

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة امحمد بوقرة بومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdes
Faculté des Sciences
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique en
Agronomie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

Évaluation des potentialités bioinsecticides de l'huile essentielle et
l'extrait alcoolique de *Matricaria pubescens* (desf.) (Asteraceae)
pour la gestion des populations de *Tribolium castaneum* L.
(Herbs, 1797)

Présenté par : AIMENE Fouzia Djanet

Devant le jury :

Promotrice : ACHEUK Fatma	Professeur	UMBB
Présidente : BELAID Messaouda	Professeur	UMBB
Examinatrice : AOUS Wahiba	MCA	UMBB
Co-promotrice : GRICHE Fatma	Doctorante	UMBB

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères, tout d'abord au «Bon Dieu» pour la patience et la santé qu'il m'a offerte tout au long de mes études. Je tiens à exprimer mes profondes gratitude à ma promotrice Professeur Acheuk Fatma et la copromotrice Griche Fatma , pour avoir acceptée de diriger ce travail. Je lui témoignée toute ma reconnaissance pour ses conseils et ses orientations. Mes vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont bien voulu accepter d'évaluer mon travail et aussi à toute ma famille qui m'ont soutenu.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents , les remercier du fond du cœur à ceux qui ont toujours dévoué et sacrifié pour moi, qui m'ont aidé du mieux qu'ils Pouvaiient pour réussir, Qui ont toujours été là. A mes chères frères et ma sœur, et à tous mes amis et mes chers copines.

Résumé

La lutte chimique appliquée en agriculture apparaît responsable de la pollution de la plus part des biotopes et présente un préjudice à la santé humaine. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées stockées contre les ravageurs de blé en poste récolte en particulier *Tribolium castaneum* qui est considéré comme un insecte important et très fréquent dans les entrepôts de blé et d'autres denrées stockées. Pour réduire les toxicités qui incombent à ces produits chimiques, l'utilisation de biopesticide d'origine végétale paraît être une solution à l'avenir pour réduire les infestations et les formes nocives des produits chimiques.

La présente étude a été menée afin de déterminer l'effet insecticide et répulsif de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *Matricaria pubescens* (Desf.) (Asteraceae) contre les adultes de *Tribolium castaneum* L. (Herbs,1797) en conditions de laboratoire. Différentes doses d'huile essentielle et l'extrait alcoolique ont été testées. Les tests insecticides *in vitro* par contact ont montré une activité significative vis-à-vis des adultes de *T. castaneum*, avec une DL₅₀=2,8% et une mortalité de 70,7 % avec la dose la plus élevée 20 %. Par contre un faible effet insecticide a été obtenu pour l'extrait alcoolique, avec une DL₅₀= 3,3 % et une mortalité de 12,1% a été enregistré après 120 h de traitement avec la dose la plus élevée 300 µg/insecte. L'activité répulsive de l'extrait méthanolique était par contre élevée, (P= 0,000 < 0,05) du 87% de répulsion pour la faible dose 50µg après 2 et 100 % de répulsion pour une dose de 200 µg pendant 4 heures.

Les résultats ont montré un effet insecticide de l'huile essentielle et répulsif de l'extrait de *M. pubescens* (Desf.) envers les adultes de *T. castaneum*. Cette plante peut être explorée comme insecticide naturel potentiel contre les insectes ravageurs des produits stockés.

Mots clés : *Matricaria pubescens* (Desf.), *Tribolium castaneum* L. (Herbs,1797), l'huile essentielle, l'extrait alcoolique, insecticide, denrées stockés.

ملخص

إن مكافحة الكيمائية المستخدمة في الزراعة مسئولة عن تلوث معظم الكائنات الحية خاصة صحة الإنسان. يتم البحث عن طرق بديلة لحماية المواد الغذائية المخزنة من آفات حصاد القمح، بالأخص خنفساء الدقيق الأحمر ، التي تسبب أضرار وخيمة في مستودعات القمح، للحد من سمية هذه المواد الكيمائية ، استخدام المبيدات الحيوية من أصل نباتي سيكون حلاً في المستقبل للحد من الإصابة والأشكال الضارة للمواد الكيمائية.

أجريت الدراسة الحالية لتحديد تأثير الزيت العطري والمستخلص الكحولي لنبات *Matricaria pubescens* (Asteraceae) (Desf.) على بالغي حشرة *Tribolium castaneum* L. (Herbs, 1979) تحت ظروف المختبر. تم اختبار جرعات مختلفة من الزيت الاساسي والمستخلص الكحولي ، وأظهرت اختبارات المبيدات الحشرية في المختبر نشاطاً كبيراً ضد البالغين من تريبوليوم كاستينوم ، مع $DL_{50} = 2.879\%$ ومعدل وفيات الحشرية في المختبر من الزيت العطري 20 % ، على من ناحية أخرى ، تم تسجيل تأثير ضعيف للمستخلص الكحولي مع $DL_{50} = 3.335\%$ وموت 12.18% بعد 120 ساعة من العلاج بأعلى جرعة تم اختبارها 300 ميكرو لتر. كان نشاط الطرد للمستخلص الميثانولي مرتفعاً ، $(P = 0.000 < 0.05)$ من 87% بجرعة منخفضة 50 ميكرو لتر في ساعتين إلى 100% طارد بجرعة 200 ميكرو لتر لمدة 4 ساعات.

أظهرت النتائج وجود تأثير سام للزيت الاساسي وخالصة *Matricaria pubescens* (Desf.) على بالغي *T. castaneum* يمكن استكشافه كمبيد حشري طبيعي محتمل ضد الآفات الحشرية للمنتجات المخزنة .

الكلمات المفتاحية: *Matricaria pubescens* (Desf.) ، *Tribolium castaneum* L. (Herbs,1797) ، زيت عطري، مستخلص كحولي، مبيد حشري، أغذية مخزنة.

Abstract

The chemical control used in agriculture appears to be responsible for the pollution of most biotopes and damage to human health. Research into alternative methods of protecting stored foodstuffs against wheat harvest pests, in particular *Tribolium castaneum*, considered to be an important and very frequent insect in wheat warehouses, seems necessary. To reduce the toxicities of these chemicals, the use of bio-pesticides of plant origin appears to be a solution in the future to reduce infestations and harmful forms of chemicals.

The present study was conducted to determine the effect of essential oil and alcoholic extract of *Matricaria pubescens* (Desf.) (Asteraceae) against adults of *Tribolium castaneum* L. (Herbs, 1797) under laboratory conditions. Different doses of essential oil and the alcoholic extract were tested, in vitro contact insecticidal tests showed significant activity against adults of *Tribolium castaneum*, with an LD50 = 2.879% and a mortality of 70.70% with the highest tested dose of essential oil 20%, on the other hand a weak effect of alcoholic extract with an LD50 = 3.335% and mortality of 12.18% was recorded after 120 h of treatment with the highest dose tested 300 µL. The repellency activity of the methanolic extract was high, ($P = 0.000 < 0.05$) from 87% at low dose 50µL in 2 hours to 100% repellency for a dose of 200µL for 4 hours.

The results showed a toxic effect of essential oil and extract of *Matricaria pubescens* (Desf.) On adults of *T. castaneum*. It can be explored as a potential natural insecticide against insect pests of stored products.

Keywords: *Matricaria pubescens* (Desf.), *Tribolium castaneum* L. (Herbs, 1797), essential oil, alcoholic extract, insecticide, stored food.

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

µL : Microlitre

µg : Microgramme

DL₅₀ : Dose létale a 50%

H : Heure

ANOVA :Analysis Of Variance

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

FAO : Food and Agriculture Organization

Sig : Significatif

HE : Huile essentielle

EM : Extraie méthanolique

T. castaneum: *Tribolium castaneum*

M. pubescens : *Matricaria pubescens*

DDT : Dichlorodiphényltrichloroétha

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les facteurs biotiques et abiotique qui détruisent les denrées stockés.....	6
Tableau 2 : Les principaux arthropodes ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (Aziez et al., 2003).	8
Tableau 3 : Utilisations traditionnelles de <i>Matricaria pubescens</i> (Desf.) (Maiza et al., 1995).....	17
Tableau 4 : Pourcentage de répulsion selon le classement de (Mc Donlad et al., 1970).	27
Tableau 5 : Toxicité de contact (valeur de DL50) de l'huile essentielle et l'extrait alcoolique de la <i>M. pubescens</i> contre les adultes de <i>T. castanum</i> 24h après le traitement.....	30
Tableau 6 : Analyse par la méthode Logit pour les 4 doses (5%, 10%, 15 et 25%) de l'huile essentielle de <i>M. pubescens</i>	30
Tableau 7 : Analyse par la méthode Probit pour les 4 doses (50µg, 100µg, 200µg et 300µg) de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i>	31
Tableau 8 : Activité répulsive de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> contre les adultes de <i>T. castaneum</i> pour les doses (50µg ,100µg ,200µg et 300µg) à différents temps d'exposition.....	31
Tableau 09 : Activité répulsive de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> contre les adultes de <i>T. castaneum</i> à différents temps d'exposition.....	32
Tableau 10 : Résultats de test Student de dose 5% après 2 h et 4 h d'exposition des adultes de <i>T. castaneum</i> à l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i>	33

Liste des figures

Figure 01 : Préparation d'une matmoura souterrain (Bartali et al.,1994).....	4
Figure 02 : Œufs, larves et adultes de <i>Tribolium castanum</i> L.(Herbs,1797) (camara,2009)....	9
Figure 03 : La larve de <i>T.castanum</i> vu sous la loupe GX4 (photo originale).....	10
Figure 04 : Nymphe de <i>T. castanum</i> (photo originale).....	11
Figure 05 : <i>T. castanum</i> adulte vu sous la loupe GX4, A: face ventrale B: face dorsale (photo originale).....	11
Figure 06 : Répartition géographique de <i>M. pubescens</i> en Algérie (Mekhadmi N.et al, 2019).....	15
Figure 07 : <i>M. pubescens</i> du la région de Ouargla (Mekhadmi.et al., 2019)	16
Figure 08 : Dispositif d'hydrodistillation (appareil Clivenger) (photo originale).....	22
Figure 09 : Dispositif de a préparation de l'extrait alcoolique par extraction au soxhlet (photo originale).....	23
Figure 10 : Elevage en masse de <i>T. castaneum</i> au laboratoire (Photo originale).....	24
Figure 11 :Traitement par contact des insectes de <i>T. castaneum</i> A.par l'huile essentielle B.par l'extrait végétal (photos originales).....	25
Figure 12 : Traitement répulsif des insectes de <i>T. castaneum</i> par l'extrait végétale (photos originales).....	26
Figure 13 : Pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castanum</i> traités par l'huile essentielle de <i>M. pubescens</i> en fonction du temps et des doses de "toxicité par contact.....	29
Figure 14 : Pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castanum</i> traités par extrait végétale de <i>M.pubescens</i> en fonction du temps et des doses de "toxicité par contact"	30

