

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**L'effet biocide de l'Huile essentielle des feuilles le Mandarin
(*Citrus reticulata*) a l'égard du *Tribolium castaneum* (ténébrionida)**

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
Du diplôme de Master académique en science de la nature et de la vie

Option : Biotechnologie Végétale

Présenter par: BADIS Louazna

Devant le jury composé de :

M ^f RAMDANE.S	MAA	USDB	Président de jury
M ^f BENDALI. A	MAA	USDB	Promoteur
M ^f BOUSBIA.N	MCB	USDB	Co-promoteur
M ^f BENMOUSSA. M	Professeur	USDB	Examineur
M ^{me} SAHRAOULF	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

Remerciements

Le premier remerciement avant tout je tiens à remercier DIEU le tout puissant qui m'a donné le courage, la force, la volonté, la santé les moyens, pour accomplir mes études et réaliser ce modeste travail.

Le présent document est le couronnement d'une longue formation au cours de laquelle je suis bénéficié du soutien de plusieurs personnes à qui je présente mes remerciements :

M^f BENDALI mon promoteur maitre assistant à l'université Saad Dahlab de Blida pour avoir accepté de m'encadré et pour la confiance qu'il m'accordé a fin de réaliser ce travail.

Mes plus sincères remerciements et reconnaissance vont spécialement à mon Co-promoteur M^f BOUSBIA pour sa confiance, sa patience et dirigé ce travail.

M^f RAMDANE pour avoir accepté de présider le jury. Et son soutien moral tout au long de ma formation universitaire Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et mes respects de m'orienter et de me conseiller qui m'a vraiment m'aider pour ses conseils et ses encouragement.

Je tiens également à remercier vivement M^f BENMOUSSA pour m'avoir donné l'espoir pour continuer mes études, ainsi que pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Mes vifs remerciements vont également à Mme BELGUENDOZ de m'avoir honoré, pour sa contribution et son aide.

Mes vifs remerciements vont à M^{me} HADARBACH « responsable du laboratoire Boumerdès pour tout le temps qu'elle moi a consacré et pour l'aide qu'elle moi a apporté pour réaliser les différentes analyses de l'huile au sein de leurs laboratoires.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements tout particulièrement à M^f DJAZOULI et M^{me} SAHRAOUI qui ont bien voulu diriger ce travail pour son suivi attentif avec beaucoup de compétence et d'efficacité

Mes remerciements chaleureux à tous mes enseignants qui ont contribués durant tout mon cursus. je tiens à dire un immense MERCI

Permettez-moi de remercier du fond du cœur, tous ceux et toutes celles qui, pendant cette période de travail nous ont dirigé soutenu, aidé et encouragé.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Merci pour votre soutien constant, que DIEU tous puissant vous protège et vous accorde longue vie et nous garde toujours réunis dans le bonheur et la prospérité et Grâce à dieu, j'ai pu terminer ce modeste travail que je dédie avec mes sentiments les plus profonds :

-Ma précieuse mère et mon très cher père, pour leur affection, leur Sacrifice, et tous les efforts qu'ils ont déployés durant toute ma vie, qui ont toujours été à mes côtés, m'aider dans mes études, et que Dieu vous protège pour nous.

- Ma grand-mère et Mon grand-père que Dieu yahafdhom.

-Toute ma famille, surtout la famille Badis, ma wilaya "Sétif", ma commune "Maaouia".et sans oublier une dédicace spéciale à la "Palestine" et toute sa population.

-Mes oncles : Ahmed, Hamid, hafid, Saïd et Massoud.

-Mes tantes : Samia; Massika; Hamiza; Elalja surtout Saliha et loiuza.

-Mariés mes oncles et tantes surtout Ahmed.

-Mes cousins et mes cousines chacun par son nom.

-Toutes mes amies : surtout Asmaa, Asma,

--Tous les personnels de l'ugel de "Blida" surtout branche vitalité, membres de l'association Hayat (CTS), M^{me} Benrima la doyenne de la faculté Agro-biologie en université Saad Dahleb de Blida, directrice de bibliothèque de Biologie, centre de calculé biologie "oncle Abdelkader", les ouvriers de parcelle ITAF.

-En fin à Tous ceux qui j'aime et qui m'aiment. À tous ceux qui me sont chers A toute personne qui me connaît.

Résumé

L'effet biocide de l'Huile essentielle des feuilles de Mandarine (*Citrus reticulata*) à l'égard du *Tribolium castaneum* (*ténébrionida*) l'étude a porté en premier lieu sur l'extraction de l'huile essentielle par entraînement à la vapeur et l'identification de sa composition chimique par chromatographie en phase gazeuse et en second lieu sur l'évaluation de l'efficacité de l'huile obtenue sur les larves et les adultes du *Tribolium castaneum*.

Les résultats de l'extraction ont montré un bon rendement en huile essentielle avec la présence de plusieurs composants chimiques connus par leurs efficacités telles la fraction terpénoïdes

Ils ont montré que la toxicité du traitement évolue avec l'augmentation de la concentration des doses appliquées d'une part, et une efficacité relativement progressive par rapport au temps (durée après traitement) qui se traduit par une meilleure efficacité d'autre part.

Mots clés : Effet biocide, Citrus, Huile essentielle, Mandarinier, *Tribolium castaneum*, denrées stockées

Summary

The biocide effect of the essential Oil of the sheets the Tangerine (*Citrus reticulata*) with regard to the *Tribolium castaneum* (ténébrionida) the study related initially on the extraction of oil essential by drive with the vapor and the identification da its chemical composition by gas chromatography and in the second place to the evaluation of the effectiveness of the oil obtained on the larvae and the adults of the *Tribolium castaneum*.

The results of the extraction showed a good essential oil yield with the presence of several chemical components known by their effectiveness the such terpéniodes fraction

They showed that the toxicity of the treatment evolves/moves with the increase in the concentration of the amounts applied on the one hand, and a relatively progressive effectiveness compared to the time (lasted after treatment) which results in a better effectiveness on the other hand.

Key words: Biocide effect, Citrus, essential Oil, Mandarin tree, *Tribolium castaneum*, stored food products

ملخص

التركيب الكيميائي الحيوي للزيت الأساسي المستخلص من أوراق مندرين

بطريقة الفحص الكروماتوغرافي ودراسة فعالية الزيت الأساسي على اليرقات والبالغين ل *Tribolium castanum* النتائج المحصل عليها من الاستخراج بينت لنا أحسن المردود مع تواجد مجموعة من المكونات الكيميائية المعروفة بفعاليتها التسمم المعالج المتطور مع زيادة التركيز الجرعات المطبقة من جهة وفعالية تدريجية بالنسبة للوقت والتي تترجم باحسن فعالية من جهة أخرى.

الكلمات الجوهرية : زيت أساسية ، الحمضيات ، مندرين، مستلزمات غذائية مخزنة، *Tribolium castanum*

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Summary

ملخص

Sommaire

La liste des figures

La liste des tableaux

La liste des abréviations

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre 1- présentation sur le blé

Chapitre 2 : Présentation d'espèces étudiées

Chapitre 3 : L'huile essentielle

Partie expérimentale

Chapitre1 : Matériel et méthode

Chapitre2 : résultats et discussion

Conclusion générale

Table des matières

Référence bibliographique

Liste des figures

Figure01 : coupe d'un grain de blé.....	06
Figure02 : Grain de blé tendre.....	07
Figure03 : documents internes du groupe Métidj.....	09
Figure04 : écosystème du grain stocké.....	10
Figure05 : diagramme de conservation du grain.....	12
Figure06 : Influence des températures sur le développement des Ravageurs de denrées entreposées	14
Figure07 : diagramme de conservation des céréales.....	15
Figure08 : succession des agents biologiques dans le stock de céréales.....	16
Figure09 : Deux stades larvaires de <i>Tribolium castaneum</i>	23
Figure10 : Nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale et ventrale	23
Figure11 : adulte de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale, latérale et ventrale	24
Figure12 : l'appareille génitale de <i>Tribolium castaneum</i>	25
Figure13 : localisation géographique de la plaine de la Mitidja.....	42
Figure14 : arbre de la variété ortanique	45
Figure15 : étuve d'élevage des insectes.....	45
Figure16 : feuille fraîche d'Ortanique découpé en petits morceaux	46
Figure17 :dispositif d'extraction des huiles essentielles par entrainement à la vapeur	47
Figure18 : dispositif de séparation huiles essentielles d'hydrolat.....	47
Figure19 : pycnomètre	48
Figure20 : réfractomètre.....	48
Figure21 : différentes étapes de la détermination de l'indice d'acide.....	49
Figure22 :différents étapes de la détermination de l'indice d'ester.....	50
Figure23 : appareil de chromatographie en phase gazeuse	51
Figure24 : chromatographe de type « Hewlett packard ».....	52
Figure25 :installation dispositif expérimentale.....	53
Figure26 : Taux de mortalité des larves	59
Figure27 : Taux de mortalité des adultes	60
Figure28 : taux mortalité pour différente facteur (par G.L.M).....	62
Figure29 : Taux de mortalité entre les facteurs.....	64

Liste des tableaux

Tableau01 :	Principaux acariens et insectes des grains de céréales.....	17
Tableau02 :	Répartition des vergers au niveau de station Boufarik	44
Tableau03 :	Le rendement (%) en H.E. de la plantes utilisée	57
Tableau04 :	Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>citrus reticulata</i>	57
Tableau05 :	Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de <i>citrus reticulata</i>	57
Tableau06 :	Principaux composés chimiques de l'HE de « <i>citrus reticulata</i> » obtenus par CPG.....	58
Tableau07 :	Analyse de variance	61
Tableau8 :	Analyse de variance type ANOVA	63

Liste des abréviations

ANOVA : Analysis of Variance

CPG : chromatographie en phase gazeuse

Coeff. : Coefficient

CV : coefficient de variation

d : densité

D : dose

Dp : dose pure

Fig: Figure

G.L.M : Modèle Générale Linéaire

Ha : hectare

HE : huile essentielle

I : indice de réfraction

IA: indice d'acide

IE : indice d'ester

MF : matière fraîche

mHE: masse d'huile essentielle (g)

mMV: masse de matière végétale (g)

Qt :Quantité

R(%): rendement en huile essentielle (%)

T : tribolium

TD : dose témoin

TDp : dose témoin pure

CRAPC : centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimique,

DSA : direction des services agricoles,

EAC : exploitation agricole collective,

EAI : exploitation agricole individuelle,

FAO: Food and agriculture Organization

INA: Institut national d'agronomie,

INRA : Institut national de recherche agronomique,

ITAFV : Institut technique d'arboriculture fruitière et de la vigne.

INTRODUCTION

Les céréales et leurs dérivés constituent la principale source de matière sèche dans de nombreux pays en voie de développement et les pertes causées à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimées à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoqués par les insectes. Dans les pays développés ces pertes avoisinent les 3 %, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30 % (SILVY ET RIBA, 1999). D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale. (ABBASSI et *al.*, 2005, SENTHIL-NATHAN et *al.*, 2006 ; JBILOU et *al.*, 2008).

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la période de consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage.

Le blé est de loin l'aliment qui entre en grande partie et sous diverses formes dans le menu de l'Homme. Environ 58% de la récolte sont utilisés dans les industries agro-alimentaire, 34% sont destinés à l'alimentation animale et le reste est à usage industriel (biocarburant) (ANONYME, 2005).

En Algérie, les dérivés céréaliers, notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre, représentent l'alimentation de base depuis longtemps. La culture de blé occupe des emblavures céréalères avec une production annuelle moyenne de l'ordre de 15 millions de quintaux, près de 63% de la production totale (DJERMOUN, 2009).

L'Algérie n'échappe pas à ce problème où les dégâts provoqués seulement par les insectes dépassent de loin les 33% en période d'été, (température optimale de développement des insectes) (MEBARKIA et *al.*, 2006).

Face à ces problèmes, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte impose de nombreux chercheurs à s'orienter vers la lutte écochimique, cette dernière exploite les substances allélochimiques contenues dans les végétaux (les huiles essentielles) pour combattre les déprédateurs des stocks.

En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées. Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche cette dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains et des denrées stockées (SHAAYA et *al.*, 1997 ; TUNC et *al.*, 2000 ; ISMAN, 2000 ; HUMMELBRUNNER et ISMAN, 2001 ; HUANG et *al.*, 2002 ; TAPONDJOU

et *al.*, 2003; TRIPATHI et *al.*, 2003; KOONA et NJOYA, 2004 ; KELLOUCHE et SOLTANI, 2004 ; TAPONDJO et *al.*, 2005 ;TIAIBA, 2007; OWABALI et *al.*, 2009 ; CAMARA, 2009).

Le but de notre contribution consiste à mettre en évidence l'effet de l'huile essentielle de feuille fraîche de mandarine variété ortanique sur le tribolium (*Tribolium castaneum*).

C'est dans cette optique que se situe notre étude dont les objectifs principaux se résument dans les points suivants :

- Extraction de l'huile essentielle à partir des feuilles de mandarine variété «Ortanique » et évaluation de rendement (%).
- Caractérisation de la composition chimique de l'H.E extraite par la chromatographie en phase gazeuse et par propriété organoleptique
Caractéristiques physico-chimiques
- Evaluation de l'activité de l'H.E extraite sur l'insecte étudié.

Pour mener à bien cette étude nous avons essayé de répondre à certaines questions hypothèses à savoir :

- Quel est l'impact de l'huile essentielle sur les deux formes biologiques étudiées (adultes et larves) du *Tribolium* en termes de mortalité et perturbation des individus?
- Rechercher quelle est la dose la plus appropriée pour une meilleure efficacité de ces bioproduits vis-à-vis du ravageur cible ?
- Quelle est l'influence de la température sur l'efficacité de formulations utilisées ?

PARTIE I

ETUDE

BIBLIOGRAPHIE

Chapitre I

Étude de blé

Présentation sur le blé

1-1-Historique

A travers l'histoire, le stockage des grains des céréales a fourni aux humains un amortisseur contre l'échec de récolte et la famine (DRUVEFORS, 2004). Cette procédure est mise en évidence et citée dans le saint coran dans le chapitre 12 (Sourate Youssef) verset 45 – 49, où il y a citation des recommandations du Prophète **Youssef** en **Egypte** pendant les sept années de disette.

L'évidence archéologique indique que le grain a été cultivé et stocké en vrac depuis 7000 ans (LEE, 1968 ; ROBERTS, 1976).

D'après VAVILON (1972), les origines des espèces de céréales cultivées seraient :

- Centre-Ouest de Chine : millet
- Sud-est d'Asie : seigle-riz
- Asie centrale : blé –tendre
- Moyen-Orient : blé dur, seigle, avoine et orge
- Abyssinie : orge, blé dur
- Amérique centrale : maïs

Le blé est à l'origine même de l'agriculture, il reste après des millénaires, la première plante cultivée au monde (MOSINIAK et *al.*, 2001), il existe deux espèces de blé (DURON, 1999).

L'espèce la plus cultivée le *Triticum vulgare* ou froment (PRATS et CLEMENT-GRANDCOURT, 1971) (3 x 14 chromosomes), qui est celle de tous les blés dits tendres (CHEFTEL et CHEFTEL, 1977). Il est essentiellement utilisé par l'industrie meunière pour la fabrication de farines destinées à l'alimentation humaine (panification) et animale (DURON, 1999), ainsi que la pâte utilisée en biscuiterie et en pâtisserie est préparée à partir de blés tendres (CHEFTEL et CHEFTEL, 1977).

1-2-Importance du blé

1-2-1- Importance du blé dans le monde

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (SLAMA et *al.*, 2005)

Selon Alt-TALEBL (2002), les céréales et leur dérivés constituent l'ultime point commun entre des régimes alimentaires différenciés par l'élargissement de l'échelle des revenus (pauvre, riche), la composition de la population (rurale, urbain) et les influences culturelles (tradition, modernité). Elle traduit une homogénéité de la consommation et une nécessité commune à l'ensemble de la population.

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité du fait qu'il comprend une protéine particulière aux caractéristiques plastiques qui est le gluten, celui-ci permet la fabrication d'une gamme très variée de produits :pain, biscuit, pâtes alimentaires (ALANE et KHALFAOUI,2005).

La production mondiale de blé fut en croissance constante durant les cinquante dernières années et s'élève pour la campagne 2010-2011 à 691,5 millions de tonnes soit trois fois plus que pour la campagne1960-1961 (TERRONS GAVIVA et BURNY, 2012).

Cette hausse de la production de blé est principalement due à une augmentation constante des rendements à l'hectare (multiplié par 2,8 sur les cinquante dernières années) plutôt qu'à une augmentation des surfaces mondiales cultivées en blé. En effet, le nombre d'hectares cultivés en blé, après avoir connu une augmentation jusqu'en 1981 (239,2 millions d'hectares de blé), n'a pas cessé de diminuer pour atteindre 216,8 millions d'hectares en 2010 (TERRONS GAVIVA et BURNY, 2012).

1-2-2- Importance du blé en Algérie

Les céréales et leurs dérivés représentent un élément stratégique dans le système alimentaire algérien, en effet, quatre-vingt pourcent (80%) de la superficie agricole est occupé par la production céréalière (DOUMANDJI et *al.*, 2003).

En Algérie, la production nationale de blé oscille entre 2 millions et 2,8 millions de tonnes par an. Le reste des besoins, soit près de 5 millions de tonnes, est importé. (BENALIA, 2007).

L'Algérie appartient au groupe des plus gros importateurs de blé dans le monde, où elle est classée à la sixième place (KELLOU, 2008). La production nationale est faible et ne permet de satisfaire qu'environ 35 % des besoins d'une population de plus en plus croissante et le recours aux importations a placé l'Algérie parmi les premiers pays importateurs de blé (SARAOUI, 2011).

1-3-Structure et morphologie du grain de blé

Selon GODON (1991), le grain de blé a une forme bien connue de ballon de rugby, marqué sur toute sa longueur par une légère fente : le sillon où se trouve le faisceau nourricier du grain. Une fine brosse de poils est attachée à l'extrémité la plus arrondie. A l'opposé, se trouve le germe. En écrasant le grain nous découvrons le cœur de la céréale, composé à la fois de l'amande et du germe. Une fine membrane, l'assise protéique fait adhérer fortement l'enveloppe sur l'amande.

Le grain de blé se compose de trois parties essentielles : les enveloppes, l'albumen et le germe.

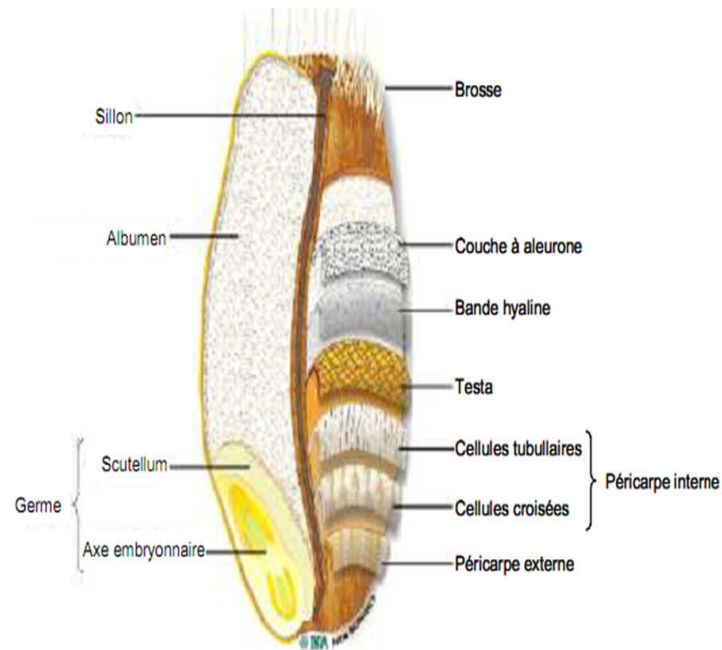


Fig3 : coupe d'un grain de blé (ADRIANOR, 2001).

1-3-1- Les enveloppe

Selon DOUMANDJI et *al.* (2003) elles ont un rôle de protection. Plusieurs couches successives sont distinguées de l'extérieur vers l'intérieure :

- **Péricarpe**: Il provient des cellules de l'ovaire, constitué par trois couches, l'épicarpe, le mésocarpe, et l'endocarpe,
- **Testa** : Elle est presque inexistante chez les céréales. Cependant, elle est importante chez le sorgho,
- **L'épiderme** : Il est appliqué sur l'albumen.

1-3-2- L'albumen

Il est Constitué de l'albumen amylicé (au sein du quel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (FEILLET, 2000).

1-3-3- Le germe

Il constitue la future plante. Le germe est riche en sucre, en matière grasses et en vitamines (B et E). Une partie du germe est éliminée lors de la mouture et va avec les issues (utilisée en alimentation animale) (KIGER, 1967).

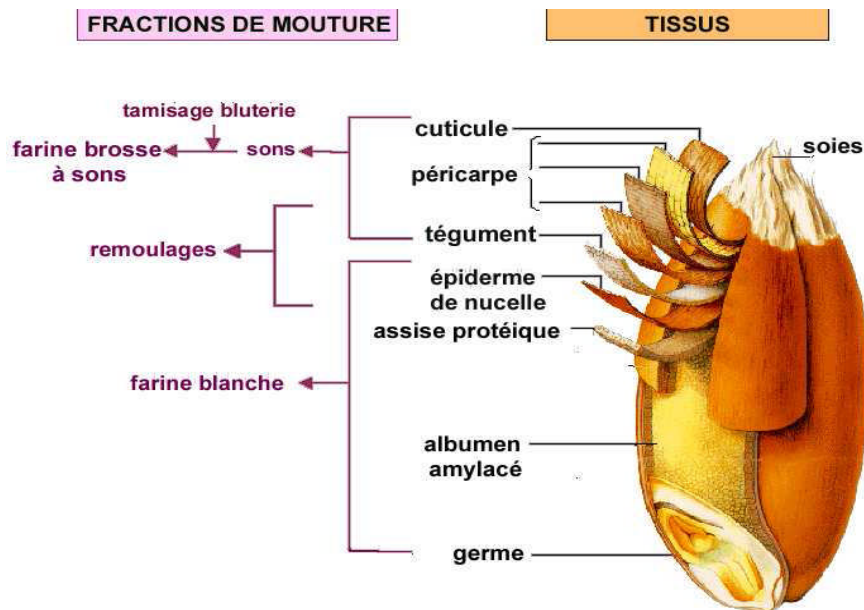


Fig4: Grain de blé tendre (MULTON, 1982)

1-4-Composition biochimique du grain de blé

Le grain de blé est constitué d'eau et de matière sèche. La matière sèche se décompose elle-même en matière minérale et en matière organique.

