

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليدجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Parasitologie

THEME

Etude de l'activité des extraits huileux de poivre noir (*Piper nigrum*) et de
laurier noble (*Laurus nobilis*) sur le stade adulte de *Tribolium confusum*

Présenté par :

Bousbaa Hadia & Oubada Afaf

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

Président	Benaceur Farouk	Professeur	Université Amar Telidji Laghouat
Directeur de mémoire	Oubraham Farid	MCB	Université Amar Telidji Laghouat
Co-directeur de mémoire	CHAIBI Rachid	Professeur	Université Amar Telidji Laghouat
Examineur	Hamida Lamine	MCB	Centre universitaire d'Aflou

Soutenu publiquement le : 29/06 / 2025



Dédicaces

Au terme de ce modeste travail, je le dédie :

En premier lieu, à la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, mon école de la vie, les roses de diamant de ma vie ; à mes très chers parents (.....et) pour leurs patiences, leurs amours, leurs sacrifices et leurs aides.

(Qu'ALLAH vous garde et vous donne une vie pleine de joie, de bonheur, de la réalisation de vos rêves et de sérénité).

À mes très chers frères et et mes très chères sœurs et ..., les sources de ma force et de mon bonheur.

(Qu'ALLAH vous guide dans le droit chemin, vous protège et vous aide pour la continuation de vos réussites et de plus).

À tous mes proches de deux familles et surtout mes grandes mères : (...), (Rbiha) et (.....) et mon grand-père (.....).

À mes copines de Cité universitaire filles ".....-....." à Laghouat À tous mes amis.

À tous qui m'aiment.

À tout le personnel enseignant, doctorant, technique et administratif de département de biologie, agronomie et SNV de l'université Amar Telidji Laghouat.

.....

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH pour m'avoir accordé la santé, le courage, les moyens pour suivre nos études, la volonté et la détermination nécessaire pour finaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au Pr. (Université Amar Telidji Laghouat) qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance. Je le remercie pour son aide, son soutien permanent à nous et ses précieux conseils pendant la réalisation de la thèse.

Mes vifs remerciements s'adressent à Pr. CHAIBI Rachid (Université Amar Telidji Laghouat), pour avoir m'encadré et m'a guidé tout au long de ce travail avec une grande rigueur scientifique et grande patience. La qualité de ses conseils, remarques constructives, le soutien, la confiance qu'elle m'a accordée, et leur disponibilité au long ce travail.

J'exprime tous mes vifs remerciements à Dr. HAMIDA Lamine (Centre universitaire d'Aflou), de m'avoir fait l'honneur d'examiner notre mémoire de fin d'études de master. Je le remercie aussi pour les multiples remarques constrictifs. **encouragements et le soutien moral pendant la réalisation de mes recherches.**

Je profite également de cette occasion pour remercier vivement tous les membres de l'équipe des laboratoires de biologie l'université Amar Telidji Laghouat pour leur patience, leur énergie, leur créativité, leur présence, leur aide à nous et leurs conseils pendant la réalisation de nos mémoires.

J'adresse mes remerciements aux mes collègues et mes copines pour leurs aides et encouragements qui sont vraiment inoubliables.

Ma gratitude s'adresse à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

.....

Tableau des matières

Table des matières

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

Présenté par :.....	1
Soutenu publiquement devant le jury composé de:.....	1
Tableau 5 : Comparaison entre les figures 1 et 2.....	7
Tableau 8 : Comparaison entre les figures 1 et 2.....	7
Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA sur la mortalité de <i>Tribolium castaneum</i>	7
Introduction.....	13
Objectif de l'étude.....	14
<i>I.1. Les céréales</i>	16
<i>I.2. Production et stockage des céréales dans le monde</i>	16
<i>I.3. Méthodes de stockage</i>	17
<i>I.4. Facteurs d'altération des aliments durant le stockage</i>	19
<i>I.5. Principaux ravageurs des denrées stockées</i>	19
<i>I.6. Les dégâts causés par ces ravageurs</i>	20
<i>I.7. Les méthodes de lutte contre les insectes des céréales stockées</i>	20
Partie 1 : Généralités sur le Tribolium	24
II.1. Description	24
II.2. Taxonomie	24
II.3. Cycle biologique :.....	25
II.4 Cycle de vie	27
Partie 2 : Présentation sur les plantes étudiées	28
II.2.1 Première plante :	28

A.	Poivre noir (<i>Pipernigrum</i>)	28
II.2.2.	Description botanique	28
II.2.3.	Habitat	29
II.2.4.	Utilisation	29
II.2.5.	Deuxieme plante :	29
B.	Laurier noble (<i>Laurus nobilis</i>)	29
B.2.	Description botanique	30
III.1.	Démarche méthodologique	24
III.2.	Présentation de la région d'étude la wilaya de Laghouat	25
III.3	La synthèse climatique	27
III.4.	Matériel utilisé au laboratoire	28
III.5.	Paramètres de toxicité étudiée	34
III.6.	Toxicité comparée	34
IV.1.	Rendement d'extraction et caractéristiques des extraits	43
IV.2	Toxicité	44
IV.5.	Discussion générale	53

Etude de l'activité des extraits huileux de poivre noir (*Piper nigrum*) et de laurier noble (*Laurus nobilis*) sur le stade adulte de *Tribolium confusum*

Résumé

Ce travail, porte sur l'évaluation de l'activité insecticide des extraits huileux de poivre noir (*Piper nigrum*) et de laurier noble (*Laurus nobilis*) sur le stade adulte de *Tribolium confusum*, un ravageur majeur des céréales stockées. Les céréales, notamment le blé, constituent un pilier de la sécurité alimentaire en Algérie, mais subissent des pertes importantes dues aux infestations d'insectes, estimées entre 10 et 40 % des stocks mondiaux.

Cette étude explore des alternatives naturelles via des biopesticides d'origine végétale. Les extraits ont été testés in vitro par contact direct et inhalation, avec des mesures de mortalité sur 72 heures à différentes concentrations. Les résultats révèlent une efficacité insecticide significative des deux extraits, *Piper nigrum* se montrant supérieur avec une mortalité de 100 % dès 48 heures à forte concentration par inhalation, contre 90 % pour *Laurus nobilis* après 72 heures. Par contact, les deux extraits atteignent une mortalité totale à des doses élevées dès 24 à 48 heures. Bien que l'analyse statistique (ANOVA, $p < 0,05$) ne montre pas de différence significative entre les deux extraits, une tendance à la supériorité de *Piper nigrum* est observée, potentiellement liée à sa richesse en pipérine. Ces résultats confirment le potentiel des huiles essentielles comme alternatives durables pour la protection des denrées stockées, ouvrant la voie à des recherches sur l'optimisation des formulations et leur application à grande échelle

Mots clés : *Tribolium confusum*, huiles essentielles, *Piper nigrum*, *Laurus nobilis*, insecticide naturel, céréales stockées, sécurité alimentaire.

Study of the activity of oily extracts of black pepper (*Piper nigrum*) and bay laurel (*Laurus nobilis*) on the adult stage of *Tribolium confusum*

Abstract

This Master's thesis, It focuses on assessing the insecticidal activity of oily extracts from black pepper (*Piper nigrum*) and noble laurel (*Laurus nobilis*) against the adult stage of *Tribolium confusum*, a major pest of stored cereals. Cereals, particularly wheat, are a cornerstone of food security in Algeria, yet they suffer significant losses due to insect infestations, estimated at 10 to 40% of global stocks.

The extracts were tested in vitro via direct contact and inhalation, with mortality rates measured over 72 hours at varying concentrations. The results demonstrate significant insecticidal efficacy for both extracts, with *Piper nigrum* outperforming, achieving 100% mortality within 48 hours at high concentrations via inhalation, compared to 90% for *Laurus nobilis* after 72 hours. Through direct contact, both extracts achieved total mortality at high doses within 24 to 48 hours. Although statistical analysis (ANOVA, $p < 0.05$) shows no significant difference between the two extracts, a trend favoring *Piper nigrum* is noted, possibly due to its high piperine content. These findings highlight the potential of essential oils as sustainable alternatives for protecting stored commodities, paving the way for further research on formulation optimization and large-scale application

Keywords: *Tribolium confusum*, essential oils, *Piper nigrum*, *Laurus nobilis*, natural insecticide, stored cereals, food security.

دراسة فعالية المستخلصات الزيتية من الفلفل الأسود (*Piper nigrum*) والغار (*Laurus nobilis*) على المرحلة البالغة من حشرة *Tribolium confusum*

الملخص

يندرج هذا العمل ضمن إطار مذكرة ماجستير أنجزت بجامعة عمار ثليجي بالأغواط، الجزائر، في مجال علوم الطبيعة والحياة، تخصص الطفيليات. يركز البحث على تقييم الفعالية المبيدة للحشرات للمستخلصات الزيتية من الفلفل الأسود (*Piper nigrum*) والغار النبيل (*Laurus nobilis*) على المرحلة البالغة من *Tribolium confusum*، وهو آفة رئيسية للحبوب المخزنة. تشكل الحبوب، وخاصة القمح، ركيزة أساسية للأمن الغذائي في الجزائر، لكنها تتعرض لخسائر كبيرة بسبب الإصابات الحشرية، والتي تُقدَّر بنسبة 10 إلى 40% من المخزونات العالمية.

يستكشف هذا البحث بدائل طبيعية من خلال مبيدات حيوية ذات أصل نباتي. تم اختبار المستخلصات في المختبر باستخدام التماس المباشر والاستنشاق، مع قياس معدلات الوفيات على مدى 72 ساعة بتركيزات مختلفة. تظهر النتائج فعالية مبيدة كبيرة لكلا المستخلصين، حيث تفوق *Piper nigrum* بتحقيق نسبة وفيات 100% خلال 48 ساعة عند التركيزات العالية عن طريق الاستنشاق، مقارنة بنسبة 90% لـ *Laurus nobilis* بعد 72 ساعة. من خلال التماس المباشر، حقق كلا المستخلصين وفيات كاملة عند الجرعات العالية خلال 24 إلى 48 ساعة. وعلى الرغم من أن التحليل الإحصائي (ANOVA)، ($p < 0.05$) لم يظهر فرقاً كبيراً بين المستخلصين، فقد لوحظت ميل إلى تفوق *Piper nigrum*، ربما بسبب غناه بالبيبيرين. تؤكد هذه النتائج إمكانية الزيوت الأساسية كبديل مستدامة لحماية السلع المخزنة، مما يفتح المجال لأبحاث إضافية حول تحسين التركيبات وتطبيقها على نطاق واسع.

الكلمات المفتاحية: *Tribolium confusum*، زيوت أساسية، *Piper nigrum*، *Laurus nobilis*، مبيد حشري طبيعي، حبوب مخزنة، أمن غذائي.

Introduction

Introduction

Les céréales constituent la pierre angulaire de la sécurité alimentaire mondiale, représentant la principale source d'énergie et de protéines pour une grande partie de la population (Riley et al., 2009). À l'échelle mondiale, elles occupent environ 70 % des terres agricoles cultivées, soulignant leur rôle prépondérant dans les systèmes agricoles et économiques (Riley et al., 2009). En Algérie, les céréales et leurs dérivés assurent plus de 60 % de l'apport calorique et de 75 à 80 % de l'apport protéique dans l'alimentation humaine, ce qui témoigne de leur importance stratégique pour la souveraineté alimentaire nationale (FAO, 2025).

Parmi les différentes céréales, le blé (*Triticum aestivum* L.) occupe une place centrale, tant pour la consommation humaine que pour l'économie agricole des pays méditerranéens et du Maghreb (FAO, 2023). La dépendance croissante des pays arabes, dont l'Algérie, aux importations de blé – couvrant plus de 60 % de leurs besoins – met en exergue la vulnérabilité de la région face aux fluctuations des marchés internationaux et aux pertes post-récolte (FAO, 2023). Ces pertes, estimées à plusieurs milliards de dollars annuellement, sont principalement imputables aux infestations d'insectes, à l'humidité et aux rongeurs (Simón et al., 2021).

La conservation des céréales, et en particulier du blé, est gravement compromise par les infestations d'insectes, entraînant des pertes quantitatives et qualitatives considérables (Rajashekar et al., 2010 ; Rajashekar et al., 2012). Parmi les ravageurs majeurs, *Tribolium confusum* (Herbst) s'illustre par sa capacité à causer des dégâts économiques significatifs lors du stockage, aggravant ainsi l'insécurité alimentaire et les pertes économiques (Pacheco et al., 1990 ; Sartori et al., 1990).

Tribolium confusum, communément appelé le tribolium confus, est l'un des principaux insectes responsables de la dégradation des grains stockés. Il provoque non seulement des pertes directes par consommation des grains, mais aussi des pertes indirectes par contamination et dépréciation de la qualité marchande des denrées (Rajashekar et al., 2010 ; Simón et al., 2021). Les infestations de *Tribolium* peuvent entraîner des pertes allant de 10 à 40 % des stocks mondiaux de céréales (Rajashekar et al., 2012).

