets de l'extrait aqueux de *Cleome arabica* sur les larves de premier stade d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). *Revue des BioRessources*. 6 (2) : 62-69.

**Kreher S.A., Kwon J.W., Carlson J.R., 2005.** The molecular basis of odor coding in the *Drosophila* larva. *Neuron*, 46: 445-456.

**Kristensen, M., Hansen, K.K. & Jensen, K.M. 2005.** Cross-resistance between Dieldrin and Fipronil in *German Cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol.* 98(4): 1305-1310.

- Kubo I., 2006.** New concept to search for alternate insect control agents from plants. *In* Rai, M., and M. Carpinella (eds.) Naturally occurring bioactive compounds 3. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 61-80 pp.
- Larsson M.C., Domingos A.I., Jones W.D., Chiappe M.E., Amrein H., Vosshall L.B., 2004a.** Or83b encodes a broadly expressed odorant receptor essential for *Drosophila* olfaction. *Neuron*, 43 : 703-714.
- Lalonde RG., Roitberg BD., 1992.** Host selection behavior of the thistle-feeding fly: choices and consequences. *Oecologia*. 90: 534-539.
- Lebouz I., 2010.** Activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Mém. Mag. Université de Biskra.165p.
- Lebouz I., 2017.** Etude de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller.,1839, dans la région de M'ghair,infestation,cycle de développement et essai insecticide. Thèse de doctorat. Université de Biskra (Algérie). 157pp.
- Lecointre G. & Le Guyader H., 2001.** Classification phylogénétique du vivant. 3e édition, Belin, ISBN 2-7011-4273-3. p 559.
- Li X., Schuler M.A. & Berenbaum M.R., 2007.** Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annu. Rev. Entomol*, 52: 231-253.
- Long, E.R. 2000.** Degraded sediment quality in US estuaries: A review of magnitude and ecological implications. *Ecol Appl*. 10 (2): 338-349.
- Lorec A., 2013.** Un outil idéal pour décrypter les mécanismes d'attaques bactériennes et nospropres défenses. Les défis du CEA. *Le magazine de la recherche et de ses applications*.180: 15-21.
- 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.
- Louis C., Girard M., Kuhl G. & Lopez-Ferber M., 1996.** Persistence of *Botrytis cinerea* in its vector *Drosophila melanogaster*. *Phytopathology*, 86: 934-939.

- Lürning M., Scheffer M., 2007.** Info-disruption: pollution and transfer of chemical information between organisms. *Trends. Ecol. Evol.* 22 (7) : 374-379.
- Mahmoudian M., Jalilpour H., Salehian P., 2002.** Toxicity of *Peganum harmala*, Review and a Case Report. *Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics*, 1 (1), 1-4.
- Maire R., 1933.** Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. No 03, Alger, 361 p.
- Maistrello L., Lopez MA., Soria FJ., Ocete R., 2005.** Growth inhibitory activity of *Daphne gnidium* L. (*Thymelaeaceae*) extracts on the elm leaf beetle (Col., Chrysomelidae). *Journal of Applied Entomology*. 129(8) : 418–424.
- Marčić D., Ogurlić I., Perić P., 2009.** Effects of spirodiclofen on the reproductive potential of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) ovipositing females. *Archives of Biological Sciences*. 61: 777-785.
- 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.
- Mathew MSc., Thanuja A., Phil M., 2008.** Studies on the accessory sex glands of *Spodoptera Mauritica* Boisd. (Lepidoptera: Noctuidae). Thesis submitted to the University of Calicut in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Zoology. University of Calicut Kerala, INDIA.
- Mckay, T., Bianco, T., Rhodes, L. & Barnett, S. 2013.** Prevalence of *Dirofilaria immitis* (Nematoda: Filarioidea) in mosquitoes from northeast Arkansas, the United States. *J Med Entomol.* 50(4): 871-878.
- 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.
- Meigen., 1830.** *Systema Naturae*.

- Menasria, T., Moussa, F., El-Hamza, S., Tine, S., Megri, R. & Chenchouni, H. 2014.** Bacterial load of German cockroach (*Blattella germanica*) found in hospital environment. *Pathog Glob Health*. **108**(3):141-147.
- Merabti B., Lebouz I., Adamou A., Ouakid M. L., 2015.** Effet toxique de l'extrait aqueux des fruits de *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad sur les larves des *Culicidae*. *Rev. Bio. Ress.* 5 (2) : 120- 130.
- 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.
- Morais P.B., Hagler A.N., Rosa C.A. & Mendoca-Hagler L.C., 1992.** Yeasts associated with *Drosophila* in tropical forests of Rio de Janeiro, Brazil. *Canadian Journal of Microbiology*, 38: 1150-1155.
- Mordue L.A.J., Morgan E.D. & Nisbet A.J., 2010.** Addendum: Azadirachtin, a natural product in insect control : An update. In: Gilbert L.I., & Gill S.S. (Eds). *Insects Control*. Elsevier, Oxford, UK. 204-206 pp.
- Mostafa M., Hemayet H., Hossain MA., Biswas PK., Haque MZ., 2012.** Insecticidal activity of plant extracts against *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Adv. Sci. Res.* 3 (3): 80-84.
- Nadarasah G., & Stavrinides J., 2011.** Insects as alternative hosts for phytopathogenic bacteria. *FEMS. Microbiol. Rev.*, 35: 555-575.
- Nagaya H., Tobita Y., Nagae T., Itokawa H., Takeya K., Halim AF., Abdel-Halim, OB., 1997.** Cytotoxic triterpenes from *Cleome africana*. *Phytochemistry*. 44(6): 1115–1119.
- Narendhirakannan, R.T., Subramanian, S. and Kandaswamy, M. 2007.** Anti-inflammatory and lysosomal stability actions of *Cleome gynandra* L. studied in adjuvant induced arthritic rats. *Food and Chemical Toxicology*. 45: 1001–1012.