Sommaire

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	
I : Généralités sur le stockage et conservation du blé	4
1. Stockage et conservation du blé.....	4
1.1 Mode de stockage des grains.....	4
1.1.1 Stockage traditionnel.....	4
1.1.2 Stockage du blé en silos de béton armé.....	4
1.1.3. Stockage en épis.....	5
1.1.4. Stockage en gerbe.....	5
1.1.5. Stockage en plan aire.....	5
1.2. Facteurs de détérioration des grains entreposés.....	6
II : Généralités sur <i>Tribolium castaneum</i> L.(Herbs,1797) méthode de lutte	9
1. Présentation de l'espèce de <i>Tribolium castaneum</i> L.(Herbs,1797).....	9
2. Position systématique.....	9
3. Origine et répartition géographique.....	9
4. Description générale.....	9
5. Description des différents stades de développement.....	10

5.1. Œufs.....	10
5.2. Larve	10
5.3. Nymphe	11
5.4. Adulte.....	11
6. Dégâts et pertes économiques	12
7. Méthode de lutte.....	12
7.1. Lutte préventive.....	12
7.2. Lutte chimique.....	13
7.2.1. Traitement par contact.....	13
7.2.2. Traitement par fumigation.....	13
7.3. Lutte physique	13
7.3.1. Lutte thermique.....	13
7.3.2. Lutte électromagnétique.....	14
7.4. Lutte biologique.....	14
7.4.1. Lutte par les auxiliaires.....	14
7.4.2. Lutte microbiologique.....	14
7.4.3. Lutte par les bio-pesticides.....	14
III : Généralités sur <i>Matricaria pubescens</i>(Desf.).....	15
1. Répartition géographique.....	15
2. Synonymes et noms vernaculaires.....	16
3. Classification taxonomique.....	16
4. Composition chimique de plante <i>Matricaria pubescens</i> (Desf.).....	16
5. Domaines d'utilisation du <i>Matricaria pubescens</i> (Desf.).....	17
5.1. Alimentation.....	17

5.2. Médecine traditionnelle.....	17
IV : Activités biologiques des huiles essentielles.....	18
1. Les huiles essentielles	18
1.1 Historique.....	18
1.2. Définition des huiles essentielles	18
1.3. Répartition et localisation.....	18
1.4. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.....	18
1.5. Rôle des huiles essentielles.....	19
2. Les extraits végétaux	19
2.1. Définition	19
2.2. Techniques d'extraction	19
Chapitre II : Matériel et méthodes	
I : Matériel et Méthodes.....	21
1. Matériel utilisés.....	21
1.1 Matériel du laboratoire.....	21
2. Méthodologie.....	21
2.1. Echantillonnage et préparation de la plante.....	21
2.2. Extraction des huiles essentielles et préparation de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i>	22
2.2.1. Hydrodistillation.....	22
2.2.2. Préparation de l'extrait alcoolique ; Extraction par Soxhlet.....	23
3.1. Elevage de l'insecte.....	24
3.2. Méthodologie de travail.....	24
3.2.1 Préparation des différentes doses de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i>	24

3.2.2 Evaluation de l'activité insecticide par contact de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> vis-à-vis des adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	24
3.2.3 Evaluation de l'activité répulsive de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> vis-à-vis des adultes de <i>T. castaneum</i>	26
3.2.4. Analyse statistique.....	27

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Résultats	29
1.1 Résultats des tests de l'évaluation de l'activité insecticide et répulsive de l'HE et de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> envers les adultes de <i>T. castaneum</i>	29
1.1.1 Activité insecticide et répulsive de l'HE et de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> envers les adultes de <i>T. castaneum</i> : toxicité par contact.....	29
1.1.2 Activité répulsive de l'extrait alcoolique de <i>M. pubescens</i> envers les adultes de <i>T. castaneum</i>	31
2. Discussion	34
Conclusion générale et perspectives	37
Références bibliographiques	39

Annexes

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Le blé constitue l'une des céréales les plus cultivées dans le monde (Djarmoun, 2009). Il est riche en constituants protéiques (Molkhou, 2007).

Afin d'assurer une consommation humaine permanente de blé, la conservation post-récolte est le seul moyen obligatoirement utilisé pour les récoltes qui produisent une fois dans l'année (Waongo *et al.*, 2013). Malheureusement au cours du stockage, ce produit céréalier est exposé à des agressions d'origine abiotique (température, humidité relative) et biotiques (des micro-organismes, des rongeurs et des insectes). Ils causent des pertes importantes quantitatives et qualitatives par la détérioration des grains dans les unités de stockage.

Parmi les insectes ravageurs les plus redoutables figurent les différentes espèces de coléoptères et de lépidoptères (Delobel et Tran, 1993). On estime qu'environ 10 à 40% de la perte annuelle des produits stockés dans le monde a été causée par les insectes (Bhumi *et al.*, 2017).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et irraisonné de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants. Ces dangers ont poussé l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, et de prohibés d'autres dans un futur proche. Afin de limiter l'utilisation des produits chimiques, la majorité des pays ont eu recours à de nouvelles méthodes de lutte telles l'utilisation de substances naturelles actives et non polluantes. La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales (Arab, 2018).

Parmi les solutions envisagées, l'activité biologique d'extraits de plante, comme les huiles essentielles et leurs dérivés (Tia *et al.*, 2013). Plusieurs travaux de recherche ont été effectués par plusieurs auteurs (Camara A. 2009. ; Chenni M., 2016. ; Deb M. et Kumar D., 2020. ; Karahaçane T., 2015. ; Makhloufi, A. *et al.*, 2012. ; Philogène B.J.R. *et al.*, 2002. ; Regnault - Roger C. *et al.*, 2012.; Roulier G., 1990.) . Ces derniers ont étudié la possibilité d'utilisation des huiles essentielles dans la lutte alternative à la lutte chimique.

Dans ce cadre s'inscrit notre travail. Il consiste à mettre en évidence l'effet insecticide de l'huile essentielle, et l'extrait méthanolique de *Matricaria pubescens* (Desf.) sur un insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*, précisément l'effet toxique par contact et l'effet répulsif qui ont été testés.

Le présent mémoire se partage en trois chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique portant des généralités sur le stockage et la conservation de blé, suivi d'une présentation de l'insecte modèle *Tribolium castaneum* et de l'espèce végétale étudiée *Matricaria pubescens*. Le deuxième chapitre porte sur la description de la méthodologie de travail. Quand eu troisième chapitre il représente les résultats obtenus ainsi que leur discussion. Enfin, la présente étude est achevée par une conclusion générale.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le stockage et la conservation du blé

A fin d'assurer la préservation maximale de qualité et la valeur initiale des grains de blé, et prévenir contre les calamités naturelles (sécheresse, faible récolte et chute de production) et la distribution régulière durant toute l'année, un bon stockage est nécessaire (Ketfi, 1982).

1.1. Mode de stockage des grains

Il existe différents modes de stockage : Le stockage traditionnel, stockage du blé en silos de béton armé, stockage en épis, stockage en gerbe, stockage en plein aire.

1.1.1. Stockage traditionnel

Le stockage traditionnel remonte à la plus haute antiquité (Diawara *et al.*, 1989), le mode de stockage traditionnel dépend des conditions climatiques, notamment du taux d'humidité ambiant et des matériaux locaux disponibles. Le paysan algérien, des hauts plateaux, conservait surtout le produit de ses champs d'orge et de blé dans des enceintes creusées dans un sol argileux appelé "El matmoura" (Fig. n° 01) ou dans des sacs en toiles de jute, entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars. Une forte humidité et les eaux d'infiltration sont les inconvénients majeurs de cette méthode de stockage favorisant le développement des moisissures et des phénomènes de formulations bactériennes (Doumandji *et al.*, 2003).

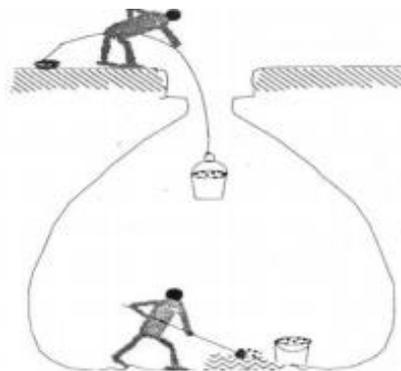


Fig. n° 01 : Préparation d'une matmoura souterrain (Bartali *et al.*,1994)

1.1.2. Stockage du blé en silos de béton armé

C'est le meilleur lieu de stockage prolongé des aliments solides comme les céréales. Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal inoxydable. Leur emploi réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji *et al.*, 2003). Le silo de béton armé présente l'avantage d'être facilement entretenue et résiste bien à la corrosion des parois extérieures et aux pressions verticales et latérales des grains et

aux chocs (Boudreau *et al.*, 1992). Il sont généralement de très grandes capacités, caractérisés par de fortes hauteurs de l'ordre de 50 à 70 m et peuvent même atteindre des hauteurs de 100 m sans difficultés de réalisation (Reimbert, 1982).

1.1.3. Stockage en épis

C'est une méthode de stockage qui a été dans le passé d'une très grande importance. En épi, le grain se conserve beaucoup plus facilement qu'en vrac sans exiger autant de volume qu'en gerbe (Multon, 1982).

1.1.4. Stockage en gerbe

Selon Multan (1982), ce type de stockage est mieux encore que celui en épis car le grain est protégé contre l'échauffement et les insectes notamment les charançons. Mais les gerbes exigent d'avantage de travail à la récolte et au transport. Il a deux principaux avantages, le premier permet de répartir le battage sur tout l'hiver et le second permet une bonne conservation sans séchage artificiel des grains humides.

1.1.5. Stockage en plein aire

C'est une méthode de stockage ancienne, nécessite la bonne préparation de lieu et assure leur propreté, peut être recouverte de bâches pour la protéger d'intempéries (Boulal *et al.*, 2007).

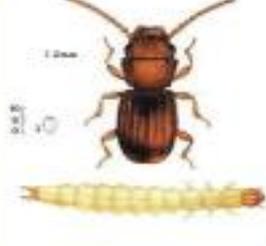
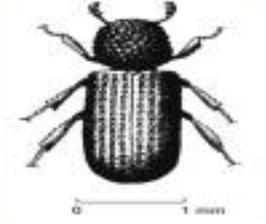
1.2. Facteurs de détérioration des grains entreposés

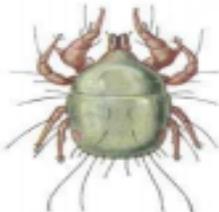
La dégradation des grains pendant le stockage dépend principalement de la combinaison de deux facteurs, les facteurs biotiques et facteurs abiotiques qui sont présentées dans le tableau n° 01 . Parmi les facteurs biotiques, les arthropodes principalement les insectes provoquent des dégâts importants sur les denrées entreposées (tableau n°02).

Tableau n° 01 : Facteurs biotiques et abiotique qui détruisent les denrées stockés.