La lutte chimique, bien qu'efficace, soulève de sérieuses préoccupations environnementales et sanitaires, notamment le développement de résistances chez les insectes, la persistance des résidus dans l'environnement, et les risques pour la santé humaine (Foster et al., 2014 ; Spit et al., 2012). Face à ces défis, la recherche de solutions alternatives, telles que les biopesticides d'origine végétale, s'impose comme une nécessité (Messoudene et Mouhou, 2017). Les huiles essentielles, notamment celles issues de *Piper nigrum* (poivre noir) et de *Laurus nobilis* (laurier noble), ont montré un potentiel insecticide prometteur contre divers ravageurs des denrées stockées (Auger et al., 2004 ; Khoshnoud et Khayamy, 2008 ; Kellouche et Soltani, 2004 ; Gwynn et al., 2023).

Des études antérieures ont mis en évidence l'efficacité insecticide des extraits d'huiles essentielles de *Piper nigrum* et de *Laurus nobilis*, tant par contact que par ingestion, sur différents stades de développement des insectes nuisibles (Auger et al., 2004 ; Kellouche et Soltani, 2004 ; Khoshnoud et Khayamy, 2008). Ces extraits présentent l'avantage d'être biodégradables, moins toxiques pour l'homme et l'environnement, et de limiter le développement de résistances (Messoudene et Mouhou, 2017 ; Gwynn et al., 2023).

Objectif de l'étude

Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer *in vitro* l'efficacité insecticide, par contact et ingestion, des extraits d'huiles essentielles de poivre noir (*Piper nigrum*) et de laurier noble (*Laurus nobilis*) sur le stade adulte de *Tribolium confusum*, un ravageur majeur des denrées stockées. Cette recherche s'inscrit dans une démarche de développement de solutions naturelles, efficaces et durables pour la protection du blé, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité et à la durabilité des systèmes agricoles.

CHAPITRE I :
Synthèse bibliographie

I.1. Les céréales

Il est reconnu que le blé, le riz et le maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Yves. et De Buyser J., 2001). A l'échelle mondiale, les pertes de produits agricoles occasionnées par les ravageurs des denrées stockées sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle aviron de 58 milliards US\$ (FAO, 2016). Ngamo et Hanse (2007) rapportent que les pays de l'Afrique subsaharienne notent une perte très élevée de la production dues aux insectes nuisibles qui peut atteindre un taux de 30%. Ceci représente presque le tiers de ce qui est produit ne parvient pas aux consommateurs. Ces pertes participent à creuser l'insécurité alimentaire et à accentuer la pauvreté en favorisant le recours massif à des importations de denrées alimentaires (Benz et al., 2010).

I.2. Production et stockage des céréales dans le monde

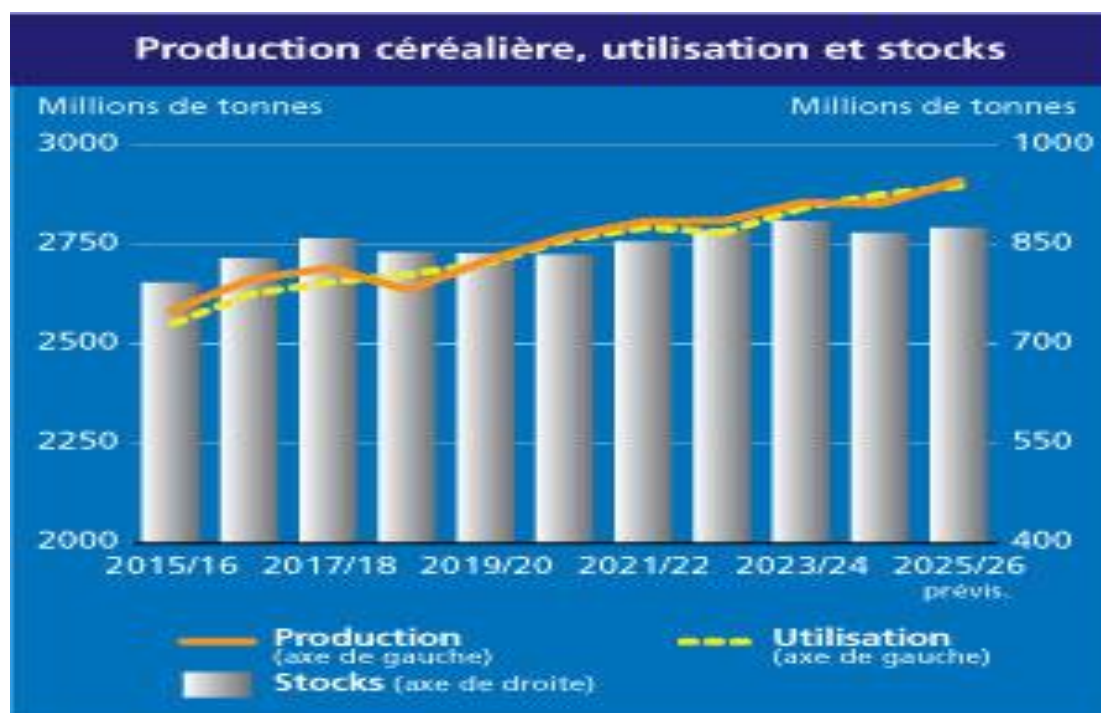


Figure 01 : Volume de production et stockage de céréales dans le monde 2015-2025 (Statisia,2025)

1.3. Méthodes de stockage

1. le stockage

C'est une opération qui consiste à entreposer les produits en un lieu déterminé et pour une période donnée, en matière de commercialisation des céréales. Le stockage est l'opération qui consiste à placer, pour une période donnée, des céréales dans un magasin suivant des normes et des règles qui permettent la bonne conservation des grains (Laurent, 2003).

a. Stockage traditionnel

✓ Stockage en vrac :

Dans ce cas les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouvertes à charpente métalliques. Malheureusement les contaminations sont possibles (Lasseran et monroco, 1988). Selon Laumonnier (1978) pour les stocks en vrac, il convient de considérer le stock en sac de 50 Kg. Le nombre de prélèvement est calculé de la même façon que si le stock était en sacs



Figure2 : Stock de blé en vrac

✓ Stockage en sac

Le stockage en sac a totalement disparu dans les pays développés, par contre il est encore utilisé dans les pays en développement, Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute ou en polypropylène pour les semences. Les sacs sont entreposés en tas dans divers locaux, magasins ou hangars. Souvent ce type de stockage est provisoire. Dans le cas de forte production et de saturation des divers locaux de grande capacité l'utilisation des sacs et locaux (hangars et magasins) devient nécessaire



Figure 3 : Les sacs de blé sont stockés

✓ **Stockage moderne**

Le stockage moderne c'est un type de stocke qui consiste à l'utilisation des nouvelles techniques de stockage tel que le silo, Un silo est un réservoir de grande capacité destiné à entreposer, conserver, et stocker les différents types de céréales (Duron, 1999), Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal inoxydable. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji et al., 2003). On distingue deux types de silos :

✓ **Silo en métal :**

Ce
de
plaques

Ces
pour
13%



type de silo est constitué de cellules formées de en tôles ondulées, d'une épaisseur bien déterminée. ces cellules sont destinées les céréales sèches de 12 à d'humidité (Figure 4)

Figure 4 :

✓ **Silo**

résiste
que
sont



stockage de Silo en métal

en béton :

C'est le moyen de stockage le plus recherché, il mieux aux pressions et chocs les silos métalliques. Ces silos constitués de plusieurs cellules cylindriques en béton armé, mesurent 20 à 22 mètres de

hauteur. L'humidité des grains contenus dans ces silos, ne doit pas dépasser 11% (Cheniki et Yahia, 1994) (Figure 5).

Figure 5 : stockage de silos en béton**I.4. Facteurs d'altération des aliments durant le stockage**

Au cours de leurs stockages les grains de céréales sont sujets à de nombreuses altérations d'où des pertes considérables dans le stock. Les pertes causées aux grains entreposés sont dues principalement à l'humidité (du grain et du lieu de stockage), la température (du grain et du lieu de stockage), et les insectes (Benlameur., 2016).

a. Température

La température exerce une forte influence sur le taux de respiration des grains stockés et celui des organismes parasites, de même que sur l'humidité relative de l'air, la teneur en eau des produits stockés et enfin sur le développement des ravageurs des stocks (Gwinner et al. 1996).

b. Humidité relative

Il est conseillé que le degré d'humidité du grain demandé ne doit pas dépasser 11% (Cahagnier et Fleurat-Lessard, 2000), et que l'humidité relative dans les lieux de stockage doit être inférieure à 60% de l'activité de l'eau pour éviter la détérioration par les microorganismes, notamment les moisissures (Sharma et al., 201

I.5. Principaux ravageurs des denrées stockées

Tout grain stocké est susceptible d'être attaqué par divers prédateurs. Les plus couramment rencontrés sont les oiseaux, les rongeurs et les insectes. Ces derniers sont peut-être les plus dangereux car les moins faciles à déceler (Groot, 2004).

a. Rongeurs

Les rongeurs causent des dégâts importants aux cultures et aux produits stockés. Ils endommagent les produits stockés de quatre manières (Groot, 2004). Ils mangent une partie du produit. Ils souillent de leurs excréments une partie du produit. Ils percent le matériel d'emballage, ce qui cause des pertes. Les sacs en jute peuvent être sérieusement abîmés. Les produits stockés en vrac sont moins vulnérables car les rats ne peuvent en grignoter que la surface. Ils sont porteurs de maladies dangereuses pour l'homme. Les gens peuvent tomber malades en mangeant ou en manipulant les graines contaminées par les excréments, l'urine ou les parasites des rongeurs.

b. Moisissures

Les moisissures sont l'ennemi le plus difficile à reconnaître dans les céréales stockées car elles sont beaucoup moins visibles que les deux autres grands fléaux (les insectes et les rats). Ces spores très fines sont disséminées par le vent et les insectes et il est impossible d'empêcher leur pénétration dans la zone de stockage. Les moisissures sont des organismes qui ressemblent à des plantes. Les spores sont des organismes unicellulaires qui permettent aux moisissures de se reproduire. Pour rester en vie, les moisissures se nourrissent de produits stockés sous forme crue ou traitée. La décomposition des tissus altère le goût des denrées alimentaires qui perdent leurs qualités nutritives. Le pouvoir de germination des semences se détériore également. Certaines moisissures sécrètent une sorte de poison qui peut rendre le

consommateur très malade (Groot, 2004).

c. Oiseaux

Les oiseaux susceptibles de dégrader le grain stocké sont principalement les moineaux, les tourterelles, les pigeons et par fois les étourneaux. Les dégâts occasionnés par les oiseaux sont d'ordre quantitatif, par prélèvements de grain et surtout (réduire la quantité des stocks) qualitatif par dépôts de fientes, de plumes, de cadavres sur le grain ou de débris végétaux utilisés pour la confection des nids (Groot, 2004).

d. Acariens

Les acariens de stockage, appelés aussi acariens des denrées alimentaires entreposées, ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Ils se nourrissent essentiellement de moisissures (Bessot et al., 2011). Les principales espèces d'acariens nuisibles aux grains de céréales sont : *Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Glycyphagus des trutor*, *Cheyletus eruditus* et *Melicharestarsalis* (Scotti, 1978)

e. Insectes

Les insectes du stockage se classent en trois groupes selon la sorte de céréale préférée et la partie de la graine mangée (Groot, 2004) :

- ✓ ***Ravageurs primaires*** ces insectes sont capables de casser l'enveloppe dure des graines saines. Certaines espèces pondent leurs œufs à l'intérieur de la graine et les larves mangent le dedans de la graine. D'autres pondent leurs œufs à la surface de la graine et les larves pénètrent l'enveloppe dure de la graine et se nourrissent du dedans très nutritif.
- ✓ ***Ravageurs secondaires*** sont incapables de percer l'enveloppe dure des semences saines. Elles suivent les premiers assaillants. Se nourrissent de graines cassées et d'enveloppes de graines cassées. Ces insectes, n'attaquent pas les graines saines et intactes. Ils attaquent uniquement les graines endommagées.
- ✓ ***Ravageurs tertiaires*** se nourrissent de graines cassées, de poussières de graines et la poudre. Les insectes sont susceptibles de causer des dégâts au grain stocké appartiennent à deux familles principales : les coléoptères et les lépidoptères ou papillons. (Berhaut et al, 2003).

