

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

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA  
FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Projet de fin d'études en vue de l'obtention  
du diplôme de Master Académique en Sciences de la nature et de la vie  
Spécialité : Phytopharmacie appliquée

**Valorisation bioinsecticide d'une plante médicinale *Inula viscosa* (Asteraceae): effets des extraits aqueux et des huiles essentielles.**

Présentée par : M<sup>me</sup>.BENAIMECHE LILA

Devant le jury :

M <sup>r</sup> EL HADI	D.	M.C.A.	U.S.D.B	Président
M <sup>me</sup> ALLAL	L.	M.C.A.	U.S.D.B	Promotrice
M <sup>me</sup> SAHRAOUI	F.	M.A.B	U.S.D.B	Examinatrice
M <sup>me</sup> BELGUENDOZ	R.	M.A.A	U.S.D.B	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2010/2011

# *Dédicaces*

*Merci à mon DIEU qui m'a donné la force pour accomplir ce mémoire.*

*Avec les sentiments de la plus profonde humanité, je dédie ce travail, fruit de mes années d'études :*

*A l'âme de mon père qui m'a quitté sans dire adieu, qui m'a laissé un immense vide dans ma vie,*

*A ma mère, symbole de l'amour et d'affection, celle qui m'a toujours encouragée et ma tout donné pour atteindre mon but.*

*A mon cher mari pour son soutien.*

*A ma sœur et mes chers frères.*

*A mes belles sœurs*

*A mes nièces et mes neveux*

*A tout mes amis en particulier Amel.*

*Líla*

## **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour faire notre travail.*

*Toute ma reconnaissance va à M<sup>me</sup> ALLAL L. ma promotrice que j'admire tant, pour son encadrement ainsi que pour l'encouragement, sa patience, son aide et ses précieux conseils dont j'ai eu la chance d'en profiter, ainsi que pour sa disponibilité tout le long du travail jusqu'à l'élaboration de ce document.*

*Mes vifs remerciements vont à Dr El Hadi qui me fait l'honneur de présider le jury. Je tiens également à remercier Mme Sahraoui et Mme Belguendouz qui ont bien voulu accepté de participer à ce jury et d'examiner ce mémoire ainsi que pour leurs conseils pertinents.*

*Je voulais remercier largement tout le personnel du laboratoire de Zoophytatrie qui était toujours disponible Mme Djemai, tous les enseignants et tous les étudiants.*

*Je remercie également tout le personnel administratif du département d'agronomie pour son service, le département de biologie, le département de chimie industrielle pour leur aide.*

*En fin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

Merci .....

## **Valorisation bioinsecticide d'une plante médicinale *Inula viscosa* (Asteraceae): effets des extraits aqueux et des huiles essentielles.**

### **Résumé :**

Les extraits des plantes médicinales présentent un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécule naturelle bioactive.

Dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui a porté sur la valorisation bioinsecticide des extraits aqueux et des huiles essentielles d'une plante médicinale spontanée *d'Inula viscosa* sur les populations du *Tribolium castaneum* (Insecte *Coléoptera*), ravageur des denrées stockées.

Les résultats obtenus révèlent que la toxicité par les extraits végétaux *d'Inula viscosa* est faible puisque la mortalité obtenue est nettement inférieure à 50%, notons par ailleurs que l'huile essentielle se révèle moyennement efficace, ceci peut être dû à des faibles doses.

Il serait donc nécessaire de tester de plus fortes doses pour affirmer la toxicité de ces extraits de cette plante étudiée.

**Mots clés :** Plante médicinale, *Inula viscosa*, Métabolite secondaire, phytoextraits, *Tribolium castaneum*

## **Valuation of a medicinal plant Bioinsecticide "*Inula viscosa*" (Asteraceae): Effect of aqueous extracts and essential oils.**

### **Summary:**

The extracts of medicinal plants are very promising in interest as a potential source of bioactive natural molecule.

In this context that our study focused on the development bioinsecticide aqueous extracts and essential oils of a medicinal plant *Inula viscosa* of spontaneous populations of *Tribolium castaneum* (Insect Coleoptera), a pest of stored products.

The results show that the toxicity of plant extracts *Inula viscosa* is low because mortality obtained is well below 50%, also note that the essential oil appears moderately effective, this may be due to low doses. It would therefore be necessary to test higher doses to affirm the toxicity of these extracts of the plant studied.