- Oberlander, H. & Silhacek, D.L. 1998.** New perspectives on the mode of action of benzoylphenyl urea insecticides. In: Ishaaya, I. & Degheele, D. (Ed). *Insecticides with Novel modes of action: Mechanism and Application*. Springer. 92-105.
- Oerke EC., 2006.** Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(01): 31 -43
- Oppliger FY. , Guerin PM., Vlimant M.,** Neurophysiological and behavioral evidence for an olfactory function for the dorsal organ and a gustatory one for the terminal organ in *Drosophila melanogaster* larvae. *J. Insect Physiol.* 46 (2000) : 135-144.
- 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. Edition CNRS (Paris), 662.
- 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.
- Parimaladevi, B., Boominathan, R. and Mandal, S.C. 2002.** Evaluation of anti-diarrheal activity of *Cleome viscosa* L. extract in rats. *PhyT.dicine.* 9: 739–742.
- Parimaladevi B., Boominathan R., Mandal SC., 2003.** Studies on analgesic activity of *Cleome viscosa* in mice. *Fitoterapia.* 74(3) : 262–266.
- Passarge E., 2003.** Atlas de poche de génétique. Deuxième édition. 290,292.
- Paul I., 2001.** Plantes médicinales, Edition Larousse, p14. *J Nat Prod*, 75(6): 1231-1242.
- Pérez Izquierdo MA., Ocete R., 1994.** Actividad antialimentaria de extractos de *Daphne gnidium* L. y *Anagyris foetida* L. sobre *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas.* 20: 623-629.

- Philogène B.J.R., Regnault-Roger C. & Vincent C., 2002.** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. Biopesticides d'origine végétale (C. Regnault-Roger, B.J.R., Philogène and C. Vincent). Paris, Lavoisier. 1-17 pp.
- Quezel P., Santa, S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed Centre National de la recherche scientifique. Tome 1, 386.
- Quezel P., 1978.** Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 65 : 479-534.
- Rafalimanana HJ., 2003.** Evaluation 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. Paris- Grignon (France). Pp 206.
- Rageau J., 1958.** Possibilité de lutte contre les mouches en Nouvelle-Calédonie. Paris (FRA) ; Nouméa : Ostom ; Institut Française d'Océanie. 9 pp.
- Ramade F., 2011.** Introduction à l'écochimie. Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. *DOC T. & (Ed.)*. Paris : Lavoisier ISBN.
- Regnault-Roger C., Fabres G., Philogene B., 2005.** *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 749 p.
- Reid B.L., Bennett G.W. & Barcay S.J., 1990.** Topical and oral toxicity of sulfuramid on delayed action insecticide, against the German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.*, 83 : 148 – 152.
- Reierson D.A., Rst M.K., Vandyke A., Appel A.G., 1983.** Control of German Cockroaches with amidinohyrazone bait. *Insecticide and Acaricide tests*. 8: 54.
- Rembold H., 1994.** Controlling locusts with plant chemicals. *New Trends in Locust Control* (eds. S. Krall, H. Wilps), GTZ, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft Rossdorf. 41- 49.
- Revadi S., Lebreton S., Witzgall P., Anfora G., Dekker T., Becher PG., 2015.** Sexual Behavior of *Drosophila suzukii*. *Insects*. 6:183-196.

- Roitberg BD., Cairl RS., Prokopy RJ., 1984.** Oviposition deterring pheromone influences dispersal distance in tephritid fruit flies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 35(3) : 217–220.
- Roth L.M. & Willis R., 1952 .** A study of cockroach behaviour. *Am. Midl. Nat*, 47 : 66-129.
- Saad A., Cheriti A., Belboukhari N., 2006.** L'apport des NTIC à l'Ethnopharmacologie du Sud Algérien. *Annals of Bechar University (Algeria)*. 2 : 149- 154.
- Sadek M.. 2003.** Antifeedant and toxic activity of *Adhatoda vasica* leaf extract against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*. 127(7):396 – 404.
- Sahu, S.S., Gunasekaran, K., Raju, H.K., Vanamail, P., Pradhan, M.M. & Jambulingam, P. 2014.** Response of malaria vectors to conventional insecticides in the southern districts of Odisha State, India. *Indian J Med Res*. 139 (2): 294-300.
- Salari E., Ahmadi K., Dehyaghoobi R. Z., Purhematy A. & Takaloozadeh H. M., 2012.** Toxic and repellent effect of harmal (*Peganum harmala* L.) acetonc extract on several aphids and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1): 147-151.
- Schmutterer H., 1990.** Properties and potentials of natural pesticides from neem tree. *Annu. Rev. Entomol*, 35: 271-298.
- Schmutterer H., 1992.** Higher plants as sources of novel pesticides. *In: Insecticides : mechanism of action and resistance. 0. Otto & B. Weber (eds), Publish Intercept Andover (U.K.)*. 3-15.
- Schoeters G. & Hoogenboom R., 2006.** Contamination of free-range chicken eggs with dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls. *Mol. Nutr. Food. Res*, 50: 908-914.
- Scudeler, E.L. & Santos, D.C.D. 2013.** Effects of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) on midgut cells of predatory larvae *Ceraeochrysa claveri* (Navas, 1911) (Neuroptera: Chrysopidae). *Micron*. 44: 125–132.
- Senevet G., Andarelli L., 1956.** Les Anopheles de l’Afrique du Nord et du bassin méditerranéen. *Ency. Entomol. Lechevalier. Paris. (ed)*.33 : 280 p.