1.6. Les dégâts causés par ces ravageurs

Les insectes causent des pertes importantes par la consommation de protéines, ce qui entraîne une perte de poids et une diminution de la qualité du grain (Rajendran, 2002), ou du germe de grain, ce qui entraîne une perte de pouvoir germinatif dans les produits stockés (Dabiré et al., 2008). Ainsi, l'activité métabolique des insectes crée un environnement propice à la production de toxines par les micro-organismes, réduisant la qualité des grains et les rendant impropres à la consommation (Lamboni et al., 2009).

1.7. Les méthodes de lutte contre les insectes des céréales stockées

La lutte contre les ravageurs des aliments stockés consiste en deux méthodes, l'une préventive, qui s'effectue avant l'installation des ravageurs, et l'autre thérapeutique, qui est utilisée lorsque le lot est déjà infesté.

a. Lutte préventive :

- Nettoyage des locaux :

Les bonnes pratiques de conservation des aliments entreposés reposent sur des mesures de précaution, à savoir le nettoyage et la désinfection des locaux et des cellules ou des conteneurs de stockage avant le remplissage, l'installation de structures de stockage pour empêcher les prédateurs d'entrer et la justification de l'intervention si nécessaire (Cruz et al. 2016).

- **Nettoyage des grains :**

Le séchage et la stérilisation du grain avant le stockage sont essentiels pour une bonne conservation. Cela implique un pré-nettoyage du grain pendant le stockage. Le principe de l'aspiration par flux de grains est utilisé pour éliminer les poussières et les impuretés légères (Multon, 1982 In Gacem, 2011).

b. **Lutte chimique**

En raison de son large spectre d'efficacité, il doit être appliqué avec précaution afin de limiter le risque qu'il peut faire peser sur les consommateurs alimentaires. Deux types de traitements sont couramment utilisés : Les traitements par contact, qui consistent à recouvrir les grains, les emballages et les locaux de stockage d'un film de produit pesticide qui agit par contact avec les prédateurs et dont les effets durent plus ou moins rapidement Les traitements de fumigation plus longs consistent à traiter les grains avec des gaz appelés fumigants. Le but principal de la fumigation est de faciliter la pénétration du gaz à l'intérieur du grain, détruisant ainsi les œufs, les larves et les pupes qui s'y développent (Aidani, 2015).

c. **Alternatives de la lutte chimique**

- **Lutte physique**

La température optimale de stockage des insectes commerciaux pour le développement est de 25-33°C, des températures basses inférieures à 10°C peuvent retarder le développement de ces insectes, réduisant ainsi leur nombre à des niveaux où ils ne causeront pas de dégâts importants (Abdelaziz, 2011), ce qui entrave leur développement, réduisant leur alimentation, leur fécondité et leur survie (Logstaff et Evans, 1983). La température du grain de 60 à 65°C doit être maintenue pendant 15 minutes suivie d'un refroidissement rapide pour tuer tous les insectes du grain stocké sans compromettre la qualité technique du produit (Abdelaziz, 2011). La vitesse d'action du traitement thermique dépend de la durée d'exposition et du niveau de température appliqué (plus la température est élevée, plus le taux de mortalité est rapide), mais aussi de l'espèce et de la forme d'insecte considérée, la forme adulte étant plus sensible aux chaleurs que la forme larvaire (Fleurat-Lessard, 2010 ; Boina et Subramayan, 2004 ; Arthur, 2006). Lutte mécanique cela comprend le transfert, le secouage, la traversée du tarare, ce qui élimine certains insectes de la population, notamment les adultes libres, mais ils laissent derrière eux quelques larves et œufs ; ils ne peuvent donc être envisagés pour un stockage à long terme que s'ils sont fréquemment renouvelés, ce qui les rend chers (Cruz et al., 1988).

- **Lutte biologique**

Dans la plupart des cas, cette forme de contrôle repose sur l'utilisation de prédateurs, de guêpes parasites et de parasites. *Xylocoris flavipes* sont des prédateurs de divers ravageurs qui stockent de la nourriture, à savoir le châtaignier rouge (Coleoptera, Tenebrionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae) et *Trogoderma granarium* (Coleoptera, Dermestidae) (Rahman et al., 2009). Les ennemis naturels des insectes stockeurs de nourriture comprennent également les guêpes parasites appartenant aux familles Braconidae, Ichneumonidae, Pteromalidae, Bethyridae et Reduviidae (Abdelaziz, 2011). La mortalité de toute la population de *Sitophilus zeamais* a été observée dans le maïs stocké 8 semaines après le lâcher de la guêpe parasite *Theocolax elegans* (Flinn et al., 2005). Plusieurs champignons et bactéries

entomopathogènes sont également utilisés contre les insectes dans les aliments stockés (Diaz-Gomez et Rodriguez, 2000).

CHAPITRE II :
Généralités sur le Tribolium et
les plantes étudiées

Partie 1 : Généralités sur le Tribolium

II.1. Description

Espèce animale L'espèce test étudiée est le Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* est un insecte appartenant à la famille des Tenberionidae, il est un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvrent la porte, farine, maïs, orge, sorgho, sèches, toutes légumineuses, arachide, coprah, graines de (Camara, 2009). Nous préparons 100 grammes de semoule infestée avec Tribolium, contenant environ 60 individus de Tribolium.



famille des insectes des stocks le plus polyphage. Les adultes et généralement dans les de ravageurs primaires s'attaque au riz, blé, son et millet, manioc, fruits sous forme de farine, coton.....etc. (Camara, grammes de semoule

Figure6 : Photo représente la forme adulte de *Tribolium castaneum*

II.2. Taxonomie

En se référant à plusieurs auteurs dont Perrier (1961 ,1964) et Weidner et Rack (1984), la classification du *Tribolium* rouge de la farine se résume comme suit :

Tableau 01 : Position systématique de *Tribolium castaneum* selon auteurs dont Perrier (1961 ,1964) et Weidner et Rack (1984)

➤ Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous Embranchement	Antennates
Classe	Insecta
Sous Classe	Ptérygotes
Ordre	Coléoptère

Sous ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae



Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)

II.3. Cycle biologique :

Tribolium castaneum passe par 4 stades (œuf, larve, nymph, adulte). La période de l'œuf dure jusqu'à une semaine 4-7 jours puis la durée du stade larvaire de 12-13 jours la durée de la nymphose différence les sexes, chez le mâle étant de 6-7 jours, tandis que la période femelle dure 7-9 jours (Devi et Devi, 2015). Howe (1956) a rapporté Peut atteindre période nymphale moyenne de 4,5 jours.

a. Œufs

Les œufs et leur taille est particules de (Godon et Wilim



sont blanchâtres ou sans couleur d'environ 5 mm, avec des nourriture adhérentes à la surface (1998).

Figure7 :

b. Larve :

Couleur jaunâtre et sa longueur est d'environ 6 mm sont munies de pattes et couvertes de quelques courtes soies jaunes (fig.14). Le dernier segment abdominal est terminé par une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (Delobel et Tran, 1993). la phase larvaire passe par 4 stades (L1, L2, L3 et L4). Cette phase dure une période (12-13 jours)

Figure 8 : observation micro et macroscopique de larve de *Tribolium castenum* (originale 2025)



- c. **Nymphe** : Selon Christine (2001), la forme nymphe est cylindrique et de couleur blanchâtre virant vers le jaune.

Figure 9 : Nymphe (originale 2025) (Gr x 40)

- d. **Adulte** : La longueur est de : 2,3 à 4,4 mm de couleur brun rougeâtre, il est reconnaissable par la distinction très nette des trois parties du corps (tête, thorax et abdomen), le thorax plus large que l'abdomen et les élytres fortement striés dans le sens de la longueur. On distingue les caractères suivants : les antennes sont formées de onze articles, les trois derniers sont terminés en massue, les yeux sont ovales et absents de la face dorsale. Ils sont séparés ventralement par une distance à peu près égale à leur propre largeur en vue ventrale, cuticule de la tête et du pronotum micro réticulée paraissant terne entre les points. Dimorphisme sexuel



la base du fémur inférieur possède chez le mâle un tubercule pilifère arrondi qui est absent chez la femelle (Delobel et Tran, 1993).

Figure 10 : adulte de *Tribolium castenum* originale (2025)

II.4 Cycle de vie

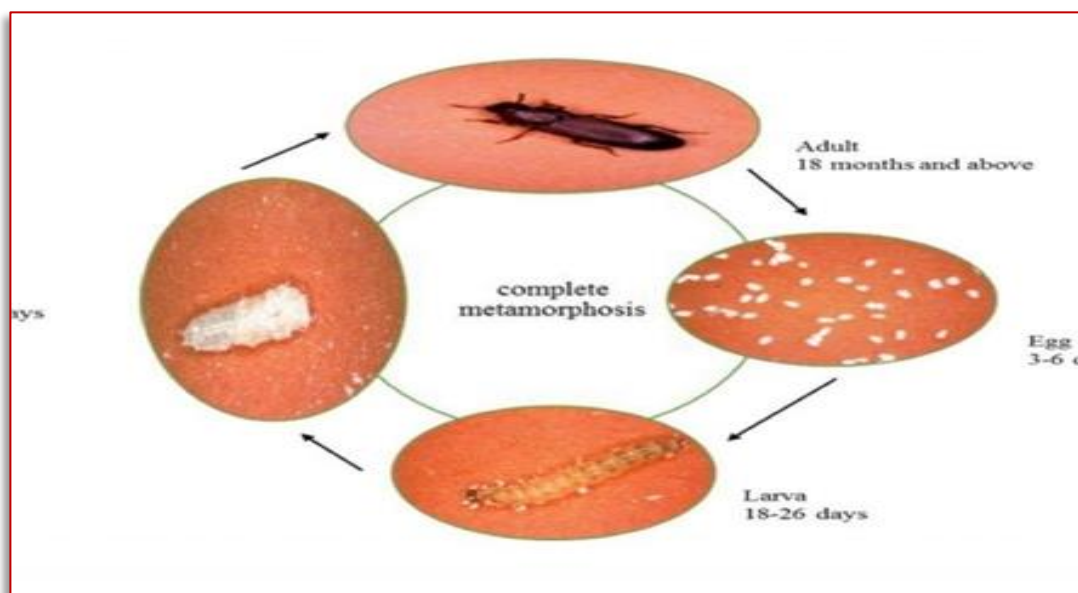


Figure 11 : Cycle biologique de *Tribolium castaneum* (Gambo et al., 2019)

Partie 2 : Présentation sur les plantes étudiées

Deux plantes ont été étudiées le poivre noir (*Piper nigrum*) et laurier noble (*Laurus nobilis*)

II.2.1 Première plante :**A. Poivre noir (*Pipernigrum*)**

Le poivre noir est une plante grimpante et vivace de 8-10 m, ses tiges ligneuses et volubiles sont articulées rondes et lisses (Huguette max., 2008). Après fécondation, les fleurs se développent en baies à une graine chacune est regroupée en épis retombants. Les baies vertes sont les fruits immatures de la plante, les grains de poivre noirs et blancs proviennent de la même plante, mais sont cueillis à des stades différents de la maturité (Liwei et al., 2004).



Figure 12 : photo représentatif l'arbre du poivre noir

Tableau 02 : Position systématique du poivre noir est la suivante (Acqueline pham, 2007)

Classe	Dicotyledones
Sous- Classe	Apetales
Ordre	Piperales
Famille	Piperacees
Genre	Piper
Espèce	<i>Piper nigrum</i>

II.2.2. Description botanique

Le poivre noir, scientifiquement connu sous le nom de *Piper nigrum*, est une liane tropicale grimpante de la famille des Pipéracées. Originaire de la côte de Malabar en Inde, il est cultivé dans les régions tropicales pour ses baies, qui une fois séchées, deviennent l'épice que nous connaissons sous le nom de poivre noir.

a. Feuilles

- ✓ Disposition : Alterne
- ✓ Forme : Ovale à elliptiques, acuminées (pointe effilée)
- ✓ Taille : 5 à 18 cm de long
- ✓ Texture : Coriacée, lisse, brillante sur le dessus
- ✓ Couleur : Vert foncé dessus, plus clair dessous
- ✓ Nervation : Pennée, avec nervures secondaires bien visibles

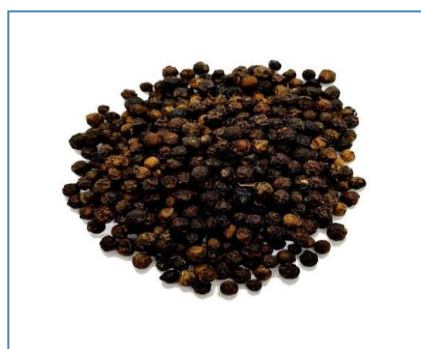
b. Fleurs

- ✓ Type : Fleurs minuscules, sessiles (sans pédoncule), disposées en épis
- ✓ Sexualité : Hermaphrodites ou unisexuées selon les variétés
- ✓ Taille des épis floraux : 4 à 8 cm
- ✓ Période de floraison : Variable selon la région (souvent en saison humide/tropicale)
- ✓ Pollinisation : Principalement entomophile (insectes)

c. Fruits

- ✓ Type : Drupes sphériques
- ✓ Taille : 4-6 mm de diamètre
- ✓ Couleur à maturité : Vert → rouge foncé → noir (après séchage)
- ✓ Grappes de fruits : Denses, mesurant 7 à 15 cm

Fruits



Feuilles

II.2.3. Habitat

Le Poivre noir est une liane vivace originaire du sud-ouest de l'Inde. On le cultive dans la plupart des régions tropicales du globe, principalement en Asie du sud-est, en Afrique orientale et en Amérique du sud

II.2.4. Utilisation

Le poivre noir est une épice polyvalente utilisée en cuisine pour relever le goût de nombreux plats, mais aussi en médecine traditionnelle et en aromathérapie. En cuisine, il s'utilise entier ou moulu, dans des plats salés et sucrés, et même en infusion ou en thé.

