

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUES

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BABBA Issam**

Et

**TOUHARI Merouane**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

**SPÉCIALITÉ : PROTECTION DES CULTURES**

**THÈME**

Etude de l'activité biologique de l'huile essentielle et  
l'extrait hydrométhanoïque des clous de girofle (*Syzygium  
aromaticum*) à l'égard du bioagresseur des denrées  
stockées *Trogoderma granarium*

Soutenue publiquement le

**DEVANT LE JURY**

Présidente M<sup>m</sup> SAIAH Farida

M.C.B U. Mostaganem

Examinatrice M<sup>elle</sup> BADAOUI Ikram Mahdjouba

M.C.B U. Mostaganem

Encadreur M<sup>elle</sup> BOUALEM Malika

M.C.A U. Mostaganem

Co-encadreur M<sup>elle</sup> HAFFARI Faouzia

Doctorante U. Mostaganem

Année universitaire 2019/2020

---

## Remerciements

Nos remerciements vont d'abord à Dieu tout-puissant de nous avoir donné la patience de réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements vont à **Dr. BOUALEM Malika** notre directrice de mémoire, pour avoir dirigé notre travail de recherche.

Nos remerciements vont aussi à **M<sup>elle</sup> HAFFARI Faouzia** notre Co-encadreur qui a toujours été présente avec nous dans ce travail.

Nous lui sommes extrêmement reconnaissants pour ses conseils judicieux et nos plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury :

\* **Dr. SAIAH. F**

\* **Dr. BADAOUI.M**

\* **Dr. BOUALEM. M**

Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et nos remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.

Nous n'oublierions pas de remercier nos amies DACI Adem, BEDDIDA Nesreddine, BOUZID Nassima et BOUZEBOUDJA Imen.

Bien sûr, nous ne pouvons terminer sans remercier encore une fois nos proches du fond de notre cœur et notamment nos parents pour leur soutien inconditionnel dans toutes les étapes de notre vie.

Merci à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire.

**BABBA Issam et TOUHARI Merouane**

---

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail et ma réussite à :*

*Qui ne m'épargne jamais tous que j'ai besoin, qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans ma vie, à **mon Père** et **ma Mère** qui est toujours vivante dans mon cœur*

*Ma tante, mes frères, mes sœurs, et toute ma famille avec mes sentiments de respect*

*Mes professeurs qui ont contribué à ma formation.*

*À tous mes amis et tous ceux qui me sont chers...*

*Toute la famille BABBA et TOUHARI*

*Mes amies Merouane, Adem, Nesreddine, Bilal et Yousef.*

*Tous mes collègues de la promotion PC.*

*Et ensuite à tout qui m'assiste dans ma vie et m'éclairer la route de réussite*

**BABBA ISSAM**

---

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail et ma réussite à :*

*Mes très chers parents que Dieu les protège, qui sont pour moi  
l'exemple d'amour, de confiance et de sacrifice*

*Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de  
mes études.*

*Mes sœurs qui sont les yeux par les quelles je vois dans ma vie.*

*Mon grand frère Hamza dit « hamzozí » le pilier de notre famille.*

*Mes professeurs qui ont contribué à ma formation.*

*Mes grands-pères et grands-mères que Dieu les protège.*

*Mon cousin Abd el Karim.*

*Toute la famille TOUHARI et BABBA.*

*Mes amies Issam, Adem, Nesreddine, Bilal et Yousef.*

*Tous mes collègues de la promotion PC.*

*TOUHARI Merouane*

---

## Résumé

L'utilisation d'insecticides chimiques contre les ravageurs des produits alimentaires stockés tels que le blé peut causer des problèmes très dangereux sur la santé humaine et l'environnement. Notre étude est consacrée à la valorisation *in vitro* d'extrait hydro méthanoïque et d'huile essentielle de clous de girofle (*S. aromaticum*) comme insecticide botanique par contact sur deux stades larvaires (L4 et L5) de dermeste de blé (*T. granarium*) et leurs effets sur la germination des grains. Le rendement de l'extrait obtenu par la technique de Soxhlet est estimé à 66.76%, il a un faible effet larvicide avec une mortalité de 50% à la dose la plus toxique 30g/ml après six jours d'exposition et avec une faible DL50 (17.67 et 22.54 g/ml) marqué sur L4 et L5 respectivement. Cependant l'HE a marqué un rendement de 7.52% par la technique d'entraînement à la vapeur d'eau, leur effet larvicide est très fort avec une mortalité de 100% enregistré chez L4 et L5 après trois jours. Les concentrations létales de DL50 et DL90 calculer après 24h d'HE respectivement ont été très efficace (3.39 et 8.11ul/ml). Par ailleurs, l'extrait hydro méthanoïque a été très toxiques par rapport à l'HE sur le pouvoir germinatif des graines du blé, ce qui signifie que les deux ont montré des effets inhibiteurs sur la germination lorsqu'on augmente la concentration. Ils ont enregistré respectivement des taux 48 de 71%. Enfin, l'efficacité insecticide de ces produits doit être confirmée *in vivo*.

**Mots clé:** Blé, *Trogoderma granarium*, *Syzygium aromaticum*, insecticide botanique, germination.

---

## Abstract

The use of chemical insecticides against pests of stored food products such as wheat can cause very dangerous problems for human health and the environment. Our study is devoted to the *in vitro* valorization of hydro-methanoic extract and essential oil of cloves (*S. aromaticum*) as a botanical insecticide by contact on two larval stages (L4 and L5) of wheat beetle (*T. granarium*) and their effects on grain germination. The yield of the extract obtained by the Soxhlet technique is estimated at 66.76%, it has a low larvicidal effect with 50% mortality at the most toxic dose 30g/ml after six days of exposure and with a low LD50 (17.67 and 22.54g/ml) marked on L4 and L5 respectively. However, EO has a free yield of 7.52% by the steam entrainment technique; their larvicidal effect is very strong with 100% mortality recorded on L4 and L5 after three days. The lethal concentrations of LD50 and LD90 calculated after 24 hours of EO respectively were very effective (3.39 and 8.11ul/ml). On the other hand, the hydro-methanoic extract was very toxic compared to EO on the germination power of wheat seeds, which means that both showed inhibitory effects on germination when the concentration was increased. They were respectively recorded at levels (48 of 71%). Finally, the insecticidal efficacy of these products needs to be confirmed *in vivo*.

**Keywords:** Wheat, *Trogoderma granarium*, *Syzygium aromaticum*, botanical insecticide, germination

---

## **Table des matières**

---

Remerciment

Dédicace

Résumé

Abstract

Tables des matières

Liste des figures

Liste des Tableaux

Liste des planches

Liste des schémas

Liste des abréviations

Introduction générale..... 01

### **Partie bibliographique**

#### **Chapitre I : Présentation de l'insecte et plante hôte**

I. Généralité sur les céréales .....03

I.1. Importance de la céréaliculture dans le Monde .....03

II. Généralités sur le blé.....04

II.1. Les principaux pays producteurs de blé.....05

II.1.1 La production en Algérie.....05

II.2. Caractères botaniques et classification du blé.....05

II.3. Composition histologique du grain de blé .....06

II.4. Composition biochimique du grain de blé .....06

III. Les céréales stockées .....07

III.1. Généralités .....07

---

III.2. Utilité et importance du stockage.....	08
III.3. Modes de stockage .....	08
III.3.1 Le stockage dans des silos souterrains (Matmoura).....	08
III.3.2. Stockage en sac .....	08
III.3.3. Stockage en vrac (courte durée).....	09
III.3.4. L'entreposage en silo (longue durée).....	09
III.3.4.1. La différence entre un silo en béton armé et un silo en métal .....	09
III.3.4.2. Silo métallique .....	09
III.3.4.3. Silos en béton armé .....	10
IV. Principaux ravageurs des denrées stockées.....	10
IV.1. Le Trogoderme ( <i>Trogoderma granarium</i> ).....	12
IV.1.1. Morphologie .....	13
IV.1.1.1. Œuf .....	13
IV.1.1.2. Larve .....	13
IV.1.1.3. Nymphe.....	14
IV.1.1.4. Adulte.....	15
IV.1.2. Nuisibilité .....	15
IV.1.2.1. Impact économique.....	15
V. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockés.....	16
V.1.Lutte physique et mécanique .....	16
V.2.La lutte chimique .....	16
V.2.1. Traitement par contact.....	16
V.2.2. Traitement par fumigation .....	16
V.3.Lutte biologique.....	17
VI. Les huiles essentielles .....	18

---

VI-1 Définition, localisation et rôle des huiles essentielles .....	18
VI.2. Activités insecticides des huiles essentiels .....	18
<b>Chapitre II : Plante aromatique et médicinale (<i>Syzygium aromaticum</i>)</b>	
I. Généralité.....	20
II. Giroflier ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) .....	21
II.1. Origine.....	21
II.2. Classification botanique de <i>S. aromaticum</i> .....	21
II.3. Description botanique .....	22
II.4. Propriétés thérapeutiques de l'HE du girofle.....	22
II.5. Les huiles essentielles de girofle.....	23
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre I : Matériel et Méthode</b>	
I. Objectif de travail .....	25
II. Matériel et méthode .....	25
II.1. Matériel animal.....	25
II.1.1. Élevage de masse .....	25
II.2. Matériel végétal .....	26
III. Préparation d'extrait .....	26
III.1. Méthode.....	26
III.1.1. Extraction par Soxhlet.....	26
III.2. L'extraction d'extrait .....	27
III.3. Préparation des dilutions .....	30
III.4. Le rendement d'extraction .....	30
IV. Préparation des huiles essentielles.....	30
IV.1. Méthode.....	30

---

IV.1.1. Entrainement à la vapeur d'eau.....	30
IV.2. L'extraction de l'huile .....	32
IV.3. Détermination du rendement.....	33
V. Mode d'opération.....	33
V.1. Effet des substances bioactives d'extrait et huiles essentielles de clou de girofle par contact.....	33
V.2. Détermination de la DL50.....	34
V.3 Le pouvoir germinatif.....	35
V.4 Détermination de la mortalité cumulée .....	35

## Chapitre II : Résultats et discussion

I. Le rendement d'extrait méthanoïque.....	36
II. Effet par contact des substances bioactives des extraits de clous de girofle ( <i>S. aromaticum</i> ) sur les populations larvaires de <i>T. granarium</i> .....	36
II.1. Effet de l'extrait hydro méthanoïque des clous de girofle sur les larves de <i>T. granarium</i> .....	36
II.1.1. Mortalité du 4 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	36
II.1.2. Mortalité cumulée de 4 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	37
II.1.3. DL50 d'extrait de clous de girofle du 4 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	38
II.1.4. Mortalité de 5 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	39
II.1.5. Mortalité cumulée du 5 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	40
II.1.6. DL50 d'extrait de clous de girofle de 5 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	40
II.2. L'effet de l'huile essentielle des clous de girofle à l'égard stades larvaires de <i>T. granarium</i> .....	41
II.2.1. Rendement de l'huile essentielle .....	41
II.2.1.1. Description de l'huile essentielle obtenue .....	42
II.2.2. Mortalité des 4 <sup>ème</sup> et 5 <sup>ème</sup> stades larvaires.....	42

---

II.2.3. Mortalité cumulée de 4 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	43
II.2.4. DL50 et 90 d'HE de clous de girofle de stade L4 de <i>T. granarium</i> .....	44
II.2.5. Mortalité cumulée de 5 <sup>ème</sup> stade larvaire.....	45
II.2.6. DL50 et 90 d'HE de clous de girofle de stade L5 de <i>T. granarium</i> .....	46
III. Pouvoir de germination.....	46
IV. Discussion.....	49
Conclusion générale .....	51
Références bibliographiques	
Annexes	

---

## **Liste des figures**

Figure 01 : Le marché mondial des céréales .....	04
Figure 02 : Structure schématique d'un grain de blé.....	06
Figure 03 : Distribution de <i>T. granarium</i> dans le monde) .....	12
Figure 04 : Œufs de <i>Trogoderma granarium</i> .....	13
Figure 05 : Deuxième stade larvaire de <i>Trogoderma granarium</i> .....	14
Figure 06 : Nymphe de <i>Trogoderma granarium</i> .....	14
Figure 07 : Adulte de <i>Trogoderma granarium</i> .....	15
Figure 08 : Production mondiale des 13 plus importantes huiles essentielles .....	20
Figure 09 : Boutons floraux et fleurs de giroflier .....	21
Figure 10 : L'arbre du Giroflier .....	21
Figure 11 : L'élevage de masse de <i>Trogoderma granarium</i> .....	25
Figure 12 : Montage du dispositif Soxhlet .....	27
Figure 13 : Dispositif du Rotavapeur.....	27
Figure 14 : Le protocole de l'extraction de clous de girofle par Soxhlet .....	28
Figure 15 : L'entraînement à la vapeur d'eau .....	31
Figure 16 : Le protocole de l'extraction d'huile de clous de girofle par L'entraînement à la vapeur d'eau.....	32
Figure17 : Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de girofle .....	34
Figure18 : Pulvérisation des boîtes de Pétri de doses d'HE pour le test de contact .....	34
Figure 19 : Dispositif du test de germination.....	35
Figure 20 : Évolution du taux de mortalité de stade L4 de <i>T. granarium</i> traité par l'extrait hydro méthanoïque de <i>S. aromaticum</i> .....	37
Figure 21 : Évolution du taux de mortalité cumulé de stade L4 de <i>T. granarium</i> traité par l'extrait hydro méthanoïque de <i>S. aromaticum</i> .....	38

