



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم البيولوجيا



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en
«Toxicologie Fondamentale & Appliquée»

Thème

Évaluation du potentiel insecticide des huiles
essentielles dans la protection des denrées stockées

Présenté Par : **Taguida Chourouk & Dine Aya**

Soutenue publiquement le : Dimanche 14 Juin 2026

devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
ROUIBI Asma	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Présidente
AMOURA Mounia	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directrice de mémoire
RAHMOUNE Houria	MAA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examinatrice

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu Tout-Puissant pour nous avoir accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires afin de mener ce travail à son terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre directrice de mémoire, **Dr Mounia AMOURA**, enseignante-chercheuse à l'Université Chadli Bendjedid d'El Tarf, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, ses conseils avisés et la confiance qu'elle nous a accordée tout au long de cette étude. Son soutien et son expertise ont été d'une aide considérable dans l'élaboration de ce travail.

Nous adressons également nos remerciements aux membres du jury, **Dr Rouibi Asma** et **Dr Rahmoune Houria**, qui nous font l'honneur d'évaluer ce mémoire. Nous leur sommes reconnaissantes pour l'intérêt porté à notre travail ainsi que pour leurs remarques et suggestions constructives.

Je remercie vivement **Dr Kachour Leila**, pour son soutien constant et précieux tout au long de mon parcours académique.

Nous exprimons également notre reconnaissance à l'ensemble du personnel et des responsables du laboratoire de l'université, et plus particulièrement à **Mme Hayette**, pour son aide précieuse, sa disponibilité et son soutien durant la réalisation de cette recherche.

Enfin, nous adressons nos plus chaleureux remerciements à nos familles et à nos amis pour leur soutien indéfectible, leur patience, leurs encouragements constants et leur confiance, qui ont constitué une source de motivation tout au long de notre parcours.

À toutes les personnes ayant contribué, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce travail, nous adressons nos sincères remerciements.

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, la patience, le courage et la détermination nécessaires pour poursuivre mes études et mener ce travail à son terme.

Je tiens ensuite à exprimer ma profonde gratitude à mes chers parents, mon père et ma mère, qui ont toujours été mon plus grand soutien. Par leurs sacrifices, leur amour inconditionnel, leurs encouragements et leur confiance, ils m'ont accompagnée à chaque étape de ce parcours.

Mes sincères remerciements vont également à mon frère et à ma sœur, dont la présence, le soutien et les encouragements ont été une source de réconfort et de motivation tout au long de cette aventure.

Je remercie aussi chaleureusement toutes mes amies qui ont partagé avec moi les moments de doute comme les moments de joie, et qui m'ont toujours encouragée à avancer avec confiance.

Enfin, je tiens à me remercier moi-même pour les efforts consentis, la persévérance dont j'ai fait preuve et pour n'avoir jamais abandonné malgré les difficultés rencontrées en chemin.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à mon parcours et à la réalisation de ce travail, j'adresse mes plus sincères remerciements.

Aya

Dédicace

Je dédie ce travail :

À celui qui m'a guidée vers le droit chemin, me rappelant toujours que la volonté forge les grandes personnes... **mon père.**

À celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation.mon plus grand soutien... **ma mère.**

À la mémoire de ma tante **Aziza** et mes grands parents, qu'Allah vous accorde Sa miséricorde.

À mon frère Sami et à ma sœur **Nourhane**, en témoignage de mon amour et de ma profonde admiration ; que dieu vous protège et vous prête bonne santé et longue vie. À mes tantes

À mes amies **Khouloud, Rawnek** et **Saïda**, ainsi qu'à ma cousine **Halima Israa**

À tous mes amis pour leur soutien moral et leur bienveillance.

À tous ceux qui ont contribué à ma formation et à mon éducation.

Je me remercie d'avoir été forte, patiente et de ne jamais avoir abandonné malgré toutes les difficultés.

Je suis fière de chaque étape que j'ai franchie pour devenir la personne que je suis aujourd'hui.

Chourouk

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation de l'effet répulsif de l'huile de *Laurus nobilis* récolté de la région d'El Tarf et le *Syzygium aromaticum*, sur des adultes de l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*. Le rendement obtenu de laurier par hydro-distillateur de type Clévenger, est de l'ordre de 1% et de clou de girofle 6.25 %. Sachant que le rendement de l'HE est varié selon la nature et l'origine de la plante utilisée, nos résultats confirment la bonne qualité de laurier de notre région et de clou de girofle importé. Selon le classement de **Mc Donald et al. (1970)**, nos résultats montrent que l'HE de laurier et de clou de girofle est très répulsif, elle appartient à la classe (IV), avec un taux de répulsion de *Laurus nobilis* 78.71 % et de *Syzygium aromaticum* 72.75%. L'effet bioinsecticide de laurier à l'égard des adultes a montré une activité très intéressante, une dose de 280µL/L air de cette huile a été suffisante pour provoquer la mort de l'ensemble des individus traités après 24h d'exposition. Les résultats obtenus, suggèrent l'usage de l'HE de laurier de notre région, en particulier dans les entrepôts de stockage des plantes.

Mots clé : Huile essentielle, Hydrodistillation , *Laurus nobilis* , *Tribolium castaneum* , Effet répulsif, Effet bioinsecticide, *Syzygium aromaticum*.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير الطارد للزيت العطري للغار (*Laurus nobilis*) المحصود من منطقة الطارف، والزيوت العطرية للقرنفل (*Syzygium aromaticum*)، ضد بالغات حشرة المخازن *Tribolium castaneum*. بلغ مردود الزيت العطري للغار المستخرج بواسطة جهاز كليفنجر للتقطير المائي 1%، بينما بلغ مردود زيت القرنفل 6.25%. ونظراً لاختلاف مردود الزيوت العطرية باختلاف طبيعة النبات المستعمل ومصدره، فإن نتائجنا تؤكد الجودة الجيدة للغار المحلي بمنطقة الطارف وللقرنفل المستورد. ووفقاً لتصنيف **Mc Donald وآخرين (1970)**، أظهرت نتائجنا أن الزيتين العطريين للغار والقرنفل يتمتعان بفعالية طاردة مرتفعة، وينتميان إلى الصنف الرابع (IV)، حيث بلغت نسبة الطرد 78.71% بالنسبة للغار و72.75% بالنسبة للقرنفل. كما أظهر التأثير الحيوي المبيد للحشرات لزيوت الغار على الحشرات البالغة نشاطاً واعداً، إذ كانت جرعة قدرها 280 ميكرو لتر/لتر من الهواء كافية للتسبب في نفوق جميع الأفراد المعالجة بعد 24 ساعة من التعرض. وتشير النتائج المتحصل عليها إلى إمكانية استخدام الزيوت العطرية للغار المنتج في منطقتنا، خاصة في مستودعات تخزين المنتجات النباتية.

الكلمات المفتاحية: الزيت العطري، التقطير المائي، *Laurus nobilis*، *Tribolium castaneum*، التأثير الطارد، التأثير الحيوي المبيد للحشرات، *Syzygium aromaticum*

Abstract

This study aimed to evaluate the repellent effect of the essential oil of bay laurel (*Laurus nobilis*) collected from the El Tarf region and the essential oil of clove (*Syzygium aromaticum*) against adults of the storage pest *Tribolium castaneum*. The essential oil yield obtained from bay laurel by hydrodistillation using a Clevenger apparatus was 1%, whereas the yield of clove essential oil reached 6.25%. Since essential oil yield varies according to the nature and origin of the plant material used, our results confirm the good quality of bay laurel from our region and imported clove. According to the classification proposed by **Mc Donald et al. (1970)**, the essential oils of bay laurel and clove exhibited strong repellent activity and were classified in Class IV, with repellency rates of 78.71% and 72.75%, respectively. Furthermore, the bioinsecticidal effect of bay laurel essential oil on adult insects showed remarkable activity. A dose of 280 µL/L of air was sufficient to induce 100% mortality of treated individuals after 24 hours of exposure. The obtained results suggest the potential use of bay laurel essential oil from our region, particularly in storage facilities for plant products.

Keywords: Essential oil, hydrodistillation, *Laurus nobilis*, *Tribolium castaneum*, repellent effect, bioinsecticidal effect, *Syzygium aromaticum*.

Liste des photos

N° Photo	Titre	Page
01	Matériel de laboratoire : A : Micropipette, B : Mixeur	29
02	<i>T.castaneum</i>	29
03	L'huile essentielle de laurier et de <i>Syzygium aromaticum</i>	30
04	Elevage de masse de <i>Tribolium confusum</i>	31
05	Appareil d'hydrodistillateur de type Clevenger	32
06	Préparation de clou de girofle et laurier pour extraction	33
07	Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre	34
08	Préparation des flacons du test inhalation	36
09	Test répulsif de l'huile essentielle testée de <i>Laurus nobilis</i> à l'égard de l'insecte <i>Tribolium castaneum</i>	41
10	Test répulsif de l'huile essentielle testée de <i>Syzygium aromaticum</i> à l'égard de l'insecte <i>Tribolium castaneum</i>	43

Liste des figures

N° Figure	Titre	Page
01	<i>Tribolium castaneum</i>	5
02	Différence entre l'antenne de <i>T. castaneum</i> et <i>T. confusum</i>	6
03	Cycle de développement du tribolium rouge de la farine, <i>T. castaneum</i>	8
04	Dimorphisme sexuel chez la puppe et l'adulte de <i>T. castaneum</i> . A : puppe femelle ; B : puppe mâle ; C : adulte femelle ; D : adulte mâle	10
05	Distribution des Lauracées à travers le monde	15
06	Morphologie de l'espèce <i>Laurus nobilis</i>	16
07	Structures chimiques de quelques composés identifiés dans les feuilles de <i>Laurus nobilis</i> L.	18
08	Répartition géographique du <i>Syzygium aromaticum</i>	19
09	<i>Syzygium aromaticum</i>	20
10	Le pourcentage de répulsion des adultes de <i>Tribolium Confusum</i> traités avec les différentes concentrations de l'HE de <i>Laurus nobilis</i>	42
11	Le pourcentage de répulsion des adultes de <i>Tribolium Confusum</i> traités avec les différentes concentrations de l'HE de <i>Syzygium aromaticum</i>	44

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	Page
01	La classification botanique de <i>Laurus nobilis</i>	17
02	Composition chimique des feuilles de laurier noble.	17
03	Classification scientifique de plante <i>Syzygium aromaticum</i>	20
04	Composantes de l'huile essentielle de clou de Girofle	21
05	Pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald et al., 1970.	35
06	Le rendement de l'HE de <i>Laurusnobilis L.</i> par hydrodistillation	38
07	Le rendement de l'HE de <i>Syzygium aromaticum L.</i> par hydrodistillation	39
08	Nombre moyen d'adulte recensés dans le papier filtre à différentes concentration de l'huile essentielle testée de laurier <i>Laurus nobilis</i> et les pourcentages de répulsion de chaque dose.	41
09	Nombre moyen d'adulte recensés dans le papier filter à différentes concentration de l'huile essentielle testée de clou de girofle <i>Syzygium aromaticum</i> et les pourcentages de répulsion de chaque dose.	43

SOMMAIRE

Remerciment

Dédicace

Résumé

Liste des photos

Liste des figures

Liste des tableaux

Table de matière

Introduction 01

Chapitre 01. Généralités sur l'insecte *Tribolium castaneum*

1.1.Position systématique	04
1.2.Origine et distribution.....	05
1.3.Morphologie.....	06
1.4.Cycle de développement de <i>T. castaneum</i>	07
1.5.Comportement de reproduction.....	10
1.6.Importance économique	11
1.7.Contrôle de l'infestation par <i>Tribolium castaneum</i>	11
1.7.1. Méthodes de détection	11
1.7.2. Contrôle physique	12
1.7.3. Contrôle moléculaire	12
1.7.4. Contrôle chimique	12
1.7.4.1.Résistance aux insecticides.....	13
1.7.5. Contrôle biologique	13
1.7.6. Les huiles essentielles	13

SOMMAIRE

1.7.6.1.Activité répulsive.....	14
1.7.6.2.Activité insecticide	14

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

2.1.Généralités sur <i>Laurus nobilis</i>	15
2.1.1. Origine et distribution géographique	15
2.1.2. Description de la plante	15
2.1.3. La systématique	16
2.1.4. Composition chimique de <i>Laurus nobilis</i> (<i>L</i>)	17
2.1.5. Composition chimique des feuilles	17
2.2.Généralités sur <i>Syzygium aromaticum</i>	18
2.2.1. Origine et répartition géographique	19
2.2.3. Description botanique	19
2.2.4. Classification botanique.....	20
2.2.5. Composition chimique	21

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

3.1.Historique sur les huiles essentielles	22
3.2.Définition des huiles essentielles	22
3.3.Localisation et répartition de l'huile essentielle.....	23
3.4.Fonction de l'H.E dans la plante	24
3.5.Les huiles essentielles et leurs constituants comme bio-insecticides.....	24
3.6.Méthodes d'extraction des huiles essentielles	26
3.6.1. La distillation.....	26
3.6.2. L'expression (extraction) à froid	26
3.6.3. L'extraction par solvant	27
3.6.4. Extraction assistée par micro-ondes	27

SOMMAIRE

Chapitre 04. Matériels et Méthodes

4.1. Matériel utilisé.....	28
4.1.1. Matériel de laboratoire	28
4.1.2. Matériel animal : <i>Tribolium castaneum</i> L	29
4.1.3. Matériel Végétale	29
4.1.3.1. Présentation de <i>Laurus nobilis</i> L.	29
4.1.3.2. Présentation de <i>Syzygium aromaticum</i>	30
4.1.3.3. Les huiles essentielles utilisées	30
4.2. Méthodes de travail	31
4.2.1. Elevage de masse d'insecte <i>Tribolium castaneum</i>	31
4.2.2. Extraction et rendement des huiles essentielles	31
4.2.2.1. Principe de l'extraction	31
4.2.2.2. Principe de l'hydrodistillation	32
4.2.2.3. Calcul du Rendement des huiles essentielles HEs	33
4.2.3. Test de répulsivités de deux huiles essentielles sur les adultes de <i>T. castaneum</i>	34
4.2.4. Test de toxicité par inhalation de l'huile essentielle <i>S. aromaticum</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i>	35
4.2.4.1. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott	36
4.2.4.2. Détermination de la CL50	37

Résultats et Discussion

5.1. Le rendement de l'extraction en huile essentielle	38
5.2.1. Le rendement de l'HE de <i>Laurus nobilis</i> L	38
5.1.2. Le rendement de l'HE de <i>Syzygium aromaticum</i> L	39
5.2. Effet répulsif des huiles essentielles extraites contre l'espèce ravageuse <i>T. castaneum</i>	40
5.2.1. Effet répulsif de l'HE extraite de Laurier <i>Laurus nobilis</i> L	40
5.2.2. Effet répulsif de l'HE extraite de <i>Syzygium aromaticum</i> L	42
5.3. Évaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> par fumigation à l'égard de <i>T. castaneum</i>	44

SOMMAIRE

Conclusion.....	45
------------------------	-----------

Références bibliographiques



Introduction



Introduction

Les céréales stockées ainsi que leurs sous-produits transformés constituent des ressources alimentaires fondamentales à l'échelle mondiale ; leur conservation efficace représente donc une exigence essentielle afin d'assurer la sécurité alimentaire et la subsistance de l'humanité **(Stejskalet al., 2015)**. Le blé, le riz et le maïs figurent parmi les grains les plus consommés dans le monde, auxquels s'ajoute le pois chiche, répondant aux besoins nutritionnels globaux tout en constituant également une source nutritive importante pour l'alimentation animale **(Wondatiret al., 2015)**. Dans cette perspective, les denrées alimentaires stockées occupent une place prépondérante dans l'alimentation humaine, particulièrement dans les pays en développement. Elles regroupent notamment le blé, la semoule, la farine, l'orge, le son de blé, le maïs, la farine de maïs ainsi que diverses céréales conservées sous forme de grains entiers ou de graines stockées **(Anonyme, in Amrani 2018)**.