II.2.5. Deuxième plante :

B. Laurier noble (*Laurus nobilis*)

Membre de la famille des lauracées qui renferme 32 genres et environ 2000-2500 espèces (Barla et al., 2007). *Laurus* représente le nom latin, qui signifie « toujours vert » allusion au feuillage persistant de la plante (Pariente, 2001). Le laurier -sauce (*Laurus Nobilis*), Laurier noble ou laurier d'Apollon ; Tous ces noms désignent ce petit arbre qui peut atteindre les 10 m de haut. Les feuilles mesurent 10 cm de long. La couleur est vert sombre, en fait une haie à la fois dense, persistante et parfumée puisque les feuilles froissées dégagent un arôme balsamique. Plutôt rustique puisqu'il résiste à -15°C voire -18°C , le laurier-sauce supporte aussi le climat du bord de mer, son tronc a une écorce sombre et ses fleurs

CHAPITRE II : Généralités sur le Tribolium et les plantes étudiées

d'un blanc teinté de jaune s'épanouissent de Mars à Mai formant des petits bouquets à l'axe des feuilles. Sur cet arbuste dioïque, les fleurs femelles donnent des fruits noirâtres ovotides, de la taille d'une cerise, dont la pulpe verte est grasse.

- Le laurier -sauce sait aussi se rendre utile en cuisine et grâce à ses feuilles très aromatiques parfaites en « bouquet garni » pour parfumer les ragouts ou le court-bouillon, Mais ce n'est pas tout, il est intéressant de noter que cette herbe qui était pendant longtemps employée dans la nourriture comme condiment et en médecine traditionnelle a en fait, des propriétés
- Médicinales : digestives, antiseptiques, expectorantes, diurétiques, antirhumatismal. (Ferreira et al., 2006).

La plante est dioïque. C'est -à-dire que vous allez avoir des arbres males et des arbres femelles. Le laurier va fleurir pendant les mois de Mars et Avril, avec des petites fleurs blanche jaunâtre qui sont groupées en ombelles. Et puis ces fleurs laisseront place à des fruits qui sont de petites boules de couleur quasiment noir

B.1. Position systématique :

Tableau 03 : La classification botanique de *Laurus nobilis* L. d'après (Quezel et santa, 1962)

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
S/Emb	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
S /classe :	Dialypétales
Ordre	Laurales
Famille	Lauracées
Genre	<i>Laurus</i>
Espèce	<i>Laurus nobilis</i>

B.2. Description botanique

Laurus Nobilis L. est un grand arbuste à écorce grise pouvant atteindre de 2 à 6 m de haut, (figure 03) voir 15 m l'état sauvage. Afin de simplifier sa récolte, il est fréquemment taillé. En arbrisseau. D'allure pyramidale, il présente un feuillage dense vert foncé et persistant Sa croissance est généralement lente, d'environ 5 à 6 m en vingt ans, il peut facilement devenir centenaire (Geerts et al., 2002).

▪ Les fleurs :

Sont persistantes, alternes, allongées, à lancéolées et sont plantes dioïques de 0,4 à 0,8 cm unisexués avec une couleur jaune verdâtre à périanthe simple soudé à la base, Groupé en 4 à 6 ombelles. Les fleurs males possèdent 8 à 12 étamines rudimentaires et les fleurs femelles sont dotées d'un ovaire hypogyne à un compartiment avec un stigmate en trois parties.

▪ Les fruits

Une baie ovoïde, soutenue par le tube périanthaire peu dilaté de 2 cm de longueur à 1 cm de largeur. Le mésocarpe charnu renferme de l'huile et des cellules à l'huile essentielle, les cotylédons épais sont également riches en lipides. D'abord vert, devenant noir bleuté maturité.



Les fleurs



Les fruit

B.3. Habitat

Laurus nobilis, communément appelé laurier-sauce, est originaire du bassin méditerranéen. Il pousse naturellement dans les zones côtières et tempérées, où les températures sont douces et les précipitations modérées. Il préfère les sols bien drainés et peut être trouvé à l'état sauvage dans le sud de l'Europe, notamment en Italie, en Grèce et en Turquie, ainsi que dans les régions méditerranéennes occidentales de l'Espagne et du Portugal.

B.4. Utilisation

Le laurier noble (*Laurus nobilis*) a de multiples utilisations, allant de la cuisine à la phytothérapie. Ses feuilles sont utilisées fraîches ou séchées pour parfumer les plats, notamment dans les bouillons, sauces et ragoûts. En phytothérapie, l'huile essentielle de laurier noble est reconnue pour ses propriétés antiseptiques, antibactériennes, anti-inflammatoires et analgésiques. Elle peut être utilisée pour traiter les infections buccales, cutanées, respiratoires et articulaires. Le laurier noble est également utilisé pour soulager les douleurs musculaires, les rhumatismes, et même pour favoriser la digestion.

CHAPITER III :

Matériels et Méthodes

Le matériel biologique et la démarche méthodologique sont présentés dans cette partie. Dans le cadre de la réalisation de l'objectif de l'étude, les modèles biologiques ont été déterminés ainsi que la région de ramassage des individus visés pour cette étude. La toxicité des plantes contre les larves des moustiques a été étudiée par contact en utilisant les différents extraits organiques qui sont préparés par méthode hydro distillation. La lecture des résultats a été suivie pendant 72 h. Ces résultats sont soumis à une analyse statistique.

III.1. Démarche méthodologique

La figure suivante résume les différentes étapes de démarche méthodologique suivie pendant la réalisation de ce travail.

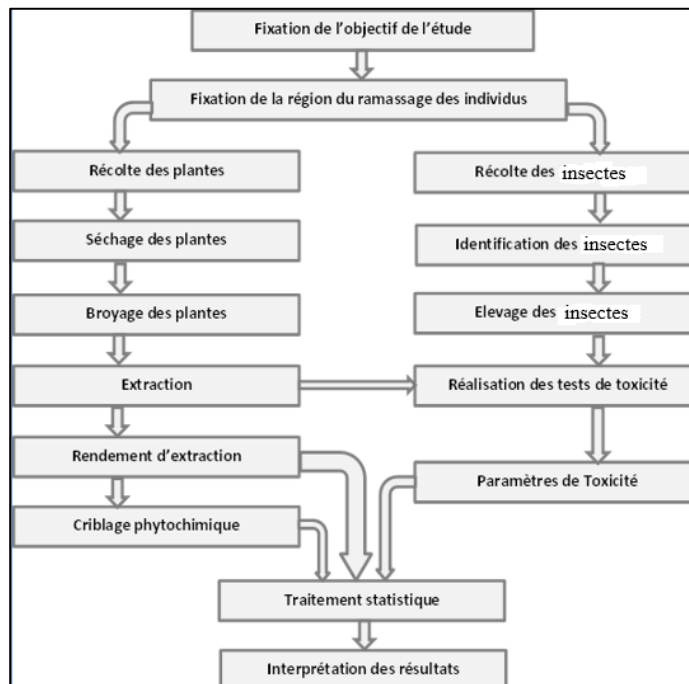
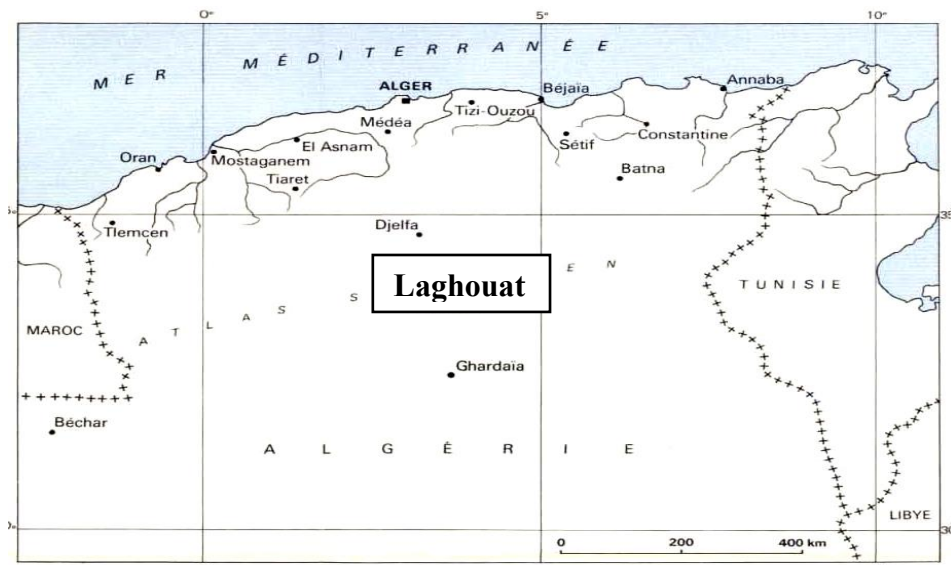


Figure : 13 : Démarche Méthodologique

III.2. Présentation de la région d'étude la wilaya de Laghouat

a. La situation géographique

Nos travaux ont été réalisés dans la wilaya de Laghouat. Celle-ci est située à la limite septentrionale du Sahara ($33^{\circ} 46' N$, $2^{\circ} 56' E$) à 400 km au sud de la capitale d'Alger où elle se trouve entourée de l'Atlas saharien, les hauts plateaux et les plateaux sahariens. La wilaya s'étend sur une superficie de $25\,052\text{ km}^2$ et fait partis des régions pastorales de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh, au Nord-ouest par la wilaya de Tiaret et vers le sud par la wilaya de Ghardaïa (CDF, 2013) (Figure 6).



Source : CDF, 2013

Figure 14. Situation géographique de la région d'étude (Laghouat).

- **Les reliefs**

Laghouat est limitée au Nord par une série montagneuse de l'Atlas Saharien, caractérisée par des altitudes allant de 1000 à 1700 m avec des pentes de 12,5 à 25 % dans la zone Nord-Ouest de la région (Aflou et Brida) ; constituée aussi de vieux massifs forestiers d'une superficie de : 47.095 ha, d'une nappe alfatières couvrant une superficie de près de 315.125 ha, de pacages et de parcours d'une superficie de 1.531.766 ha. Les zones dès ses hauts plateaux et des plateaux sahariens sont caractérisées par des altitudes allant de 700 à 1.000 m et des pentes de 0 à 3 %. Ces zones sont constituées de vastes étendues steppiques d'une superficie de 1 900 000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées (D.P.S.B, 2010).

- **Le sol**

Le sol ou couverture pédologique forme la couche superficielle meuble qui recouvre la roche mère. Son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif (Faurie et *al.*, 2003). Les principaux sols rencontrés dans la steppe sont : des sols peu évolués, des sols Calci-magnésiques, les sols iso humiques et les sols minéraux bruts (Pouget, 1980).

- **Les facteurs climatiques**

La région de Laghouat s'étale sous un climat continental au nord-ouest et un climat

saharien aride, du côté des hauts plateaux (D.P.A.T., 2009).

- **La température**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne ; de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Les données communiquées par l'Office National de la Météorologie (ONM), sur les températures mensuelles sévissant sur la wilaya de Laghouat oscillées entre 7,87 et 32,25°C (Tableau 1).

Tableau04 : Température moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2012) (ONM Laghouat, 2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T°C	7,87	9,56	13,72	17,11	22,37	27,17	32,25	30	25	19,5	12,5	8,78	18,82

- **Les précipitations**

D'après Prévost (1999), les précipitations englobent la pluie, la neige, la rosée, le brouillard et la grêle ; c'est-à-dire toutes chutes d'eau arrivant au sol. Elles constituent un facteur d'importance fondamentale pour le développement de toute vie (Ramade, 2003). À Laghouat les précipitations sont plutôt faibles varient entre 5,58 à 27,63. Les mois les plus arrosés sont ceux du mois de septembre et d'octobre par opposition les mois les plus secs sont ceux de juillet et de février (Tableau 2).