1-4-1- Matière sèche

Elle est aussi importante pour la germination du grain ainsi que pour le développement des déprédateurs animaux et microscopiques (FOURAR, 1994).

1-4-2-Matière minérale

Le grain de blé comprend des matières minérales en faible proportion et inégalement réparties. Ainsi 80% des cendres (matière minérale après incinération du produit) se trouvent dans les enveloppes contre 20% dans l'amande. Le potassium, le phosphore, le calcium, et le magnésium possèdent les teneurs les plus élevées parmi les matières minérales contenues dans le blé. Le soufre a une certaine importance du fait qu'il entre dans la composition de certains acides aminés comme la méthionine et la cystéine (DOUMANDJI et *al.*, 2003).

1-4-3- Matière organique

On distingue : les glucides, les lipides, les protides (éléments principaux) et les vitamines.

1-4-3-1- Les glucides

Les glucides sont les composants les plus importants du grain de blé représentant 80% de la matière sèche (poids de grain). Il se compose généralement de l'amidon et de la pentosanes (polysaccharides non amyliques) (BOUGHRARA, 2000).

1-4-3-2- Les lipides

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires tels que : le chloroforme, le benzène, ou l'éther (KESSOUS, 1993).

Le taux des lipides dans le grain représente 1,5 à 2 % (BOUDREAU *et al.*, 1988), signalent que les lipides de blé sont constitués de 60 % de lipides libres (acide gras, triglycérides et mono glycérides) et les pigments colorés (carotènes et xanthophylle). (CALVEL, 1980) a noté que 15 à 18 % des lipides se retrouvent dans le germe, 4 à 5 % dans les enveloppes et de 0,7 à 1 % dans l'amande.

1-4-3-3- Les protéines

Les protéines du blé sont classiquement réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité : les albumines solubles dans l'eau, les globulines solubles dans les solutions salines neutres, souvent regroupées sous le terme de protéines solubles, d'albumines-globulines ou de protéines plasmiques ou métaboliques , les gliadines solubles dans les alcools dilués (éthanol 70 %), et les gluténines ou protéines résiduelles insolubles dans les solvants précédents, partiellement solubles dans les solutions acides diluées et dans l'urée (FEILLET ,2000).

1-4-4- Les enzymes

Le grain de blé renferme des enzymes importantes dans la germination, mais également pour la transformation et la conservation des grains et des dérivés. Il s'agissent essentiellement des amylases, des protéases, de la lipase et de lipoxygénase (DRAPRON, 1971). Par ailleurs, dans le blé, il a été noté la présence d'inhibiteurs d'amylase et de protéases qui peuvent entraîner une efficacité décroissante dans l'utilisation alimentaire (BAKER, 1988). Ces inhibiteurs sont actifs contre les insectes et les mammifères mais non à l'encontre des amylases végétales. Ces inhibiteurs constituent une protection de la plante contre les espèces déprédatrices

des stocks (YETTER et *al.*, 1979). Outre ces différentes substances, le grain de blé renferme des vitamines (ROUSSEL et *al.*, 2003).

1-5- Méthodes de stockage peu fréquent actuellement

Parmi les méthodes de stockage les plus utilisés actuellement nous citons :

- Le stockage en gerbes,
- Le stockage en épis,
- Le stockage des grains avec leurs balles,
- Le stockage en sac du blé,
- Le stockage du blé en vrac,
- Le stockage du blé en silo (figure 5)
 - Les silos en métal,
 - Les silos en béton (APPERT, 1985).



Silos Métalliques

Silos en Béton

Fig5: (Documents internes du groupe Météidj, enquête 2006 ; In KELLOU, 2008)

1-6- Principes et moyens de conservation

Conserver un produit, c'est le maintenir en bon état pendant une durée plus en moins longue et dans un milieu bien déterminé afin qu'il ne subisse aucune modification dans sa structure et dans sa composition biochimique pour rester sain et de bonne qualité marchande (PANTENIUS, 1998) En effet, des moyens très variés et fort efficaces sont utilisés lors de la conservation du grain tenant compte de son taux d'humidité (MULTON, 1982).

1-6-1- Conservation des grains à l'état sec

L'efficacité de ce moyen de conservation, nécessite la réalisation de traitements préliminaires, comme le nettoyage qui consiste à éviter toute sorte d'altération des

grains par élimination des grains cassés et des impuretés présents dans des grains de la céréale (BOUSSON, 1995). En effet une température de 5°C à 7°C tue les insectes et ralentie la croissance des moisissures (PFOH-LESKOWICZ et *al.*, 2001).et enfin le séchage dont le rôle est de déshydrater rapidement les grains jusqu'à une humidité assez basse pour que leur métabolisme et celui des micro-organismes associés soient très fortement ralentis est qualifié comme étant la technique la plus fréquemment employée pour éviter la dégradation des denrées stockées. (SIGAUT, 1981).

1-6-2- Conservation des grains humides

MULTON (1982) trouve que la conversation des grains très humides, dont le taux d'humidité dépasse 85% (cas du maïs) ne peut se faire que par un séchage immédiat. Ce procédé, permet de ramener la teneur en eau du grain à un niveau plus ou moins normal, inférieur ou égal à 12%.

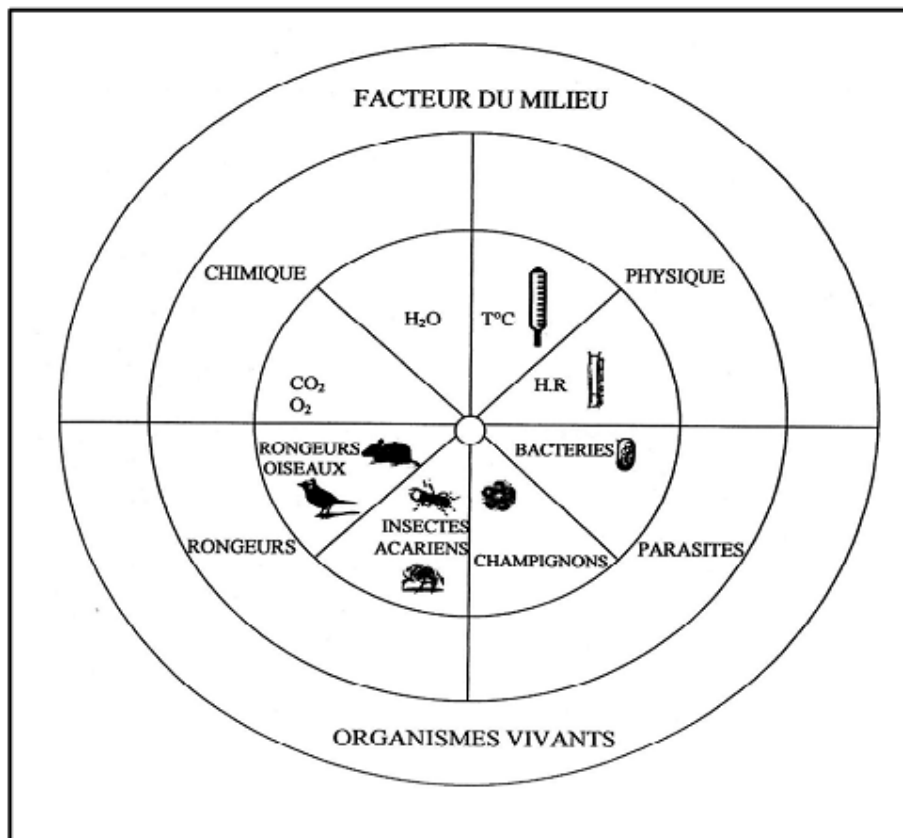


Fig6: Ecosystème du grain stocké (CANGARDEL, 1978)

1-7-Causes de l'altération

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses:

1-7-1- Biologique

Il s'agit du monde animal, les prédateurs sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, etc..) ou volants (teignes, alucites, etc.) (FEILLET, 2000)

1-7-2- Microbiologique

Les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ, ou au cours du stockage. Elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres dans des conditions bien particulières secrètent des substances toxiques (mycotoxines) (GUIRAUD, 1998).

1-7-3- Chimique ou biochimique

Lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (MULTON, 1982).

Les agressions d'origine biochimique sont très variées, celle-ci conduisent aux accidents d'échauffement biologique, qui se traduit par des changements au niveau des propriétés fonctionnelles des protéines des produits de mouture stockés; qui perdent leur solubilité, leurs activités enzymatiques par la dénaturation des protéines (GLASTONE, 1960).

1-7-4- Mécanique

Il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention. (CHEFTEL et *al.*, 1977). Ils sont dus à des chocs provoquant des cassures lors des différentes opérations de manutention qui favorisent d'autres altérations et notamment le développement des insectes et micro-organisme (CHEFTEL et CHEFTEL, 1977).

1-8- Facteurs d'altération

1-8-1- Facteurs abiotiques

Pendant le stockage la graine est à l'état de vie ralentie et peut donc germer dans certaines conditions de température, d'humidité et l'entreposage des grains de céréale pour une durée plus ou moins longue. Plusieurs facteurs d'altération peuvent

être à l'origine des pertes considérables, la viabilité de la semence est influencée par les principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont : Le temps, l'humidité du grain, la température du grain et l'oxygène.

1-8-1-1- La durée de stockage

La vitesse de dégradation s'accélère en fonction de la durée du stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables. C'est ainsi que les conditions de stockage de longue durée doivent être beaucoup plus rigoureuses pour maintenir les aptitudes des blés à une bonne utilisation (GODON, 1991).

1-8-1-2-L'humidité du grain

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution des blés, l'humidité est certainement le plus important car une augmentation de la teneur en eau du produit permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique et enzymatique (ALEM, 2000).

En effet un blé qui a une teneur en eau inférieure à 8% risque moins d'être attaqué par les insectes puisqu'il est trop sec et le corps des insectes en général contient plus de 50% d'eau (FLEURAT, 1990.) (Figure 7)



Fig7 : Diagramme de conservation du grain (DUCOM, 1980).

Le facteur humidité favorise aussi le développement de la microflore qui exige généralement une humidité relative d'autant plus élevée qu'il s'agit de moisissures, levures ou bactéries (GODON et al., 1998) Ainsi, il est donc nécessaire de contrôler l'humidité relative de l'atmosphère ambiante pour permettre de maintenir l'équilibre au-dessous de la valeur critique de façon à éviter leur développement et de maintenir la qualité technologique et hygiénique du blé.

L'humidité agit sur le développement des insectes ravageurs des denrées stockées, mais à un degré moindre par rapport à la température. En effet, pour De Luca (1975) Les minima de température et d'humidité relative sont plus importants que les maxima pour ralentir ou arrêter le développement larvaire et, par conséquent, les dégâts. L'humidité relative minimale agit sur les embryons, à l'intérieur des œufs, en provoquant le dessèchement et la mort alors que l'état d'équilibre qui s'établit entre l'humidité du produit (teneur en eau) et l'hygrométrie de l'air ambiant détermine les mécanismes physiologiques et physicochimiques responsables des altérations (BOTTOMLEY et *al.*, 1950; CHRISTENSEN, 1970 ; PIXTON ET WARBURTON, 1971 ; MACKAY, 1976 ; BRUNKUN et *al.*, 1977).

L'existence des corrélations température-humidité relative est ainsi plus importante que l'impact individuel de ces deux facteurs climatiques sur le développement des ravageurs des denrées stockées (De Luca, 1975 ; CANGARDEL, 1978 ; DUCOM, 1980 et PILTZ, 1981).

1-8-1-3- La température du grain

La température est aussi un facteur important car les réactions d'altération sont d'autant plus rapides que la température est élevée, c'est ainsi que certaines réactions chimiques dépendent essentiellement de la température. C'est le cas de la détérioration oxydative des lipides et de la modification qualitative et quantitative des protéines (GODON, 1991).

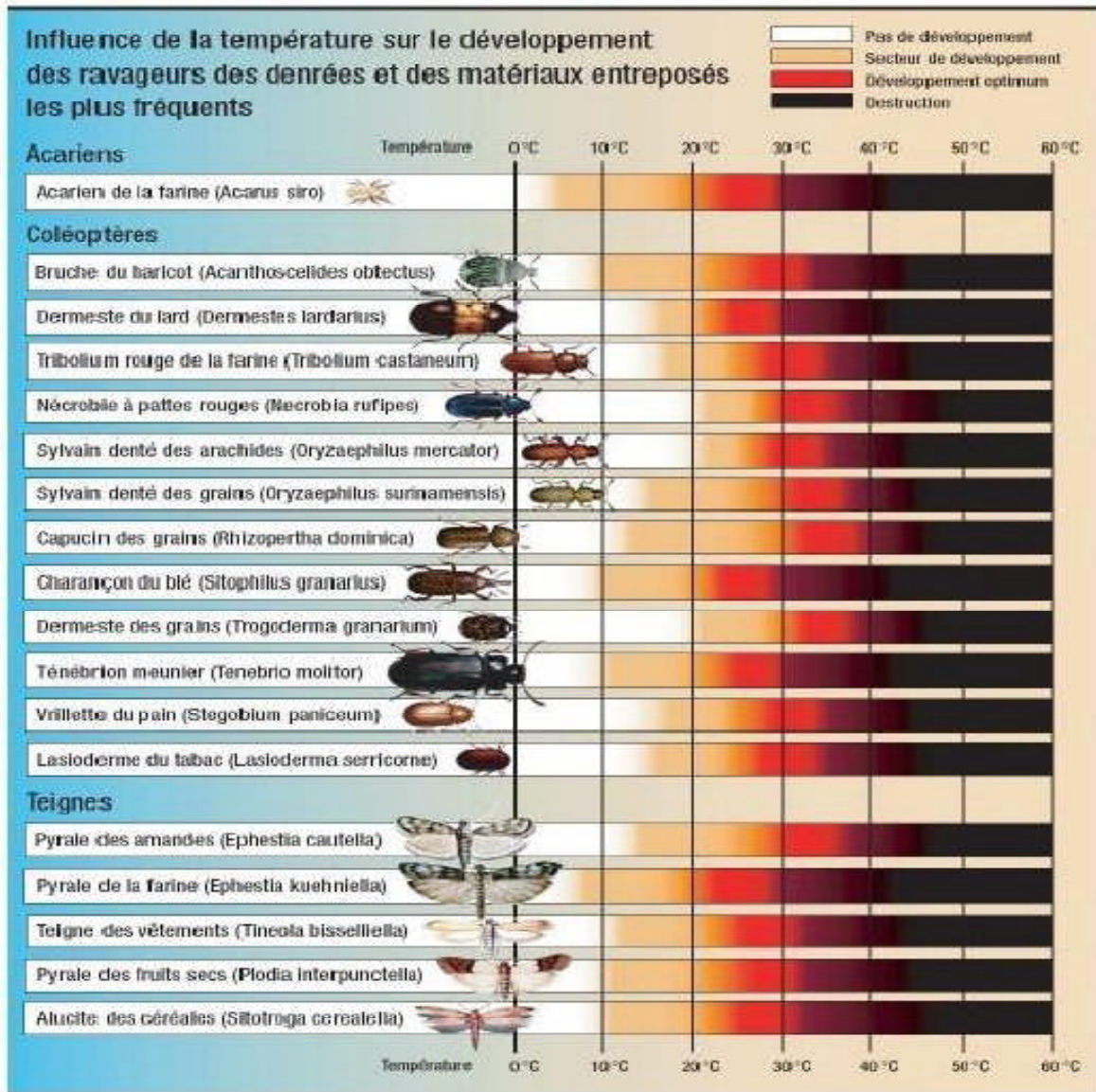


Fig8: Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées. (KODIO, 1989).

1-8-1-4-Oxygène

En aérobose, les substances de réserves constituées essentiellement de lipides et d'amidons sont détruites et consommées par les réactions d'oxygénation. Il en résulte une perte de matière sèche du stock qui se traduit pratiquement par une baisse de valeur alimentaire. (BOTTOMLEY et *al.*, 1950).

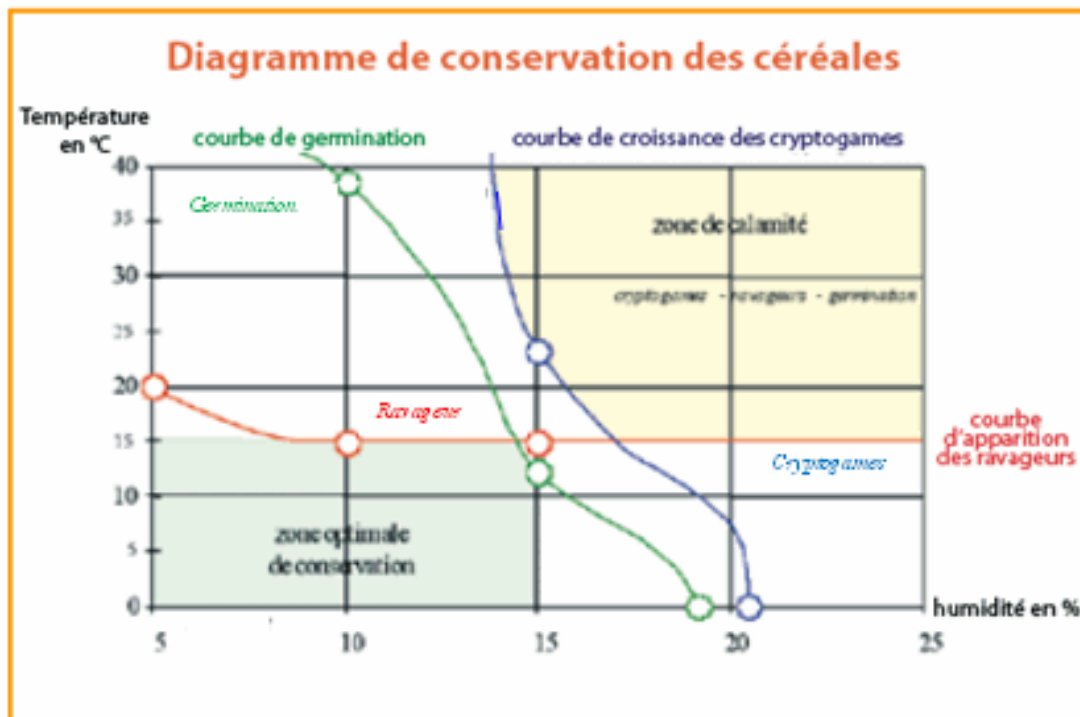


Fig9 : Diagramme de conservation des céréales (BURGES et BURRELL in : ANONYME, 2003)

Selon BURGES et BURRELL in (Anonyme, 2003), les effets couplés de ces différents facteurs (température, humidité et oxygène), déterminent les zones à risques d'altération et les zones de bonne conservation. Ceci est bien illustré au niveau de la figure 9. On a toujours intérêt à maintenir la température de préférence en dessous de 18°C, quand la teneur en eau du grain est aux alentours de 15%. Le diagramme montre aussi la grande instabilité du grain humide qui s'abîme dès que la température excède 10°C. On admet qu'au-delà de 17% de teneur en eau et plus de 20°C, le grain ne pourra se conserver seul sans intervention.

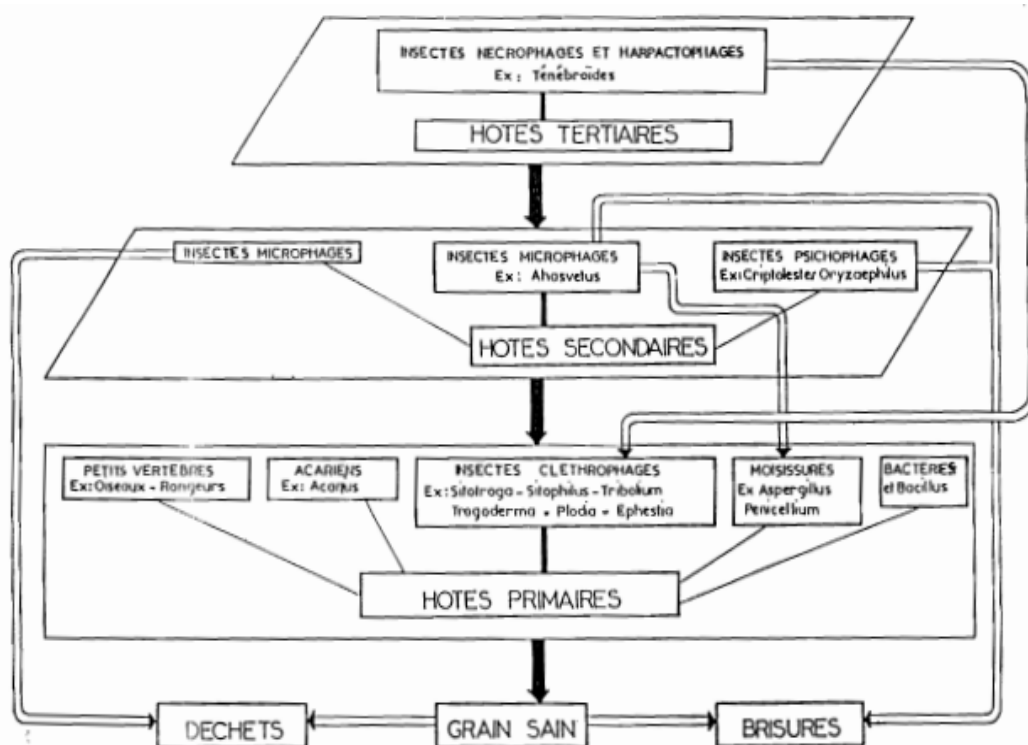


Fig 10 : Succession des agents biologiques dans le stock de céréales
(Diagramme de CANGARDEL, 1978, modifié)

1-8-2-Facteurs biotiques

1-8-2-1-Les vertébrés

Plusieurs vertébrés tels que rongeurs, souris, rats ; oiseaux, peuvent vivre aux dépens des stocks de grains mal protégés, leurs déjections peuvent servir de vecteurs à des germes pathogènes (MULTON, 1982).