---

Figure 22 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50de l'extrait hydro-méthanoïque des clous de girofle sur L4 de <i>T. granarium</i> .....	38
Figure 23 : Évolution du taux de mortalité de stade L5 de <i>T. granarium</i> traité par l'extrait hydro méthanoïque de <i>S. aromaticum</i> .....	39
Figure 24 : Évolution du taux de mortalité cumulé de stade L5 de <i>T. granarium</i> traité par l'extrait hydro méthanoïque de <i>S. aromaticum</i> .....	40
Figure 25 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50de l'extrait hydro-méthanoïque des clous de girofle sur L5 de <i>T. granarium</i> .....	41
Figure 26 : Évolution du taux de mortalité de stade L4 et L5 de <i>T. granarium</i> traité par l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> .....	43
Figure 27 : Évolution du taux de mortalité cumulé de stade L4 de <i>T. granarium</i> traité par l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> .....	44
Figure 28 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 et DL90de l'HE des clous de girofle sur L4 de <i>T. granarium</i> .....	45
Figure 29 : Évolution du taux de mortalité cumulé de stade L5 de <i>T. granarium</i> traité par l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> .....	45
Figure 30 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 et DL90de l'HE des clous de girofle sur L5 de <i>T. granarium</i> .....	46
Figure 31 : Taux de germination des grains du blé traité par l'extrait de <i>S. Aromaticum</i> .....	47
Figure 32 : Taux de germination des grains du blé traité par l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> .....	47
Figure 33 : Effet de l'extrait hydro méthanoïque de <i>S. aromaticum</i> sur la germination des gains de blé testés.....	48
Figure 34 : Effet de l'HE de <i>S. aromaticum</i> sur la germination des gains de blé testés.....	48

---

## **Liste des tableaux**

Tableau 01 : La surface cultivée, le rendement et la production des principaux pays producteurs de blé en 2018.....	05
Tableau 02 : Surface cultivée, rendement et production de blé en Algérie.....	05
Tableau 03 : Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée) .....	7
Tableau 04 : Composition moyenne en minéraux du grain de blé et des différents produits de mouture .....	7
Tableau 05 : Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées .....	11
Tableau 06 : Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie .....	11
Tableau 07 : Insecticides employés en protection des denrées stockées .....	17
Tableau 08 : Les compositions chimiques de <i>S. aromaticum</i> .....	22
Tableau 09 : Concentration en pourcentage et en temps de rétention de quelques composés obtenus par analyse chromatographique en phase gazeuse de l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> .....	24

---

## **Liste des planches**

Planche 01 : Les différentes de l'extraction.....	29
Planche 02 : Les étapes de l'extraction d'huile essentielle.....	32

---

## Liste des abréviations

---

<b>CIC</b>	Conseil International des Céréales
<b>FAO</b>	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>OEPP</b>	Code identificateur utilisé par l'organisation européenne 2et méditerranéenne pour la protection des plantes
<b>EPPO</b>	Code identificateur utilisé par l'organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes
<b>LMR</b>	Limite maximale des résidus
<b>DL</b>	Dose Létale
<b>MA</b>	Matière active
<b>L1</b>	Larve du 1 <sup>er</sup>
<b>L2</b>	Larve du 2 <sup>ème</sup>
<b>L3</b>	Larve du 3 <sup>ème</sup>
<b>L4</b>	Larve du 4 <sup>ème</sup>
<b>L5</b>	Larve du 5 <sup>ème</sup>
<b>DL50</b>	Dose létale qui tue 50% de la population

---

---

# **Introduction générale**

---

---

## Introduction générale

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et *al.*, 2009)

En Algérie, les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 06 millions d'hectares. Chaque année 03 à 3.5 millions d'hectares sont emblavés soit 70% est destinée particulièrement à la culture du blé, l'orge, et l'avoine n'occupe qu'une faible superficie. Le reste étant laissé en jachère c'est à-dire non cultivé. La majeure partie de ces emblavures se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, et des gelées printanières, des vents chauds et desséchants (Belaid, 1968, et Djekoun et *al.*, 2002).

Le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85% de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification (Boujnah *et al.*, 2004). Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur (pain et galette) est un composant fondamental du régime quotidien.

Les denrées stockées peuvent être attaquées principalement par les insectes, les rongeurs et les champignons. Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants. Même si le problème se pose de manière globale, les dégâts sont plus importants dans les pays en voie de développement et dans ceux de l'Afrique en particulier à cause des conditions climatiques favorables à leur développement. Les insectes sont les plus nuisibles et les plus redoutables car ils déprécient le stock tout entier, quel que soit leur nombre. Actuellement, le manque de moyens de conservation fiable et peu onéreux conduit les chercheurs à mettre en œuvre des programmes de sécurité alimentaire par une protection intégrée efficace des cultures et des denrées stockées. La lutte biologique n'est pas une méthode fréquemment utilisée dans la protection des céréales stockées (Kouassi, 2001).

---

Un nombre important d'insectes des stocks ont été recensées sur les grains de céréales stockées dans différentes régions d'Algérie. Rapportent que parmi les espèces les plus rencontrées sur les céréales stockées viennent en premier lieu *Tribolium castaneum* avec 30% suivi de *Sitophilus granarius* avec 20% et ensuite *Trogoderma granarium* avec 10% (Mebarkia et al., 2001 ; Tazerouti et al., 2001).

L'utilisation d'insecticides ou fumigant de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (Haubruge et al., 1998 ; Relinger et al., 1988). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi. Il s'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus, du développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays (Kumar, 1991), ainsi que de prix relativement élevés et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés internationaux et locaux.

Pour cela, de nombreux chercheurs s'orientent vers les moyens naturels et l'utilisation des insecticides d'origine végétale moins toxiques (Camara, 2009).

Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : Activités ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et inhalatrice (Kéïta et al., 2000 ; Regnault, 2002).

Pour mettre en valeur ces ressources naturelles locales, les plantes médicinales à effet insecticide plusieurs prospections de terrain et d'enquêtes et de recherches bibliographiques ont été effectuées. Finalement notre choix a porté sur la plante, *Syzygium aromaticum*. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de cette plante sur un insecte ravageur des céréales stockées (blé) dans la région de Mostaganem, il s'agit de *Trogoderma granarium* (Coleoptera, Dermestidae).

---

## Partie bibliographique

---



---

# Chapitre I.

## PRESENTATION DE L'INSECTE ET PLANTE HOTE

---



## **I. Généralité sur les céréales**

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. Ils collaborent avec les organisations internationales, en particulier le Conseil International des Céréales (CIC), dont le siège est à Londres. La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements des céréales obtenus (kellou, 2008).

### **I.1.Importance de la céréaliculture dans le Monde :**

D'après les prévisions de la FAO 2019, les marchés mondiaux des céréales devraient rester bien pourvus en 2019/2020 et suffire largement pour faire face à la croissance attendue de la consommation.

Les estimations de la FAO concernant la production céréalière mondiale en 2019 s'élèvent à 2,719 milliards de tonnes, soit près de 62 millions de tonnes (2,3%) de plus qu'en 2018 et 4,7 millions de tonnes de plus que les valeurs annoncées en février. L'estimation de la production mondiale de céréales secondaires a été relevée de 5 millions de tonnes par rapport à février et ainsi portée à 1,444 milliard de tonnes, soit une augmentation de 2,4% par rapport à 2018. Cette révision à la hausse tient compte des chiffres officiels publiés récemment, qui prévoient des rendements plus élevés qu'estimé antérieurement en Afrique de l'Ouest et en Ukraine. L'estimation de la production de blé en 2019 est restée pratiquement inchangée ; elle est de 763 millions de tonnes, soit une hausse de 4,2% par rapport à 2018, et constitue le deuxième volume le plus élevé jamais enregistré. La production mondiale de riz en 2019 reste globalement inchangée, et s'établit à 512 millions de tonnes (en équivalent riz usiné), soit 0,5% en deçà du record historique enregistré en 2018 (FAO, 2020).



Figure 01 : le marché mondial des céréales (FAO, 2020)

## II : Généralités sur le blé

De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (Ammar, 2015).

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et *al.*, 2009).

Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré. Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans (Henry et Buyser, 2001).

Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault et *al.*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (Bonjean, 2001, et Boulal et *al.*, 2007).

## II.1. Les principaux pays producteurs de blé

**Tableau 01 :** La surface cultivée, le rendement et la production des principaux pays producteurs de blé en 2018 (FAO, 2020).

Pays producteurs	Superficies ha	Rendement = Mercure Kg/ha	Production tonnes
Allemagne	3036300	66737	20263500
Argentine	5822173	31806	18518045
Australie	10919180	19178	20941134
Fédération de Russie	26472051	27250	72136149
France	5231615	68427	35798234
Inde	29580000	33705	99700000
Iran	6700000	21642	14500000
Pakistan	8797227	28505	25076149
Canada	9881000	32152	31769200
Chine	24268794	54163	131447224
Espagne	2063683	38717	7989906
Etats-Unis d'Amérique	16027750	31999	51286540

### II.1.1. La production en Algérie

**Tableau 02 :** Surface cultivée, rendement et production de blé en Algérie (FAO, 2020)

Année	Superficie ha	Rendement Kg/ha	Production tonnes
2017	2118469	11501	19076
2018	2087003	2436503	3981219

## II.2. Caractères botaniques et classification du blé

Selon Chase Mark et Reveal James (2009) la taxonomie du blé dur est établie comme suit :

**Classe :** Angiospermes

**Ordre :** Cyperales

**Famille :** Poaceae

**Genre :** *Triticum*

**Espèce :** *Triticum durum* Husn. (1899)

**Nom commun :** Blé dur

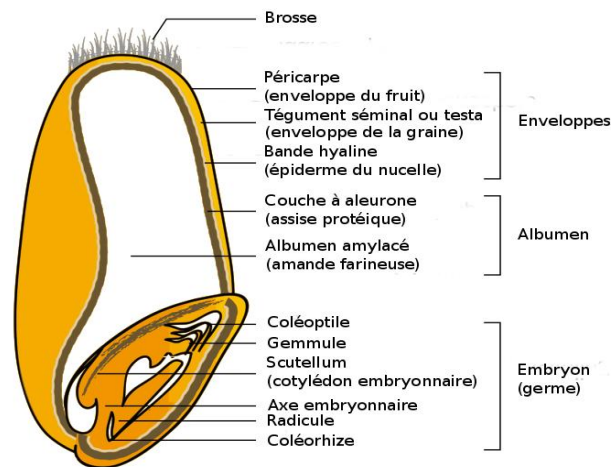
### II.3. Composition histologique du grain de blé

Le grain de blé se compose d'un certain nombre de tissus avec des structures et des compositions spécifiques (Hemery *et al.*, 2007), comme il est illustré dans la (Fig. 02). Le grain de blé est formé de trois parties : l'enveloppe ou le son (13 %), l'albumen (84 %) et le germe (3 %) (Boudreau *et al.*, 1992).

**-Le son :** est composé de plusieurs couches, qui protègent la partie principale du grain (Šramková *et al.*, 2009). Il est formé de six tissus différents : l'épiderme du nucelle, le tégument séminal ou la testa (enveloppe de la graine), les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe (Feillet, 2000).

**-L'albumen :** est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone. Dans l'albumen amylicé se trouvent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosesiques sont peu visibles (Feillet, 2000).

**-Le germe :** est l'embryon qui donnera naissance à une future plante. Il est constitué de deux parties, l'axe embryonnaire d'une part, composé de cellules parenchymateuses mérismatiques, dont les parois sont fines et non lignifiées, et d'autre part le cotylédon, qui fonctionne comme un organe de stockage (Pomeranz, 1987 et Feillet, 2000).



**Figure 02 :** Structure schématique d'un grain de blé (Weizenkorn, 2017)

### II.4. Composition biochimique du grain de blé

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est environ de 14 %. Le cotylédon du blé représente 82 à 85 % du grain, il accumule toutes les substances nutritives nécessaires : glucides, protéines, lipides, substances minérales et vitamines (Tab.02) (Cretois, ;1985). Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination.

**Tableau-03** : Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée (Godon, 1991)

Partie du grain	Amidon (petites glucides)	Protéine	Lipides	Cellulose Hémicellulose pentosane	Minéraux
Péricarpe	16(±2)	12 (±2)	1 (±0.2)	67 (±7)	4 (±1)
Tégument séminal	10 (±1)	16 (±3)	4(±1)	58 (±5)	12 (±3)
Assise protéique	12(±2)	32 (±3)	8 (±1)	38 (±3)	10 (±5)
Germe	20(±1.5)	38 (±2)	15 (±2)	22 (±2)	5 (±1)
Ame-ande	85 (±10)	11 (±3)	2 (±01)	1.5 (±1.5)	0.5 (±0.2)

**Tableau 04** : Composition moyenne en minéraux du grain de blé et des différents produits de mouture (en mg / 100g de matière sèche) (Pilon et Mazerand, 1988)

	Potassium	Phosphore	Fer	Zinc	Calcium	Magnésium
Grain entier	500	350	5	6	50	150
Germe	400	1200	16	4	100	500
Son	1300	1100	20	20	130	550

### III. les céréales stockées

#### III .1. Généralités

Les grains des céréales et les grains constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques ; c'est pourquoi la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage est déterminante pour la survie de millions de personnes. Pendant très longtemps et jusqu'à une époque récente, la moisson était faite à la faux ou avec des machines à traction animale les céréales fauchées étaient mises en gerbes sur le champ : les grains protégés par leurs enveloppes était mis à l'abri sous hangar. Ultérieurement le battage permettait de séparer les enveloppes et les pailles des grains qui étaient ensuite stockées en sac plus rarement en vrac, dans des greniers ou des magasins sans aménagement particulier. L'évolution économique du secteur de stockage au cours des dernières années, a été caractérisée dans la plupart des pays développés par ; la mécanisation de la récolte ; l'augmentation considérable du volume de la collecte, lié à l'accroissement des rendements à l'hectare obtenu grâce à la sélection variétale, aux engrais,

aux techniques culturales par la concentration des entreprises de stockage (Delobel et Tran, 1993).

