

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Intitulé :

Effet insecticide de *Ocimum basilicum* sur la survie chez un
modèle de référence de *Drosophila melanogaster* (Diptera).

Présenté Par :

Melle. Redjem Fairouz

Melle. Rahimi Manel

Melle. Redjem Yasmina

Melle. Sad Djaballah Roumaissa

Membre de Jury :

Mme. Labid Asma (MCA)

Président

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Mme. Bezzar-Bendjazia Radia (MCA)

Promoteur

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Mme. Naji Safia (MCB)

Examineur

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le bon dieu le tout puissant pour son aide et pour nous avoir guidé pour mener à bien ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à **Mme Radia Bezzar-Bendjazia** pour l'excellent encadrement fourni, son soutien, sa disponibilité et sa patience malgré ses nombreuses tâches. Grâce à ses conseils judicieux et son enthousiasme motivant, j'ai pu réaliser ce travail et j'espère avoir été à la hauteur de ses attentes. Merci d'avoir en toutes occasions pris le temps de m'écouter et de me comprendre. Pour tout cela mais aussi pour votre humanisme, votre bonté et votre gentillesse.*

*Nous remercions infiniment **Dr. Labid A** (Université de Skikda) pour avoir accepté de présider ce jury.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à **Dr. Naji S** (Université de Skikda) pour avoir accepté de faire partie de ce jury et de juger ce travail.*

Je tiens à remercier tous mes collègues qui m'ont aidé toute au long de la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Avant tout c'est grâce à Dieu que nous somme là,
Je dédie ce mémoire à mes très chères parents, mon père qui a toujours su
me soutenir, me conseiller m'assister, et m'indiquer le bon chemin, ma
source de confiance je tiens à te remercier pour tous ce que fait et tu fais
pour moi jusqu'à ce jour.*

*Ma mère, maman m'accompagne Je t'aime, Je vous remercie pour tous la
soutien et l'amour que vous me portez depuis enfance, pour moi la
source d'amour infini.*

*À mes chères sœurs, vous avez tout mon amour Je vous souhaite
toujours du succès.*

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur mon fiancé merci
pour l'encouragement.*

*À mes chères amies merci pour votre soutien et m'ont encouragé.
Enfin, je vous remercie mes collègues pour leur patience tout au long de
ce projet et pour les bons souvenirs et le beau temps en leur souhaitant
le succès et le bonheur dans leurs vie ...*

Fairouz

Dédicace

*Louange à Dieu qui m'a aidé durant des années et m'a ouvert les portes
du savoir.*

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres les plus chers à mon cœur, et que j'aime plus que tout au
monde.*

*Ma mère la prunelle de mes yeux et mon père le plus haut exemple de ne
jamais baisser les bras, que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.
Ce travail est le fruit de votre sacrifice que vous avez consenti pour mon
éducation.*

À mes frères et sœurs qui sont mon soutien dans la vie.

*À mes merveilleuses collègues j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler
avec eux.*

Aux amis des attitudes.

À tous qui m'ont apporté du soutien toute ma vie.

Manel

Dédicace

*Avant tout c'est grâce à Dieu qui m'a permis d'accomplir cela.
À ma famille, pour leur amour inconditionnel et leur soutien permanent.
À ma chère mère, "la couronne de ma tête", et à mon cher père, "mon
pilier", je tiens à vous remercier du fond du cœur pour vos
encouragements dès mes premiers pas, pour vos sacrifices et votre
patience. Je vous serai éternellement reconnaissante.
À ma chère sœur Asma et à mon petit frère Badreddine, je vous aime.
À mes grands-parents et à mon fiancé Isaac, merci pour votre soutien
permanent et votre amour.
À mes amies qui ont partagé ce travail avec moi, Fairouz, Manal et
Yasmina, merci à vous toutes pour tous les beaux souvenirs qui
resteront gravés dans ma mémoire. Je vous aime.
À notre chère encadrante Dr Radia BenJazia, merci pour votre
patience, votre disponibilité, votre gentillesse et votre sourire qui ne
quitte jamais.
Merci à tous ceux qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours
académique.
Et en fin à moi même je suis tellement fière de cette petite fille qu'elle
n'a jamais lâchée.*

Roumaïssa

Dédicace

Avant tout c'est grâce à Dieu que nous sommes là.

Je dédie ce travail et ce succès

*A ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices, cette
âme flamboyante d'amour et de tendresse, ma force et mon paradis.*

*A mon cher père, prunelle de mes yeux, qui ne m'jamais refuse un rêve,
un souhait merci pour ton soutien, ton affection et la confiance qu'il
m'a accordé.*

Mes parents je suis fière que je sois votre fille.

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A ma famille.

A mes chères amies pour leurs patiences et leurs coopérations

Tout au long de ces années.

Merci à tous que

Dieu les protégés et leurs offre la chance et le bonheur.

Yasmina

Sommaire

Listes des figures.....	
Listes des tableaux.....	
Listes des abréviations.....	
Résumés.....	
INTRODUCTION	1
I. Recherches bibliographiques	4
1 Généralités sur le basilic.....	5
1.1 Origine et répartition géographique du basilic.....	6
1.2 Description botanique du basilic.....	7
1.3 Les compositions chimiques.....	7
1.4 Propriétés thérapeutique du basilic.....	7
2 Les huiles essentielles.....	8
2.1 Historique.....	8
2.2 Définition.....	8
2.3 biosynthèse des huiles essentielles.....	9
2.4 Localisation des huiles essentielles.....	9
2.5 La composition chimique.....	10
2.6 Rôle physiologique.....	10
3 Présentation de l'espèce biologique.....	11
3.1 La drosophile : organisme modèle.....	11
3.2 Taxonomie.....	11
3.3 Principales caractéristiques de <i>Drosophila melanogaster</i>	13
3.4 Cycle biologique.....	15
3.5 Le système olfactif chez <i>D. melanogaster</i>	18
3.6 Le système gustatif chez <i>D. melanogaster</i>	19
3.7 L'architecture du système gustatif.....	20

II. Matériel et Méthodes	21
1 Élevage en laboratoire.....	21
2 Présentation de l'insecticide.....	22
3 Traitement des insectes	22
3.1 Bioessai.....	23
3.2 Analyse de la survie	24
4 Analyse statistique.....	25
III. Résultats	27
1 Toxicité de basilic chez les adultes	27
2 Effets de <i>O.basilicum</i> sur la survie des adultes.....	29
IV.Discussion	30
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35

Listes des figures

Figure 1: <i>Ocimum basilicum</i> L.....	5
Figure 2: Répartition géographique du basilic.....	6
Figure 3: <i>Drosophila melanogaster</i> (A) : Femelle, (B) : Mâle.....	11
Figure 4: Taxonomie de <i>Drosophila melanogaster</i>	12
Figure 5: Phylogénie de <i>Drosophila melanogaster</i>	13
Figure 6: Dimorphisme sexuel chez <i>D. melanogaster</i>	15
Figure 7: Cycle de vie de <i>D. melanogaster</i>	16
Figure 8: L'œuf et les différents stades larvaires de <i>Drosophila melanogaster</i>	17
Figure 9: Les différentes formes et couleurs d'une puppe tout au long du stade pupal.....	17
Figure 10: Les différentes étapes dont passera le jeune émergeant durant son stade adulte...	18
Figure 11: Les différents types des sensilles olfactives chez <i>D. melanogaster</i>	19
Figure 12: Élevage au laboratoire de <i>D. melanogaster</i>	21
Figure 13: Huile essentielle Basilic tropical.....	22
Figure 14: Les étapes du traitement des adultes de <i>D.</i>	23
Figure 15: Procédure expérimentale pour l'évaluation de la survie des adultes de <i>D. melanogaster</i>	25
Figure 16: Toxicité de <i>O.basilicum</i> (μg /L), administré par fumigation aux adultes de <i>D.melanogaster</i>	27
Figure 17: Effets de <i>O.basilicum</i> (μg /L), administré par fumigation aux adultes de <i>D. melanogaster</i>	28
Figure 18: Effets de <i>O.basilicum</i> (μg /L), administré par fumigation aux adultes de <i>D. melanogaster</i> sur la survie des adultes.....	39

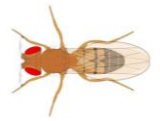
Listes des tableaux

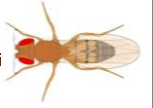
Tableau 1: Classification et systématique d' <i>Ocimum basilicum</i> L.....	6
Tableau 2: Caractéristique de différenciation morphologique entre male et femelle de <i>D. melanogaster</i>	14
Tableau 3: Toxicité de <i>O.bacilicum</i> ($\mu\text{g} /\text{L}$), administré par fumigation aux adultes de <i>D.melanogaster</i> : Mortalité corrigée (%) des stades adultes	26
Tableau 4: Toxicité de <i>O.bacilicum</i> ($\mu\text{g} /\text{L}$), administré par fumigation aux adultes de <i>D.melanogaster</i> : Mortalité corrigée (%) des stades adultes.....	27
Tableau 5: Toxicité de <i>O.bacilicum</i> ($\mu\text{g} /\text{L}$), administré par fumigation aux adultes de <i>D. melanogaster</i> : Détermination des doses létales chez les adultes et leurs intervalles de confiance (95%).....	28

Listes des abréviations

L2:	Stade larvaire 2
L3:	Stade larvaire 3
G:	Gramme
°C:	Degré Celsius
µg / l :	Microgramme par litre
µg / ml:	Microgramme par Millilitre
FAO:	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
SEM:	Erreur standard de la mesure
H:	Heure
DL:	Dose Létale
DDT:	Dichlorodiphényltrichloroethane
SCE :	Somme des carré des écarts
Ddl :	Degré de liberté
CM :	Carré moyen
Fobs :	F observé
P :	Niveau de signification
N :	Nombre d'individus
IC :	Intervalle de confiance
HSD :	Honestly significant difference test
PET :	Polyéthylène téréphtalate
Spp :	Toutes les espèces
HE :	Huile essentielle
AFNOR :	L'association française de normalisation
MN :	Maladies neurodégénérative
SB :	Sweet basil
ATP :	L'adénosine-triphosphate
ADP:	L'adénosine-diphosphate
CPG:	Chromatographie en phase gazeuse
CPG-SM:	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
CCM:	La chromatographie sur couche mince
±	Plus ou moins

Résumés





Résumé

Les huiles essentielles de plantes peuvent être utilisées comme des alternatives écologiques aux insecticides synthétiques classiques. Le travail actuel visait à évaluer l'activité insecticide de l'*Ocimum basilicum*, les effets ont été évalués sur la toxicité et la survie chez un organisme modèle, *Drosophila melanogaster*. Différentes doses variantes entre 0,1 et 2 μg ont été utilisées par fumigation chez les adultes et la mortalité observée a été utilisée pour la détermination des différentes doses létales. Les DL_{25} (0,28 μg) et DL_{50} (0,67 μg) obtenus à partir d'une courbe dose-réponse ont été utilisés pour le reste des expérimentations.

En effet, les résultats révèlent que le *Ocimum basilicum* induit une réduction significative des pourcentages de la survie des adultes (mâles et femelles) de *Drosophila melanogaster* pour les deux doses testées et ce comparativement aux témoins.

Mots clés : *Ocimum basilicum*, *Drosophila melanogaster*, Toxicité, Survie.



Abstract

Essential oils from plants may provide environment-friendly alternatives to conventional synthetic insecticides. The current work aimed to evaluate the insecticidal activity of *Ocimum basilicum*, effects were assessed on toxicity and survival in a model organism *Drosophila melanogaster*. Different doses varying between 0.1 and 2 μg were used by fumigation in adults and observed mortality was used to determine different lethal doses. The LD25 (0.28 μg) and LD50 (0.67 μg) obtained from a dose-response curve were used for the rest of the experiments.

Indeed, the results show that basil induces a significant reduction in the survival percentages of adults (males and females) of *Drosophila melanogaster* for both doses tested compared to controls.

Keywords: *Ocimum basilicum*, *Drosophila melanogaster*, Toxicity, Survival.



ملخص :

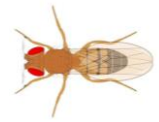
تهدف الزيوت العطرية المستخرجة من النباتات إلى أن تكون بديلاً بيئياً للمبيدات الحشرية الاصطناعية التقليدية. وقد هدف العمل الحالي إلى تقييم النشاط المبيد لنبته الريحان، وتم تقييم الآثار على سمية وبقاء الكائن نموذجي *Drosophila melanogaster* على قيد الحياة.

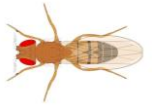
تم استخدام جرعات متفاوتة متراوحة بين 0.1 و 2 ميكروغرام عن طريق الاستنشاق للبالغين وتم استخدام الوفيات المرصودة لتحديد الجرعات القاتلة المختلفة تم استخدام DL_{25} (0.28 ميكروغرام) و DL_{50} (0.67 ميكروغرام) التي تم الحصول عليها من المنحى الجرعات-الاستجابة لبقية التجارب.

في الواقع، تشير النتائج إلى أن الريحان يسبب تقليلاً كبيراً في نسب البقاء للبالغين (ذكوراً وإناثاً) من *Drosophila melanogaster* للجرعتين المختبرتين مقارنة بالشواهد.

الكلمات المفتاحية: الريحان, *Ocimum basilicum*, *Drosophila melanogaster* نبتة الفاكهة سوداء البطن , السمية, البقاء على قيد الحياة .

Introduction





Le défi majeur de l'agriculture est d'augmenter la production alimentaire, pour répondre aux besoins de la population mondiale en pleine croissance. Cette population a atteint 7,8 milliards en 2025 et continuera à augmenter pour atteindre les 11,2 milliards en 2100 (**Mesterházy *et al.*, 2020**).

Pour assurer la sécurité alimentaire mondiale et nourrir 2 milliards de personnes supplémentaires en 2050, la production agricole devrait augmenter de 70% (**Mesterházy *et al.*, 2020**), alors que la surface de terres cultivables reste limitée (**FAO, 2016**).

Les pratiques agricoles actuelles restent dépendantes de l'utilisation des produits phytosanitaires, notamment les pesticides chimiques qui représentent à l'heure actuelle un enjeu économique et sanitaire majeur vu leur importance dans l'optimisation des productions agricoles et la lutte contre les maladies vectorielles (**Casida & Durkin, 2013**).

En effet, l'industrialisation des cultures, qui a permis à de nombreux pays d'accéder à une autosuffisance alimentaire et qui a contribué au cours des dernières décennies à faire reculer les famines et la malnutrition dans le monde, s'est essentiellement basée sur une amélioration de la lutte contre les insectes ravageurs via l'utilisation de pesticides chimiques à large spectre d'action (**Ramade, 2011**). Les pertes de production, avant récolte, des cultures mondiales majeures dues aux ravageurs (insectes, micro-organismes) et aux adventices sont estimées à 35 %. Sans une protection efficace des cultures, ces pertes seraient de 70 % (**Popp *et al.*, 2013**).