- Sharaf M., El-Ansari MA., Saleh NAM., 1997.** Flavonoids of four *Cleome* and three *Capparis* species. *Biochemical Systematics and Ecology*. 25 (2) : 161–166.
- Silva G., Lagunes A., Rodríguez JC., Rodríguez D., 2002.** Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas.. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 66: 4-12.
- Slack. J., 2004.** Biologie du développement. 1ère édition, De Boeck, p 481.
- Smyth TJR., 1963.** Mating behavior of the Madeira cockroach. *In: 35<sup>th</sup> Animal meeting eastern branch, Entomology Society of America.*
- Snedeker S.M., 2001.** Pesticides and breast cancer risk : a review of DDT, DDE, and dieldrin. *Environ. Health Perspect*, 109(1): 35-47.
- Sokolowski M.B., 2001.** *Drosophila*: genetics meets behavior. *Nat. Rev. Genet*, 2: 879-890.
- Soltani-Mazouni, N., Hami, M. & Gramdi, H. 2012.** Sublethal effects of methoxyfenozide on reproduction of the Mediterranean flour moth, *Ephesia kuehniella* Zeller. *Invertebr Repr Dev*. 56(2): 157-163.
- 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.
- Stark, J.D., Wong, T.T.Y., Vargas, R.I. & Thalman, R.K. 1992.** Survival, Longevity and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hym. Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtine. *J Econ Entomol*. 85: 1125-1129.
- Stocker RF., 1994.** The organization of the chemosensory system in *Drosophila melanogaster*: a review. *Cell and Tissue Research*. 275(1), 3–26.
- Tavernier R., & Lizeaux C., 2002.** Sciences Vie Terre Term S – Spec. Maisonneuve & Larose. ISBN 2047295858, 97820472958554, 113, 116, 117.

- Terhzaz S., 2003.** Caractérisation de deux neuropeptides chez *Drosophila melanogaster*: la leucokinine et l'IFamide. Thèse de Doctorat en Neurosciences et Neuropharmacologie. Université Bordeaux I, France. 211 pp.
- Tigrine C., Bulzomi P., Leone S., Bouriche H., Kameli A., Marino M., 2013.** *Cleome arabica* leaf extract has anticancer properties in human cancer cells. *Pharmaceutical Biology*, 51(12), 1508–1514.
- Tomé HVV., Martins GF., Lima MAP., Campos LAO., Guedes RNC., 2012.** Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS ONE* 7, e38406.
- Tsichritzis F., Abdel-Mogip M., Jakupovic J., 1993.** Dammarane triterpenes from *Cleome africana*. *Phytochemistry*. 33, 424.
- UNESCO., (1960).** Medicinal plants of arid regions. Research on arid zones. Flight 13, Paris (France), 99p.
- USEPA, 2011.** Pyrethrins/pyrethroid Cumulative Risk Assessment. Retrieved from [www.epa.gov/pesticides/cumulative](http://www.epa.gov/pesticides/cumulative) (accessed November 2015).
- Uysal H., Kaya Y., 2004.** Toxicity of *Euphorbia canariensis* Latex to Some Developmental Stages of *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 72 : 45–53.
- Vaillant J. & Derridj S., 1992.** Statistic analysis of insect preference in tow-choise experiments. *J. Insect. Behav*, 5: 773-781.
- Van Timmeren S., Isaacs R., 2013.** Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. *Crop Prot.* 54: 126–133.
- White, N.J., Pukrittayakamee S., Hien T.T., Faiz M.A., Mokuolu O.A., & Dondorp, A.M. 2014.** paludisme. *Lancet*. 383(9918): 723-735.
- Whittaker R. H. & Feeny P. P., 1970.** Allelochemicals : chemical interactions between plants. *Science*, 171: 757-770.

- Wollenweber E., Dorr M.,1992.** Flavonoïd aglycones of *Cleome spinosa* (Cleomaceae). *Phytochemical Bulletin*, 24, 2-4.
- Wolpert L., 2004.** Biologie du développement : Les grands principes. 3e édition, DUNOD, Paris, p 479.
- Yang R.Z. & Tangs C.S., 1988.** Plants used for pest control in China : a literature review. *Econ. Bot*, 42: 376-406.
- Yang, M.L., Zhang, J.Z., Zhu, K.Y., Xuan, T., Liu, X.J., Guo, Y.P. & Ma, E.B. 2009.** Mechanisms of organophosphate resistance in a field population of oriental migratory locust, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen). *Arch Insect Biochem Physiol.* **71**(1): 3-15.
- Yang CH., Belawat P., Hafen E., Jan LY., Jan, YN., 2008.** *Drosophila* Egg-Laying Site Selection as a System to Study Simple Decision-Making Processes. *Science.* 319 (5870): 1679 - 1683.
- Zeng Y., Zhang Y., Weng Q., Hu M., Zhong G., 2010.** Cytotoxic and insecticidal activities of harmine, a natural insecticidal component isolated from *Peganum harmala*. *Molecules*, vol 15 : 7775-7791.
- Zhong GH., Hu MY., Weng QF., Ma AQ., Xu WS., 2001.** Laboratory and field evaluations of extracts from *Rhododendron molle* flowers as insect growth regulator to imported cabbage worm, *Pieris rapae* L. (Lepidoptera:Pieridae). *Journal of Applied Entomology.* 125 (9-10) : 563 - 569.

# **Annexe**

## Toxic effects of *Cleome arabica* L. (*Capparidaceae*) aqueous extracts on mortality and sexual behavior of *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae)

Sarra Habbachi · Naziha Amri · Wafa Habbachi  · Saliha Benhissen · Abdelkrim Tahraoui · Khellaf Rebbas

Habbachi S · Amri N · Habbachi W (Corresponding author) · Benhissen S · Tahraoui A

Laboratory of Applied Neuroendocrinology, Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University Annaba 23000, Algeria.

email: habbachi.waffa@yahoo.fr

K Rebbas

Mohamed Boudiaf University of M'sila, Algeria, Laboratory of Agro-Biotechnology and Nutrition in Arid and Semi-Arid Zones, Ibn Khaldoun University, Tiaret, Algeria.