Toutefois, la période de stockage, pouvant s'étendre jusqu'à une année avant la mise en marché, expose ces denrées à divers facteurs de dégradation. L'entreposage prolongé entraîne ainsi des pertes considérables, aussi bien quantitatives que qualitatives, les infestations d'insectes ravageurs représentant la principale cause de détérioration **(Ahmad et al., 2019)**. Selon la **FAO (2016)**, 20 à 40 % des récoltes mondiales de céréales et de légumineuses sont détruites durant la phase de stockage par ces nuisibles, ce qui engendre des crises économiques majeures et menace directement la souveraineté alimentaire **(Rajashekaret al., 2010)**.

Les ravageurs des denrées stockées se répartissent en deux grandes catégories : les ravageurs primaires et secondaires. Les ravageurs primaires, capables d'attaquer les grains entiers et sains, comprennent notamment *Sitophilus zeamais* et *Prostephanustruncatus* qui s'attaquent au maïs **(Suthisutet al., 2011)**, *Rhyzoperthadominica* et *Trogodermagranarium* qui ciblent essentiellement le blé **(Khan et al., 2019)**, ainsi que *Sitotrogacerealella* qui infeste diverses poacées telles que le blé, l'orge, le maïs et le sorgho **(Arthur, 2019)**. Les insectes les plus redoutés dans les stocks céréaliers sont ceux dont le développement s'effectue à l'intérieur même des grains (endogés), tels que le charançon (*Sitophilussp.*), le capucin (*Rhyzoperthadominica*) et l'alucite (*Sitotrogacerealella*).

Introduction

Leur activité de perforation favorise l'apparition de ravageurs secondaires, tout aussi nuisibles, qui prolifèrent dans les brisures, les poussières et les farines (**Fleurat-Lessard, 2011**). Une fois l'infestation primaire installée, ces ravageurs secondaires, incapables de perforer l'enveloppe dure des grains sains, exploitent les débris céréaliers et les grains déjà endommagés (**Ncibi, 2020**). Parmi eux, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae), communément appelé le Tribolium rouge de la farine, est l'un des plus destructeurs, capable de provoquer une réduction allant jusqu'à 40 % du poids sec des denrées transformées (**Rees, 2007**).

Face à ces pertes économiques et alimentaires significatives, la lutte contre les insectes des denrées stockées repose traditionnellement et principalement sur l'utilisation d'insecticides et de fumigants chimiques de synthèse. Bien que ces produits présentent une efficacité notable à court terme, leur usage intensif et incontrôlé a engendré de multiples effets indésirables, notamment l'altération de la couche d'ozone, la pollution écotoxicologique des écosystèmes, des risques graves pour la santé humaine ainsi que l'apparition de phénomènes de résistance physiologique chez les populations de ravageurs (**Descoins, 1991 ; Lamberthet al., 2013**). Cette résistance aux molécules de synthèse a été largement documentée chez plusieurs espèces majeures des stocks, incluant *Rhyzoperthadominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (F.), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) et de manière particulièrement préoccupante chez *Tribolium castaneum* (Herbst).

Dans ce contexte de crise phytosanitaire et environnementale, la recherche de stratégies alternatives s'inscrivant dans le cadre du développement durable est devenue une priorité absolue. C'est dans cette optique que se valorise l'usage des bioinsecticides d'origine végétale, et plus particulièrement les huiles essentielles (HE). Substances naturelles, volatiles et biodégradables, les huiles essentielles offrent une efficacité biocide ciblée tout en présentant une faible persistance environnementale et une sécurité accrue pour le consommateur (**Regnault-Roger et al., 2012**). L'application de ces extraits naturels dans les structures de stockage permet de concilier la performance écologique et la viabilité financière, en diminuant drastiquement les pertes économiques post-récolte subies par la filière céréalière.

L'objectif principal de ce travail de Master 2 s'insère directement dans cette dynamique de transition écologique. Il vise à évaluer le potentiel bioinsecticide, par voie

Introduction

de fumigation, de l'huile essentielle de laurier noble (*Laurus nobilis* L.) à l'égard des adultes d'un ravageur secondaire clé, *Tribolium castaneum*. À travers la détermination des paramètres toxicologiques de référence, notamment la classe de répulsion et la concentration létale 50 CL50, ce travail ambitionne de proposer une formulation biosourcée innovante, capable de substituer les traitements chimiques conventionnels et de contribuer ainsi à une gestion intégrée et durable des stocks de denrées alimentaires.

Pour atteindre ces objectifs, notre manuscrit s'articule autour de trois grandes parties : une synthèse bibliographique faisant des généralités sur l'insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum* L. et sur l'huile essentielle extraites des deux plantes aromatiques *Laurus nobilis* et *Syzygium aromaticum* L., une section matériel et méthodes décrivant les protocoles analytiques standardisés utilisés, et enfin, la présentation des résultats obtenus suivie d'une discussion approfondie ouvrant sur quelques perspectives.



Chapitre 01 :
Généralité sur l'insecte
Tribolium castaneum



Chapitre 01 : Généralités sur l'insecte *Tribolium castaneum*

L'insecte *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), appelé tribolium rouge de la farine, est un ravageur important des produits stockés à l'échelle mondiale. Cette espèce a été largement étudiée afin d'améliorer les programmes de gestion des ravageurs. Elle fait partie des insectes ravageurs les plus ubiquistes des denrées stockées, avec une distribution presque mondiale signalée dans 156 pays. Sa distribution géographique s'étend au-delà des zones possédant un climat favorable grâce à l'exploitation d'environnements intérieurs contrôlés et à une dispersion fréquente facilitée par l'activité humaine (**Klingler& Bucher, 2022**).

Cette espèce constitue un ravageur particulièrement important dans les moulins à blé et à riz. Elle possède également une large gamme d'hôtes et peut causer des pertes économiques tout au long des chaînes de distribution et de stockage des produits transformés (**Klingler& Bucher, 2022**).

Ce coléoptère présente un fort potentiel reproductif, un cycle de vie relativement court, un nombre élevé de générations par an et il est facile à élever en laboratoire (**Hashem et al., 2018**). Le tribolium rouge de la farine est un insecte mesurant généralement entre 3 et 4 mm. Il se caractérise par un cycle de développement court d'environ 30 jours et une longévité pouvant atteindre plusieurs mois, voire plusieurs années dans certaines conditions. Ces caractéristiques, associées à sa forte fécondité, en font un organisme modèle largement utilisé en génétique et en biologie des populations depuis les années 1920.

Le séquençage de son génome a permis d'identifier des cibles potentielles pour de nouveaux insecticides, notamment des canaux ioniques et des enzymes de détoxification (**Bonneton, 2010**).

1.1.Position systématique

Selon **Weidner et Rack (1984)**, la classification systématique de *T. castaneum* est la suivante :

- **Règne :Animalia**

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Coleoptera
- **Famille** : Tenebrionidae
- **Genre** : *Tribolium*
- **Espèce** : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)



Figure 01 : *Tribolium castaneum*

Selon **Bugguide (2017)**, *Tribolium castaneum*, également appelé tribolium rouge de la farine, appartient à l'ordre des Coléoptères et à la famille des Ténébrionidés. L'appellation de l'espèce *Tribolium castaneum* est d'origine grecque.

1.2. Origine et distribution

L'origine exacte de *T. castaneum* reste encore discutée. Cependant, il est généralement admis que cette espèce provient de l'Inde ou d'une région indo-australienne. Elle est aujourd'hui considérée comme l'un des ravageurs les plus nuisibles des produits stockés et présente une distribution quasi universelle (**Abdullahi et al., 2019**).

Cette espèce est particulièrement fréquente dans les régions chaudes du monde, tandis que dans les zones tempérées elle ne survit généralement que pendant des périodes limitées (**Abdullahi et al., 2019**).

Les adultes possèdent une longue durée de vie et peuvent parfois vivre plus de trois ans. Plusieurs synonymes ont été utilisés pour désigner le tribolium rouge de la farine, notamment *Tribolium navale*, *Colydium castaneum* (**Herbst, 1787**), *Tenebriocastaneus* (**Schönherr, 1806**), *Phaleriacastanea* (**Gyllenhal, 1810**), *Ulomaferruginea* (**Dejean, 1821**), *Marguscastaneus* (**Dejean, 1833**), *Steneferruginea* (**Westwood, 1839**) et *Tribolium ferrugineum* (**Wollaston, 1854**).

Tribolium castaneum est donc considéré comme une espèce d'origine indienne ou indo-australienne présentant un fort potentiel de dispersion. Il est cosmopolite, mais reste plus commun dans les régions chaudes que dans les régions tempérées (**Chaubey, 2023**).

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*

1.3.Morphologie

Les adultes de *T. castaneum* sont de petits coléoptères plats, mesurant entre 2,3 et 4 mm de long et présentant une coloration brun rougeâtre. Les antennes sont composées de onze segments, dont les trois derniers sont brusquement élargis, contrairement à *T. confusum* où les segments antennaires s'élargissent progressivement (**Chaubey, 2023**).

Les yeux composés sont partiellement divisés horizontalement par une extension de la tête. Leur largeur est approximativement égale à l'espace qui les sépare lorsqu'on les observe depuis la face ventrale de la tête (**Chaubey, 2023**).

Le thorax est généralement légèrement plus sombre que les élytres. Ces derniers sont ponctués et présentent des stries parallèles bien visibles. Chez les mâles, une touffe de soies est présente sur la surface ventrale du fémur de la première paire de pattes (**Chaubey, 2023**).

Les larves sont initialement blanchâtres, puis deviennent progressivement brunâtres. Leur taille peut atteindre environ 5 mm. Le dernier segment abdominal porte une paire de projections sombres dirigées vers l'arrière (**Chaubey, 2023**).

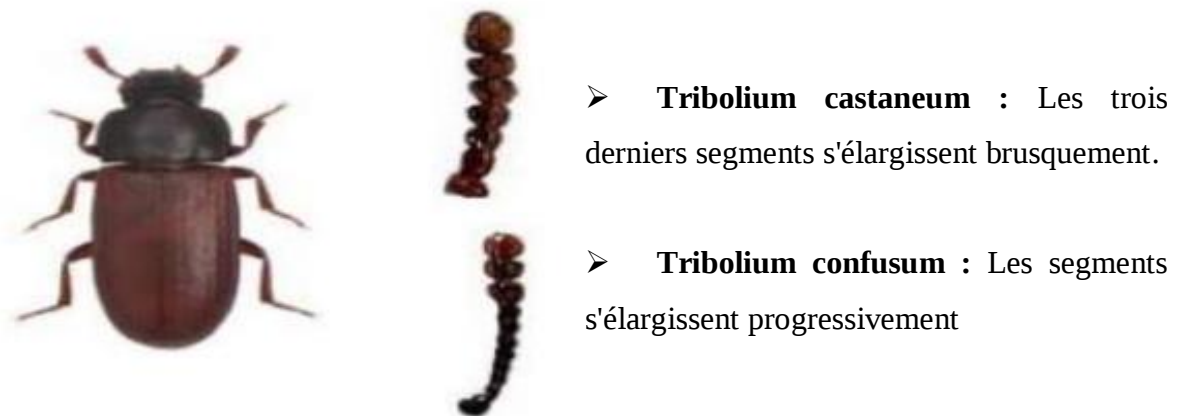


Figure 02 : Différence entre l'antenne de *T. castaneum* et *T. confusum* (**Chaubey, 2023**)

1.4.Cycle de développement de *T. castaneum*

Les individus de *T. castaneum* sont lucifuges et se réfugient dans les zones les plus sombres, notamment dans les fissures des murs. Les conditions optimales permettant

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

l'achèvement du cycle biologique en environ 30 jours correspondent à une température de 30 °C et une humidité relative de 75 % (**Pai et Bucher, 2019 ; Ncibi, 2020**).

Selon **Jerraya (2003)**, les seuils thermiques extrêmes de survie se situent entre -6 °C et +50 °C, tandis que le développement s'interrompt en dessous de 22 °C (**Camara, 2009**).

T. castaneum présente également une forte tolérance à la sécheresse et peut survivre à un jeûne de 25 à 45 jours. Les adultes peuvent dépasser trois ans de longévité, bien qu'en laboratoire une durée de vie comprise entre 1 et 6 mois soit plus fréquente (**Bonneton, 2010 ; Pai et Bucher, 2019**).

Le cycle biologique de cet insecte comprend quatre stades principaux : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte.

➤ Œuf

Au cours de sa vie, la femelle peut pondre entre 500 et 1000 œufs microscopiques dans les contenants ou directement dans les denrées alimentaires (**Jerraya, 2003**).

Les œufs sont de forme ovoïde et de couleur blanchâtre à translucide. Ils sont recouverts d'une substance visqueuse qui favorise l'adhésion de particules de farine ou de poussière (**Dia, 2019 ; Jerraya, 2003**). Déposés en vrac, ils sont généralement difficiles à détecter.

La ponte diminue après trois à quatre mois avant de cesser définitivement. L'embryogenèse dure généralement entre 3,5 et 5 jours dans des conditions optimales de laboratoire (**Pai et al., 2019**). À une température comprise entre 22 et 27 °C, l'éclosion intervient après 6 à 14 jours (**Dia, 2019**).

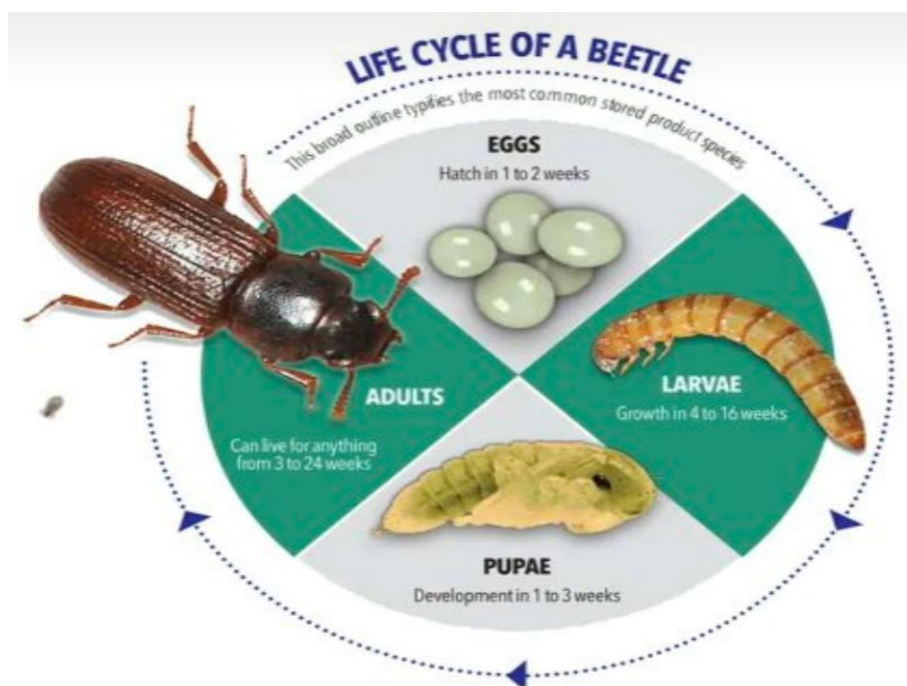
➤ Larve

Au cours de son développement, la larve passe par plusieurs stades larvaires (**Jerraya, 2003**). Les larves de *T. castaneum* sont vermiformes, avec un corps mou couvert de fines soies et terminé par deux petites pointes. Elles possèdent six pattes et deux projections aiguës à l'extrémité caudale (**Diome, 2014**).