Selon la FAO, la consommation annuelle mondiale des pesticides est estimée à 4,6 millions de tonnes de matière active. L'utilisation de pesticides chimiques quasi généralisée exerce une pression sur l'environnement, en constituant une masse polluante colossale au plan écotoxicologique, et présente ses limites d'application avec l'apparition de résistance des bioagresseurs, et des effets nocifs sur la santé humaine (**FAO, 2019**).

De plus, parmi ces pesticides, les insecticides ont également permis de lutter contre les insectes vecteurs de maladies humaines et vétérinaires (moustiques, blattes, punaises...) limitant voire éradiquant un certain nombre de maladies parasitaires très meurtrières (**Saguez *et al.*, 2007**). Cette lutte constitue donc un enjeu majeur de santé publique et en l'absence de remplaçant efficace, l'utilisation des insecticides reste d'une importance capitale dans la lutte anti vectorielle sachant que, par exemple, le paludisme a été responsable de la mort de 655000 personnes dans le monde en 2010 (**OMS, rapport 2011**).



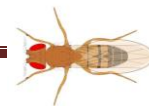
Néanmoins, ces produits sont très toxiques et leur non spécificité ainsi que leur forte rémanence peuvent provoquer d'énormes perturbations dans l'écosystème (**Ishaaya & Horowitz, 1998**). Aujourd'hui, en plus des effets pervers des pesticides sur l'environnement, sa biodiversité et la santé humaine, l'utilisation intensive et répétée de ces molécules a conduit à la multiplication des cas de résistance limitant ainsi leur efficacité (**Nauen et al., 2012 ; Harrop et al., 2014 ; Sparck & Nauen, 2015**).

Ainsi, et suite à la chute de popularité des insecticides chimiques classiques après l'intérêt grandissant pour la protection de l'environnement, il est devenu important de proposer de nouvelles options respectueuses des écosystèmes et toutes aussi efficaces.

Dans cette optique, des méthodes alternatives de lutte ont été mises au point telles que le développement par l'industrie phytosanitaire de molécules plus sélectives. Les insecticides dérivés d'huiles essentielles de plantes ont été suggérés comme alternatives potentielles aux insecticides conventionnels, en grande partie parce que les huiles essentielles constituent une source potentielle de métabolites secondaires bioactifs qui posent moins de risques pour l'environnement, avec des impacts minimes sur la santé humaine et animale (**Ahn et al., 2006 ; Isman 2006**). Ils peuvent agir sur des sites cibles multiples et nouveaux (**Kostyukovsky et al., 2002 ; Priestley et al., 2003**), réduisant ainsi le potentiel de résistance (**Wang et al., 2012**).

De nombreuses huiles essentielles sont couramment utilisées comme parfums et agents aromatisants pour les aliments, les boissons et les cosmétiques (**Lawless, 2002**), et sont perçues par le grand public comme relativement sûres (**Isman, 2006**).

Les insecticides d'origine végétale peuvent être une alternative appropriée, car les espèces végétales ont développé des mécanismes moléculaires qui les protègent contre les insectes herbivores et d'autres espèces animales (**Balunas & Kinghorn, 2005**). Il a été rapporté que les huiles essentielles d'espèces végétales agissent sur les enzymes digestives et neurologiques ainsi que sur le tégument des insectes (**Hussain et al., 2008 ; simon et al., 1999 ; de Lima et al., 2020**). Certains auteurs ont suggéré qu'un tel effet insecticide est probablement dû aux métabolites secondaires tels que les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes (**Bahre et al., 2018**). Une activité insecticide de certains monoterpènes comme l' α -pinène, le β -pinène, le 3-carène, le limonène, le myrcène, l' α -terpinène et le camphène a été démontrée dans la littérature (**Swamy et al., 2016**).



En effet, en 2021, le marché des huiles essentielles (HE) était évalué à 20,3 milliards de dollars, avec une croissance estimée à 7,4 % d'ici 2028, en raison de leur utilisation croissante dans des secteurs tels que l'alimentation et les boissons, les cosmétiques et l'aromathérapie. De plus, parce qu'elles sont considérées comme plus « naturelles » que les produits les plus couramment utilisés, leur intérêt augmente, et les huiles essentielles remplacent peu à peu les molécules de synthèse en raison de leur risque réduit d'effets secondaires. Les huiles essentielles sont essentiellement des substances extraites par distillation de différentes parties de plantes, telles que les feuilles, les fruits, les racines ou les fleurs, et sont composées d'un mélange d'hydrocarbures, d'éthers, d'esters, d'alcools, d'aldéhydes, de phénols et de terpènes (**Grand View Research., 2021 ; Ali et al., 2015**).

Parmi les huiles essentielles (HE) d'origine végétale, notamment l'huile de feuille de basilic présentent différents degrés d'activité répulsive en raison de la présence de pyréthrinés (**Liu et al., 2021**), de dérivés phénoliques et de terpénoïdes (**Iovinella et al., 2016**).

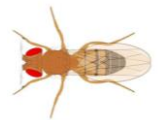
Ocimum basilicum est une plante médicinale et une herbe culinaire importante généralement connue sous le nom de basilic doux (SB). Ces plantes sont des piègeurs de radicaux efficaces, qui ont été utilisées dans le traitement des troubles du système nerveux et pourraient donc être bénéfiques pour la gestion des maladies neurodégénératives (MN). (**Oyeniran et al., 2024**). C'est également une source d'huile essentielle contenant des constituants biologiquement actifs qui possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (**Simon et al., 1999 ; Duke et al., 2008 ; Khalid et al., 2006 ; Burt, 2004 ; Hanif et al., 2011 ; Ahmed et al., 2019**). La composition chimique de l'huile de basilic a fait l'objet de plusieurs études.

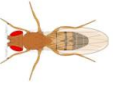
Dans ce sens, ce travail a pour objet d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle de feuilles d'*O.basilicum* en utilisant *D. melanogaster* comme organisme modèle :

Évaluer la toxicité d'une formulation commerciale de basilic, le basilic tropical, testé par fumigation, sur des adultes mâles et femelles de *D. melanogaster*. La détermination des doses létales (DL₁₀, DL₂₅, DL₅₀ et DL₉₀) et leurs intervalles de confiance respectifs a été réalisée à partir de la mortalité observée chez les adultes.

Évaluer les effets sublétaux et létaux (DL₂₅, DL₅₀) de basilic sur la survie de l'insecte.

Partie Bibliographique





I. Recherches bibliographiques

1 Généralités sur le basilic

L'importance des huiles essentielles augmente ces dernières années en raison de leur disponibilité et de leurs propriétés biologiques. Le genre *Ocimum L.*, comprenant plus de 150 espèces, pousse largement dans les régions tempérées du monde (**Martins et al.,1999 ; Buchbauer et al.,2010**). *Ocimum basilicum L.* communément appelé Basilic doux qui appartient à la famille des Lamiacées est une plante indigène de la région indo-malaisienne. On l'appelle le « roi des herbes » qui contient beaucoup de produits phytochimiques ayant des capacités nutritionnelles, antioxydantes et bénéfiques pour la santé (**Yayasinghe et al.,2003**). Il pousse dans plusieurs régions du monde. Le basilic est une herbe ramifiée dressée qui pousse de 0,3 à 1,3 m de haut, avec des feuilles soyeuses vert clair. Ses feuilles sont simples, opposées, longues de 3 à 11 cm, larges de 1 à 6 cm, ovales, aiguës et généralement dentées contenant de nombreuses glandes à huile qui stockent les huiles essentielles. Les fleurs de basilic doux sont de couleur blanche à violette et disposées en pointe terminale.

Il a longtemps été utilisé traditionnellement pour guérir beaucoup de problèmes, tels que l'anxiété, les piqûres, les maladies, les douleurs fortes, les plaintes, la pyrexie, les transmissions platoniques, les maladies infectieuses, les maux de tête, la toux, l'acné, la diarrhée, la constipation, les verrues, les vers et le dysfonctionnement rénal (**Akgul,1989 ; Lachowicz et al.,1996**). Le basilic doux est cultivé pour la production d'huiles essentielles, de feuilles sèches comme herbe culinaire, condiment / épice ou comme plante ornementale. Il est utilisé comme ingrédient dans divers plats et préparations alimentaires, en particulier dans la cuisine méditerranéenne (**Zheljazkov VD et al.,2008**).

Les huiles essentielles de basilic contiennent un large éventail de composés chimiques en fonction des variations des types de chimio, de la couleur des fleurs et des feuilles, de l'arôme et en particulier de l'origine de la plante. De plus, le caractère aromatique et morphologique des plantes est fortement influencé par les conditions environnementales et les techniques agronomiques (**Hussain et al.,2008 ; Opalachenova G et al.,2003**). La composition chimique des huiles essentielles des espèces *Ocimum* a été bien étudiée. Les huiles essentielles de basilic contenaient des dérivés monoterpènes (camphre, limonène, 1, 8-cinéole, linalol, géraniol) et des dérivés phénylpropanoïdes (eugénol, méthyleugénol, chavicol, estragole, méthylcinnamate) (**Vina A et al.,2003 ; Lawrence BM et al.,2008**).



Les huiles de basilic ont été classées en quatre chémotypes selon leur composition chimique et leur origine géographique. Le type européen cultivé en Europe, aux États-Unis et Afrique, est caractérisé par le linalol et le méthylchavicol comme principaux constituants terpéniques. Le type Réunionnais, localisé aux Comores, aux Seychelles, en Afrique et à la Réunion, se caractérise par une forte concentration en méthylchavicol. Le type tropical originaire d'Inde, du Pakistan, du Guatemala, d'Haïti et d'Afrique est riche en cinnamate de méthyle. Un autre chémotype de basilic, avec l'eugénol comme composant principal, est courant en Afrique du Nord, en Russie, en Europe de l'Est et dans certaines parties de l'Asie (Simon *et al.*, 1999) ; (Hanif *et al.*, 2011) ; (Marotti *et al.*, 1996) ; (Grayer *et al.*, 1996) ; (Chalchat *et al.*, 1999). En plus de ceux-ci, d'autres huiles de basilic ont également été signalées qui contenaient diverses quantités de linalol, de camphre, de méthylchavicol, de cinnamate de méthyle et d'eugénol (Lawrence, 1998).

On retrouve :

- Le basilic citron (*Ocimum canum* L.),
- Le basilic de Ceylan (*Ocimum gratissimum*)
- Le basilic sacré (*Ocimum sanctum* L.)
- Le basilic commun (*Ocimum basilicum* L.) qui est le plus célèbre.



Figure1 : *Ocimum basilicum* L. (Qing X.Li, Chiou, 2016).

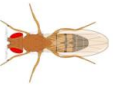


Tableau 1 : Classification et systématique d'*Ocimum basilicum* L.

Régne	Plante
Embranchement	<i>Spermaphyte</i> (phanérogame)
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Lamiales</i> (dicotylédones gamopétales)
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Ocimum</i>
Espèce	<i>Ocimum basilicum</i>

1.1 Origine et répartition géographique du basilic

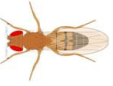
Le basilic est une plante herbacée annuelle originaire d'Inde et d'Asie tropicale, qui a été introduite en Europe dès l'Antiquité (**Ait Youcef, 2006**).

Elle se développe naturellement dans les régions tropicales et subtropicales, y compris l'Afrique centrale et le Sud-Est d'Asie (**Bauwens P,2006**).

Depuis plusieurs décennies, on cultive cette plante pour ses vertus médicinales et aromatiques dans de nombreux pays du monde, dont la France, la Hongrie, la Grèce, l'Égypte, le Maroc, l'Indonésie et certains États américains comme l'Arizona, le Nouveau-Mexique et la Caroline du Nord, ainsi que la Californie, où on cultive des feuilles de qualité supérieure (**Pushpangadan et George 2012**).



Figure 2 : Répartition géographique du basilic.



1.2 Description botanique du basilic

Le basilic (*Ocimum basilicum* L.) fait partie des espèces de la famille des *Lamiaceae* (Karpinski, T.M, 2020). C'est une plante herbacée annuelle qui présente de belles fleurs roses et blanches et d'une hauteur allant de 50 à 60 cm, les feuilles et les graines sont les composants les plus utiles et bénéfiques (Arabici et Bayram, 2004).

- **Les feuilles** : sont nombreuses et opposées, pétiolées de forme ovale, lancéolée et ailée oblongue et couleur généralement verte à l'aspect brillant (Belkamel *et al.*, 2008).
- **Les graines** : sont petites (fines), oblongues de couleur marron foncé (Pouss, 2004).

Les composants chimiques déterminent en grande partie la saveur et l'odeur des différentes variétés de basilics, ce qui explique les nombreuses différences botaniques entre leur variétés, le basilic a la capacité de synthétiser des phényle propènes "des produits chimiques importants qui déterminent la saveur ou dissuader les herbivores (Gang, David R *et al.*,2002).

1.3 Les compositions chimiques

Les feuilles de basilic contiennent environ 5 % de tanins, 0,17 % d'acide oléanolique, une petite quantité d'acide ursolique, 14 % de protéines et 61 % de glucides, ainsi que proportionnellement. Les niveaux de vitamines (A, B1, B2, C, E) et d'acide rosmarinique sont élevés (Quibrahim, 2015) et nous mentionnerons également ici les variations dans les composants chimiques de l'huile essentielle d'*O. basilicum*.

Linalol : 0.2 à 75.4%

Méthyle Chavicol : 0,3 à 88.6%

Cinnamate de méthyle Traces à 15.5%

Eugénol Traces à 11.2%

Cis-ocimène + 1,8-cinéole Traces à 13,6% (Hubert, 2007).

Où le contenu de cette huile diffère grandement selon les espèces. Les zones spatiales, tissus, étapes et contrôle de la croissance, les conditions de plantation, de fertilisation, d'amendement du sol et de récolte sont essentiels (Li et Zhang, 2016).

1.4 Propriétés thérapeutique du basilic

En médecine : Utilisé pour traiter diverses affections telles que les crampes d'estomac, les diarrhées, les angines, etc

Elles sont utilisées comme toniques et antiviral, vermifuges (Paul, 2001). De plus, le thé de cette plante est également mentionné comme un remède contre les nausées et les flatulences.



Les huiles de cette plante sont utiles pour soulager les spasmes de la rhinite, la fatigue mentale, ainsi que comme un traitement de premiers soins pour les piqûres de guêpes et les morsures de serpent (**Ch et al., 2015**).

Le basilic est recommandé pour les troubles nerveux, les vertiges, les migraines nerveuses ou gastriques, ainsi que les aphtes. Il est également conseillé pour les enfants souffrant de troubles du sommeil et les femmes souffrant de carence en lait (**Djerroumi et Nacef, 2021**).