Facteurs abiotiques		
Température	Le contrôle de la température est nécessaire dans les lieux de stockage car elle joue un rôle important dan la reproduction, par exemple tribolium castaneum nécessite de 19 à 38°C (Multon, 1982).	
Humidité	Les grains sont stockés doivent avoir une humidité inférieure à 70% pour éviter la détérioration par les micro-organismes, notamment les moisissures (Sharma <i>et al.</i> , 2014).	
Facteurs biotiques		
enzymatique	Essentiellement sont provoquées par les enzymes propres du grain, dans les mauvaises conditions de stockage. Elles entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides (Berhaut et al., 2003). Ce sont des hydrolases agissant sur les protéines (protéases), les lipides (lipases) et les glucides (glucosidases) ainsi que l'ensemble des équipements enzymatiques complexes qui régissent des phénomènes de respiration et de fermentation (Multan, 1982).	
Les déprédateurs	Acariens	Insectes
	Ils se reproduisent selon un rythme accéléré, ont une fécondité élevée (Pauli et al., 2013). Très court développement 10 a 12 jours dans 23 à 25°C (Berhaut et al., 2003), Avec un seuil d'humidité relative au minimum 70% (Feillet et al., 2000), soit dans les grains à 17-18% de teneur en eau (Berhaut et al., 2003), Ex : <i>Typhagus putrescentia</i> .	Ils causent des pertes économiques importantes dans les stocks, les Lépidoptères et les Coléoptères sont les principaux ordres comprenant la majorité des espèces ravageurs des stocks.

Tableau 2 : Les principaux arthropodes ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (Aziez *et al.*, 2003).

Insectes	Nom d'insecte	Conditions de prolifération	Dégâts occasionnés	Nature des dégâts
	Charançon (<i>Sitophilus granarius</i>)	Population multipliée par 20 en 80 jours (30°C et grains à 14%)	Larves	-Trous dans les grains -Germe et amende dévorés
	Silvain (<i>Oryzaephylus Surinamensis</i>)	Population multipliée par 50 en 28 jours (32°C, HR90%)	Larves	-Aggravation des dégâts des charançons
	Cryptoleste (<i>Cryptolestes ferrugeneus</i>)	Population multipliée par 60 en 28 jours (35-40°C, HR70-90%)	Adultes et Larves	-Détruit le germe
	Capucin (<i>Rhyzopertha domonica</i>)	Population multipliée par 20 en 28 jours (34°C, HR70%)	Adultes	-Réduction en poudre du contenu du grain
	Cadelle (<i>Tenebroides sp</i>)	Développement larvaire en 100 jours à 28 °C	Larves	-Des grains dévorés

	<p>Dermeste (<i>Trogoderma granarium</i>)</p>	<p>Population multipliée par 12.5 en 28 jours à 35°C</p>	<p>Larves</p>	<p>-Grains creusés</p>
	<p>Alucite des céréales (<i>Sitotroga cerealella</i>)</p>	<p>Population multipliée par 25 en 28 jours à 35°C</p>	<p>Larves</p>	<p>-Attaque le germe -Déprédation des grains avec les fils de soie</p>
	<p>Acarien (<i>Acarus sirop</i>)</p>	<p>Varie selon les conditions de température et la durée de vie</p>	<p>Adultes</p>	<p>-Il détruit les germes de blé et cause des allergies chez les sujets sensibles</p>

II Généralités sur *Tribolium castaneum* et les méthodes de lutte

2. Position systématique

D'après Chenni, (2016) la classification de *T. castaneum* L. (Herbs,1797) est comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Genre : *Tribolium*

Espèce : *Tribolium castaneum* L.(Herbs,1797)

Nom commun : Poux rouge de la farine

3. Origine et répartition géographique

T. castaneum se trouve dans toutes les parties du monde (cosmopolite). Il existe là où les céréales stockées existent sous forme de grains ou de farine. Il est très abondant dans les régions tropicales. Sous climats froids, il est présent uniquement dans les stockages à température élevée (Christine, 2001).

4. Description générale

C'est un insecte appartenant à la famille des Tenebrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les autres. La larve mesure 6mm environ, 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Camara, 2009) (Figure 02).



Fig. n°02 : Oeufs, larves et adultes de *T. castaneum* L. (Herbs,1797) (Camara,2009).

5. Description des différents stades de développement

5.1. Œufs

Les œufs sont de taille microscopique, blanchâtres ou sans couleur, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface. Ils éclosent après une incubation d'une semaine en moyenne à 25°C. Les durées extrêmes étant de 4 jours à 38°C et de 2 semaines à 19°C (Multon, 1982).

5.2. Larve

Les larves sont vermiformes et pourvues de pattes (Godon et Willm, 1998), à l'extrémité du dernier segment abdominal, il y a une paire de courts appendices, les « urogomphes ». La larve mesure 6 mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Fig. n° 03).



Fig. n° 03 : La larve de *T. castaneum* vu sous la loupe GX4 (Photo originale).

5.3. Nymphe

La nymphe a une forme cylindrique. Elle est de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (Christine, 2001). La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer. Le sexe peut être bien visible à ce stade (Fig. n° 04).



Fig. n° 04 : Nymphe de *T. castaneum* (Photo originale).

5.4. Adulte

L'adulte est de couleur uniformément brun rougeâtre, il mesure de 3 à 4 mm. Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé. Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites. Les tarses antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarses postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, et denticulés. Les téguments sont presque toujours très robustes et de teinte foncée (Christine, 2001) (Fig. n° 05).

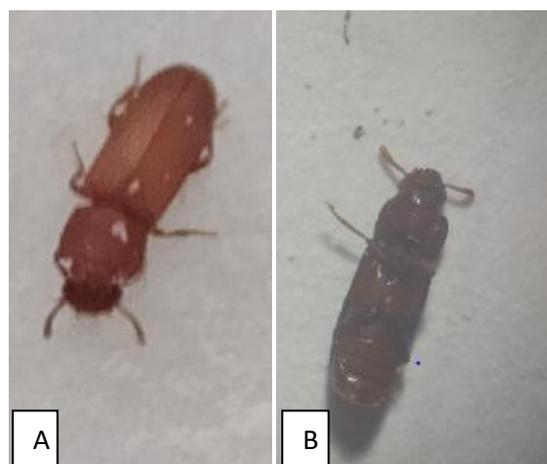


Fig. n° 05 : *T. castaneum* adulte vu sous la loupe GX4, A: face ventrale B: face dorsale (Photo originale).

6. Dégâts et pertes économiques

L'alimentation des insectes granivores aux dépens de grains cause des dommages quantitatifs tels la perte de matière sèche appréciable, et des altérations du stock qui causent des dommages qualitatifs tel que la perte d'éléments nutritifs, de la valeur esthétique, des niveaux accrus de rejets dans la masse du grain et de la perte de la valeur industrielle (Fleurat-Lessard, 2003).

Tripples, (1995) Cahangier et Fleurat-Lessard (2015), indiquent que parmi les causes majeures de la bio-détérioration des grains en stocks sont les bio-agresseurs, qui peuvent causer des pertes correspondant à 35% de la production agricole mondiale selon la FAO (Arab, 2018). Ce ravageur est capable d'infester l'avoine, les grains et farines de blé, le riz, le maïs, l'orge, le pois sec, l'haricot, les graines de coton, le cacao, le gingembre et divers épices (Delobel et Tran, 1993).

D'après Campbell et Hagstrum (2002) plusieurs facteurs influant les dommages sur le stocke comme :

- L'âge des insectes.
- Densité des insectes.
- L'héritabilité (facteurs génétiques) de dispersion.
- La fitness de reproduction qui augmente les chances de colonisation.
- Qualité de nutrition.
- La réponse aux substances volatiles de l'alimentation et aux phéromones d'agrégation.

7. Méthode de lutte

Beaucoup des méthodes sont utilisées contre les ravageurs des denrées stockées et particulièrement le *T. castaneum*. Actuellement, la lutte chimique qui est utilisée dont l'inconvénient est qu'elle présente des formes de résistance chez les insectes.

7.1. Lutte préventive

Selon Taruvinga *et al.*, (2014), les procédures suivantes sont adoptées:

- Nettoyage et séchage des grains et les installations des entrepôts.
- Contrôle de température et d'humidité avant et après le stockage des grains.
- L'entreposage des grains en vrac.
- Les dégâts causés aux grains sont contrôlés régulièrement

7.2. Lutte chimique

La lutte chimique demeure le moyen de protection le plus efficace contre les insectes ravageurs des stocks avec cependant des avantages et des inconvénients (Hall, 1970; Haubruge *et al.*, 1988; Relinger *et al.*, 1988 et Arab, 2018).

Pour la protection des denrées stockées, les pesticides fréquemment utilisés sont les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoides de synthèse (Isman, 2006).

En Algérie, parmi les pesticides autorisés contre les insectes des denrées stockées figurent la Deltamethrine, l'alpha cyperméthrine et le phosphore d'aluminium. Ces substances sont homologuées et enregistrés sur l'index des produits phytosanitaires.

Selon Cruz *et al.*, (1988) deux types de traitement sont généralement employés, le traitement par contact et par fumigation .

7.2.1. Traitement par contact

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

7.2.2. Traitement par fumigation

Le traitement par fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique appelé fumigant, l'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gazs à l'intérieur du grain afin de détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent.

Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun. Ils sont neurotoxiques et des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs dans la chaîne alimentaire (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

7.3. Lutte physique

L'utilisation de méthodes de lutte physique doit s'inscrire dans une démarche de lutte intégrée. Ce mode de lutte physique peut avoir recours à plusieurs technologies dont certaines mettent en œuvre des méthodes actives (Vinncent, 2001).

7.3.1. Lutte thermique

L'utilisation des hautes températures consiste à augmenter la température interne des organismes nuisibles de l'ordre de 50°C à 60°C pour réduire la prise de nourriture, la reproduction et la survie de ces derniers, de même une diminution de la température de ces organismes sous le point de la congélation aboutit à une situation analogue (Vinncent, 2001).

7.3.2. Lutte électromagnétique

Balachowsky (1963), indique que dans la lutte physique, plusieurs pistes d'application des radiations électromagnétiques ont été explorées comme outil de lutte contre les insectes des stocks tels les radiations des ultra-violets, des infra-rouges, les radiations électromagnétiques non-ionisantes, les radiofréquences et les micro-ondes. Fleurat-Lessard (2015), ajoute que d'autres actions entrent dans la lutte physique tels; le séchage, la séparation des impuretés, le soufflage et l'aspiration, la ventilation par refroidissement des stocks à l'air ambiante après la récolte et l'emploi des transvasements des graines périodiquement d'une cellule à une autre pour réduire l'humidité.

7.4. Lutte biologique

Tous les leviers possibles pouvant contribuer à protéger les stocks de céréales contre les attaques d'insectes nécessitent d'être activés dans une approche moderne de la production intégrée appliquée à la préservation des stocks de céréales après la récolte dans le but de minimiser les pertes et l'usage des produits phytosanitaires (Fouar Belaif, 2015).

7.4.1. Lutte par les auxiliaires

Les punaises hyménoptères et différentes punaises anthocorides sont des prédateurs les plus fréquemment utilisées pour contrôler les insectes ravageurs au niveau des dépôts essentiellement contre les coléoptères et les lépidoptères.

7.4.2. Lutte microbiologique

Des micro-organismes entomopathogènes, les bactéries (*Bacillus thuringiensis*), les champignons (*Beauveria bassiana*), les nématodes, les protozoaires et les virus peuvent être utilisés contre ces insectes.