Received: January 02, 2019 · Revised: January 27, 2019 · Accepted: January 28, 2019

**Abstract** *Cleome arabica* is a spontaneous plant in arid zones, toxic and has hallucinogenic effects. In this work, we seek to evaluate the direct and delayed effect of the aqueous extracts on the vinegar fly *Drosophila melanogaster*, laboratory model par excellence. Treatment is by ingestion on second instar larvae (L2). The results show that mortality rates can reach 90% after 15 days of treatment as we recorded a disturbance of fly development. Observation of sexual behavior in treatment-emergent adults indicates that *C. arabica* acts negatively on the course of the different sequences leading to mating in *Drosophila*.

**Keywords:** courtship, mating, Saharan plant, toxicity, Vinegar fly

### Introduction

Currently, a big effort is doing to control insects-pests by several methods (physical, biological or chemical method). In fact, the global production loss for arthropod pests is estimated at 15% (Pimentel and Williamson 2008); in addition, post-collect losses in sub-Saharan Africa would be \$ 4 billion per year for total annual production estimated at \$ 27 billion (2005-2007 annual average) (FAO 2011).

Chemical products used against insects have not been able to completely stop some harmful. In addition, they have increased the environmental record by animals and plants intoxication. The management of these problems has prompted researchers to move towards biological control in its various forms. New methods, as well as new products, are constantly being sought. In addition, to contribute to sustainable environmental management, the introduction of new alternatives for pest control is further encouraged (Loutat 2013).

Despite this wide range of effective molecules, the main pests have developed more or less pronounced resistance towards them; this has led to more and more people turning to natural compounds from plants for the development of new insecticidal molecules. The insecticidal activity of aromatic plant extracts has also been confirmed by Jang et al 2002; Habbachi et al 2014; Mahmoudian et al 2002; Habbachi et al 2013; Idrissi-Hassani et al 1998; Abbasi et al 2003; Abbasi et al 2003b; Idrissi-Hassani and Hermas 2008; Abbasipour et al 2010; Masna et al 2016; Benhissen et al 2018).

Plant extracts have been used as insecticides by humans before Romans time, this practice continues to exist with many plants species known for their insecticidal properties (Balandrin et al 1985; Isman 2002). Plant products can be degraded more rapidly in the environment than synthetic compounds, and some may have increased specificity that may favor beneficial insects for the plant (Desneux et al 2007).

The Algerian Sahara has an exceptional floristic biodiversity, consisting of more than 500 species, of which there are 162 endemic species in the northern Sahara alone and to which is added a tradition of traditional pharmacopeia (Ozenda 1991). Several species are known for their remarkable therapeutic properties (Quezel 1978). Spontaneous plants in arid area are considered as phylogenetic resources of agronomic, economic, ecological and strategic interest (UNESCO 1960).

In this work, we search to test direct and indirect toxic effect of the *Cleome arabica* aqueous extract (*Capparidaceae*; plant of Algerian Sahara) on the fruit fly *Drosophila melanogaster*. The work objective is to evaluate the plant effect on mortality, development and sexual behavior of *D. melanogaster*. *Drosophila* is the best known and most studied in the laboratory among all beings (Tracqui et al 2003). It is

[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143)

responsible for the fruits gray mold via the mushrooms that it transports them. Larvae can cause intestinal irritation or diarrhea if swallowed by eating infested fruit.

#### Materials and Methods:

##### Insect

*Drosophila melanogaster* was described by Johann Wilhelm Meigen in 1830. Its reproduction is very fast. Its life cycle is very short and includes three larval stages and a pupal stage from which emerges an adult who is able to fly and reproduce.

##### Mass breeding

A wild strain recuperated on rotten apples in Annaba region (Algeria) was used. The culture is carried out in tubes (12 x 4 cm) clogged with a foam pad and containing a nutrient medium agar based commel and brewer's yeast. The breeding was maintained at  $25 \pm 1$  °C, a humidity of 70 to 80% and a scotophase of 12 hours.

##### *Cleome arabica* (Capparidaceae)

It is a toxic plant with foul smell and hallucinogenic effects (Gubb 1913; Ozenda 1991). *C. arabica* is used in traditional medicine as a diuretic and against rheumatism; it is also a therapeutic and anti-bacterial plant (Ladhari et al 2013).

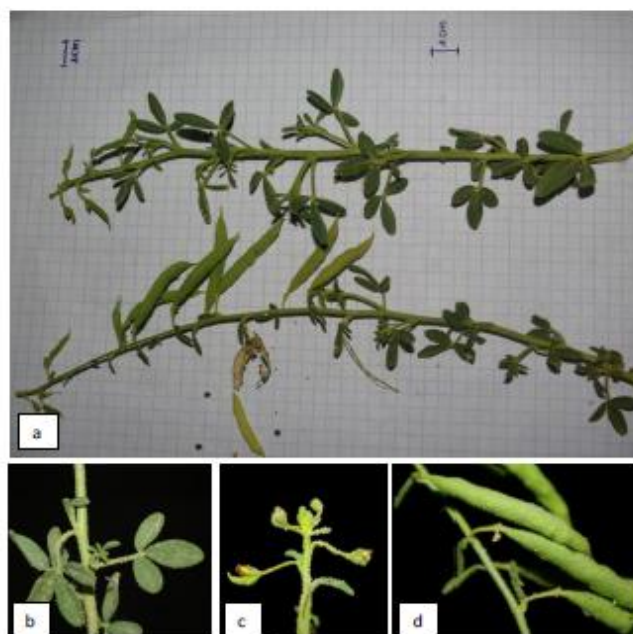
Species effect has also been proven against different orders of insects (Doumandji-Mitiche and Doumandji 1993; Ozenda 1991; Koita et al 2012; N'Guessan et al 2009). In this study, the aerial plant parts were collected in the Bousaada region (M'sila, Algeria, N 35 ° 23'28 ", E 04 ° 18'07", 406 m altitude). The plant was determined by Dr. Khellaf REBBAS (botanist at University of M'sila) using the Algerian flora of Quezel and Santa (1962-1963) (Figure 1).