### **III .2. Utilité et importance du stockage**

Le stockage des céréales durant plusieurs mois est une pratique courante. Sa nécessité vient du décalage entre leurs productions saisonnières et leurs utilisations par la meunerie tout au long de l'année. D'autre part pour régulariser le marché en fonction des récoltes, les pays producteurs conservent des stocks plus longtemps. Selon le (C.I.C, 2012), les stocks mondiaux en céréale sont en moyenne de 400 millions de tonnes sur une production mondiale (hors riz) qui a atteint un record historique de 1,98 milliards de tonnes en 2013 soit 20,20%. Le stockage de ces blés est assuré principalement par les collecteurs agréés mais aussi par les meuniers, les stockeurs intermédiaires et les exportateurs. En fin, certaines quantités des céréales peuvent être conservées plusieurs années pour des raisons stratégiques. Si l'on destine le blé à l'alimentation humaine, il importe assez peu que le grain ait perdu de son pouvoir germinatif, mais il faut éviter qu'il ait subi tout début de germination même imperceptible, qui le rend impropre à la panification, et toute atteinte par les moisissures dont le goût se communiquerait à la farine et rendrait le pain immangeable ;et si le blé est destiné à l'alimentation des animaux, il faudra éviter que le grain ait un goût de fermenté, mais là encore, la valeur germinative importera peu. Enfin si le blé est conservé pour faire de la semence, c'est la faculté et l'énergie germinative qui auront une importance primordiale. (Daufin, 1989).

### **III .3. Modes de stockage :**

#### **III .3.1. Le stockage dans des silos souterrains (Matmoura)**

Le paysan Algérien, sur les hauts plateaux, conservait tant bien que mal, le produit de ces champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées de simple trous cylindriques ou rectangulaires construites dans des zones sèches, en sol stable , généralement argileux ou le niveau de la nappe phréatique est suffisamment bas, c'est ce que l'on appelle (El matmoura) à un endroit surveillé ou proche de la ferme, la capacité de ces lieux de stockage est variable, elle est de l'ordre de quelque mètres cubes, c'est une technique archaïque qui peut être encore utilisée dans certaines régions isolées (Doumaindji et *al.*, 2003).

#### **III .3.2. Stockage en sac :**

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 annexes (hangars et magasins) devient nécessaire (Doumaindji et *al.*, 2003).

### **III .3.3 Stockage en vrac (courte durée) :**

Dans ce cas les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement les contaminations sont possibles ; d'autant plus que dans ce type de construction. Ils demeurent toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi le libre passage des souris, des rats, des moineaux des pigeons et des insectes demeure possible. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre (Doumaindji et *al.*, 2003). Quel que soit le mode de stockage en vrac ou en sac, la topographie des lieux est à prendre en compte. On évitera les zones basses, inondables, pour leur préférer un point haut, d'où les eaux de pluie s'évacuent facilement, mais d'accès facile en gardant à l'esprit qu'il faut prévoir des voies d'accès ouvertes par tous temps et pouvant supporter des véhicules lourdes, l'implantation devra donc se faire près des voies de communication pour limiter l'élévation de température produite par le rayonnement solaire , le magasin doit être orienté Est –Ouest dans le sens de la longueur , c'est-à-dire qu'il ne se présentera pas au rayonnement du matin et du soir, les façades étant orientées Nord –Sud, tels que les portes opposées soient dans l'axe des vents dominants Cryz et *al.*, (1988).

### **III.3.4 L'entreposage en silo (longue durée) :**

Les silos sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumaindji et *al.*, 2003). Il existe plusieurs types de silos, citons :

- ✓ Silos de ferme : ils peuvent contenir entre 500-10000 quintaux ;
- ✓ Silos coopératifs : leurs capacités varient entre 10000 -50000 quintaux ;
- ✓ Silos portières : leurs capacités dépassent 50000 quintaux.

#### **III.3.4.1. La différence entre un silo en béton armé et un silo en métal :**

#### **III.3.4.2. Silo métallique :**

Ils sont composés de cellules métalliques en tôles (4-6 mm d'épaisseur) d'acier galvanisé ou d'aluminium, planes ou ondulées, boulonnées, fixées sur un sol en béton étanche, utilisés généralement pour le stockage des céréales transformées, après broyage, en alimentation de bétail. Les diamètres des cellules varient entre 2 à 4 mètres et la hauteur pouvant atteindre 20 mètres (Cryz et *al.*, 1988).

### III.3.4.3. Silos en béton armé :

La plupart des silos de grande capacité en Algérie sont construits en béton armé. Le béton armé présente des caractéristiques très intéressantes pour la construction d'installation de stockage (Lerin, 1986).

C'est un matériau durable, n'exigeant, ni revêtement, ni entretien donc pouvant être amorti sur une longue période.

Il permet des constructions de grande hauteur ; si avec les cellules métalliques les hauteurs sont couramment limitées à une vingtaine de mètre, on pourra en béton armé atteindre 35 - 40 m pour des cellules de 6 à 10 m de diamètre, ce développement de hauteur permet de réduire la surface au sol.

Le béton armé assure une bonne isolation thermique du produit malgré les faibles épaisseurs mise en œuvre (épaisseur des parois des cellules 15-20 cm).

Selon (Cryz et *al.*, 1988), le béton armé présente toutefois quelques inconvénients, : tels que la porosité qui permet des échanges gazeux avec l'extérieur ce qui posera des problèmes pour le traitement des stocks.

### IV. 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 (Berhaut et *al.*, 2003).

Les espèces d'insectes granivores sont plus ou moins spécialisées pour vivre et se reproduire dans les masses de grain (Flaurat-Lessard, 1982). Ces insectes nuisibles peuvent être répartis en deux principaux groupes. Ces derniers renferment plusieurs ordres d'insectes mais les plus fréquents sont les coléoptères et les lépidoptères (Delobel et *al.*, 1993).

Les ravageurs primaires : capables de s'attaquer à des graines intactes telles que - *Rhizopertha dominica* F. (considéré comme le ravageur le plus dangereux du blé) ou *callosobruchus maculatus* F. (ravageur du niébé) (Parmentier et Fouabi, 1989). Les ravageurs secondaires : qui ne sont capables d'attaquer que les graines infectées exemple : les *Tribolium* (Gwinner et *al.*, 1996).

**Tableau 05 :** Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées (Christine, 2001)

Espèce	Nomme commun	Céréales attaquées
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	Charançon du riz	Blé orge, riz, maïs, sorgho, mil, millet
<i>Sitophilus zeamais</i> M.	Charançon du maïs	Blé, maïs
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Charançon du blé	Blé
<i>Rhizopertha dominica</i> F.	Capucin des grains	Millet, orge, riz maïs, Sorgho
<i>Trogoderma granarium</i> Everst	Dermeste des grains	Millet, riz, blé
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	Silvain	Blé, maïs, millet
<i>Tribolium castaneum</i> Herbst	Tribolium roux	Blé, maïs, riz, orge, sorgho, mil, millet
<i>Tribolium confusum</i> Duval	Tribolium sombre	Riz, millet
<i>Tenebroides mauritanicus</i> L.	Cadelle	Blé, maïs
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> S.	Petit cucujide plat	Blé
<i>Carpophilus dimidiatus</i> F.	Carpophile des grains	Maïs
<i>Sitotroga cerealella</i> Oliv.	Alucite des grains	Blé, maïs
<i>Alphitobius. laevigatus</i> F.	Ténébrion du champignon	Maïs
<i>A. diaperinus</i> Panz	Petit ténébrion mat	Maïs
<i>Corcyra cephalonica</i> Staint	Pyrale du riz	Riz
<i>Sitotroga cerealella</i> Olivier	Alucite	Orge, blé, riz, mil, sorgho, millet
<i>Ephestia cautella</i> Walker.	Pyrale des amandes	Millet, riz
<i>Ephestia kuehnella</i> Zaller	Mite de la farine	Maïs
<i>Plodia interpunctella</i>	Pyrale des fruits secs	Riz, maïs, sorgho, mil

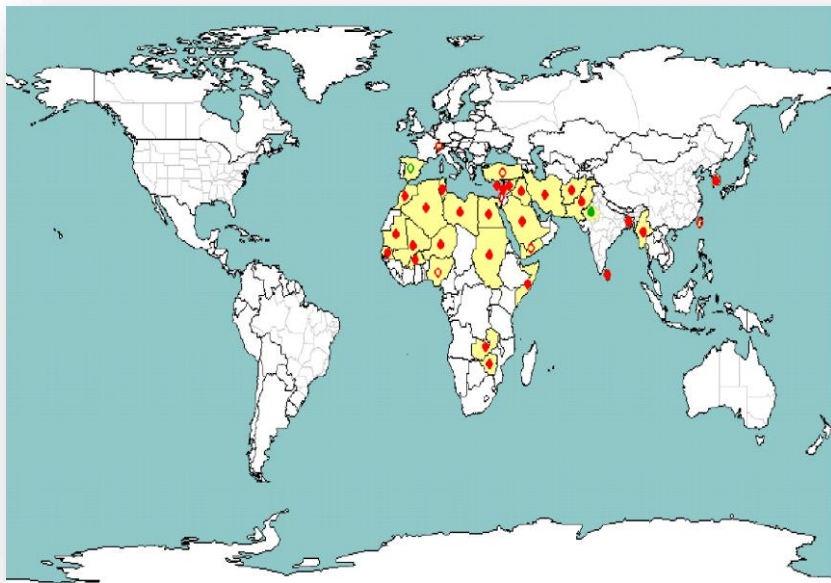
**Tableau 06 :** Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie (Mebarkia et al, 2001)

Nom scientifique	Céréale attaquée	Famille	Ordre
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Maïs, blé dur et tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>.Sitophilus oryzae</i> L.	Blé dur, blé tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Tribolium castaneum</i> H.	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Tribolium confusum</i> D.	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> S.	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Rhizopertha dominica</i> F.	Blé, dur	Bostrychidae	Coleoptera
<i>Trogoderma granarium</i> E.	Blé dur, blé tendre	Dermestidae	Coleoptera
<i>Ephestia kuehniella</i> Z.	Blé dur, blé tendre	Pyralidae	Lepidoptera
<i>Plodia interpunctella</i> H.	Blé dur	Pyralidae	Lepidoptera

#### IV.1. Le Trogoderme (*Trogoderma granarium*) :

*Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera : Dermestidae) est l'un des ravageurs les plus notoires des céréales stockées dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales du monde (Ahmedani et al., 2011).

Les populations vivantes, peuvent rester dans les conteneurs, matériaux d'emballage et cales non nettoyés pendant de longues périodes, infestant le matériel non hôte. *T. granarium* peut également augmenter la probabilité de contamination par *Aspergillus flavus* (Sinha et Sinha, 1990).



**Figure 03 :** Distribution de *T. granarium* dans le monde (Pasek, 2004)

Pour surmonter le problème du développement des ravageurs, des mesures de contrôle de nature différente sont adaptés à la ferme, le marché et la conservation du secteur public, qui consistent en l'utilisation de la méthode native ou naturelle de la commande par le matériel végétal (Prakash et Rao, 2006 ; Kestenholz et al., 2007 ; Neoliya et al., 2007 ; Gandhi et al., 2010), ainsi que par l'utilisation d'insecticides de contact et les fumigènes. Insecticides fumigants sont utilisés pour limiter les dégâts d'insectes. En raison de la capacité altérée de pesticides pour lutter contre ces insectes nuisibles des grains stockés, la technique de fumigation au bromure de méthyle et de la phosphine en tant que fumigants est largement utilisée dans les entrepôts (Walter, 2006).

#### IV.1.1. Morphologie :

##### IV.1.1.1. Œuf :

La femelle commence à pondre des œufs sur les grains, individuellement ou parfois en grappes de 2 à 5. Les œufs sont d'abord blanc laiteux, puis jaunâtre pâle ; généralement cylindrique, 0,7 mm de long et 0,25 mm de large ; une extrémité arrondie, l'autre plus pointue et portant un certain nombre de projections en forme de colonne vertébrale, plus larges à la base et effilées distalement. La période d'œuf varie de 3 à 10 jours (OEPP,1981).



**Figure 04 :** Œufs de *Trogoderma granarium* (Originale, 2020)

##### IV.1.1.2. Larve

Les larves à l'éclosion mesurent environ 1,6 à 1,8 mm de long. Les larves sont uniformément blanc jaunâtre, sauf que les poils de la tête et du corps sont bruns. À mesure que les larves augmentent en taille, leur couleur corporelle devient dorée ou brun rougeâtre, plus de poils se développent et la queue devient proportionnellement plus courte. Les larves matures mesurent environ 6 mm de long et 1,5 mm de large. (Hadaway 1956)

La tête porte une courte antenne à trois segments. La caractéristique propre à ces larves est la présence de deux types de poils : les poils simples, dont la tige porte de nombreuses petites excroissances rigides dirigées vers le haut ; et les poils barbelés, dont la tige est rétrécie à intervalles réguliers, et dont l'extrémité consiste en une tête barbelée. Cette tête est aussi longue que les longueurs jointes des quatre segments qui la précèdent. Les poils simples sont distribués sur la face dorsale de la tête et des segments. La queue consiste en deux groupes de longs poils simples, portés par le neuvième segment abdominal. Les poils barbelés font partie de mèches appariées, portées par certains tergites abdominaux. La couleur des larves change avec l'augmentation de la taille, et passe du blanc jaunâtre pâle des larves de premier stade au doré ou au marron rougeâtre. La densité des poils augmente également mais ces poils ainsi que la

queue deviennent plus courts par rapport à la longueur et largeur du corps de la larve, et au quatrième stade les poils ont plutôt l'aspect de 4 bandes transversales sombres sur le corps. La larve à maturité mesure environ 6 mm de longueur et 1,5 mm de largeur. Un caractère visible d'une infestation de *Trogoderma* sont les grandes quantités de ces larves poilues et de leurs mues. Morphologiquement, la distinction entre les larves de *T. versicolor* et de *T. granarium* à maturité est l'absence de ligne pré-tergale sombre entre les segments abdominaux 7 et 8, ligne absente ou très légère sur le 7ème segment et jamais présente sur le 8ème segment de *T. granarium*. (Singh et al. 2017).