2 Les huiles essentielles

2.1 Historique

L'histoire des plantes aromatiques est souvent associée à celle de la civilisation humaine. Déjà, depuis l'Égypte antique (environ quatre mille cinq cents ans avant Jésus-Christ), les huiles balsamiques, les onguents parfumés, les résines aromatiques, les épices et les végétaux parfumés sont largement employés par l'homme dans les rites, la magie, la thérapeutique, l'alimentation et les pratiques usuelles. Le développement de la distillation des huiles essentielles débute en Orient, où les premières méthodes de préparation ont été élaborées en Inde, en Perse et en Égypte (**Ntezurubanza, 1984**).

Utilisation des huiles essentielles pour la première fois en 1930 par un pharmacien français, René-Maurice Gatte fosse. Et Dans les années 1960, le Docteur Jean Valnet reprend les travaux de Gattefossé et publie des ouvrages de référence. En 1981, il crée la Société française de phytothérapie et d'aromathérapie, après avoir utilisé abondamment les plantes pendant la guerre d'Indochine en tant que chirurgien militaire (**Doctur Valnet, 2014**).

C'est en 1975 que Pierre Franchomme, aromatalogue, apporte la notion de « chémotype » ou plus vulgairement la carte d'identité de l'huile essentielle. Le chémotype va définir les propriétés de chaque huile essentielle (**Baudoux, 2008**).

2.2 Définition

L'Association française de normalisation (AFNOR) définit une huile essentielle comme étant un produit obtenu à partir d'une matière végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques appropriés, soit par distillation à sec. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques (**AFNOR, 2000**).

Ce sont des composés odorants volatils issus du métabolisme secondaire d'une plante aromatique. Elles se forment généralement dans des cellules spécialisées ou des groupes de cellules (**Conner, 1993**).



2.3 biosynthèse des huiles essentielles

Les huiles sont des mélanges très complexes et leurs composants font partie de deux grandes familles, à savoir les composés terpéniques majoritaires et les composés aromatiques issus du phényl-propane.

Les plantes sont capables de synthétiser leurs propres matériaux grâce à leurs capacités autotrophes, la matière organique provient de l'énergie lumineuse, de l'eau et des minéraux du sol.

Les photons de lumière sont capturés par la chlorophylle puis stockée par conversion de l'ADP à l'ATP, au sein de la liaison phosphorée riche en énergie. Grâce à l'énergie lumineuse restante, l'eau se divise en hydrogène et oxygène. L'oxygène est libéré vers l'atmosphère. En échange, les plantes captent le dioxyde de carbone qui va coupler avec l'hydrogène, sous forme de protons réactifs, peut former des monosaccharides puis des trisaccharides et puis des sucres hexoses (Franchomme *et al.*, 1990).

2.4 Localisation des huiles essentielles

On retrouve les huiles essentielles dans tous les organes végétaux :

Les sommités fleuries : la lavande.

Les racines : vetiver, les rhizomes du gingembre

Les fruits : la vanillier et l'anis.

Les feuilles : la caronnelle et l'eucalyptus.

Les écorces : cannellier.

Le bois : camphrier.

Les graines : la muscade (Bendif, 2017).

Les huiles essentielles sont fabriquées dans le cytoplasme des cellules, qui se trouve dans les divers tissus sécrétoires présents dans tous les organes.

On distingue 4 catégories de cellules sécrétrices :

Les cellules sécrétrices isolées : des lauracées et magnoliacées.

Les poils sécréteurs externes : des labiacées.

Les poches sécrétrices : schirolysigènes des Ratacées.

Les canaux sécréteurs : des Ombellifères et conifères.

Les canaux sécréteurs peuvent être externes : labiacées, ou bien internes : les différents Eucalyptus (myrtacées) (Mohammedi, 2012).



2.5 La composition chimique

La composition chimique d'une huile essentielle est influencée par divers éléments. Certains sont associés aux procédures de traitement nécessaires lors de l'extraction, le stade de développement des plantes, les organes prélevés, la période et la zone géographique de récolte (**Dris,2019**).

Mais elle repose principalement sur la composition de l'essence produite par la plante, qui dépend son patrimoine génétique. Qu'est le seul responsable de la présence ou de l'absence d'un composant chimique à tout stade de croissance, tandis que la concentration est influencée à la fois par la génétique et à la fois par les facteurs environnementaux.

De nos jours, grâce aux avancées des méthodes analytiques, il est possible d'identifier facilement et rapidement un grand nombre de composants, ce qui permet de vérifier que l'échantillon possède correctement le profil chimique prévu, ainsi que l'étude des liens entre structure et activité au sein de l'huile essentielle (**Robin, 2017**).

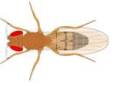
L'étude de la composition chimique est généralement effectuée par chromatographie en phase gazeuse (CPG) avec détecteur à ionisation de flamme et par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) ainsi que la chromatographie sur couche mince (CCM) (**Robin, 2017**). Les huiles essentielles sont des « mélanges complexes et variables, elles peuvent contenir :

- Des dérivés terpéniques : monoterpènes hydrocarbures à 10 carbones, des sesquiterpènes (en C15), des diterpènes (en C20).
- Des dérivés d'acides aminés : l'isobutanol est un dérivé de la valine, l'iso-amyl alcool de la leucine, l'acide angélique et l'acide tiglique provenant de l'isoleucine. Et des dérivés d'acides aminés soufrés.
- Des acides gras dérivés : l'acide linoléique, par exemple, produit la jasmone, le jasmonate de méthyl et des lactones macrocycliques.
- D'autres molécules très variées (**TONY POIROT ,2016**).

2.6 Rôle physiologique

Si elles sont utilisées de manière inappropriée ou en surdosage, les huiles essentielles peuvent entraîner des effets secondaires ou toxiques.

Il a des effets néfastes sur la nutrition : il coupe l'appétit, perturbe l'alimentation et a un impact sur le système digestif, la croissance et la fertilité, ainsi que le développement des insectes et acariens. Selon des recherches récentes, les mono terpènes ont la capacité d'inhiber le cholinestérase (**Bastien, 2008**).



3 Présentation de l'espèce biologique

3.1 La drosophile : organisme modèle

La drosophile plus connue sous le nom de « mouche du vinaigre » est un insecte diptère brachycère holométabole. *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) est l'organisme de prédilection pour la recherche biologique, utilisé comme organisme modèle depuis plus d'un siècle. A l'origine, cet organisme était principalement étudié en génétique pour comprendre les règles de l'hérédité des caractères. Après Thomas Hunt Morgan en 1933 pour ces travaux sur le rôle des chromosomes dans l'hérédité, ce sont trois drosophilistes (E.B. Lewis, C. Nüsslein-Volhard et E. Wieschaus) qui furent récompensés en 1995 du prix Nobel de Médecine pour le contrôle génétique du développement embryonnaire précoce chez la drosophile. Récemment, un autre prix Nobel a été décerné à J.A Hoffman pour ces recherches en immunologie. Aujourd'hui, la drosophile est essentiellement utilisée en biologie du développement (Gilbert *et al.*, 2013), pour comprendre comment un organisme complexe se forme à partir d'un œuf fertilisé mais également en neurogénétique de l'apprentissage (Dukas, 2008). En plus de l'importance de la drosophile dans les différents domaines de la biologie, cette mouche possède de nombreux avantages, notamment un génome totalement séquencé depuis 2000 (Adams *et al.*, 2000) qui permet l'utilisation de nombreux outils moléculaires. De plus le maintien aisé des élevages en laboratoire associé à un cycle de vie court (10 jours à 25°C) et une progéniture abondante disponible à chaque génération, représente un avantage non négligeable.

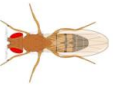


Figure 3 : *Drosophila melanogaster* (A) : Femelle, (B) : Mâle.

(<http://www.geochembio.com/biology/organisms/fruitfly/>)

3.2 Taxonomie

Les drosophiles sont des animaux faisant partie du phylum des arthropodes et plus précisément de la classe des insectes. Elles appartiennent à l'ordre des diptères (ou mouches vraies) caractérisés par la présence d'haltères sur le troisième segment thoracique indispensables à la



stabilisation du vol. Cet ordre renferme les mouches, moucheron et moustiques. La famille des *Drosophilidae*, compte près de 3000 espèces (O’Grady et Markow, 2009) qui ont colonisé tous les types d’environnement (Fig. 04).

La majorité de ses espèces appartiennent aux deux sous-genres : *Drosophila* (1450 espèces) et *Sophophora* (450 espèces) (Fig. 05). Suite à des études récentes, il semblerait que *D. melanogaster* soit plus proche phylogénétiquement du genre *Sophophora* que du genre *Drosophila* (O’Grady et Markow, 2009). L’intégration de *melanogaster* dans le genre *Sophophora* a été proposée à la commission internationale de nomenclature zoologique, ce qui a suscité un long débat et un mécontentement de beaucoup de drosophilistes qui considèrent *D. melangaster* comme un label étant l’espèce la plus célèbre après *l’Homo Sapiens* (Dalton, 2010).

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Sous- embranchement	<i>Hexapoda</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Sous-classe	<i>Pterygota</i>
Infraclasse	<i>Neoptera</i>
Ordre	<i>Diptera</i>
Sous- ordre	<i>Brachycera</i>
Infra- ordre	<i>Muscomorpha</i>
Famille	<i>Drosophilidae</i>
Sous- famille	<i>Drosophilinae</i>
Genre	<i>Drosophila</i>
Espèce	<i>Drosophila melanogaster</i>
	Meigen, 1830

Figure 04 : Taxonomie de *Drosophila melanogaster*.

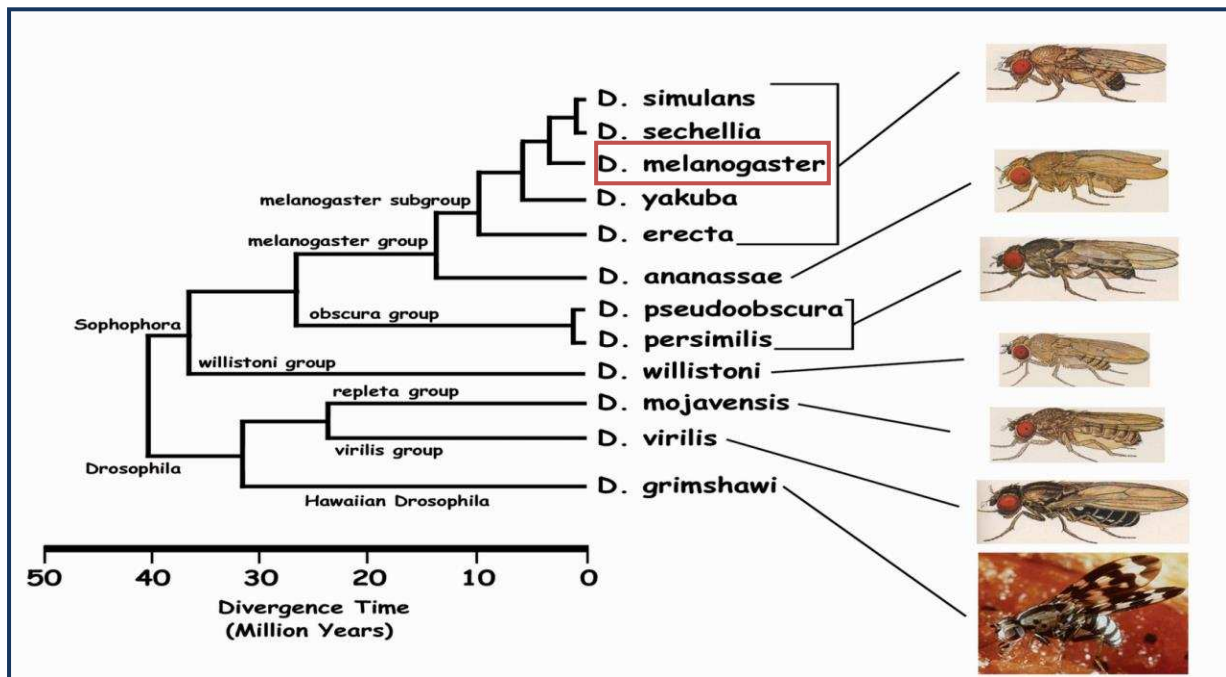
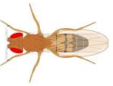


Figure 05 : Phylogénie de *Drosophila melanogaster* (O’Grady et Markow, 2009).

Schéma : (<http://hereditariedadgenetica.blogspot.com/2008/03/taxonomia.html>).

3.3 Principales caractéristiques de *Drosophila melanogaster*

La drosophile est une mouche de petite taille, qui se caractérise par une couleur brune jaunâtre, avec des anneaux transversaux noirs au travers de l’abdomen (Werner *et al.*, 1992), des yeux rouge vif et des antennes courtes possédant une extrémité plumeuse. Sa reproduction est rapide (Griffiths *et al.*, 2002), les femelles se reproduisent plusieurs fois au cours de leur cycle de vie et pondent des œufs en grande quantité, jusqu’à 500 œufs en 10 jours (Bensebaa *et al.*, 2017).

Un dimorphisme sexuel se présente chez *la drosophile* (Parvathi *et al.*, 2009) et pour différencier les mâles et les femelles, plusieurs caractères peuvent être considérés (Tableau 02 ; Fig. 06).

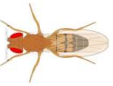


Tableau 1 : Caractéristiques de différenciation morphologique entre mâles et femelles de *D. melanogaster*.

Caractéristiques de Différenciation	Femelles	Mâles
Taille de la mouche	Les femelles mesurent environ 3 à 4 millimètres de long.	Les mâles sont un peu plus petits que les femelles d'environ 25%
Forme et couleur de l'abdomen	L'abdomen de la femelle est de forme pointue, avec des segments terminaux de couleur Claire (Figure :6C)	L'abdomen du mâle est plus arrondi, avec des segments terminaux très foncés (Fig 6 : C)
Organes sexuels situés à l'extrémité de l'abdomen	la plaque vaginale pas colorée. (Figure 6: D)	le pénis très coloré. (Figure 6: D)
Peignes sexuels	Les poils sont absents. (Figure 6 : B)	Les mâles possèdent des peignes sexuels représenté par une petite touffe de soies noires, située au niveau du premier article du tarse de la patte antérieure. (Figure 6:B)
Nombre des segments Abdominaux	8 segments.	5 segments.