##### *C. arabica* aqueous extract

For extraction, we put 250g fresh leaves in 500ml of distilled water and boiled for 30 minutes on hotplate (180 ° C). The mixture obtained is filtered using filter paper and 250 ml of the filtrate are recovered (1 g/L stock solution).

##### Treatment of larvae with *C. arabica* extract

We have prepared four different concentrations 35 µg / ml, 70 µg / ml, 100 µg / ml and 200 µg / ml. The extracts are ingested; each concentration is mixed with 40g of food that will be divided into four different tubes. In each tube, 20 second stage larvae are placed. A control tube contain 20 second stage larvae and it doesn't treated by *C. arabica* extracts. The monitoring of mortality and larvae development is done during 15 days (time necessary to finish the development).



**Figure 1** *Cleome arabica* L. (a. Plante, b. Leaf, c. Flowers, d. Fruit) Bousaada, August 26, 2017, Source: Rebbas K.

[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143)

*Effect of the plant extract on sexual behavior*

Courtship behavior is a succession of predetermined and invariable actions (Clynen et al 2011; Chardonnet 2013). When a male encounters a virgin female, he orients his body in her direction and vibrates alternately each of his wings at a 45° angle to his main body axis. This vibration is a species-specific acoustic signal ('love song'; Bennet-Clark and Ewing 1970; von Schilcher 1976). When she is receptive, the female allows male to lick her genitalia with his proboscis. Then the male attempts copulation by thrusting his genital apparatus in an attempt to grasp the female's genitalia (Lasbleiz et al 2006; Revadi et al 2015).

In this work, we treated larvae with the sublethal concentration of *C. arabica* extract (35 µg/ml) and we recovered adults from their emergence. 48 hours later, these adults will be used for sexual behavioral tests and we note time and contacts number, time and vibrations number, time and licks number, time and attempts number as well as, time and mating duration if is success. These tests are carried out according to four crosses types: control male X control female, treated male X treated female, control male X treated female and treated male X control female.

*Data analysis*

The toxicological parameters (LC50%, LC90%, LT50% and LT90%) were calculated according to Finney's mathematical methods (Finney 1971). Regarding sexual behavior test, results were analyzed statistically by descriptive metric methods then a variances analysis (ANOVA) was performed on XLSTAT 2009 software (Addinsoft, New York, NY).

**Results***Effect on mortality*

The results show that *C. arabica* aqueous extracts act on larval development time and larval mortality as a function of applied concentration. The concentration 35 µg/ml has a low larvicidal activity. For the three concentrations (70, 100 and 200 µg/ml), 50% of the population is killed after 15 treatment days. There is a significant difference between mortality rate recorded for 35 µg/ml concentration ( $P = 0.02$ ), while there is no time effect on mortality for the other concentrations (Table 1).

**Table 1** Mortality rate caused by different concentrations of *C. arabica* extracts.

	35 µg/ml	70 µg/ml	100 µg/ml	200 µg/ml	$F_{obs}$	$P$
2 days	1.25	1.25	2.5	1.25	0.33	0.80
5 days	2.5	1.25	2.5	1.25	0.67	0.59
10 days	2.5	11.25	20	8.75	0.11	0.95
15 days	28.75	40	55	50	1.53	0.26
$F_{obs}$	4.98	0.71	0.58	0.47		
$P$	0.02*	0.56	0.64	0.71		

[( $P < 0.05$ ) \*: significant; ( $P < 0.01$ ) \*\*: highly significant; ( $P < 0.001$ ) \*\*\*: very highly significant]

The larval mortality rates are weakly and positively correlated with extract concentrations used (Table 2A). The 50%lethal concentration reached 2818.38 µg / ml at 10 days and 131.83 µg / ml at 15 days exposure (Table 2A). 90% of larvae die with the 5011.87 µg / ml concentration after 15 days (Table 2A).

For lethal times, the results show that there is a strong positive correlation between the mortality rate and the exposure time of larvae to plant extracts (Table 2B). Our results indicate that LT50% is 81.28 days for low concentrations and 25.70 days for the highest concentration. The LT90% reaches 91.20 days for the highest concentration (Table 2B).

*Effect on the sexual behavior of D. melanogaster*

[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143)

*Effect on mating success rate*

The results show that *C. arabica* aqueous extract administered at a sublethal concentration (15 µg / ml) delete fly mating, regardless of the sex treated in a couple (dyads) (Table 3). The mating success rate is 70% in controls, whereas it reaches 25% when males are treated with the Saharan plant (Table 3). The aborted mating rate (couples attempting to mate unsuccessfully) and null mating (no attempt or mating) is more important in couples composed by treated males and control females (Table 3).

*Effect on the different sequences leading to mating*

We recorded that the control and treated couples put, essentially, the same time to establish the first contact between partners. The same result is observed for the different times recorded during the *D. melanogaster* courtship (first vibration time  $P=0.09$ , first licking time  $P=0.71$ , first attempt time  $P=0.55$ , mating time  $P=0.25$ , mating duration  $P=0.78$ ) (Table 4).

The extract of the *C. arabica* plant has a significant influence on the number of contacts between flies ( $F_{obs} = 12.18$ ,  $P<0.0001$ ), on the number of wing vibrations ( $F = 6.64$ ;  $P=0.000$ ) and the number of licks ( $F = 6.350$ ,  $P=0.001$ ) (Table 4).

**Table 2** Mean values of thermographic records of body surface temperature (°C) performed on the left and right sides of the crossbreed cows and calves, according to the times of day.