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*

La larve peut atteindre une longueur de 5 à 6 mm et présente une coloration blanchâtre à jaune brunâtre. La tête et l'extrémité postérieure sont généralement plus foncées, tirant vers le rougeâtre.

À ce stade, l'insecte est très actif et se déplace librement en creusant des galeries dans la masse de farine (**Jerraya, 2003**). Dans des conditions favorables, le stade larvaire dure environ deux à trois semaines avant la transformation en nymphe, sans formation de cocon



(Dia, 2019 ; Pai et Bucher, 2019).

Figure 03 : Cycle de développement du tribolium rouge de la farine, *T. castaneum*
(Boles, 2011 ; Khan et al., 2016).

➤ Nymph (pupe)

La nymphe est libre, de couleur blanche, et possède un abdomen muni latéralement de lames rectangulaires aux bords crénelés (**Jerraya, 2003**).

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*

Les pupes ne se déplacent pas, bien qu'elles puissent effectuer de légers mouvements de torsion provenant de l'abdomen. Dans des conditions favorables, le stade nymphal dure généralement entre cinq et six jours (**Pai et Bucher, 2019**).

➤ Adulte

L'adulte est un petit coléoptère de couleur brun rougeâtre, mesurant environ 4 à 5 mm de long (**Dia, 2019**). Il se caractérise par la différenciation nette des trois parties du corps : la tête, le thorax et l'abdomen. Les antennes sont courtes et moniliformes, avec les trois derniers articles élargis formant une massue terminale.

La tête est large et aplatie, dépourvue de rostre. Le pronotum est rectangulaire, plus large que long, et finement ponctué (**Jerraya, 2003 ; Janovy et al., 2007**). Les élytres présentent des stries longitudinales ponctuées.

T. castaneum présente un dimorphisme sexuel aux stades nymphal et adulte (**Fig. 04**). Chez la pupa, l'abdomen se termine par deux urogomphes chez les deux sexes. Chez la femelle, les papilles génitales situées en avant des urogomphes sont nettement plus développées que chez le mâle (**Dia, 2019**).

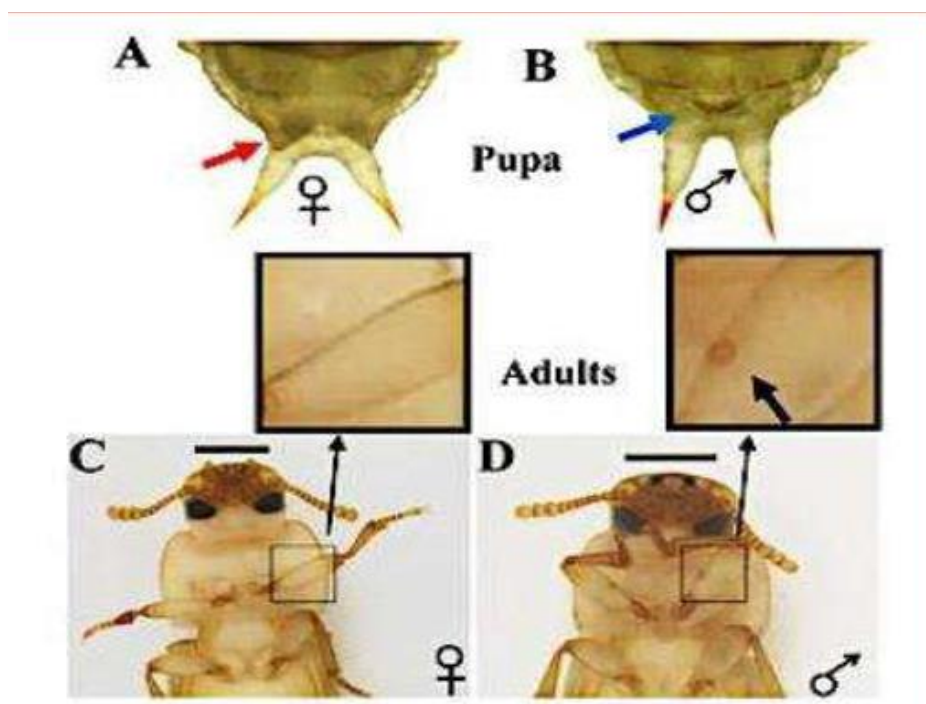


Figure 04 : Dimorphisme sexuel chez la pupa et l'adulte de *T. castaneum*. A : pupa femelle ; B : pupa mâle ; C : adulte femelle ; D : adulte mâle (**Shukla et Palli, 2012**)

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

1.5.Comportement de reproduction

Les femelles de *T. castaneum* présentent un comportement de polyandrie, ce qui signifie qu'une même femelle peut s'accoupler avec plusieurs mâles au cours d'une même période reproductive (**Chaubey, 2023**).

La polyandrie augmente la production de progéniture car elle permet à la femelle de recevoir une plus grande quantité de spermatozoïdes et de sélectionner de manière cryptique ceux qui seront utilisés pour la fécondation. Elle contribue également à augmenter la variabilité génétique au sein des populations (**Chaubey, 2023**).

Les mâles sélectionnent également les femelles avec lesquelles ils s'accouplent. Les mâles possédant un grand nombre de récepteurs olfactifs préfèrent généralement les femelles vierges matures, qu'ils reconnaissent grâce aux odeurs produites par les glandes reproductrices (**Chaubey, 2023**).

1.6.Importance économique

Les dommages causés par *T. castaneum* aux grains stockés et aux produits alimentaires entraînent d'importantes pertes économiques, en particulier dans les régions chaudes du monde (**Majeed et al., 2016**).

Cet insecte infeste généralement des grains déjà endommagés lors de la récolte ou durant le stockage. Les produits contaminés présentent des excréments, une odeur désagréable et une diminution de leur valeur nutritionnelle et commerciale (**Majeed et al., 2016**).

Les quinones sécrétées par les glandes thoraciques et abdominales contribuent également à la détérioration de la qualité des grains. La température et l'humidité influencent fortement le comportement alimentaire de l'insecte (**Majeed et al., 2016**).

Une augmentation de la température de 28 à 32 °C peut doubler la perte de poids des grains entiers (**Majeed et al., 2016**). Une augmentation de l'humidité des grains de 12,2 à 14,2 % peut également accroître les dommages causés par l'insecte (**Chaubey, 2023**).

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

Au cours de son développement, une seule larve peut consommer environ 13 mg de farine de blé, tandis qu'un adulte peut consommer jusqu'à 315 mg durant sa vie. L'adulte peut également détruire complètement le germe de 7 à 12 grains de blé (**Chaubey, 2023**).

T. castaneum peut également favoriser la propagation de plusieurs microorganismes pathogènes tels que *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium herbarum*, *Enterococcus faecalis*, *Penicillium citrinum* et *P. purpurogenum* (**Chaubey, 2023**).

1.7. Contrôle de l'infestation par *Tribolium castaneum*

1.7.1. Méthodes de détection

T. castaneum peut être difficile à détecter lorsque sa densité est faible. L'utilisation de pièges simples appâtés avec des aliments tels que les fèves de caroube, les cacahuètes ou les céréales peut faciliter sa détection (**Chaubey, 2023**). À des densités plus élevées, les adultes et les larves peuvent être observés dans les grains ou dans la poussière produite par leur activité alimentaire. La présence d'une odeur âcre peut également indiquer une infestation importante (**Chaubey, 2023**).

1.7.2. Contrôle physique

Une bonne hygiène des zones de stockage constitue une méthode essentielle pour prévenir les infestations. L'élimination des sources d'infestation et le tamisage des grains peuvent réduire la présence des insectes (**Chaubey, 2023**). L'ajout de poussières inertes peut entraîner la mort des insectes par dessiccation. Les grains suspects peuvent également être conservés dans des contenants hermétiques ou placés au congélateur pendant quatre à cinq jours (**Chaubey, 2023**). Le stockage à des températures proches de 50°C peut également provoquer la mort des insectes. L'application de poudre de terre de diatomée sur les grains infestés peut entraîner une mortalité très élevée des adultes de *T. castaneum* (**Chaubey, 2023**).

1.7.3. Contrôle moléculaire

La technique d'interférence par ARN (ARNi) constitue une méthode innovante et écologique pour la gestion des ravageurs. Cette approche utilise des ARN synthétiques capables d'inhiber l'expression de gènes spécifiques chez l'insecte (**Gao et al., 2017 ; Chaubey, 2023**). Cette méthode a montré une efficacité prometteuse contre *T. castaneum*,

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

bien qu'elle ne soit pas encore largement commercialisée en raison du coût élevé de production des ARN (Gao et al., 2017 ; Chaubey, 2023).

1.7.4. Contrôle chimique

Plusieurs insecticides sont utilisés pour contrôler *T. castaneum*, notamment le dichlorvos, les pyréthrine, les pyréthroïdes et certains régulateurs de croissance des insectes tels que le méthoprene et le pyriproxyfène (Obeng-Ofori, 2010). Les pyréthrine sont largement utilisées en raison de leur faible toxicité pour les mammifères et de leur efficacité contre de nombreux ravageurs des produits stockés. Les formulations commerciales contiennent souvent des synergistes comme le butoxyde de pipéronyle afin d'améliorer leur efficacité (Obeng-Ofori, 2010). Cependant, l'utilisation intensive des pesticides synthétiques peut entraîner plusieurs problèmes, notamment la résistance des insectes, les perturbations environnementales et les effets toxiques sur les organismes non ciblés (Obeng-Ofori, 2010).

1.7.4.1. Résistance aux insecticides

L'utilisation répétée d'insecticides a conduit au développement de phénomènes de résistance chez plusieurs populations de *T. castaneum*. Le premier cas de résistance a été signalé en Inde contre le malathion.

Plusieurs mécanismes peuvent expliquer cette résistance, notamment :

- l'insensibilité du site cible
- la résistance métabolique
- la réduction de la pénétration de l'insecticide
- la résistance comportementale (Chaubey, 2023)

1.7.5. Contrôle biologique

Les champignons entomopathogènes tels que *Metarhiziumanisopliae* et *Beauveria bassiana* ont montré des résultats prometteurs dans la lutte contre les insectes des

Chapitre 01. Généralité sur l'insecte ravageur Tribolium castaneum

grains stockés, y compris *T. castaneum* (Batta et al., 2018). Ces insectes produisent également des quinones, notamment le méthyl-1,4-benzoquinone et l'éthyl-1,4-benzoquinone, qui constituent un mécanisme de défense contre certains agents pathogènes (Chaubey, 2023).

1.7.6. Les huiles essentielles

L'utilisation excessive de pesticides synthétiques peut entraîner des phénomènes de bioaccumulation et de biomagnification dans l'environnement. Pour cette raison, les insecticides d'origine végétale attirent de plus en plus l'attention comme alternatives écologiques (Chaubey, 2023). Les huiles essentielles possèdent des propriétés insecticides, répulsives et anti-alimentaires contre plusieurs ravageurs des produits stockés. Elles sont constituées de mélanges complexes de composés chimiques capables d'agir de manière synergique (Chaubey, 2023). Les huiles essentielles sont généralement volatiles, biodégradables et peu persistantes dans l'environnement, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour la gestion des ravageurs (Chaubey, 2023).

1.7.6.1. Activité répulsive

Plusieurs huiles essentielles ont montré une activité répulsive contre *T. castaneum*. Par exemple, les huiles essentielles de *Baccharissalicifolia*, *Artemisia sieberi* et *Tagetes terniflora* ont démontré une efficacité notable contre les adultes et certaines larves de cet insecte (Chaubey, 2023).

1.7.6.2. Activité insecticide

Les huiles essentielles peuvent également agir comme fumigants en raison de leur forte volatilité. Plusieurs huiles essentielles, notamment celles de *Artemisia annua*, *Lippia alba* et *Elettaria cardamomum*, ont montré une activité insecticide contre les adultes et les larves de *T. castaneum* (Chaubey, 2016 ; Chaubey, 2023).



Chapitre 02 : Généralité sur les plantes médicinales utilisées



Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

2.1. Généralités sur *Laurus nobilis*

2.1.1. Origine et distribution géographique

Originnaire d'Asie mineure, d'où il a été introduit par les Grecs et les Romains, le Laurier s'est ensuite diffusé dans l'ensemble du bassin méditerranéen, ainsi qu'en Inde et en Europe centrale, où il est cultivé en bacs car il tolère mal les hivers rigoureux. Les principaux pays producteurs sont la Turquie, l'Albanie, le Maroc, la Grèce et l'Italie (Geerts et *al.*, 2002).

En Algérie, des arbustes de laurier sont présents dans les forêts d'aulnes, réparties dans les zones humides d'Annaba, El Kala et Guerbès Senhadja (Fanit et Hadji, 2021). Bien que la phytothérapie soit une pratique très ancienne, seul l'aspect botanique de cette biomasse a été largement documenté jusqu'à présent, tandis que ses propriétés biologiques restent peu étudiées (Ben Jemâa et *al.*, 2012 ; Guedouari, 2012).



Figure 05 : Distribution des Lauracées à travers le monde (Steven, 2001).

2.1.2. Description de la plante

Originnaire d'Asie, *Laurus nobilis* « EL-Rand » s'est répandu en Europe et se retrouve aujourd'hui dans de nombreux jardins. Il affectionne les ravins de montagne du pourtour méditerranéen jusqu'à 1200 m d'altitude. Cet arbuste, haut de 2 à 10 m, possède une tige glabre à écorce lisse noire et un bois jaune pâle. Les rameaux dressés portent des feuilles vert foncé, brillantes sur la face supérieure et mates sur la face inférieure.

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

Elles sont coriaces, lancéolées, à bords ondulés, alternes et persistantes. Les fleurs blanc jaunâtre (avril–mai) apparaissent à l’aisselle des feuilles, par 4 à 6, en ombrelles **(Dominique, 2017)**, longues de 16 cm sur 8 cm de large, atténuées en court pétiole, penninerviées, entières. Les fleurs sont dioïques, odorantes, en petites ombelles axillaires pédonculées, involuquées ; le périanthe pétaloïde est caduc, à 4 divisions obovales égales ; on observe 8 à 12 étamines sur 2 rangs, avec des anthères s’ouvrant de la base au sommet par des valvules ; 1 style court et épais, à stigmate subcapité ; un ovaire libre entouré de 2 à 4 staminodes tripartites ; les fruits sont drupacés, noirs à maturité, ovoïdes, de 2 cm de long sur 1 cm de large **(Beloued, 2009)**.