**Figure 05 :** Deuxième stade larvaire de *Trogoderma granarium* (Originale, 2020)

#### IV.1.1.3. Nymphe

Lors de la dernière mue, l'exuvie larvaire se fend, mais la nymphe reste à l'intérieur de cette exuvie pendant toute sa vie. La nymphe est du type extraire ; mâle plus petit que femelle, les longueurs moyennes étant respectivement de 3,5 mm et 5 mm (OEPP/EPPO, 1981). De couleur blanchâtre, la période nymphale dure de 4 à 6 jours. La nymphose a lieu dans la dernière mue larvaire parmi les grains (Singh et al., 2017).



**Figure 06 :** Nymphe de *Trogoderma granarium* (Originale, 2020)

#### IV.1.1.4. Adulte :

Charançon ovale-oblong ; d'environ 1,6-3,0 mm de longueur et 0,9-1,7 mm de largeur ; mâle marron à noir, portant des marques marron rougeâtres indistinctes sur les ailes ; la femelle est légèrement plus grande que le mâle, et de couleur plus claire ; les antennes ont 11 segments, la tête est petite et généralement courbée vers le bas. De nombreuses autres espèces se rencontrent dans les grains et autres produits stockés, parfois en grand nombre, et ils peuvent être pris pour *T. granarium*. Il est important donc de vérifier en laboratoire toute identification faite en plein champ (Hinton, 1945 ; Beal, 1956 et ; 1960).

La femelle accouplée vit de 4 à 7 jours tandis que la femelle non accouplée vit de 20 à 30 jours et le mâle de 7 à 12 jours. Le développement complet de l'œuf à l'adulte varie de 26 à 220 jours (Singh et al. 2017b)



**Figure 07 :** Adulte de *Trogoderma granarium* (Originale, 2020)

#### IV.1.2. Nuisibilité :

##### IV.1.2.1 Impact économique :

Ce ravageur est dangereux principalement pour les denrées stockées sous climat chaud et sec, il peut détruire totalement les céréales ou les légumineuses en un laps de temps très court. Sous climat humide, les taux de reproduction des insectes concurrents sont tellement plus élevés qu'il a du mal à s'établir. Cependant, sous de tels climats, il peut vivre à la limite interne de la zone de chaleur créée par l'activité de ces autres espèces dans les empilements et les tas de grains. Dans la région OEPP, dans les années 1970, *T. granarium* était considéré important à Chypre, en Tunisie et en Turquie. Howe et Lindgren (1957) ont élaboré ce qu'on appellerait aujourd'hui

une analyse du risque phytosanitaire de *T. granarium* en Amérique du Nord.

## **V. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockés**

La protection des denrées stockées soulève souvent des polémiques, du fait que les dégâts surviennent quand les récoltes sont encore sur pied (Giles et Ashman, 1971). Pour cela, il est essentiel d'assurer des méthodes de lutte qui visent l'élimination des ravageurs dans les stocks.

### **V.1. Lutte physique et mécanique :**

Elles concernent toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers : l'écrasement mécanique dans les « Entôleur », le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes (Benayad., 2013).

### **V.2. La lutte chimique :**

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de l'homme. Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement. Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (*les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes*) représentent la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement (Ducom, 1987), et inorganiques (généralement à base d'*arsenic* ou de *fluosilice*, sont aujourd'hui prohibés). Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

#### **V.2.1. Traitement par contact :**

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue. (Cruz et Troude, 1988).

#### **V.2.2. Traitement par fumigation :**

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur

du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (Cruz et Troude, 1988).

**Tableau 07** : Insecticides employés en protection des denrées stockées (Gwinner et *al.*, 1996)

Matière active (M.A)	DL (mg/Kg)	LMR (ppm)	Persistance (en mois)	Dose en g de matière active par tonne de grains
<b>Pyrethrine</b>	200-900	3	-	1-5
<b>Bioresméthrine</b>	9000	5	5	1.5
<b>Deltaméthrine</b>	139-4000	0.5-5	8-12	0.25-1.5
<b>Chloropyrifos-M</b>	1600-2200	10	3-4	2.5
<b>Dichlorovos</b>	55-80	2	<1	10
<b>Malathion</b>	1400-2800	8	1-1.5	8

### V.3.Lutte biologique :

Selon Subramanyam et Hagstrum, (1955) Hagstrum(2012) in Tiaiba, (2007), la raison principale pour laquelle les chercheurs sont amenés à trouver des alternatives à la lutte chimique est le développement du phénomène de résistance des insectes ravageurs vis-à-vis des pesticides chimiques. C'est une méthode qui utilise des prédateurs, des parasites, des agents pathogènes et des insectes (Proctor, 1995). Elle utilise aussi des extraits des plantes ; ces dernières ont été connues depuis des temps immémoriaux comme sources de protection des denrées stockées, beaucoup ont été utilisées par des fermiers depuis le seizième siècle (Kachebi et Kebbi, 2003). Différentes parties (feuilles, tiges, racines, écorces) de diverses espèces sont utilisées dans plusieurs pays du monde (Afrique, Chine, Inde...) (Dales, 1996).

Selon l'hypothèse coévolutive de Enreich et Raven (1964) in Tiaiba (2007), les végétaux possèdent des systèmes de défense contre les déprédateurs grâce à leurs développements de génotypes capables de produire des composés secondaires ayant une activité insecticide, répulsive ou inhibitrice vis-à-vis de ces ravageurs (Huignard et *al.*, 2002). Ces composants naturels ne courent aucun danger sur l'environnement ni sur la santé humaine, en plus ils sont facilement dégradables et possèdent un large spectre d'activité insecticide (benkhellat, 2002).

Parmi les molécules à fortes valeur ajoutées, mais présentes en faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, citons les huiles essentielles (Jouault, 2012).

## VI. Les huiles essentielles :

### VI.1. Définition, localisation et rôle des huiles essentielles :

Les huiles essentielles ou huiles volatiles, sont des métabolites secondaires que les plantes aromatiques produisent habituellement pour combattre les infections et les parasites (Koroch et *al.*, 2007).

Les huiles essentielles sont extraites à partir des plantes aromatiques diverses, généralement localisées dans des régions chaudes ou tempérées tels que les pays tropicaux et la méditerranée (Lahlou, 2004). Dans la plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers organes : fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou graines (carvi) (Bruneton, 1999). Les huiles essentielles jouent un rôle important, elles protègent la plante des microorganismes et des insectes nuisibles ainsi que des herbivores. Leur composant réagit comme donneur d'hydrogène dans la réaction d'oxydoréduction (Regnault-Roger, 1997). Parmi ces composants, il y a les terprénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme inhibiteur de la germination, et aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes (Langenheim, 1969).

### VI.2. Activités insecticides des huiles essentiels :

Les huiles essentielles ont des propriétés insecticides essentiellement larvicides, inhibitrice de la croissance et des propriétés anti-nourrissante. Ces potentiels ont été démontrés par de multiples études à travers le monde tels que les études de Kouassi et *al.* (2004), qui ont montré que les huiles de *Melaleuca quinquenervia* et *Ocimum gratissimum* présentent des effets insecticides contre *Callosobruchus maculatus* F., Les propriétés insecticides de l'huile de *Juniperus phoenicea* sont testées contre un insecte des denrées stockées *Tribolium confusum* ; cette huile a manifesté un effet anti appétant intéressant. Une étude préliminaire a montré que cette huile présente une toxicité élevée vis à vis de cet insecte Bouzouita et *al.* (2008) et Tapondjou et *al.* (2009), ont démontré l'efficacité insecticide par effet répulsif de l'huile essentielle de *Callistemon viminalis* contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). Les huiles essentielles ont des différents effets sur les insectes :

-Effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Des travaux récents montrent que les mono terpènes inhibent le cholinestérase (Bastien, 2008).

- Effets sur l'octopamine : L'octopamine est neuromodulateur spécifique des invertébrés. Cette molécule, a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, le vol et le métabolisme des invertébrés (Bastien, 2008).

- Effets physiques où les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous (Isman, 2000 in Bastien, 2008).



---

# Chapitre II.

Plante aromatique et médicinale  
(*Syzygium aromaticum*)

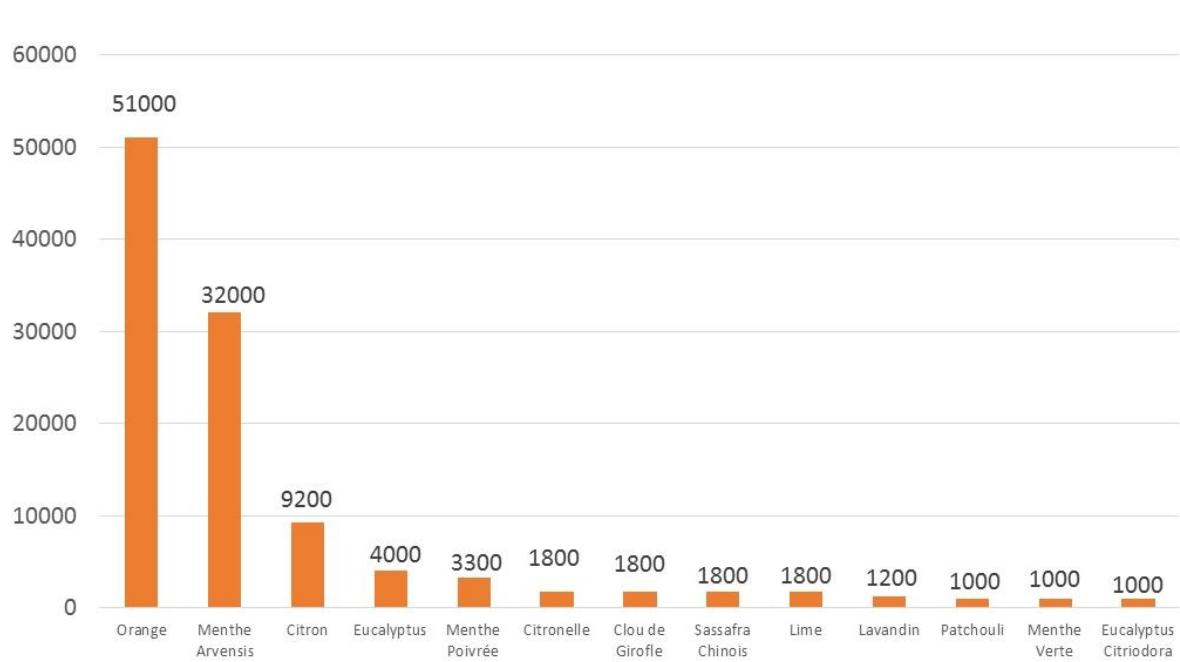


---

## I. Généralité

Les plantes aromatiques et médicinales représentent une catégorie importante de produits forestiers non ligneux. Ces produits comprennent une vaste gamme de produits qui existent spontanément, dans les forêts et sous forme de cultures (El-Hilaly et al., 2003) (Imelouane et al., 2009). Après avoir été longtemps considérés comme des produits secondaires ou des produits de petite taille, les huiles essentielles ont connu une croissance considérable compte tenu de la demande toujours croissante du marché international (Gonzalez-Tejero et al. 2008) (Jamila and Mostafa 2014).

Ces différentes plantes aromatiques sont caractérisées par la biosynthèse de molécules odorantes qui constituent ce qu'on appelle les huiles essentielles (HE) connues depuis longtemps pour leur activité antiseptique et thérapeutique dans la médecine populaire. La composition chimique des HE est assez complexe, les composés terpéniques et aromatiques représentant les principaux constituants (Marchand, 2019).



**Figure 08 :** Production mondiale des 13 plus importantes huiles essentielles (en tonnes) (Anonyme, 2015).

## II. Giroflier (*Syzygium aromaticum*)

### II.1. Origine :

*S. aromaticum* L. (clou de girofle) est une épice aromatique historique (Joseph et Sujatha, 2011), appartenant à la famille des Myrtaceae (Aneja et Joshi, 2010), qui regroupe plus de 3000 espèces réparties en 48 à 134 genres environ (Kubitzki, 2011). C'est un grand arbre qu'abrite les îles Moluques (Gupta, et *al.*, 2015).

Les clous de girofle sont originaires de l'Indonésie et se trouvent surtout dans le nord et le centre de Maluka (Moluques) et Papua Barat (Irian Jaya) (Bhowmik et *al.*, 2012), largement cultivé au Brésil, en Haïti, au Kenya, en Malaisie, aux îles Maurice, au Mexique, en particulier en Zanzibar, à Madagascar, aux Philippines, en Inde, au Sri Lanka (Charles, 2013).

### II.2. Classification botanique de *S. aromaticum*

Selon Goetz et *al.* (2016) le *S. aromaticum* est classé taxonomiquement comme suit :

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Embranchement :** Magnoliophyta (= phané)

**Sous-embranchement :** Magnoliophytina (= angiospermes)

**Classe :** Magnoliopsida (= dicotylédones)

**Ordre :** Myrtales

**Famille :** Myrtaceae

**Genre :** *Syzygium*

**Espèce :** *S. aromaticum* (L) (Merrill et Perry, 1939).



**Figure 9 :** Boutons floraux et fleurs de giroflier (Anonyme, 2019)



**Figure 10 :** L'arbre du Giroflier (Benzeggouta, 2015)

**Tableau 08** : Les compositions chimiques de *S. aromaticum* (Ghedira et al., 2010)

Famille de constituants	Détail des constituants
<b>Huile essentielle 15% à 20%</b>	Eugénol (80% à 90%), acétate d'eugénol (5 à 10 %), alpha- et bêtacaryophyllène (5 à 12 %), cétones aliphatiques
<b>Tanins (12%)</b>	Tanins gallique et ellagique, acide gallique, acide protocatéchique, eugénine, casuarictine, 1,3-di-O-galloyl-4,6-(S)-hexahydroxydiphénol-beta-D-glucopyranose, tellimagrandine
<b>Flavonoïdes (0.4%)</b>	Quercétine, kaempférol, rhamnénine, eugénitine
<b>Chromones</b>	Biflorine, isobiflorine, hétérosides de chromone
<b>Corps gras</b>	Stérols, glycosides stéroliques, huile grasse (10 %)
<b>Autres</b>	Acides phénols, triterpènes

### II.3. Description botanique :

C'est un grand arbre originaire des îles des Moluques, élancé, d'une hauteur moyenne de 10 à 12 m, qui peut atteindre jusqu'à 20 m de haut, à port pyramidal et au tronc gris clair ridé. Ses feuilles, de 8 à 10 cm de long, sont coriaces, persistantes, opposées, pétiolées, ovales, aux limbes lancéolés, à la face supérieure vert rougeâtre et à la face inférieure vert sombre, légèrement ponctuée. Elles sont aromatiques et dégagent une forte odeur de clou de girofle au froissement. L'inflorescence comprend de petites cymes (4–5 cm) 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).