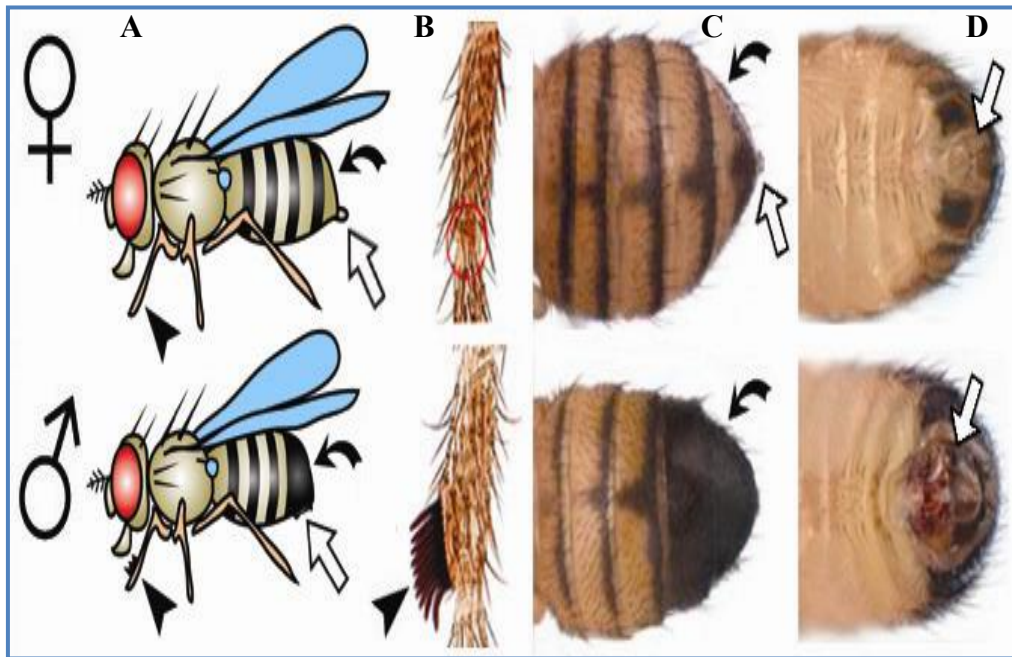
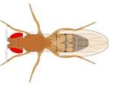


Figure 06 : Dimorphisme sexuel chez *D. melanogaster*: vue latérale du corps mâle et femelle (A) vue des pattes (B), vue dorsale (C) et vue ventrale (D). D'après(**Prokop et al., 2013**).

3.4 Cycle biologique

En tant qu'insecte holométabole *Drosophila melanogaster* subit plusieurs changements radicaux dans le plan du corps tout au long de sa vie. Après l'éclosion de l'œuf, son développement larvaire comprend trois stades et elle est caractérisée par une forte activité alimentaire. Le dernier stade larvaire s'arrête de s'alimenter, s'immobilise pour former une puppe. L'insecte subit alors une métamorphose (transformation complète) transformant progressivement son organisme larvaire en organisme adulte. A l'émergence, l'imago recommence à s'alimenter. Il passe encore par une phase de 8 à 12h d'immaturité où son système nerveux finit de se développer, puis le nouvel adulte devient sexuellement mature et s'engage dans la reproduction (**Dubrovsky, 2005**). (Fig. 7)

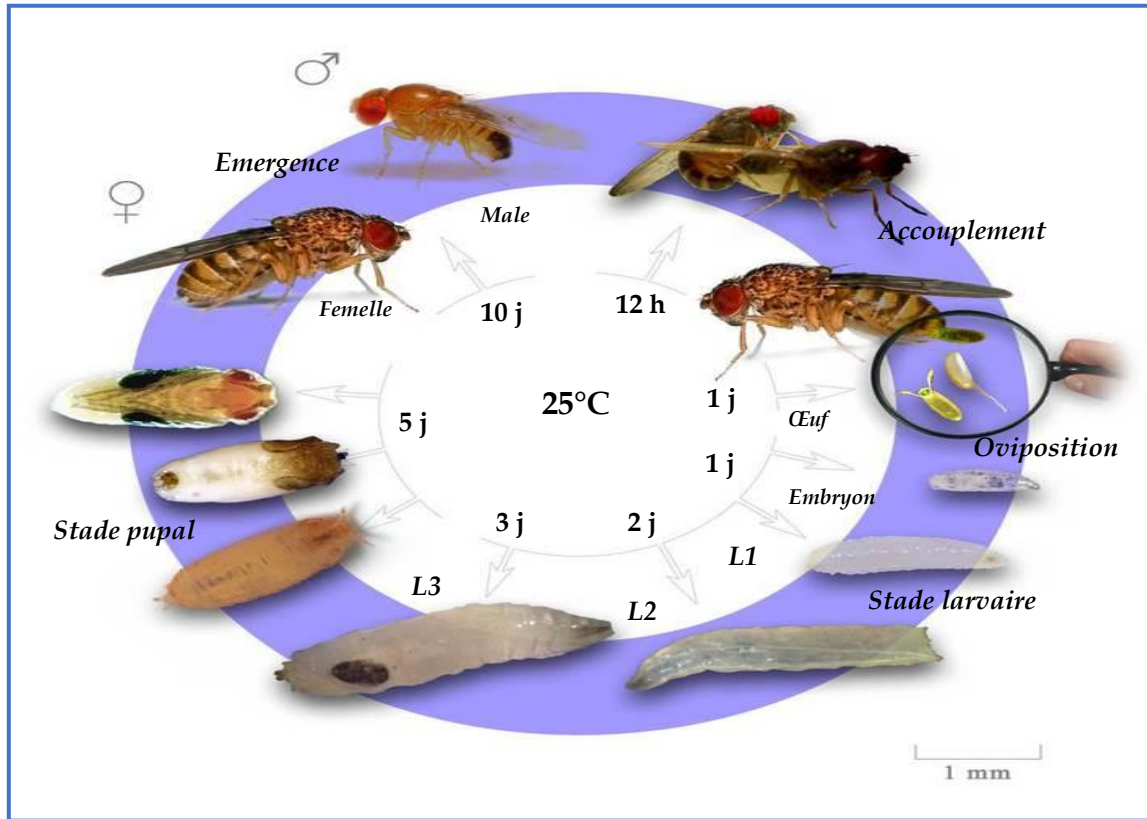
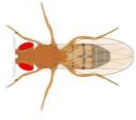


Figure 07 : Cycle de vie de *D. melanogaster* D'après (Weigmann *et al.*, 2003).

Stade embryonnaire (Fig. 8A) : La drosophile est une espèce gonochorique qui peut s'accoupler environ dix heures après l'exuviation des adultes. Dès le deuxième jour de sa vie adulte, la femelle commence à pondre des centaines d'œufs sur des fruits en putréfaction ou d'autres matières humides ou en fermentation (Tavernier *et al.*, 2002) présentant une forme semblable à un ballon de rugby (0,5 mm de long environ).

Stade larvaire (Fig. 8 B, C) : Environ vingt-trois heures après la ponte, les œufs vont éclore pour donner naissance à une larve blanchâtre appelée « asticot ». Celle-ci se nourrit alors de la pulpe du fruit en creusant des galeries. Le stade larvaire dure 4 jours et comprend trois stades L1 (24 h), L2 (24 h) et L3 (48 h). A la fin de ce stade (110 h après la ponte), les larves de 3ème stade cessent de s'alimenter, sortent du milieu nutritif et entament une phase d'errance. A son terme, les larves secrètent une glu et se fixent sur un support (Dobrovsky, 2007).

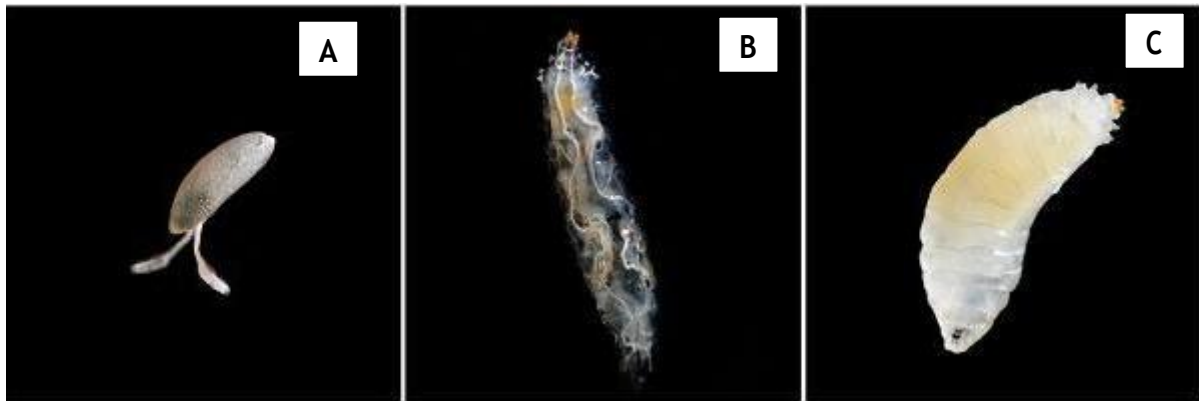
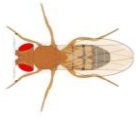


Figure 08 : L'œuf et les différents stades larvaires de *D. melanogaster*. **A :** œuf, **B :** larve de deuxième stade, **C :** larve de troisième stade.

(<https://www.pinterest.com/pin/463167142903580382/>)

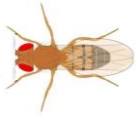
Stade pupal (Fig. 9) : le stade prépupale dure 12h et se caractérise par l'éversion des spiracles antérieurs, 120 h après la ponte. La dernière cuticule larvaire se tanne rapidement et devient le puparium, dans lequel la métamorphose va se dérouler. La métamorphose se poursuit pendant les 3 jours et demi que dure la période pupale et à son terme les tissus larvaires ont été histolysés et les structures adultes se sont formées à partir des disques imaginaux (Compbel *et al.*, 2006; Quinn *et al.*, 2012).



Figure 09 : Les différentes formes et couleurs d'une pupe tout au long du stade pupal. (**A :** début du stade pupal, **B :** stade pupal intermédiaire, **C :** fin du stade pupal).

(<https://www.pinterest.com/pin/463167142903580382/>)

Stade adulte (Fig. 10) : A la fin de la métamorphose, lorsque l'adulte émerge de la pupa, ses ailes se dilatent et l'ensemble de l'exosquelette durcit et devient pigmenté (Quinn *et al.*, 2012). Les adultes s'alimentent de fruits mûrs ou avariés. Les femelles sont matures sexuellement environ 12



heures après être sorties de leur pupes. Elles stockent le sperme des mâles matures auxquels elles se sont accouplées pour pouvoir l'utiliser ultérieurement et commencent à pondre un jour plus tard (Tavernier *et al.*, 2002).

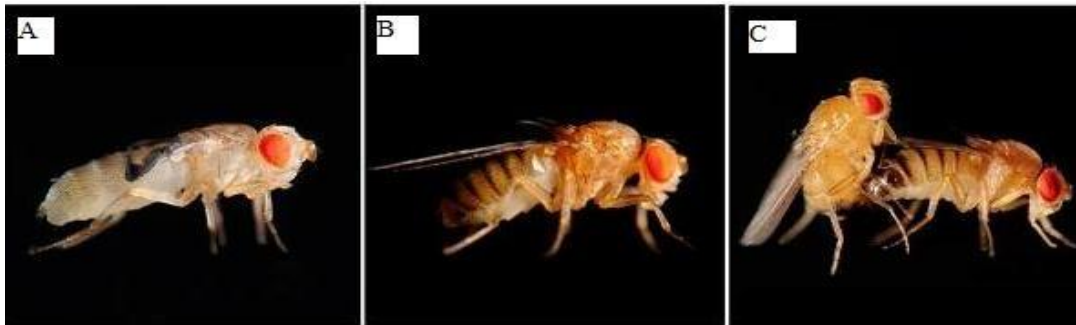


Figure 10 : Les différentes étapes dont passera le jeune émergeant durant son stade adulte.

(<https://www.pinterest.com/pin/463167142903580382/>)

3.5 Le système olfactif chez *D. melanogaster*

D. melanogaster est sensible à une très grande variété d'odeurs. Les molécules en suspension dans l'air peuvent induire des réactions comportementales, notamment d'attraction ou d'évitement.

Les sensilles sont les structures sensorielles olfactives chez les insectes. Ces sensilles sont en forme de poils et sont situées à l'extrémité distale des antennes et sur les palpes maxillaires ou labiaux. Ces sensilles olfactives sont perforées par un grand nombre de petits pores qui sont censés donner accès aux odeurs et peuvent donc être facilement distinguées des autres types de sensilles, comme les sensilles thermo ou hygrosensibles (Stocker, 1994). Elles se présentent sous diverses formes et chaque sensille répond de façon spécifique à une molécule chimique ou à une famille de molécules chimiques.

Sur l'antenne, on distingue trois types morphologiques de sensilles olfactives: les sensilles basiconica, les sensilles trichodea et les sensilles cœloconiques (Fig.11). Les sensilles basiconiques sont en nombre moindre chez le mâle et les sensilles trichoides plus nombreuses chez la femelle. Par contre, le palpe maxillaire a une structure plus simple que celle de l'antenne et contient un seul type de sensille (basiconique) (Vosshall & Stocker, 2007).

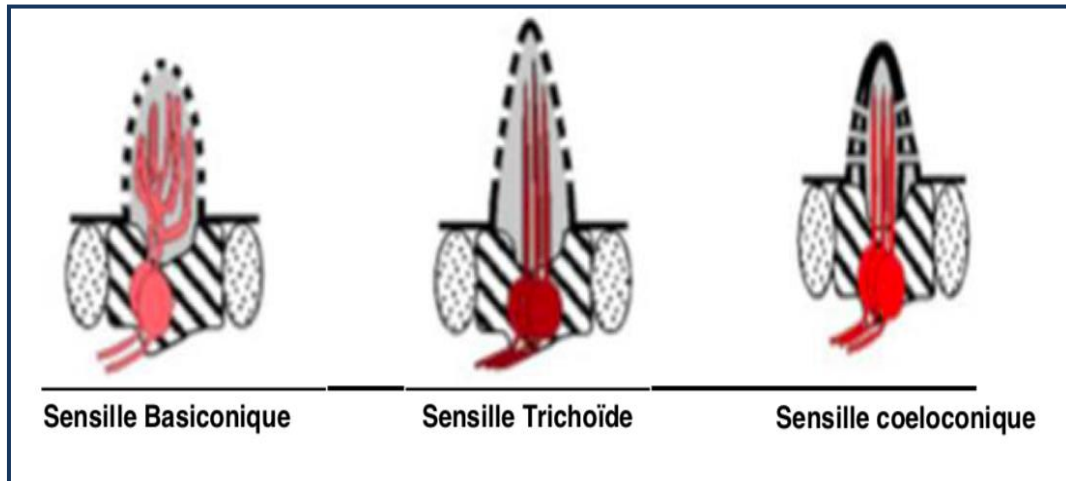
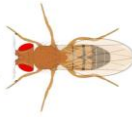


Figure 11 : Les différents types des sensilles olfactives chez *D. melanogaster* (de Bruyne & Warr 2006).