Figure 06 : Morphologie de l’espèce *Laurus nobilis* **(site 01)**.

2.1.3. La systématique

L'utilisation thérapeutique des plantes médicinales nécessite l'identification exacte de l'espèce végétale, toute publication scientifique basée sur un travail phytochimique (extraction, analyse chimique des composés isolés et purifiés) suivi souvent de tests biologiques **(Hiba et Taleb Ahmed, 2022)**.

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

Tableau 01 : La classification botanique de *Laurus nobilis* (Quezel et Santa, 1962).

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous –embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Laurales
Famille	Lauracées
Genre	<i>Laurus</i>
Espèce	<i>Laurus nobilis</i> L.

2.1.4. Composition chimique de *Laurus nobilis*(L)

Plusieurs extractions dans différents solvants ont été réalisées afin de mettre en évidence la composition chimique de cette plante. L'analyse des extraits a montré que cette espèce renferme de nombreux constituants, dont la variabilité est importante, à la fois sur le plan qualitatif et quantitatif, selon l'origine des échantillons et la période de récolte (Fiorini et *al.*, 1998 ; Simic et *al.*, 2003 ; Fang et *al.*, 2005).

2.1.5. Composition chimique des feuilles

Tableau 02 : Composition chimique des feuilles de laurier noble.

Classes	Composés	Références
Acides phénoliques	Acide phénylacrylique, carbonique : libres ou estérifiés, acides p-coumarique, fénulique, sinapique, gentisique et vanillique.	(Barla et <i>al.</i>, 2007).
Flavonoïdes	Principalement la rutine, l'isoquercitrine, l'hypéroside et kaempférol-3 rhamnoside et 3-arabinoside. Le kaempférol-3-rhamnoside, 2p-coumaroyles.	(Fiorini et <i>al.</i>, 1998 ; Kang et <i>al.</i>, 2002).
Hétérosides	Méthoxyisolarécirénol -9-0-xylosides, -0-	(Uchiyama et

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

de lignanes	sécoisolariciresinol-9-O-xylosides.	<i>al.</i> , 2002).
Alcaloïdes	Actinodaphonine, isodomeesticene, launobine, N-méthylactinodaphonine, nandigérine, néolitsine et réticuline	(Brigittpee et Bruneton, 1982).
Lactones sesquiterpéniques	La déhydrocostuslactone, artémoréine, érémanthine, désacétyllaurenobiolide, laurenobiolide, reynosine, santamarine.	(Yoshikawa et <i>al.</i> , 2000).

La partie la plus utilisée : Les feuilles fraîches constituent les parties les plus utilisées de cette espèce (Messaoudi, 2008). Les feuilles de *Laurus nobilis* L. sont principalement administrées par voie orale dans le traitement symptomatique de troubles de l'appareil digestif supérieur, tels que le ballonnement épigastrique, la lenteur de la digestion et les éructations (Iserin, 2001).

Dans la médecine traditionnelle iranienne, les feuilles de cette plante ont été utilisées pour traiter l'épilepsie et le parkinsonisme (AqiliKhorasani, 1992).

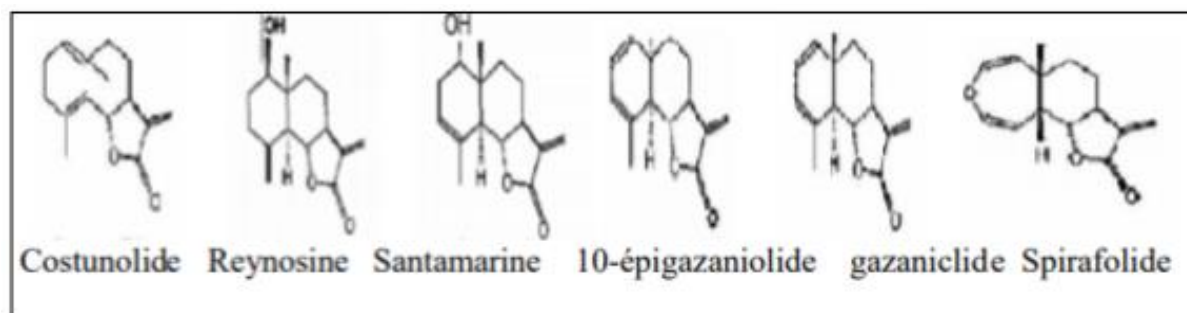


Figure 07 : Structures chimiques de quelques composés identifiés dans les feuilles de *Laurus nobilis* L. (Fang et *al.*, 2005).

2.2. Généralités sur *Syzygium aromaticum*

Syzygium aromaticum a été utilisé comme épice depuis longtemps par les guérisseurs traditionnels ayurvédiques de l'Inde pour traiter les affections respiratoires et digestives

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

(Aggarwal et Shishodia, 2006 ; Saeed et Tariq, 2008). Elle est aussi considérée comme une source riche en composés antimicrobiens bioactifs (Menghani et al., 2014).

2.2.1. Origine et répartition géographique

Originaire de Madagascar, la Réunion, les Antilles, le giroflier est également cultivé en Indonésie et en Tanzanie. Les clous de girofle américains réputent une qualité inférieure en raison de leur plus faible teneur en huile essentielle. (Alice, 2011)

Cette plante n'est pas cultivée en Algérie, car le girofle est importé de l'étranger. La superficie occupée par les girofliers à Madagascar est d'environ 37 000 hectares, une surface qui varie significativement d'une année à l'autre. Les tonnes produites et la superficie dédiée aux girofliers dans chaque zone de production sont répertoriées dans la figure ci-dessous (site 02)

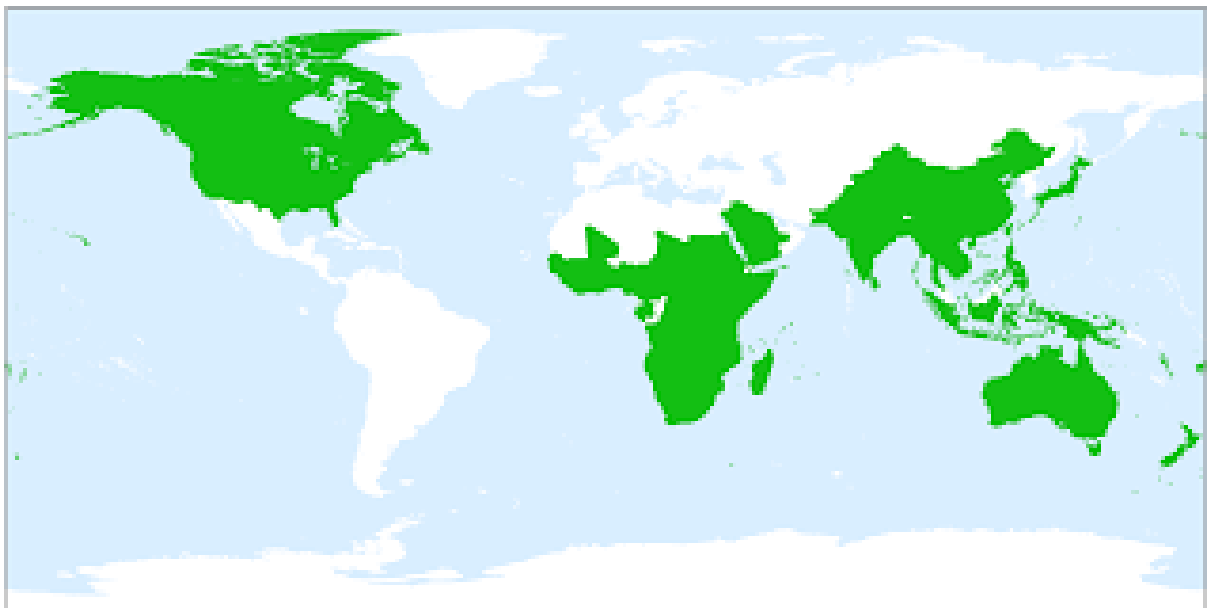


Figure 08 : Répartition géographique du *Syzygium aromaticum* (site 02)

2.2.3. Description botanique

C'est un grand arbre au tronc gris clair ridé, d'une hauteur moyenne de 10 à 12 mètres, pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut, à port pyramidal et érigé (**Fig 09**). Son feuillage est coriace et persistant. Les feuilles sont opposées, pétiolées, ovales, aux limbes lancéolés. La face supérieure est vert rougeâtre et à la face inférieure vert sombre. Elles sont légèrement ponctuées d'environ 10 à 12 centimètre. Elles sont aromatiques et dégageant une forte odeur de clou de girofle au froissement. Les fleurs sont disposées en

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

cymes terminales de 25 fleurs environ, compactes et ramifiées, regroupées en panicules de trois à cinq petites fleurs parfumées, au calice tubulaire blanc cassé, puis rouge (quatre sépales rouges charnus et persistants) et à la corolle blanc rosé (quatre dialypétales blancs) (Ghedira et al., 2010). Comme le nom de clou l'indique, le bouton floral comporte une partie quadrangulaire, l'hypanthium, longue de 10 à 12 mm pour un diamètre de 2 à 3 mm et une tête globuleuse d'un diamètre de 4 à 6 mm, entourée par les quatre lobes divergents des sépales et constituée des quatre pétales imbriqués qui enferment de très nombreuses étamines recourbées.



Figure 09 : *Syzygium aromaticum* (site 03).

2.2.4. Classification botanique

Tableau 03 : Classification scientifique de plante *Syzygium aromaticum* (Sophie, 2015).

Règne	Plantae
Classe	Angiosperme
Sous-classe	Tiporées
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtales
Genre	<i>Syzygium</i>
Espèce	<i>Syzygium aromaticum</i>

Chapitre 02. Généralité sur les plantes médicinales utilisées

2.2.5. Composition chimique

Syzygium aromaticum constitue l'une des principales sources végétales de composés phénoliques, comme les acides hydroxibenzoïques, les flavonoïdes, les propènes hydroxiphényliques, les acides hydroxicinamiques et l'eugénol (C₁₀H₁₂O₂), qui représente la principale molécule bioactive, ainsi que des dérivés de l'acide gallique tels que les tanins. De plus, le clou de girofle renferme des flavonoïdes, et des acides phénoliques. Les boutons floraux du clou de girofle renferment jusqu'à 18 % d'huile essentielle composée d'eugénol, d'acétate d'eugénol, (Batiha et al., 2020) de caryophyllène, de salicylate de méthyle, de pinène, de vanilline (Mbaveng et Kuete, 2017) et d'humulène (Jirovetz et al., 2006). L'huile de clou de girofle est incolore ou jaune pâle, avec une saveur et un goût de clou de girofle distincts. La composition de l'huile de girofle dépend principalement de plusieurs facteurs tels que les prétraitements, la variété, les conditions agro-écologiques et les procédés d'extraction (Batiha et al., 2020).

- **Composés actifs**

Le clou de girofle est riche en composés bioactifs tels que :

- **L'Huile essentielle (20%)** : huile essentielle contenant d'eugénol (85 à 95% de l'huile de clou de girofle), acétate d'eugénol (5 à 10 %), alpha- et bêta-caryophyllène (5 à 12%) et un dérivé cétonique (Paul et al., 2005 ; Ghedira et al., 2010).
- **Autres constituants** : flavonoïdes (environ 0,4%), tanins (environ 12%), acide phénolique, stérols, triterpène (tab. 04).

Tableau 04 : Composantes de l'huile essentielle de clou de Girofle (Max et al., 2003).

Composant	Eugénol	Acétate d'eugénol	Béta caryophyllene	Alpha caryophyllene
Type	Phénol	Ester aromatique	Sesquiterpéniques	Sesquiterpéniques
Pourcentage	81.67%	13.02%	3.17%	0.4 %
Formule chimique	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	C ₁₅ H ₂₄	C ₁₅ H ₂₄



Chapitre 03 : Généralité sur les huiles essentielles



Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

3.1. Historique sur les huiles essentielles

Le terme « huile essentielle » (HE) constitue une contraction de l'expression « huile quintessentielle ». Son origine renvoie à l'idée aristotélicienne selon laquelle la matière est composée de quatre éléments : le feu, l'air, la terre et l'eau. Le cinquième élément, appelé quintessence, était alors considéré comme l'esprit ou la force vitale. Autrefois, les anciens assimilaient la distillation et l'évaporation à des procédés permettant d'extraire l'esprit de la plante. Cette désignation renvoie, une fois encore, au concept d'extraction de la force vitale végétale. À la Renaissance, un médecin réformateur suisse, Paracelse (1493-1541), conféra une signification particulière au terme d'huile essentielle. Sa théorie le définissait comme l'extrait ultime, le plus sublime, correspondant à la « QuintaEssentia », c'est-à-dire le principe actif du médicament. Selon lui, l'isolement de cet extrait devait constituer l'objectif de la pharmacie **(Bardeau, 2009 ; Lardry et Haberkorn, 2007).**

L'histoire des HE débute toutefois 2000 à 3000 ans avant cette période. Chez les Égyptiens, l'essence de térébenthine était déjà utilisée, et tout porte à croire que certains parfums étaient obtenus sous forme d'huiles distillées. L'art de la distillation, initié par les Égyptiens, les Indiens et les Perses, connut une amélioration considérable au cours du IX^e siècle sous l'impulsion des Arabes, notamment avec le développement de l'alambic attribué à Avicenne (980-1037). Durant les siècles suivants, les HE furent principalement utilisés pour leurs vertus thérapeutiques et ne requéraient qu'une production limitée, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. Avec Paracelse se développèrent l'Alchimie et la notion de « Quintessence » des plantes, avant de tomber rapidement dans l'oubli **(Gilly, 1997).**

Il fallut attendre 1928 pour que « l'aromathérapie moderne » soit relancée grâce à un chimiste français, Gatefosse, qui constata les importants pouvoirs de guérison des HE. Les progrès scientifiques et les techniques d'analyse permirent de véritables investigations de ces molécules, contribuant au redéploiement international de l'aromathérapie à l'échelle mondiale **(Roux, 2008).**

3.2.Définition des huiles essentielles

Les plantes médicinales et aromatiques (PMA) renferment une multitude de composés pharmacologiques bioactifs aux effets bénéfiques considérables. Comme leur nom l'indique,

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

les plantes aromatiques contiennent des composés aromatiques, plus précisément les huiles essentielles (HE) (Salvi et al., 2022). Ces dernières sont généralement constituées d'un mélange complexe de métabolites secondaires (terpènes, composés phénoliques, alcool) (Falleh et al., 2020), synthétisés dans le cadre du métabolisme des plantes aromatiques et médicinales. Ce sont des liquides aromatiques volatils concentrés, dérivés de plantes naturelles, et pouvant être extraits de leurs fleurs, feuilles, graines, pelures, branches, écorce, bois, racines, tiges souterraines, gommes ou résines huileuses (Liang et al., 2023). Néanmoins, l'HE peut varier en diversité selon la partie de la plante utilisée comme matière première (Baptista-Silva et al., 2020).

Le produit d'extraction peut différer en qualité et en composition en fonction du climat, de la composition du sol, de l'organe végétal, de l'âge et du cycle végétatif. Ainsi, afin d'obtenir la même composition d'HE, celles-ci doivent être extraites dans des conditions identiques : à partir du même organe, d'une plante cultivée sur le même sol, sous le même climat, et récoltée durant la même saison (Baptista-Silva et al., 2020).