7.4.3. Lutte par les biopesticides botaniques

Selon Bernard (2006), quelques espèces de plantes présentent des molécules insecticides dans la composition de leurs extraits végétaux (extraits aqueux et huiles essentielles). Elles permettent d'agir surtout par inhalation, par contact et par ingestion sur les œufs, les larves et les adultes des ravageurs.

III. Généralités sur *Matricaria pubescens*(Desf.)

1. Répartition géographique

Matricaria pubescens (Desf.) est une espèce endémique, appartenant à la famille des Asteraceae. Elle est très connue en Afrique du Nord on la rencontre particulièrement dans tout le Sahara septentrional et central (Ozenda, 1991), largement distribuée dans tout le Sahara algérien, Au Sahara occidental, Maroc, Tunisie et la Libye. Elle est couchée, redressées et sous forme de touffes. Les feuilles découpées et velues sont d'un vert sombre, involucre à bractées et ayant une marge membraneuse large. Les fleurs toutes en tubes, de coloration jaune, sont groupées en capitules dont le diamètre est de 6 à 7 mm. Elle est commune dans tout le Sahara septentrional (Fig. n° 06) correspondant aux régions de Biskra, Figuig, El oued, Touggourt, Béchar, Ghardaïa, El Golèa, Ouargla, Beni Abbés, et dans le Sahara central qui comprend les régions de Adrar, Tamanghasset, Djanet, Fort-polignac, Fort-Flatters, Timimoune, In Salah (Ozenda, 1991).

Le nom scientifique de la matricaire, *Matricaria pubescens*(Desf.), dérive du latin *Matricaria* désignant matrice ; *pubescens* signifiant velu.

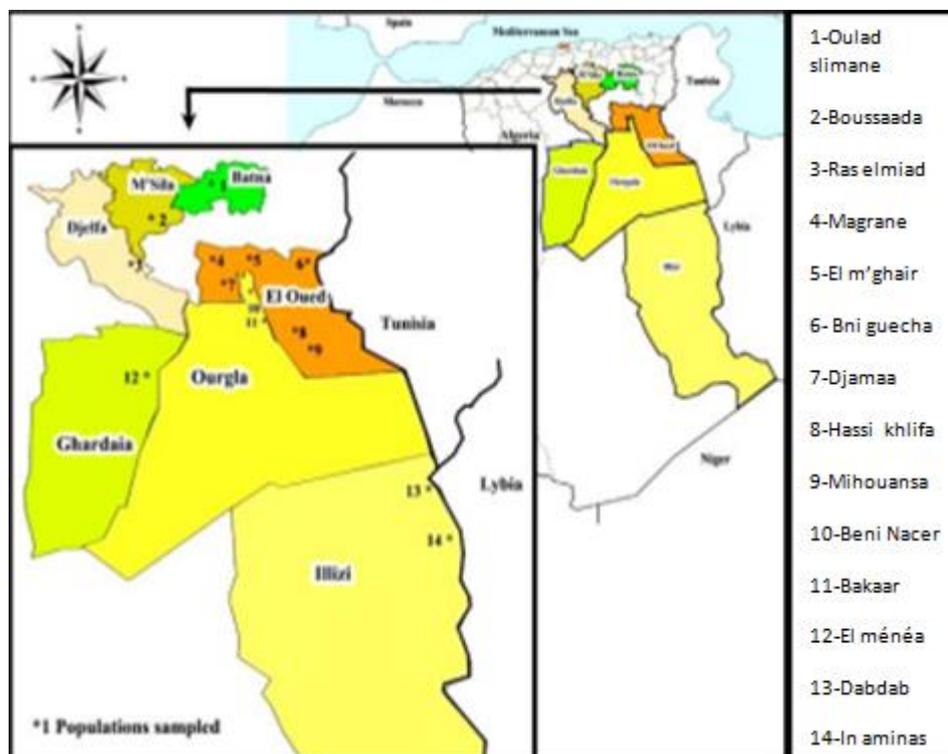


Fig. n°06 : Répartition géographique de *M. pubescens* en Algérie (Mekhadmi *et al.*, 2019) .

2. Synonymes et noms vernaculaires

-*Chlamyphora pubescens* (Desf.)

-*Cotula pubescens* (Desf.)

-*Otoglyphis pubescens* (Desf.)

-Noms vernaculaires :

- En Arabe :

- Ghartoufa

- Filia

- Ouazouaza

- En Tamashaq : Aynasnis

-En Anglais : Hairy camomile

-En Français : Camomille pubescente



Fig. n°07 : *M. pubescens* du la région de Ouargla (Mekhadmi *et al.*, 2019).

3. Classification taxonomique

La classification botanique de *Matricaria pubescens* (Desf.) (Fig. n°07) est comme suit (Ozenda, 2004) :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Sous-classe : Compositea

Ordre : Asterales

Famille : Astéracées

Genre : *Matricaria*

Espèce : *Matricaria Pubescens* (Desf.)

4. Composition chimique de plante *Matricaria pubescens* (Desf.)

Des travaux réalisés sur l'espèce *M. pubescens* ont permis d'isoler plusieurs métabolites secondaires comme les composés phénoliques, les tanins, les glycosides, les flavonoides, les stéroïdes et les saponines (Makhloufi *et al.*, 2012).

5. Domaines d'utilisation du *Matricaria pubscens* (Desf.)

5.1. Alimentation

Cette plante est utilisée pour donner une bonne saveur au thé dans la région sud-ouest algérienne. Elle est aussi utilisée pour la préparation des soupes et dans la conservation du beurre transformé traditionnellement (D'han) (Amirat, 2006). Aussi, elle est utilisée au mois de Ramadan pour résister à la soif et la faim.

5.2. Médecine traditionnelle

L'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle est très variée. Le tableau 03 illustre les différents usages de cette plante ainsi que les différentes méthodes des préparations

Tableau 03: Utilisations traditionnelles de *Matricaria pubscens* (Desf.) (Maiza *et al.*, 1995).

Maladie	Préparation	Modalités d'utilisation.
Rhumatisme	Une décoction à raison d'une poignée de capitule et feuille pour une théière et demie d'eau .	Une verre de thé matin et soir.
Eruption dentaire	Pas de préparation	Frottement de la partie enflée de la gencive avec un capitule de la matricaire .
Dermatose	Une décoction à raison d'une poignée de capitule , et feuille pour une théière et demie d'eau dans un grand volume.	Bain corporel, le patient doit rester en contact de la préparation pendant une dizaine des minutes au moins.
Asthme	Décoction additionné de beurre local .	Prise orale est préconisée.
Allergie	Décoction ou infusion .	Prise orale.
Fièvre	Les capitules de matricaire sont bouillis dans l'eau ou du lait.	Prise orale.
Infection oculaire	Les capitules sont trempés dans l'eau chaude puis écrasés.	Le liquide utilisé comme lavement pour les yeux par instillation .

VI. Activités biologiques des huiles essentielles

Le monde végétal offre les éléments nécessaires à la survie de l'être humain, les plantes demeurent la principale source des huiles essentielles et des substances actives en raison de leur utilisation diverse (Aabed et Kambouche, 2003).

1. Huiles essentielles

1.1. Historique

Selon Essawi et Srour (2000), le terme "huile essentielle" a été inventé au 16^{ème} siècle par le médecin suisse Parascelsus von Hohenheim afin de désigner le composé actif d'un remède naturel. Il existe aujourd'hui approximativement 3000 huiles essentielles, dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l'industrie des arômes et des parfums.

1.2. Définition des huiles essentielles

Plusieurs définitions sont proposées par plusieurs auteurs ; Rolleir (1990) ; Wegrzyn et Lamendinh (2005), ont défini l'huile essentielle comme étant un extrait pur et naturel provenant de plantes aromatiques.

Les molécules actives impliquées dans les mécanismes de défense des plantes sont issues du métabolisme secondaire. Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d'insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, dans les poches sécrétrices des huiles essentielles (Guinoiseau, 2010).

1.3. Répartition et localisation

L'huile essentielle est produite et stockée dans les tissus sécréteurs localisés dans différentes parties de la plante (fleur, fruit, bois, racine, feuille...) sous forme de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (Gonzalez *et al.*, 2010). Elles sont généralement associées à la présence des structures histologique spécialisés, souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante (Degrayse *et al.*, 2008).

1.4. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides à température ambiante mais aussi volatiles. Elles sont solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraîna- bles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (AFSSAPS, 2008).

Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Elles sont pour la plupart colorées. Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité. De ce fait, l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée (Couic *et al.*, 2013). Elles sont constituées de molécules à squelette carboné. Le nombre d'atomes de carbone étant compris entre 5 et 22 (le plus souvent 10 ou 15) (AFSSAPS, 2008).

1.5. Rôle des huiles essentielles

Les plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires. Leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu. Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif pour les insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (Bruneton, 1999). D'autres auteurs pensent que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans les métabolismes végétal et aider la plante à s'adapter à son environnement, ou un rôle répulsif des insectes.

2. Extraits végétaux

2.1. Définition

L'extrait végétal biocontient des composants actifs différents qu'il est possible d'obtenir suivant des technologies d'extractions solide/liquide variées.

2.2. Techniques d'extraction

L'infusion: Elle consiste à verser de l'eau chaude sur les fleurs, les feuilles ou les herbes (tiges) des plantes choisies. Ensuite, il faut laisser reposer quelques minutes.

La décoction: Elle consiste à faire bouillir pendant quinze minutes les tiges ou les racines de la plante, dans de l'eau afin de les ramollir et d'extraire les principes actifs.

La macération: On laisse tremper des fleurs, écorces ou racines de plantes dans de l'huile, de l'alcool ou de l'eau ou un autre solvant organique à température ambiante pendant plusieurs heures.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire du département d'Agronomie, de la Faculté des Sciences de l'université de Boumerdes. Le but de la présente étude vise à mettre en évidence l'effet insecticide de l'huile essentielle de *M. pubescens* (Desf.) et de son extrait alcoolique vis-à-vis de *T. castaneum*, un insecte ravageur des denrées stockées.

1. Matériel utilisé

1.1 Matériel du laboratoire

Une verrerie et des instruments de laboratoire ont été utilisés pour les différentes extractions ainsi que pour la préparation de solutions insecticides et des essais insecticides avec l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* (voir annexe n°1).

2. Méthodologie

2.1. Echantillonnage et préparation de la plante

M. pubescens a été prélevée de la région de Touggourt durant la période printanière de l'année 2021. La partie aérienne (feuilles, les fleurs et tiges) a été séchée à l'ombre au laboratoire dans des conditions de température ambiante afin de conserver les substances et les matières actives de la plante.

2.2. Extraction des huiles essentielles et préparation de l'extrait alcoolique de *M. pubescens*

2.2.1. Hydro-distillation

L'hydro-distillation est la méthode la plus utilisée et la mieux adaptée pour obtenir les huiles essentielles les plus pures à l'aide de l'appareil Clivenger (fig. n°08).

Elle consiste à immerger le matériel végétal dans un ballon en verre, à raison de 250 g de la plante dans 150 mL d'eau distillée. L'ensemble est ensuite porté à ébullition. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes. Elles sont ensuite canalisées dans un condensateur et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau, du fait que l'eau et les molécules aromatiques possèdent une densité différente, l'huile flotte à la surface de l'eau.