### II.4. Propriétés thérapeutiques de l'HE du girofle :

L'utilisation de l'HE de clou de girofle est à rapprocher de celle des clous seuls et de son principal constituant, l'eugénol (Lobstein et al., 2017).

Selon Lobstein et al. (2017), de par sa forte teneur en eugénol, l'HE de clou de girofle possède de nombreuses propriétés :

- ❖ Bactéricide : L'eugénol et l'eugénol acétate ont démontré leur activité sur de nombreuses souches bactériennes, provenant aussi bien de bactéries à Gram + que de bactéries à Gram<sup>-</sup>;

- ❖ Fongicide : L'HE de clou de girofle est fongicide à de faibles concentrations pour des souches de levures pathogènes de l'homme résistantes au fluconazole, son action s'étend également sur des souches de Dermatophytes ;
- ❖ Acaricide : Les essais contre le *Sarcoptes scabiei*, agent responsable de la gale humaine, montrent que l'utilisation de cette HE est plus efficace que la perméthrine ou le benzoate de benzyle. ;
- ❖ Propriétés antioxydantes : L'eugénol montre une action protectrice sur la cirrhose hépatique en inhibant la prolifération cellulaire et en diminuant le stress oxydatif. Ce serait un excellent agent de prévention des métastases liées au stress oxydatif ;
- ❖ Anti nociceptif : L'emploi des analgésiques comme les clous de girofle ont été signalés depuis le 13e siècle, pour l'odontalgie et la douleur et antispasmodique, étant l'eugénol l'enceinte principale responsable pour cette activité. D'autres résultats montrent que l'effet analgésique de girofle est dû à l'action comme agoniste de la capsaïcine ;
- ❖ Antivirale : L'activité antivirale de l'eugénine, un composé isolé de *S. aromaticum*, a été testée contre les souches du virus de l'herpès est efficace à 5 µg/ml, et il a été retenu que l'une des principales cibles d'eugénine est la synthèse d'ADN viral par l'inhibition de l'ADN polymérase virale (Cortés-Rojas et al., 2014).

En agriculture, l'huile essentielle possède un effet herbicide et protecteur des cultures contre les insectes et les champignons (Tworkoski, 2002 ; Dayan et al., 2009), effet insecticide sur les charançons nuisibles des graines en stocks (Viteri Jumbo et al., 2014).

### II.5. Les huiles essentielles de girofle :

Les huiles essentielles sont les principaux constituants chimiques du clou de girofle (Saikumari., et al, 2016), sont principalement caractérisées par l'eugénol, l'acétate d'eugénol et le  $\beta$ -caryophyllène mais à des proportions déférentes selon les auteurs. Elle est de couleur jaune à jaune pâle, caractérisée par une odeur épicée, puissante, aromatique et aldéhyde montante de tête (Razafimamonjison et al., 2016).

**Tableau 09** : Concentration en pourcentage et en temps de rétention de quelques composés obtenus par analyse chromatographique en phase gazeuse de l'huile essentielle de *S. aromaticum* (Adli et al., 2017)

<b>Composé</b>	<b>Temps de rétention (minutes)</b>	<b>Concentration (%)</b>
<b>Acétate d'eugényle</b>	89,6	10,48
<b>Eugénol</b>	85,3	80,83
<b><math>\beta</math>-caryophyllène</b>	53,4	7,21
<b><math>\alpha</math>-humulène</b>	57,8	0,87
<b>Oxyde de caryophyllène</b>	76,7	0,08
<b><math>\alpha</math>-cububène</b>	43,4	0,02

---

## Partie expérimentale

---



---

# Chapitre I.

## Matériel et Méthode

---



**I- Objectif de travail :**

- ✓ Caractérisation taxonomique et reconnaissance des principaux bioagresseurs animaux du lieu de stockage et conservation.
- ✓ Essai de lutte et contrôle des populations de *Trogoderma granarium* à l'aide des substances bioactives de l'extrait hydroalcoolique et l'huile essentiel de *Syzygium aromaticum* (clous de girofle).

**II. Matériel et méthode :****II.1. Matériel animal :****II.1.1. Élevage de masse**

Le but de cet élevage est l'obtention de matériel animal pour les différents essais de notre expérimentation.

Pour ce faire, les adultes collectés de *Trogoderma granarium* sont placés dans des bocaux en verre, contenant 500g de grains du blé dur local ; dont le couvercle est perforé afin d'assurer une aération parfaite. Puis ils sont mis dans une étuve réglée à une température de 27°C et une humidité relative de  $70 \pm 5\%$ .



**Figure 11 :** L'élevage de masse de *Trogoderma granarium* (Original, 2020)

## II.2. Matériel végétal :

Le choix de deux plantes aromatique *Syzygium aromaticum* et *Mentha piperita* a été effectué pour leur contenu en substances naturelles, ces derniers ont fait l'objet d'extraction hydrométhanoïque et d'huile essentielle.

La partie concernée par les extractions pour les clous de girofle "*S. aromaticum*" est les boutons floraux. Alors que, les feuilles séchées ont été retenues pour *M. piperita*.

- Les extractions des huiles essentielles et des extraits hydroalcooliques ont été réalisés au laboratoire de recherche protection des végétaux.

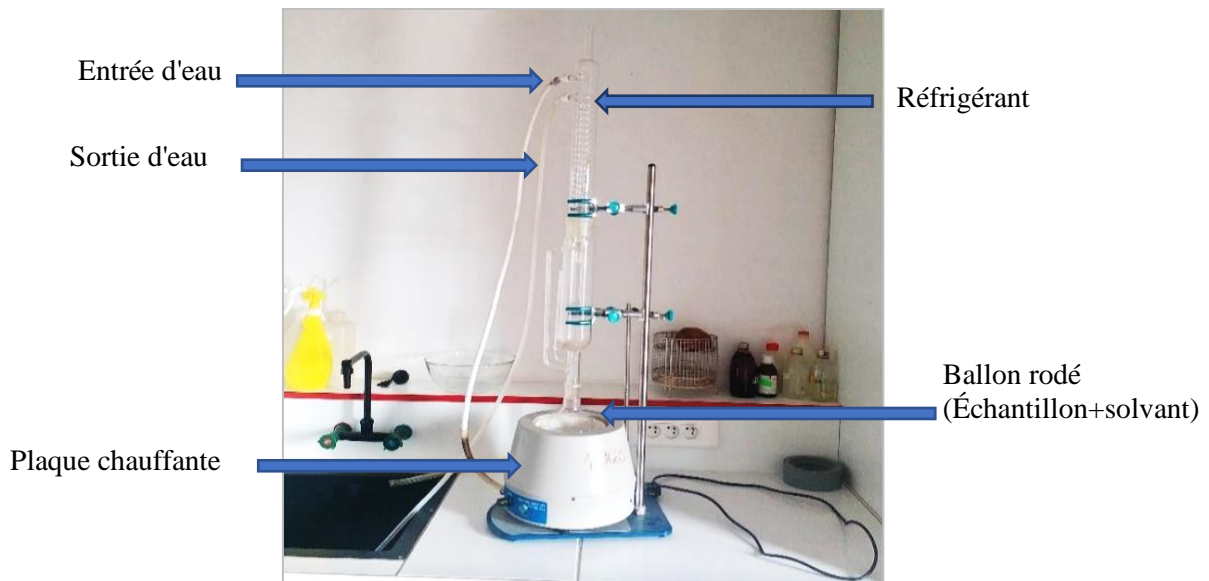
## III. Préparation d'extrait :

### III.1. Méthode :

La méthode utilisée pour les extractions hydroalcooliques est celle de Soxhlet, Le Soxhlet est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide. Pour l'extractions des huiles essentielles, cela a été obtenu grâce à un entraînement à la vapeur (hydrodistillation) qui est une technique largement utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. Selon Carnat et *al.* (1998), l'avantage de cette technique réside en l'abaissement de la température de distillation ; les composés sont donc entraînés à des températures beaucoup plus basses que leur température d'ébullition, ce qui évite leur décomposition

#### III.1.1. Extraction par Soxhlet :

C'est une méthode simple et convenable qui consiste a placé le matériel végétal dans une cartouche placée dans un extracteur contenant le solvant. Lorsque le liquide est amené à l'ébullition, les vapeurs du solvant passent par le tube de distillation et rentrent dans le réfrigérant pour être liquéfiées. Ensuite, le condensat retombe dans le corps de l'extracteur sur la cartouche, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant. Lorsque le solvant condensé atteint le sommet du tube-siphon, il retourne dans le ballon de distillation, transportant les substances extraites. Le solvant continue alors de s'évaporer, tandis que les substances extraites restent dans le ballon. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'extraction soit complète (Penchev, 2010).



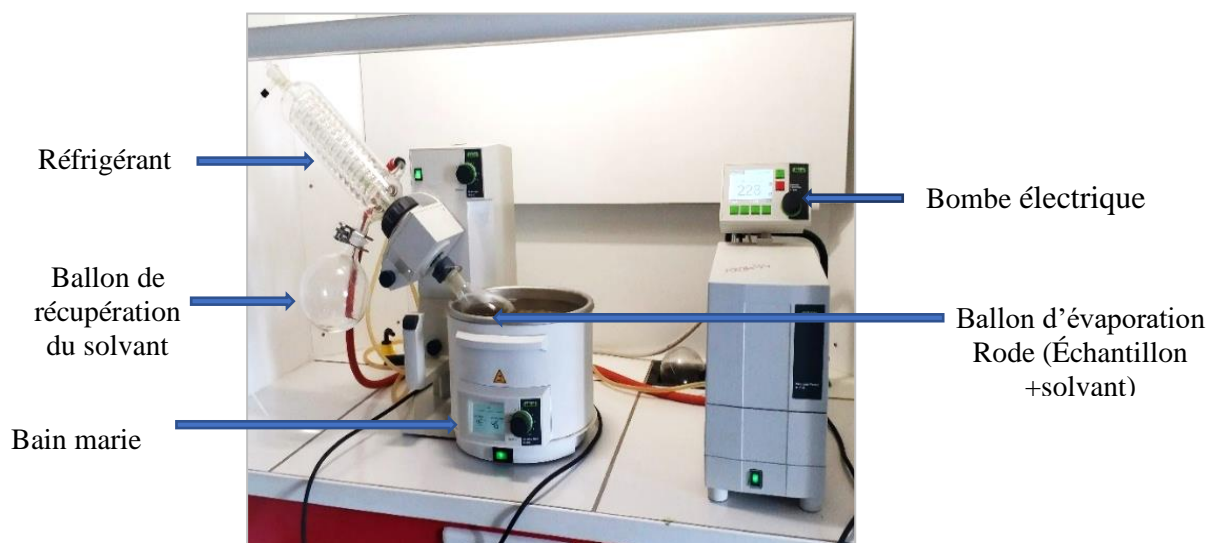
**Figure 12 :** Montage du dispositif Soxhlet (Original, 2020)

### III.2. L'extraction d'extrait :

L'extraction au Soxhlet a été réalisée en suivant le protocole de (Vongsak et *al.*, 2013) avec quelques modifications :