**Keywords:** Medicinal plants, *Inula viscosa*, secondary metabolites, phytoextracts, *Tribolium castaneum*

## التقييم المبيدات العضوي للنبتة الطبية "*Inula viscosa*" (Asteraceae)

### الملخص

المستخلصات النباتية الطبية تمثل فائدة كبيرة واعدة جدا باعتبارها مصدرا محتملا للمركبات الطبيعية النشطة. وفي هذا السياق فان دراستنا تركز على تقييم المستخلصات المائية والزيوت الأساسية لنبتة طبية عشوائية.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن السمية الناتجة عن المستخلصات النباتية للمقرمان العشوائية تعد ضعيفة مادامت الوفيات المتحصل عليها اقل من 50% ومن جهة أخرى نلاحظ أن الزيوت الأساسية تبدو فعالة بشكل معتدل وهذا قد يكون راجعا إلى جرعات منخفضة ولذلك سيكون من الضروري اختبار جرعات اكبر للتأكد عن مستخلصات النبتة التي شملتها الدراسة.

الكلمات المفتاحية النباتات الطبية,المكونات الثانوية , للمقرمان العشوائية , مستخلص نباتي *tribolium*.

## Liste des abréviations

Gr : gramme

µl : microlitre

h : heure

ml : millilitre

cm : centimètre

mm : millimètre

% : pourcentage

D1\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

D2\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

D3\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

D1\_fl : dose des extraits aqueux des fleurs

D2\_fl : dose des extraits aqueux des fleurs

D3\_fl : dose des extraits aqueux des fleurs

D4\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

D5\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

D6\_fe : dose des extraits aqueux des feuilles

DL : dose létale

## Liste des Tableaux

**Tableau n°1 :** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des extraits foliaires de l'inule.

**Tableau n°2 :** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des extraits floraux de l'inule.

**Tableau n°3 :** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des huiles essentielles des feuilles de l'inule.

**Tableau n° 4:** Modèle G.L.M. appliqué à l'analyse de la variabilité des effets des différents extraits de l'inule visqueuse sur les populations résiduelles du *Tribolium*.

**Tableau n°5 :** Table des probits utilisée pour la transformation des mortalités corrigées.



## Liste des figures

**Figure1:** L'inule visqueuse *Inula viscosa* (L). Ait. Feuilles (à gauche) et fleurs (à droite). (ANONYME 2008)

**Figure 2 :** Stades de développement de *T. castaneum*. 1) OEufs, 2) Larve, 3) Nymphe en vue dorsale et ventrale et 4) Adulte.

Source: Greb, USDA (United States Department of Agriculture) et Grain Canadian Commission (<http://www.grainscanada.gc.ca/main-f.htm>)

**Figure 3 :** *Tribolium* s'alimentant sur la farine de blé (1), sur des grains de blé (2), sur des grains de riz (3), sur des miettes de pain (4).

Source: Coutin, OPIE (Office pour les insectes et leur environnement, <http://www.inra.fr/opie-insectes/index.htm>)

**Figure4 :** Préparation des solutions extraits aqueux sous l'agitateur horizontale (Originale,2011)

**Figure5 :** Extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Originale, 2011)

**Figure6 :** Echantillons des solutions des phytoextraits de l'inule et lots de traitement (Originale, 2011)

**Figure7 :** Schéma indiquant l'évaluation des pourcentages de populations résiduelles ainsi que les effets toxiques après traitement (d'après le test de Dunett).

**Figure8 :** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des extraits aqueux des feuilles.

**Figure9 :** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des extraits aqueux des fleurs

**Figure10 :** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des huiles essentielles des fleurs

**Figure11 :** Variabilité des populations résiduelles sous l'effet par inhalation des phytoextraits, des doses et des compartiments.

**Figure12 :** Projection des variables des doses des phytoextraits étudiés et du temps sur le plan d'ordination de l'analyse en composantes principales.

**Figure 13:** Classification ascendante hiérarchique mettant en évidence les groupes des phytoextraits corrélés au temps après traitement.