Tableau 2. Précipitation moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2012) (ONM Laghouat, 2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cum
P mm	11,44	7,74	12,52	22,88	10,09	8,93	5,58	13,53	27,48	27,63	10,94	11,31	170,06

- **Humidité relative**

Prévost (1999) amené que l'humidité de l'air ou l'état hygrométrique de l'air représente la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la quantité maximale qui peut être fixée à une température considérée (Tableau 3). Pour ce qui est dans notre région les mois les plus humides sont décembre et janvier alors que le mois le moins humide est le mois de juillet avec un taux de 28,54%.

Tableau 5. Humidité moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2012) (OMN Laghouat, 2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
H %	66,73	58,73	46	45,91	40,27	36,18	28,54	32,18	46,64	56,36	64,36	68,45	49,20

- **Le vent**

On caractérise le vent par sa direction et par sa vitesse (Prévoist, 1999). IL constitue pour certains biotopes un facteur écologique limitant (Ramade, 2003). Le vent dans la région de Laghouat varie très peu d'une saison à l'autre avec une moyenne annuelle de 3,29 m/s (Tableau 4).

Tableau 6. Vitesse de vent (m/s) moyenne mensuelle de région de Laghouat (2002 -2012) (OMN de Laghouat).

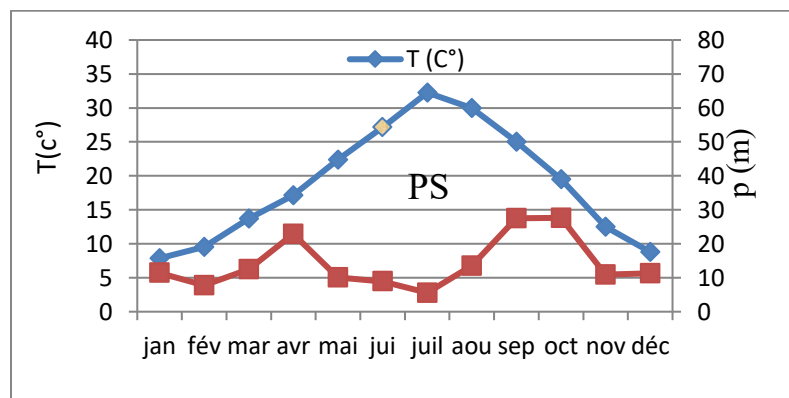
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V m/s	2,84	3,58	3,76	4,52	3,73	3,59	3,37	3,2	2,89	2,46	2,74	2,84	3,29

III.3 La synthèse climatique

Ces différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz, 1971). Il est par conséquent nécessaire d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu, pour pouvoir caractériser le climat de notre zone d'étude et ainsi préciser sa position sur l'échelle méditerranéenne. D'où l'utilisation du diagramme ombrothermique.

- **Le Diagramme Ombrothermique**

Un mois est considéré biologiquement sec lorsque le cumul mensuel des précipitations exprimées en mm est inférieur ou égale au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degré Celsius (Dajoz, 1971). Le relevé pluviométrique et thermique établi mensuellement pendant 10 ans est représenté dans la figure suivante :




**Figure 13 :** Diagramme ombrothermique de la région de Laghouat durant la période (2002 – 2012).



III.4. Matériel utilisé au laboratoire

Le tableau suivant présente le matériel principal utilisé au laboratoire

Tableau 7 : Matériel au laboratoire

Matériel au laboratoire	
Chauffe ballon	
Bucher de 1000ml	
Erlenmeyer de 1000mL	

<p>Flacons</p>	
<p>Papier filtre</p>	
<p>Entonnoir</p>	
<p>Clevenger</p>	

<p>Boîtes en matière plastique de capacité 250 cm pour l'élevage de <i>Tribolium</i></p>	
<p>Une loupe binoculaire</p>	

- **Récolte de matériel végétal**

Dans cette étude, les échantillons du matériel végétal utilisé ont été récupérés auprès des herboristes de la commune de Laghouat. Le matériel végétal est constitué de feuilles des plantes de laurier noble (*Laurus nobilis*) et des graines de poivre noir (*Piper nigrum*).

- **Séchage et broyage de matériel végétal**

Les feuilles sont lavées puis laissées sécher à l'ombre et à température ambiante dans un endroit aéré, pendant 21 jours. Les feuilles sèches ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique et le broyat obtenu a été conservé dans des sachets en papier à température ambiante, dans un endroit sec et à l'abri de l'humidité et de la lumière jusqu'à son utilisation (Fig. ... et).



Figure 14 : Feuilles et poudre des plantes laurier noble (*Laurus nobilis*) (Original, 2025).



Figure 15 : Feuilles et poudre des plantes laurier noble (*piper nigrum*) (Original, 2025).

- **Extraction et préparation des extraits**

L'extraction est une étape très importante avant l'analyse quantitative et quantitative proprement dite. Le solvant utilisé et la température, jouent également un rôle important dans cette procédure (Muanda, 2010). Dans la présente étude, les méthodes utilisées sont l'extraction par hydro distillation, en utilisant l'eau distillée comme un solvant afin d'obtenir des extraits.

- **Extraction par hydro distillation (Extraction solide / liquide)**

L'extraction a été effectuée par hydrodistillation de 100 g de la poudre du matériel végétal (Poudre des feuilles de *Piper nigrum* et de *Laurus nobilis* dans un 1.5L de l'eau distillée avec un chauffe ballon et un appareil de clevenger . l'opération d'extraction d'huile essentiels des deux plantes dure entre 2h30 et 3h30. L'extrait brut a rapidement transférer dans petit flacons en verre ombré et conservé a une température de -4°C jusqu'au moment de l'utilisation ultérieur.

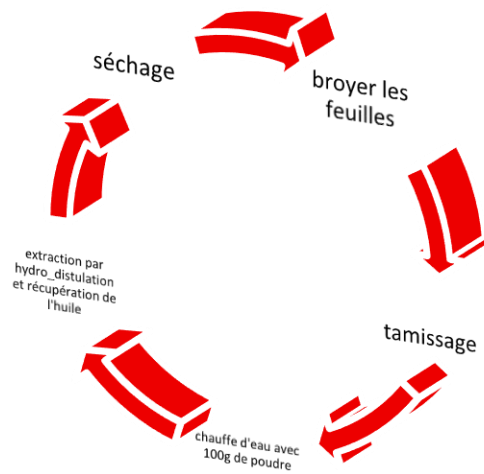


Figure16 : Protocole expérimentale d'extraction par hydro distillation

- Réalisation des tests toxicologique

Trebolium castenum était auparavant mis dans une boîte de farine afin de survivre . Nous avons utilisé trois concentrations 100 mg MS/ml, 10 mg MS/ml, 1 mg MS/ml. Pour chaque extrait, 4 lots ont été construits (L'un est témoin et les autres sont des lots de traitement). Chaque lot de traitement est visé pour une concentration. Nous avons utilisé 3 boîtes de pétris contenant 2ml d'extrait de plantes pour chaque lot pour objectif de réaliser 3 répétitions. Dans chaque boîte de Pétri nous mettons 10 larves de *Trebolium castenum*. Le taux de mortalité dans les boites déterminées après 24h, 48h, 72h Le pourcentage de mortalité observée des larves témoins et traitées des individus testés a été déterminé selon la formule suivants :

Mortalité observée = pourcentage de mortalité = (Nombre de larves mortes après traitement /Nombre de larves introduites) x 100.

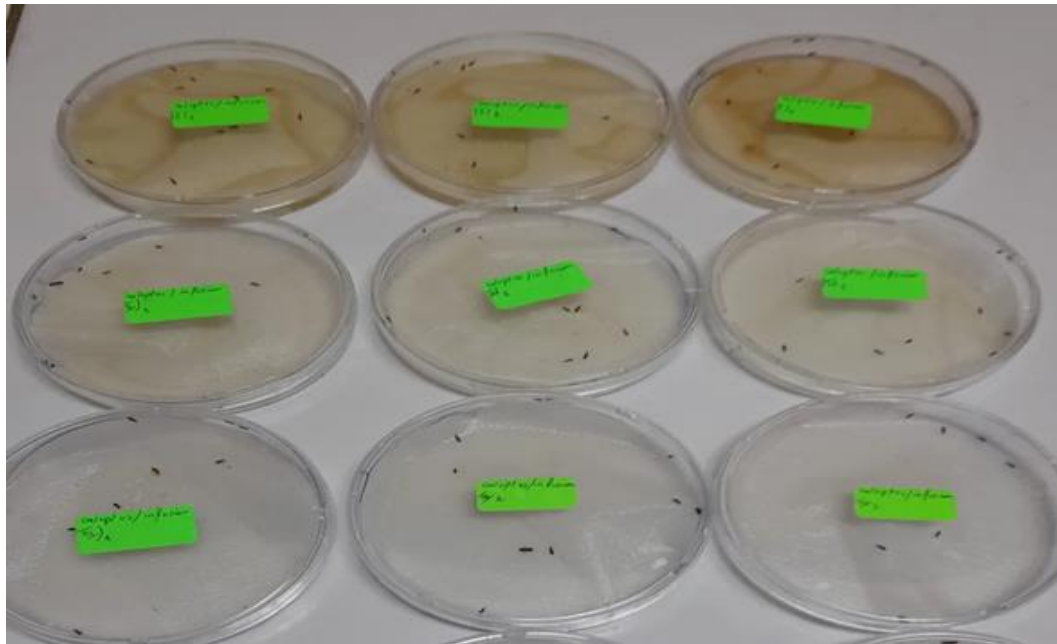


Figure 17 : Photographie représente les tests toxicologiques (**Original**).

III.5. Paramètres de toxicité étudiée

Pour la présente étude, quatre paramètres de toxicité sont étudiés soient :

- ✓ Taux de mortalité ;
- ✓ Cinétique de mortalité ;
- ✓ Doses létales ;
- ✓ Temps létaux.
- ✓ **Taux de mortalité :**

Le premier critère d'étudier de l'efficacité d'un traitement ou biologique est la mortalité (Kemassi, 2014 ; Cherif, 2020 ; Herouini, 2021). Le pourcentage de mortalité observée des larves *Trebolium castenum* témoins et traitées par rapport les larves introduites a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité (\%)} = \frac{\text{(Nombre de larves mortes après traitement)}}{\text{(Nombre de larves introduites)}} \times 100$$

- ✓ **Cinétique de mortalité :**

Pour mieux représenter l'effet larvicide des extraits végétaux organiques sur les larves de *Trebolium castenum* le suivi de l'évolution de mortalité observée des larves traitées a été enregistré avec l'évolution de temps pendant les 72 h d'exposition.

- ✓ **Doses létales :**

Pour un objectif de calcul des doses létales 50 et 90 (DL₅₀ et DL₉₀) qui tuent 50 % et 90% du nombre d'individus exposés aux extraits, les pourcentages de mortalité corrigés ont été transformés en probits, et les concentrations tests de toxicité ont été transformées en un logarithme décimal. Des équations des droites de régression log de dose en fonction des probits ont été établies (Kemassi et al, 2019 ; Herouini, 2021).

- ✓ **Temps létaux :**

Pour un objectif d'estimer des temps létaux 50 et 90 (TL₅₀ et TL₉₀) qui correspondent au temps nécessaire pour tuer 50 % et 90 % des individus exposés aux extraits, les droites de régression probit correspondant au pourcentage de mortalité corrigé des logarithmes de temps de traitement ont été établis (Kemassi, 2014 ; Kemassi et al, 2019 ; Cherif, 2020 ; Herouini, 2021).

III.6. Toxicité comparée

Le logiciel STATISTICA (Version 10) est utilisé pour étudier les différences significatives entre les moyennes des résultats de toxicité obtenues par l'utilisation de différents extraits organiques des plantes étudiées vis-à-vis les larves des moustiques testées à P < 0,05 sur la base d'une ANOVA suivie du test HSD de Tukey après le test de normalité.

CHAPITRE IV :

Résultats et discussion

Dans le cadre de cette étude, l'efficacité insecticide des extraits organiques de deux espèces végétales (*Piper nigrum* et *Laurus nobilis*), collectées auprès d'herboristes de la région de Laghouat, a été évaluée in vitro sur des adultes de *Tribolium confusum* via deux méthodes d'application : contact direct et fumigation. Les taux de mortalité ont été mesurés par un suivi quotidien sur une période de 72 heures. Les données recueillies ont ensuite été soumises à une analyse statistique paramétrique (ANOVA, seuil de significativité $p < 0,05$) à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel (version 2025) pour la validation des résultats et STATISTICA (v. 12.0) pour l'analyse de variance.

IV.1. Rendement d'extraction et caractéristiques des extraits

Le rendement d'extraction en principes actifs de différents extraits organique correspond au le pourcentage de poids d'extrait sec calculé par rapport le poids de matière végétale sèche utilisée pour l'extraction.