L'huile est récupérée puis conservée dans un petit flacon en verre opaque bien fermée pour éviter toute altération de l'huile. Ce dernier est conservé à 4°C jusqu'à l'utilisation.



Fig. n°08 : Dispositif d'hydrodistillation (Appareil Clivenger) (Photo originale).

2.2.2. Préparation de l'extrait alcoolique : Extraction par Soxhlet

C'est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide. L'échantillon (100 g) entre rapidement en contact avec une portion de solvant pur (méthanol 250 mL), ce qui aide à déplacer l'équilibre de transfert vers le solvant. La colonne de distillation génère des vapeurs de solvant qui sont condensées; ce solvant pur et chaud alimente la cartouche contenant le solide inerte et le soluté.

Lorsque la cartouche est pleine, la solution obtenue (solvant et soluté) se vide automatiquement par siphonage (lixiviation) puis retourne dans le bouilleur où le solvant est de nouveau porté à l'ébullition. La lixiviation peut également être opérée par passage continu du solvant ou par vidanges manuelles successives (Fig. n°09). Après 7 cycles, le solvant est récupéré, puis évaporé au rotavapore à 40 °C. L'extrait sec est récupéré dans un pilulier en verre et le reste du solvant est éliminé par la mise du pilulier à l'étuve réglée à 40 °C.



Fig. n°09 : Dispositif de préparation de l'extrait alcoolique par extraction au Soxhlet (photo originale).

3.1. Elevage de l'insecte

Les échantillons de farine de blé contaminées de *T. castaneum* sont ramenés à la salle d'élevage du laboratoire de recherche Valorisation et Conservation des Ressources Biologiques et sont placés dans des bocaux en verre couvert d'un tulle à petites mailles et maintenus dans des conditions de la salle d'élevage (Température: 30-35 °C et une humidité relative: 65 à 70 %), (Fig. n° 10). Les différentes manipulations de ces insectes sont assurées à l'aide d'un pinceau.



Fig. n°10 : Elevage en masse de *T. castaneum* au laboratoire (Photo originale).

3.2. Méthodologie de travail

3.2.1. Préparation des différentes doses de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens*

Quatre doses de l'huile essentielle (HE) de *M. pubescens* 5, 10, 15 et 20% ont été choisies pour les différents tests. Pour l'extrait alcoolique, quatre doses ont été aussi préparées avec choisies 50, 100, 200 et 300 µg/insecte. L'acétone a été utilisé comme solvant pour la préparation des différentes concentrations de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique.

3.2.2 Evaluation de l'activité insecticide par contact de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* vis-à-vis des adultes de *Tribolium castaneum*

L'essai consiste à tester quatre doses différentes de l'huile essentielle de *M. pubescens* (5, 10, 15 et 20 %) pour HE et quatre doses pour l'extrait alcoolique (50, 100, 200 et 300 µg/insecte). Les traitements ont été réalisés par contact direct sur le pronotum des adultes de *T. castaneum*. Le principe consiste à faire repartir d'une façon égale et homogène un volume de 2.5 µL de la solution de l'huile essentielle ou de l'extrait alcoolique prélevé par micropipette sur le pronotum de l'insecte.

Pour chaque dose, le traitement, 20 adultes sont traités et le test est répété 3 fois. Le témoin est traité à l'acétone seul. Les 20 individus sont placés dans des boîtes de Pétri en verre puis maintenu dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'élevage de masse. (Fig. n°11).

L'évaluation de la mortalité a été réalisée après 24h, 48h, 72h, 96h et 120h. Il s'agit de dénombrer les individus morts. Les adultes ont été considéré comme morts lorsque, poussés avec une brosse fine. Ils ne montrent aucun mouvement d'appendice. La DL₅₀ a été calculé pour chaque traitement (huile essentielle et extrait alcoolique).



Fig. n°11 : Traitement par contact des insectes de *T. castaneum* (A) par l'huile essentielle (B) par l'extrait alcoolique (Photos originales).

3.2.3 Evaluation de l'activité répulsive de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* vis-à-vis des adultes de *T. castaneum*.

L'effet répulsif de l'HE et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* sur les adultes de *T. castaneum* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Quatre doses de HE (5, 10, 15 et 20 %) ou de l'extrait alcoolique (50, 100, 200, 300 µg) ont été préparées. Des disques de papier filtre de 8,5 cm sont découpés en deux parties égales 4,25 cm de diamètre, une moitié de chaque disque et imprégné de 500 µL de l'HE ou de l'extrait alcoolique. Tandis que l'autre moitié est imprégnée avec 500 µL d'acétone seul. Une fois le solvant évaporé, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen de scotch. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé au fond d'une boîte de Pétri et un lot de 20 insectes adultes a été placé au centre de chaque disque. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose (Fig. n°14). Le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre traitée à l'extrait et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone ont été relevés au bout de deux et de quatre heures.

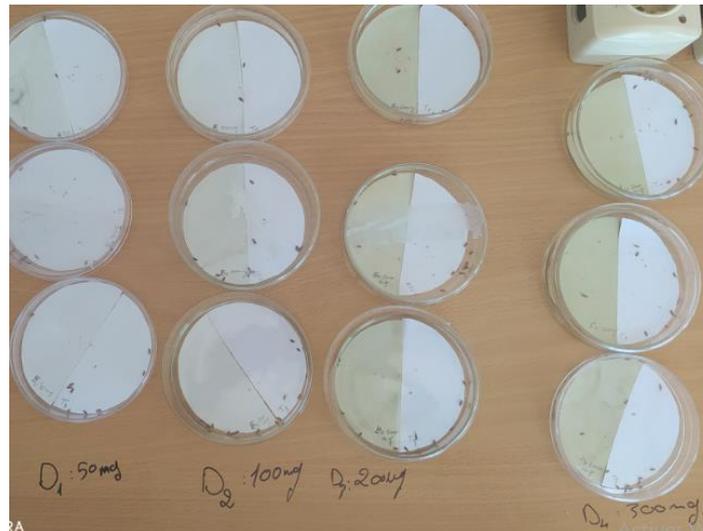


Fig. n°12 : Test répulsif de l'HE et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* envers les adultes de *T. castaneum* (Photos originales).

Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante (Mc Donald et al., 1970) :

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

NC : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée uniquement avec d'acétone (Témoin).

NT : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée avec la solution huile acétone.

Le pourcentage moyen de répulsion pour l'huile essentielle ou l'extrait a été calculé et attribué selon le classement de Mc Donald et al., (1970) (Tableau n°4).

Tableau 4 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald *et al.*, (1970).

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$\text{PR} \leq 0,1\%$	Pas de répulsion
Classe I	$0,1\% < \text{PR} \leq 20\%$	Très faiblement répulsif
Classe II	$20 \% < \text{PR} \leq 40\%$	Faiblement répulsif
Classe III	$40\% < \text{PR} \leq 60\%$	Modérément répulsif
Classe IV	$60\% < \text{PR} \leq 80\%$	Répulsif
Classe V	$80\% < \text{PR} \leq 100\%$	Très répulsif

< :inférieur, ≤ : inférieur ou égal.

3.2.4. Analyse statistique

Les résultats des deux tests sont analysés par SPSS 2020 à 5 % pour déterminer leur signification. La DL50 avec ses limites de confiances a été déterminée par une analyse Probit ou Logit en fonction de la normalité des résultats.

Chapitre III

Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1 Résultats des tests de l'évaluation de l'activité insecticide et répulsive de l'HE et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* envers les adultes de *T. castaneum*

1.1.1 Activité insecticide de l'HE et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* envers les adultes de *T. castaneum* : toxicité par contact

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle et de l'extrait de *M. pubescens* contre les adultes de *T. castaneum* sont présentés dans les figures n°13 et 14.

Les résultats trouvés ont montré que l'huile essentielle testée avait une efficacité insecticide contre les adultes de *T. castaneum*. La toxicité augmente avec l'augmentation des doses et du temps d'exposition. Nous avons enregistré une mortalité de 70,7% après 24 h de traitement avec la dose testée la plus élevée 20% (Fig. n°13). La DL₅₀ calculée 24 h après le traitement était de 2,7 % (Tableau n° 05 et Annexe n° 05).

Par contre, l'extrait alcoolique présente un effet insecticide très faible par rapport aux résultats du l'HE, une mortalité de 12,18% a été enregistrée après 120 h de traitement avec la dose testée la plus élevée 300 µL. La DL₅₀ était de 3,3 µg/insecte. (Tableau n° 05 et, Annexe n°06).

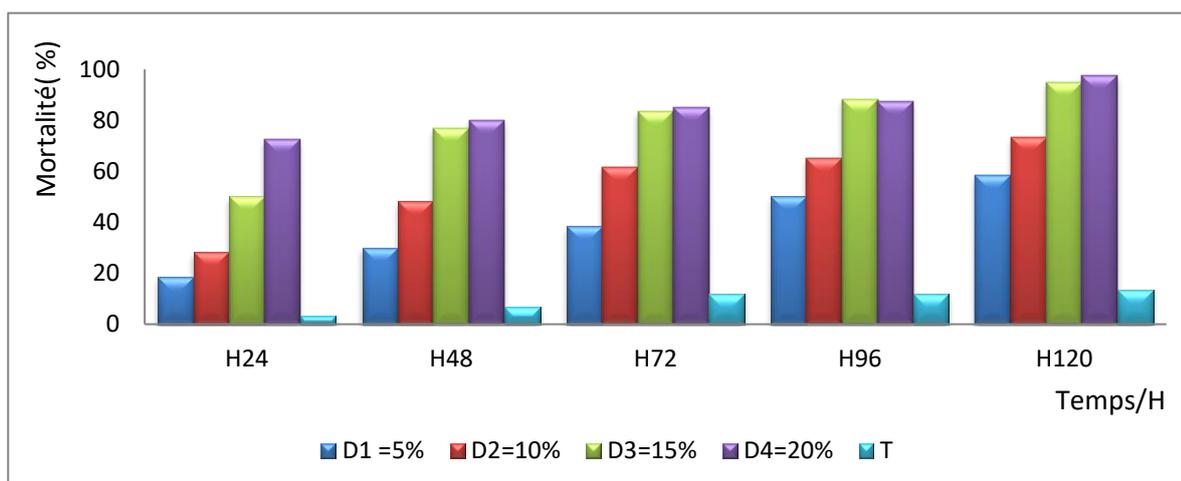


Fig. n°13: Pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle de *M. pubescens* en fonction du temps et des doses "toxicité par contact".