Le système chimio sensoriel de la drosophile est impliqué dans un grand nombre de comportements liés à l'adaptation des insectes à leur environnement, notamment la recherche d'une plante hôte, la recherche et la sélection d'un partenaire sexuel, ou encore dans les relations sociales. Il est aussi indispensable pour la sélection du site de ponte par les femelles. En effet, les drosophiles sont connues pour être sélectives quant aux choix du site de ponte. Plusieurs études récentes ont montré que ce type de comportement peut être modifié par l'expérience (Dukas, 2008; Sarin & Dukas, 2009; Abed-Vieillard *et al.*,2013; Anderson *et al.*,2013; Abed-Vieillard &Cartot, 2016; Bezzar-Bendjazia *et al.*,2016).

3.6 Le système gustatif chez *D. melanogaster*

Le sens du goût est essentiel pour évaluer la qualité des aliments, pour cela les cellules sensorielles envoient des informations sensorielles aux centres supérieurs pour stimuler des réponses neurologiques qui sont traitées et décodées pour produire le comportement attractif ou répulsif approprié (Liman *et al.*, 2014). La capacité à identifier les substances attractives et à éviter les substances toxiques est essentielle pour la survie d'un animal. Bien que l'olfaction et la vision contribuent à la détection des aliments, le système gustatif agit comme un point de contrôle final pour cette prise de décision (Scott, 2018).

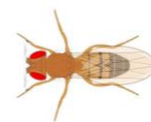


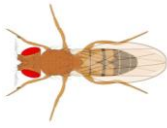
3.7 L'architecture du système gustatif

Le système gustatif chez les insectes est complexe et n'est pas restreint à un seul organe. Il joue un rôle essentiel dans la sélection des aliments et les comportements alimentaires ainsi que dans d'autres activités de la vie des insectes (**Miyamoto *et al.*, 2012 ; Jiang *et al.*, 2016**). Le comportement alimentaire dépend à la fois de l'apport neural des sens chimiques des insectes (récepteurs gustatifs) et de l'intégration nerveuse centrale de ce code sensoriel (**Mordue Luntz, 2005**). La détection gustative chez les insectes se fait grâce à des sensilles gustatives, situées au niveau du proboscis, des pattes et des ailes (Fig.11) (**Stocker, 1994 ; Amrein&Thorne, 2005**).

La partie externe du proboscis est constituée de deux labelles, également appelés palpes labiaux, qui fusionnent au niveau de la partie proximale du proboscis.

Matériel et Méthode





II. Matériel et Méthodes

1 Élevage en laboratoire

L'élevage *D. melanogaster*, souche Canton S, est réalisé, en laboratoire (Fig. 12), à une température de 25°C, une hygrométrie de 70% et une scotophase de 12 h (souche donnée gracieusement par C. Wickers Thomas, Laboratoire Evolution, Génomes et Spéciation, Université de Paris Sud).

Le milieu nutritif artificiel gélosé sur lequel est élevée la drosophile est à base de farine de maïs et de levure de bière. Il est composé essentiellement de

Farine de maïs : 33,3 g

Levure sèche : 33,3g

Agar-agar : 4,8 g

Antifongique hydroxy-benzoyate de méthyle à 10%

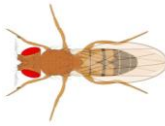
Eau distillée : selon nécessité

Les drosophiles sont élevées dans des flacons de plastique et bouchés par un tampon de mousse (Fig. 12).

Les mouches sont transférées tous les 3-4 jours dans de nouveaux tubes afin d'éviter les problèmes de compétition larvaire et fournir une progéniture suffisante.



Figure 12 : Élevage au laboratoire de *D. melanogaster* (photo personnelle).



2 Présentation de l'insecticide

Le basilic commercialisé sous le nom de Basilic tropicale, est un produit à base d'extrait des feuilles et des fleurs graines de la plante *Ocimum basilicum*. Les deux principaux constituants de l'huile de basilic étaient le méthyl chavicol et le linalol, et représentaient respectivement 76,3 et 16,4 % de l'huile. Très soluble dans l'éthanol, l'éther diéthylique, l'acétone et le chloroforme. Peu soluble dans l'eau et l'hexane. Le basilic correspond à un liquide brun avec une odeur caractéristique du basilic.



Figure 13 : Huile essentiel Basilic tropical.

3 Traitement des insectes

Le basilic a été dissous dans l'acétone et administré par fumigation, sur des adultes mâles et femelles de *D. melanogaster*. Dans le but de synchronisé l'élevage et d'obtenir des adultes de même âge, des adultes mâles et femelles, âgés de 4 à 5 jours, sont prélevés dans l'élevage de masse puis mis à pondre dans un tube contenant du milieu frais pendant 4 h. Les adultes sont alors retirés et les tubes sont maintenus dans les conditions standards (voir section élevage au laboratoire) pendant 15 jours (**Fougeron, 2011**). Les adultes ainsi obtenues seront alors de même âge.

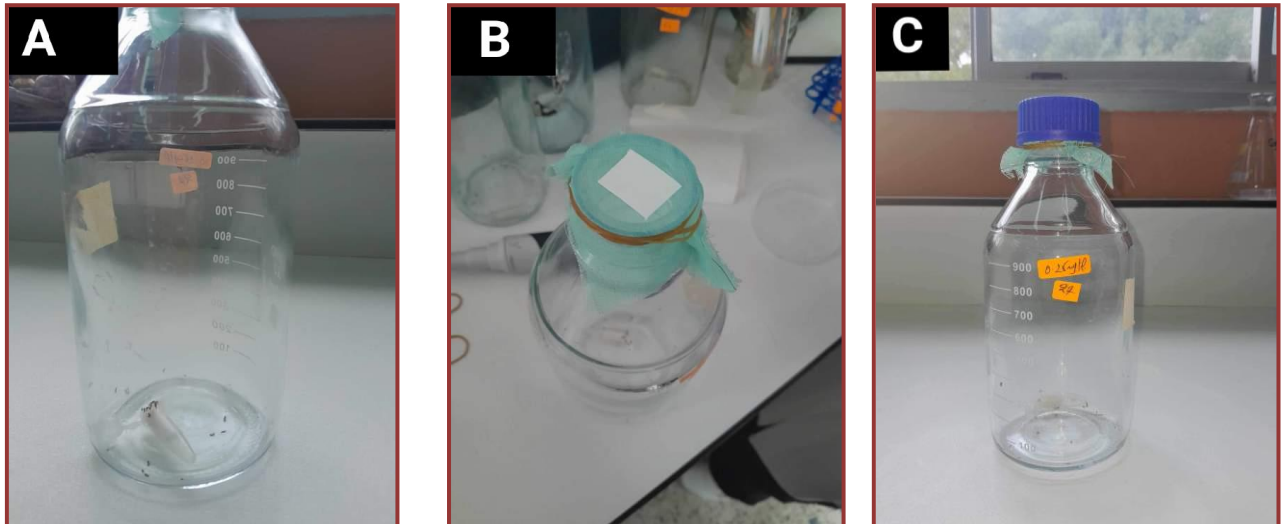
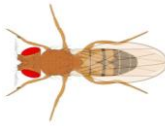


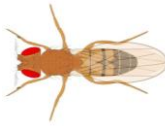
Figure 14 : Les étapes du traitement des adultes de *D. melanogaster*.

3.1 Bioessai

L'exposition des mouches à l'huile essentielle a été réalisée par un protocole de fumigation tel que décrit : 20 mouches adultes (mâles et femelles) ont été placées dans des flacons de 1000 ml (10 cm de diamètre 12,5 cm), contenant au fond un coton imbibé de 1% de saccharose dans de l'eau distillée. Un contre-couvercle en polyéthylène téréphtalate (PET) a été introduit sur le bouchon à vis du flacon, sur lequel un papier filtre de 2 cm de diamètre a été fixé sur la face interne du bouchon pour l'application des différentes doses d'huile essentielle. Ce faisant, les mouches se nourrissent et s'hydratent avec une solution de saccharose au fond des flacons et l'huile essentielle peut se volatiliser par le haut afin d'atteindre le système respiratoire de la mouche. Les flacons ont reçu les traitements suivants : 100 μ l de basilic à différentes doses 0,1, 0,25, 0,5, 1 et 2 μ g/L. Une série témoin est conduite en parallèle 100 μ l de solvant (acétone).

Après 24 heures, la mortalité a été mesurée à l'aide d'une loupe. Les mouches n'étaient considérées comme mortes que lorsqu'elles montraient un manque total de mouvement. Tous les essais biologiques ont été effectués à température ambiante (23-25 C). Quatre répétitions de 20 insectes chacune ont été réalisées pour chaque dose.

La mortalité observée des adultes a été corrigée selon la formule d'Abbott (1925) afin d'éliminer la mortalité naturelle. Les pourcentages de mortalités corrigées subissent une transformation angulaire selon les tables de Bliss (1938) *in* Fisher & Yates (1957). Les



données ainsi normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification et un classement des doses par le test HSD de Tukey. Enfin, la régression non linéaire exprimant le pourcentage de la mortalité corrigée en fonction du logarithme de la dose a permis d'estimer les doses létales (DL_{10} , DL_{25} , DL_{50} et DL_{90}) ainsi que leurs intervalles de confiance (95 % IC).

3.2 Analyse de la survie

Les effets de basilic (DL_{25} , DL_{50}), administré par fumigation aux adultes, ont été évalués sur la survie des adultes ayant survécus au traitement préalable durant les 15 premiers jours de la vie imaginale.

Le test de la survie a été évalué sur les adultes de toutes les séries durant les 15 premiers jours de la vie imaginale. L'analyse de la survie a été réalisée selon le protocole décrit par (**Linford *et al.*, 2013**) (Fig. 15). Des groupes de 20 mâles et 20 femelles nouvellement émergés issus des séries témoins et traitées ont été placés dans des tubes d'élevage contenant 3 ml de milieu standard. Les insectes sont transférés dans des tubes contenant de la nourriture fraîche toutes les 48 heures. Lors des repiquages, les mouches mortes sont dénombrées. 4 répétitions ont été utilisées pour chaque dose et chaque sexe.

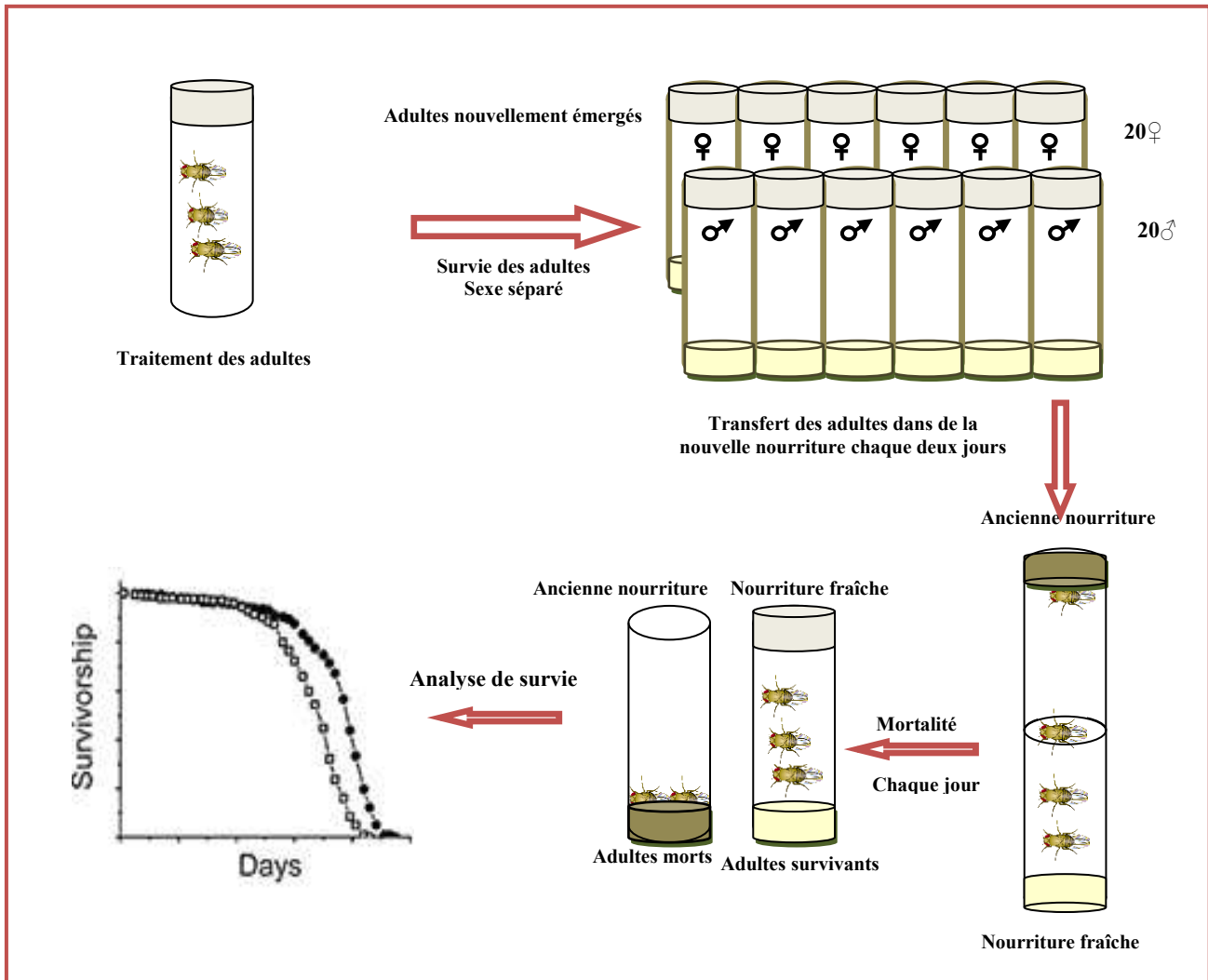
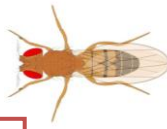
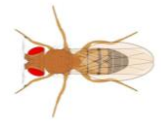


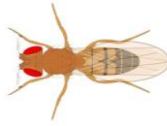
Figure 15 : Procédure expérimentale pour l'évaluation de la survie des adultes de *D. melanogaster* (Linford *et al.*, 2013).