La figure présente les déférentes valeurs de rendement des différents extraits organique *Piper nigrum* et de *Laurus nobilis* obtenus par méthode hydrodistillation.

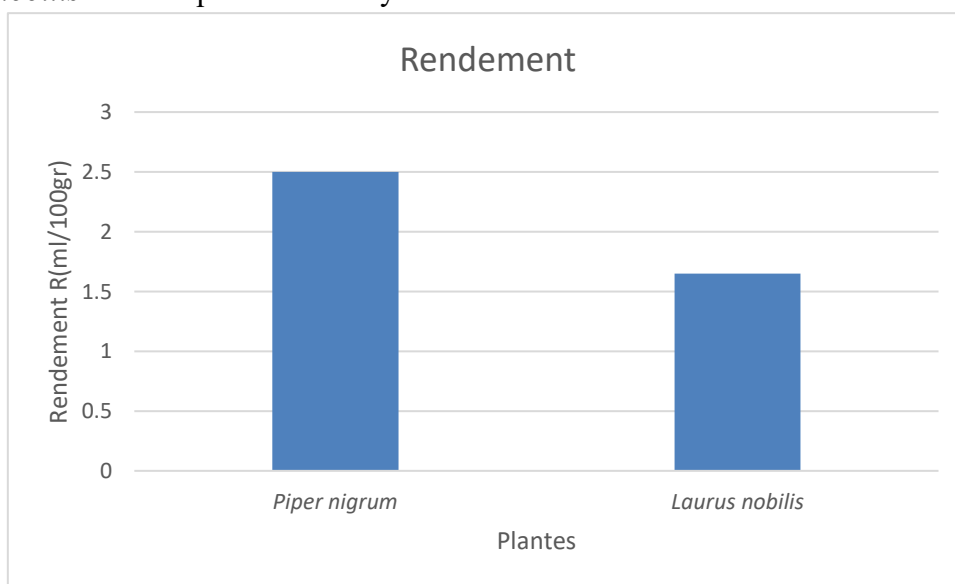


Figure 18 : Rendement d'extraction de différents extraits organiques de deux plantes étudiées.

Les résultats de la figure précédente montrent que les valeurs de rendements varient entre 1.65ml/100gr pour *Laurus nobilis* et 2.5 ml/100gr pour le poivre noir *Piper nigrum*.

Le tableau suivant résume les caractéristiques organoleptiques des extraits organiques de deux plantes obtenues par la macération. Les extraits présentent les mêmes caractéristiques sauf que la couleur qui est différente de l'extrait à l'autre avec le changement de solvant organique utilisé.

Tableau 8 : Caractéristiques organoleptiques des extraits des plantes.

<i>Extrait</i>	<i>Plante</i>	<i>Aspect</i>	<i>Couleur</i>	<i>L'odeur</i>
Hydro-distillation (eau distillée)	<i>Laurus nobilis</i>	Liquide visqueux	Verte plus clair	Agréable
	<i>Piper nigrum</i>	Liquide visqueux	Vert pistache	Agréable et concentré

IV.2 Toxicité

L'étude de la toxicité par contact des extraits végétaux contre les adultes de *Tribolium castenum* est testée au laboratoire. L'utilisation des doses croissantes des extraits provoquent la mort des individus traités.

a. Mortalité observée- Inhalation

Cette figure illustre la mortalité observée chez *Tribolium castaneum* après exposition par inhalation à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle de *Laurus nobilis*. On observe une augmentation nette de la mortalité en fonction de la concentration et du temps d'exposition. À 100 % de concentration, la mortalité atteint 65 % à 24 h, 80 % à 48 h et 90 % à 72 h. À des concentrations plus faibles (75 %, 50 %, 25 %), la mortalité reste inférieure, mais elle augmente également avec le temps, montrant une relation dose-réponse et temps-réponse typique des effets toxiques cumulés des huiles essentielles sur les insectes.

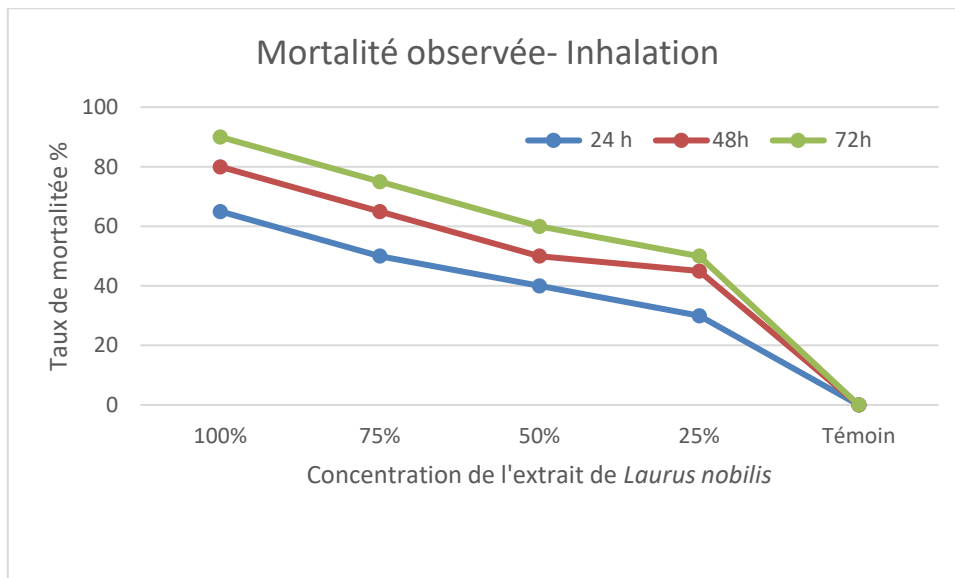


Figure 19 : Effet de l’inhalation de l’huile essentielle de *Laurus nobilis* sur la mortalité de *Tribolium castaneum* en fonction de la concentration et du temps d’exposition.

Cette figure présente la mortalité chez *Tribolium castaneum* provoquée par inhalation d’extrait d’huile essentielle de *Piper nigrum*. Le profil est similaire à celui de *Laurus nobilis*, mais avec des mortalités supérieures à chaque concentration et temps d’exposition. À 100 % de concentration, la mortalité atteint 90 % à 24 h et 100 % dès 48 h, se maintenant à ce niveau à 72 h. Les concentrations plus faibles montrent également une augmentation progressive de la mortalité avec le temps, mais toujours à des niveaux supérieurs à ceux observés avec *Laurus nobilis*.

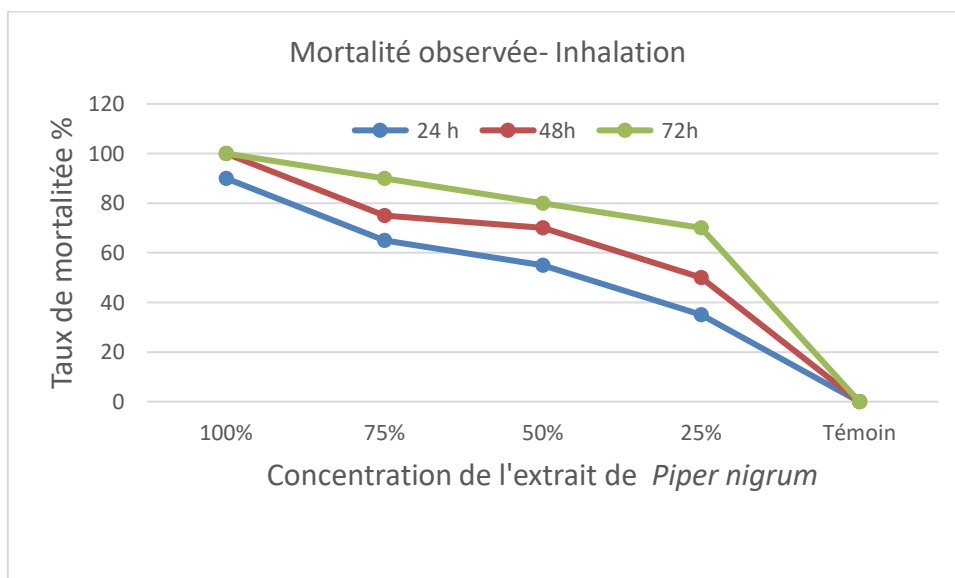


Figure 20 : Effet de l’inhalation de l’huile essentielle de *Piper nigrum* sur la mortalité de *Tribolium castaneum* en fonction de la concentration et du temps d’exposition

Tableau 9 : Comparaison entre les figures 19 et 20

Paramètre	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Piper nigrum</i>
-----------	-----------------------	---------------------

Paramètre	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Piper nigrum</i>
Mortalité maximale (100%)	90 % (72 h)	100 % (48 h et 72 h)
Efficacité à 24 h (100%)	65 %	90 %
Efficacité à 75 % (72 h)	75 %	90 %
Efficacité à 25 % (72 h)	50 %	70 %

Piper nigrum est systématiquement plus efficace que *Laurus nobilis* à toutes les concentrations et tous les temps d'exposition. L'écart est particulièrement marqué à forte concentration et exposition prolongée, où *Piper nigrum* atteint une mortalité totale plus rapidement. Cela indique un pouvoir insecticide supérieur de l'huile essentielle de *Piper nigrum* sur *Tribolium castaneum*.

Tableau 10 : Effet de l'inhalation des huiles essentielles de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* à différentes concentrations et durées d'exposition sur la mortalité de *Tribolium castaneum*.

<i>Piper nigrum</i>			<i>Laurus nobilis</i>		
Concentration de l'extrait %	Temps d'exposition	Mortalité observée (%)	Concentration de l'extrait %	Temps d'exposition	Mortalité observée (%)
100	24 h	90	100	24 h	65
100	48h	100	100	48h	80
100	72h	100	100	72h	90
75	24 h	65	75	24 h	50
75	48h	75	75	48h	65
75	72h	90	75	72h	75
50	24 h	55	50	24 h	40
50	48h	70	50	48h	50
50	72h	80	50	72h	60
25	24 h	35	25	24 h	30
25	48h	50	25	48h	45
25	72h	70	25	72h	50
Témoin	24 h	0	Témoin	24 h	0
Témoin	48h	0	Témoin	48h	0
Témoin	72h	0	Témoin	72h	0

Le tableau présente de façon détaillée l'évolution de la mortalité (%) chez *Tribolium castaneum* en fonction de la concentration (%) et du temps d'exposition (24 h, 48 h, 72 h) pour les huiles essentielles de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis*. On note une progression régulière de la mortalité avec l'augmentation de la concentration et de la durée d'exposition pour les deux huiles. *Piper nigrum* affiche des taux de mortalité systématiquement plus élevés, atteignant 100 % dès 48 h à la concentration maximale, tandis que *Laurus nobilis* nécessite 72 h pour approcher ce niveau (90 %). À des concentrations plus faibles, la différence d'efficacité entre les deux huiles reste notable, confirmant la supériorité de *Piper nigrum* dans ce contexte expérimental.

✓ **Comparaison statistique des deux extraits (plantes)**

Une ANOVA (Tableau 10) à un facteur a été réalisée pour comparer la mortalité moyenne entre *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* sur l'ensemble des conditions (concentrations et temps d'exposition confondus).

Tableau 11: ANOVA (résumé des résultats statistiques)

Source de variation	ddl	F	p	Significatif ?
Plante	1	3.79	0.064	Non (tendance)
Concentration	3	9.48	0.0004	Oui (hautement)
Temps d'exposition	2	3.21	0.061	Non (tendance)

- **Résultat :** $F=3,79$, $p=0,064$
- **Interprétation :** La différence de mortalité entre les deux huiles essentielles n'atteint pas le seuil de signification statistique classique ($p < 0,05$), mais elle tend à être proche de la significativité, suggérant une tendance à une efficacité supérieure de *Piper nigrum*, sans que cela soit statistiquement confirmé au seuil usuel.

✓ **Effet de la concentration**

- **Résultat :** $F=9,48$, $p=0,0004$
- **Interprétation :** Il existe une différence hautement significative de mortalité entre les différentes concentrations testées. Plus la concentration de l'extrait n'est élevée, plus la mortalité observée est importante, ce qui confirme l'existence d'un effet dose-réponse marqué.

✓ **Effet du temps d'exposition**

- **Résultat :** $F=3,21$, $p=0,061$
- **Interprétation :** L'effet du temps d'exposition sur la mortalité n'est pas significatif au seuil de 5 %, mais il existe une tendance à l'augmentation de la mortalité avec le temps, ce qui pourrait devenir significatif avec un effectif plus important.