1-8-2-2-Les bactéries

De nombreuses bactéries peuvent atteindre plusieurs millions par gramme sur les grains fraîchement récoltés. La population bactérienne est essentiellement constituée par des eubactéries qui renferment une très forte proportion d'Entérobactéries, notamment de coliformes pigmentés ou bactéries jaune, toujours abondantes sur les céréales (Richard-Molard in MULTON, 1982).

1-8-2-3-Les moisissures

Les principales moisissures responsables des altérations au niveau du stockage, font partie des genres *Aspergillus* et *Penicillium* (PFOHL-LESZKOWICZ et al., 2001). La contamination des grains entreposés par les moisissures peut entraîner suivant la durée de conservation et les conditions du

milieu de stockage, divers types de dégâts comme la perte de la faculté germinative du grain et la production de mycotoxine (KOSSOU et AHO, 1993).

1-9-Principaux insectes des Céréales Stockées

Les insectes ravageurs du grain se développent encore jusqu'à des teneurs en eau de l'ordre de 10% dans les céréales, c'est-à-dire que dans tous les cas de stockage, ils vont représenter un risque (FLEURATLESSARD, 1996).

Tableau 1: Principaux acariens et insectes des grains de céréales (SCOTTI, 1984)

Ordre	Nom scientifique de l'espèce	Nom commun de l'espèce
Insectes	<i>Sitophilusgranarius (L.)</i>	Charançon ou calandre du grain de blé
Coléoptères	<i>Sitophilusoryzae (L.)</i> <i>Triboliumcastaneum(Herbest.)</i> <i>Triboliumconfusum (Duval.)</i> <i>Oryzaephilussurinamensis (L.)</i> <i>Ahasverusadvena (Waltl.)</i> <i>Cryptolestesferrugineus (Steph.)</i> <i>Rhyzoperthadominica (F.)</i> <i>Trogodermagranarium (Everts .)</i> <i>Tenebrïodesmauritanicus (L.)</i>	Charançon ou calandre du riz <i>Tribolium</i> rouge de la farine <i>Tribolium</i> brun de la farine silvain Capucin du grain Dermeste des grains Cadelle
Lépidoptères	<i>Plodiainterpunctella(HÜbner.)</i> <i>Sitotrogacerealla(Olivier.)</i> <i>Nemapogongranella</i> <i>EphestiaKuehniella(Zell.)</i> <i>Pyralisfarinalis</i>	Teigne des fruits secs Alucite des céréales Teigne des grains Teigne de la farine Pyrale de la farine
Psocoptères	<i>Liposcelisdivinatorius(MÜll.)</i>	Pou des livres
Acariens	<i>Acarussiro</i> <i>Tyrophagusputrescentiae</i> <i>Glycyphagus destructor</i> <i>Cheyletuseruditus(Schrank.)</i> <i>Melicharestarsalis</i>	Tyroglyphe de la farine Acarien du colza Acarien chevelu Cheylete cannibale

Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodés aux stocks: il s'agit des coléoptères et des lépidoptères

1-9-1-les coléoptères

Les coléoptères adultes sont caractérisés par la sclérification, sous forme d'étui, des ailes antérieures appelées élytres. Au repos, celles-ci les protègent en les recouvrant, les ailes postérieures membraneuses qui sont seules utilisées pour le vol. Les larves ont la forme de "vers" et sont pourvus généralement de pattes. Celles des charançons sont apodes. Tous les coléoptères s'attaquant aux céréales stockées sont lucifuges c'est à dire qu'ils fuient la lumière. Ils sont de mœurs nocturnes et sont plus actifs la nuit que le jour (CHAMP et *al.*,1976).

Sous leur forme adulte, à des températures comprises entre 15°C et 35°C accompagnées d'une humidité relative variant de 50 à 80%, ils vivent beaucoup plus long temps que les lépidoptères (STEFFAN, 1978). En effet, pour la grande majorité des espèces, les coléoptères adultes vivent plusieurs mois, certains pouvant présenter une durée de vie supérieure à un an. Les accouplements ne débutent qu'à leur maturité sexuelle, généralement 4 à 5 jours après l'émergence des imagos, puis sont lieu périodiquement (FLEURAT, 1982).

Les principales espèces de coléoptères nuisibles aux céréales stockées sont incluses dans la figure 8. Parmi les ravageurs primaires, on distingue les insectes à formes cachées représentées par les charançons (*Sitophilus sp*) et le capucin (*Rhizopertha dominica*) de ceux qui présentent des formes libres (FLEURAT, 1991).

Les premiers passent une partie de leur vie à l'intérieur des grains ce qui ne permet pas de les détecter à l'œil nu lorsqu'ils sont aux stades pré imaginaires : le grain infesté semble sain. Ce n'est qu'au stade adulte qu'on peut les observer contrairement aux insectes à "formes libres" dont tout le développement s'effectue entre les grains qu'ils attaquent par la face externe. Il existe, cependant, plusieurs méthodes de détection des formes cachées en particulier la radiographie des grains. Cette technique permet de visualiser les formes cachées mais la distinction des insectes morts et vivants ne peut être faite. Pour obtenir cette précision, il est nécessaire de se référer à un test biologique qui consiste à placer l'échantillon tamisé dans une chambre à incubation (25°C et 70% d'hygrométrie) et de contrôler les émergences par tamisages périodiques tous les trois ou quatre jours jusqu'à la sortie complète des formes cachées (45 à 50 jours pour les charançons, par exemple). Une autre méthode, très intéressante et rapide, est la méthode acoustique dont le principe est l'amplification des sons émis par les insectes à l'intérieur des grains (mouvement ou prise de nourriture) (FLEURAT,

1991). Elle nécessite, cependant un appareil déterminé, mis au point par l'INRA de Bordeaux.

Les espèces à formes cachées ne peuvent se développer qu'à l'intérieur des grains qui leur servent de refuge et d'appui. Par contre, les espèces à formes libres, se rencontrent dans les grains où elles sont considérées comme ravageuses secondaires mais également dans les produits de mouture où elles peuvent devenir particulièrement nuisibles. Cependant, alors qu'elles peuvent être facilement éliminées des grains par nettoyage et traitement aux insecticides, leur destruction est beaucoup plus délicate dans les produits de mouture (FREEMAN, 1973).

1-9-2-Les lépidoptères

Les lépidoptères adultes possèdent quatre ailes membraneuses, revêtues de milliers de minuscules écailles. Toutes les espèces de lépidoptères infestant les denrées stockées appartiennent au groupe des hétérocères qui comprennent surtout des papillons de nuit. Les adultes, surtout actifs la nuit, se distinguent des papillons diurnes par leurs antennes dont l'extrémité ne se renfle jamais en bouton et par le fait qu'au repos, ils ne tiennent par leurs ailes verticalement (STEFFAN, 1978).

Les lépidoptères adultes présentent des pièces buccales transformées en trompes rétractiles suceuses ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides. Les adultes ne causent donc aucun dégât dans les céréales et dérivés, leur rôle étant de perpétuer l'espèce, Ils ont également un rôle de dissémination du fait qu'ils peuvent voler et donc se déplacer à de grandes distances de leur lieu d'émergence (STEFFAN, 1978). Les imagos s'accouplent quelques heures après l'émergence puis la femelle procède à la ponte qui dure environ une semaine, la durée de vie des papillons étant très brève, de l'ordre de 1 à 3 semaines. Ce sont donc uniquement les chenilles qui causent les dégâts aux stocks de céréales et dérivés qu'elles rongent avec leurs mandibules bien développées. Les chenilles de certaines espèces ont une particularité, elles pénètrent à l'intérieur des grains pour terminer leur cycle de développement C'est le cas de *Sitotroga Cerealella Oliv*. Les autres espèces, dont les stades sont libres, ont besoin de la présence des espèces primaires pour infester les stocks ou se nourrissent à partir de grains brisés ou des produits de mouture (*.EphestiaKuehniella ZEL.*)

La nymphe des lépidoptères appelée encore chrysalide se trouve généralement protégée par un cocon soyeux file par la chenille lorsque la métamorphose est proche. (FLEURAT, 1982). Les principaux lépidoptères sont représenté dans la figure 8.

Chapitre II

Le tribolium

Partie 2 : Présentation d'espèces étudiés

2-1-Les insectes ravageurs des denrées

Les insectes rencontrés sur les stocks des denrées alimentaires sont nombreux. Les coléoptères (*Sitophilus*, *Rhyzopertha*, *Trogoderma*,...) et les lépidoptères (*Sitotroga*, *Ephestia* et *plodia*) sont les principaux ordres d'insectes parasites des stocks de grains (BOUDREAU et MENARD, 1992). Qu'ils soient à l'état adulte ou larvaire, certains attaquent les graines entières, d'autres des graines cassées, aussi bien que de la farine. (STEFFAN, 1978) ; (BAKER et LOSCHIAVO, 1987) ; (PAULIAN, 1988) ; (DELOBEL et TRAN, 1993).

Les ravageurs des denrées stockées présentent une grande diversité des espèces, vu la gravité des dégâts et l'importance économique sur la production céréalière en Algérie on a voulu choisir *tribolium castaneum* (Herbst).

2-2-Les coléoptères des denrées

Les coléoptères constituent l'un des ordres comportant de nombreuses espèces nuisibles aux denrées stockées, notamment les céréales. Certains ne commettent que des dégâts modestes, par contre d'autres constituent les vrais ennemis des stocks alimentaires (STEFFAN, 1978 ; PAULIAN, 1988 ; DELOBEL et TRAN, 1993)

2-3- Position systématique de *Tribolium castaneum* Herbst

Selon LEPESME (1944) L'insecte étudié appartient au

Embranchement : Arthropodes.

Classe : Insectes.

Ordre : Coléoptères.

Sous-ordre : polyphaga.

Super famille : Cucujoideae.

Famille : Ténébrionideae.

Sous-famille : Ulomineae.

Genre : *Tribolium*.

Espèce : *T. castaneum* Herbst.

2-4-Caractères généraux de la famille des ténébrionidés

Les Ténébrionidae sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm. Et 80 mm, de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, colorée ou «métallique» par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Antennes de 11 articles, plus

rarement 10.aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fouisseuses (BALACHOWSKY, 1962). Selon LEPESME (1944), cette famille est subdivisée en trois sous familles :

Les Blaptinae : Ce sont de gros coléoptères de 2 à 4 cm de long, ils vivent dissimulés dans les endroits obscurs, et se nourrissent de matières organiques en décomposition.

Les Diaperinae : Dont une espèce intéresse les denrées stockées qui est *aliphitophagie sbifasciatus* Say.

Les Ulominae : Cette sous-famille occupe une grande importance dans la faune des denrées stockées par le nombre d'espèces qui atteint quinze et dont fait partie l'espèce *Tribolium castaneum* Herbst.

2-5-Etude du genre Tribolium

Le genre *Tribolium* se compose de petits coléoptères extrêmement communs en France en Amérique du nord (LEPESME, 1944) leur taille varie de 3 à 4 mm de long et leur couleur brun plus ou moins foncé (BALACHOVSKY, 1963).

Selon LEPESME (1944), ces insectes sont peu actifs et se nourrissent de produit de mouture, ils se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs.

STEFFAN (1978) affirme qu'on peut les apercevoir courir au crépuscule par temps chaud. Cependant, il existe plusieurs espèces de *Tribolium* dont deux espèces également communes se montrent nuisibles ce sont *T. castaneum* H. et *T. confusum* D. Ces deux espèces semblables d'aspect et de taille identique se distinguent par la forme de leurs antennes. Chez *T. confusum* D, celle-ci vont en s'élargissant régulièrement de la base au sommet, tandis que chez *T. castaneum* H. les trois derniers articles sont nettement plus gros D'autre part, le rebord de la tête déborde latéralement le niveau de l'œil, chez la première espèce et non chez la deuxième (LEPESME, 1944). Dans le monde entier, *Tribolium castaneum* Herbst. est le plus commun des insectes des denrées entreposées. C'est essentiellement une espèce des pays chauds, il ne peut vivre dans les pays froids que dans les locaux chauffés. Selon BALACHWSKY et MENSIL (1936), *Tribolium castaneum* Herbst. ne remonte pas plus au nord que le 40^{ème} degré de latitude, sauf dans les entrepôts chauffe. *Tribolium confusum* D, espèce très voisine, tend à remplacer dans les pays froids tel que la Scandinavie.

2-6-Origine et répartition géographique

Selon LEPESME (1944), *Tribolium castaneum* H. est une espèce cosmopolite. Il est d'origine Indo-Australienne (SMITH et WHITMAN, 1992) et est trouvé dans des secteurs tempérés, mais survivra l'hiver dans les endroits protégés, particulièrement où il y a de la chaleur centrale (TRIPATHI et *al.*, 2001). En Afrique le *Tribolium* a une distribution différente en ce qui se produit dans le monde entier dans les climats les plus frais (SMITH et WHITMAN, 1992).

Selon LEPESME (1944), elle peut être originaire de l'Inde car dans cette région, on la trouve d'une manière courante sous l'écorce des arbres forestiers. Néanmoins, il a été retrouvé également dans ces conditions en Amérique du Nord.

LUCAS in (LEPESME, 1944), l'a découvert sous les écorces de liège dans les environs d'Oron et de Skikda.

Actuellement, il s'est répandu dans le monde entier par la voie des échanges commerciaux.

2-7-Description des différents états du cycle biologique de l'insecte

2-7-1-L'œuf

Les œufs sont ovulaires, sans sculpture, ils mesurent en moyenne 0,6 mm de long (STEFFAN, 1978). Selon LEPESME (1944), l'œuf mesure en moyenne 0,6 à 0,3mm, à surface lisse, oblong et transparent. Au moment de la ponte, les œufs sont de couleur blanche et sont recouverts d'un enduit visqueux qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

2-7-2-La larve

La larve est vermiforme de couleur blanche tachetée de jaune avec capsule céphalique, les pièces buccales et la face dorsale légèrement plus sombre (LEPESME, 1944), sa couleur devient jaune pâle (BALACHOSKY et MENSIL, 1936). Très allongée environ huit fois plus longue que large, cylindrique, porte quelques fines et longues soies jaunâtre plus nombreuses sur le neuvième segment abdominale (LEPESME, 1944).

La jeune larve L1 est blanche, de petite taille, elle ne dépasse pas 1,4mm lors de l'éclosion. Cette larve subit des mues au fur et à mesure qu'elle se développe. A l'achèvement de sa croissance, la larve atteint une dimension de 6 à 7mm de long et de 0,7 à 0,8mm de large (STEFFAN, 1978) .(Figure 11)

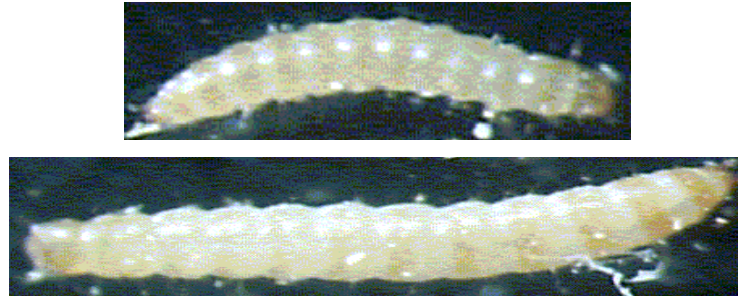


Fig 11 : Deux stades larvaires de *Tribolium castaneum* (STEFFAN, 1978).

A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile.

Selon LEPESME (1944), la larve de *Tribolium castaneum* Herbst. Se termine par une paire d'urogompe qui permet de la distinguer des larves de *Gnathocerus*, de *plorus* et d'*Alphitobius* espèce s'attaquant aux denrées alimentaires. Les segments thoraciques portent en dessous six pattes bien développées et de même couleurs que le reste du corps.

2-7-3-La nymphe

Arrivée à son complet développement, la larve de dernier stade se transforme en une nymphe qui est de couleur blanche (figure12).



Fig 12 : Nymphes de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale et ventrale (STEFFAN, 1978).

Noter la pigmentation plus développée chez la nymphe la plus âgée chez la quelle on distingue notamment les yeux et l'extrémité des mandibules par leur pigmentation.

D'après GOOD (1936 in BALAWCHSKY et MENSIL, 1936), la nymphe est immobile et constitue le seul état de vie de *T. castaneum* *Herbst* qui permet de distinguer le sexe mâle du sexe femelle (figure14).

La nymphe possède à la face ventrale, au dessous de la paire d'urogomphes à extrémités très aigues et brun foncé, de petites cornes qui, chez le mâle se réduisent à une légère protubérance déprimée au centre (LEPESME, 1944).

2-7-4-L'imago

2-7-4-1-Description des adultes

Après avoir subi une mue imaginale, la nymphe donne un imago ; à son émergence, ce dernier est de couleur claire, les phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation se continuent pendant deux à trois jours. (Figure13) montre un *tribolium* de couleur brun rouge, dont la longueur varie de «3 à 4 mm (BALACHOWSSKY et MENSIL, 1936). Les antennes sont nettement épaissies vers leur extrémité et leur longueur n'atteint pas la moitié du prothorax qui lui, est rectangulaire et presque aussi large que les élytres. Ces derniers sont allongés et munis de stries de points bien nets, Chaque inter strie porte en son lieu une fine Cote longitudinale (LEPESME, 1944).



VUE DORCALE

VUE LATÉRALE

VUE VENTRALE

Fig13: adulte de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale, latérale et ventrale (STEFFAN, 1978).

Ceci constitue une différence entre les autres genres de la sous famille (Figure13). Les pattes sont courtes, les tarsi antérieurs et médians sont formés de cinq articles, les tarsi postérieurs de quatre articles (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

2-7-4-2-Distinction du sexe du *Tribolium castaneum* Herbst

Selon GOOD (1936 in balachowsky et mensil), La nymphe constitue l'état idéal de vie, de *tribolium castaneum*.H, qui permet de distinguer le sexe male du sexe femelle.

D'autres caractères peuvent intervenir dans la détermination du sexe chez cette espèce, il s'agit de la taille, cette dernière est un peu plus important chez la femelle que le male.

Il existe une autre méthode basé sur l'examinassions de l'appareille génitale



Extrémité abdominale de la pupé Mâle (à gauche) et femelle (à droite).

Fig .14 :l'appareille génitale de *Tribolium castaneum* (STEFFAN, 1978).

La distinction des sexes peut être réalisée d'une façon pratique et aisée à l'aide de la binoculaire à partir de la nymphe. La femelle possède à la face ventrale, au dessus de la paire d'urogomphe à extrémité très aigüe et brun foncé, deux petites cornes qui, chez le mâle, se réduisent à une légère protubérance déprimée au centre (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

D'autres caractères peuvent intervenir dans la détermination du sexe chez cette espèce : il s'agit de la taille. Cette dernière est un peu plus importante chez la femelle que chez le mâle, cependant ce caractère reste peu fiable. Pour plus de vigueur, l'examen des armatures génitale chez les deux sexes serait plus précis (BOUNACEUR, 1992).

2-8-Description du cycle biologique

L'accouplement des adultes a lieu 48 heures après l'émergence des imagos et dure environ 15 minutes. La ponte commence le troisième jour après l'émergence et s'échelonne durant toute la vie de la femelle. La durée de l'embryogenèse est fonction de la température. Elle dure neuf jours en moyenne à 22 C°, alors qu'elle n'est que de 3,5 jours en moyenne à 28 C°, la durée d'incubation des œufs est plus courte ,elle est de 2,6 jours à 35 °C et 85% d'humidité relative.

Dés l'éclosion, la jeune larve se montre active : elle sillonne la denrée dans tous les sens. Elle subit au total huit à neuf mues.

La taille des larves constitue un critère essentiel pour la distinction des différents stades larvaires

La durée des stades larvaires varie en fonction de la température et de l'humidité, elle est plus longue à 28°C et 75 % HR qu'à 35°C et 85 %HR.

La durée du cycle biologique varie 1 à 4 mois suivant les conditions de température et d'humidité relatives. (BOUNACEUR ,1992).

D'après STEFFAN (1978) la durée du cycle la plus courte est de 15 à 20 jours à des températures de l'ordre de 35 à 36°C et une HR de l'ordre de 90%.

2-9- Habitat, régime alimentaire et dégâts

Tribolium castaneum H. est un ravageur très commun dans les moulins et les entrepôts des produits alimentaires.

Son régime alimentaire est d'origine xylophage (LEPESME, 1944). Cependant, il s'est adapté à un régime alimentaire à base de céréales et dérivées amylacées. BURKHARD in (LEPESME, 1944) prétend qu'il peut attaquer les grains entiers, en se tenant toute fois au germe.

2-10- Les moyens de lutte utilisée en stocks

Les insectes des stocks, sont des ravageurs très redoutés, car leur présence est néfaste et déprécie la denrée quel que soit leur nombre. De ce fait plusieurs moyens de lutte sont utilisés en lieux de stockage. La lutte chimique ; la lutte physique et la lutte biologique. Cependant, il est important de souligner que la réussite d'un stockage repose sur les moyens prophylactiques (MULTON, 1982).

2-10-1-lutte préventive

Les moyens prophylactiques sont donc un élément primordial de lutte contre les déprédateurs des stocks des céréales et cette prévention peut être envisagée de plusieurs façons

2-10-1-1-Les mesures d'hygiènes

Parmi les moyens prophylactiques élémentaires, la mise en application régulière des mesures d'hygiènes constitue le moyen le plus important et la plus efficace pour contrôler les ravageurs des stocks. Pour cela, DUCON (1982), préconise plusieurs méthodes à savoir :

- Un nettoyage convenable des locaux de conservation et du matériel destiné à l'emmagasinage, par un badigeonnage ou une pulvérisation d'insecticides
- Une incinération des déchets de nettoyage.

- Une vérification des locaux, des crevasses et des recoins qui peuvent abriter des insectes ou des grains inaccessibles aux insecticides de contact.

Un tri soigné éliminant ainsi les impuretés, les grains cassés et la poussière de farine.

- Respecter la rotation des stocks en réduisant au minimum les causes de contamination.

2-10-1-2- la lutte durant L'entreposage

Pendant l'entreposage, plusieurs méthodes peuvent être utiles, afin de prévenir l'infestation nous citons donc :

2-10-1-2-1-Lutte génétique

Cette méthode se base sur les recherches génétiques, qui ont été réalisés afin de trouver des variétés résistantes aux maladies et aux insectes.