Le terme HE est défini à la fois par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) et par l'AFNOR/ISO (Association française de normalisation). Il s'agit d'un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie (Kurihara, 2022), soit par distillation à la vapeur, par procédés mécaniques de l'épicarpe des agrumes, soit par distillation sèche après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques. Ainsi, selon ces procédés, l'huile essentielle correspond au produit concentré obtenu lors de l'extraction de cette substance odorante complexe que l'on peut désigner comme « essence végétale » (Baptista-Silva et al., 2020).

3.3.Localisation et répartition de l'huile essentielle

Les huiles essentielles résultent du métabolisme secondaire des plantes aromatiques et sont produites dans leur protoplasme cellulaire (Hessas et Simoud, 2018).

En général, la synthèse et l'accumulation des huiles essentielles s'effectuent dans des structures histologiquement spécialisées, le plus souvent situées à proximité de la surface de la plante, voire à sa surface. Parmi ces structures figurent :

- **Les cellules à huiles essentielles** : chez les Lauracées et les Zingiberacées ;
- **Les poils sécréteurs** : chez les Lamiacées ;

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

- **Les poches sécrétrices** : chez les Myrtacées et les Rutacées ;
- **Les canaux sécréteurs** : chez les Apiacées et les Astéracées (**Laurent, 2017**).

Bien qu'elles soient présentes dans de nombreuses familles végétales, les huiles essentielles sont particulièrement concentrées dans un nombre restreint d'entre elles, notamment chez les Myrtacées, les Lauracées, les Astéracées, les Apiacées, les Rutacées et les Lamiacées (**Zaibet, 2016**).

Les plantes peuvent produire des huiles essentielles dans l'ensemble de leurs organes :

- **Fleurs** : oranger, rose, lavande, bouton floral (girofle) ...
- **Feuilles** : eucalyptus, menthe, thym, laurier, sarriette, sauge ...
- **Fruits** : fenouil, anis, épicarpes des—*Citrus* ...
- **Tiges** : citronnelles ...
- **Rhizomes et racines** : gingembre, vétiver, iris ...
- **Graines** : noix de muscade, coriandre ...
- **Bois et écorces** : cannelle, santal, bois de rose ... (**Bouزيد, 2018**).

3.4.Fonction de l'H.E dans la plante

La présence d'HE dans les plantes peut répondre à des besoins de conservation d'espèces spécifiques en fonction de leur environnement, même si leur fonction n'est pas toujours connue avec précision (**Laurent, 2017**). Je me limite ici à rapporter quelques hypothèses proposées par des auteurs.

Les essences naturelles agissent comme répulsifs contre les prédateurs (micro-organismes, insectes, etc.) et peuvent paralyser les muscles masticateurs des agresseurs en raison des propriétés toxiques et non comestibles des substances qu'elles renferment (**Samate, 2012**).

Elles interviennent également dans les réactions d'oxydo-réduction en tant que donneurs d'hydrogène (**Memmu, 2015**).

3.5.Les huiles essentielles et leurs constituants comme bio-insecticides

Les insecticides synthétiques sont largement utilisés dans le contrôle phytosanitaire. Cependant, ces produits chimiques peuvent laisser des résidus toxiques dans les plantes. De plus, ils peuvent entraîner une pollution de l'environnement en raison de leur dégradation

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

lente et avoir des effets néfastes sur la santé humaine (**Kordali et al., 2008**). Cela a conduit à des réglementations de plus en plus strictes visant à restreindre leur usage, voire à l'interdire totalement.

Le marché des bio-pesticides est en expansion à l'échelle mondiale afin de pallier les inconvénients liés à l'utilisation des produits synthétiques. Plus d'une centaine d'espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont répertoriées. La recherche s'est ainsi orientée vers les composés naturels issus des plantes en tant qu'alternatives (**Nerio et al., 2010**).

Les propriétés phytosanitaires de diverses huiles essentielles et extraits végétaux sont rapportés. Parmi les axes étudiés, la famille des Lamiacées s'est révélée produire des HE ayant des effets répulsifs sur les diptères et les coléoptères. À titre d'exemple, l'HE de menthe est efficace sur une large gamme d'insectes (*Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Acanthoscelidesobtectus*, etc.) (**Kumar et al., 2011**). L'HE d'origan a entraîné une mortalité de 68,3 % et 36,7 % chez les adultes des coléoptères *S. granarius* et *T. confusum*, respectivement (**Kordali et al., 2008**). Les HE de basilic et d'orange (Rutacées) sont toxiques pour deux coléoptères fréquemment observés dans les graines stockées, *Sitophilus zeamais* et *T. castaneum* (**Kim et Lee, 2014**). L'HE de sauge sauvage s'est montrée efficace contre le coléoptère *T. castaneum* (El Abdouni **Khiyari et al., 2014**).

D'autres travaux indiquent que l'HE d'anis (Apiacées) et son composé majeur, le trans-anéthole, accélèrent la mortalité des larves et des adultes de *Culex quinquefasciatus* (Diptères) (**Pavela, 2014**). L'application de l'HE d'ail (Alliacées) est toxique pour les coléoptères *S. oryzae* et *T. castaneum* (**Yang et al., 2010**). L'HE d'eucalyptus (Myrtacées) exerce une activité toxique sur les larves et les nymphes du diptère *Muscadomestica* (**Kumar et al., 2012**).

Les activités répulsives des HE sont généralement liées à la présence de monoterpènes et de sesquiterpènes. Dans certains cas, les composés peuvent agir en synergie, renforçant ainsi leur efficacité. Par exemple, les fortes activités des HE de basilic et d'eucalyptus sont attribuées à des composés présents dans leurs fractions à forte activité répulsive, tels que l' α -pinène, le limonène, le citronellol, le citronellal, le camphor et le thymol (**Nerio et al., 2010**). Le mode d'action des HE peut s'exercer par contact, inhalation, ingestion, ou par une combinaison de ces modes (**Werdin González et al., 2014**).

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

3.6.Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction, mais quatre procédés principaux sont généralement utilisés : la distillation, l'expression, l'extraction au solvant et l'extraction assistée par microondes.

3.6.1. La distillation

Il s'agit de la méthode la plus courante, car elle convient à la majorité des plantes. Les huiles essentielles ne sont pas solubles dans l'eau (ce sont des huiles), mais elles le sont dans la vapeur : lorsque la vapeur d'eau traverse la plante, elle entraîne les huiles. Dans un dispositif spécifique, la vapeur d'eau chargée de ces composés est dirigée vers une chambre de refroidissement ; la vapeur redevient liquide et les huiles se séparent (en flottant à la surface). Elles sont ensuite récupérées par décantation. Le temps de distillation dépend de la plante : 3 heures pour le géranium, 4 heures pour le girofle... Le temps complet doit être respecté afin d'obtenir une huile aromatique de qualité révélant « toute son activité ». À titre informatif, le temps de distillation est d'environ 30 minutes pour les huiles essentielles destinées aux lessives : les lessives ne recherchent pas les qualités thérapeutiques des huiles essentielles, seule la molécule odorante les intéresse (**Festh  a, 2014**).

3.6.2. L'expression (extraction)    froid

L'expression à froid correspond à une extraction sans chauffage, appliqu  e aux agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse). Le principe de ce procédé mécanique repose sur la rupture des petites vésicules et des poches à essence. L'essence lib  r  e est ensuite entra  n  e par un jet d'eau. Le processus consiste à fixer le fruit sur des éléments munis de lames et d'autres pièces qui l'enveloppent ; un couteau circulaire perce un orifice à la base du fruit. La pression exerc  e sur les parois permet d'extraire le jus, qui est dirigé vers un collecteur, tout en libérant l'essence de l'épicarpe, r  cup  r  e grâce à un jet d'eau. L'émulsion eau/essence est ensuite s  par  e par décantation. L'intérêt de cette technologie réside dans l'obtention d'une essence n'ayant subi aucune modification chimique due à la chaleur, tout en étant coupl  e à la production de jus de fruits (**Mnayer, 2014**).

Chapitre 03. Généralité sur les huiles essentielles

3.6.3. L'extraction par solvant

Cette méthode consiste à dissoudre l'essence dans un solvant volatil (et non dans l'eau). Le produit obtenu est appelé « absolu », globalement proche de l'huile essentielle. Il est employé dans l'industrie de la parfumerie et non dans les traitements **(Festhéa, 2014)**.

3.6.4. Extraction assistée par micro-ondes

Ces dernières années, de nouvelles technologies se sont développées, notamment la distillation d'eau par micro-ondes sous décharge. Dans ce procédé, la plante est chauffée de manière sélective par rayonnement micro-ondes dans un récipient à pression séquentiellement réduite, et l'HE est piégée dans le mélange de vapeur d'eau issu de la matière végétale traitée (avec un ajout contrôlé d'eau aux produits frais transformés). Rapide et économe en énergie, ce procédé fournit un produit généralement de meilleure qualité qu'un produit issu d'une distillation traditionnelle à l'eau (temps de travail divisé par 5 à 10 et température plus faible). Les micro-ondes induisent généralement un chauffage rapide et intense des matériaux polaires, avec une réduction significative du temps de réaction et, dans la plupart des cas, une productivité élevée **(Bekhechi et Abdelouahid, 2010)**.



Chapitre 04 : Matériels et Méthodes



Chapitre 04. Matériels et Méthodes

Les travaux expérimentaux de cette étude ont été réalisés dans le laboratoire de chimie et de parasitologie de la faculté des sciences et de la vie de l'université Chadli Bendjedid. L'étude visait évaluer l'activité répulsive et bio insecticide des deux huiles essentielles, *Laurus nobilis* et *Syzygium aromaticum* contre *T. castaneum*, un insecte nuisible aux graines stockées.

4.1. Matériel utilisé

4.1.1. Matériel de laboratoire

Dans le cadre des diverses expérimentations menées, une variété d'instruments et d'équipements a été utilisée.

- Hydrodistillateur (Clevenger).
- Une balance de précision ;
- Un réfrigérateur à 4°C pour la conservation d'huile essentielle ;
- Un mixeur ;
- Tubes Eppendorf ;
- Papier film ;
- Papier aluminium ;
- Étiquettes.

Pour le dosage des huiles essentielles nous avons utilisé une micropipette de 0.5 à 10µl, de 10 à 200µl et de 1000µl.

Des flacons stériles en plastique de 60ml ont été utilisés pour le test par inhalation.

- Une balance électrique pour peser les quantités de farine utilisées pour les tests ;
- Une boîte de Pétri de 15 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur ;
- Une micropipette, un pinceau et du papier filtre de 9 cm ;

Le matériel utilisé comprend divers accessoires tels qu'une spatule, un tamis, des étiquettes, des boîtes de Pétri en plastique, un mixeur, des tubes Eppendorf, des ciseaux, du papier d'aluminium, des béchers, etc.

Chapitre 04. Matériels et Méthodes



Photo 01. Matériel de laboratoire : **A** : Micropipette, **B** : Mixeur (Taguida et Dine, 2026)

4.1.2. Matériel animal : *Tribolium castaneum* L.

Les individus de *T. castaneum* utilisés dans notre expérimentation proviennent d'un élevage de masse réalisé sur la farine à partir d'une souche originaire du laboratoire chimie et parasitologie de la faculté des sciences et de la vie, l'université de Chadli Bendjedid.



Photo 02. *T. castaneum* (Taguida et Dine, 2026)

4.1.3. Matériel Végétale

4.1.3.1. Présentation de *Laurus nobilis* L.

Laurus nobilis, communément appelé laurier noble, appartient à la famille des Lauraceae. Il s'agit d'un arbuste aromatique largement utilisé dans les domaines culinaire, médicinal et phytosanitaire. Les feuilles de *L. nobilis* ont été récoltées dans la région d'El Tarf, el Aioun. Après la récolte et le séchage .

Présentation de *Syzygium aromaticum*

La plante *Syzygium aromaticum* L. (Merr. & L.M. Perry), communément appelé giroflier appartient à la famille des Myrtaceae. Il s'agit d'un arbre aromatique largement utilisé dans les domaines culinaire, médicinal et phytosanitaire en raison de la richesse de ses boutons floraux en composés bioactifs, notamment l'eugénol. *Syzygium aromaticum* ont été importé de pays tropicaux producteurs. Après la récolte, les boutons floraux ont été soigneusement nettoyés puis séchés à l'air libre dans un endroit ombragé et bien ventilé afin de préserver leurs principes actifs. Une fois secs, *Syzygium aromaticum* ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre grossièrement moulue, utilisée par la suite dans les différentes expérimentations.

4.1.3.2. Les huiles essentielles utilisées

Les huiles essentielles utilisées sont : l'huile essentielle de laurier (une huile liquide de couleur jaune pâle) et l'huile essentielle de boutons floraux séchés de *Syzygium aromaticum* (une huile transparente). Ces huiles sont extraites par hydrodistillation et conservées dans des tubes Eppendorf à 4 °C.



Photo 03. L'huile essentielle de laurier et de *Syzygium aromaticum* (Taguida et Dine, 2026)

4.2.Méthodes de travail

4.2.1. Elevage de masse d'insecte *Tribolium castaneum*



Photo 04. Elevage de masse de *Tribolium confusum* (Taguida et Dine, 2026)

Élevage de masse de *T. castaneum* a été réalisé dans des boites en plastique contient 260 g de farine maintenus dans des conditions optimales d'une température de 26°C à 27°C et une humidité relative à (65% – 70 %).

4.2.2. Extraction et rendement des huiles essentielles

4.2.2.1.Principe de l'extraction

L'étude porte sur l'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles de plante aromatiques, *Laurus nobilis* et *Syzygium aromaticca*. Les échantillons végétaux ont été collectés de manière aléatoire dans la région d'El Tarf. Après la récolte, les feuilles ont été soigneusement lavées à l'eau afin d'éliminer les impuretés et les poussières. Elles ont ensuite été découpées en petits fragments puis séchées à l'ombre à température ambiante pendant une durée d'environ 10 à 15 jours, jusqu'à l'obtention d'un matériel végétal parfaitement sec. Ce séchage permet de réduire la teneur en eau et de préserver les composés aromatiques avant l'extraction des huiles essentielles



Photo 05. Appareil d'hydrodistillateur de type Clevenger (Taguida et Dine, 2026)

4.2.2.2.Principe de l'hydrodistillation

L'hydrodistillation est une technique d'extraction des huiles essentielles basée sur la vaporisation et la condensation des composés volatils contenus dans la matière végétale. Dans ce procédé, la matière végétale séchée est placée dans un ballon contenant de l'eau puis chauffée jusqu'à ébullition. Sous l'effet de la chaleur, les cellules végétales se rompent et libèrent les composés aromatiques volatils. La vapeur d'eau entraîne ces composés vers un condenseur où le mélange vapeur-huile essentielle se refroidit et se transforme en liquide appelé distillat.

L'huile essentielle, étant immiscible dans l'eau, se sépare naturellement de la phase aqueuse et peut être récupérée par décantation. Cette méthode est largement utilisée pour l'extraction des huiles essentielles, car elle est simple et efficace pour récupérer les composés aromatiques des plantes.