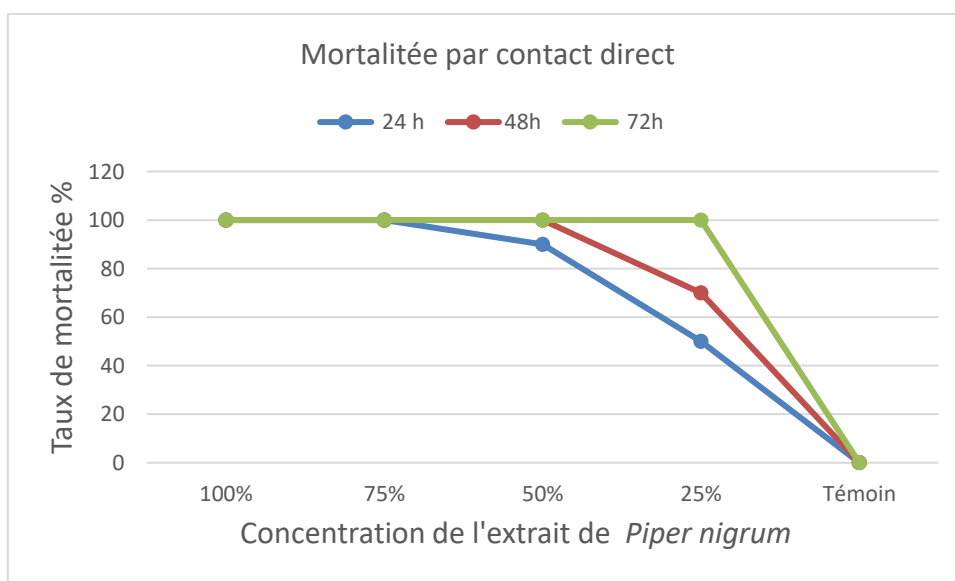
b. Mortalité observée par contact direct

- ✓ Contact avec l'extrait de l'huile

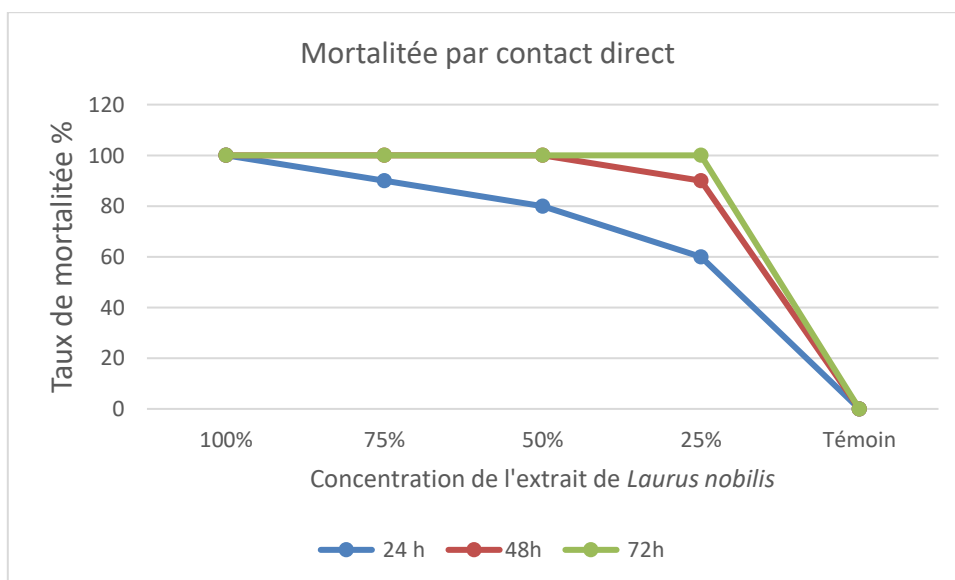
Figure 16 illustre la mortalité observée chez *Tribolium castaneum* après exposition directe à différentes concentrations d'extrait d'huile de *Laurus nobilis*, tandis que **Figure 17** présente la mortalité pour *Piper nigrum*, selon le même protocole.

Dans les deux cas, la mortalité augmente avec la dose et le temps d'exposition. Pour *Laurus nobilis*, la mortalité atteint 100% à la dose maximale (100 %) dès 24h et se maintient pour toutes les durées. À 75 %, la mortalité est de 90% à 24h puis atteint 100% à 48h et 72h. À 50 %, la mortalité est de 80% à 24h puis 100% à 48h et 72h. À la dose la plus faible (25 %), la mortalité progresse de 60% (24h) à 90% (48h) puis 100% (72h).

Pour *Piper nigrum*, la mortalité est maximale (100%) dès 24h pour les doses de 100 et 75 %, et atteint 100% pour 50 % à 48h. À 25 %, la mortalité progresse de 50% (24h), 70% (48h), à 100% (72h).



- **Figure 21** : Effet de l'extrait d'huile de *Piper nigrum* sur la mortalité de *Tribolium castaneum* selon la dose et le temps d'exposition.



- **Figure 22** : Effet de l'extrait d'huile de *Laurus nobilis* sur la mortalité de *Tribolium castaneum* selon la dose et le temps d'exposition.

Tableau12 : Comparaison entre les figures 1 et 2

Concentration de l'extrait % <i>Laurus nobilis</i> (24h/48h/72h)	<i>Piper nigrum</i> (24h/48h/72h)
100	100% / 100% / 100%

Concentration de l'extrait % <i>Laurus nobilis</i> (24h/48h/72h) <i>Piper nigrum</i> (24h/48h/72h)		
75	90% / 100% / 100%	100% / 100% / 100%
50	80% / 100% / 100%	90% / 100% / 100%
25	60% / 90% / 100%	50% / 70% / 100%

- *Piper nigrum* induit une mortalité plus rapide que *Laurus nobilis* à 75 et 50 %, atteignant 100% dès 24h, alors que *Laurus nobilis* nécessite 48h pour atteindre ce niveau.
- À faible dose (25 %), *Laurus nobilis* est légèrement plus efficace à 24h et 48h, mais les deux extraits atteignent 100% à 72h.
- Aucun effet n'est observé sur les témoins.

Tableau 13: Effet de différentes concentrations d'extraits d'huiles de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* sur la mortalité de *Tribolium castaneum* en fonction du temps d'exposition

<i>Piper nigrum</i>			<i>Laurus nobilis</i>		
Concentration de l'extrait %	Temps d'exposition	Mortalité observée (%)	Concentration de l'extrait %	Temps d'exposition	Mortalité observée (%)
100	24 h	100	100	24 h	100
100	48h	100	100	48h	100
100	72h	100	100	72h	100
75	24 h	100	75	24 h	90
75	48h	100	75	48h	100
75	72h	100	75	72h	100
50	24 h	90	50	24 h	80
50	48h	100	50	48h	100
50	72h	100	50	72h	100
25	24 h	50	25	24 h	60
25	48h	70	25	48h	90
25	72h	100	25	72h	100
Témoin	24 h	0	Témoin	24 h	0
Témoin	48h	0	Témoin	48h	0
Témoin	72h	0	Témoin	72h	0

Le tableau 9 synthétise l'évolution de la mortalité (%) de *Tribolium castaneum* en fonction de la dose et du temps d'exposition pour les deux extraits. Les deux huiles montrent une efficacité insecticide marquée, avec une mortalité totale à partir de 50 % après 48h pour *Piper nigrum* et *Laurus nobilis*. À 25 %, la mortalité est plus progressive mais atteint aussi 100% après 72h. L'absence de mortalité chez les témoins confirme l'effet spécifique des extraits.

✓ **Résultats des tests ANOVA**

- **Les Différences entre espèces**

L'absence de différence significative entre *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* indique que les deux huiles essentielles sont comparables en termes d'efficacité sur *Tribolium castaneum*, ce qui est cohérent avec les taux de mortalité élevés observés dans le tableau pour les deux extraits à partir de 50 mg MS/ml.

Tableau 14 : Résultats de l'ANOVA sur la mortalité de *Tribolium castaneum*

Facteur	Valeur p	Significativité	Interprétation
Concentration	0.016	Significatif	Différence significative de mortalité selon les concentrations
Temps d'exposition	0.051	Quasi-significatif	Tendance à l'augmentation de la mortalité avec le temps
Espèce végétale	0.890	Non significatif	Pas de différence significative entre <i>Piper nigrum</i> et <i>Laurus nobilis</i>

- ✓ **Effet dose et temps :**

L'effet dose est clairement démontré, la mortalité passant de 50–60% à 25 mg MS/ml à 100% à 100 mg MS/ml. L'effet du temps est plus nuancé, mais la tendance à l'augmentation de la mortalité avec le temps est visible, surtout aux faibles doses.

Tableau 15 : Comparaisons multiples entre concentrations, temps et espèces

Comparaison	Différence significative	Valeur p approximative	Commentaires
Concentration 100 mg vs 75 mg	Oui	0.01	Différence significative entre 100 mg et 75 mg
Concentration 75 mg vs 50 mg	Oui	0.02	Différence significative entre 75 mg et 50 mg
Concentration 50 mg vs 25 mg	Oui	0.03	Différence significative entre 50 mg et 25 mg
Temps 24h vs 48h	Non	0.051	Pas de différence significative entre 24h et 48h
Temps 48h vs 72h	Non	0.051	Pas de différence significative entre 48h et 72h
<i>Piper nigrum</i> vs <i>Laurus nobilis</i>	Non	0.89	Pas de différence significative entre les deux extraits

Ces tableaux mettent en évidence que la concentration est le facteur le plus déterminant sur la mortalité, tandis que ni le temps d'exposition ni l'espèce végétale ne montrent de différence significative au seuil de 5%.

- ✓ **Résultats du contact avec l'extrait de l'hydrolat**

La Figure1 illustre la mortalité observée chez *Tribolium* après un contact direct avec différentes concentrations d'extrait d'hydrolat de *Piper nigrum* à 24 h, 48 h et 72 h. On observe une augmentation marquée de la mortalité avec l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition. À 100 % et 75 %, la mortalité atteint rapidement 100 % dès 48 h. À 50 % et 25 %, la mortalité progresse plus lentement mais atteint également 100 % à 72 h. Aucun effet n'est observé dans le témoin.

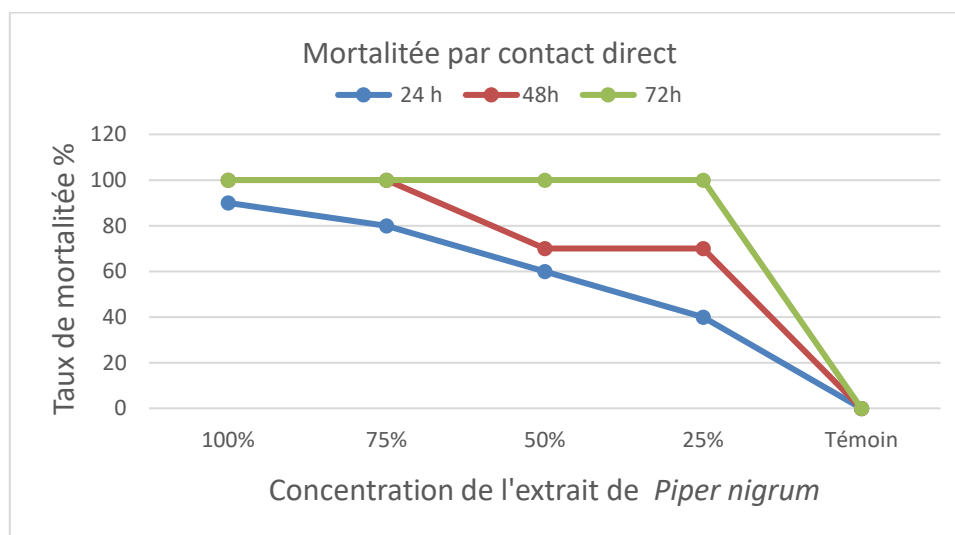


Figure 22 : Effet de différentes concentrations d'extrait d'hydrolat de *Piper nigrum* sur la mortalité de *Trebolium castenum* par contact direct.

La Figure présente le même protocole, mais avec l'hydrolat de *Laurus nobilis*. La tendance est similaire : la mortalité augmente avec la concentration et le temps. À 100 % et 75 %, la mortalité atteint 100 % dès 48 h. À 50 %, la mortalité est légèrement supérieure à celle de *Piper nigrum* à 24 h (70 % contre 60 %), et atteint aussi 100 % à 48 h. À 25 %, la mortalité est un peu plus élevée qu'avec *Piper nigrum* à 24 h (50 % contre 40 %), mais les deux extraits atteignent 100 % à 72 h.