2-10-1-2-2-Lutte par piégeage Les pièges permettent d'obtenir des indications sur la présence de ravageurs, et peuvent servir à identifier ou détecter leur période optimale d'activités et diminuer les pullulations (KOSSOU et AHO, 1993).

2-10-1-2-3-Lutte par dépistage

2-10-1-2-3-1- Dépistage ordinaire

Cette méthode est très utilisée, elle consiste à surveiller l'état du grain par la mesure de la température et d'humidité du grain dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés (MILLS, 1990). Cependant, cette méthode aléatoire reste insuffisante pour déceler les formes cachées qui provoquent des dégâts considérables au cours de leur développement.

2-10-1-2-3-2- Dépistage par infrarouge

Ce procédé, permet de détecter les protéines animales des insectes et même les formes cachées, il consiste à réaliser une résonance magnétique nucléaire (RMN) pour déceler la Présence des acariens et éventuellement les fragments d'insectes (WILKINS et CHAMBERS ,1987).

2-10-1-2-3-3- Dépistage électroacoustique

Le principe de cette opération, est de pouvoir détecter l'activité des insectes et de surveiller le niveau de population présente dans la denrée, par des microphones sensibles, cette technique permet de réduire le coût de l'inspection et les traitements (MANKIN, 1998). Le son des insectes, peut être décelé par la méthode de simulation par ordinateur sans pour cela réaliser des prélèvements au niveau du stock. Un logiciel

informatique permet la détermination de l'insecte et son niveau d'infestation (HAGSTRUM, 1990).

2-10-1-3- Méthode immuno-enzymatique

C'est une analyse minutieuse, qui donne une estimation de l'infestation des grains et de la farine (FIELDS, 2001). L'extrait du blé après broyage est soumis à un dosage par le Test ELISA .La coloration de l'extrait obtenu est mesurée par spectrophotomètre qui nous permet de calculer la concentration en protéine d'insectes, cette quantité de protéines nous renseigne sur l'infestation des grains (WIRSTA, 1996).

2-10-2- lutte curative

Elle intervient directement contre les insectes en place, parmi les moyens utilisés nous avons la lutte physique, biologique et chimique.

2-10-2-1-Lutte physique

Les moyens préventives sont obligatoires mais elles restent insuffisantes, dans ce cas le recours aux procédés curatifs est indispensable.

Les moyens de lutte physique utilisables, font appel au choc thermique, au froid, aux radiations ionisantes et aux ondes électromagnétique.

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 le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes. (MULTON, 1989).

2-10-2-2-Lutte chimique

Actuellement, c'est la méthode la plus répandue en raison de son efficacité. Elle consiste à employer des pesticides pour lutter contre les déprédateurs, cependant elle doit être appliquée avec discernement en raison des risques de toxicité qu'elle peut engendrer aux consommateurs du grain. Dans le domaine de la lutte chimique, nous citons deux groupes de produits qui sont essentiellement utilisées.

➤ **Les insecticides de contact** : Les insecticides de contact pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule (CHAMP et DYTE, 1976), parmi ce groupe d'insecticides nous citons : Le pyréthrinoïdes de synthèse agit par contact et ingestion, en provoquant souvent un effet choc sur les insectes comme *Tribolium castaneum* (Herbst.) (SCHIFFERS et al., 1990).

➤ **Les fumigants** : sont des gaz toxiques utilisés pour désinsectiser une denrée dans un espace clos. De toute évidence, les enceintes de fumigation, doivent être suffisamment étanche pour que le gaz pénètre et puisse diffuser entre les grains et dans les grains assez de temps, pour tuer les insectes présents, ceci quel que soit leur stade de développement (DUCOMP, 1978; EL LAKWAH, 1990 ; WINKS, 1990)

L'utilisation de pesticides pendant plusieurs années a entraîné de nombreux problèmes entre autre la présence de résidus sur les denrées stockées et le développement du phénomène de résistance chez les insectes.

2-10-2-3-Lutte biologique

Tout organisme vivant, possède des ennemis naturels ou maladies qui régulent ses population. Ce sont ces antagonistes naturels des ravageurs, que les méthodes biologiques de lutte mettent à contribution. Les avantages offerts par les procédés biologiques résident surtout dans l'absence presque totale de risques toxicologiques.

2-11- L'utilisation des végétaux

Le développement de résistance par les insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extraits végétaux pouvant avoir des modes d'actions différents à ceux des insecticides déjà utilisés.

Les végétaux produisent des composées secondaires tel que les Terpènes, les composés soufrés, les alcools etc. leur utilisation en tant que Biopesticides dans la protection de graines de légumineuses ou de céréales stockées contre les insectes à fait l'objet des nombreuses études notamment en zone tropicale (ARTHUR, 1996).

Ces extraits végétaux à propriétés insecticides sont utilisés sous plusieurs formes :
En poudre, d'extraits organiques, d'extrait aqueux et huiles essentielles.

Chapitre III

L'huile essentielle

3-1- Définitions d'huile essentielle

Qu'est ce qu'une huile essentielle?

Les huiles essentielles sont aussi appelées : essence de plante, essence aromatique, essence végétale. (SALLE, 1991). L'essence est la sécrétion naturelle élaborée directement par la plante, l'huile essentielle (HE), elle est un extrait obtenu par distillation à partir de la plante ou de l'arbre aromatique. L'huile essentielle est donc une essence distillée. (SCIMECA et TETAU, 2005). L'appellation huile essentielle, est officielle depuis 1972. (Michel, 2011).

Selon AMIRAT et *al.* (2011) l'importance des plantes médicinales et aromatiques, y compris les espèces qui accumulent des produits volatiles, est évoluée de façon continue.

Le terme « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » désigne la caractéristique principale de la plante à travers ses exhalaisons (BERNARD et *al.*, 1988).

3-2-Historique de l'huile essentielle

L'utilisation des huiles essentielles (parfums et aromates) remonte à l'antiquité. (SALLE, 1991). Reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées depuis des millénaires en Chine, en Inde, au Moyen Orient, en Egypte, en Grèce, en Amérique et en Afrique. (ZHIRI et BAUDOUX, 2008).

Les huiles essentielles sont des substances naturelles existant depuis l'antiquité. Les arômes et les parfums furent parmi les premiers signes de la reconnaissance qui marquèrent la vie de l'homme (MENGAL et *al.*, 1993).

3-3-La production mondiale des huiles essentielles

La production mondiale en huile essentielle est estimée à environ 45000 tonnes est réalisée par seize essences dont le volume est supérieur à 500 tonnes par an (BEN MERIEM et BOURGUIG, 1996) répartie comme suit :

- 30 000 tonnes d'huiles essentielles produites annuellement, soit près de 65% de la production totale mondiale, proviennent de l'extraction des parties d'arbres ou arbustes.
- 15000 tonnes d'huiles essentielles issues de plantes non arbustives (cultivées ou à l'état sauvage).

➤ Situation actuelle en Algérie

L'industrie aromatique en Algérie à connu une régression mais le volume d'achat est en croissance. La majeure partie des sociétés nationales s'approvisionnent

auprès des fournisseurs étrangers pour couvrir les besoins de leurs production telles que : AROME D' ALGERIE (Zone industrielle de Oued – Smar) pour l'industrie alimentaire et parfumerie et d'autres industries chimiques. Signalons aussi les sociétés AMAL, EMIS, EMIB, GBA pour l'arome des boissons gazeuses et siropetc.

Enfin il y a SAIDAL qui utilise près de 10 000 litres d'essence de menthe pour la fabrication de dentifrice. (BENSAADA et Hadj Mahdi, 2011).

3-4- Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont largement répandus dans les plantes avec des familles à haute teneur en matières odorantes comme les conifères, les myrtacées, les ombellifères, Les labiacées, Les rutacées, Les géraniacées etc.

Ces huiles peuvent être stockées dans divers organes ; fleurs (rose, jasmin, ylang-ylang origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (cassia, cannellier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane, citron) ou grains (carvi) (HERNANDEZ, 2005).

3-5- Critères de qualité

D'après (FRANCHOMME et *al.*, 2001) L'huile essentielle utilisée en thérapeutique doit posséder de nombreux critères de qualité :

- L'espèce botanique
- L'organe producteur
- L'origine géographique
- Le mode de culture
- Le chémotype (BAUDOUX et *al.*, 2009) Il définit la molécule aromatique révélatrice des principales propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle.

Une plante de même variété botanique peut produire des huiles essentielles de compositions chimiques différentes selon son origine, son pays, son climat, son sol.

Une huile essentielle peut contenir de vingt-cinq à cent molécules biochimiques différentes.

- Le mode d'extraction

Il existe plusieurs modes d'extraction des huiles essentielles comme la distillation, l'hydrodistillation, la percolation, l'expression.

Deux procédés sont principalement employés et font l'objet d'une monographie à la Pharmacopée (L'expression à froid, La distillation par entraînement à vapeur d'eau)

3-6- Les principes chimiques des huiles essentielles (BAUDOUX et *al.*, 2006) (ROULIER, 2006) (VALNET, 2003) (GUIGNARD, 1996)

Les huiles essentielles peuvent être classées en plusieurs familles biochimiques. L'activité thérapeutique d'une huile essentielle est liée à sa structure biochimique, aux groupes fonctionnels de ses composés principaux (alcools, phénols, composés terpéniques...) et à leurs actions synergiques.

Les principales familles biochimiques sont présentées ci-dessous pour expliciter les diverses propriétés des huiles essentielles.

3-7- Composition chimique des huiles essentielles

Les composés chimique des huiles essentielles appartiennent à deux familles chimiques bien distinctes à savoir, les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (BRUNETON, 1993).

3-7-1- Les terpénoïdes

Les terpénoïdes retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée mono et sesquiterpènes, tels que les monoterpènes et Les sesquiterpènes (BRUNETON ,1993).

3-7-2- Les composés Aromatiques

Les composés de cette série sont beaucoup moins fréquents que les monoterpènes et les sesquiterpènes. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C3-C6) sont très souvent des allyls et prophenylphenols. Parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae telle que l'eugénole, l'apiol (BRUNETON, 1993).

3-7-2-1- Les phénols

Ce sont des composés chimiques aromatiques avec une fonction hydroxyle. Les phénols sont les molécules aromatiques avec le plus grand coefficient antibactérien et le plus large spectre. Des scientifiques (CHAMI, 2004) ont étudié l'activité biologique de deux composants phénoliques (le carvacrol et l'eugénole) que l'on retrouve dans plusieurs huiles essentielles et leur efficacité biologique dans le traitement d'une candidose buccale induite de façon expérimentale chez des rats immunodéprimés.

3-7-2-2-Les aldéhydes aromatiques

Il existe des aldéhydes aromatiques et des aldéhydes terpéniques. Ils comportent le groupe caractéristique $-CHO$. Les huiles essentielles à aldéhydes sont dermocaustiques et irritantes pour les muqueuses, il faut donc toujours les diluer dans une huile végétale.

- Principale molécule et huiles essentielles contenant des aldéhydes aromatiques :

- l'aldéhyde cinnamique

L'aldéhyde cinnamique contenu dans l'huile essentielle de Cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*) ou dans l'huile essentielle de Cannelle de Ceylan (*Cinnamomum verum*) est un aldéhyde aromatique.

Propriétés majoritaires

Les aldéhydes aromatiques sont des molécules puissantes reconnus pour leur action anti infectieuse puissante à large spectre d'action.

3-7-2-3- Les cétones

Les cétones doivent être utilisées avec beaucoup de précaution à faible dose et pendant une courte période car son action calmante à faible dose peut se transformer en action neurotoxique à dose élevée.

-Principales molécules et huiles essentielles contenant des cétones : le carvone et le verbénone

Parmi les cétones, on peut citer le carvone contenu dans l'huile essentielle de Carvi (*Carum carvi*), ou la verbénone dans l'huile essentielle de Romarin CT verbénone (*Romarinus officinalis* CT verbénone).

Propriétés majoritaires

Les cétones ont des actions relaxantes, mucolytiques, antiparasitaires et antivirales principalement.

3-7-2-4- Les esters

Les esters n'ont pas de toxicité aux doses physiologiques. Ils sont généralement bien tolérés.

-Principale molécule et huiles essentielles contenant des esters : l'acétate de linalyle

L'acétate de linalyle se retrouve dans l'Ylang ylang (*Cananga odorata*) ou dans l'huile essentielle de Lavande vraie (*Lavendula vera*). On peut citer l'acétate de méthyle contenu dans l'huile essentielle de Menthe poivrée (*Mentha x piperita*).

Propriétés majoritaires

Les esters sont surtout antispasmodiques, anti-inflammatoires et neurotoniques.

3-7-2-5- Les coumarines

Les coumarines sont présentes en très faible quantité dans les huiles essentielles mais restent toutefois très efficaces. Les coumarines restent présentes longtemps dans l'organisme, voire plusieurs jours en cas d'admission de fortes doses. Les furanocoumarines sont photo sensibilisantes.

- Principale molécule et huiles essentielles contenant des coumarines : le bergaptène

Le bergaptène, composé organique de la famille des furocoumarines, est naturellement présent dans l'huile essentielle de bergamote ainsi que dans celle d'autres fruits de la famille des Citrus.

Propriétés majoritaires

Elles sont calmantes du système nerveux et décontracturantes en diffusion dans l'atmosphère. L'huile essentielle de bergamote est utilisée pour ses propriétés antiseptiques, antispasmodiques et stimulantes de l'estomac. Dans notre région est utilisée en confiserie, l'huile essentielle de bergamote pour produire la Bergamote de Nancy.

3-7-3- Les terpènes et ses dérivés

3-7-3-1- Les terpènes

Les monoterpènes sont les terpènes les plus communs et ont pour formule $C_{10}H_{16}$. Les terpènes ne doivent jamais être utilisés purs sur la peau car ils peuvent provoquer des irritations.

-Principale molécule et huiles essentielles contenant des terpènes : l'alpha pinène

L'alpha-pinène est une molécule couramment rencontrée dans les huiles essentielles de Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) ou de Genévrier commun (*Juniperus communis*). Cette molécule est reconnue comme allergène.

Propriétés majoritaires

Les terpènes sont surtout reconnus pour leurs actions drainantes lymphatiques, stimulantes, et anti-infectieuses.

3-7-3-2- Les alcools terpéniques

Les alcools terpéniques ou monoterpénols sont utilisés dans de nombreuses pathologies infectieuses. De plus, contrairement aux phénols qui sont utilisés souvent dans les mêmes indications, ils ne brûlent pas la peau et n'ont pas d'élimination hépatique.

-Principales molécules et huiles essentielles contenant des alcools: le menthol et le linalol

Le menthol contenu dans l'huile essentielle de Menthe poivrée (*Mentha x piperita*) apporte un effet vasoconstricteur et anesthésiant.

Le linalol présent dans l'huile essentielle de Thym CT linalol (*Thymus vulgaris* CT linalol) possède une action stimulante immunitaire.

Propriétés majoritaires

Les alcools terpéniques ont des actions anti-infectieuses à large spectre d'action. Ils sont également des stimulants immunitaires.

3-8- Variabilité des huiles essentielles

La composition d'une huile essentielle varie au sein d'une même espèce sous l'influence de plusieurs paramètres :

3-8-1-D'origine intrinsèque

D'ordre génétique, localisation, maturité. En effet, au cours du cycle végétatif, des modifications importantes dans la composition des essences végétales peuvent être relevées (GARNERO, 1985).

3-8-2-D'origine extrinsèque

Facteurs édaphoclimatiques (sol, climat), localisation géographique (l'altitude et la latitude).

3-8-3-D'origine technologique

Lié au mode d'exploitation du matériel végétal, en effet, de profondes modifications lors de la récolte, séchage, stockage et conditionnement peuvent être signalées (MAMOUNI, 1994). Lors de l'extraction, plusieurs perturbations peuvent avoir lieu, en particulier sous l'effet de la température et la durée d'extraction (EVANS, 1998).

3-9- Les principales propriétés des huiles essentielles (PURCHON, 2001) (WILLEM, 2002) Les huiles essentielles possèdent de nombreuses propriétés.

Les huiles essentielles contenues dans les herbes aromatiques sont responsables des différents senteurs que dégagent les plantes. Elles sont très utilisées dans l'industrie des cosmétiques, de la parfumerie, l'industrie alimentaire (les arômes) et aussi de l'aromathérapie. Quelques exemples de propriétés des huiles essentielles (VALNET, 2008) :

- Antiseptiques _____ cannelle,
- Anti bactérien _____ bois de rose,
- Anti inflammatoire ____ camomille,
- Anti spasmodique ____ basilic exotique,
- Anti hémorragique ____ ciste ladanifère,
- Anti fongique _____ clou de girofle,
- Tonique veineux _____ cyprès,
- Tonique général _____ gingembre,
- Anti coagulant _____ hélychrise,
- Affections cutanées ____ lavande,

Sédatif _____ litsée citronnée,

Relaxante _____ mandarine.

Les HE se caractérisent par certaines propriétés dont les plus importantes sont :

3-9-1-Propriétés organoleptiques

Ces propriétés se résument dans les points suivants

- Aspect : liquide huileux limpide
- Couleur : jaune pâle (quelques fois rougeâtre)
- Odeur : agréable de graine
- Toucher : assez sec, pénètre assez bien dans la peau
- Etat liquide en général à la température ambiante.

Incolores à jaune pale à quelques exceptions, l'huile essentielle de camomille romaine est de couleur bleu clair.

3-9-2- propriété physique

Malgré leurs différences de constitution, les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriété physique. Leur indice de réfraction et pouvoir rotatoire sont élevées, elles sont peu polaires et peu solubles dans l'eau, mais soluble dans les alcools à titre élevé et dans la plupart des solvants organiques.

Sensible à l'oxydation, elles ont généralement tendance à se polymériser pour former les produits résineux ; ce qui rend leur conservation limitée.

3-9-3-Propriété chimique

Les Propriété chimique sont constituées par l'indice d'acide, d'ester et d'hydroxyle, ainsi que par le dosage de quelques composés majoritaires des huiles essentielles, tels que les phénols, les terpènes, les cétones et les cinéols (AIT BENAMAR, 1996).

3-10-Le Rôle des huiles essentielles

Elles ont des fonctions multiples dans la nature. En effet, expérimentalement il a été établi qu'elles interviennent dans les interactions «végétaux-animaux» où elles constituent un moyen de communication (langage chimique) (BRUNETON, 1997).

En raison de leur structure chimique unique, les huiles essentielles ont la capacité de pénétrer les parois cellulaires et de transporter l'oxygène, les nutriments et d'autres composés biochimiques vitaux jusqu'à l'intérieur de chaque cellule. Elles contiennent de puissants composés biochimiques qui donnent aux plantes la capacité de croître, de réparer les dommages à leur structure (YONG, 2002).

BACK et PEMBERTON in Miladi (1970), ajoutent que les huiles essentielles d'agrumes protègent les fruits contre les proliférations et les attaques d'insectes.

Les huiles essentielles sont utiles et efficaces dans de nombreux aspects de la vie quotidienne, elles ont des fonctions très variées depuis très long temps, (VALNET, 1984).

Les huiles essentielles ont une toxicité aiguë, une action répulsive, une inhibition de l'alimentation et un effet nocif sur le système de reproduction des insectes. Les métabolites issus des plantes sont récemment utilisés comme de nouveaux pesticides synthétiques comme la toxaphène (insecticide et herbicide) (BRUNETON, 1993).

Les constituants volatils des monoterpènes qui sont alcool, linalool, aldéhydes Acide carboxylique, d- limonène, b-myrcène. α - terpinéol, ces substances ont une action toxique sur la mouche domestique, la blatte, le charançon du riz (PRATES et *al.*, 1998).

La fonction des huiles essentielles demeure le plus souvent obscure. Il est toute fois vraisemblable qu'ils ont un rôle dans le domaine des interactions végétales (comme agents allélopathiques, notamment inhibiteurs de germination) et aussi dans les interactions végétales-animales: protection contre les prédateurs (insectes, champignons) et attraction des pollinisateurs (BRUNETON, 1993).

3-11-Domaine d'application des huiles essentielles

Les huiles essentielles entrent dans la composition de parfums, de cosmétiques (Shampoings, gel-douches, crèmes, laits, déodorants corporels), de produits d'entretien (savons, détergents, lessives, assouplissants de textile) et de tout autre produit, comme par exemple insecticides, désodorisants d'ambiance, diffuseurs, bougies. Elles sont aussi utilisées comme arômes pour ajouter aux aliments des odeurs et/ou des saveurs. Enfin, elles ont certaines propriétés thérapeutiques et des applications en aromathérapie.

3-12-Technique d'extraction

L'extraction est une opération qui consiste à séparer certaines composées d'un organisme (animal ou végétal) selon diverses techniques, (AFNOR, 2000). Cette phase d'extraction de molécules organiques est primordiale dans les domaines de la chimie des substances naturelles et de la thérapeutique.

Pour extraire l'huile essentielle d'un végétal, il faut en général choisir la technique la mieux adaptée parmi les trois les plus couramment utilisées : la macération, la décoction ou l'hydro distillation.

3-12-1-La macération

La macération consiste à tremper un corps dans un liquide adéquat pour en extraire les composés solubles. On peut extraire facilement des huiles essentielles de certaines plante : Anis étoilé (ou badiane), Cumin, Cannelle.

3-12-2-Hydrodistillation

L'hydrodistillation est sans aucun doute le procédé chimique le plus ancien, comme son nom l'indique, elle consiste à distiller un composé par entraînement à la vapeur d'eau et ne nécessite pas beaucoup de matériel. Elle est réalisée en deux étapes, (BACHELOT et *al.*, 2006).

3-12-3-La distillation à la vapeur saturée

Appelée aussi la distillation sèche ou distillation destructive, elle est utilisée pour la séparation des produits chimiques liquides contenus dans des matériaux solides. On peut ainsi obtenir, à partir du bois, par calcination, de la créosote (mélange de phénols), de l'alcool méthylique et de nombreux autres produits.

3-12-4-L'hydro-diffusion

Elle consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression (0.02-0.15 bar) à travers la masse végétale, du haut vers le bas. La composition du produit obtenu est qualitativement très peu différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. (BRUNETON, 1999).