4 Analyse statistique

Les moyennes \pm SEM sont calculées pour chaque groupe d'expérience. L'égalité des variances a été confirmée grâce aux tests de Bartlett et de Brown-Forsythe avant l'utilisation de l'analyse de la variance. Une régression non linéaire utilisant une courbe dose réponse sigmoïdale exprimant le pourcentage des mortalités enregistrées en fonction des logarithmes des doses a permis d'estimer les différentes doses létales (Sadeghi *et al.*, 2009). Les tests log-rank Mantel-Cox et Kaplan-Meier sont utilisés pour traiter les données de la survie. Tous les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel GraphPad Prism version 6.1 pour Windows (GraphPad software, La Jolla California, USA, www.Graphpad.com

Résultat et Discussion





III. Résultats

1 Toxicité de HE d' *O.basilicum* chez les adultes

Le basilic a été testé par fumigation sur les adultes à des doses variant de 0,1 à 2 µg/L. Les mortalités enregistrées au cours des tests de toxicité varient de 14,83 ± 0,32% à la dose la plus faible (0,1 µg) à 85,30 ± 2,80% à la dose la plus forte (2 µg) (Tableau 3). La mortalité naturelle enregistrée chez les séries témoins est de 9,99 ± 1,92%. Les résultats montrent une mortalité plus importante chez les femelles traduisant une plus grande sensibilité des femelles à l'action de *O.basilicum* (Tableau 3).

L'analyse de la variance à un critère de classification effectuée après transformation angulaire des pourcentages de mortalité révèle une différence hautement significative ($p < 0,001$) (Tableau 4) entre les doses utilisées. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 5 groupes (Fig. 16).

La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme de la dose appliquée (Fig. 17) a permis l'estimation des valeurs des différentes doses létales (DL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Hill Slope (Tableau 5).

Tableau 3 : Toxicité de *O.basilicum* (µg/L), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster*: Mortalité corrigée (%) des stades adultes ($m \pm SEM$, $n= 4$ répétitions de 20 individus chacune).

Dose (µg/Litre)	0,1	0,25	0,5	1	2
R1	14,29	23,07	38,45	57,14	92,30
R2	15,38	21,42	35,71	61,53	78,57
R3	14,29	23,07	38,45	61,53	85,17
R4	15,38	22,21	35,71	61,53	85,17
m ± SEM	14,83±0,32	22,44±0,39	37,08±0,79	60,43±1,09	85,30±2,80

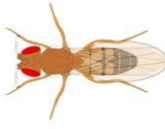


Tableau 4. Toxicité de *O.basilicum* ($\mu\text{g/L}$), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster* : Mortalité corrigée (%) des stades adultes ($m \pm \text{SEM}$, $n= 4$ répétitions de 20 individus chacune) : Analyse de la variance à un critère de classification après transformation angulaire des mortalités enregistrées (%).

Source de variation	SCE	ddl	CM	Fobs	P
Traitement	13357	4	3339	419,6	0,001***
Erreur résiduelle	119,4	15	7,95		
Total	13476	19			

*** différence hautement significative ($p < 0,001$). SCE : somme des carrés des écarts ;

ddl : degré de liberté ; CM : carré moyen ; Fobs : F observé ; p : niveau de signification.

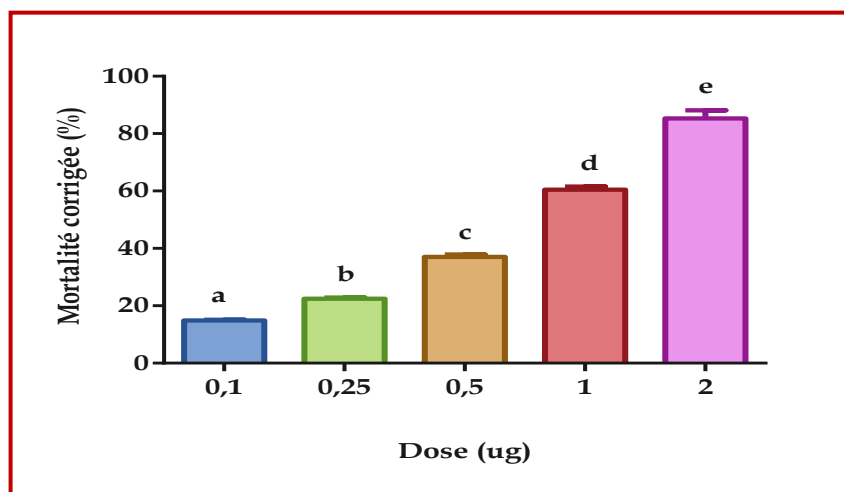


Figure 16 : Toxicité de *O.basilicum* ($\mu\text{g/L}$), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster* : Mortalité corrigée (%) des stades adultes ($m \pm \text{SEM}$, $n= 4$ répétitions de 20 individus chacune). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

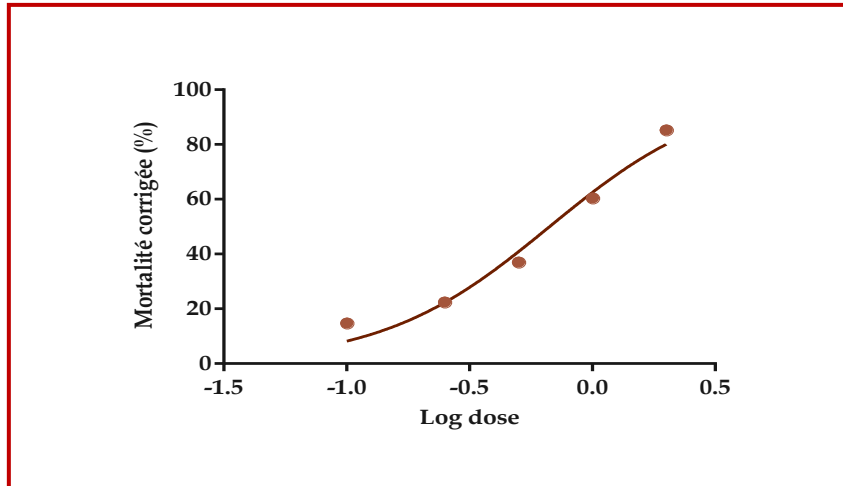
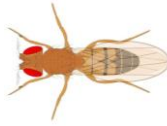


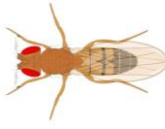
Figure 17 : Effets de *O.basilicum* ($\mu\text{g/L}$), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée chez les stades adultes en fonction du logarithme de la dose. $R^2= 97\%$.

Tableau 5 : Toxicité de *O.basilicum* ($\mu\text{g/L}$), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster*: Détermination des doses létales chez les adultes et leurs intervalles de confiance (95%).

	Valeur (μg)	Intervalle de confiance	Erreur standard
DL₁₀	0,11	[0,05 - 0,27]	
DL₂₅	0,28	[0,17 - 0,46]	
DL₅₀	0,67	[0,48 - 0,93]	
DL₉₀	3,77	[1,60 - 8,90]	
Hill slope	1,27	[0,70 - 1,84]	0,17

2 Effets de HE d'*O.basilicum* sur la survie des adultes

Le traitement des adultes aux deux doses (DL₂₅, DL₅₀) induit une réduction significative de la survie des adultes mâles et femelles de *D. melanogaster* (Fig. 17) et ce durant les 15 premiers jours de la vie imaginaire (Mâle : Log-rank test, $\chi^2 = 21,79$; $df = 2$; $p < 0,001$; Femelle : Log-rank test, $\chi^2 = 19,68$; $df = 2$; $p < 0,001$).



La mortalité enregistrée est dépendante de la dose administrée et les femelles semblent plus sensibles au traitement. De manière générale, la survie des mouches traitées est importante durant les premiers jours de l'expérimentation puis décline de manière exponentielle. Chez les séries témoins, une survie de 100% des insectes testés est enregistrée contre 48% pour les mâles et 37% pour les femelles et ce à la plus faible dose (DL₂₅). Pour la DL₅₀ les taux de survie sont de 26% pour les mâles et seulement 16% pour les femelles (Fig. 18 A & B).

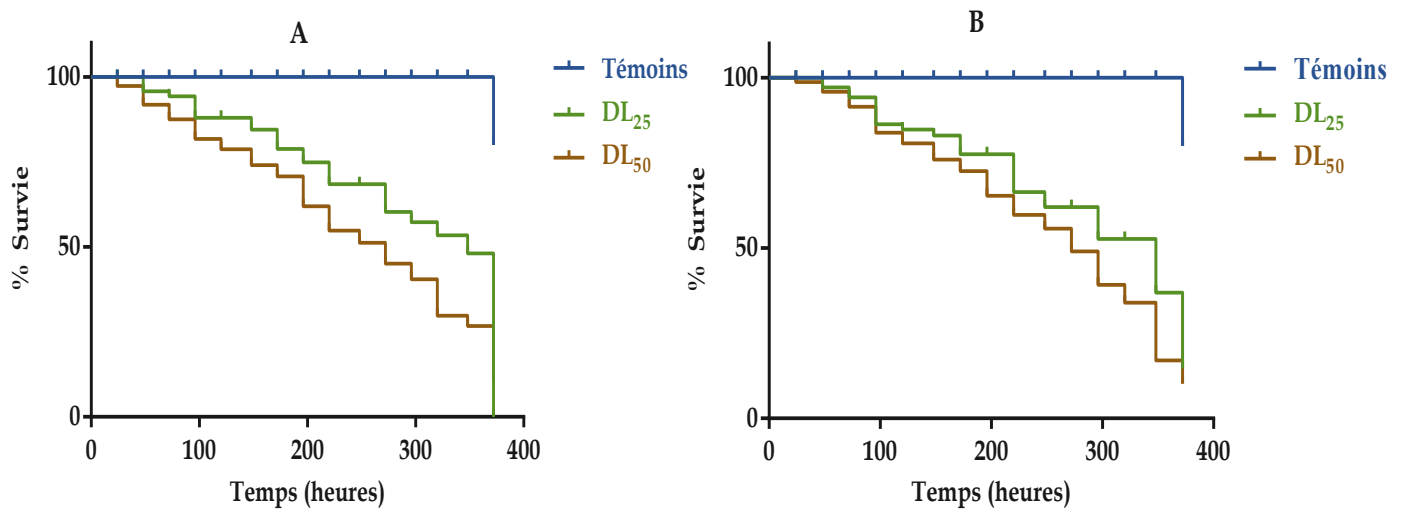
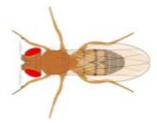
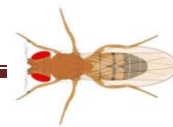


Figure 18. Effets de *O.basilicum* ($\mu\text{g/L}$), administré par fumigation aux adultes de *D. melanogaster* sur la survie des adultes mâles (A) et femelles (B).

Discussion





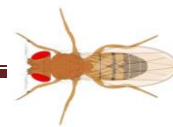
IV. Discussion

Le potentiel insecticide des huiles essentielles de plantes a suscité l'intérêt de nombreux scientifiques pour la lutte contre les ravageurs d'importance médicale et économique en tant que mesure de rechange aux insecticides conventionnels (**Malik et coll., 2007 ; Siriwattananarungsee et coll., 2008**). Le mauvais usage des insecticides conventionnels entraîne souvent une pollution accrue de l'environnement, une résistance aux insecticides et peut également affecter la santé publique (**Vasantha-Srinivasan et al., 2016**).

L'utilisation d'huiles essentielles peut être une mesure sans danger pour l'environnement en raison de leur biodégradabilité, de leur sélectivité et de leurs effets réduits sur la santé publique et l'environnement (**Poorjavad et al., 2014**). Les huiles essentielles extraites de différentes parties de la plante telles que les graines, les racines, l'écorce de la tige, les feuilles et les fleurs sont en pratique depuis l'Antiquité (**Morey et Khandagle, 2012**).

Les huiles essentielles ne constituent pas une menace pour l'environnement ou pour la santé humaine et ont donc été présentées comme une alternative possible aux insecticides synthétiques (**Viteri et al., 2014**). Les huiles essentielles sont des mélanges d'hydrocarbures volatils, qui possèdent une variété de groupes fonctionnels (**Cruz et al., 2017**). Ces huiles sont dérivées du métabolisme secondaire des plantes et jouent un rôle clé dans leur développement, à la fois directement, à travers la défense de la plante contre les micro-organismes et les herbivores (**Cruz et al., 2017**). De nombreux auteurs (**Siani et al., 2000 ; Silveira et al., 2012 ; Ringuelet et al., 2014**) ont décrit les huiles essentielles comme étant composées de substances appartenant à divers groupes chimiques, tels que les terpènes (monoterpènes et sesquiterpènes), les phénylpropanoïdes, les alcools, les esters, les aldéhydes, les cétones. En plus l'activité biologique des huiles essentielles dépend non seulement de leur composition chimique, mais également de la concentration et de la proportion de ces substances (**Siani et al., 2000 ; Silveira et al., 2012 ; Ringuelet et al., 2014**).

L'huile essentielle d'*O. basilicum* était principalement composée de l'éther aromatique estragol (74,0 %) et du terpène du groupe alcoolique Linalol (17,8 %), connus pour avoir des activités répulsives et toxiques contre les insectes des produits stockés (**Rozman et al., 2007**). La proportion des principaux composants obtenus dans l'huile d'*O. basilicum* était similaire à celles décrites par (**Kim et al., 2015 et Souza et al., 2016**). Le genre *Ocimum*, appartenant à la famille des *Lamiaceae*, a été étudié en ce qui concerne ses propriétés insecticides contre



divers insectes nuisibles (Souza *et al.*, 2016 ; Kéita *et al.*, 2001 ; Lopez *et al.*, 2008 ; Ogendo *et al.*, 2008).

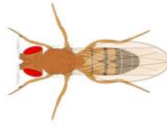
L'huile essentielle extraites de la plante *Ocimum basilicum* a montré des résultats prometteurs dans des études antérieures concernant leurs activités insecticide, comme mentionné ci-dessus. Ces résultats indiquent le potentiel toxique de basilic contre les insectes nuisibles. Cependant, leur toxicité doit encore être évaluée sur d'autres modèles pour mieux comprendre leurs modes d'action. Une façon de combler ce manque d'informations est de tester leur utilisation dans des organismes modèles, en l'occurrence *Drosophila melanogaster*.

Dans la présente étude, la toxicité de l'huile essentielle d'*O. basilicum* a été évaluée par fumigation aux adultes de *D. melanogaster*. Les résultats montrent une augmentation des pourcentages de mortalité des adultes avec une relation dose-réponse et ce comparativement aux témoins. D'après les résultats de notre étude, les extraits d'*O. basilicum* ont provoqué une forte mortalité des adultes de *D. melanogaster*. Les effets mortels élevés sur les adultes peuvent être attribué aux composés actifs présents dans ces plantes tels que les alcaloïdes (Afolabi *et al.*, 2018).

Nos résultats sont en accord avec ceux de (khan, 2020), qui révèlent une mortalité importante, chez *Musca domestica* après un traitement avec *Allium sativum* et *Azadirachta indica*. Des résultats similaires ont été rapportés par (Youssefi *et al.*, 2019) chez les moustiques *Culex pipiens*, traités au carvacrol et thymol, avec des taux de mortalité plus élevés chez les adultes.