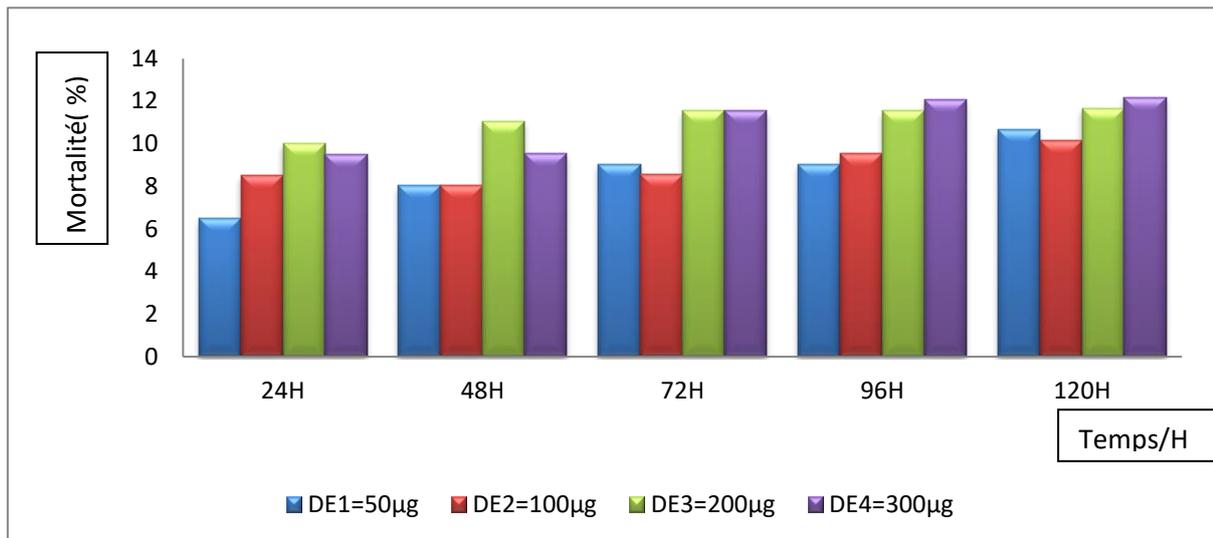


Fig. n°14: Pourcentage de mortalité des adultes de *T. castanum* traités par l'extrait alcoolique de *M. pubescens* en fonction du temps et des doses "toxicité par contact".

Tableau n°05 : Toxicité de contact (valeur de DL₅₀) de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* contre les adultes de *T. castanum* 24 h après traitement.

	Valeur de DL ₅₀	Limite de confiance à 95%	Pente
l'huile essentielle	2,789%	0,377-0,528	4,077
l'extrait alcoolique	3.335%	2.400-6.332	0.338

L'analyse statistique par la méthode de Logit (Tableau n° 06) a montré que le test est hautement significatif ($P < 0.05$) après 24 h de traitement pour les 5 doses.

Tableau n°06: Analyse par la méthode Logit pour les 4 doses (5%, 10%, 15 et 25%) de l'huile essentielle de *M. pubescens*.

Estimations des paramètres							
	Paramètre	Estimation	Erreur standard	Z	Sig	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Logit	Dose	4,077	0.720	5.664	0	2.666	5.488
	Constante	1.816	0.316	5.740	0	-2.133	-1.500

a. Modèle LOGIT : $\text{LOG}(p/(1-p)) = \text{Constante} + \text{BX}$ (Les covariables X sont transformées à l'aide de l'algorithme de base 10,000).

Sig. = 0,000 < 0,05 donc il est hautement significatif à 24 h, ce qui implique que les différentes doses testées de l'huile de *M. pubescens* ont un effet significatif sur les adultes de *T. castaneum* au temps T1 (24 h après traitement) .

Tableau n°07: Analyse par la méthode des Probit pour les 4 doses (50µL, 100µL, 200µL et 300 µL) de l'extrait alcoolique de *M. pubescens*.

	Estimations des paramètres						
	Paramètre	Estimation	Erreur standard	Z	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PROBIT ^a	DOSE	,338	,072	4,725	,000	,198	,479
	Constante	-1,128	,187	-6,022	,000	-1,316	-,941

a. Modèle PROBIT : $\text{PROBIT}(p) = \text{Constante} + \text{BX}$

Sig. = 0,000 < 0,05 donc il est hautement significatif à 24 h, ce qui implique que les différents doses testées de l'extrait alcoolique de *Matricaria* ont eu un effet significativement variable sur les adultes de *T. castaneum*, le premier jour après traitement, même si les taux de mortalité enregistrés à ce temps d'observation étaient faibles comparativement à ceux obtenus pour l'huile essentielle

1.1.2 Activité répulsive de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* envers les adultes de *T. castaneum*

Les résultats de l'activité répulsive de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* contre les adultes de *T. castaneum* sont présentés dans le tableau 8.

Tableau n°08: Activité répulsive de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* contre les adultes de *T. castaneum* pour les doses (50µg ,100µg , 200µg et 300µg) à différents temps d'exposition.

	D1=50µg		D2=100µg		D3=200µg		D4=300µg	
Temps	2H	4H	2H	4H	2H	4H	2H	4H
Répulsion	87± 1.24	92± 0.47	87± 1.24	97± 0.47	98± 0.47	100	95± 0.82	98± 0.82
Classe	V	V	V	V	V	V	V	V

H. Heure

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de répulsion était variable en fonction des doses et les périodes d'exposition (2 h et 4 h)

Toutes les doses testées (50µg , 100µg , 200µg et 300µg) de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* présentaient un effet très répulsif vis-à-vis des adultes de *T. castaneum*. Le pourcentage de répulsion était variable de du 87% à la faible dose après 2 heures d'exposition jusqu'au 100% pour une dose de 200µg après 4 heures d'exposition.

-Les testes statistiques :

On peut appliquer le test de Student pour faire la comparaison entre le taux de répulsif (témoin et traitement) si les données sont quantitatives et suivant une loi normal (selon le test de normalité), et si ces données ne suit pas une loi normal on applique la loi U Mann Whitney (tableau n°09).

Tableau n°09 : Activité répulsive de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* contre les adultes de *T. castaneum* à différents temps d'exposition

Tests de normalité						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
Traitement	Statistiques	Ddl	Sig.	Statistiques	Ddl	Sig.
Répulsion traitement	0.253	3		0.964	3	0.637
Répulsion traite	0.253	3		0.964	3	0.637

Correction de signification de Lilliefors

La sig. du témoin et de traitement = 0,637, c'est supérieur à 0.05, donc les données suivent une loi normale, donc on applique le test de Student (tableau n°11) .

-Test de Student :

Tableau n° 10 :Résultats de test Student de dose 5% après 2 h et 4 h d'exposition des adultes de *T. castaneum* à l'extrait alcoolique de *M. pubescens*.

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	T	ddl	Sig. Bilatéral	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inférieur	Supérieur
REPULSION	Hypothèse de variances égales	0,000	1,000	11,759	4	0,000	14,667	1,247	11,204	18,13
	Hypothèse de variances inégales			11,759	4	0,000	14,667	1,247	11,204	18,13

Sig. = 0,000 < 0,05 donc le test de Student est significatif ce qui implique que l'extrait alcoolique de *M. pubescens* possède un effet répulsif contre les adultes de *Triboleum* à une dose 50 µg en 2 h .

2. Discussion

Les plantes aromatiques sont parmi les bio-insecticides les plus efficaces dans la lutte biologique grâce à leurs métabolites secondaires.

Dans cette étude, Il a été trouvé que l'huile essentielle de *Matricaria M. pubescens* possède des propriétés insecticides et répulsives intéressantes contre les adultes de *T. castanum*, le ravageur des denrées stockées. La toxicité augmente avec l'augmentation des doses et le temps d'exposition. Pour l'huile essentielle, nous avons enregistré une mortalité de 70,7 % après 24 h de traitement par contact direct, la valeur de DL_{50} était de 2,789 % après 24 h de traitement avec la dose la plus élevée (20%). L'extrait alcoolique, par contre présente un effet insecticide très faible, mortalité de 12,18% a été enregistrée après 120 h de traitement avec la dose la plus élevée 300 μ L/insecte avec une DL_{50} de 3,3 %.

L'activité répulsive de l'extrait alcoolique vis-à-vis des adultes de *T. castaneum* était très intéressante même à faible dose, une répulsion de 87% a été enregistrée avec la faible dose 50 μ L, après 2 heures d'exposition. La forte dose 300 μ L a engendré une répulsion de 95 % après 2 h de temps et de 98 % après 4 h d'exposition.

L'efficacité insecticide et répulsive des plantes médicinales contre les insectes des denrées stockées a été confirmée par plusieurs chercheurs (Tapondjou *et al.*, 2005), L'effet bioinsecticide obtenus pourrait s'expliquer en partie par l'effet insecticide des composés majoritaires des huiles essentielles testées. Ceci est en accord avec les résultats de plusieurs chercheurs notamment ceux de Ngamo et Hance (2007) qui rapportent que la toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires. Ces derniers ont des efficacités insecticides soit singulière ou synergique.

Ces observations ont été notées également par Asawalam et ses collaborateurs (2008) qui ont testé la toxicité des composants majoritaires des huiles essentielles extraites de *Vernonia amygdalina* (Asteracées) sur *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae), qui sont 1,8-cinéole , β -pinène , α -pinène , myrtenal , pinanol , L-carveol , transpinocarveol, et linalool. La dose létale minimale 0.5 mg qui provoque une mortalité de 100% des adultes de *Sitophilus zeamais* par les huiles essentielles de *Vernonia amygdalina*. La mortalité est de $63\pm 2,1\%$ par le composé 1,8-cineole, elle est de $37\pm 2,4\%$ pour le β -pinène, et aucune mortalité n'est enregistrée pour chacun des autres composants. Elle est par contre de 100% par le mélange des huit composants majoritaires.

Les résultats de ces chercheurs montrent que l'action toxique combinée des composants majoritaires est plus remarquable que l'action individuelle de ces composants. L'étude menée

par Wagner *et al.* (2021) a montré que l'huile essentielle de l'Asteraceae : *Lavandula dentata* avait une bonne activité insecticide sur les trois insectes nuisibles des denrées stockées étudiés. Les valeurs de CL_{50} contre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae) et *T. castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae) étaient de 26,9 et 11,3 $\mu\text{L/L}$ d'air (essai sans nourriture) et de 42,7 et 29,3 $\mu\text{L/L}$ d'air (essai avec nourriture).

Pour une autre Astéraceae, Wang *et al.* (2005) rapportent que l'activité répulsive de *Artemisia vulgaris* vis-à-vis le *T. castaneum* à la concentration de 0,6 $\mu\text{L/mL}$ était de 100% par fumigation. Pour la toxicité de contact, Le taux de mortalité observé était de 74% pour la dose 8 $\mu\text{L/mL}$ et de 100% à dose de 12 $\mu\text{L/mL}$. Dans le même contexte Deb et Kumar (2020) indiquent dans leur étude des potentialités insecticides très intéressantes de *Artemisia annua* pour la toxicité par contact, les adultes de *T. castaneum* se sont révélés plus sensibles aux huiles essentielles éluées par l'éther de pétrole ($DL_{50} = 0,43$ mg/adulte) qu'aux huiles essentielles méthanoliques ($DL_{50} = 1,87$ mg/adulte). La toxicité des huiles essentielles d'éther de pétrole étaient également supérieures en essais de fumigation contre les adultes de *T. castaneum* (0,81 mg/L d'air) et les larves (0,65 mg/L d'air). De plus, le même a été également enregistré comme un puissant répulsif.

D'après tous ces résultats, il apparait que la famille des Astéracées présente un effet insecticide et répulsif contre les insectes Coléoptères nuisibles des denrées stockées spécialement les *Tribolium*.