3-12-5-L'expression au solvant volatil

Certaines huiles essentielles ont une densité voisine de l'eau et le procédé par distillation à la vapeur d'eau ne peut être utilisé. C'est pourquoi on utilise les solvants. C'est une méthode très peu employée, elle représente 3% des cas. On met à macérer les fleurs ou les sommités fleuries dans du solvant, le plus souvent on utilise le benzène. Puis, on centrifuge pour récolter l'H.E. (SALLE, 1991).

3-12-6- Extraction Soxhlet

L'extracteur de Soxhlet est un appareil spécialement conçu pour l'extraction continue solide-liquide.

3-12-7-L'enfleurage

Cette méthode se rapproche quelque peu de l'extraction par solvants volatils par son principe mais dans ce cas on utilise des graisses comme solvant, ces derniers ayant elles aussi une forte affinité avec les composés odorants. On distingue deux types d'enfleurage à froid ou chaud

3-12-8-Les nouvelles méthodes d'extraction

3-12-8-1-L'extraction au CO₂ super critique

Le terme super critique signifie que le CO₂, sous pression et à une température de 31°C, se trouve entre l'état liquide et l'état gazeux. Lorsqu'il est dans cet état, le CO₂ est capable de dissoudre de nombreux composés organiques et c'est cette même propriété dont les fabricants retiennent pour extraire les huiles essentielles. (WEISS, 2002 in BACHELOT et *al.*, 2006).

3-12-8-2-La distillation fractionnée

Cette technique est surtout utilisée en parfumerie. Elle permet d'isoler un ou plusieurs constituants d'une huile essentielle qui sont alors appelé isolats. Ces isolats peuvent être utilisés pour renforcer un effet olfactif ou transformé pour donner une nouvelle odeur, (ADEM, 2005).

3-13- Identification des huiles essentielles

Il existe de différentes méthodes pour identifier les composants d'une huile essentielle, parmi celles-ci la chromatographie en phase gazeuse (C.P.G), Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), la spectrométrie de masse (M.S) et le couplage des deux techniques (G.S-M.S).

3-14- L'analyse chromatographique

Les propriétés parfumantes, aromatisantes, thérapeutiques et toxicologiques d'une huile essentielle sont étroitement liées à sa composition chimique.

La chromatographie est une technique d'analyse qui consiste à séparer les constituants d'un mélange par entraînement au moyen d'une phase mobile ou gaz vecteur, le long d'une phase stationnaire qui peut être solide ou liquide fixé.

PARTIE II

ETUDE

EXPERIMENTALE

Chapitre I

Matériels

Et

Méthodes

1-Présentation la plante étudié

1-1-Origines et répartition la plante étudié dans le monde

Les agrumes, encore appelés Hespérides dans la mythologie grecque (BAILEY et *al.*, 2006), sont originaires du Sud-est asiatique, dans les régions allant du Nord-est de l'Inde au Nord de la Birmanie et celle du Sud de l'île de Hainan.(OLLITRAULT et LURO, 1997).

1-2-Caractères botaniques

Les agrumes représentent un cycle annuel dont les étapes sont aussi marquées, où on distingue la croissance végétative qui se manifeste sur les jeunes ramifications dès que la température atteint 12°C et se poursuit jusqu'à 35°C - 36°C au cours de trois périodes ou poussées de sève (ANONYME, 2006 ; LOUSSERT, 1985 ; PRALORAN, 1971).

1-3 - Importance économique

1-3-1-Dans le monde

Les agrumes occupent les première places en production fruitière dans le monde, avec 104 millions de tonnes en 2001/2004 dont (60% d'oranges, 18% de petits agrumes mandarines et clémentines, 11% de citrons et limes et 5% de pomélos) (ANONYME, 2004).

L'agrumiculture est répondeuse dans différents pays à travers le monde, bien que leur production soit principalement concentrée dans certaines zones géographiques. Les pays du bassin méditerranéen constituent la première région productrice de fruit frais avec 17 millions de tonnes ; l'Espagne joue un rôle clé dans cette région. Ces pays figurent en deuxième position après le Brésil (20 millions de tonnes), mais arrivent devant la Chine et les Etats-Unis qui produisent 14 millions de tonnes (ANONYME, 2005).

1-3-2-En Algérie

Citrus sont parmi les fruits les plus populaires cultivées en Algérie. Ils sont d'une excellente qualité et sont très appréciés pour leur valeur nutritive et le rafraîchissement. En outre, la production d'agrumes représente une activité agricole importante et économique dans le pays. Les oranges et les mandarines sont traditionnellement destinés à la consommation locale et aussi pour l'exportation (JOSEPH et BOVE, 1995).

La production d'agrumes totale en Algérie a été baissée la dernière décennie en raison à un certain nombre de facteurs défavorables. La productivité des vergers d'agrumes a été assez faible. Considérant un niveau de production moyen de 400 000 à 500 000 tonnes par an dans les dernières décennies et la superficie totale consacrée aux agrumes (127 178 ha), la production est d'environ 10 tonnes par hectare, comparant au rendement mondiale annuel moyen de gammes de vergers adultes de 30 à 35 tonnes ou plus par hectare, des problèmes croissants avec les ravageurs et les maladies, sont parmi les facteurs important pour la baisse des rendements. Vieux vergers sont gravement touchés par les maladies à virus et cette situation va s'étendre à tous les arbres d'agrumes existants dans le temps (JOSEPH et BOVE, 1995).

1-4-Les principales espèces cultivées en Algérie

Selon LOUSSERT (1987) ; les principales espèces cultivées en Algérie appartiennent au genre **Citrus** qui sont : Les Oranges : *Citrus sinensis*

Les Mandariniers : *Citrus reticulata*

Les Clémentiniers : *Citrus clementina*

Les Citronnier : *Citrus limon*

Les Pomelos : *Citrus paradisi*

Les Cédratiers : *Citrus medica*

Les Bigaradiers : *Citrus arantium*

1-5-Présentation de la région d'étude

1-5-1-Situation géographique

La Mitidja est une vaste plaine littorale étroite du Nord. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 et 20 kilomètres, elle couvre une superficie de 150 000 ha. Elle correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued NADOR et à l'Est par l'Oued BOUDOUAOU et bordée par deux zones élevées : le Sahel au Nord et l'Atlas au Sud. La Mitidja se situe à une latitude Nord moyenne de 36 à 48° et une altitude moyenne de 30 et 50 mètres. La plaine ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée (ALLAL-BENFEKIH, 2006) (Figure 15).

D'après MUTIN (1977), la Mitidja est la plus grande plaine du sublittoral d'Algérie, elle s'étend sur une longueur de 100 km et une largeur allant de 5 à 20 km. Sa

superficie totale est voisine de 140 000 ha. Encadrée par un ensemble de montagnes et de collines. Limitée au Nord par la ride du Sahel qui l'isole de la mer Méditerranéenne, à l'Ouest par le massif du Chenoua (905m), au Sud par l'Atlas Tellien et à l'Est par les premières collines du massif de Djurdjura. Les altitudes sur la lisière méridionale dépassent généralement les 140m (260 m à Blida), pour s'abaisser vers le nord, dans la basse plaine à une vingtaine de mètres (18 m à ancien lac Halloula). Par contre, aux deux extrémités, les altitudes varient de 60 à 70 m pour la partie occidentale et de 90 à 100 m pour la partie orientale. Avec une latitude $36^{\circ} 36' 0N$, et une longitude $3^{\circ} 0' 0E$. (Figure 15).

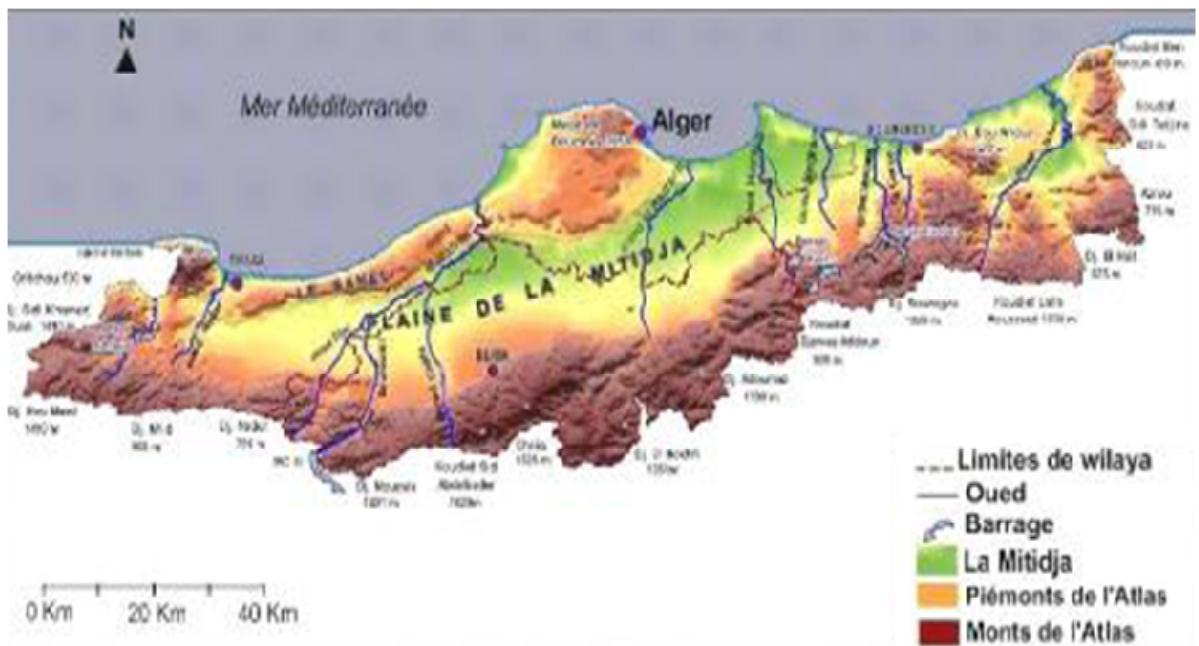


Fig 15 : Localisation géographique de la plaine de la Mitidja.
(Anonyme ,2013)

1-5-2- Climat de la région d'étude

Le climat est de type méditerranéen à tendance continentale (étage humide à hiver frais), favorable à l'activité agricole avec une pluviométrie majoritairement hivernales et printanières, sont caractérisées par une grande irrégularité inter annuelle et inter-mensuelle avec une moyenne de 660 mm/an et une évapotranspiration (ETP) moyenne de l'ordre de 1 400 mm/an. Toutefois, on observe un climat qui tend de plus en plus à l'aridité : depuis 30 ans, la zone n'a connu que huit années humides (NEDJRAOUI, 2003) (IMACHE et al., 2006).

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans les différents étages bioclimatiques. Cet indice est calculé par le

biais du coefficient pluviométrique adopté par Stewart, dont l'équation et comme suite (STEWART, 1969).

$$Q_2 = 3,43 [(P/M-m)]$$

p : pluviométrie annuelle (mm).

M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud.

m : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid.

La valeur de coefficient pluviométrique Q_2 fixée en ordonnée alors que la température moyenne minimale du mois les plus froids fixés en abscisse, donne la localisation de la région d'étude dans le Climagramme.

La région de Soumâa donc bénéficie d'un climat méditerranéen située dans l'étage bioclimatique sub-humide ; à hiver doux confirmé par le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger Q_2 , ($Q_2=70,34$) pour les quinze ans de 1995-2010 et ($Q_2=78,43$) pour l'année 2012.

1-5-3- Bioclimat de la région d'étude

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen extratropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines, et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (ALLAL-BENFEKIH, 2006).

Les précipitations annuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été. Elles varient de 600 mm à 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953). Cette distribution inégale des précipitations au cours d'un cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche conditionnent les activités biologiques des ravageurs. Les précipitations annuelles ont lieu principalement durant l'hiver et le printemps, c'est en été, saison sèche que les plus faibles précipitations sont enregistrées.

Sur le plan thermique, Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 4,49 °C et 4,48 °C, et une température moyenne maximale de 20,31 °C et 22,56 °C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 37,2°C et 37,00°C et de 20,54°C suivie de 22,01 °C comme températures moyennes minimales.

Le diagramme Ombrothermique établie pour la période (1995 à 2010) se caractérise par deux périodes fondamentales: l'une humide de sept mois s'étalant de janvier à avril puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre. Alors que pendant l'année d'étude 2010, on peut constater une période de sécheresse de cinq mois entre mai et septembre. et une autre saison froide et humide caractérisée par une pluviosité élevée, s'étalant d'octobre à avril (TCHAKER, 2011).

1-6-Présentation de l'expérimentation

1-6-1-L'objectif

L'objectif de notre travail expérimental est consacré à l'étude l'effet biocide de l'huile essentielle de (*Citrus reticulata*) a l'égard du *tribolium castaneum* (ténébrionida)

Il est reparti en quatre parties : L'extraction de l'huile essentielle de (*Citrus reticulata*) par entrainement à la vapeur, l'analyse de sa composition chimique par CPG, la détermination des indices physico-chimiques, et enfin l'étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle.

1-6-2 Présentation du verger

L'I.T.A.F.V de Boufarik cette station se situe à 36 Km au sud-ouest d'Alger en pleine cœur de la Mitidja et à 14Km au nord-ouest de Blida, à une altitude de 41mètres.

Cet institut à caractère administratif crée en 1927, était une ferme de démonstration avec 16 ha.

Elle a connue une expansion de sa superficie avec 52,5 ha après l'acquisition de l'annexe I et l'annexe II. C'est une station expérimentale avec une superficie de 48 ha composée de plusieurs vergers d'espèces ligneuses, elle assure le développement de l'arboriculture fruitière et la viticulture par : l'amélioration des ressources génétiques en assurent leurs conservations, l'étude des technique de production et la conduite des vergers.

Tableau02 : répartition des vergers au niveau de station Boufarik (ITAFV, 2013)

Culture	Agrumes	rosacées	exotiques	Terres nues	Parcours et Bâtis	Terres irrigables
Surface utilisable (ha)	23 .26	3.51	1.38	9.49	10.34	37.66
Pourcentages (%)	60	09	4	25	27	98

1-6-3-Lieu et date de prélèvement d'échantillon

C'est au niveau de l'annexe I de Bouamrous halouia (Boufarik). Qu'on a prélevé nos échantillons 16 Mai 2013. C'est une collection plantée en 1974. C'est un verger composé de plusieurs parcelles.



Fig16 : arbre de la variété Ortanique(originale)

1-7-Matériel biologique

1-7-1-Espèce entomologique

Les individus de *Tribolium castaneum* qui a servi à notre expérimentation provient d'un élevage de masse sur blé tendre, effectué au Niveau de laboratoire de Zoologie, Département des sciènes agronomique, Université SAAD DAHLAB (BLIDA) à partir d'une souche issu de CCLS (Coopérative des céréales et des légumes sec). L'élevage de masse est conduit dans des boites perforées et mis dans une étuve réglé à une température 300°C et 70% d'humidité (figure 17).



Fig17: étuve d'élevage des insectes (Originale).

1-7-2- L'espèce végétale

Les parties végétales utilisées pour extraire les huiles essentielles de mandarine (*citrus reticulata*) sont les feuilles.

L'extraction de l'huile essentielle ont été réalisés au laboratoire de phytopharmacie des substances naturelles (département d'agronomie de l'Université Saad Dahlab de Blida), et la détermination des indices physico-chimiques ont été

réalisés au laboratoire de science alimentaire (l'Université de Boumerdès) alors que l'analyse de l'huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse a été effectuée au sein du laboratoire CRAPC(Bouismail).

Plusieurs critères sont à prendre en considération pour le choix du matériel biologique végétal (KHELFI, 2007) :

- La disponibilité des plantes sur le territoire national,
- Son usage en pharmacopée traditionnelle locale,
- Sur ses propriétés insecticides relatées dans la littérature.



Fig18 : feuille fraiche d'Ortanique découpé en petits morceaux

1-7-3-Systématique de *Citrus reticulata* (ANONYME ,2013)

Nom commun : Mandarine,

Nom scientifique : *Citrus reticulata*,

Famille : Rutacées (synonyme : aurantiacées)

1-8- Matériel de laboratoire

1-8-1-Appareillage

Nous avons utilisés la méthode entrainement à la vapeur comme méthode d'extraction de l'HE des feuilles de *Citrus reticulata* on raison de la présence des cellules sécrétrices exogène (localisées sur ou a proximité de la surface des feuilles) (BOUSBIA, 2004).

1-8-2 Description du dispositif d'extraction

On introduit l'eau et la matière végétale dans une cocote minute (figure19). Cette L'opération dure 3h

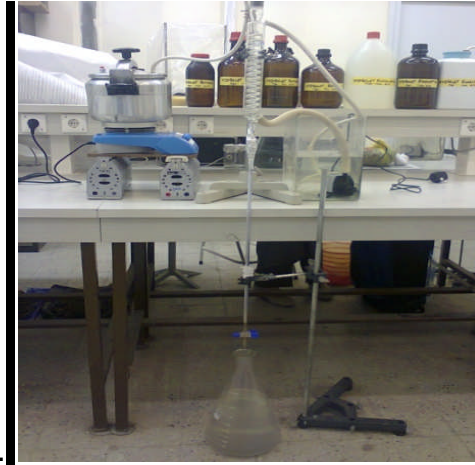


Fig 19 : dispositif d'extraction des huiles essentielles par entrainement à la vapeur (Originale).

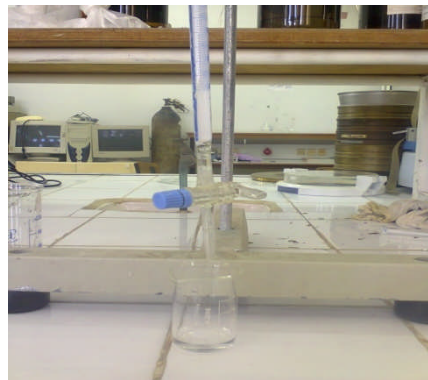


Fig20 : dispositif de séparation huiles essentielles d'hydrolat (Originale).

1-9- Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est estimé par le rapport des masses d'huile essentielle et de la matière végétale utilisée. Il est exprimé en pour cent (%) et calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = M_{HE} / M_{MV} * 100$$

R (%): Rendement en huile essentielle (%)

M_{HE}: Masse de l'huile essentielle (g)

M_{MV}: Masse de la matière végétale utilisée (g)

1-10- Analyses physico-chimiques de l'huile essentielle de (*Citrus reticulata*)

1-10-1-Mesure des indices physiques

1-10-1-1- Détermination de la densité

La densité est définie comme étant la masse volumique de l'huile essentielle rapportée à celle de l'eau pour une température donnée. Elle est mesurée à l'aide d'un pycnomètre d'un volume de 10 ml (Figure 21).



Fig 21: Pycnomètre

1-10-1-2- Détermination de l'indice de réfraction (AFNOR NF T75-112:1999)

C'est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à une température constante. La mesure a été effectuée en utilisant un réfractomètre (figure22).

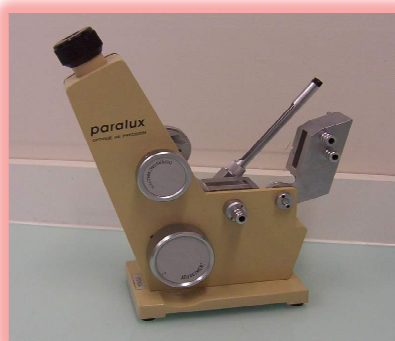


Fig 22: Réfractomètre

1-10-2- Mesure des indices chimiques

1-10-2-1-Détermination de l'indice d'acide (AFNOR NF T 75-103:1999)

C'est le nombre de mg de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1g d'huile essentielle. Les acides libres sont neutralisés par une solution d'hydroxyde de potassium KOH éthanolique. La figure 9 montre les différentes étapes de la détermination de l'indice d'acide.

L'indice d'acide (IA) en mg de koh est calculé par la formule suivante :

$$IA = \frac{V \cdot 5,61}{P}$$

IA : indice d'acide

V : est le volume, en ml, de solution de KOH utilisé pour le titrage,

P : poids de la prise d'essai en grammes, de l'huile essentielle,

5,61 : nombre de mg de potasse équivalent à 1ml de soude à 0,1N.

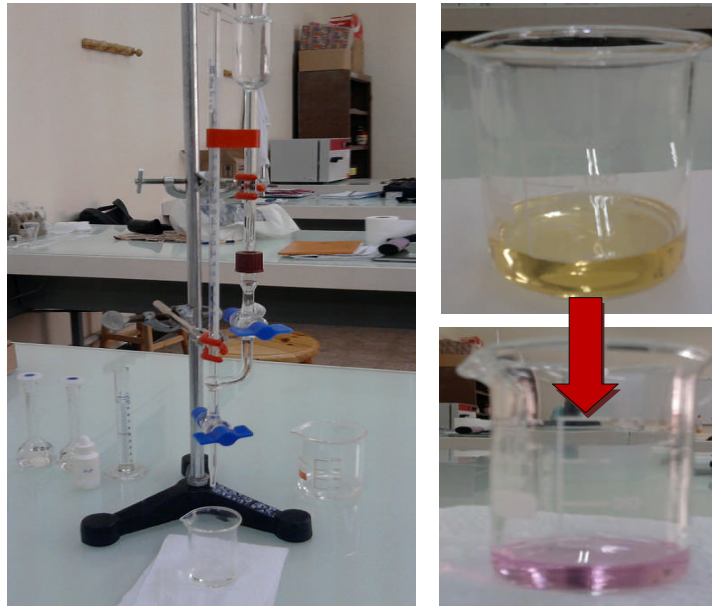


Fig 23: Différentes étapes de la détermination de l'indice d'acide
1-10-2-2- Détermination de l'indice d'ester (AFNOR NF T 75-104:1994)

C'est le nombre de mg de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans 1g d'huile essentielle. L'hydrolyse des esters présents dans l'huile essentielle se fait par chauffage, dans des conditions définies, en présence d'une solution d'hydroxyde de potassium éthanolique et dosage en retour de l'excès d'alcali par une solution d'acide chlorhydrique HCl. La figure 10 illustre les différentes étapes de la détermination de l'indice d'ester.

L'indice d'ester est le nombre de milligrammes de koh nécessaire pour saponifier les acides gras liés contenus dans un gramme de corps gras.