A									
	Right of regression	LC 50%	LC 90%	LC84%	LC16%	SLOPE	∫LC50%	lim Inf	lim Sup
2 days	Y=2.71+0.0649 (R=0.16)	1.95E+35	1.02E+55	3.47E+50	1.07E+20	1.80E+15	230.31	8.47E+32	1.20E+22
5 days	Y=3.38+0.25X (R=0.55)	3019951.72	3.98E+11	2.75E+10	331.13	9113.12	4.10	735945.29	12392372.74
10 days	Y=1.93+0.89X (R=0.59)	2818.38	77624.71	36307.8	218.78	12.88	1.49	1897.22	4186.80
15 days	Y=3.28+0.81X (R=0.84)	131.83	5011.87	2238.72	7.94	16.79	1.55	85.17	204.04
B									
	Right of regression	LT50%	LT90%	LT84%	LT16%	SLOPE	∫LT50%	lim Inf	lim Sup
35 µg/ml	Y=2.11+1.51X (R=0.76)	81.28	575.44	371.53	18.2	4.52	1.13	72.05	91.70
70 µg/ml	Y=1.78+2.19X (R=0.88)	29.51	112.2	83.18	10.47	2.82	1.09	27.16	32.06
100 µg/ml	Y=1.96+2.36X (R=0.89)	19.5	67.61	51.29	7.41	2.63	1.08	18.05	21.07
200 µg/ml	Y=1.68+2.35X (R=0.85)	25.7	91.2	67.61	9.77	2.63	1.08	23.79	27.77

Means followed by the same letter do not differ statistically from each other: upper case in the row and lowercase in the column (Tukey's test;  $P < 0.05$ ). CV: Coefficient of variation

## Discussion

Insect control is entering a new botanical phase that provides non-toxic molecules for non-target organisms that are biodegradable and less likely to cause resistance in target species. Medicinal plants have an indefinite source of powerful bio-molecules, pharmacological, cosmetic and food (Duke et al 2008). In this study, we used the aqueous extract of *C. arabica* leaves as a bio-insecticide.

Our results show that *C. arabica* aqueous extracts cause mortality in *D. melanogaster* larvae. As well as the results of Habbachi et al (2013; 2014) and El-Bah et al (2016), in this *Drosophila* strain, the response to extracts of Algerian spontaneous plants (*Peganum harmala* and *Daphne gnidium*) is function of concentration and exposure time of the insects to the plant extract.

*C. arabica* showed its bioinsecticidal effect against *Ectomyelois ceratonia* Zeller (Lepidoptera) larvae using aqueous extracts; the effect of *C. arabica* aqueous extract at 15%, starts from the first treatment day, however the impact

of this extract at 5% appears 48 hours later (Korichi Almi et al 2016). Similar work demonstrates *C. arabica* insecticidal effect on third instar larvae of *Spodoptera littoralis* (Mediterranean brocade) (N'guessan et al 2009; Ladhari et al 2013).

Several works have highlighted the toxic effect of North African aromatic plants on Diptera such as the *Ricinus communis* and *Tetraclinis articulata* effect on larvae of mosquitoes: *Culex pipiens* (Linnaeus), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) and *Anopheles maculipennis* (Meigen) (Aouinty et al 2006) and those of Benhissen et al 2018 in *Culiseta longiareolata* controlled by *Nicotiana glauca*. Other studies show that plants in Maghreb arid zones are the most effective even against the most resistant insects such as locusts (Idrissi Hassani and Hermas 2008; Idrissi et al 1998; Idrissi Hassani, 2000; Lebouz 2010; Kemassi and Oueld El-Hadj 2014) or domestic cockroaches (Masna et al 2016).

[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143)



**Table 3** *C. arabica* effects (15 µg/ml) on the success rate of *D. melanogaster* mating

	% Mating		
	Successful	Aborted	Nul
C♂ x C♀	70%	20%	10%
C♂ x C.a♀	55%	10%	35%
C.a♂ x C♀	25%	30%	45%
C.a♂ x C.a♀	55%	10%	35%

[C♂: Control male; C♀: Control female; C.a♂: treated male by *C. arabica* extracts; C.a♀: treated female by *C. arabica* extracts]

*C. arabica* with their secondary metabolites causes, also, physiological disturbances. Alkaloids dissuade phytophagous insects, affect the nervous system and cell division (Nabors 2008), and have a toxic and paralyzing effect on insects (Regnault-Roger et al 2005).

Plant-based toxicants are one of the most environmentally friendly means of control, some of which are involved in neuroendocrine regulation, metamorphosis, and insect reproduction (Philogène 1991; Rembold 1994). The experience of choosing the male partner was not simply a measure of male preference; Successful copulation also

requires the target female to be receptive (Somasekar et al 2011). Males and females sexual behavior is influenced by pheromones. Gr68a gene is expressed in specific neurons of males' anterior legs and is recognized as a pheromone receptor. Inactivation of GR68a gene results in a reduction in male courtship performance (Bray and Amrein 2003). A second candidate, Gr32a, is also involved in phenomonal recognition (Miyamoto and Amrein 2008). Recently, a receptors family has been described ("Flybase PPK" genes family). This family constitutes a new class of pheromone receptors (Thistle et al 2012).

**Table 4** Effect of *C. arabica* aqueous extracts on different sequences of *D. melanogaster* sexual behavior (Mean ± SEM).