Dans notre étude, l'huile essentielle et l'extrait ont été utilisés à l'état brut sans fractionnement. Leur efficacité est due à l'effet synergique de l'ensemble des constituants de l'huile ou de l'extrait. L'huile essentielle a donné un bon effet insecticide par contact comparativement à l'extrait. L'extrait par contre a donné un très bon effet répulsif contre les *Tribolium*. L'analyse statistique des données de la toxicité de l'huile et de l'extrait de *M. pubescens* sur les adultes de *T. castaneum*, était significative aussi bien pour l'effet toxique ainsi que pour l'effet répulsif.

Nos résultats montrent donc que l'huile essentielle et l'extrait alcoolique de *M. pubescens* pourrait convenir à la lutte biologique contre *T. castaneum*, chacun par un mode d'action différents (contact ou répulsion) et devenir une alternative intéressante aux stratégies classiques de lutte chimique dans les sites fermés tels que les serres et les lieux de stockage des denrées alimentaires. Mais des tests à plus grande échelle sont nécessaires pour confirmer nos résultats.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Les insecticides botaniques sont une alternative durable à la lutte chimique contre les ravageurs et qui pourrait contribuer à réduire l'utilisation de ces derniers. Notre étude rentre dans le cadre de la recherche de solutions alternatives permettant de réduire les pertes occasionnées par les insectes nuisibles. Elle a été consacrée à l'évaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle et de l'extrait alcoolique de *M. pubescens* (Desf.) à l'égard d'un insecte ravageur des denrées stockées *T. castaneum*. Les tests insecticides *in vitro* ont révélés que l'huile essentielle et l'extrait de *M. pubescens* (Desf.) possède des propriétés insecticides et répulsives intéressantes contre les adultes de *T. castaneum*. Les résultats montrent qu'après 24 h de traitement par contact direct nous avons enregistré une mortalité de 70,7% avec la dose testée la plus élevée 20%, et la valeur de DL₅₀ était de 2,7 % ce qui montre que l'huile essentielle s'est avérée toxique par contact. L'extrait alcoolique présente un effet insecticide très faible, une mortalité de 12,18% a été enregistré avec une DL₅₀= 3,3 µg/insecte après 120 h de traitement avec la dose testée la plus élevée 300 µg/insecte. L'activité répulsive de l'extrait de *M. pubescens* vis-à-vis les adultes de *T. castaneum* était élevée, elle varie entre 87% pour la faible dose 50 µg après 2 heures jusqu'au 100 % pour une dose de 200 µg pendant 4 heures.

Ceci implique que *M. pubescens* possède une toxicité par contact et une effet répulsif considérables contre *T. castanum* qui pourraient être attribuées aux différents composés chimiques de cette plante.. Ces travaux fourniraient une base scientifique pour le développement et l'utilisation ultérieure des huiles essentielles et les extraits alcooliques dans la lutte contre les insectes des produits stockés. Ce travail préliminaire mérite d'être encore approfondi. Nous envisageons donc de poursuivre cette étude afin de préciser la nature des composés responsables de cette activité et même pour déterminer le mécanisme d'action de ces huiles essentielles, et d'évaluer l'activité de ces substances naturelles sur d'autres stades de développement (larves, œufs et nymphes) de *Tribolium* et sur d'autres insectes ravageurs primaires ou secondaires.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. Mai 2008.

Alabed D. et Kambouche N., 2003-Les huiles essentielles, Ed., Dar el Gharb, 113p.

Arab R., 2018- Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae), thèse magistère, université de Sétif, 89p.

Asawalam E., Emosairue S., & Hassanali A., 2008: Contribution of different constituents to the toxicity of the essential oil constituents of *Vernonia amygdalina* (Compositae) and *Xylopiya aetiopica* (Annonaceae) on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*, 7 (16), pp: 2957-2962.

Aziez M., Hammadouche O., Mallem S. et Tacherifet S., 2003. -Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. C. N. M. Z, Algérie, 55p.

Balachowsky S., 1963 -Entomologie appliqué à l'agriculture, Ed., Masson et Cie, Tome 1, second volume, Paris, 1387p.

Bartali E.H., Parsons E. et Vertraeten Ch. 1994- La conservation des denrées : cas des céréales In : agronomie moderne bases physiologique et agronomique de la production végétale T E Ameziane et person (eds).Hatier-Aaupelf-uref (ed), 465-486pp.

Berhaut P., Le Bras A., Niquet G et Griand P., 2003. - Stockage et Conservation des grains à la ferme. Ed. Tec et Doc, ARVALIS, institut du végétal, Paris, 108p.

Bernard P., 2006. -La lutte biologique contre les organismes nuisibles à l'agriculture. *Insecte Sci. Universi.*, Alger., pp 136-137.

Bernard P., 2006. -La lutte biologique contre les organismes nuisibles à l'agriculture. *Insecte Sci. Universi.*, Alger., pp 136-137.

Bhumi T., Urvi C. and Pragna P., 2017. Biopesticidal potential of some plant derived essential oils against the stored grain pests. *International Journal of Zoological Investigations*, 3, p188.

Boulal H., Zaghouane O., E Mourid M, Rezgui S. 2007. Guide pratique de la céréale d'automne (blé et orge) dans le Maghreb .pp171-176.

Bruneton J., 1999 - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Ed. TEC et DOC, Paris. 50 p.

Cahagnier B., Fleurat-Lessard F., 1996 - Bonnes conditions du grain à l'entreposage et moyens de maîtrise des altérations en cours de stockage. In: Guide des bonnes pratiques du GLCG : stockage à plat des céréales pour une durée indéterminée, GLCG, Ed., La Rochelle, France, pp : 7-14.

Camara A. 2009 - Lutte contre *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat, université de Québec, Montréal., 142-154p.

Campbell J.-F., Hagstrum D.W., (2002)-Patch exploitation by *Tribolium castaneum*: movement patterns, distribution, and oviposition. *Journal of Stored Products Research*, 38 (2002). pp 55-68.

Chenni M., 2016. -Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic, *Ocimum basilicum*, extraite par hydro-distillation. Thèse de doctorat en sciences. Université d'Oran. Ahmed Ben Bella, 160p.

Christine B., 2001. -Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2^{ème} Edition. pp124-154.

Couic-Marinier F., Lobstein A., 2013. -Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques* ; 52 (525) : 18-21.

Cruz F, Troude F, Griffond et Hebert J.P., 1988. - Conservation des grains en régions chaudes, 2^{ème} édition. Ministère de coopération et de développement. Paris., 544P.

Deb M. et Kumar D., 2020. Bioactivity and efficacy of essential oils extracted from *Artemisia annua* against *Tribolium castaneum* (Herbst. 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae): An eco-friendly approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189, 199.

Degryse A C, Delfa I et Voinier M A., 2008. -Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique*. 94, 8-11. Editions Dangles ; Escalquens.

Delobel A et Tran M., 1993. -Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Paris., IRD édition. 424-425p

Diawara B., Richard J., Molard D et Cahagnier B., 1989 -Conservation des céréales humides sous atmosphère contrôlée. Limites théoriques et pratiques. *Céréales en régions chaudes*. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Euro text, paris. 105-116 pp.

Djermoun A., 2009. -La production céréalière en Algérie :les principales caractéristiques. *Revue. Nature et technologie*. N°1. pp45-53.

Doumandji A., Doumandji-Mitiche B et Doumandji S., 2003. -Cours de technologie des céréales : technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des publications universitaires : 1-22pp.

Feillet P., 2000. -Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA., Paris., 308p.

Flurat-Lessard F., 2015- Résidus de pesticides dans les céréales alimentaires ; détériorations des graines après la récolte : les insectes premier facteur de pertes, Ed., Quae/Acta, Paris, 160p.

Fouar-Belaif A. R., 2015 -Evaluation expérimentale de la sensibilité aux attaques du charançon du riz de variétés de variétés d'espèces céréalières cultivées en Algérie, CAH Agric, vol 24 n°5, Algérie : 1-2

Gonzalez-Trujano M E, Pena E I., Martinez A L, Moreno J, Guevara-Fefer P, Deciga-Campos M, -Lopez-Munoz F. J., 2007. -Evaluation of the antinociceptive effect Of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents *J theopharmacol*: 111:476-482

Guinoiseau E 2010. Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: Séparation, identification et mode d'action. Thèse doctorat, Université De Corse-Pasqual Paoli. 149p.

Hall D.W., 1970- Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.

Hauberuge E., Shiffers B., et Verbaeten E., 1988- Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., et *S. zeamais* Mots. (Col., curculionidae). *Medicine Faculty Landbouww Ryksuniv (Gent)* .53/2b: 719-26.

Isman M.B., 2006 - Botanical insecticides, deterrents, and repellents a modern agriculture and increasingly regulated world. *Annual review of Entomology*, 51 :45-66p.

Karahaçane T., 2015. -Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées spontanées sur les insectes du blé en poste-récolte. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique., El Harrach.61 : 136p.

Ketfi A., 1982. -Le blé et ses problèmes de stockage en Algérie. Thèse, Ing, Inst, Tech. Comm. Algérie, 55-60p

Maiza, K., Brac de la Perrière, R.A., Hammiche, V. 1995. Pharmacopée traditionnelle saharienne. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*. 9 (1) : P 71–75.

Makhloufi, A., Moussaoui, A., Lazouni, H.A. 2012. Antibacterial activities of essential oil and crude extracts from *Matricaria pubescens* (Desf.) growing wild in Bechar, Southwest of Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6 (16), p. 3124-3128.

Mekhademi N., Ramdani M., Lograda T., Chalard P., Figueredo G., 2019 – Chemotypes and antibacterial activity of *Matricaria pubescens* , *Biodiversitas* , V20 , 2171-2172pp.

Multon J.L., 1982. -Conservation et Stockage des grains et graines et Produits dérivés-Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. *Technique et Documentation Lavoisier*, Paris. pp 576.

Ozenda P, 2004. Flore et végétation du Sahara. Troisième édition. CNRS édition. 750005 Paris. 92,438,662.

Ozenda P. (1991). Flore du Sahara, Ed. CNRS, Paris France. 201-280

Pauli G., Bessot J.C., 2013. -Les acariens : biologie, écologie et actualités des allergènes moléculaires. *Revue d'Allergologie*., France., 53 (2013) 45-58p.

Philogène B.J.R., Regnault-Roger C. et Vincent C., 2002. Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui in (Catherine Regnault-Roger, Bernard JR Philogène. Biopesticides d'origine végétale), Ed. TEC et DOC, Paris. 337p.

Regnault -Roger C., Vincent C., Thor- Arnason J., 2012- Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world, Annual Review of Entomology, vol. 57, p. 405-424.

Regnault-Rager C., 2002. -De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In :phellogènes B.J.R, Regnault-Roger C. et Vincent Lavoisier-Edition, Tec& Doc., 1939p.

Reimbert MA. 1982. Silos, théorie et pratique .calcul fonctionnement et réalisation .Eyrolles Paris .

Rellinger L M., Zettler J.L., Davis R., et Simonaitis RA., 1988- Evaluation of primiphos methyl as a protectant for export grain. J. Econ. Ent., 81, 718-21.