Ce paramètre est donné par différence entre l'indice de saponification et l'indice d'acide
 L'indice d'ester (IE) est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{IE=IS-IA}$$

$$\mathbf{IS=(V_0 - V_1) * 28 / P}$$

IE : Indice d'ester ;

IS : Indice de saponification

V₀ : est le volume, ml, de la solution titré de HCl utilisé pour doser l'essai à blanc ;

V₁ : est le volume, ml, de la solution titré de HCl utilisé pour doser la prise d'essai ;

P : est la masse, en grammes, de l'huile essentielle ;

IA : est la valeur de l'indice d'acide déterminé selon la norme NF T 75-103

28 : poids KOH *mortalité

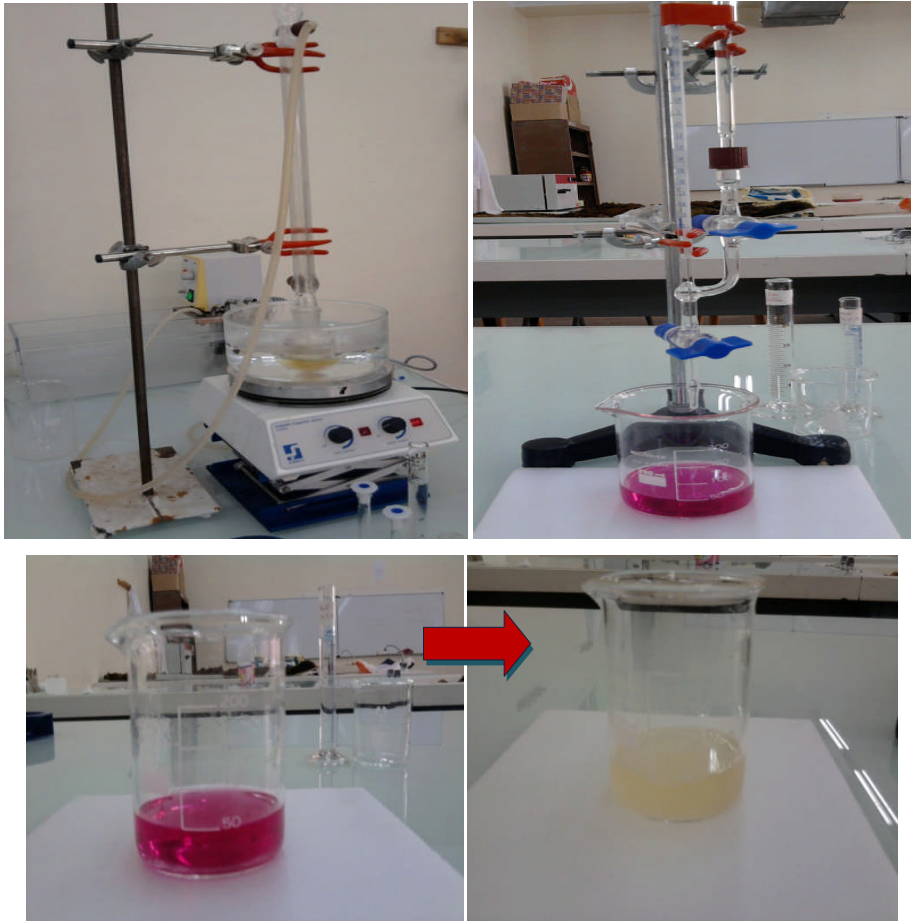


Fig 24: Différentes étapes de la détermination de l'indice d'ester

1-11- Analyse chimique de l'huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse

1-11-1- Description de l'appareil

L'analyse qualitative de la composition chimique de l'huile essentielle extraite par entraînement à la vapeur a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (figure26). L'identification des différents composés est effectuée en se basant sur les banques de données spectrales WILEY 7n et NBS 75k.I. (comprenant, respectivement, des spectres de masse de 250000 et 75000 molécules), avec un taux de similitude supérieure ou égal à 90%.

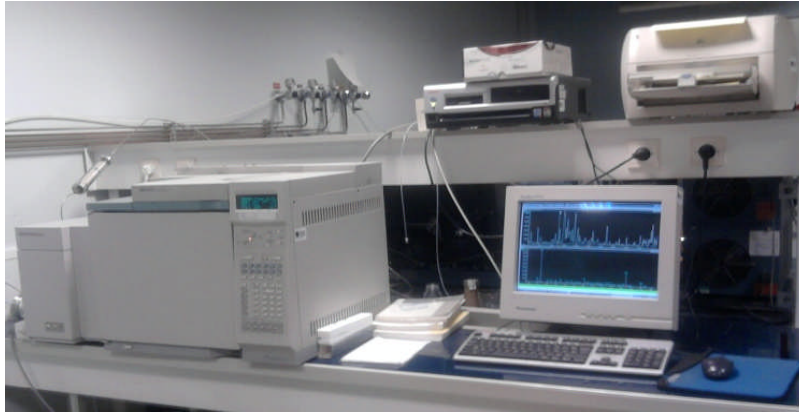


Fig 25: Appareil de chromatographie en phase gazeuse

1-11-2- Méthode d'analyse chromatographique

1-11-2-1- La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Depuis plus d'une trentaine d'années la CPG s'est développée irrésistiblement. Elle est devenue une méthode de choix pour la séparation d'un mélange complexe de produit volatils. A l'aide de la C.P.G, les mélanges très complexes de substances volatiles peuvent être séparés, identifiés et quantifiés dans un temps relativement bref. (TRANCHANT, 1983).

1-11-2-2- Principe

La chromatographie en phase gazeuse est une méthode de séparation des Composés gazeux susceptible d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. . Elle est assez récente et permis de séparer des mélanges de gaz vaporisable à haute température. Le mélange à analyser est injecté dans une colonne métallique de quelques millimètres de diamètre enroulée sur elle-même et contenant la phase stationnaire. Les composés sont véhiculés sous pression par un gaz inerte Il s'agit du gaz vecteur (l'hélium ou l'azote), le temps que met un constituant gazeux pour parcourir la colonne est le temps de rétention, les constituants sont aussi séparés par la différence entre les temps de rétention respectif.

1-11-2-3- Conditions opératoires

L'analyse chromatographique des huiles en phase gazeuse HEWLETT-PACKARD-HP-6890, ont été effectuées au niveau de C.R.A.P.C (Bouismail). Dans les conditions suivantes :

- ✓ un gaz vecteur : azote (N₂)
- ✓ Température de four est : 75°C jusqu'à 225°C (la vitesse de chauffage de 5°C/mn)
- ✓ Température d'injecteur : 250°C
- ✓ Température de détecteur : 260°C

- ✓ Volume d'injection : 0,06 μ l
- ✓ Débit du gaz vecteur : 12ml/min (pression 80 Milli pascale)
- ✓ Mode d'injection : splitless
- ✓ Type de la colonne capillaire : S 30, Long 30m, Diamètre interne 0,32mm
- ✓ UP : 10mm/min
- ✓ Sensibilité : 1400
- ✓ Vitesse du papier : 10mm/minute
- ✓ Pression : P=50KPa



Fig26: Chromatographe de type « Hewlett Packard » (ALPHYT, 2012)

1-12- Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle

1-12-1-Matériel utilisé pour l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles

Le matériel utilisé pour cette expérimentation est constitué :

- Des étuves.
- Des boites de Pétri de 9 cm de diamètre
- pulvérisateur
- tween(80) à 3%
- L'eau distillée
- pince

1-12-2-Préparation des doses des huiles essentielles

A partir des huiles essentielles obtenues, nous préparons les doses à tester après dilution dans le tween 80(diluée 3%) (100ml d'eau distillée +3g de tween).

Pour ces substances nous avons utilisé les doses suivantes :

- 1^{ère} dose : 0,75g d'H E + 99,25 de Tween (3% diluée).
- 2^{ième} dose : 0,5g de H E + 99,5 de Tween (3% diluée).
- 3^{ième} dose : 0,25g de H E + 99,75 de Tween (3% diluée).

Pour chaque dose nous avons effectués trois répétitions et après on pulvérisé par pulvérisateur sur les larves et les adultes.

1-12-3- Test d'efficacité par contact

Dans chaque boite de Pétri de 9 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur sont déposés 10 individus de l'insecte étudié (adulte et larve). Les boites de Pétri sont recouvertes pour éviter la fuite des insectes.



Pulvérisé des adultes et larve



Différentes doses pour adulte avec température ambiante



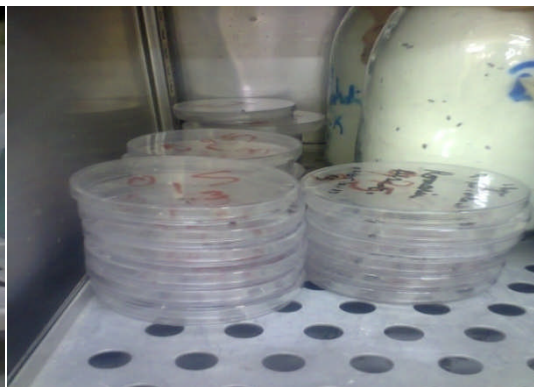
Différentes doses pour adulte avec température 35°C



Différentes doses pour larve à droite avec température ambiante à gauche avec température 35



Pulvérisé deux stade (adulte et larve) par dose pure



Les adultes et larves dans étuve après pulvérisé

Fig27 : installation dispositif expérimentale

1-13-Exploitation des résultats

1-13-1- Correction de la mortalité

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de Schneider- Orelli qui est la suivante :

$$MC = M - M_t \times 100$$

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigé

M (%) : Pourcentage de morts dans la population traitée

M t (%) : Pourcentage de morts dans la population témoin

1-14- Analyses statistiques

1-14-1- Analyses de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (doses, demi-doses, nature de la molécule), il est préconisé de réaliser une analyse de la variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour Analysis of Variance), la distribution de la variable quantitative doit être normale.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

1-14-2-Traitement statistique des résultats

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois, par la suite un calcul des moyennes a été réalisé. Les résultats recueillis sur les tests du pouvoir insecticide de HE ont fait l'objet d'analyses statistiques.

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des produits vis-à-vis de *Tribolium castaneum*, selon leur mode d'application, des analyses ont été faites en utilisant la procédure décrite par le SYSTAT vers. 12, nous avons procédé à l'analyse de la variance à 4 critères :

Facteur 1 : dose avec 8 niveaux (Dp, D1, D2, D3, TDp, TD1, TD2, TD3)

Facteur 2 : Temps avec 4 niveaux (24h, 48h, 72h, 96h)

Facteur 3 : température avec 2 niveaux (température ambiante ou température 35°C)

Facteur 4: stade avec 2 niveaux (adulte et larve).

1-14-3-méthodes d'analyse statistique

La signification des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité (P) :

Erreur à 5%

$P > 0,05$ différence non significative

$P < 0,05$ différence significative

$P \leq 0,01$ différence hautement significative

$P \geq 0,01$ différence très hautement significative

Chapitre II

Résultats

Et

Discussions

2- Résultats et interprétation

2-1- Rendement en huile essentielle de *Citrus Reticulata*

Le rendement en huile essentielle des feuilles de « *Citrus Reticulata* » obtenu par entraînement à la vapeur pendant 3 heures est de 0.88% (tableau 3).

Tableau 3: Le rendement (%) en H.E. de la plantes utilisée

Méthode d'extraction	Entraînement à la vapeur
Durée d'extraction	3 heures
Rendement (%)	0, 88

2-2- Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de *Citrus Reticulata*

L'huile essentielle des feuilles de *Citrus Reticulata* obtenue par entraînement à la vapeur présente les caractères organoleptiques regroupés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de *Citrus Reticulata*

Aspect	Couleur	Odeur
Très liquide, limpide	Jaune-orangé	Odeur des feuilles de mandarine "caractéristique"

Toute les HE obtenues présentent une odeur aromatique agréable. La couleur des HE varie d'une variété à une autre, et d'une matière à une autre.

2-3- Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de *Citrus Reticulata*

D'après le tableau 5, les résultats des analyses physico-chimiques montrent que

La densité de l'HE obtenue est comme l'a indiqué la bibliographie inférieur à celle de l'eau étant de (0,845 à 0,860) < 1

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'HE de *Citrus Reticulata*

Densité	0,8464
Ph	5,72
Indice de réfraction	1,4723
Indice de l'eau distillée	1,334
Indice d'acide	2,4341
Indice de saponification	207,2632
Indice d'ester	204,8291

2-4- Analyse de la composition chimique par chromatographie phase gazeuse

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse de l'H.E de «*Citrus Reticulata*» extraite par entraînement à la vapeur a permis d'identifier 13 composés chimiques cités dans le tableau 6 par ordre séparation.

Tableau 6 : Principaux composés chimiques de l'huile essentielle de '*Citrus Reticulata*' obtenus par **CPG**

IR	taux (%)	Composés
913	0,0023	alpha-thujène
959	0,006	Sabinène
1014	2,8921	alpha-terpinène
1061	0,0362	gamma-terpinène
1133	62,759	N-méthylanthranilate de méthyle
1144	0,1652	limonène oxide
1158	1,3894	(cis-béta) terpinéol
1164	1,5933	Citronellal
1177	0,4092	Bornéol
1205	12,433	(alpha) terpinéol
1383	10,63	(Béta) Caryophyllène
1491	2,0655	Bicyclogermacrène
1498	2,2054	germacrène A

Nous observons d'après les résultats recueillis dans le tableau ci dessus l'huile de mandarinier est caractérisée par un taux élevé de N-méthylanthranilate de méthyle qui a atteint un taux de 62,759 % représentant le composé majoritaire. Nous avons enregistré des taux faibles en gamma-terpinène et un hydrocarbure monoterpénique alors que généralement ces molécules sont les plus représentés dans cette huile.

2-5-Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle

Dans cette partie nous allons présenter les résultats relatifs à l'effet biocide de l'huile essentielle de mandarinier sur les différents formes biologiques de l'insecte étudié : *Tribolium castaneum*)

2-5-1-Evaluation de l'effet d'huile essentielle sur les populations de *Tribolium castaneum*

L'huile essentielle des feuilles de *Citrus Reticulata* appliquée sur les larves de *T. castaneum* s'est révélée faiblement toxique avec les doses (D2, D3). Mais fortement toxique à la dose (D1), par contre nous avons enregistré un effet choc avec la dose pure (Dp) dans les premières 24h. Concernant les doses, tous les traitements ont montré une toxicité progressive dans le temps, la dose D1 s'est révélée la plus efficace suivie de D2 et enfin de D3 (Figure 28).

En revanche, les larves traitées par l'huile essentielle dans des conditions contrôlées, telle qu'une température de 35°C, nous avons enregistré une mortalité précoce par rapport à la température ambiante montrant un effet progressif durant toute la période du suivi.

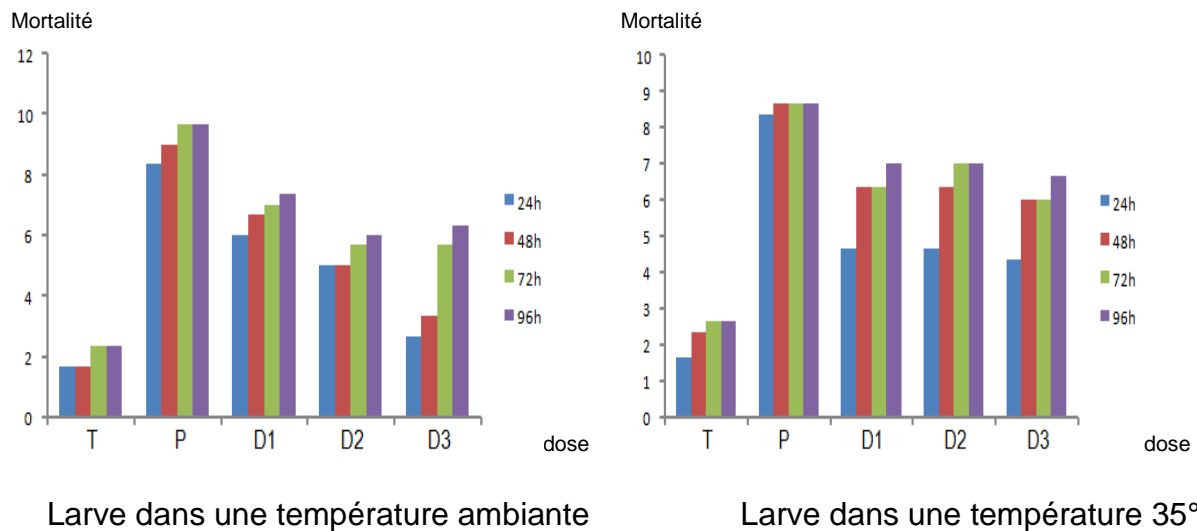


Fig28 : Taux de mortalité des larves

A l'opposé aux larves, les adultes se trouvent moins sensibles aux traitements de l'huile essentielle des feuilles de mandarine en enregistrant un fort taux de mortalité.

Concernant les adultes de *T. castaneum*, les résultats de la mortalité à température à 35°C montrent que l'huile essentielle est nettement active à partir de 24h après traitement en comparaison avec la température ambiante (Figure29).

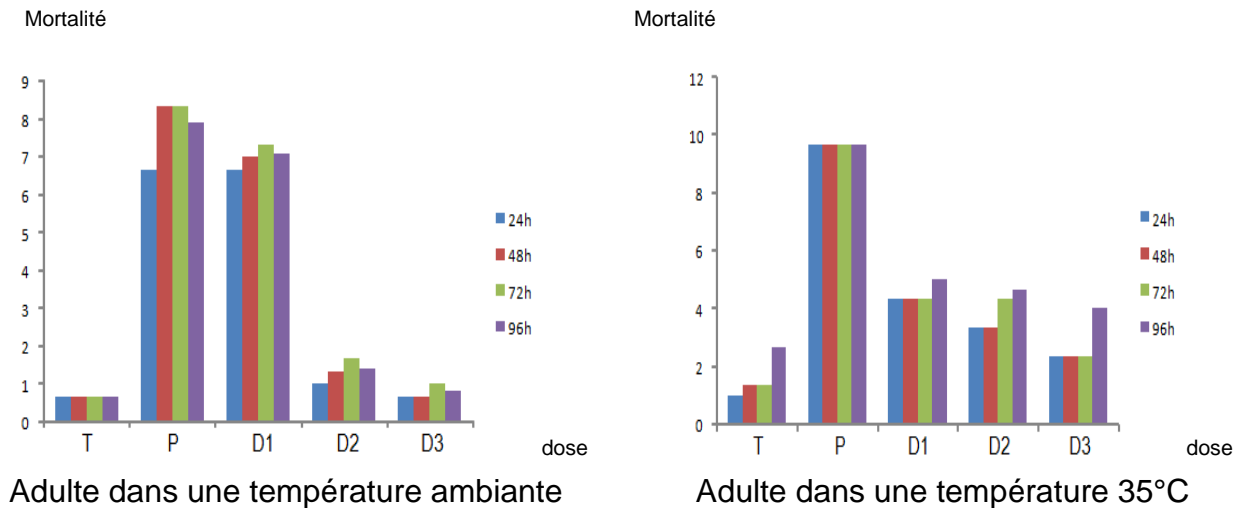


Fig29 : Taux de mortalité des adultes

La dose D1 et Dp présentent la plus forte toxicité sur les larves et les adultes par rapport aux autres doses. Un taux de mortalité naturelle très réduit a été noté pour les témoins qui n'ont pas subi de traitement.

L'huile essentielle de mandarinier s'est manifesté très efficace à la température (35°C), toutes les doses s'y montrés efficace tout le long du suivi, par contre la dose D1 et la dose pure ont révélés une forte dès les premières 24h (Figure28 et 29).

2-5-2-Tendance globale des effets des traitements biologiques sur l'abondance des populations de *tribolium*

Les graphes de la figure 28 et 29 présentent l'évolution temporelle des abondances des populations de *tribolium* sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de mandarine appliqués à différentes doses par rapport au témoin

Concernant l'estimation de l'effet des différentes doses sur l'abondance des *tribolium* étudiés, la dose D1et la dose pure Dp ont montré une forte toxicité en comparaison avec les doses D2 et D3 et au témoin.

Quant à l'effet temps, nous avons enregistré une meilleure efficacité dès le premier jour de traitement avec les doses D1 et Dp cette dernière s'est maintenue durant tout le suivi.

D'après les histogrammes représentés nous pouvons avancer les conclusions suivantes :

1. Les doses testées dans cette études ont révélées une efficacité insecticides sur *Tribolium* le pourcentage le plus faible de la mortalité a été enregistré avec les doses D3 et D2, tandis que la dose pure et la dose D1 et la dose ont montré une meilleure

efficacité au bout de 24h, jusqu'au 4^{ème} jour (96h). nous pouvons avancer que les doses ont un effet insecticide sur l'insecte étudié.

2. Effet de l'HE sur le *tribolium* et pour les deux stades (larve, adulte) : un taux plus faible a été enregistré en adulte, le plus élevé en larve. La conclusion qu'elle peut être extraite c'est que la mortalité augmente avec le stade de l'espèce présente (larve très sensible par rapport aux adultes).
3. Les résultats obtenus pour la température et la période apparaissent progressivement les mortalités chez les individus de *tribolium* ont été toujours plus élevés d'après le temps.

2-5-3-Analyse de la variance de l'efficacité de l'huile essentielle de mandarine sur le *tribolium* en fonction de Temps, température, dose, stade

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance des populations de *tribolium* en fonction des doses, des différents traitements biologiques à base d'huile essentielle utilisée. Ce modèle permet d'étudier l'effet strict et individuel des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs. La fiabilité des résultats a été démontrée sur la base des permutations réalisées.

Selon les résultats obtenus (tableau7) par l'analyse de G.L.M., nous constatons que les stades (F-ratio=51,844, p=0,000, p<1‰), les doses (F-ratio=127,731, p=0,000, p<1‰), même la période de suivie (F-ratio=10,206, p=0,000, p<1‰) et température (F-ratio=9,463, p=0,002) présentent une différence hautement significative sur l'abondance des populations de *tribolium*.