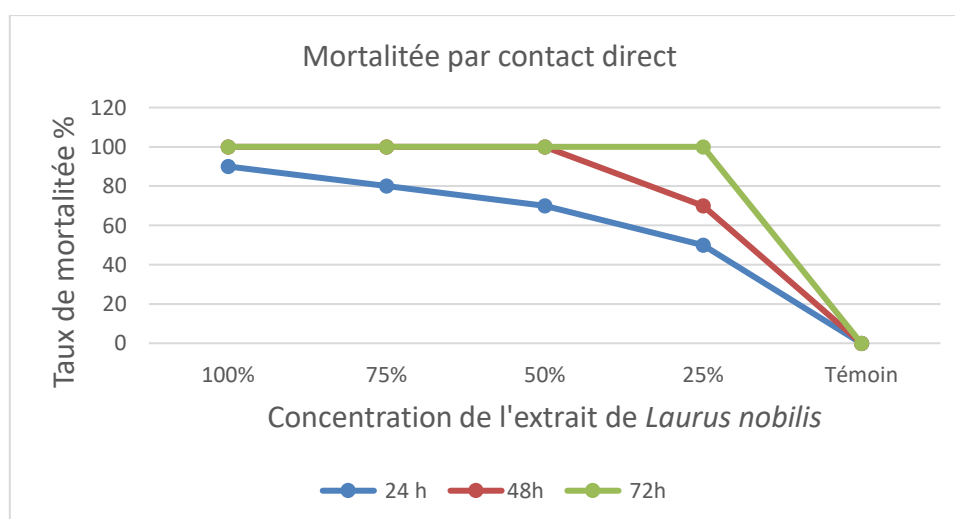


Figure 23 : Effet de différentes concentrations d'extrait d'hydrolat de *Laurus nobilis* sur la mortalité de *Trebolium castenum* par contact direct.

Tableau 16 : Effet de différentes concentrations d'extraits d'hydrolat de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* sur la mortalité de *Trebolium castenum* à différents temps d'exposition

Concentration (%)	Temps (h)	<i>Piper nigrum</i> (%)	<i>Laurus nobilis</i> (%)
100	24	90	90
100	48	100	100
100	72	100	100
75	24	80	80
75	48	100	100
75	72	100	100
50	24	60	70
50	48	70	100
50	72	100	100
25	24	40	50
25	48	70	70
25	72	100	100

- Les deux extraits présentent une efficacité très proche, mais *Laurus nobilis* semble légèrement plus rapide à faible concentration (50 % et 25 %) pour atteindre 100 % de mortalité à 48 h (contre 72 h pour *Piper nigrum*).
- À forte concentration (75 % et 100 %), les deux extraits sont équivalents.
- Aucun effet n'est observé dans les témoins pour les deux extraits.

Tableau 17 : les résultats de mortalité

<i>Piper nigrum</i>			<i>Laurus nobilis</i>		
Concentration de l'extrait %	Temps d'expositio	Mortalité observée (%)	Concentration de l'extrait %	Temps d'expositio	Mortalité observée (%)
100	24 h	90	100	24 h	90
100	48h	100	100	48h	100
100	72h	100	100	72h	100
75	24 h	80	75	24 h	80
75	48h	100	75	48h	100
75	72h	100	75	72h	100
50	24 h	60	50	24 h	70

50	48h	70	50	48h	100
50	72h	100	50	72h	100
25	24 h	40	25	24 h	50
25	48h	70	25	48h	70
25	72h	100	25	72h	100
Témoin	24 h	0	Témoin	24 h	0
Témoin	48h	0	Témoin	48h	0
Témoin	72h	0	Témoin	72h	0

Le tableau synthétise les résultats de mortalité observée chez *Tribolium* exposé à divers pourcentages d'extraits d'hydrolat de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* à 24 h, 48 h et 72 h. On constate une relation dose-effet nette : la mortalité augmente avec la concentration et le temps d'exposition. Les deux extraits sont très efficaces, atteignant 100 % de mortalité à partir de 75 % de concentration dès 48 h. À 50 % et 25 %, l'extrait de *Laurus nobilis* agit légèrement plus rapidement que celui de *Piper nigrum*.

IV.5. Discussion générale

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Piper nigrum* présente une activité insecticide nettement supérieure à celle de *Laurus nobilis* sur *Tribolium castaneum*, avec des mortalités atteignant 100 % dès 48 h à la concentration maximale, contre 90 % pour *Laurus nobilis* au bout de 72 h. Cette efficacité accrue de *Piper nigrum* est en accord avec les travaux récents de Hadjour et Bessaha (2024), qui ont démontré une mortalité de 100 % chez *Trebolium castenum* après 24 h d'exposition à l'huile essentielle de *Piper nigrum* à forte dose, tandis que l'huile de coriandre montrait une efficacité bien moindre

Concernant *Laurus nobilis*, nos résultats confirment ses propriétés insecticides, mais à un niveau inférieur à *Piper nigrum*. Ces observations rejoignent celles de Sarah et Belari Mohammedi (2023), qui ont montré que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* exerce une activité insecticide notable contre *Rhyzopertha dominica*, tout en soulignant la nécessité d'optimiser les conditions d'application pour maximiser son efficacité

Par ailleurs, d'autres recherches sur les huiles essentielles, telles que celles de De Luca (1979) pour la pipérine du *Piper nigrum*, ont mis en évidence l'effet synergique des composés actifs de cette plante, expliquant son activité insecticide marquée

Enfin, les résultats obtenus dans ce travail sont cohérents avec la littérature sur les huiles essentielles à usage insecticide, où une relation dose-réponse et temps-réponse est systématiquement observée (Hadjour & Bessaha, 2024 ; Sarah & Belari Mohammedi, 2023). L'efficacité supérieure de *Piper nigrum* pourrait être attribuée à sa richesse en pipérine et autres composés actifs, comme l'ont déjà suggéré De Luca (1979) et d'autres auteurs.

Les résultats montrent que les extraits d'hydrolat de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* possèdent une activité insecticide marquée contre *Tribolium*, avec une efficacité dépendante de la concentration et du temps d'exposition. Ces observations concordent avec les travaux de Chahal et al. (2016), qui ont montré que l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* est dépendante de la dose et du temps, atteignant des taux de mortalité élevés à forte

concentration et exposition prolongée. Jemaa et al. (2011) ont également rapporté une forte activité répulsive et insecticide de *Laurus nobilis* sur diverses espèces de coléoptères.

Concernant *Piper nigrum*, plusieurs études confirment son efficacité insecticide. Par exemple, Yap Chin Ann et al. (2019) ont montré que l'extrait méthanolique de *Piper nigrum* réduit la survie des aleurodes à 17,1 % après 72 h à 10 % de concentration, ce qui rejoint nos observations d'une mortalité totale à forte concentration et exposition prolongée.

De même, Afsar Ali et al. (2020) ont observé une augmentation de la mortalité de *Tribolium castaneum* avec l'augmentation de la concentration d'extrait végétal et du temps d'exposition, atteignant 52 % à 0,05 % après 72 h

. Enfin, les résultats sont en accord avec ceux d'Anyaele et al. (2002) et de Karunamoorthi et al. (2014), qui ont montré une forte toxicité des extraits de *Piper nigrum* sur différentes espèces d'insectes nuisibles, avec des LC50 faibles et une mortalité rapide

Ces résultats corroborent ceux de Lamnaouer et al. (1996), qui rapportent une mortalité maximale de 98% pour *Piper nigrum* contre *R. dominica*, et une efficacité moyenne pour *Laurus nobilis* contre les ravageurs des denrées stockées

D'autres travaux, comme ceux de Benchikhah (2022), soulignent également une efficacité rapide et totale des huiles essentielles à des doses similaires. À l'inverse, certaines huiles comme celle de *Syzygium aromaticum* montrent une efficacité beaucoup plus faible sur *T. castaneum*, avec une mortalité maximale de 40% à 72h (Rezzouk, 2022).

Conclusion

Conclusion

En conclusion, cette étude a permis d'évaluer de manière rigoureuse l'efficacité insecticide des extraits huileux de poivre noir (*Piper nigrum*) et de laurier noble (*Laurus nobilis*) sur le stade adulte de *Tribolium confusum*, un ravageur majeur des denrées stockées. Les résultats obtenus démontrent une activité insecticide significative des deux extraits, avec une supériorité marquée de *Piper nigrum*, qui atteint une mortalité de 100 % dès 48 heures à forte concentration par inhalation, contre 90 % pour *Laurus nobilis* après 72 heures. Par contact direct, les deux extraits affichent une efficacité comparable à des doses élevées, atteignant une mortalité totale dès 24 à 48 heures. Ces effets, dépendants de la dose et du temps d'exposition, soulignent une relation dose-réponse et temps-réponse typique des biopesticides d'origine végétale.

L'analyse statistique, bien que ne révélant pas de différence significative entre les deux extraits au seuil classique ($p < 0,05$), met en évidence une tendance à une meilleure performance de *Piper nigrum*, attribuée potentiellement à sa richesse en composés actifs tels que la pipérine. Ces observations s'alignent avec la littérature récente, confirmant le potentiel des huiles essentielles comme alternatives durables aux pesticides chimiques, limitant les risques environnementaux et sanitaires tout en réduisant le développement de résistances chez les insectes.

Cette recherche contribue à la validation scientifique des biopesticides végétaux pour la protection des céréales, en particulier du blé, dans un contexte de sécurité alimentaire critique en Algérie. Elle ouvre la voie à des investigations approfondies sur l'optimisation des formulations, l'identification précise des composés bioactifs responsables de l'activité insecticide, et l'évaluation de leur impact à grande échelle dans des conditions réelles de stockage. Ainsi, l'utilisation de *Piper nigrum* et *Laurus nobilis* pourrait s'inscrire comme une stratégie prometteuse et écologique pour la gestion intégrée des ravageurs, soutenant la durabilité des systèmes agricoles

Références Bibliographique

Références bibliographiques

Références citées dans le texte :

- ✓ Riley et al., 2009
- ✓ FAO, 2023 ;
- ✓ FAO, 2025
- ✓ Simón et al., 2021
- ✓ Rajashekar et al., 2010 ;
- ✓ Rajashekar et al., 2012
- ✓ Pacheco et al., 1990 ;
- ✓ Sartori et al., 1990
- ✓ Foster et al., 2014 ;
- ✓ Spit et al., 2012
- ✓ Messaoudene et
- ✓ Mouhou, 2017
- ✓ Auger et al., 2004 ;
- ✓ Khoshnoud et Khayamy, 2008 ;
- ✓ Kellouche et Soltani, 2004
- ✓ Gwynn et al., 2023
- ✓ Burel, C., & Médale, F. (2014). Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture?. *OCL*, 21(4), D406.
- ✓ Ndong, J. T. K. (2023). Review of the Food and Agriculture Organisation (FAO) Strategic Priorities on Food Safety 2023. In *Food Safety-New Insights*. IntechOpen.
 - ✓ Bolívar, S. (2021). *Simón Bolívar escritos políticos*. Madrid Alianza Editorial.
 - ✓ Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N., & Shivanandappa, T. (2012). Botanicals as grain protectants. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012(1), 646740.
- ✓ Pacheco, J. F., Sykes, L. R., & Scholz, C. H. (1993). Nature of seismic coupling along simple plate boundaries of the subduction type. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98(B8), 14133-14159.
- ✓ Sartori, G. (1990). Comparazione e metodo comparato. *Italian Political Science Review/Rivista Italiana di Scienza Politica*, 20(3), 397-416.
- ✓ Foster, J. C., Erickson, P. J., Coster, A. J., Thaller, S., Tao, J., Wygant, J. R., & Bonnell, J. W. (2014). Storm time observations of plasmasphere erosion flux in the magnetosphere and ionosphere. *Geophysical Research Letters*, 41(3), 762-768.
- ✓ Koo, B. K., Spit, M., Jordens, I., Low, T. Y., Stange, D. E., Van De Wetering, M., ... & Clevers, H. (2012). Tumour suppressor RNF43 is a stem-cell E3 ligase that induces endocytosis of Wnt receptors. *Nature*, 488(7413), 665-669.
- ✓ Ouyang, J., Lin, J., Isnard, S., Fombuena, B., Peng, X., Murette, A., ... & Routy, J. P. (2020). The bacterium *Akkermansia muciniphila*: a sentinel for gut permeability and its relevance to HIV-related inflammation. *Frontiers in immunology*, 11, 645.
 - ✓ Mouhou, A., Badri, A., Ballouk, A., & Sayouti, Y. (2017, November). Genetic algorithms optimization of tuning parameters of generalized predictive control. In *2017 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)* (pp. 1-5). IEEE.
- ✓ Auger, A. (2004). *Contributions théoriques et numériques à l'optimisation continue par algorithmes évolutionnaires* (Doctoral dissertation, Université Paris 6).
- ✓ Khoshnoud, H., & Khayamy, M. (2008). Insecticidal effects of ethanolic extract from *Verbascum cheiranthifolium* Boiss. Against two stored-product insect pests species.

Références bibliographies

- ✓ Kellouche, A., & Soltani, N. (2004). Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science*, 24(2), 184-191.
- ✓ Gwynn, J. P., Hatje, V., Casacuberta, N., Sarin, M., & Osvath, I. (2024). The effect of climate change on sources of radionuclides to the marine environment. *Communications Earth & Environment*