Roulier G., 1990 - Les huiles essentielles pour votre santé : traité pratique d'aromathérapie. Propriétés et indications thérapeutiques des essences de plantes. Ed., Dangles, 446p.

Sharma N et Bhandari A-S., 2014. –Rev. Management of pathogens of stored cereal griand, p87-107

Tapondjou A.L., Adler C., Fontem D.A., Boudaa H. and Reichmuth C., 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum du Val. Journal of Stored Products Research, 41, 91-102..

Taruvinga C., Mejia D et Sanz-Alvarez J. 2014. -Systèmes Appropriés de Stockage des Semences et des Grains pour les Agriculteurs à petite échelle.,F.A.O., E-ISBN., 978-92-5-208335-1. pp 1- 47.

Tia E-V.,LozanoP., Menut C., Lozano Y-F., Martin T., NiamkéS et Adima A-A.,2013. Potentialités des huiles essentielles dans la lutte biologique contre la mouche blanche Bemisiatabaci Gem. Rev. Phytothérapie, 31-38pp.

Tipples K.H., 1995 - Quality and nutritional changes in stored grain. In: Jayas, D.S., White, N.D.G., Muir, W.E. Ed., Stored grain ecosystems. M. Dekker Inc., New York, : 325-351.

Vinncent C., Panneton B., et Fleurat-Lessared, 2001 - La lutte physique en phytoprotection, INRA Editions, Paris, 347 p.

Wagner L.S., Sequin C.J., Foti N., Campos-Soldini M.P., 2021. Insecticidal, fungicidal, phytotoxic activity and chemical composition of Lavandula dentata essential oil. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 35, 102.

Wang J., Zhu F. , Zhou X.M. and al, 2005 – repellent and fumigant activity of essential oil from Artamisia vulgaris to T. castameum (Herbst (coleopteran : Tenebrionidae).Jour.of Stored production research, Vol.42 : 339-343 .

Waongo A.,yamkoulgaM., Dabir-Binso C-L et Bam-NsanonA.,2013. -Conservation post-récolte des céréales en zone sud saoudienne du Burkina Faso : perception paysanne et évaluation des stocks,Int. J.Biol .Chem.Sci.,7(3).pp1157-1167.

Wegrzyn R., Lamendin H., 2005- Huiles essentielles et aromathérapie bucco-dentaire, Chir, Dent. Fr ; 1225 : 62-66.

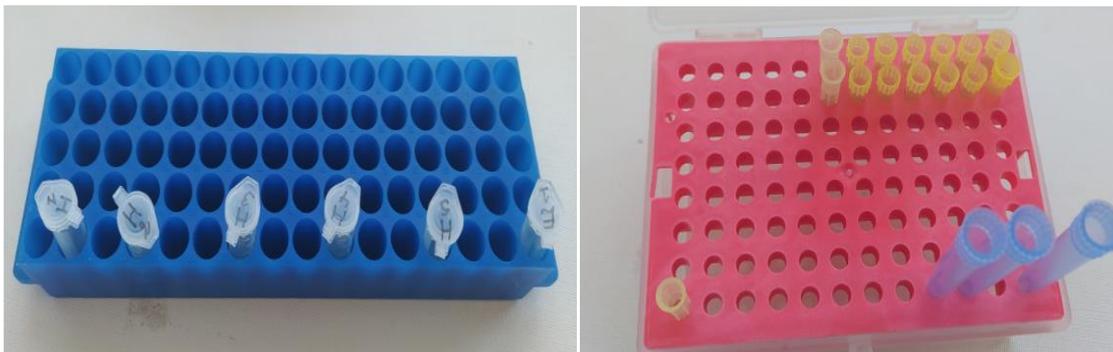
Annexes

Annexe 1 : Matériel utilisés au laboratoire.



Boîtes de Petri

Micropipettes



Tubes Eppendorf

Embout de pipette bleu et jaune



L'huile essentielle et l'extrait alcoolique de *M. pubescens*



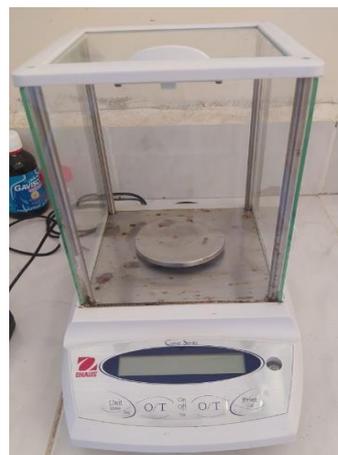
Acétone



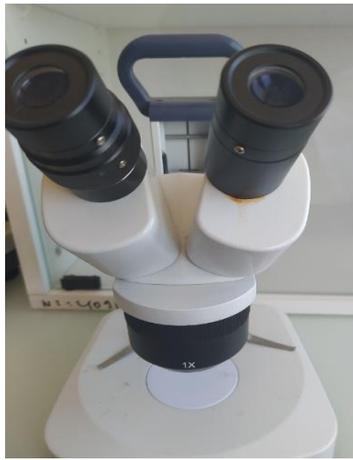
Tween 20



Agitateur Votrax



Balance



Loupe binoculaire



Rouleau adhésif et papier buvard



Pinceau Feltre permanent et ciseau

Annexe 2 : Tableau de pourcentage de la mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum* traités par l'huile essentielle au mode contact.

Doses/temps	D1=5%	D2=10%	D3=15%	D4=20%
H24	15,5172414	25,862069	48,2758621	71,5517241
H48	25	44,6428571	75	78,5714286
H72	30,1886792	56,6037736	81,1320755	83,0188679
H96	43,3962264	60,3773585	86,7924528	85,8490566
H120	51,9230769	69,2307692	94,2307692	97,1153846

Annexe03 : Tableau de pourcentage de la mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum* traités par l'extrait alcoolique au mode contact.

Doses/temps	D1=5%	D2=10%	D3=15%	D=20%
24H	6,5	8,5	10	9,5
48H	8,04020101	8,04020101	11,0552764	9,54773869
72H	9,04522613	8,54271357	11,5577889	11,5577889
96H	9,04522613	9,54773869	11,5577889	12,0603015
120H	10,6598985	10,1522843	11,6751269	12,1827411

Annexe 04 : Tableau de pourcentage de test répulsif des adultes de *Tribolium castaneum* traités par l'extrait alcoolique.

Doses-témoins /temps	D1	D2	D3	D4	T1	T2	T3	T4
24H	86,6667	86,6667	98,3333	95	13,3333	13,3333	1,66667	5
84H	91,6667	96,6667	100	98,3333	8,33333	3,33333	0	1,66667

Annexe 05: Tableau de limites de confiance de l'huile essentielle.

Limites de confiance							
Pro babilité	Limites de confiance à 95 % pour Dose			Limites de confiance à 95 % pour le log (Dose) ^a			
	Estima- tion	Borne inférieure	Borne supérieure	Estimatio n	Borne inférieure	Borne supérieure	
LogT	0,010	0,208	0,055	0,399	-0,682	-1,256	-0,399
	0,020	0,310	0,101	0,537	-0,509	-0,994	-0,270
	0,030	0,392	0,145	0,641	-0,407	-0,839	-0,193
	0,040	0,463	0,187	0, 728	-0,334	-0,728	-0,138
	0,050	0,529	0,229	0,804	-0,277	-0,641	-0,095
	0,060	0,590	0,270	0,873	-0,229	-0,569	-0,059
	0,070	0,647	0,310	0,937	-0,189	-0,508	-0,028
	0,080	0,702	0,351	0,997	-0,154	-0,455	-0,001
	0,090	0,755	0,392	1,055	-0,122	-0,407	0,023
	0,100	0,806	0,432	1,109	-0,093	-0,364	0,045
	0,150	1,047	0,639	1,358	0,020	-0,194	0,133
	0,200	1,275	0,855	1,588	0,105	-0,068	0,201
	0,250	1,500	1,083	1,814	0,176	0,034	0,259
	0,300	1,728	1,323	2,049	0,238	0,122	0,312
	0,350	1,966	1,576	2,306	0,294	0,198	0,363
	0,400	2,218	1,839	2,599	0,346	0,265	0,415
	0,450	2,490	2,108	2,948	0,396	0,324	0,470
	0,500	2,789	2,382	3,376	0,445	0,377	0,528
	0,550	3,124	2,663	3,906	0,495	0,425	0,592
	0,600	3,507	2,961	4,570	0,545	0,471	0,660
	0,650	3,957	3,286	5,415	0,597	0,517	0,734
	0,700	4,501	3,657	6,522	0,653	0,563	0,814
	0,750	5,187	4,099	8,033	0,715	0,613	0,905
	0,800	6,103	4,658	10,224	0,786	0,668	1,010
	0,850	7,429	5,425	13,76	0,871	0,734	1,138
	0,900	9,647	6,625	20,351	0,984	0,821	1,309
	0,910	10,303	6,965	22,478	1,013	0,843	1,352
0,920	11,080	7,359	25,092	1,045	0,867	1,400	
0,930	12,021	7,828	28,390	1,080	0,894	1,453	
0,940	13,194	8,399	32,694	1,120	0,924	1,514	
0,950	14,713	9,118	38,572	1,168	0,960	1,586	
0,960	16,788	10,070	47,132	1,225	1,003	1,673	
0,970	19,865	11,429	60,879	1,298	1,058	1,784	
0,980	25,122	13,629	87,026	1,400	1,134	1,940	
0,990	37,373	18,348	159,392	1,573	1,264	2,202	

a. Base de logarithme = 10.

Annexe 06: Tableau de limites de confiance de l'extrait alcoolique.

Limites de confiance				
	Probabilité	Limites de confiance à 95 % pour DOSE		
		Estimation	Borne inférieure	Borne supérieure
PROBI T ^a	,010	-3,542	-17,086	-1,052
	,020	-2,736	-14,428	-,561
	,030	-2,224	-12,745	-,246
	,040	-1,840	-11,481	-,007
	,050	-1,527	-10,455	,189
	,060	-1,261	-9,583	,357
	,070	-1,027	-8,820	,507
	,080	-,818	-8,138	,642
	,090	-,628	-7,520	,766
	,100	-,453	-6,952	,882
	,150	,271	-4,621	1,382
	,200	,847	-2,812	1,824
	,250	1,341	-1,328	2,270
	,300	1,785	-,110	2,785
	,350	2,196	,840	3,442
	,400	2,586	1,528	4,279
	,450	2,964	2,020	5,261
	,500	3,335	2,400	6,332
	,550	3,706	2,722	7,462
	,600	4,084	3,014	8,645
	,650	4,474	3,294	9,889
	,700	4,885	3,575	11,214
	,750	5,329	3,868	12,655
	,800	5,823	4,185	14,269
	,850	6,399	4,547	16,157
	,900	7,123	4,995	18,540
	,910	7,298	5,102	19,117
,920	7,488	5,218	19,743	
,930	7,697	5,346	20,433	
,940	7,931	5,488	21,203	
,950	8,197	5,649	22,082	
,960	8,510	5,839	23,115	
,970	8,894	6,071	24,386	
,980	9,406	6,378	26,076	
,990	10,211	6,861	28,741	

a. Un facteur d'hétérogénéité est utilisé.