Tableau7 : Analyse de variance

source	Sum-of-squares	df	Mean-square	F-ratio	p
stade	118.148	1	118.148	51.844	0.000
température	21.565	1	21.565	9.463	0.002
Temps	69.779	3	23.260	10.206	0.000
dose	2037.643	7	291.092	127.731	0.000

P > 0,05 différence non significative

P < 0,05 différence significative

P ≤ 0,01 différence hautement significative

P ≥ 0,01 différence très hautement significative

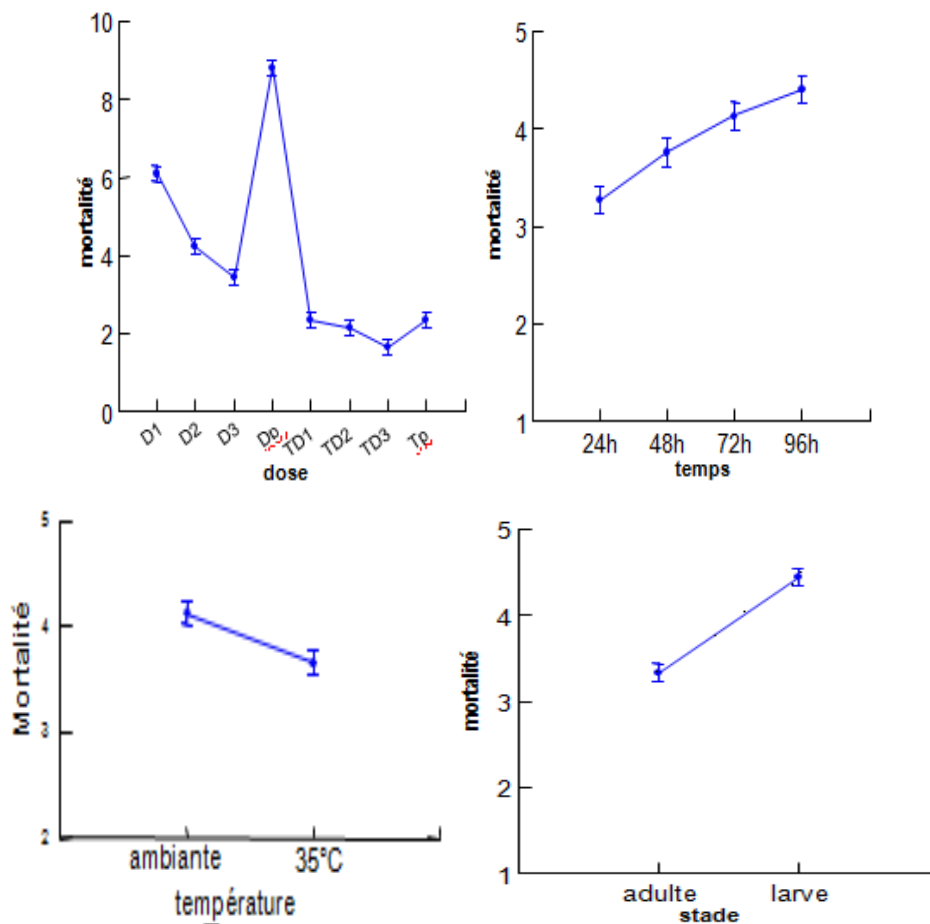


Fig30 : taux mortalité pour différent facteur (par G.L.M)

D'après la figure ci-dessus (figure 30) et en Comparaison avec l'abondance des populations de *tribolium* des différentes doses qui s'est révélée la plus élevée, les doses s'est montré le plus toxique, par rapport en enregistrant la plus faible abondance de populations des témoins.

Nous constatons qu'il ya aussi un effet dose certain sur l'abondance des populations des *tribolium*. La dose D1 et Dp se révèle la plus toxique par rapport à la D2, D3 et cela pour tous les traitements à savoir de la forme biologique.

Quant à l'effet temporel des différents traitements appliqués, nous remarquons que le temps joue en faveur de la toxicité. Cependant, toutes les traitements présentent un effet toxique progressif dans le temps durant la période du suivie.

La confrontation des facteurs : stade, dose, périodes, température après traitements nous indique une progression temporelle du taux d'efficacité des traitements appliqués.

Cette tendance est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA

Selon le taux d'abondance des populations des *tribolium*, il apparait une relation entre le stade et la période, la période et la température, stade et la température après traitement.

En comparaison avec le témoin qui présente la plus grande abondance des populations de *tribolium* étudié par les autres stades biologiques, la température, la période, et les doses présentent la plus forte toxicité en enregistrant le taux d'abondance le plus bas.

Tous les traitements biologiques ont dévoilé une toxicité intéressante avec un effet choc au bout de 24h après traitement.

D'après les graphes nous avons constaté que cette toxicité est maintenue pendant une durée de 24h après traitement (figure 31).

La confrontation des facteurs ; stades et température après traitements nous indique une progression temporelle du taux d'efficacité des traitements appliqués. Cette tendance est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est très hautement significative (F-ratio=6,050; p=0,015)

Tableau8 : Analyse de variance type ANOVA

source	Sum-of-squares	df	Mean-square	F-ratio	p
Stade* temps	12.341	3	4.114	2.129	0.097
Stade*température	11.690	1	11.690	6.050	0.015
Temps*température	2.216	3	0.739	0.382	0.766

P> 0,05 différence non significative

P< 0,05 différence significative

P≤ 0,01 différence hautement significative

P≥ 0,01 différence très hautement significative

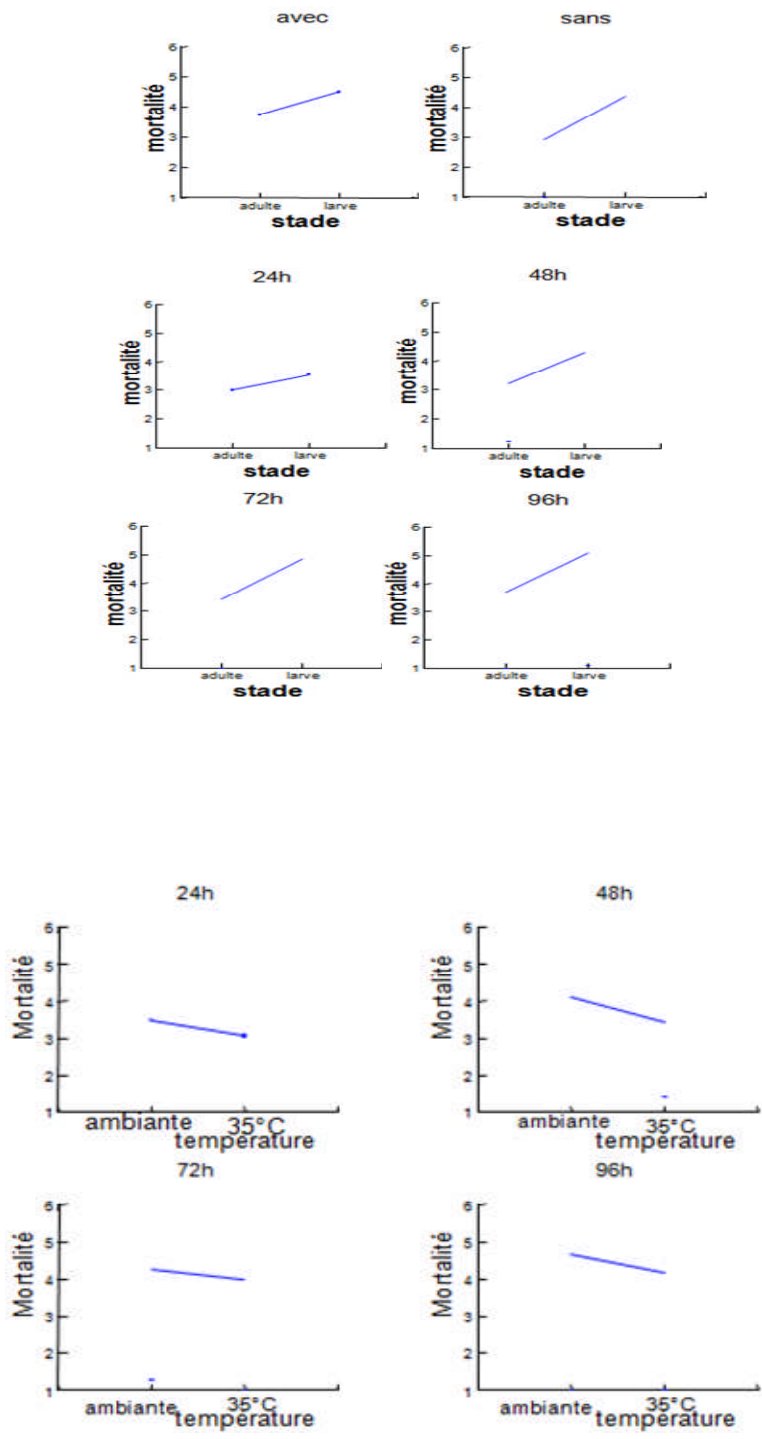


Fig 31:Taux de mortalité entre les facteurs

2-6-Discussion générale

Un problème important de la conservation des grains dans les greniers traditionnels ou les magasins ainsi pour les produits de transformations . Les insectes se développent rapidement à cause du climat favorable et peuvent détruire de 30 à 50% des récoltes après quelques mois d'entreposage (FOUA-BI, 1992; ALZOUUMA,1990; HALL,1970). Plusieurs types de déprédateurs sont à l'origine de ces pertes de céréale (graines et produits de mouture, semoule et farine) parmi les principaux ravageurs secondaires nous citons le *Tribolium castaneum* Herbst (KEITA et al., 2001).

L'une des principales méthodes de lutte contre ce ravageur est l'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse (RELINGER et al., 1988; HAUBRUGE et al., 1988). L'inconvénient de ces insecticides est qu'ils ont souvent une faible activité sur certains stades d'insectes et ils sont néfastes à la santé humaine et l'environnement.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation de certains métabolites issus de plantes afin de mettre au point des méthodes de lutte intégrée, peu onéreuses, efficaces et aisément utilisables dans les lieux de stockage des denrées alimentaires , tel que les céréales et leurs dérivées.

Notre objectifs cette étude c'est : évaluer l'efficacité de l'huile essentielle d'une espèce apparentât au genre Citrus dite *Citrus reticulata* à différentes doses : la dose1 (0.75g), la dose2 (0.5g), la dose3 (0.25g), pendant 96h et sous une température contrôlé et autre ambiante sur le taux de mortalité des deux formes biologiques (larve et adulte) du *Tribolium castaneum* Herbst .

Les plantes sont capables de produire des substances naturelles très variées, en effet, en plus des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), elles synthétisent et accumulent perpétuellement des métabolites secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source immense de molécules exploitables par l'homme dans des domaines aussi distincts que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou encore en agriculture dans le cadre de la phytoprotection (AUGER et THIBOUT , 2002)

Actuellement, les huiles essentielles des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (YAKHLEF, 2010).

Pour ce qui concerne la plante testé nous avons enregistré un rendement assez important au bout de 3 h. TAJIDIN et al, (2011) ont observé des rendements allant de 1 à 2% d'huile essentielle, la valeur enregistrée maximum était 3,0%.par contre plusieurs études ont été montrée de que les feuilles fraîches, présentent des rendements très inférieurs, NGUEFACK et al, (2004) avec 0,57% et Viana et al, (2000)

Il existe beaucoup de facteurs externes pouvant influencer la composition chimique de l'huile essentielle. La température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la composition du sol sont autant de facteurs d'ordre environnemental susceptibles d'exercer des modifications chimiques.

L'huile analysée par KARAWYA et HIFNAWY (1979), a présentée 3 % de méthyle anthranilate, probablement mal identifié puisque la présence de ce composant à des teneurs supérieures à 0,1 % dans l'huile petitgrain mandarinier est considérée comme un signe d'adultération. Notons que nous n'avons pas identifié ce composant dans l'échantillon analysé. L'huile analysée par GERMANA et al, (1990), présente des teneurs élevées de limonène et alpha-terpinène ce qui concorde avec nos résultats sur la présence du composant alpha-terpinène.

FLEISHER et FLEISHER (1990, 1991), ont analysés et ont trouvés une huile avec des teneurs des terpènes et N-méthylanthranilate de méthyle compatible avec le petitgrain mandarinier. D'autres études effectuées sur des plantes cultivés dans les terrains de « Station de Recherche Agronomiques » de l'INRA-CIRAD à San Ghjulian (Corse, France), a portés sur la caractérisation chimiques des huiles obtenues de différents espèces de mandarines (LOTA et al., 2001) et des hybrides de mandarines avec différentes espèces d'agrumes (GANCEL et al., 2003 ; FANCIULLINO et al., 2005 ; TOMI et al., 2008).

Plusieurs informations sur les composants volatils de l'huile de feuilles de mandarine est reportés par ADAMI et al, (2000) et par ALONZO et al, (2003). ADAMI et al, (2000), ont étudiés un échantillon de l'huile de feuille de mandarine extraite par le CO₂ supercritique qui a montré une composition très similaire aux huiles traditionnellement distillées mais avec des notes olfactives très différentes. ALONZO et al, (2003), ont extraits et analysés les feuilles de mandarines (variété *Ciaculli late*) par la méthode Head Space en utilisant le polydiméthylsioxane (PDMS) aux fibres SPME. Ils ont obtenus des teneurs élevées de gamma-terpinène (49.3%) et bêta-caryophyllène (14.2 %) et une faible teneur de N-méthylanthranilate de méthyle (7.1%), probablement due à une faible affinité de la fibre envers les composantes polaires.

Les résultats des tests du pouvoir insecticides sont intéressants du fait qu'ils constituent une première initiative de recherche sur des plantes d'intérêt agronomique. D'après l'étude de la technique d'activité insecticide utilisée dans cette étude, les résultats ont montré des effets insecticides très importants variant en fonction le stade d'insecte, la dose, de temps et la température.

Les résultats relatifs aux traitements biologiques par le biais de l'huile essentielle à base des feuilles de mandarinier ont montré une toxicité temporelle plus ou moins similaire. Les applications réalisées ont enregistré une efficacité tardive. L'effet choc signalé sur les taux de mortalité à partir de 24 heures s'est accentué au bout de 96 heures. Les mêmes résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité allant de la dose complète (Dp) puis la dose (D1) et enfin les (D2 et D3). Cet état de fait nous amène à suggérer deux hypothèses.

Les molécules ont eu un effet répressif sur les larves de *T castaneuma*. Cela suggère que la molécule biologique testée a pu atteindre le site ciblé de la larve à travers l'émanation et/ou la pénétration des molécules après pulvérisation. Nos conclusions rejoignent celles de plusieurs études qui se sont intéressées à la biodésinfection par les brassicacés, En effet, Les propriétés biocides des glucosinolates ont été démontrées sur des organismes de structure cellulaire et de mode de vie différents comme les insectes, les nématodes, les champignons et les bactéries [189].

La seconde hypothèse repose sur l'effet toxique des doses appliquées. Cependant, la dose complétée fractionnée (Dp) s'est individualisée par rapport aux autres doses en enregistrant le taux de toxicité le plus élevé. Cette dernière pourrait être expliquée par l'efficacité assez prolongée causant ainsi une nuisance au développement des larves. Des travaux ont montré qu'en cas de renouvellement trop rapproché des traitements, l'effet du pyrèthre sur les acariens s'amplifie [234].

Quant à la dose (D2) et (D3), leur toxicité maximale a été signalée au bout de 72 heures. Cela confirmera que la dégradation entière des ITC après application en une seule prise.

L'huile essentielle à base de *Citrus reticulata* les doses testées présentent un effet toxique temporel qui évolue vers son maximum après 96 heures de traitements. Les résultats obtenus confirment l'effet toxique de la dose pure(Dp) et la dose (D1) de l'huile essentielle comparée autres dilutions (D2) et (D3). La répression très accusée des populations larvaires sous l'effet de la dose complète (D) pourrait s'expliquer par la

différence du mode d'action du biopesticide et par la présence des concentrations assez élevées en composants chimiques.

Nous pensons que cette huile agirait par contact. Par conséquent, l'organisme cible peut présenter une capacité de métaboliser les matières actives en fonction de leurs voies de pénétration. Selon ISMAN (1999), les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes, car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes non mûrs, sensibles ou à corps mou.

D'après Kéïta et al, (2000) et Regnault-Roger, (2002) Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs

Les résultats acquis dans cette investigation montrent que l'huile essentielle appliquée a montré un effet de choc remarquable sur les larves des insectes traités par rapport à ceux des adultes. Cet effet de choc est estimé par le taux de mortalité de la population de *Tribolium castaneum*.

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes. ISMAN (1999) émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes non mûrs, sensibles ou à corps mou.

Les résultats montrent que les traitements par l'HE essentielles exercent un effet perturbateur sur les individus de *T. castaneum*,

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir (REGNAULT et al., 2005).

L'intérêt du développement de nouvelles formulations à base des huiles essentielles et d'extraits aqueux des végétaux est dû à leurs avantages écologiques et environnementaux indéniables (PANDEY et al., 1982).

CONCLUSION

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous jugeons important de rappeler les résultats obtenus. L'extraction de l'huile essentielle des feuilles de mandarine *Citrus Reticulata* par entraînement à la vapeur à partir de MF a donné un bon rendement,

L'extraction des HE par MF nous a permis d'éviter les moisissures, de gagner le temps et de ne pas perdre quelques substances volatiles lors du séchage,

Dans la partie analytique : l'identification des HE nous avons utilisé la CPG, cette technique nous a révélé une certaine richesse dans la composition chimique de l'HE et caractérisée par un taux élevé de N-méthylanthranilate de méthyle qui a atteint un taux de 62,759 % représentant le composé majoritaire et des taux faibles en gamma-terpinène,

L'effet insecticide très important varie en fonction du stade de l'insecte, la dose, le temps et la température,

Les doses testées dans cette étude ont révélé une efficacité insecticide sur *Tribolium*. Le pourcentage de mortalité le plus faible a été enregistré avec les doses D3(0,25) et D2(0,5), tandis que la dose pure et la dose D1(0,75) ont montré une meilleure efficacité au bout de 24h, jusqu'au 4^{ème} jour (96h),

L'effet choc signalé sur les taux de mortalité à partir de 24 heures s'est accentué au bout de 96 heures. Les mêmes résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité allant de la dose complète (Dp) puis la dose (D1) et enfin les (D2 et D3).

L'huile essentielle appliquée a montré un effet de choc remarquable sur les larves des insectes traités par rapport à ceux des adultes,

Les résultats obtenus pour la température et la période apparaissent progressivement les mortalités chez les individus de *tribolium* ont été toujours plus élevées d'après le temps,

Actuellement, les huiles essentielles des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes, car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes non mûrs, sensibles ou à corps mou.

Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs

Les traitements par l'HE essentielles exercent un effet perturbateur sur les individus de *T. castaneum*,

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir.

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Summary	
ملخص	
Sommaire	
La liste des figures	
La liste des tableaux	
La liste des abréviations	
Introduction.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre 1- Données bibliographiques sur le blé	
1-1-Historique	3
1-2-Importance du blé.....	4
1-2-1- Importance du blé dans le monde	4
1-2-2- Importance du blé en Algérie.....	5
1-3-Structure et morphologie du grain de blé.....	5
1-3-1- Les enveloppe	6
1-3-2- L'albumen.....	6
1-3-3- Le germe.....	7
1-4-Composition biochimique du grain de blé.....	7
1-4-1- Matière sèche	7
1-4-2-Matière minérale.....	7
1-4-3- Matière organique	8
1-4-3-1- Les glucides	8
1-4-3-2-Les lipides	8
1-4-3-3-Les protéines	8
1-4-4-Les enzymes.....	8
1-5- Méthodes de stockage peu fréquent actuellement.....	9
1-6- Principes et moyens de conservation.....	9
1-6-1- Conservation des grains à l'état sec.....	10
1-6-2- Conservation des grains humides.....	10
1-7-Causes de l'altération	11

1-7-1- Biologique	11
1-7-2- Microbiologique	11
1-7-3- Chimique ou biochimique.....	11
1-7-4- Mécanique.....	11
1-8- Facteurs d'altération.....	11
1-8-1- Facteurs abiotiques.....	11
1-8-1-1- La durée de stockage.....	12
1-8-1-2-L'humidité du grain.....	12
1-8-1-3- La température du grain.....	13
1-8-1-4-Oxygène.....	14
1-8-2-Facteurs biotiques.....	16
1-8-2-1-Les vertébrés.....	16
1-8-2-2-Les bactéries.....	16
1-8-2-3-Les moisissures.....	16
1-9-Principaux insectes des Céréales Stockées.....	17
1-9-1-les coléoptères	18
1-9-2-Les lépidoptères	19
Chapitre 2 : Présentation d'espèces étudiées	
2-1-Les insectes ravageurs des denrées.....	20
2-2-Les coléoptères des denrées.....	20
2-3- Position systématique de <i>Tribolium castaneum</i> Herbst	20
2-4-Caractères généraux de la famille des ténébrionidés.....	20
2-5-Etude du genre <i>Tribolium</i>	21
2-6-Origine et répartition géographique.....	22
2-7-Description des différents états du cycle biologique de l'insecte.....	22
2-7-1-L'œuf.....	22
2-7-2-La larve.....	22
2-7-3-La nymphe	23
2-7-4-L'imago.....	24
2-7-4-1-Description des adultes.....	24
2-7-4-2-Distinction du sexe.....	24
2-8-Description du cycle biologique.....	25
2-9- Habitat, régime alimentaire et dégâts	26
2-10- Les moyens de lutte utilisée en stocks	26

2-10-1-lutte préventive.....	26
2-10-1-1-Les mesures d'hygiènes	26
2-10-1-2- la lutte durant L'entreposage.....	27
2-10-1-2-1-Lutte génétique	27
2-10-1-2-2-Lutte par piégeage.....	27
2-10-1-2-3-Lutte par dépistage	27
2-10-1-2-3-1- Dépistage ordinaire.....	27
2-10-1-2-3-2- Dépistage par infrarouge.....	27
2-10-1-2-3-3- Dépistage électroacoustique.....	28
2-10-1-3- Méthode immuno-enzymatique.....	28
2-10-2- lutte curative.....	28
2-10-2-1-Lutte physique.....	28
2-10-2-2-Lutte chimique.....	28
2-10-2-3-Lutte biologique.....	29
2-11- L'utilisation des végétaux.....	29
Chapitre 3 : L'huile essentielle	
3-1- Définitions huile essentielle.....	30
3-2-Historique de l'huile essentielle.....	30
3-3-La production mondiale des huiles essentielles.....	30
3-4- Localisation des huiles essentielles.....	31
3-5- Critères de qualité	31
3-6- Les principes chimiques des huiles essentielles	32
3-7- Composition chimique des huiles essentielles.....	32
3-7-1- Les terpénoïdes.....	32
3-7-2- Les composés Aromatiques.....	32
3-7-2-1- Les phénols.....	32
3-7-2-2-Les aldéhydes aromatiques.....	32
3-7-2-3- Les cétones.....	33
3-7-2-4- Les esters.....	33
3-7-2-5- Les coumarines.....	33
3-7-3- Les terpènes et ses dérivés.....	34
3-7-3-1- Les terpènes.....	34
3-7-3-2- Les alcools terpéniques.....	34
3-8- Variabilité des huiles essentielles.....	35