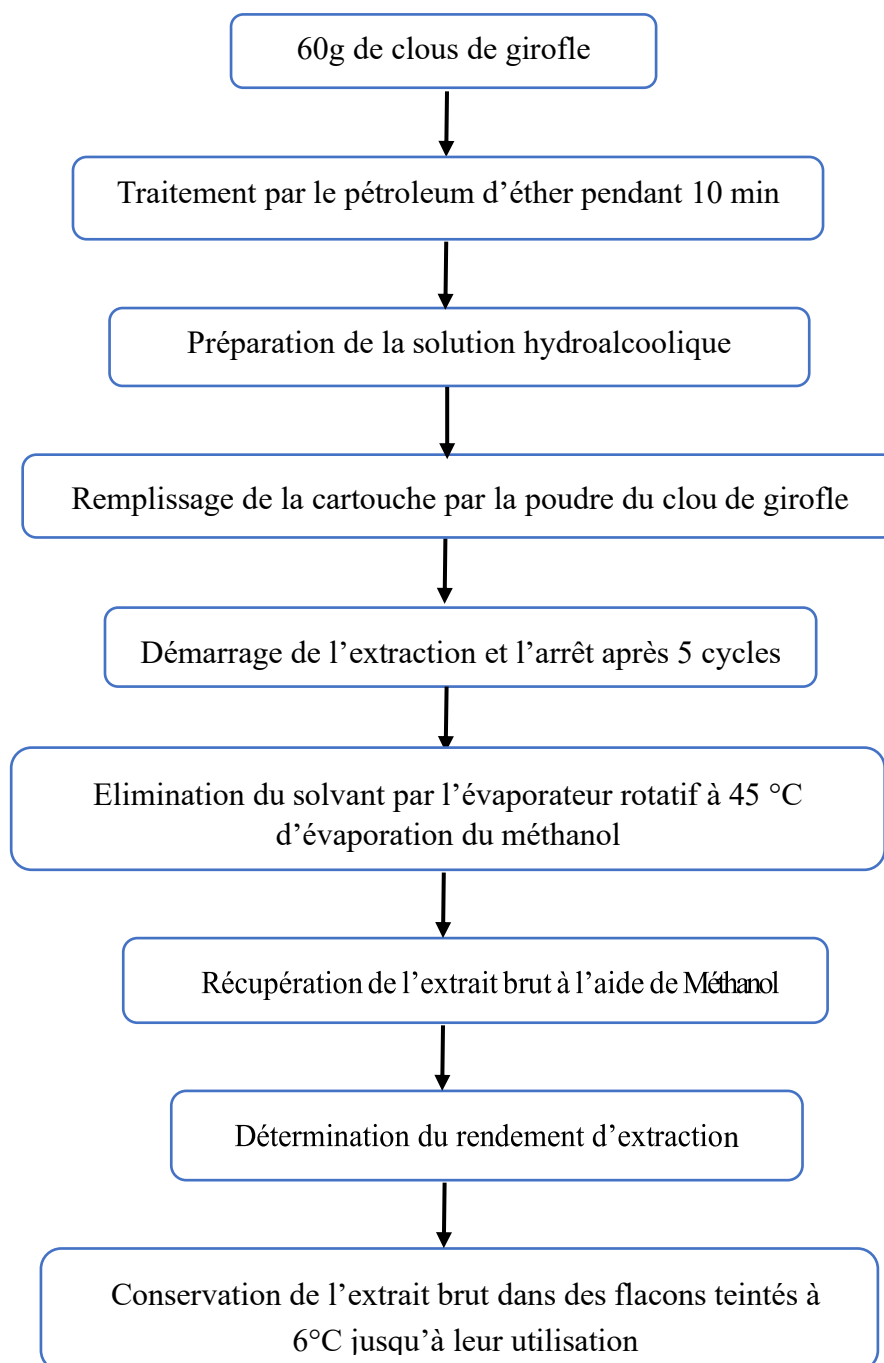
Le protocole d'extraction est effectué comme suit 60g de la poudre des clous de girofle traité de solvant de pétroleum éther est introduite dans une cartouche en cellulose qui sera placée dans le corps de l'extracteur et 600 ml du méthanol est placé dans un ballon. Après l'extrait est évaporé à sec sous vide à l'aide d'un rotavapeur à 45°C, pour fractionner le solvant d'un extrait. Ensuite ils ont été séchés à l'étuve à 40°C et conservés à 4°C.

L'évaporateur rotatif utilisé lors de l'expérimentation est de type Buchi R-210. Ces caractéristiques sont représentées dans le tableau (Annexe 01).

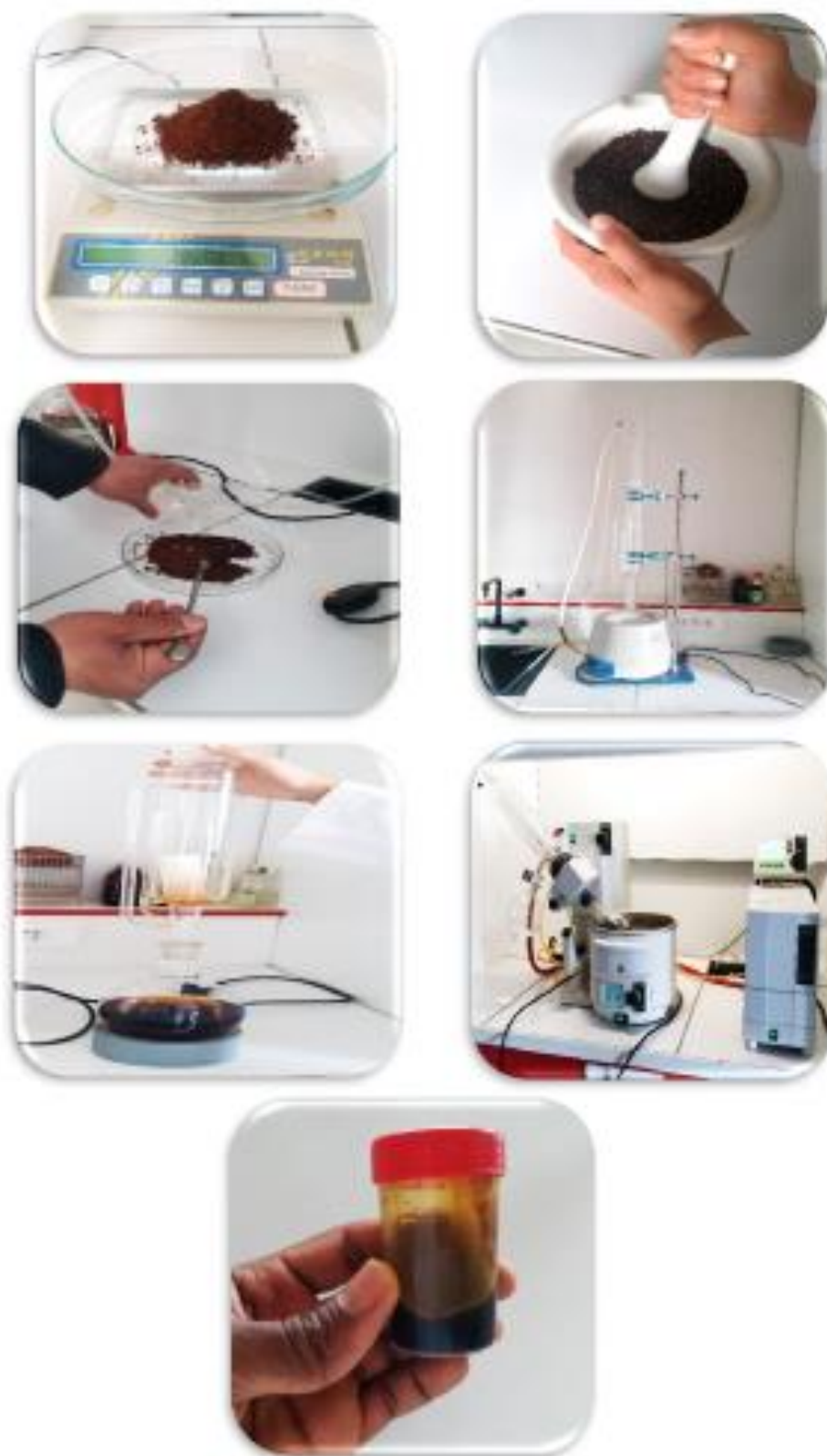


**Figure 13 :** Dispositif du Rotavapeur (Original, 2020)

Le protocole d'extraction est résumé comme suite :



**Figure 14 :** Le protocole de l'extraction de clous de girofle par Soxhlet



**Planche 01 :** Etapes de l'extraction hydro méthanoïque des clous de girofle par Soxhlet (Originale, 2020)

### III.3. Préparation des dilutions

Nous avons obtenu 40 g/l de l'extrait hydro-méthanoïque qui correspondant à 100% et pour chaque dose de dilution, on calcule la quantité de l'extrait qui convient par la règle de trois et on rajoute l'eau distillée jusqu'à 100 ml :

40 g/l	→	100%
<b>X</b>	→	5%
<b>X : Quantité de l'extrait (g/ml)</b>		

A partir de l'extrait obtenu, les doses à tester sont préparées par dilutions avec de l'eau distillée 5% (2 ml de l'extrait / 98 ml d'eau distillée) ; 10% (4 ml de l'extrait / 96 ml de l'eau distillée) ; 15% (6 ml de l'extrait / 94 ml de l'eau distillée), 20% (8 ml de l'extrait / 92 ml de l'eau distillée), 25% (10 ml de l'extrait / 90 ml de l'eau distillée) et 30% (12 ml de l'extrait / 88 ml de l'eau distillée).

Le témoin est constitué par de l'eau distillée

### III.4. Le rendement d'extraction :

On calcule le rendement d'extraction après chaque étape d'extraction : Le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la relation suivante :

$$R (\%) = M_{\text{ext}} \times 100 / M_{\text{éch}} ;$$

**R** : rendement en % ;

**M ext** : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en g ;

**M éch** : est la masse de l'échantillon végétal en g (Clémence et Dongmo, 2009).

## IV. Préparation des huiles essentielles :

### IV.1. Méthode :

#### IV.1.1. Entraînement à la vapeur d'eau :

Le principe de cette méthode consiste à percoler la matière végétale par de la vapeur d'eau distillée, l'huile essentielle (HE) est récupérée par décantation.

L'opération dure 3 heures. Le principe consiste à chauffer l'eau à basse pression afin que ses vapeurs traversent et imprègnent la matière végétale. Les vapeurs se chargent alors en molécules aromatiques et les entraînent ensuite dans le serpentin réfrigérant (Fig. 15). Le temps de distillation affecte la composition de l'huile essentielle dans la mesure où l'hydro diffusion des composés volatils présents dans les tissus végétaux à travers les parois cellulaires constitue l'étape limitant du processus. Le mélange huile essentielle-eau est recueilli par un col de cygne et refroidi dans un condenseur : la séparation se fait le plus souvent par simple décantation dans un vase florentin (Crouzet, 1998).

La réduction de la pression de marche provoque un abaissement des températures d'ébullition et de condensation. Inversement, toute augmentation de pression entraîne une élévation de ces températures (Cicile, 2002). L'élévation de la température permet l'accroissement de la solubilité et de la diffusivité du soluté et la diminution de la viscosité. Elle doit être limitée pour éviter les risques d'extraction des composés nuisibles et la dégradation thermique du soluté (Leybros et Fremeaux, 1990).

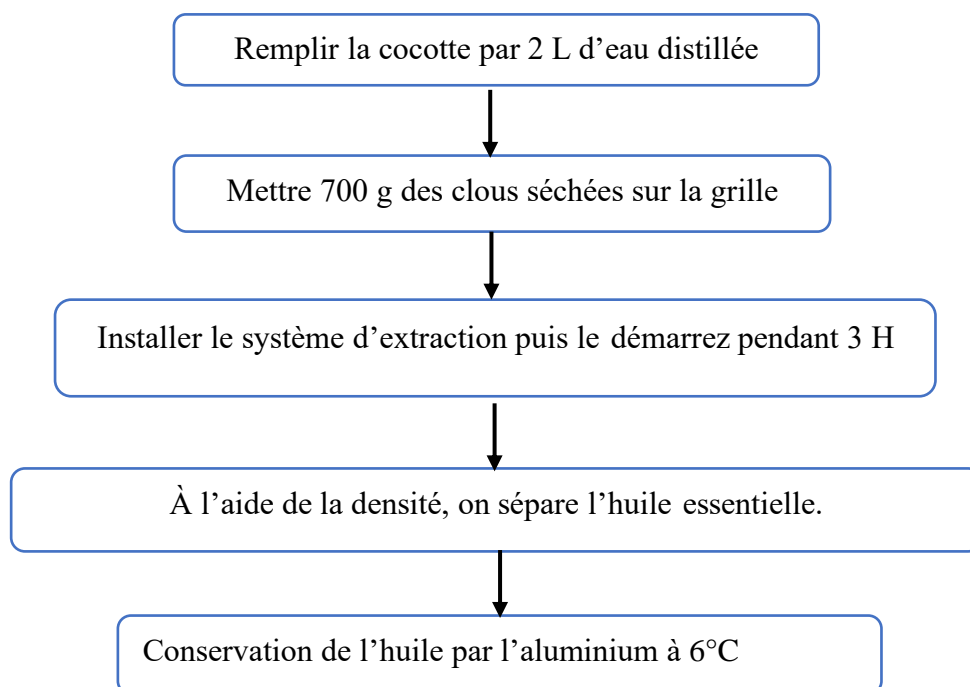


**Figure 15 :** L'entraînement à la vapeur d'eau (Original, 2020).

1 : tube gradué 2 : entrée de l'eau 3 : réfrigérant 4 : sortie d'eau  
5 : condensateur 6 : cocotte-minute 7 : plaque chauffant

#### IV.2. L'extraction de l'huile :

Le protocole d'extraction est résumé comme suite :



**Figure 16 :** Le protocole de l'extraction d'huile de clous de girofle par L'entraînement à la vapeur d'eau



**Planche 02 :** Les étapes de l'extraction d'huile essentielle (Originale, 2020)

### IV.3. Détermination du rendement

Le rendement en HE est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter. Il est exprimé en pourcentage, calculé par la formule suivante :

**R** : rendement en HE exprimé en pourcentage (%) ;

**P<sub>h</sub>** : Poids de l'HE en gr ;

**P<sub>p</sub>** : Poids de la masse végétative en gr.

$$R = \frac{P_h}{P_p} \times 100$$

### V. Mode d'opération :

#### V.1. Effet des substances bioactives d'extrait et huiles essentielles de clou de girofle par contact :

Pour déterminer la toxicité de l'huile essentielle et l'extrait de clou de girofle pour un temps d'exposition nécessaire pour tuer 50 et 90% des insectes, nous avons utilisés des boites de Pétris contenant 30g de blé dur et 40 larves (L4 et L5) de *T. granarium* ; qui ont été pulvérisés avec six doses d'huile essentielle (5ul, 10ul, 15ul, 20ul, 25ul et 30ul) et l'extraites (2, 4, 6, 8, 10, et 12 ml correspond de 5% , 10%, 15%, 20%, 25% et 30%) de *Syzygium aromaticum*.

La mortalité a été enregistrée après chaque 24h pendant 6 jours d'exposition. Les pourcentages de mortalités observées sont corrigés par la formule de (Abbott, 1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de connaître la toxicité réelle du bio pesticide (Finney, 1971). La formule d'Abott est la suivante :

$$\text{Pourcentage de mortalité} = \frac{\text{Mortalité des larves traités} - \text{mortalité des témoins}}{100 - \text{mortalité des témoins}} \times 100$$



30g de blé dur dose d'huile essentielle +40 Larves



30g de blé dur + dose d'extrait +40 larves



**Figure 17 :** Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de girofle (original, 2020)

À l'aide d'un micro-pulvérisateur, on a pulvérisé dans chaque boîte la dose spécifique au test biologique, chaque boîte a été bien fermée avec le para-film.