	First contact time	First vibration time	First licking time	First attempt time	Mating time
C♂ x C♀	118,70 ± 22,88	285,70 ± 73,59	332,10 ± 74,08	404,15 ± 80,70	333,35 ± 71,35
C.a♂ x C.a♀	80,10 ± 36,72	190,70 ± 58,75	262,20 ± 84,69	370,65 ± 105,22	324,65 ± 110,84
C♂ x C.a♀	79,85 ± 35,50	222,95 ± 54,00	323,40 ± 79,90	292,00 ± 80,87	322,15 ± 96,49
C.a♂ x C♀	112,95 ± 61,00	444,60 ± 186,56	250,55 ± 80,59	260,75 ± 99,76	169,50 ± 97,55
F <sub>obs</sub>	0,41	2,287	0,459	0,701	1,395
P	0,75	0,09	0,71	0,55	0,251

	Contacts number	Vibrations number	Licking number	Attempts number	Mating duration
C♂ x C♀	8,50 ± 1,14	8,15 ± 1,83	5,65 ± 1,33	3,65 ± 1,09	1179,35 ± 185,56
C.a♂ x C.a♀	7,20 ± 7,20	7,45 ± 2,06	5,95 ± 1,96	3,15 ± 1,13	882,15 ± 208,50
C♂ x C.a♀	11,25 ± 1,94	11,10 ± 3,26	5,90 ± 1,60	2,60 ± 0,89	905,90 ± 216,79
C.a♂ x C♀	22,50 ± 4,48	19,75 ± 4,72	12,10 ± 3,11	4,50 ± 1,92	566,90 ± 294,78
F <sub>obs</sub>	12,18	6,64	6,35	1,98	0,361
P	<0,0001***	0,000***	0,001**	0,12	0,78

[C♂: Control male; C♀: Control female; C.a♂: treated male by *C. arabica* extracts; C.a♀: treated female by *C. arabica* extracts] [(P<0.05) \*: significant; (P<0.01) \*\*: highly significant; (P<0.001) \*\*\*: very highly significant]

[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p137-143)

In the present study, we noticed a disruption of different coupling sequences in *D. melanogaster* adults by the indirect effect of *C. arabica* aqueous extract. It was demonstrated that flies don't mate when couple is formed by treated males and control females, after some contact between partners, no courtship is observed this may be a change in the cuticular profile in flies. Contacts role in the partners mutual recognition has been proven in different insects species such as cockroaches (Roth and Willis 1952; Farine et al 1993; Gropeaux, 1994). In the goal of bioactive molecules research powerful against vinegar fly, *Spinosad*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, *Azadiractine*, and *P. harmala* are bioinsecticides that have proven their activity on mortality and sexual behavior of *D. melanogaster* (Bensafi 2010; Bourbia 2012; El-Bah et al 2016). In this study, we show that control couples take longer than in treated couples; the study shows, also, that the aromatic plant extract acts (*C. arabica*) on key sequences leading to mating (vibration, licking and mating attempts).

### Conclusions

This study indicates that *C. arabica* aqueous extract has a neurotoxic property, the sublethal concentration of the extract 15 µg / ml shows that treated individuals are incapable of presenting a complete sexual behaviour. A chemical analysis of treated and control flies can provide information on any changes in adult *D. melanogaster* courtship, pheromone secretions, mating time, and various males sexual behavior sequences. This work results suggest the presence of toxic substances in the studied extract which can lead to developing bioinsecticides based on *C. arabica* and which will be used in agriculture and sold on pesticide market.

### References

Abbassi K, Mergaoui L, Atay-Kadiri Z, Stambouli A, Ghaout S (2003a) Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål, 1775). *Zoologica Baetica* 14:203-217.

Abbassi K, Atay-Kadiri Z, Ghaout S (2003b) Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *Physio. Entomo* 28:32-236.

Abbasipour H, Mahmoudvand M, Rastegar F, Basij M (2010) Insecticidal activity of *Peganum harmala* seed extract against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Bull. Insect* 63:259-263.

Aouinty B, Oufara S, Mellouki F, Mahari S (2006) Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol Agron Soc Environ* 10:67-71.

Balandrin MF, Klocke JA, Würtele ES, Bollinger WH (1985) Natural plant chemicals: Sources of industrial and medicinal materials. *Science* 228:1154-60.

Benhissen S, Rebbas K, Habbachi W, Masna F (2018) Bioactivity of *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae) and its toxic effects on *Culiseta longiareolata* (Diptera; Culicidae). *Inter J Res Ayur Pharm* 9:123-126.

Bensafi H (2010). Etude ecophysiologique, systématique et lutte intégrée contre les drosophiles, vecteurs de la pourriture grise dans les cultures. Magister thesis, University of Annaba (Algeria). 67p.

Bourbia S (2012) Étude de la souche sauvage de *Drosophila melanogaster* agent de la pourriture grise des fruits. Identification et Comportement sexuel. Magister thesis, University of Annaba (Algeria). 80p.

Bray S, Anrein H (2003) A putative *Drosophila* pheromone receptor expressed in male-specific taste neurons is required for efficient courtship. *Neuron* 39:1019-1029.

Chardonnet F (2013) Rôle du gène *foraging* dans l'évolution du comportement alimentaire de noctuelles foreuses de céréales. Doctorate thesis. University of Pierre et Marie Curie, Gif-sur-Yvette (France). 245p.

Clynen E, Ciudad L, Bellés X, Piułachs MD (2011) Conservation of fruitless' role as master regulator of male courtship behaviour from cockroaches to flies. *Dev Genes Evol* 221:43-48.

Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev Entomol* 52:81-106.

Doumandji-Mitiche B, Doumandji S (1993) Essai de lutte biologique contre la Pyrale des Caroubes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep., Pyralidae) par utilisation de *Trichogramma embryophagum* (Hym., Trichogrammatidae) à Ouargla. Rapport de synthèse de l'atelier "Lutte biologique dans les oasis". Ed. CIHEM Montpellier, Mediterranean Options: Mediterranean Seminars. 183.

Duke AJ, Duke PAK, Duceille JL (2008) Duke's Handbook of medicinal plants of the Bible. Ed. CRC. Press, 552p.