Photo 06. Préparation de clou de girofle et laurier pour extraction (Taguida et Dine, 2026)

4.2.2.3. Calcul du Rendement des huiles essentielles HEs

D'après la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle est défini comme le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Ce rendement est généralement exprimé en pourcentage (%).

Le rendement est calculé selon la formule suivante :

$$R(\%) = M1 / M2 * 100$$

Où :

- **R (%)** : rendement de l'huile essentielle.
- **M1** : masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (g).
- **M2** : masse de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction (g).

Avant l'extraction, la matière végétale, les feuilles de *L. nobilis* et de *S. aromaticum*, est pesée à l'aide d'une balance analytique. L'extraction des huiles essentielles est ensuite réalisée par hydrodistillation. Après la condensation et la séparation de l'huile essentielle de la phase aqueuse, la quantité d'huile essentielle obtenue est mesurée afin de déterminer le rendement de l'extraction.

Chapitre 04. Matériels et Méthodes

4.2.3. Test de répulsivités de deux huiles essentielles sur les adultes de *T. castaneum*

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion d'une huile essentielle à l'égard de *T. castaneum* par la méthode de la zone préférentielle sur papier décrite par **Jilani (1990)**. Vingt (20) adultes de *T. castaneum* sont libérés au centre de papier filtre Wattman n° 2 de 9 cm de diamètre, chaque disque de papier filtre est découpé en deux parties égales et les boîtes sont fermées :

- Préparation de quatre doses différentes de l'huile essentielle de 1, 2.5, 5, et 7.5 µl dans 0.5ml d'acétone
- Pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose d'huile essentielle diluée dans l'acétone, tandis que l'autre moitié reçoit uniquement l'acétone
- Après évaporation complète du solvant à l'air libre pendant 10 mn, nous rassemblons dans les deux parties (partie traitée et non traitée) par une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de pétri de 9 cm de diamètre
- On fait plusieurs répétitions pour chaque concentration
- Au bout de chaque heure, nous comptons le nombre d'individus présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle et le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone

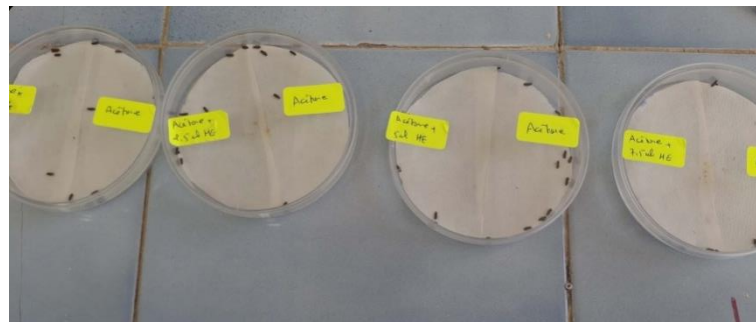


Photo 07. Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre (**Taguida et Dine, 2026**)

Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par **Nerio et al.,**

$$\text{PR (\%)} = (\text{NC} - \text{NT}) / (\text{NC} + \text{NT}) \times 100$$

Chapitre 04. Matériels et Méthodes

- **NC** : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée uniquement avec d'acétone.
- **NT** : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée avec la solution huile acétone

Le pourcentage de répulsion moyen est calculé (PR) et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC Donald et al, 1970), qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 05 : Pourcentage de répulsion selon le classement de **MC Donald et al., 1970**.

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1 \%$	N'est pas répulsive
Classe I	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Très faiblement répulsive
Classe II	$20 \% < PR \leq 40\%$	Faiblement répulsive
Classe III	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsive
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsive
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsive

4.2.4. Test de toxicité par inhalation de l'huile essentielle *S. aromaticum* sur les adultes de *T. castaneum*

Un fragment de papier filtre de 2 cm a été suspendu à la face interne d'un flacon en plastique de 60 mL. Dix adultes , accompagnés de 3 g de farine saine, ont ensuite été introduits dans chaque flacon. Différentes concentrations d'huile essentielle ont été appliquées séparément sur le papier filtre de chaque flacon.

Cinq (5) répétitions ont été réalisées pour chaque concentration utilisée. Un témoin non traité par l'huile essentielle (HE) a également été préparé. Le dénombrement des individus morts a été effectué après des temps d'exposition variables de 24 h, 48 h et 72 h.

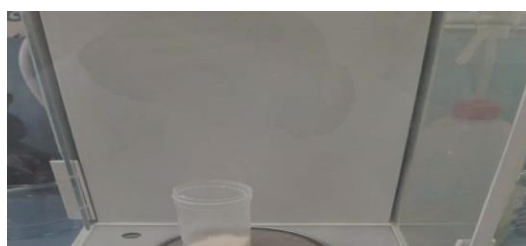


Photo 08. Préparation des flacons du test inhalation (Taguida et Dine, 2026)

4.2.4.1. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Afin d'évaluer l'efficacité du produit testé, il est nécessaire de corriger la mortalité enregistrée chez les adultes traités. En effet, le nombre d'individus recensés morts dans une population expose à une substance toxique ne correspond pas uniquement à la toxicité induite par cette substance. Une pollution naturelle existe au sein de toute population et s'ajoute à celle provoquée par le toxique.

Par conséquent, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés selon la formule suivante :

$$MC (\%) = (MO - Mt/100 - Mt)*100$$

Où :

- **MC** : pourcentage de mortalité corrigée ;
- **MO** : mortalité enregistrée dans la population traitée par l'huile ;
- **Mt** : fidélité enregistrée dans le témoin non traité.

4.2.4.2. Détermination de la CL50

L'un des moyens d'évaluer l'efficacité d'un produit repose sur la détermination de la CL50, définie comme la concentration de substance toxique provoquant la mortalité de 50% des individus appartenant à un même lot.

Cette valeur est déterminée à partir du tracé de la droite de régression reliant la mortalité à la dose administrée. À cette fin, les pourcentages de mortalité corrigée sont convertis en unités probit selon la méthode de **Finney (1952)**, en utilisant le logiciel GraphPad Prism.



Résultats & Discussion



Résultats et Discussion

5.1. Le rendement de l'extraction en huile essentielle

5.2.1. Le rendement de l'HE de *Laurus nobilis* L.

Le rendement obtenu en huile essentielle après extraction par hydrodistillation de 100 g de Laurier concassé (*Laurus nobilis*) était de l'ordre de 1%. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 06. Le rendement de l'HE de *Laurus nobilis* L. par hydrodistillation

Masse de matière sèche en (g)	Masse de l'huile essentielle en (ml)	Rendement de l'huile essentielle (%)
100g	1 ml	1%

Le rendement en huile essentielle obtenu à partir des feuilles sèches de *Laurus nobilis* par hydrodistillation est de l'ordre de 1%. Cette valeur est relativement proche de celles rapportées dans plusieurs travaux consacrés à cette espèce. En effet, **Bousbia (2011)** a obtenu un rendement de 1,1% à partir des feuilles de laurier dans la région d'el Tarf, el Aioun, ce qui est légèrement supérieur à celui observé dans notre étude. De même, **Sellami et al. (2011)** ont rapporté des rendements variant entre 0,8 et 2,5% selon la période de récolte et les conditions environnementales.

Comparativement à d'autres études, notre rendement apparaît supérieur à celui rapporté par **Kamal et al. (2011)**, qui ont obtenu un rendement de seulement 0,5 % à partir de feuilles de laurier provenant de Malaisie. En revanche, il demeure inférieur aux rendements signalés dans certaines régions méditerranéennes, où des valeurs pouvant dépasser 2% ont été enregistrées (**Derwich et al., 2009**).

Les différences observées entre les rendements peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. Selon **Kelen et Tepe (2008)**, la période de récolte joue un rôle déterminant sur la quantité d'huile essentielle produite. De plus, les conditions climatiques, la situation géographique, les caractéristiques génétiques de la plante, l'âge et l'état physiologique des feuilles, les conditions de séchage ainsi que la méthode et la durée d'extraction influencent

fortement le rendement en huile essentielle (Vekiari et al., 2002). La granulométrie de la matière végétale après concassage peut également affecter l'efficacité de l'extraction.

Ainsi, malgré les variations observées dans la littérature, le rendement obtenu dans cette étude peut être considéré comme satisfaisant et conforme aux valeurs généralement rapportées pour *Laurus nobilis*.

Ce résultat témoigne de la richesse de cette espèce en composés aromatiques et confirme son intérêt pour les applications pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques.

5.1.2. Le rendement de l'HE de *Syzygium aromaticum* L.

Le rendement obtenu en huile essentielle après extraction par Hydrodistillation de 100 g de Clou de girofle était de l'ordre de 6.25 %. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 07. Le rendement de l'HE de *Syzygium aromaticum* L. par hydrodistillation

Masse de matière sèche en (g)	Masse de l'huile essentielle en (ml)	Rendement de l'huile essentielle (%)
100g	6.25ml	6.25%

Le rendement en huile essentielle obtenu à partir de 100g de clous de girofle (*S. aromaticum*) par hydrodistillation est de l'ordre de 6,25%. Ce rendement relativement élevé confirme que le clou de girofle constitue une source particulièrement riche en huile essentielle, principalement en raison de sa forte teneur en eugénol, composé majoritaire responsable de ses propriétés aromatiques et biologiques.

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par plusieurs auteurs. En effet, Chaieb et al. (2007) ont obtenu des rendements compris entre 5 et 8%, tandis que Gülçin et al. (2012) ont signalé des valeurs avoisinant 7% pour les boutons floraux séchés de *S. aromaticum*. Le rendement obtenu dans notre étude se situe donc dans l'intervalle généralement rapporté dans la littérature pour cette espèce.

Par ailleurs, notre rendement est supérieur à celui rapporté par certains auteurs ayant obtenu des valeurs comprises entre 3 et 5%, selon l'origine géographique du matériel végétal et les conditions d'extraction. Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs,

notamment l'origine de la plante, les conditions climatiques, le stade de maturité des boutons floraux, les conditions de stockage, le degré de séchage ainsi que la méthode d'extraction utilisée.

Selon **Kelen & Tepe (2008)**, la période de récolte influence considérablement le rendement et la qualité des huiles essentielles. De plus, des facteurs tels que la génétique de la plante, les conditions environnementales, la durée de l'hydrodistillation et la préparation de la matière végétale peuvent avoir un impact direct sur la quantité d'huile obtenue (**Vekiari et al., 2002**).

Ainsi, le rendement de 6,25 % obtenu dans cette étude peut être considéré comme satisfaisant et témoigne de la richesse du clou de girofle en composés volatils.

Ce résultat confirme l'intérêt de *Syzygium aromaticum* comme source importante d'huile essentielle destinée aux domaines pharmaceutique, alimentaire, cosmétique et agroalimentaire.

5.2. Effet répulsif des huiles essentielles extraites contre l'espèce ravageuse *T. castaneum*

5.2.1. Effet répulsif de l'HE extraite de Laurier *Laurus nobilis L.*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle testée sont récapitulés au niveau du tableau 8. Ces résultats montrent une variation dans la réponse des adultes de différentes doses (1 , 2,5 , 5 et 7.5 µl) de l'HE de laurier ont occasionné respectivement 53, 80, 83.33, 96 de répulsion vis-à-vis des adultes de *Tribolium Castaneum*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose de 1µl.

Résultats et Discussion

Tableau 08. Nombre moyen d'adulte recensés dans le papier filtre à différentes concentration de l'huile essentielle testée de laurier *Laurus nobilis* et les pourcentages de répulsion de chaque dose.

La dose (μ l)	Nombre d'individus		Pourcentage de répulsion (%)
	Partie non traité	Partie traité	
1 μ l	15.33	4.66	53%
2.5 μ l	18	2	80%
5 μ l	18.33	1.66	83.33%
7.5 μ l	19.66	0.33	96%

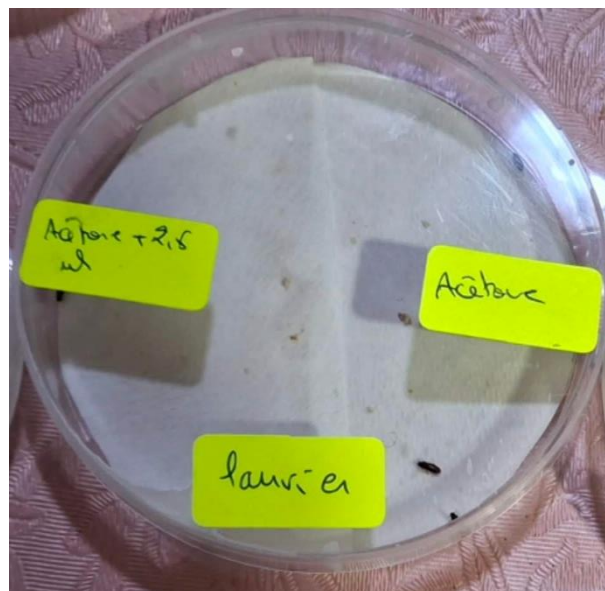


Photo 09. Test répulsif de l'huile essentielle testée de *Laurus nobilis* à l'égard de l'insecte *Tribolium castaneum* (Taguida et Dine, 2026)

Huile	<i>Laurus nobilis</i>
Taux de répulsion	78.71%
Classe de répulsion	Classe IV
Effet	Répulsive

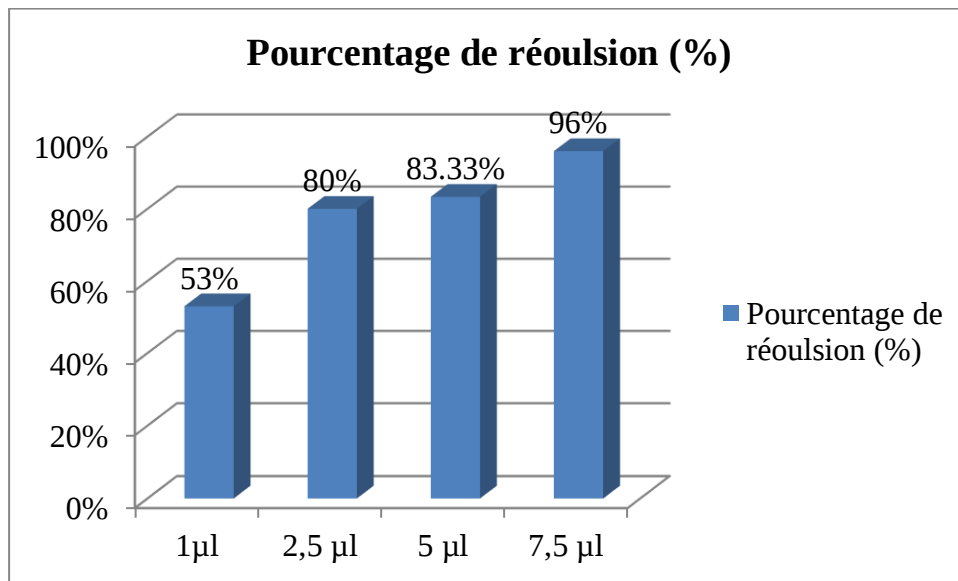


Figure 10: Le pourcentage de répulsion des adultes de *Tribolium Confusum* traités avec les différentes concentrations de l'HE de *Laurus nobilis*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* possède une activité répulsive élevée contre les adultes de *Tribolium castaneum*. Le pourcentage de répulsion augmente progressivement avec la dose appliquée, passant de 53% à 96%, ce qui met en évidence une relation dose-effet positive. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Rozman et al. (2007)** et **Isman (2006)**, qui ont signalé l'efficacité répulsive des huiles essentielles riches en composés terpéniques contre les insectes des denrées stockées. Cette activité est principalement attribuée au 1,8-cinéole, à l' α -pinène et au linalol, constituants majeurs de l'huile essentielle de laurier. Ainsi, cette huile essentielle pourrait constituer une alternative naturelle prometteuse aux insecticides chimiques pour la protection des produits stockés.