**Figure18 :** Pulvérisation des boîtes de Pétri de doses d'HE pour le test de contact (original, 2020)

## V.2. Détermination de la DL50

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50 qui représente les quantités de substances toxiques entraînant la mort de 50% des individus d'un même lot. Elle est déduite à partir de l'équation de la droite de régression ( $y=ax+b$ ) correspondant aux taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations de traitement (waboponé, 2005).

### V.3. Le pouvoir germinatif

L'expérience se passe de la manière suivante :

Après les traitements par contact, les graines sont soumises au test de germination qui consiste à prendre 600 graines au hasard de chaque échantillon traité puis seront mises à l'intérieur du coton imbibé d'eau dans des boîtes de Pétri sans couvercle. Au bout d'une semaine, les graines germées seront dénombrées pour chaque échantillon. Le taux de germination est donné par la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de germination} = \left( \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre totale des graines testés}} \right) \times 100$$



**Figure19** : Dispositif du test de germination (Originale, 2020)

### V.4. Détermination de la mortalité cumulée :

Un produit est dit efficace par l'évaluation de la mortalité ; le dénombrement des individus morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel des individus tués par ce toxique, si on prend en considération la mortalité naturelle qui était observée dans le témoin négatif. La mortalité après l'exposition doit être corrigée en utilisant la formule d'Abott (Bouras et Benhamza, 2013) :

$$M_c\% = \left[ \frac{M_0\% - M_T\%}{100 - M_T\%} \right] \times 100$$

**MC%** = mortalité corrigée exprimé en %.

**M<sub>0</sub>** = mortalité observée après la pulvérisation.

**M<sub>T</sub>** = mortalité observée dans le témoin.



---

## **Conclusion générale**

---

## Conclusion générale

Les denrées stockées occupent une importance économique et alimentaire très importante dans le monde entier. Cependant le dermeste du blé (*Trogoderma granarium*) est parmi les principaux ravageurs qui provoquent des dommages considérables aux aliments stockés.

En revanche, la lutte chimique appliquée contre ces ravageurs dénote un impact néfaste sur l'environnement et la santé humaine.

Les plantes aromatiques constituent une source de substances naturelles importante dans la recherche d'alternatives à la lutte chimique utilisée contre les nuisibles des denrées stockées.

Notre étude entreprise dans le cadre de la protection des cultures et la valorisation des plantes aromatiques a concerné l'étude de l'activité insecticide de l'extrait hydro méthanoïque et l'huile essentielle des clous de girofle (*Syzygium aromaticum*) contre les quatrième et cinquième stades larvaires (L4 et L5) de *T. granarium*.

Les résultats obtenus font ressortir une toxicité variable pour l'extrait hydro méthanoïque et l'huile essentielle sur les deux stades larvaires L4 et L5.

L'extrait a provoqué une mortalité moyenne de 50% après six jours pour le 5<sup>ème</sup> stade larvaire et de 48% pour le 4<sup>ème</sup> stade, signalé pour la dose 30%. Tandis que, l'huile essentielle a enregistré des toxicités assez élevées atteignant les 100% sur les deux stades larvaires, cela dès le premier jour du test pour les doses 20, 25, et 30ul/ml, et dès le troisième jour d'application pour les doses 5, 10 et 15 ul/ml. L'HE a un effet larvicide très efficace sur les larves du dermeste, confirmé par la DL50 et la DL90 calculées, à savoir 2.29 et 6.41 ul/ml pour le stade L4 et 3.39 et 8.11ul/ml pour le stade L5.

D'une part, l'extrait hydro méthanoïque et l'huile essentielle ont une influence sur le pouvoir germinatif des graines du blé. Un taux dépassant le 80% noté pour les graines testées par l'extrait a été enregistré pour les doses 5% et 10% et un taux de 60% dans la dose 15% avec une faible germination qui n'a pas dépassé les 50% pour les doses restantes 20% 25% et 30%.

Concernant l'HE on a enregistré des taux de germination des graines très appréciables avec 95% ; 89% ; 83% et 71% respectivement pour les doses 5, 10, 15 et 20ul/ml et de faibles taux de l'ordre de 57% et 31% pour les doses 25 et 30ul/ml. Alors que le témoin a enregistré une germination à 100%. A travers ces résultats, on peut dire que la germination est affectée par la dose de dilution de l'HE, en effet, le taux de germination des graines diminue lorsque la dose augmente.

A la lumière de ces résultats, il en ressort que l'extrait et l'huile essentielle des clous de girofle (*S. aromaticum*) ont montré des activités insecticides notables sur le dermeste (*T. granarium*) du blé.

En perspective, il est très intéressant de poursuivre cette étude par d'autre recherche afin de déterminer le mode d'action de ces substances (extrait et huile essentielle) ainsi que leur composition biochimique.

---

## **Références bibliographiques**

---

- 
- A. P. Carnat, A. Carnat, D. Fraisse, L. Ricoux and J. L. Lamaison, 1998.** The aromatic and polyphenolic composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L. subsp. *Officinalis*) tea, *Pharmaceutical Acta Helvetiae*, 72 (5), 301-305.
- Abbot W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abdel Fattah, H. M. and Al Ghamdi, F. G. 2005.** Biological and histopathological effects of the Black seed oil and Sesame oil on the fourth instar larvae of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* (Duval) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Egypt. Acad. Soc. Environ. Develop., (A – Entomology)*. Vol. 6, No. (3): 79 – 91
- Adli, D. E. H., K. Kahloula, M. Slimani, M. Brahmi, et M. Benreguiég.** « Effets prophylactiques de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* chez les rats wistar en développement coexposés au plomb et au manganèse ». *Phytothérapie*, 30 mai 2017.
- AFNOR, 1992.** Association Française de Normalisation. Recueil des normes françaises « Huiles essentielles », 4<sup>ème</sup> édition, Paris evaluation
- Ahmedani, M. S., Haque, M. I., Afzal, S. N., Naeem, M., Hussain, T., Naz, S, 2011.** Quantitative losses and physical damage caused to wheat kernel (*Triticum aestivum* L.) by khapra beetle infestation. – *Pakistan Journal of Botany* 43(1): 659-668.
- Ammar M., 2015.** Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de doctorat de CIHEAM Montpellier. P17- 20.
- Aneja, K. R., et Joshi, R, 2010.** Antimicrobial activity of *Syzygium aromaticum* and its bud oil against dental cares causing microorganisms. *Ethnobotanical Leaflets*, 14, 960-975.
- Bastien F., 2008.** Effet larvicide des huiles essentielles sur stomoxys calcitrants à la Réunion. Thèse. Doctorat. Université Paul-Sabatier. Toulouse. Pp.78.
- Beal R.S. Jr, 1956.** Synopsis of the economic species of *Trogoderma* occurring in the United States with description of new species (Coleoptera: Dermestidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 49: 559–566.
- Belaid D., 1986.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Alger; pp 4-6.
- Benayad N., 2013.** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des

---

champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse.  
N° : 2691.186 p.

- Benkhellat O., 2002.** Contribution à l'étude des conditions de manutention du blé et de l'écologie des arthropodes dans les écosystèmes de stockage de la région de Bejaia et essai de lutte contre *rhyzopertha dominica* (Coleoptera : bostichidae) à base de poudre de plantes. Thèse. mag. Science de la nature. Univ. Bejaia.102p.
- Benzeggouta N., 2015.** Evaluation des Effets Biologiques des Extraits Aqueux de Plantes Médicinales Seules et Combinées. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Mentouri Constantine. P-46, 49.
- Berhaut P., Le Bras A., Niquet G. et Griaud P., 2003.** Stockage et conservation des Grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris, 108 P.
- Bhowmik, D., Kumar, K. S., Yadav, A., Srivastava, S., Paswan, S., et Dutta, A. S, 2012.** Recent trends in Indian traditional herbs *Syzygium aromaticum* and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1), 13-23.
- Bolot S., Abrouk M., Masood-Quraishi U., Stein N., Messing J., Feuillet C. and Bonjean., 2001 Boulal., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, p 176.
- Boudreau A. et Ménard G., 1992.** Le blé : éléments fondamentaux et transformation Edition Presses Université Laval, Paris : pp 25 - 62.
- Boujnah, M., Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari A., 2004.** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. AL AWAMIA 111. Vol. 1 N. 3. Eté 2004.
- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- Bouras A., Benhamza S., 2013.** Impact de deux extraits végétaux, le basilic *Ocimum basilicum* et l'ail *Allium sativum*, dans la lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur six varités de Tomate *Lycopersicum esculentum* sous abris plastique l'I.T.D.A.S. de Hassi Ben Abdellah –Ouargla. P30-31-32

- 
- Bouyahya A., Abrini J., Bakri Y., Dakka N., 2018.** Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie* 16(5): 254-267.
- Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M. Et Chaabouni M.M., 2008.** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *J. Soc Pharmacognosie. Chim. Tunis.* Pp119-125.
- Brunechon J., 1987.** Pharmacognosie. Ecole technique de documentation, éd. Ravoilie.
- Bruneton J., 1999.** Phytochimie, plantes médicinales, Ed. Technologie et documentation. Lavoisier, 385-623.
- Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinale. Edition Technique et documentation, 1288p.
- Bruneton J., 2016.** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 5ème éd. Lavoisier.
- Charles, D. J., 2013.** Antioxidant properties of spices, herbs and other sources: Springer Science (New York). 589p.
- Chase M. W. et reveal J., 2009.** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 122-127.
- Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ième Edition, 124-154.
- CICILE J.-C., 2002.** Distillation. Absorption Etude pratique. Techniques de l'ingénieur J 2610 pp 1-20.
- Clémence, R., Dongmo, M., 2009.** Clinique et pharmacologie évaluation de l'activité anti dermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'acalyphaman niana (euphorbiacées) et *Tristem mahirtum* (mélastomatacées). Université de Dshang-Master en biochimie. p34
- Cortés-Rojas, D.F., C.R.F. de Souza, and W.P. Oliveira, 2014.** Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2) : p. 90-96.
- Cretois A., 1985.** Valeur technologique de quelques variétés de blé. *Bull. Industries des céréales* N°20, p 26, 32.
- Crouzet, J, 1998.** Arômes alimentaires. In : Techniques de l'ingénieur, Agroalimentaire F 4100, 1-16, Paris.

- 
- Cruz J. F. et Troude F., 1988.** Conservation des graines en région chaudes, (technique rurale en Afrique), 2Ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France : 545p.
- Cryz JF., Troude F., Griffon D., Hebert JP., 1988.** Conservation des grains en région chaudes ; 2éme édition ; « Technique rurale en Afrique ».Ed. Paris, France.
- Dales, M. J, 1996.** A review of plant materials used for controlling insectes pests of stored products. Ed. Crown copyright united king dom. NRa Bulletin. 65-84p.
- Daufin H., 1989.** Les aliments. Ed. Maloine, France ; pp 109.)
- Dayan F.E., Cantrell C.L., Duke S.O, 2009.** Natural Products in Crop Protection, Bioorganic & Medicinal Chemistry, 17, 4022-4034.
- Degryse A.C., Delpla I. et Voinier M.A, 2008.** Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP, 87p.
- Delobel Et Tran, 1993.** Les Coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes .Ed. Orstom. pp 125,129.
- Djekoun A., Ykhlef N., Bouzerzour H., Hafsi M., Hamada Y., Kahali L, 2002.** Production du blé dur en zones semi-arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. Act des 3ème Journées Scientifiques sur le blé dur. Constantine.
- Doumaïndji A., Doumaïndji S., doumaïndji B., 2003.** Cours de technologie des céréales. Ed. Office des publications Universitaires Ben-Aknoun-Alger ; pp 01-20.
- Doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P., 1992.** Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.
- Ducom P., 1987.** Dernières tendances dans la protection des graines stockées. Défense des cultures PHYTOMA. 385 : 38-39p.
- Ducom P., 1978.** Traitement par fumigation. In: les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et techniques des céréales et des fourrages. AFNOR-ITCF., 138-164.
- Feillet, P., 2000.** Le grain de blé (composition et utilisation), Ed INRA, P57-281,308p
- Finney D. J., 1971.** Probit Analysis. Cambridge. Univ Press, UK.333p.

- 
- Flaurat-Lessard, 1982.** Les insectes et les acariens. In. MULTON JL., conservation et stockages des grains et graines et produits dérivés. Ed. Lavoisier, Paris. Vol.01 ; pp 394-436.
- Gandhi N., Pillai S. et Patel, P., 2010.** Efficacy of pulverized *Punica granatum* (Lythraceae) and *Murraya koenigii* (Rutaceae) leaves against stored grain pest *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Int. J. Agric. Biol., 12 : 616-620.
- Ghedira K., P. Goetz, et Le Jeune R., 2010.** **Phytothérapie, - Springer, *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier, 8(1): p. 37-43.**
- Giles P. H., Ashman F., 1971.** A study of pre-harvest infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in the Kenya highlands. J Stored Prod Res 7 :69-83.
- Godon B., 1991.** Les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs. In : Godon B. (Ed.), Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp. 1-22.
- Goetz P. et Le jeune R, 2010.** *Syzygium aromaticum* (L) Merr et Perry (Myrtaceae) Giroflier. Phytothérapie 8 :37-43
- Gonzalez-Tejero MR, Casares-Porcel M, P S-R, et al (2008) 7. 2008:** González-Tejero M R, Casares-Porcel M, Sánchez-Rojas C P, Ramiro-Gutiérrez J M, Molero-Mesa J, Pieroni A, Giusti M E, Censorii E, de Pasquale C, Della A, Paraskeva-Hadijchambi D, Hadijchambis A, Houmani Z, El-Demerdash M, El-Zayat M, Hmamouchi M, Eljohrig S, Medicinal plants in the Mediterranean area. Journal of ethno pharmacology 116:341–57.
- Gupta D. et Kaur, P., 2015.** Study of Essential Oil of Few Species with High Antioxidant Potential. 5(3), 216-224
- Gwinner J., Harnisch R. et Mück O., 1996.** Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
- Hadaway A.B., 1956.** The Biology of the Dermestid Beetles, *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma versicolor* (Creutz.) \*. Bulletin of Entomological Research 46:781–796.
- Hagstrum D.W., Phillips T.W. et Cuperus G., 2012.** Stored Product Protection. K-State Research and Extension. Kansas, 358pp.