3-8-1-D'origine intrinsèque	35
3-8-2-D'origine extrinsèque.....	35
3-8-3-D'origine technologique.....	35
3-9- Les principales propriétés des huiles essentielles	35
3-9-1-Propriétés organoleptiques	36
3-9-2- propriété physique.....	36
3-9-3-Propriété chimique.....	36
3-10-Le Rôle des huiles essentielles.....	36
3-11-Domaine d'application des huiles essentielles.....	37
3-12-Technique d'extraction.....	37
3-12-1-La macération.....	38
3-12-2-Hydrodistillation	38
3-12-3-La distillation à la vapeur saturée	38
3-12-4-L'hydro-diffusion	38
3-12-5-L'expression au solvant volatil.....	38
3-12-6- Extraction Soxhlet	38
3-12-7-L'enfleurage	39
3-12-8-Les nouvelles méthodes d'extraction.....	39
3-12-8-1-L'extraction au CO ₂ super critique.....	39
3-12-8-2-La distillation fractionnée.....	39
3-13- Identification des huiles essentielles.....	39
3-14- L'analyse chromatographique	39

Partie expérimentale

Chapitre1 : Matériel et méthode

1-Présentation la plante étudié

1-1-Origines et répartition la plante étudié dans le monde	40
1-2-Caractères botaniques.....	40
1-3 - Importance économique.....	40
1-3-1-Dans le monde.....	40
1-3-2-En Algérie.....	40
1-4-Les principales espèces cultivées en Algérie.....	41
1-5-Présentation de la région d'étude.....	41
1-5-1-Situation géographique	41

1-5-2- Climat de la région d'étude.....	42
1-5-3- Bioclimat de la région d'étude.....	43
1-6-Présentation de l'expérimentation.....	44
1-6-1-L'objectif	44
1-6-2 Présentation du verger.....	44
1-6-3-Lieu et date de prélèvement d'échantillon.....	45
1-7-Matériel biologique.....	45
1-7-1-Espèce entomologique.....	45
1-7-2- L'espèce végétale.....	45
1-7-3-Systématique de <i>Citrus reticulata</i>	46
1-8- Matériel de laboratoire	46
1-8-1-Appareillage.....	46
1-8-2 Description du dispositif d'extraction.....	46
1-9- Rendement en huile essentielle.....	47
1-10- Analyses physico-chimiques de l'huile essentielle de (<i>Citrus reticulata</i>).....	47
1-10-1-Mesure des indices physiques.....	47
1-10-1-1- Détermination de la densité	47
1-10-1-2- Détermination de l'indice de réfraction	48
1-10-2- Mesure des indices chimiques.....	48
1-10-2-1-Détermination de l'indice d'acide	48
1-10-2-2- Détermination de l'indice d'ester.....	49
1-11- Analyse chimique de l'huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse	50
1-11-1- Description de l'appareil.....	50
1-11-2- Méthode d'analyse chromatographique.....	51
1-11-2-1- La chromatographie en phase gazeuse (CPG)	51
1-11-2-2- Principe	51
1-11-2-3- Conditions opératoires	51
1-12- Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle.....	52
1-12-1-Matériel utilisé pour l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles	52
1-12-2-Préparation des doses des huiles essentielles.....	53

1-12-3- Test d'efficacité par contact.....	53
1-13-Exploitation des résultats.....	55
1-13-1- Correction de la mortalité	55
1-14- Analyses statistiques.....	55
1-14-1- Analyses de la variance	55
1-14-2-Traitement statistique des résultats	55
1-14-3-méthodes d'analyse statistique.....	56
Chapitre2 : résultats et discussion	
2- Résultats et interprétation.....	57
2-1- Rendement en huile essentielle de <i>Citrus Reticulata</i>	57
2-2- Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Citrus Reticulata</i>	57
2-3-Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de <i>Citrus Reticulata</i>	57
2-4- Analyse de la composition chimique par chromatographie phase gazeuse.....	58
2-5-Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle.....	58
2-5-1-Evaluation de l'effet d'huile essentielle sur les populations de <i>Tribolium castaneum</i>	59
2-5-2-Tendance globale des effets des traitements biologiques sur l'abondance des populations de <i>tribolium</i>	60
2-5-3-Analyse de la variance de l'efficacité de l'huile essentielle le feuille de mandarine sur le <i>tribolium</i> en fonction de Temps, température, dose, stade.....	61
2-6-Discussion générale	65
Conclusion générale	69
Table des matières	
Référence bibliographique	

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- 1) **Allal–Benfekih, L. 2006.**Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA., Alger, 140 pp
- 2) **AFNOR ,1992** les huiles essentielle de romarin, recueil des normes françaises
- 3) **AFNOR, 2000** recueil de normes : les huiles essentielles. Tome1. Echantillonnage et méthodes d'analyse. AFNOR, Paris, 440p.
- 4) **AIT BENAMAR.Y, 1996.**Essai d'extraction de l'huile essentielle de mari(rosmarinus officinalis .L) ,these, Ing, Tiaret ;56p.
- 5) **Allaya,M. ; Lenquette,L. ; Aradeilles,M.N. ; Debabi, I. ;Arfa L. 1995.**Medagri, annuaire des économies agricoles, IAN, 1995, CIHEAM, IAMM, p.
- 6) **Amirat N., Tebboub S. et Sebti M., 2011.** Effets insecticides des huiles essentielles chémotypées de deux plantes Aromatiques lavandula stoechas et origanum glandulosum de la région De jijel.
- 7) **Anonyme., (2004)**Le marché international d'Agrumes INRA.3p.
- 8) **Anonyme., (2005a)**La culture des agrumes en Algérie – n°49, 4p.
- 9) **Anonyme., (2005b)**Les agrumes de méditerranée n°122. Fruit top. 3p.
- 10) **ANONYME, 2006.** Perspectives de développement des agrumes. I.T.A.F.V., Alger, 8 p.
- 11) **Anonyme, 2010.** Ministère de l'agriculture et du développement rural. D.S.A.I. Statistiques agricoles. Superficies et Production. 68 p.
- 12) **Anonyme,1976.** La protection phytosanitaire des agrumes en Algérie, Ed.Ciba Geicy, Alger, 159 p.
- 13) **AFNOR, Recueil de normes: les huiles essentielles. Tome 2. Monographies relatives aux huiles essentielles, AFNOR, 661-663, (2000).**
- 14) **Bagnouls, F. et Gausse H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88 : 193-239.
- 15) **Bailey, G., Carden, M., Clarke, P., et al, e. (2006).** Mythologie : mythes et légendes du monde entier (de Lodi ed.). Paris.
- 16) **Benayad, N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat.Maroc.61p.
- 17) **BERNARD.T et perineau.F, 1988** Extraction des huiles essentielle, chimie et technologie ; Ed, information chimie.

- 18) **Bocchio E, 1985.** Natural essentials oils. Parfums Cosmét. Arômes.63: 61
- 19) **Bones A.M. et Rossiter J.T., 1996.**The myrosinase-glucosinolate system its organisation and biochemistry, *physiol. Plant.* (97), pp: 194-208.
- 20) **Boughnou N., 1998.** Etude des pucerons et leurs ennemis naturels dans un verger d'oranger dans la région de Oued Aïsi (Tizi Ouzou) ", Thèse. Ing. Agro. Univ. Tizi-Ouzou, 86p.
- 21) **Brunechon J., 1987,** Pharmacognosie, Ecole technique de documentation, Ed. Ravoilie.
- 22) **Brutenon, B; 1997** :-Pharmacognosie,phytochimie ,plantes médicinales ,2ème édition .Ed.Tec et Doc . ,pp :484-535.
- 23) **Campagne agricole 2008.** les statistiques : direction des services agricoles – wilaya de Blida
- 24) **Cee., 1991.** Directive du conseil du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (91/414/CEE). Office de publications officielles des communautés européennes. Journal officiel n° L 230, 207 p.
- 25) **Cee., 1998.** Directive du conseil concernant la mise sur le marché des produits des produits biocides (98/8/CEE). Office de publications officielles des communautés européennes. Journal officiel n° L 123, pp : 1-32.
- 26) **Copping L.G (2001).** The Biopesticide Manual, 2ndedition. British Crop Protection Council, Farnham.
- 27) **Dapkevicius A., Venskutonis R, Van Beek TA., Linssen IPOH, 1998.** Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture* 77(1): 140-146.
- 28) **Deysson G, 1976.** Organisation et classification des plantes vasculaires, Tome. II: Organisation Soc. D'Ed. et Ens. Sup., Paris.
- 29) **Dorman H.J. & Deans S.G., 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plants volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, 88(2): 308-316.
- 30) **DUBOURG.M, 1992.**plantes médicinales ; Ed : aventirum, Prague.
- 31) **Duquenois P, 1979.** Les médicaments aromatiques, leurs caractères, leur contrôle. *Les actualités pharmaceutiques*, 154, 17-2
- 32) **FLUCK.H, 1977.**petit guide panoramique des herbes médicinales ;Ed :3eme édition, paris ; 186p.
- 33) **Ganou L, 1993.** Thèse de doctorat n° 689, Institut National Polytechnique de Toulouse.

- 34) **Garnero J, 1985.** Semipreparative separation of terpenoids from essential oil. *Phytotherapy*. 15: 19
- 35) **Hernandez Ochoa L.R., 2007.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse p225.
- 36) **Imache, A1., Chabaca, M1., Djebbara, M1., Merabet, B1., Hartani, T1., Bouarfa, S2.,Palagos, B1., Kuper, M.3, Le Goulven, P.4, Le Grusse, P.5 ,2006** .Demandes en eau des exploitations agricoles du périmètre irrigué de la Mitidja ouest (Algérie).Economies d'eau en Systèmes IRrigués auMaghreb. Deuxième atelier régional du projet Sirma, Marrakech, Maroc.
- 37) **ISMAN M., 1999.**Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide outlook*, April 1999, pp: 68-72.
- 38) **Isman M.B., 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop prot.* 19, pp: 603-608.
- 39) **Isman,MB.,2002.** Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In. Regnault-Roger, C, Phellogène, B J.R, Vincent C 2002. *Biopesticides d'origine végétale*. Tec et Doc, Paris,p:301- 312.
- 40) **Jacobson M., 1989.** Botanical pesticides, past present and future In Arnason JT. et al. (Ed.). *Insecticides of plant origin*. Washington, D.C.:American Chemical Society Symposium, series 387, p. 1-10.
- 41) **Joseph M. Bové., (1995).** Virus and virus-like diseases of citrus in the near east region by FAO of the United Nations. 113-118p.
- 42) **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.
- 43) **Kim N.S and Lee D.S, 2002.** Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 982: 31-47.
- 44) **Leclant F.,1982.**Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures”, *Jour. D'information et études sur les pucerons des cultures*, Ed.A.C.T.A.,Paris,37-56.
- 45) **LAIADHI.H et Taaba, A, 2002.**extraction et analyse des huiles essentielles de trois espèces végétales de la steppe Algérienne ;thèse, DEUA, Laghouat ;47p.
- 46) **Langenheim J.H., 1969.** Amber: a botanical inquiry. *Science*. 163(872),1157-1169.
- 47) **Legrand G, 1993.** Manuel de préparateur en Pharmacie. Masson, Paris.
- 48) **Loussert R., 1985** – Les agrumes, Arboriculture. Ed. Baillière, Paris, 136p.
- 49) **LoussertR., 1987**–Les agrumes,l'arboriculture. Ed.Lavoisier.Vol.1.Paris, 113p.
- 50) **Loussert R., 1989.** Les agrumes, production. Ed. Sci. Univ., Vol2, Liban, 280p.

- 51) **Mainebeau P, 1994.** La nouvelle Aromathérapie, 2ème édition Jakin, Paris, 28-9
- 52) **Martini MC et Seiller M. 1999.** Actifs et additifs en cosmétologie. Procédés d'extraction des huiles essentielles. Editions Tec & Doc, Editions médicales internationales. p 563.
- 53) **MEKHTICHE.B, 2001.** Evaluation de l'activité antibactérienne de certaines substances naturelles (miel, nigelle, cyprès et résine de pin) ; thèse, ing, medea ;88p.
- 54) **Metcalf R.L., 1994.** Insecticides in pest management. In: R.L. Metcalf, W.H. Luckmann 1994. Introduction to insect pest management, 3^eéd., Wiley, New York, p. 245-314.
- 55) **Mutin G., (1977)-** La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. Ed. PU, Alger, 607p.
- 56) **Negi P.S., Chauhan A.S., Sadia G.A., Rohinishree Y.S. et Rameteke R.S., 2005.**Antioxydant and antimicrobial activity of various seabukthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed extracts. Food. Chem., 92, pp: 119-124.
- 57) **Ollitrault, P., et Luro, F. (1997).** L'amélioration des plantes tropicales. In A. Charrier, J. Michel, H. Serge & N. Dominique (Eds.), (pp. 13-36): CIRAD.
- 58) **OILB-SROP 1973.** Statuts. Bulletin SROP, 1973/1, 25p.
- 59) **Praloran J.C., 1971.** Les agrumes. Ed. Maisonneuve et Larose, France, 565 p.
- 60) **Regnault Roger C., Philogène B.J.R., 2002.**Biopesticides d'origine végétale. Editions Tec et Doc. Lavoisier.
- 61) **Regnault-Roger C., 2002.**De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ? In Regnault-Roger C.,Philogène B. J. R. Vincent C., Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 19-40.
- 62) **Regnault-Roger C., Hamraoui A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelidesobtectus* (Say) (Coleoptera), a Bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Stores Products Research 31:291-299.
- 63) **Renault-Roger C coord., 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, (editions TEC & DOC 11, rue Lavoisier 75008 Paris, Londres-Paris-New York)(l'imprimerie France Quercy à Cahors)
- 64) **Regnault-Roger C., Philogène B.J.R. et Fabres G., 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec et Doc. Paris, 1013 p
- 65) **Sell, C.S. 2006.** The Chemistry of Fragrance. From Perfumer to Consumer. 2nd edition. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 329 p.

- 66) **Smallfield B., 2001.** Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. Crop & Food Research. Number 45,4p.
- 67) **Soylu, S., Yigitbas, H., Soyly, E.M., Kurt, S., 2007.** Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. J. Appl. Microbiol. 103, 1021–1030.
- 68) **Spichiger R.O., Savolainen V., Figeat M. et Jeanmonod D., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs. Ed. Presses Polytechniques et universitaires Romandes, 3ième édition, 413p.
- 69) **Stewart, P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; quelques réflexions. Bull. Soc. Hist. Afri. Du Nord, pp. 24-24.
- 70) **Tchaker F. Z., 2011.** Évaluation des effets des extraits aqueux d'*Inula viscosa* en combinaison avec un bio-adjuvant sur la qualité phytochimique, la densité des sexupares de *Chaitophorus leucomelas* (Homoptera: Aphididae) et sur la reprise biocénologique. Mémoire de magistère en sciences agronomiques, Faculté d'Agronomie, Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 242p.
- 71) **Weiss, E.A. 1971.** Castor, Sesame and Safflower. Barnes and Noble, Inc., New York. Pp. 529-744.
- 72) **Weiss, E.A. 1983.** Oilseed crops. Chapter 6. Safflower. Longman Group Limited, Longman House, London, UK. Pp. 216-281.
- 73) **Wood A. (2004).** Compendium of Pesticide Commonnames, http://www.alanwood.net/pesticides/class_pesticides.html
- 74) **ADRIAN J., POTUS J., POIFFAIT A et DOUVILLIER P., 1998-** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Tec et Doc. Ed : Lavoisier. P / 47-84.
- 75) **ADRIANOR, 2001** - La farine Journal de l'ADRIANOR Agro-Jonction n°26 Juillet / Août 2001
- 76) **ALEM M., 2000-** La conservation et le traitement des denrées stockées. Acte de premier Symposium international sur la filière blé 2000 enjeux et stratégie Ed. OAIC. Alger pp 321-329.
- 77) **Alzouma1. Huignard 1. et Lenga, A., 1994-** «Les coléoptères Bruchidae et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEM/AUPELF, p.79-103. Verstraeten Eds.
- 78) **ANONYME., 2005-** Données statistiques de la F.A.O. Informations statistiques mondiales concernant l'alimentation et l'agriculture.

- 79) **ARTHURE F., 1996**- Grain protectants .J.Storedproduct.Res.Vol.32, pp.293-294.
- 80) **AUGER J et THIBOUT E ; 2002**- substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger, C, Philogène , B J.R , Vincent C .Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p 77-96.
- 81) **AUSLOOS P., 2002**- les huiles essentielles. CNIL.N 80.6p. B J.R , Vincent C .Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p 77-96
- 82) **-BELAICHE ., 1979**- traite de phytothérapie et d'aromathérapie .Ed.Maloine .Paris.
- 83) **BENAYAD N., 2008**- Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat.Maroc.61p.
- 84) **BENCHARIF et CHAULET, 1991** - problématiques et organisation du projet d'étude. ENIAL R séminaire sur la mise en marché des céréales et les stratégie bdes entreprises de la filière Blida, pp1-30.
- 85) **BERNARD T ., BRAVOR et GASSE T . , 1988**- Extraction des huiles essentielles (chemie et technique). information chimie. pp.178-184.
- 86) **BALACHOWSKY A., et MESNIL L., 1936** - Les insectes nuisibles aux riantes cultivée. .Leurs moeurs, leurs destructions. Ed. Etablissement Busson, Paris T. II, vol .III, pp - 1722-17.24.
- 87) **BALICK, M.J., ELISABETSKY, E., LAIRD, S.A., 1995**- Medicinal resources of the tropical forest: biodiversity and its importance to human health. Columbia University Press: New York.
- 88) **BOUDREAU A. et MENARD G -1988** - Le blé élément fondamentaux de transformation Ed. Masson, 216p.
- 89) **BRUNETON J., 1993**- Pharmacognosie, phytochimie, plante médicinale .2eme édition .Ed. Lavoisier, pp.406-435.
- 90) **CHAMP, B. R. et DYTE, C. E., 1976** - Rapport de l'enquête mondiale delaFAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides, FAO, Rome, 374p.
- 91) **Chemat S., Lagha A., AitAmar H., Bartels P.V., Chemat F, 2004.** Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. Flavour and Fragrance Journal. 19:188- 195.
- 92) **Crespo, M.E; Jimenez J. and Navarro C.1991** .Special Methods for the Essential Oils of the Genus Thymus. Modern Methods for plant analysis, 12, pp. 41-61. Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger, C, Philogène
- 93) **DJERMOUN A.E.K., 2009**- Revue Nature et Technologie. N° 01/Juin 2009. Pages 45 à 53.

- 94) **DOUMANDJI A., DOUMANDJI S., et DOUMANDJI MITICHE B ., 2003** - technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock, Algérie office des publications universitaires, 2003, 67 p
- 95) **DRAPRON, 1971** - les enzymes leurs rôle dans la technologie du blé et de ses dérivés. Bull des anc.élèves EFM, 246-236p.
- 96) **DUCOM, P. 1980** - Eléments d'écologie. Des stocks et de lutte contre les ravageurs 65-83.In : ACCT - Rapport du séminaire sur l'amélioration des systèmes récolte en Afrique de l'Ouest. ACCT BAMAKO 230p.
- 97) **EVANS W.C.,1998**-trease and Evan's pharmacognosy .14 th editions, pp.48-65.
- 98) **FEILLET P., 2000**- Le grain de blé composition et utilisation. Ed. I.N.R.A. Paris, 283p.
- 99) **FIELDS P., 2001**- Ravageurs des entrepôts des grains et des produits alimentaires. Ed. Centre de recherche sur les céréales. Canada.
- 100) **Fleurat-Lessard, F., 1994**- «Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraeten, 1-61p.
- 101) **FOURAR, R., 1994** - Variabilité de la sensibilité variétale du blé tendre à *Sitophilus oryzae*(L) ((Coleoptera : Curculionidae) dans le grain et de *tribolium confusum* J. Duval ((Coleoptera : Tenebrionidae) dans la farine. Analyse des relations eco-physiques insecte-grain thèse de Magister Ins. Nat. Agro. D'ELHARRACH, ALGER
- 102) **FLEURAT LESSARD F., 1982** - Les insectes et les acariens in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, pp 349-396.
- 103) **FLEURAT LESSARD F., 1982**- Facteurs favorables au développement des insectes et des acariens. 83-98 In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales stockées Eds. AFNOR - ITC ; 237 p.
- 104) **FLEURAT LESSARD F., 1991**- entomologie de céréales et dérivés et autre contamination d'origine animale in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, 192-220
- 105) **FLEURAT-LESSARD F., 1990** - Altération dues aux insectes et déprédateurs-présentation Aliscope, 90: 18-24p.
- 106) **FLEURAT LESSARD F., 2003** - Préservation de la qualité sanitaire des céréales. Ed. PHYTOMA La défense des végétaux N° 56 3. Pp 22-30
- 107) **FREEMAN, 1973** - Common insect pest of stored and products.Aguidet oftheir identification. British Muscum(NaturalHistory), Economie Series N° 15, London

- 108) **GARNERO ., 1985-** Technique de l'ingénieur, les huiles essentielles .Vol.12, pp 65-66.
- 109) **GODON B. et WILLIAM C., 1998** - Les industries de premiers transformations des céréales. Ed. Tec. Et Doc Lavoisier. Paris pp 3- 216.
- 110) **GODON B., 1991** - Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.
- 111) **GUIRAUD J.P., 1998** - Microbiologie alimentaire Ed. Dunod 648p