Le potentiel insecticide de *O.basilicum* a été signalé par divers chercheurs. Par exemple, Perumalsamy *et al.*, (2014) ont signalé le potentiel acaricide d'*O.basilicum* contre *Dermatophagoides farinae*. Ils ont analysé les huiles essentielles de feuilles d'*O.basilicum* par GC-MS, les principes le plus puissant de l'huile de basilic ont été déterminés comme étant les monoterpénoïdes citral, linalol et α -terpinéol.

Diverses études avec des huiles essentielles obtenues à partir d'espèces du genre *Ocimum spp.* (*O. basilicum* et *O. gratissimum*) ont montré de bons résultats pour leur effet insecticide contre les insectes nuisibles qui attaquent les céréales. Keita *et al.*, (2001) a évalué (par fumigation l'effet d'*O. basilicum* et *O. gratissimum* pour le contrôle de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae) et a obtenu 80 % et 70 % de mortalité de la population d'insectes évaluée.



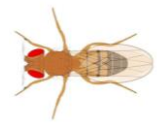
Rozman et al., (2007) signalée la toxicité du linalol contre *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae), *Rhyzoperthadominica* (Coleoptera : Bostrichidae) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae), en fumigation avec Linalol, l'un des principaux composants de l'huile essentielle de basilic, où le linalol s'est révélé très efficace contre *R. dominica* et a provoqué une mortalité de 100 % à la concentration la plus faible testée. **Ogendo et al., (2008)** a obtenu une mortalité de 98 %, 99 % et 100 % contre *R. dominica*, *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera : Silvanidae) et *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae) en utilisant *O. gratissimum* par fumigation.

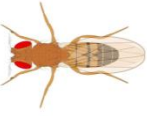
Les auteurs ont rapporté également l'efficacité des huiles essentielles d'*O. basilicum* sur les moustiques (**Padilha et al., 2003**). Les activités larvicides, adulticides, ovicides, dissuasives et répulsives envers trois espèces de moustiques ont été évaluées (**Veena et al., 2005**). Récemment, **Afolabi et al., (2018)** ont rapporté l'activité adulticide et répulsive de différents extraits de *V. ocimum* contre les adultes d'*An. gambiae*.

Les effets des huiles essentielles de plantes ont été étudiés de différentes façons, comme la mortalité à différents stades de la vie, le retard de croissance, le temps de développement prolongé, l'inhibition de l'alimentation, la répulsion et les effets dissuasifs de la ponte. La lutte contre les insectes nuisibles à l'aide d'insecticides conventionnels a été associée à différents problèmes comme la pollution de l'environnement, les problèmes de santé publique et les problèmes de résistance aux insecticides (**Khan, 2019a**). Pour atténuer ces problèmes, on a supposé que l'utilisation de plantes pour lutter contre les insectes nuisibles était une solution de rechange sécuritaire aux insecticides conventionnels (**Khan et coll, 2019a**).

Nos résultats ont montré que l'huile essentielle de feuilles d'*O. basilicum* induisait un effet hautement toxique chez *D. melanogaster*, provoquant une mortalité très importante. En tant que mécanisme associé à la toxicité induite par les huiles essentielles, le stress oxydatif semble jouer un rôle majeur. Les effets délétères provoqués par l'huile essentielle sur les mouches étaient importants ; par conséquent, une application potentielle de l'huile essentielle de feuilles d'*O. basilicum* comme alternative aux insecticides synthétiques est suggérée. En outre, nos résultats soulignent le besoin urgent d'évaluations toxicologiques supplémentaires des composés naturels dérivés d'*O. basilicum* avant leur utilisation pharmacologique.

Conclusion





Nos expérimentations ont été menées chez les adultes de *D. melanogaster* en vue d'évaluer les effets insecticides d'huile essentielle de basilic *O. basilicum* administré par fumigation.

Les bioessais réalisés révèlent une toxicité faible de *O. basilicum*, les doses sublétales et létales ($DL_{25} = 0,28$; $DL_{50} = 0,67$ $\mu\text{g/larve}$), ont été estimées à partir de la courbe dose-réponse et sont utilisées pour le reste des expérimentations.

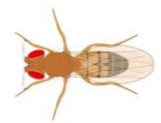
Le basilic entraîne une perturbation importante dans la physiologie de l'insecte, L'insecticide réduit la survie des adultes mâle et femelle pour les deux doses testées et ce comparativement aux témoins.

Ces résultats suggèrent que le basilic pourrait donc être utilisé comme nouvel insecticide dans le contrôle des insectes nuisibles, et ce dans le cadre des programmes de lutte intégrée. Le basilic peut avoir des applications comme les aérosols, les fumigants pour une utilisation dans la lutte antiparasitaire générale et les applications de santé publique comme alternative aux pesticides synthétiques.

A l'avenir il serait intéressant de compléter le présent travail par :

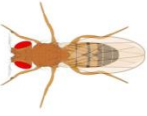
- Analyse les effets anti-oxydant de basilic chez les adultes.
- Évaluation de la fécondité des adultes et le choix de site d'oviposition.
- Suivi du développement sur un milieu contenant le basilic.

Références bibliographiques

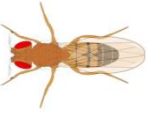




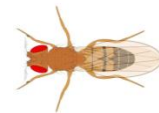
- A.F. Ahmed, M. Shi, C. Liu, W.Y. Kang**, Comparative analysis of antioxidant activities of essential oils and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) seeds from Egypt and China, *Food Sci. Hum. Wellness* 8 (2019) 67–72.
- Abbas Ali, Nurhayat Tabanca, Betül Demirci, Eugene K Blythe, Zulfiqar Ali, K Husnu Can Baser, Ikhlas A Khan**. Chemical composition and biological activity of four salvia essential oils and individual compounds against two species of mosquitoes *J. Agric. Food Chem* (2015).
- Adams, M.D., Celniker, S.E., Holt, R.A., Evans, C.A., Gocayne, J.D., Amanatides, P.G., Scherer, S.E., Li, P.W., Hoskins, R.A., Galle, R.F. 2000**. The genome sequence of *Drosophila melanogaster*. *Science*. 287: 2185-2195.
- Afnor, 2000**. Association française de normalisation. Normes française: huile essentielle. Ed. Afnor, Paris.
- Afolabi OJ, Simon-Oke I, Adepeju EO, Oniya MO (2018)** Adulticidal and repellent activities of some botanical oils against malaria mosquito *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) Beni-Suef University. *J Bas Appl Sci*. 7: 134–138.
- Ahn Y. J. Kim S. I. Kim H. K. Tak J. H.. 2006**. Naturally occurring house dust mites control agents: development and commercialization, pp. 269–289. In Rai M. Carpinella M. C. [eds.], *Naturally occurring bioactive compounds*. Elsevier, London, United Kingdom.
- Ait youcef. M. (2006)**. *Plantes medicinales de Kabylie*, Ed Thiss press, Paris, p 350
- Akgül A**. Volatile oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivating in Turkey. *Nahrung* 1989; 33:87–8.
- Amrein H, Thorne N. 2005**. Gustatory perception and behavior in *Drosophila melanogaster*. *Current biology: CB* 15: R673-84.
- Arabici O. et Bayram E**. The effect of nitrogen and different plant density on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *Asian Network for Scientific Information*. 2004. 3(4), 255-262.
- AS Fougeron, JP Farine, J Flaven-Pouchon, C Everaerts, JF Ferveur** *PloS one* 6 (10), e26899, 2011
- B.M. Lawrence**, *Progress in essential oils: basil oil*, *Perfum. Flavor* 52 (1998) 23–35.
- Balunas, M.J., Kinghorn, A.D., 2005**. Drug discovery from medicinal plants. *Life Sciences* 78, 431–441.



-
- Bastien F., (2008).** Effet larvicide des huiles essentielles sur stomoxys calcitrants à la Réunion. Thèse. Doctorat. Université Paul-Sabatier. Toulouse. Pp.
- Baudoux, D., 2008.** L'aromathérapie se soigner par les huiles essentielles. Bruxelles : Ed. Amyris,
- BAUWENS P.** Le Basilic : botanique, culture et gastronomie. Édsud. Belgique. 2006 .
- Belkamel, A., Bammi, J.; Janneot, V.; Belkamel, A.; Dehbi, Y et Douira, A. Acta. Bot.Gallica 2008,** 155(4), 467-476.
- Bendif, H. (2017).** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques *Lamiaceae*: *Ajugaiva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L. *Thymus munbyanus* subsp. *Coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr., thèse de doctorat, l'école normale supérieure de KOUBA-Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale.
- Bensabaa, Fathi. (2017).** Effets d'un analogue de l'hormone juvénile (pyriproxifène) sur le développement d'un modèle biologique, *Drosophila melanogaster*: toxicité, croissance, cuticule et chitine thèse doctorat Université Badji Moukhtar Annaba P: 7-9.
- Buchbauer G.** A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. *Flavour Frag J* 2012;27:13-39.
- Campbell, N.; Reece, J., 2004.** Biologie. Adaptation et révision scientifique de Richard. Mathieu, 2e édition de Boeck. Pp 1482.
- Campbell, G. 2006.** Regulation of gene expression in the distal region of the *Drosophila* leg by the Hox11 homolog, C15. *Dev. Biol.* 278: 607-618.
- Casida, J.E. & Durkin, K.A. 2013.** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu Rev Entomol.* 58 : 99-117.
- Chalchat, R.P. Garry, L. Sidibe, M. Marama,** Aromatic plants of Mali (I): chemical composition of essential oils of *Ocimum basilicum* L, *J. Essent. Oil Res.* 11 (1999) 375–380.
- Colombani, J, Biamchini. L; Layalle. S; Léopard. P, 2006.** Stéroïdes, insuline et croissance: Les mouches dopent. La recherche/stéroïdes, insuline et croissance: The files. Dope the research. *Revue: M/S: médecine sciences,* 22(3): 241-243.
- Conner D. E., 1993.** Naturally occurring compounds, 441-468. In Davidson P. M. and Branen A. L. *Antimicrobials in foods.* 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.
- Cruz J.F., Hounhouigan D.J., et Fleurat-Lessard F., 2017.** La conservation des grains après récolte : Agriculture tropicales en poche. France, Quae, 256p.



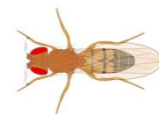
-
- Dalton, J.E., Kacheria, T.S., Knott, S.R., Lebo, M.S., Nishitani, A., Sanders, L.E. 2010.** Dynamic, mating-induced gene expression changes in female head and brain tissues of *Drosophila melanogaster*. *Bmc Genomics*. 11: 541.
- Docteur Valnet. Docteur Jean Valnet | Docteur Valnet aromathérapie.** [en ligne]. [Consulté le 31 octobre 2014]. Disponible à l'adresse : http://www.docteurvalnet.com/hst_drvalnet.php
- Dubrovsky, E.B. 2005.** Hormonal cross talk in insect development. *Trends. Endocrinol. Metab.* 16(1): 6-11.
- Dukas, R. 2008.** Evolutionary biology of insect learning. *Annu. Rev. Entomol.* 53:145-160.
- Duke, M.J. Bogenschutz-Godwin, J. DuCellier, P.A.K. Duke,** *Handbook of Medicinal Herbs*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2008, pp. 60–62.
- FAO. 2016.** Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use. <http://www.fao.org/3/a-i6340e.pdf>.
- FAO. 2019.** The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>.
- Fisher, R. A. et Yates, F. (1957).** Statistical tables for biological agricultural and medical research 5ème édition, Olivier et Boyd. London. P. 64-66.
- Franchomme, P., D. Pénoël, et al. (1990).** Fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. *L'aromathérapie exactement*. R. J. Editeur. Li-moges. 1: 1-69.
- Gang, David R. et al.** “Characterization of Phenylpropene O-Methyltransferases from Sweet Basil: Facile Change of Substrate Specificity and Convergent Evolution within a Plant O-Methyltransferase Family.” *The Plant Cell*. 2002 Feb 11;(14):505-519.
- Gilbert Haase E, Kwak SJ, Chen R, Mardon G. 2013.** *Drosophila* signal peptidase complex member Spase12 is required for development and cell differentiation. *PLoS One*. 8(4):e60908. doi: 10.1371.
- Grand View Research Inc, 2021,** US Essential Oil Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Eucalyptus, Lemon), by Application (Flavors, Fragrances), and Segment Forecasts, 2016–2024(2021).
- Grayer RJ, Kite GC, Goldstone FJ, Bryan SE, Paton A, Putievsky E.** Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry* 1996;43:1033-9.



-
- 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 27 445009-76, p38
- Harrop, T.W.R., Sztal, T., Lumb, C., Good, R.T., Daborn, P.J., Batterham, P., Chung, H. 2014.** Evolutionary changes in gene expression, coding sequence and copy.
- Hubert, R. (2007),** Les plantes aromatiques et huiles essentielles à grasse, 4^{ème} partie: Les lamiacées, Les basilics « *Ocimum basilicum* », Botanique-Culture-Chimie-Production et marché, Ed : L'Harmattan, France (Paris), p414 : (254-256)p.
- Hussain A.I., Anwar F., Sherazi S.T.H., Przybylski R. (2008).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. Food Chemistry 108 (2008) 986_995.
- Iovinella I., Ban L., Song L., Pelosi P., Dani F. R. (2016).** Proteomic analysis of castor bean tick *Ixodes ricinus*: a focus on chemosensory organs. Insect Biochem. Mol. Biol. 78, 58–68. 10.1016/j.ibmb.2016.09.004.
- Ishaaya, I. & Horowitz, AR. 1998.** Insecticides with novel modes of action: an overview. Insecticide with novel modes of action, Mechanism and application .1-24.
- Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66.
- Jiang H., Tian A., Jiang J., 2016.** Réponse des cellules souches intestinales à une blessure: leçons de la drosophile. Cellule. Mol. Sciences de la vie. 73: 3337-3349. 10.1007/s00018-016-2235-9 [Article gratuit PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar].
- Karpiński TM.** Essential oils of *Lamiaceae* family plants as antifungals. Bio molecules. 2020; 10(1): 103.
- Keita S.M., Vincent C., Schmit J.P., Arnason J.T., Bélanger A. (2001).** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O.gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera:Bruchidae). Journal of Stored Products Research,
- Kh.A. Khalid, S.F. Hendawy, E. El-Gezawy,** *Ocimum basilicum* L. production under organic farming, Res. J. Agric. Biol. Sci. 2 (2006) 25–32.
- Khan L, Natasha N. Bray.** Proposed Benefit of Essential Oils in Victims of Intimate Partner Violence. 2019.p (20-22).
- Khan S.A., Ranjha M.H., Khan A.A., Sagheer M., Abbas A., et Hassan Z., 2020** Insecticidal efficacy of wild medicinal plants, *Dhatura alba* and *Calotropis procera*,