- 
- Haubruge E., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J.C. et Gaspar C., 1998.** Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de Citrus sp. A l'égard de *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae), *Prostiphanus truncatus* (Horn) (Col., Bstrychidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae). Med. Fac. Landbouww. Rijkuniv. Cent 54/3b, 1083-1093.
- Hemery Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin V., Barron C. et Abecassis J., 2007.** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. Journal of Cereal Science 46, 327-347.
- Henry Y. et De Buyser J., 2001.** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- Hinton H.E., 1945.** A monograph of the beetles associated with stored products, Vol. 1. London, British Museum (Natural History). 443 pp.
- Howe R.W., Lindgren D.L., 1957.** How much can the khapra beetle spread in the USA? Journal of Economic Entomology 50: 374–375.
- Huignard J., Dugravot S., Ketoh K.G., Thibout E. et Glitho A.I., 2002.** Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. Biopesticides d'Origine Végétale. Ed. by C Regnault-Roger, BJR Philogène & C Vincent, Lavoisier Tech & Doc ,Paris. pp. 133–149.
- Imelouane B, Hassan A, Wathelet J, et al (2009)** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. International Journal of Agriculture and Biology 11
- Isman M.B., 2000.** Protection des cultures ; Huiles essentielles de plantes pour la gestion des maladies parasitaires. Courrier de l'Environnement de l'INRA.10- 23.
- Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C. 2007.** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. Journal of Cereal Science, vol. 46: pp. 327–347.
- Jamila F, Mostafa E (2014)** Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments. J Ethnopharmacology 154:76–87.

- 
- Joseph B., et Sujatha S., 2011.** Bioactive compounds and its autochthonous microbial activities of extract and clove oil (*Syzygium aromaticum* L.) on some food borne pathogens. *Asian Journal of Biological Sciences*, 4(1), 35-43.
- Jouault S., 2012.** La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité pour obtenir le diplôme d'état de docteur en pharmacie pp 18, 19.
- Kachebi N. et Kebbi M., 2003.** Contribution à l'étude de l'efficacité de la poudre des feuilles du pécher contre *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae). Ing. Univ. A M. Bejaia .Pp35.
- Karso B. A. et Al Mallah N.M., 2014.** Effect of mixing ratio and oil kind toxicity activation of acetamiprid against *Trogoderma granarium* larvae. *IOSR Journal of pharmacy*, Vol.,4 (5) :35 –40.
- Keïta S.M., Vincent Jean-pierre C., Schmit J.P., Ramaswamy S.et Bélanger A., 2000.** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 36 :355-364.
- Kellou R., 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. (Master of Science, IAMM, 2008, Série Thèses & Masters n°93).
- Kestenholz C., Stevenson P.C. et Belmain S.R., 2007.** Comparative study of field and laboratory evaluations of the ethnobotanical *Cassia sophera* L. (Leguminosae) for bioactivity against the storage pests *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleopteran: Bruchidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *J. stored Prod. Res.*, 43: 79-86.
- Kim S.I., Ahn Y.J., Kwon H.W., 2012.** Toxicity of Aromatic Plants and Their Constituents against Coleopteran Stored Products Insect Pests. New perspective in plant protection. In Tech, Rijeka, Croatia, 93-120.
- Koroch A.R., Juliani H.R. et Zygadlo J.A., 2007.** Bioactivity of Essential Oils and Their Components. In: Berger RG. (Ed.), *Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Ed: Springer, Germany, pp. 87-115.
- Kouassi S. B.P., C. Kanko, L.R.N. Aboua, K. A. Bekon, A. I. Glitho, G. Koukoua, Y. T. N'guessan, 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du Niébé », *C.R. Chimie* 7 1043-1046.

- 
- Kouassi M., 2001.** La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides. Vertig O –La revue en science de l'environnement sur le Web, Vol 2 No2. (<http://www.Vertigo.uqam.ca/>).
- Kubitzki K., 2011.** Flowering Plants. Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae (Vol. 10): Springer Science & Business Media.
- Kumar R., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. Insect pest control. Edition Edward Arnold Ltd. p309.
- Lahlou M., 2004.** Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils. Phytotherapy Research. 18,435-448.
- Langenheim J. H., 1969.** Amber-a botanical inquiry. Science 163(3): 1157-1169.
- Leon R. H. O., 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France. 225p.
- Lerin F., 1986.** Céréales et produits céréaliers en méditerranée. Ed. Montpellier ; pp 81 ; 93.
- Leybros J. et Frémeaux P., 1990.** "Extraction solide-liquide aspects théoriques." techniques de l'ingénieur, traité Génie des procédés. J1 077 06.
- Lim T. K., 2014.** *Syzygium aromaticum* Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants (pp. 460-482): Springer.
- Lindgren D.L., Vincent L.E. et Krohne H.E., 1955.** The Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. Hilgardia, 24(1) : 1–36.
- Lobstein A., Couic-Marinier F. et Barbelet S., 2017.** Huile essentielle de Clou de girofle. Actualités Pharmaceutiques, 56(569) : p. 59-61.
- Madkour M., Zaitoun A.A. et Singer F.A., 2013.** Repellent and toxicity of crude plant extracts on Saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis*. J. of Food, Agriculture and Environment, Vol.11(2) : 381 –384.
- Marchand J., 2019.** Utilisation de l'aromathérapie dans le traitement du stress et de l'insomnie, Université de Lorraine, P 11-12.
- Mebarkia A., Khalfi O. et Guechi A., 2001.** Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach, 119-126.

- 
- Merrill E.D., Perry L.M., 1939.** The Myrtaceous Genus *Syzygium* Gaertner in Borneo. Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences 18:135.
- Naili N.E.P., Kesraoui M., 2013.** Activité antibactérienne du Cumin velu *Ammodaucus leucotrichus*. Mémoire de Master, en Botanique médicale et Cryptogamie classeur
- Neoliya N.K., Singh D. et Sangwan R.S., 2007.** *Azadirachtin* based insecticides induce alteration in *Helicoverpa armigera* Hub. Head polypeptides. Curr. Sci., 92 : 94-98.
- OEPP/EPPO, 1981.** Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine No. 121, *Trogoderma granarium*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 11 (1).
- Parmentier M. et Fouabi K., 1989.** Cereale en région chaudes : conservation et transformation. Ed. John LIBBY Eurotext, Paris, Londres, 353p.
- Pasek J.E., 2004.** Khapra beetle (*Trogoderma granarium* Everts): Pest-initiated pest risk assessment. Raleigh, NC, USDA. 46 pp.
- Penchev P.I., 2010.** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, INPT.
- Pilon R., Mazerand C., 1988.** La meunerie. Techniques des fabrications. Contrôle analytique. Ed. Louis David. Sijartie ; pp 172.
- Pomeranz Y., 1987.** Cereal Crops-General. In: Pomeranz, Y., (Eds) VCH Publishers, Inc, New York. Modern Cereal Science and Technology: pp 14-23.
- Prakash, A. et Rao, J., 2006.** Exploitation of newer botanicals as rice grain protectants against Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* Oliv. Entomon. Trivandrum, 31 : 1-8.
- Proctor D.L., 1995.** Techniques d'emmagasiner des grains : évolution et tendances dans les pays en développement. Bull. F.A.O N°109, 246p.
- Razafimamonjison G., Boulanger R., Jahiel M., Rakotoarison M., Sandratriniana R., Ramanoelina P., Fawbush F., Lebrun M., Danthu P., 2016.** L'optimisation de la qualité des produits du giroflier de Madagascar (clous et huiles essentielles) : étude des facteurs de leurs variabilités. In : Duchaufour Hervé (ed.). Recherches interdisciplinaires pour le développement durable et la biodiversité des espaces ruraux Malgaches. Antananarivo : PARRUR, p. 57-132.
- Regnault J.P., 2002.** Eléments de microbiologie et d'immunologie. Edition Décarie; Canada. PP: 341 -342.

- 
- Regnault-Roger C., 1997.** The potential of botanical essential oils for insect pest control integrated Pest Management Reviews. Pp 25-34.
- Relinger L.M., Zettler, J.L., Davis R et Simonaitis R.A., 1988.** Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. J. Econ. Ent., 81, 718-21.
- Saikumari, D., Rani, S. S., et Saxena, N, 2016.** Antibacterial Activity of *Syzygium aromaticum* L. (Clove). 5(11), 484-489.
- Salse J., 2009.** The “inner circle” of the cereal genomes. Current opinion in plant biology, 12(2):119–125.
- Sinha A.K. et Sinha K.K., 1990.** Insect pests, *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination instored wheat: A survey at North Bihar (India). Journal of Stored Products Research, 26(4):223–226.
- Šramková Z., Gregová E. et Šturdíka E., 2009.** Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Acta Chemical Slovaca, vol. 2: pp 115 – 138.
- Subramanyam B.H., Hagstrum D.W., 1995.** Resistance Measurement and Management. In: Subramanyam B., Hagstrum D.W.(Eds). Integrated Management of Insect in Stored Products. Marcel Decker, New York, pp: 331 -398.
- Tapondjou A.L., Ndomo A.F., Tendonkeng F., Tchouangyep F.M., 2009.** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera, Bruchidae). Tropicultura. Pp.137-143.
- Tazerouti-Bendiffallah L., Bakour K. et Kellouch A.E.K., 2001.** Etat sanitaire des denrées entreposées dans les unités de stockage de Draa Ben Khedda, Bouira et Ain Bessam. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El- Harrach, 355-360
- Teixeira B., Marques A. et Ramos C., 2013.** Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. Industrial Crops and Products. 43: 587-595.
- Tiaiba A., 2007.** Activité insecticide des huiles essentielles de *Mentha spicata* L. Et *Origanum glandulosum* Desf. Sur le potentiel biotique de *Callosobruchus maculatus* Fabricus . (coleoptera: Bruchidae). Ing. Institut national agronomique-El Harrach. Alger. Pp77.
- Twoorkoski T., 2002.** Herbicide Effects of Essential Oils, Weed Science, 50, 425-431.

- 
- Viteri Jumbo L.O., Faroni L.R.A., Oliveira E.E., Pimentel M.A., Silva G.N., 2014.**  
Potential Use of Clove and Cinnamon Essential Oils to Control the Bean Weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, In Small Storage Units, Industrial Crops and Products, 56, 27-34.
- Vongsaka B., Pongtip S., Supachoke M., Suchitra T., Yuvadee W., Wandee G., 2013.**  
Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. Industrial Crops and Products, 44: p. 566-571.
- Wabo-poné J., Mpoame M., Bilong Bilong C.F., Kerboeuf D., 2005.** Etude compare *in vitro* de l'activité nématodicide de l'extrait éthanoïque de la poudre d'écorce de *Canthium mannii* (Rubiaceae) et du Mébendazole. P2.
- Walter V., 2006.** Commodity and space fumigations in the food industry. In: Insect management for food storage and processing. (ed. J. W. Heaps), 2nd Edition. AACCC International, Minnesota, pp. 183-200.

---

---

## **Annexes**

---

**Annexe 1 : La fiche technique de l'évaporateur rotatif BUCHI R-210.**

<b>Référence</b>	<b>BUC-23011A000</b>
<b>Affichage</b>	Température, Eau /huile
<b>Type d'élévateur</b>	Motorisé
<b>Vitesse de rotation</b>	20-280 Tour / Minute
<b>Puissance consommée</b>	1360W
<b>Taille du ballon</b>	50-4000MI
<b>Poids maximum du ballon</b>	3 Kg
<b>Dimensions (LxHxP)</b>	550x575x415 mm
<b>Poids</b>	19-21Kg avec le bain
<b>Volume du bain</b>	4 litres
<b>Gamme de température</b>	20-180 °C
<b>Précision</b>	+/- 2 °C
<b>Dimension</b>	285x240x300
<b>Poids du ballon chauffant</b>	4 Kg
<b>Protection IP</b>	IP21
<b>Conformité</b>	CE
<b>Alimentation</b>	100-240V /50- 50Hz

---

**Annexe 2 : Mortalité corrigé d'extrait de clou de girofle appliqué sur les larves du dermeste de stade L4**

<b>Dose</b>	<b>Mortalité (%)</b>
5 %	22
10 %	25.5
15 %	27.5
20 %	34
25 %	44
30 %	48.5

**Annexe 2 : Mortalité corrigé d'extrait de clou de girofle appliqué sur les larves du dermeste de stade L5**

<b>Dose</b>	<b>Mortalité (%)</b>
5 %	33
10 %	34
15 %	36
20 %	38
25 %	4
30 %	50.5

**Annexe 3 : Mortalité corrigé d'huile essentiel de clou de girofle appliqué sur les larves du dermeste de stade L4**

<b>Dose</b>	<b>Mortalité (%)</b>
5 µl/ml	100
10 µl/ml	100
15 µl/ml	100
20 µl/ml	100
25 µl/ml	100
30 µl/ml	100

---

**Annexe 4 : Mortalité corrigé d'huile essentiel de clou de girofle appliqué sur les larves du dermeste de stade L5**

<b>Dose</b>	<b>Mortalité (%)</b>
<b>5 µl/ml</b>	100
<b>10 µl/ml</b>	100
<b>15 µl/ml</b>	100
<b>20 µl/ml</b>	100
<b>25 µl/ml</b>	100
<b>30 µl/ml</b>	100