5.2.2. Effet répulsif de l'HE extraite de *Syzygium aromaticum* L.

Les résultats obtenus des pourcentages de répulsion des différentes concentrations (1 , 2,5 , 5 et 7.5 µl) de l'huile essentielle *Syzygiumaromaticum* testée vis-à-vis l'insecte ravageur T. castaneum, sont récapitulés au niveau du tableau ci-dessous.

Résultats et Discussion

Tableau 09. Nombre moyen d'adulte recensés dans le papier filter à différentes concentration de l'huile essentielle testée de clou de girofle *Syzygium aromaticum* et les pourcentages de répulsion de chaque dose.

La dose (μ l)	Nombre d'individus		Pourcentage de répulsion (%)
	Partie non traité	Partie traité	
1 μ l	15.66	4.33	56%
2.5 μ l	16	4	60%
5 μ l	19	1	82.5%
7.5 μ l	19.33	0.66	92.5%

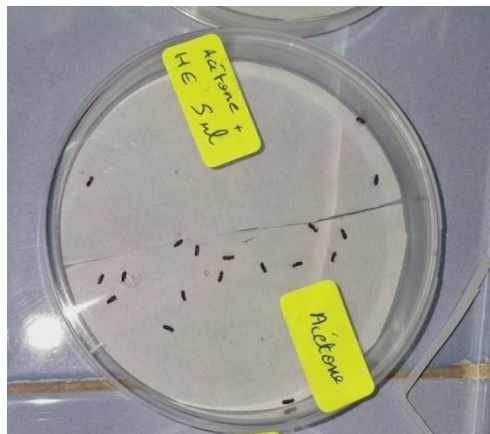


Photo 10. Test répulsif de l'huile essentielle testée de *Syzygium aromaticum* à l'égard de l'insecte *Tribolium castaneum* (Taguida et Dine, 2026)

Huile	<i>Syzygium aromaticum</i>
Taux de répulsion	72.75
Classe de répulsion	Classe IV
Effet	Répulsif

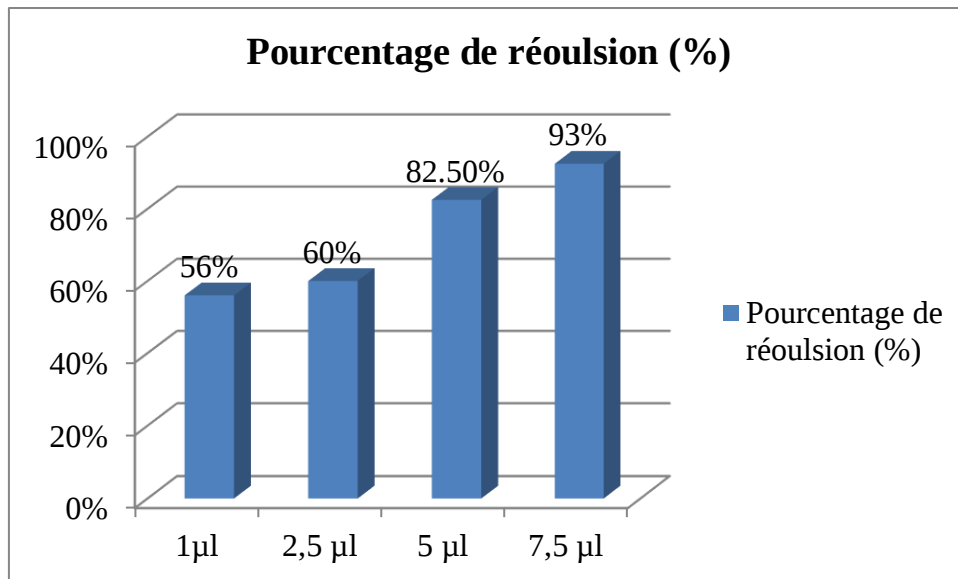


Figure 11: Le pourcentage de répulsion des adultes de *Tribolium Confusum* traités avec les différentes concentrations de l'HE de *Syzygium aromaticum*

Les résultats montrent que l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* exerce une forte activité répulsive contre les adultes de *Tribolium castaneum*. Le pourcentage de répulsion augmente avec la dose appliquée, passant de 56% à 92,50%, ce qui traduit une relation dose-effet positive. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Huang et al. (2002)** et **Chaieb et al. (2007)**, qui ont mis en évidence les propriétés répulsives et insecticides de l'huile essentielle de clou de girofle. Cette activité est principalement attribuée à l'eugénol, composé majoritaire de cette huile essentielle. Ainsi, *Syzygium aromaticum* présente un potentiel intéressant comme répulsif naturel pour la protection des denrées stockées.

5.3. Évaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* par fumigation à l'égard de *T. castaneum*

Les tests de toxicité par fumigation menés sur les adultes de *Tribolium castaneum* révèlent que l'huile essentielle de laurier noble (*Laurus nobilis*) possède une activité bio insecticide remarquable. Nos résultats démontrent que la mortalité des insectes est proportionnelle aux concentrations testées après un temps d'exposition de 24 heures. L'effet fumigant de l'HE de *Laurus nobilis* s'observe dès la plus faible concentration de 2334 µL/Lair avec 10 % de mortalité et une concentration moyenne de 4000 µL/L d'air avec 50 % de mortalité.

L'activité fumigante observée s'explique par la nature volatile des constituants de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*. Nos observations sont en parfait accord avec les travaux de **Ben Jemâa et al. (2012)**, qui ont démontré la grande vulnérabilité des coléoptères des denrées stockées face aux vapeurs de laurier noble. Ces auteurs attribuent cette toxicité à la richesse de cette plante en composés mono terpéniques volatils, capables de pénétrer facilement par les stigmates respiratoires des insectes.

Cependant, en comparant nos valeurs toxicologiques à la littérature, nous constatons que la sensibilité de notre population de *T. castaneum* est plus faible que celle rapportée par d'autres chercheurs. Par exemple, **Ayvaz et al. (2010)** ont mis en évidence des CL50 nettement plus basses pour *L. nobilis* sur d'autres ravageurs des denrées. Plusieurs facteurs biologiques et environnementaux peuvent expliquer ces divergences :

1. **La composition chimique (le chémotype) :** L'efficacité d'une huile essentielle dépend de son profil chromatographique. Le composant majoritaire du laurier noble est généralement le **1,8-cinéole (eucalyptol)**, accompagné de molécules comme l'alpha-terpinyl acétate ou le sabinène. Les variations climatiques, la période de récolte des feuilles de laurier et la zone géographique influencent fortement la concentration de ces principes actifs (**Rozman et al., 2007**). Un taux plus faible en 1,8-cinéole dans notre extrait pourrait expliquer la concentration de 4059,7 µL/Lair d'air nécessaire pour éliminer 50 % de la population.
2. **La tolérance spécifique de *T. castaneum* :** Ce ravageur est scientifiquement reconnu pour sa robustesse et sa tolérance naturelle supérieure par rapport à d'autres insectes des stocks comme *Sitophilus oryzae* ou *Rhyzoperthadominica* (**Chafei et al., 2021**). Son système de détoxification enzymatique cuticulaire ou intestinal est souvent plus performant.



Conclusion & Perspectives



Conclusion & Perspectives

Cette étude s'inscrit pleinement dans une démarche de transition écologique, visant à rechercher des solutions biosourcées, durables et respectueuses de l'environnement, capables de se substituer aux insecticides chimiques conventionnels employés pour la protection des denrées stockées. Dans ce contexte, nos travaux ont porté sur l'évaluation des activités répulsives et insecticides par fumigation de deux huiles essentielles (HE) extraites de plantes aromatiques : le laurier noble (*Laurusnobilis* L.), récolté dans la région d'El Tarf (Algérie), et le clou de girofle (*Syzygiumaromaticum* L.), vis-à-vis des adultes de *Tribolium castaneum* (Herbst), sous des conditions expérimentales contrôlées.

L'extraction par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger a mis en évidence des rendements variables mais hautement compétitifs selon l'espèce végétale considérée, atteignant 1,00 % pour *L. nobilis* et 6,25 % pour *S. aromaticum*. Ces taux d'extraction témoignent de la richesse de nos matières premières en essences volatiles.

Les investigations biologiques menées au cours de ce travail ont permis de dégager les conclusions majeures suivantes :

- **Une activité répulsive remarquable :** L'évaluation du pouvoir répulsif a révélé une sensibilité hautement significative des adultes de *T. castaneum* aux deux huiles essentielles testées. Selon le classement de McDonald *et al.* (1970), les deux essences se positionnent dans la classe IV (substances très répulsives). L'huile essentielle de *L. nobilis* s'est distinguée par l'activité la plus vigoureuse avec un taux moyen de répulsion de 78,71 %, suivie de près par celle de *S. aromaticum* avec 72,75 %.
- **Une efficacité bioinsecticide par fumigation avérée :** Les essais de toxicité ont démontré que l'huile essentielle de laurier noble possède un potentiel biocide dose-dépendant et fulgurant après seulement 24 heures d'exposition.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment le grand intérêt des huiles essentielles comme alternatives naturelles prometteuses dans les stratégies de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des produits stockés. Leur valorisation à l'échelle pilote ou industrielle pourrait contribuer de manière décisive à réduire les pertes économiques

Conclusion & Perspectives

post-récolte de la filière céréalière, tout en limitant l'empreinte écotoxicologique liée aux pesticides de synthèse.

Afin d'approfondir ces travaux et d'ouvrir la voie à une application concrète sur le terrain, plusieurs perspectives de recherche méritent d'être envisagées :

1. **Élargissement du spectre d'action** : Évaluer l'efficacité par fumigation et par contact de ces huiles essentielles contre d'autres ravageurs majeurs des denrées (tels que *Sitophilus granarius* ou *Rhyzoperthadominica*) afin d'établir un profil de sensibilité comparatif entre espèces cibles.
2. **Sensibilité des stades de développement** : Étudier la sensibilité des différents stades biologiques de *T. castaneum* (œufs, larves et nymphes) pour identifier le stade le plus vulnérable et mesurer les potentiels effets ovicides ou larvicides.
3. **Caractérisation chimique et mécanismes** : Caractériser le profil chromatographique (CPG-SM) précis de nos extraits afin d'identifier les composés majoritaires (comme le 1,8-cinéole pour le laurier ou l'eugénol pour le clou de girofle) et d'élucider leurs mécanismes d'action neurotoxiques exacts (notamment l'inhibition de l'acétylcholinestérase).



Références bibliographiques



Références bibliographiques

A

- **Aqilikhorsani MS. (1992).** Colloction of drugs (Materia media). Enqelab-e-Eslami Publishing and Educational Organization, Tehran, pp : 624–630.
- **Akbay P., basaran A. A., Undeger U. & Basaran N. 2003.** In vitro immunomodulatory activity of flavonoid glycosides from *Urtica dioica* L., *Phytother. Res.*, 17:34-37.
- **Ait haj Said A., El Otmani I., Derfoufi., Benmoussa A. 2016.** Mise en valeur du potentiel nutritionnel et thérapeutique de l'ortie dioïque (*Urtica dioica* L.). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical science*, 7(10):8-14
- **Amrani T, 2018.** Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Clous de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées (coléoptère; ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Mémoire de master 2 : biologie de conservation. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 60 p
- **Ahmad, F., Iqbal, N., Zaka, S. M., Qureshi, M. K., Saeed, Q., Khan, K. A., ... & Awar, M. B. (2019).** Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1804-1808.
- **Arthur, F. H. (2019).** Residual efficacy of a deltamethrin emulsifiable concentrate formulation against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitotroga cerealella* (Oliver) after partial treatment of brown rice. *Insects*, 10(4), 95.

B

- **Bugguide., 2017.** Étude de l'activité insecticide de l'extrait d'*Inula viscosa* à l'égard de deux espèces d'insectes *Ceratitis capitata* et *Tribolium castaneum*. 36p
- **Bonnetone, F. 2010.** Quand *Tribolium* complémente la génétique de la drosophile. *Medecine/Sciences*, 26 : 7p.
- **Boles, P., 2011.** *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) – Red Flour Beetle. Agricultural Research Service, United States, Departement of Agriculture.
- **Ben Jemâa J.M., Tersim N., Taleb Toudert K., Khouja M.L. (2012).** Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and

Morocco, and comparative chemical composition. Journal of Stored Products Research.48 , pp : 97-104

- **Beloued. 2009.** Laurier ; Description ; Habitat ; Composition chimique. Dans plantes médicinales d'Algérie (p. 124).
- **Barla A, Topçu G, Oksuz S, Tumen G, Kingston, DG. (2007).** Identification of cytotoxic sesquiterpene from *Laurus nobilis* L. Food chemistry, Vol. 104, n° 4, pp : 1478-1484.
- **Brigittee C, Bruneto J. (1982).** Alcaloides du laurier noble, *laurus nobilis*. journal of Natural Products, Vol. 45, n° 5, pp :560-563.
- **Bertrand, B., & Jeanne, A. (2008).** Les secrets de l'ortie (10e éd., pp. 45–95). Éditions de Terran
- **Botineau, M. 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. TEC and DOC Lavoisier, Paris.
- **Belabbas, M. A. 2020.** On implicit regularization: Morse functions and applications to matrix factorization. arXiv preprint arXiv:2001.04264.
- **Bardeau, F. (2009) :** Les huiles essentielles: Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. Fernand Lanore.
- **Baptista-Silva, S ., Borges, S ., Oscar, L. R ., Pintado , M Et Sarmiento , B .2020.** The Progress Of Essential Oils As Potential Therapeutic Agents: A Review . Journal Of Essential Oil Research .P 1-2 DOI: 10.1080/10412905.2020.1746698
- **Bouid, D. 2018.** Evaluation De L'activité Biologique De L'huile Essentielle D'une Plante Endémique *Hélichrysum italicum* (Roth) G. Don .Thèse De Doctorat En Sciences .Université Ferhat Abbas Sétif 1 .P 6.
- **Bekhechi, charades et Abdelouahid, Djamel. 2010.** Les huiles essentielles. Edition : 1.04.5145 .P15-P20.

C

- **Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ième Edition, 124-154.
- **Camara A. 2009.** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coléoptères curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coléoptère Ténébrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'élevage traditionnelle pratiquée en Basse Guinée et utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse d'obtention du titre de Docteur en Science de l'environnement, Université du Québec à Montréal. 173p.

- **Chaaben H., Motri S., & Ben Selma M. Z. 2015.** Etude des Propriétés Physico-chimiques de l'Huile de Fruit de *Laurus nobilis* et Effet de la Macération par les Fruits et les Feuilles de *Laurus nobilis* sur les Propriétés Physico-Chimiques et la Stabilité Oxydative de l'Huile d'Olive. *Journal of new science* (8) : 873-880.
- **Couplan F. 2013.** Guide nutritionnel des plantes sauvages et cultivées. Paris: Delachaux et Niestlé. 256 p.
- **Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., et al. (2007).** The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Syzygium aromaticum*. *Phytotherapy Research*, 21, 501–506.