-
- against *Trigoderma granarium* (Everts) in Wheat store grains. *Pakistan J. Zoology.*, 51 (1):289-194.
- Khan, H.A.A., 2019a.** Characterization of permethrin resistance in a *Musca domestica* strain: resistance 353 development, cross-resistance potential and realized heritability. *Pest Manage. Sci.*354
- Kim, K.H., Yi, C.G., Ahn, Y.J., Kim, S.I., Lee, S.G., Kim, J.R., 2015.** Fumigant toxicity of basil oil compounds and related compounds to *Thrips palmi* and *Orius strigicollis*. *Pest Manag. Sci.* 71, 1292–1296.
- KOSTYUKOVSKY M., RAFAELI A., GILEADI C., DEMCHENKO N., SHAAYA, E., 2002** - Activation of octopaminergic receptors by essential oils constituents isolated from aromatic plants: possible mode of activity against insect pests. *Pest Management Science*, 58: 1-6.
- Lachowicz KJ, Jones GP, Briggs DR, Bienvenu FE, Palmer MV, Ting SST, et al.** Characteristics of essential oil from basil (*Ocimum basilicum* L.) Grown in australia. *J Agric Food Chem* 1996;44:877–81.
- Lawless, Julia.2002.** The complete illustrated guide to aromatherapy : a practical approach to the use of essential oils for health and well-being Main.
- Lawrence BM, Reynolds RJ.** Progress in essential oils. *Perfum Flavor* 1993;19:31-44.
- Leslie B. Vosshall, Reinhard F. Stocker .2007.** Molecular architecture of smell and taste in *Drosophila* *Annu Rev Neurosci.*
- Li et Zhang, (2016).** Different dye removal mechanisms between monodispersed and uniform hexagonal thin plate-like MgAl-CO₃- LDH and its calcined product in efficient removal of Congo red from water. *J. Alloys Compd.* 673, 265-271.
- Lima D.X., Souza-motta C.M., Leticia C., Alberto C., Ribeeiro J.R., et Monteiro A.L.C., (2020).** Communities of Mucorales (phylum Mucoromycota) indifferent ecosystems of the Atlantic Forest. *Acta Botanica Brasilica.* 34(4) : 796-797.
- Liman ER, Zhang YV, Montell C 2014.** Peripheral Coding of Taste. *Neuron* 81: 984-1000.
- Linford, N.J., Bilgir, C., Ro, J., Fletcher, S.D. 2013.** Measurement of lifespan in *Drosophila melanogaster*, *J. Vis. Exp.* (71), e50068, doi:10.3791/50068.
- Liu, X., Wei, Z., Ma, Y., Liu, J., and Liu, F. (2021).** Effects of biochar amendment and reduced irrigation on growth, physiology, water-use efficiency and nutrients uptake of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) on two different oil types. *Science of the Total Environment*, 770: 144769.



-
- López MD, Pascual-Villalobos MJ (2010)** Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Ind Crop Prod* 31:284–288.
- M. Marotti, R. Piccaglia, E. Giovanelli**, Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum L.*) Italian cultivars related to morphological characteristics, *J. Agric. Food Chem.* 44 (1996)3926–3929.
- M.A. Hanif, M.Y. Al-Maskari, A. Al-Maskari, A. Al-Shukaili, A.Y. Al-Maskari, J.N. Al-Sabahi**, Essential oil composition antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil, *J. Med. Plants Res.* 5 (2011) 751–757.
- M.A. Hanif, M.Y. Al-Maskari, A. Al-Maskari, A. Al-Shukaili, A.Y. Al-Maskari, J.N. Al-Sabahi**, Essential oil composition antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil, *J. Med. Plants Res.* 5 (2011)751–757.
- Malik, A., Singh, N., Satya, S., 2007.** House fly (*Musca domestica*): a review of control strategies for a 368 challenging pest. *J. Environ. Sci. Health. B.* 42, 453-469.
- Martins AP, Salgueiro LR, Vila R, Tomi F, Canigueral S, Casanova J, et al.** Composition of the essential oils of *O. canum*, *O. gratissimum* and *O. minimum*. *Planta Med* 1999:65:187–9.
- Meigen, J.W. 1830.** Systematische Beschreibung der bekannten europaischen .
- Mesterhazy, A. (2020).** Updating the breeding philosophy of wheat to Fusarium head blight (FHB): Resistance components, QTL identification, and phenotyping-A review. *Plants (Basel)* 9, 1702. doi:10.3390/plants9121702.
- Miyamoto T, Slone J, Song X, Amrein H. 2012.** A fructose receptor functions as a nutrient sensor in the *Drosophila* brain. *Cell* 151: 1113-25
- Mohammad Reza Youssefi, Mohaddeseh Abouhosseini Tabari, Aryan Esfandiari, Sohrab Kazemi**, Ali Akbar Moghadamnia, Stefania Sut, Stefano Dall'Acqua, Giovanni Benelli, and Filippo Maggi (2019) Efficacy of Two Monoterpenoids, Carvacrol and Thymol, and Their Combinations against Eggs and Larvae of the West Nile Vector *Culex pipiens*.
- Mohammedi, h, (2012).** Etude des extraits volatils de quelques plantes médicinales algériennes: daucus carota L. Ruta montana L. Et rosa canina L.
- MORDUE(LUNTZ), A.J.;** Azadirachtin, a natural product in insect control. In :GILBERT, L.I.; IATROU,; GILL, S.S. *Comprehensive molecular insect science* Amsterdam: Elsevier, 2005. p.117-134.
- Morey, R.A., Khandagle, A.J., 2012.** Bioefficacy of essential oils of medicinal plants against housefly, 373 *Musca domestica L.* *Parasitol. Res.* 111, 1799-1805.



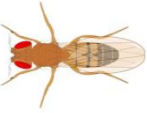
- Nauen, R., Elbert, A., McCaffery, A., Slater, R., Sparks, T.C. 2012.** IRAC: insecticide resistance, and mode of action classification of insecticides, in: Kramer, W., Schrimmer, U., Jeschke, P., Witschell M. (Eds.), Modern Crop Protection Compounds, Vol. 3: Insecticides, seconded., Wiley-VCH, Weinheim. pp. 935–955.
- Ntezurubanza L. 1. Scheffer 1.1. C, Looman A. and Baerhiem Svends, 1984.** Composition of essential oil of *Ocimum kilimandscharicum* grown in Rwanda. *Planta Medica* 385-388
- Ogendo JO, Kostyukovsky M, Ravid U, Matasyoh JC, Deng AL, et al. (2008)** Bioactivity of *Ocimum gratissimum* oil and two constituents against five insect pests attacking stored food products. *Stored Prod Res* 44: 328-334.
- O'Grady, PM. & Markow, T. 2009.** Phylogenetic taxonomy in *Drosophila*. *Landes Bioscience*. 3(1): 10-14.
- Olubukola H Oyeniran et al. Drug Chem Toxicol. 2024.** Sweet basil (*Ocimum basilicum*) leaf and seed extracts alleviate neuronal dysfunction in aluminum chloride-induced neurotoxicity in *Drosophila melanogaster* Meigen model. *Drug Chem Toxicol*. 2024 Mar 4:1-11. doi:10.1080/01480545.2024.2317828.
- OMS. 2011.** Organisation mondiale de la santé, Santé 2020, à paraître, OMS, Genève.
- Opalachenova G, Obreshkova D.** Comparative studies on the activity of basil an essential oil from *Ocimum basilicum L.*-against multidrug resistant clinical isolates of the genera staphylococcus, enterococcus and pseudomonas. *J Microbial Methods* 2003;54:105, 10.
- Ouibrahim, Amira.** Evaluation de l'effet antimicrobienne et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Lorus vobilis L.*, *Ocimum basilicum L.* et *Rosmarinus officinalis L.*) de l'Est algerien. Thèse de doctorat : Université Bordj Mokhtar –Animal, 2015, 117 pages.
- Padilha de Paula J, Gomes-Carneiro MR, Paumgarten FRJ (2003)** Chemical composition, toxicity and mosquito repellency of *Ocimum selloi* oil. *J Ethnopharma*. 88: 253–260.
- Parvathi, D.V., Amritha, A. S., Paul, S.F.D. 2009.** Wonder animal model for genetic studies - *Drosophila melanogaster* – its life cycle and breeding methods – a review. *Sri Ramachandra J Med*. 2(2) : 33-38.
- Paul Iserin, (2001).** Encyclopedie des plantes médicinales, 2ème Ed, Larousse, Paris, P 180.
- Perumalsamy, S.; Lo, K.Y.; Ch'ng, S.J.; Nornadia, K.; Othman, A.S.; Chan, L.-K.** Antimicrobial activity of artemisinin and precursor derived from in vitro plantlets of *Artemisia annua L.* *BioMed. Res. Int*. 2014, 2014, 215872. [CrossRef]



- Poorjavad, N., Goldansaz, S.H., Dadpour, H., 2014.** Effect of *Ferula assafoetida* essential oil on some 382 biological and behavioral traits of *Trichogramma embryophagum* and *T. evanescens*. *BioControl* 59, 403-413.
- Popp, J., Petö, K., Nagy, J. 2013.** Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustainable Dev.* 33: 243-255.
- Pousset.L.J.** Plantes médicinales d'afrigue : Comment les reconnaître et les utiliser ?, Ed : La calade.UE. 2004 . p 287 (187-188).
- Pushpangadan.P and George. V.(2012),** Basil, In peter.K.V.Ed Hand book of herbs and spices, Wood head publishing limited,Cambridge UK.p55-72
- Qing X. Li , Chiou L. Chang(2016),** Chapter 25 - Basil (*Ocimum basilicum L.*), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, Pages 231-238.
- Quinn, L., Lin J., Cranna N., Lee, J.E.A., Mitchell, N. Hannan, R. 2012.** Steroid hormones in *Drosophila*: How ecdysone coordinates developmental signalling with cell growth and division. In: Abduljabbar, H. (Ed). *Steroid - Basic Science*. Intech, Rijeka. 141-168.
- Ramade, F. 2011.** Introduction à l'écochimie. Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. DOCT. &. (Ed.) Paris: Lavoisier ISBN.
- Robin Deschepper.2017.** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. *Sciences pharmaceutiques*. ffdumas-01515314f
- Rozman, V.; Kalinovic, I.; Korunic, Z.** Toxicity of naturally occurring compounds of *Lamiaceae* and *Lauraceae* to three stored products insects. *J. Stored Prod. Res.* 2007, 43, 349–355. [CrossRef].
- S. Burt,** *Essentials oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review*, *Int. J. Food Microbiol.* 94 (2004) 223–253.
- Sadeghi, A., Van Damme, E.M., Smaghe, G. 2009.** Evaluation of the susceptibility of the pea aphid, *Acurthosiphon pisum*, to selection of novel biorational insecticides using an artificial diet. */Ins. Sci.* 9(65):1-8.
- Saguez J., Vincent C., Laberche J. C., Giodanengo P., 2007.** Pourquoi les inhibiteurs de chitinases peuvent être considérés comme de nouveaux moyens de lutte contre les aphides ?. *Revue de Cytologie et Biologie végétale - Le Botaniste.* 27(3/4) : 23-31.
- Scott, K., 2018.** Gustatory Processing in *Drosophila melanogaster*, *AnnuRev Entomol.*63: 1 5-30. (Thunberg). *Pest Benef Org* 27, 13-19.
- Siani, C.A.; Sampaio, A.L.F.; Sousa, M.C.; Henriques, M.G.M.O.; Ramos, M.F.S.** Óleos essenciais: Potenciais inflamatórios. *Biotechnolog. Cienc. Desenvolv.* 2014, 16, 38–43.



-
- Silveira, M.S.** Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Cymbopogon winterianus* (citronella), *Eucalyptus paniculata* (eucalyptus) and *Lavandula angustifolia* (lavender). *Rev. Inst. Adolfo. Lutz.* 2012, 71, 471–480.
- Simon, J. E., M. R. Morales, W. B. Phippen, R. F. Vieira, and Z. A. Hao. 1999.** Source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb, pp. 499–505. In J. Janick (ed.), *Perspectives on New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Simon, M.R. Morales, W.B. Phippen, R.F. Vieira, Z. Hao,** Basil: a source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb, in: J. Janick (Ed.), *Perspectives on New Crops and New Uses*, ASHS Press, Alexandria, VA, USA, 1999, pp. 499–505.
- Souza MD, Peres Filho O, Caldeira SF, Dorval A, Sousa NJ (2016)** Desenvolvimento *in vitro* do fungo simbionte de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: *Formicidae*) em meio de cultura com diferentes extratos vegetais. *Cienc Rural* 42:1603–16.
- Sparks, T.C. & Nauen, R. 2015.** IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pest. Biochem. Physiol.* 121: 122-128.
- Stocker, R. F. 1994.** The organization of the chemosensory system *in Drosophila melanogaster* areview. *Cell tissue res*, 275(1), 3-26.
- Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016).** Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action : An updated review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 3012462–3012421. <https://doi.org/10.1155/2016/3012462>.
- Tavernir R., Lizeaux C. 2002.** *Sciences vie terre Term. S- Spec.* Maisonneuve et Larose. Pp. 113, 116, 117.
- Tony Poirot.** *Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie.* Sciences pharmaceutiques. 2016. (hal-01732166).
- Vasantha-Srinivasan,** *Acta tropica* 163, 167-178, 2016.
- Veena P, Tripathi AK, Aggarwal KK, Khanuja SPS (2005)** Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresour Technol.* 96(16): 1749–1757.
- Vina A, Murillo E.** Essential oil composition from twelve varieties of basil (*Ocimum spp*) grown in Colombia. *J Braz Chem Soc* 2003;14:744-9.
- Viteri-Jumbo, L.O.; Faroni, L.R.A.; Oliveiraa, E.E.; Pimentel, M.A.; Silva, G.N.** Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil,



Acanthoscelides obtectus Say, in small storage units. *Ind. Crops Prod.* 2014, 56, 27–34.

[CrossRef]

Wang, L., Chen, H., Lv, F., Wu, Y., Hu, S., & Zhang, Q. 2012. *International Journal of Food Microbiology*, 152(3), 112-119.

Werner Ring, Wolfgang Pierl, 1992. *Guides des insectes, délaux et niestlé*, Paris, pp 42-198.

Wolfgang Pierl & Werner Ring, 1992. *Guides des insectes, délaux et niestlé*, Paris, pp 42-198.

Yayasinghe C, Gotoh N, Aoki T, Wada S. Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*). *J Agric Food Chem* 2003;51:4442-9.

Zheljazkov VD, Cantrell CL, Evans WB, Wayne Ebelhar, M Coker C. Yield and composition of *Ocimum basilicum L.* and *Ocimum sanctum L.* grown at four locations. *Hortscience* 2008;43:737–41.

<http://hereditariedadgenetica.blogspot.com/2008/03/taxonomia.html>.

<http://www.geochembio.com/biology/organisms/fruitfly/>

<https://www.pinterest.com/pin/463167142903580382/>