El-Bah D, Habbachi W, Ouakid ML, Tahraoui A (2016) Sublethal effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) on sexual behavior and oviposition in fruit fly *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *J Entomo Zoo Stud* 4:638-642.

FAO (2011) The State of Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 160p.

Farine JP, Le Quééré JL, 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.

Finney DJ (1971) Probits analysis. 3<sup>rd</sup>.ed., Cambridge University Press. London.

Gropeaux JC (1994) Comportement sexuel de Diptera punctata (Dicyoptera, Blaberidae): Approche éthologique. Diploma of Advanced Studies in Biology. Paris XIII University (France). 18p.

Gubb AS (1913) La flore saharienne: un aperçu photographique. Ed. Adolphe Jourdan, Algiers, 129p.

Habbachi W, Benhissen S, Ouakid ML, Farine JP (2013) Effets biologiques d'extraits aqueux de *Peganum harmala* (L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de *Drosophila melanogaster* (Diptera - Drosophilidae). *Alg J Arid Env* 3:82-88.

Habbachi W, Benhissen S, Ouakid ML, Farine JP, Bairi A (2014) Toxicity of aqueous extracts from Mediterranean plants on *Culex*

- pipiens* (Mosquitoes). Case of *Daphne gnidium* (Thymelaeaceae) and *Peganum harmala* (Zygophyllaceae). Wulf 21:244-252.
- Idrissi Hassani LM (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. Doctoral thesis, University of Ibn Zohr, Agadir (Morocco). 214p.
- Idrissi Hassani LM, Hermas J (2008) Effets 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 LM, Ould Ahmedou ML, Chihrane J, Bouaichi A (1998) Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). Ethnopharmacologia 23:26-41.
- Isman MB (2002) Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique in Regnault-Roger C., Philogène B.J. and Vincen C., 2002. Biopesticides d'origine végétale. Ed. Tec and Doc, Lavoisier, Paris, 301-311p.
- Jang YS, Baek BR, Yang YC, Kim MK, Lee HS (2002a) Larvicidal activity of leguminous seeds and grains against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* pallens. J Am Mosq Control Assoc 18:210-213.
- Kemassi A, Bouziane N, Boual Z, Ould El Hadj MD (2014) Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Phytoterapie 12:348-353.
- Koita K, Neya FB, Nana AT, Sankara P, Biosci JA (2012) Activité antifongique d'extraits de plantes locales contre *Puccinia arachidis* Speg. J App Biosci 57:4142-4150.
- Korichi-Almi A, Bissati-Bouafia S, Bensalah K, Korichi R (2016) Effets de l'extrait aqueux de *Cleome arabica* sur les larves de premier stade d'*Ectomyelotis cearatoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). Rev Bio Ress 6:62-69.
- Ladhari A, Laarif A, Omezzine F, Haouala R (2013) Effect of the extracts of the spiderflower, *Cleome arabica*, on feeding and survival of larvae of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. J Insect Sci DOI: 10.1673/031.013.6101
- Lasbleiz C, Ferveur JF, Everaerts C (2006) Courtship behaviour of *Drosophila melanogaster* revisited. Ani Behav 72:1001-1012.
- Lebouz I (2010) Activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Magister thesis, University of Biskra (Algeria). 165p.
- Louat F (2013) Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Doctoral thesis. Orleans University (France). 224p.
- Mahmoudian M, Jalilpour H, Salehian P (2002) Toxicity of *Peganum harmala*, Review and a Case Report. Iran J Pharm Therap 1:1-4.
- 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. Doctoral thesis. University of Annaba (Algeria). 153p.
- Miyamoto T, Anreim H (2008) Suppression of male courtship by a *Drosophila* pheromone receptor. Nat neurosci 11:874-876.
- N'guessan K, Kadja B, Zirih GN, Traoré D, Aké-Assi L (2009) Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Kroubo (Agboville, Côte-d'Ivoire). Sci and Nat 6:1-15.
- Nabors M (2008) *Biologie végétale (structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie)*. Ed. Nouveaux horizons, Paris, 614p.
- Ozenda P (1991) Flore de Sahara. Mise à jour et augmentée. Third Edition Dumod, CNRS, Paris, 662p.
- Philogène BJR (1991) L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes: problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 269-278p.
- Pimentel D, Williamson S (2008) Reducing Energy Inputs in the US Food System. Springer Science. Business Media, LLC. DOI 10.1007/s10745-008-9184-3.
- Quezel P, Santa S (1962-1963) Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Ed, Paris, v.2, 1170p.
- Quezel P (1978) Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du nord. Encyclopédie biogéographique et écologique. Ed, Paul Lechevalier, Paris, 463p.
- Regnault-Roger C, Fabres G, Philogène B (2005) Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed, Lavoisier Tec et Doc, Paris, 749p.
- Rembold H (1994) Controlling locusts with plant chemicals. New Trends in Locust Control (eds. S. Krall, H. Wilps), GTZ, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft Rossdorf, 41-49.
- Revadi S, Lebreton S, Witzgall P, Anfora G, Dekker T, Becher PG (2015) Sexual Behavior of *Drosophila suzukii*. Insects 6:183-196.
- Roth LM, Willis R (1952) A study of cockroach behaviour. Am Midl Nat 47:66-129.
- Somasbekar K, Krishna MS, Hegde SN, Jayaram SC (2011) Effects of age on female reproductive success in *Drosophila bipunctata*. J Insect Sc. 11:1536-2442.
- Thistle R, Cameron P, Ghorayshi A, Dennison L, Scott K (2012) Contact Chemoreceptors Mediate Male-Male Repulsion and Male-Female Attraction during *Drosophila*. Cell 149:1140-1151.
- Tracqui P, Demongeot J (2003) Eléments de biologie à l'usage d'autres disciplines de la structure aux fonctions: De la structure aux fonctions. EDP Sciences Editions, 94-95.
- UNESCO (1960) "Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides", Paris, 99p.