D

- **Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures (Éd. Rev.) (Manitoba) Canada. 59 p
- **Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chauds, Faune tropicale XXXII. Paris. 103-106 p.
- **Delobel A., Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. ORSTOM/CTA. Faune tropicale 32. Paris. Désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris, 424p.
- **Dia, C. A. K. M. (2019).** Caractérisation morphogénétique des populations Ouestafricaines de *Tribolium castaneum* Herbst, ravageur des céréales stockées: différenciation en races hôtes et écotypes (Doctoral dissertation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal).
- **Diome T. 2014.** Biodémographie et diversité génétique des populations de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae) ravageur des grains de mil (*Pennisetum glaucum* Brown) en stock au Sénégal. Thèse de Doctorat unique en Génétique des populations, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar. 103p.
- **Dominique B. 2017.** Aromathérapie : 100 huiles essentielles, Dunod, Paris, p 921-294.
- **Draghi, F. 2005.** L'ortie dioïque (*Urtica dioica* L.): étude bibliographique (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

▪

E

- **Ferdinand P. 2010.** Historique ; Habitat ; Composition chimique. Dans F. paris, Guide des plantes médicinales (p. 279). Paris -France- : Delachaux et Nientlé.

▪

F

- **Fanit et Hadji, 2021.** Etude phytochimique et évaluation des activités anti-inflammatoire, antidiabétique et antioxydante de l'espèce *Laurus nobilis L.*
- **Fiorini C, Daid B, Fourastet I, Vercauteren J. (1998).** Acylated kaempferol glycosides from laurus nobilis leaves. phytochemistry, Vol.41, n°5, pp : 821-824.
- **Fang F, Shengmin S, Kuang YC, Alexander G, Chi-Tang H, Robert TR. (2005).**
- **Fleurentin J, Hayon J-C. 2008.** Plantes médicinales: traditions et thérapeutique. Rennes: Éd. Ouest-France, 104-105
- **Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., Ksouri, R . 2020 . Essential Oils: A Promising Ecofriendly Food Preservative.** Journal Of Food Chemistry, Vol 330 .P02 .DOI: <https://doi.org/10.1016/J.Foodchem.2020.12726>
- **Festhea A, D. 2014.** Ma bible des huiles essentielles. Édition Quotidien Malin.PARIS.P35.
- **Fleurat-Lessard F., 2011.** Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale à priori, 2ème rencontres techniques du RMT QUASAPROVE R Paris - 16 juin 2011 Journée séminaire : Evaluation et gestion des insectes et des résidus pesticides dans les grains stockés après récolte.
- **FAO, (2016).** organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, les avantages nutritionnels des légumineuses, fao.org/pulses-2016.

G

- **Geerts P, Rameloo J, Van cauteren G, et al. (2002).** Laurus nobilis : le livre du laurier. Gand: ED. Ludion; p 131.
- **Guedouari R. (2012).** Etude comparative de la pharmacognosie des differentes parties du laurus nobilis l. essais de formulations therapeutiques. Thèse de Magister universite m'hamed bougara boumerdes.
- **Guil-Guerrero J.L., Reboloso-Fuentes M.M., Isasa M.E.T. 2003.** Fatty acids and carotenoids from Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2003;16(2):111-119.
- **Ghedira K, Goetz P, 2009.** *Urtica dioica* L., *Urtica urens* et ou hybrides (Urticaceae). *Phytothérapie* ,7:279- 85.
- **Ganzera M., Schönthaler B., Stuppner H. 2003.** *Urtica dioica* Agglutinin (UDA) Separation and Quantification of Individual Isolectins by Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography. *Chromatographia*, 58(3):177-181
- **Gansser D., Spiteller G. 1995.** Aromatase inhibitors from *Urtica dioica* roots. *Planta Medica*. 61(2):138-140.
- **Gilly, G. (1997) :** Les plantes à parfum et huiles essentielles à Grasse: botanique, culture, chimie, production et marché. Editions L'Harmattan.grains après récolte. GTZ. Escharbon. Pp: 368.
- **Gülçin, İ., Elmastaş, M., Aboul-Enein, H. Y. (2012).** Antioxidant activity of clove oil and its constituents. *Arabian Journal of Chemistry*, 5, 489–499.

H

- **Hiba et Taleb Ahmed, 2022.** Étude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de Laurus nobilis de la région de Ghardaïa.
- **Hallel et Bouhidel, 2024.** Etude phytochimique des feuilles d'ortie D'Urtica dioica L.
- **Hessas,T Et Simoud, S .2018.** Contribution À L'étude De La Composition Chimique Et À L'évaluation De L'activité Antimicrobienne De L'huile Essentielle De Thymus Sp. Thèse De Doctorat En Pharmacie .Université Mouloud MAMMERI.TIZI-OUZOU .P 916
-

I

- **Iserin P ; Masson M ; Restellini J.P YBERT E DE LA ROQUE R ET VICAN P, (2001)** : larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparations , soin Edit : la rousse, paris, 335 pp

J

- **Jerraya, A. (2003).** Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord: leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle. Climat pub.
- **Janovy, Jr, J., Detwiler, J., Schwank, S., Bolek, M. G., Knipes, A. K., & Langford, G. J. (2007).** New and emended descriptions of gregarines from flour beetles (*Tribolium* spp. and *Palorus subdepressus*: Coleoptera, Tenebrionidae). Journal of Parasitology, 93(5), 1155-1170.

K

- **Khan, I., Prakash, A., & Agashe, D. (2016).** Divergent immune priming responses across flour beetle life stages and populations. Ecology and evolution, 6(21), 7847-7855.
- **Kang HW, Yu KW, Jun W J, Chang I S, Han SB, Kim H Y. (2002).** Isolation and characterization of alkyl peroxy radical scavenging compounds from leaves of *Laurus nobilis*. Biological Pharmaceutical Bulletin, Vol.25, pp 102–108
- **Kavalali G.M. 2003.** *Urtica*. Therapeutic and Nutritional Aspects of Stinging Nettles. London, New York: Taylor & Francis; p. 47-55 38.
- **Kurihara , F . 2022.** Dermatoses Induites Par Les Huiles Essentielles Ou Végétal Essential Oils And Vegetable Oils Induced Dermatitis . Revue Française D'allergologie , Vol 62 . P 279 . DOI : <https://doi.org/10.1016/J.Reval.2022.02.216>
- **Kelen, M., & Tepe, B. (2008).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of essential oils.

L

- **Lardry, J. M., & Haberkorn, V. (2007):** L'aromathérapie et les huiles essentielles. Kinésithérapie, la revue, 7(61), 14-17.
- **Liang, J., Zhang, Y., Chi, P., Liu, H., Jing, Z., Cao, H., Du, Y., Zhao, Y., Qin, X., Zhang, W., Kong, D. 2023.** Essential Oils: Chemical Constituents, Potential Neuropharmacological Effects And Aromatherapy - A Review. Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine. Vol 6. P 2. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2022.100210>
- **Laurent J. 2017.** Conseils Et Utilisations Des Huiles Essentielles Les Plus Courantes En Officine. Diplôme D'état De Docteur En Pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse III. France. P.219
-

M

- **Messaoudi S. (2008).** Les plantes médicinales. Troisième édition, Dar Elfikr.
- **Mor, A., Koh, E., Weiner, L., Rosenwasser, S., Sibony-Benyamini, H., & Fluhr, R. 2014.** Singlet oxygen signatures are detected independent of light or chloroplasts in response to multiple stresses. Plant Physiology, 165(1), 249-261.
- **Moutsie. 2002.** L'ortie: une amie qui vous veut du bien. Utovie éd.
- **Memmu F. 2015.** Synthèse, Etudes cinétiques Et Evaluation De L'activité De Dérivés De L'eugénol. Composition De L'huile Essentielle Extraite Du Clou De Girofle. Doctorat En Chimie Organique Appliquée. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. P.183
- **Mnayer, D. 2014.** Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. L'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Doctorat en chimie. P11.
- **Mohamedi, (2006).** « Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen » ; thèse de magistère ; université Abou bakr belkaid-Tlemcen.

N

- **Ncibi, S. (2020).** Spécialité Phytatrie.

O

- **Orčić D., Francišковиć M., Bekvalac K. 2014.** Quantitative determination of plant phenolics in *Urtica dioica* extracts by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric detection. *Food Chemistry*;143:48-53.
- **Oliver F., Amon E.U., Breathnach A. 1991.** Contact urticaria due to the common stinging nettle (*Urtica dioica*). Histological, ultrastructural and pharmacological studies. *Clinical and Experimental Dermatology*;16(1):1-7

P

- **Pai, Aditi, and Gregor Bucher (2019).** "Tribolium.": 231-241.
- **Pariente L. 2001.** Dans Dictionnaire des sciences pharmaceutique et biologique 2ème édition (p. 1643). Paris : Académie Nationale de Pharmacie.
- **Pradhan S., ManivannanSand Tamang J. P.2015.** Proximate, mineral composition and antioxidant properties of some wild leafy vegetables. *J Sci Ind Res*,74:155-159.

▪

Q

- **Quezel P, Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiquesMéridionales. Tome I Edition. Paris : Centre National de la Recherche Scientifique. pp: 565
- **Quézel & Santa, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales) No. 581.965.Q8

▪

R

- **Rombi M. & Robert D. 2006.** 120 plantes médicinales : composition, mode d'action et intérêt thérapeutique - de l'Ail à la Vigne rouge. Alpen, France. 528p.

- **Roux, D. (2008) :** Conseil en aromathérapie. Wolters Kluwer France
- **Regnault-Roger C., (2002) :** De nouveaux phyto- insecticides pour le troisième millénaire. In : Philogène BJR, Ragnault-Roger C, Vincent C. coord. Biopesticide d'origine végétale. Paris: Lavoisier-Editions Tec et Doc, 19-39
- **Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., 2010.** Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored insect pests and its application in grain protection. *J Food Sci Technol* 47 :310–314.

S

- **Shukla, J. N., & Palli, S. R. (2012).** Sex determination in beetles: production of all male progeny by parental RNAi knockdown of transformer. *Scientific reports*, 2(1), 1-9.
- **Simic M, Kundakovic T, Kovacevic N. (2003).** Preliminary assay on the antioxidative activity of *Laurus nobilis* extracts. *Fitoterapia*, Vol 4, pp : 613–616.
- **Steven P.S. (2001).** « Angiosperm Phylogeny Website ».
- **Salvi,P ., Kumar, G .,Gandass, N ., Verma, A ., Rajarammohan,S .,Rai,N ., Gautam,V .2022.** Antimicrobial Potential Of Essential Oils From Aromatic Plant *Ocimum* Sp.; A Comparative Biochemical Profiling And In-Silico Analysis .*Journal Of Agronomy* .12(3).P627.DOI : <https://doi.org/10.3390/Agronomy12030627>
- **Samate, A.D. 2012.** Compositions Chimiques D'hulles Essentielles Extraites De Plantes Aromatiques De La Zone Soljdaniennne Du Burkina Faso : Valorisation. Doctorat en science physique. Université d'Ouagadougou. Burkina-Faso. P.162.
- **Stejskal, V., Hubert, J., Aulicky, R., & Kucerova, Z. (2015).** Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research*, 64, 122-132.
- **Suthisut, D., Fields, P. G., & Chandrapatya, A. (2011).** Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (*Zingiberaceae*) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. *Journal of Stored Products Research*, 47(3), 222-230.

T

- **Telli A., Bengourina B., 2021.** Contribution à l'étude des propriétés insecticides de quelques espèces végétales steppiques spontanées dans le but de lutter contre les principaux ravageurs)du pin d'Alep et des céréales cultivées(dans la région de Djelfa. Mémoire de master 2 : Écologie animal. Université Ziane Achour _ Djelfa, 24-29p
- **Tissier Y. 2011.** Les vertus de l'ortie. Tredaniel. Paris: Le Courrier du Livre. 160 p.
- **Toldy A., Stadler K., Sasvari M., Jakus J., Jung K. 2005.** The effect of exercise and nettle supplementation on oxidative stress markers in the rat brain. Brain Res. Bull. 65 (6): 487-493.

u

- **Uchiyama N, Matsunaga K, Kiuchi F, Honda G, Tsubouchi A, Nakajima Shimada J. (2002).** Trypanocidal terpénoïdes from *Laurus nobilis* L. Chemical Pharm –aceutical Bulletin, Vol. 50, pp : 1514–1516.
- **Upton R. 2013.** Stinging nettles leaf (*Urtica dioica* L.): Extraordinary vegetable medicine. Journal of Herbal Medicine. 3(1):9-38.

v

- **Van Damme E.J.M., Broekaert W.F., Peumans W.J. 1988.** The *Urtica dioica* Agglutinin Is a Complex Mixture of Isolectins 1. Plant Physiology. 86(2):598-601.
- **Vekiari, S. A., Protopapadakis, E. E., Papadopoulou, P., et al. (2002).** Composition and seasonal variation of essential oils.

w

- **Weidner, H., Rack, G., 1984.** Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, 80 p
- **Wichtl M., Anton R. 2003.** Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 1^{ère} édition française par R. Anton Paris: éd. Tee & Doc; Cachan: éd. Médicales Internationales, 692p.
- **Wagner H., Willer F., Samtleben R., Boos G. 1994.** Search for the antiprostatic principle of stinging nettle (*Urtica dioica*) roots. Phytomedicine. 1994;1(3):213-224.
- **Wondatir, Z., Adie, A., & Duncan, A. J. (2015).** Assessment of livestock production and feed resources at Robit Bata, Bahir Dar, Ethiopia.

x

▪

y

- **Yakhlef G., Laroui S., Hambaba L., Aberkane M. C., &Ayachi A. 2011.** Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie* 9(4) : 209-218.
- **Yoshikawa M, Shimoda H, UemuraT, Morikawa T, Kawahara Y, Matsuda H. (2000).** Alcohol Absorption Inhibitors from Bay Leaf (*Laurus nobilis*): Structure-Requirements of Sesquiterpenes for the Activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, Vol. 8, pp : 2071-2077.
- **Yenes Z., Celik I., Ilhan F., Bal R. 2009.** Effects of *Urtica dioica* L. seed on Lipid peroxydation antioxidants and liver pathology in aflatoxin-induced tissue injury in rats. *Food Chem Toxicol.* 47 (2): 418-424.

z

- **Zaibet, W.2016.** Composition Chimique Et Activité Biologique Des Huiles Essentielles De *Daucus Aureus* (Desf) Et De *Reutera Lutea* (Desf.) Maire, Et Leur Application Comme Agents Antimicrobiens Dans Le Polyéthylène Basse Densité (Pebd).Thèse De Doctorat En Sciences .Université Ferhat Abbas-Setif-1.P8- 13.

Sites web

Site 01 : <https://www.123lesplantes.fr/laurus-nobilis-2046.html>

Site 02 : <https://www.picturethisai.com/fr/wiki/Syzygium.html>

Site 03 : <https://www.planetayurveda.com/library/clove-laung-syzygium-aromaticum/>

Site 04 : <https://www.planetayurveda.com/library/clove-laung-syzygium-aromaticum/>