**Figure 14 :** Calcul des DL50 des extraits aqueux des feuilles d'*Inula viscosa* par inhalation

**Figure 15 :** Calcul des DL50 des extraits aqueux des fleurs d'*Inula viscosa* par inhalation

**Figure 16 :** Calcul des DL50 des huiles essentielles des feuilles d'*Inula viscosa* par inhalation

## **SOMMAIRE :**

### **Introduction Générale**

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **CHAPITRE I-Données bibliographiques sur les métabolites secondaires et l'utilisation des extraits de plantes contre les bio-agresseurs**

<b>I-Généralités sur les métabolites secondaires.....</b>	<b>4</b>
I-1- Définition des métabolites secondaires.....	4
I-2- Aperçu sur les familles des métabolites secondaires.....	4

### **II : L'utilisation des produits d'origine végétale contre les bio-agresseurs**

Introduction.....	9
II-1-Utilisation sous forme d'extraits végétaux aqueux.....	9
II-2-Utilisation sous forme d'extraits organique.....	10
II-3-Utilisation sous forme de poudre .....	10
II-4-Utilisation sous forme d'huiles essentielles.....	10

### **CHAPITRE II : Présentation de l'inule visqueuse *Inula viscosa(L).Ait.* et le modèle biologique cible *Tribolium sp***

II-1-Présentation de l'inule visqueuse *Inula viscosa(L).Ait*

II-2-Présentation du modèle biologique cible *Tribolium castaneum*

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODE**

I-1-Matériels.....	28
I-2-Méthodologie .....	29

### **CHAPITRE II :RESULTATS ET DISCUSSION**

II-5-DISCUSSION DE RESULTATS OBTENUS.....	45
---	----

<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>50</b>
---------------------------------	-----------

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

## Introduction générale

Depuis la nuit des temps, l'homme n'a cessé d'utiliser les plantes pour se nourrir, se vêtir et se soigner. Il est tout à fait remarquable qu'il existe une harmonie entre le monde végétal et le monde humain.

L'Algérie de part sa situation géographique, constitue un cadre naturel original offrant une gamme complète de bioclimats méditerranéens et sahariens favorisant une potentialité importante en matière de plantes aromatiques et médicinales.

Les extraits de plantes étaient déjà connus et utilisés par les égyptiens, les perses et les grecs pour leurs propriétés aromatisants et médicinales.

Par ailleurs, dans l'économie Algérienne, les céréales occupent une place stratégique, car elles constituent l'aliment de base de la population.

Les céréales et leur dérivés fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75% à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (TALAMLI, 2000).

Il a été rapporté que la production céréalière moyenne annuelle de 1980 à 1998 a été de 2.165 millions de tonnes, et qu'elle ne couvrait que 30% des besoins nationaux (Anonyme, 2004). Souvent, les aléas climatiques et la non maîtrise des façons culturales ont été la cause de la diminution des rendements : c'est pour cela que l'état algérien a eu recours à des importations massives de variétés de céréales exotiques qui sont susceptibles aux attaques de bio-agresseurs des denrées entreposées dans les silos de stockage.

Or, si en dépit de l'existence de nombreuses méthodes de lutte curatives non polluantes comme la lutte par le froid et la chaleur, et la lutte par les radiations ionisantes, l'utilisation des insecticides dans la lutte chimique est devenue l'arme la plus rapide et la plus efficace dans la lutte contre les déprédateurs des stocks.

Cependant, les méthodes non polluantes sont très coûteuses et sont peu ou pas utilisées en Algérie et l'utilisation des produits chimiques entraîne l'apparition de phénomène de résistance aux insecticides par les insectes et l'accumulation des résidus de pesticides dans les grains stockés (HUANG et al,1997).

Face à ces problèmes, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte s'impose. De nombreux chercheurs se sont orientés ces dernières années vers une nouvelle méthode de lutte alternative, basée sur l'utilisation des extraits végétaux ou de leurs principes actifs. Selon PHILOGENE et MORAUD (1989), les plantes à caractère insecticide à retenir sont les Miliaceae, les Rutaceae, les Asteraceae, les Anacaceae, les Labiateae et les Canellaceae.

Dans le cadre de la valorisation des plantes aromatiques et médicinales Algériennes, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'activité insecticide des extraits végétaux de l'inule visqueuse car elle est spontanée, vivace, assez répandue et réputée pour son activité biocide antifongique et antibactérienne.

Dans ce contexte, nous nous proposons de tester l'effet insecticide des extraits végétaux d'*Inula viscosa* sur un modèle biologique *Tribolium castaneum* insecte coléoptère, ravageur des denrées primaires et secondaires des denrées stockées.

Le travail que nous avons entrepris comporte deux parties :

- une partie bibliographique qui nous éclaire sur l'utilisation des extraits végétaux, les métabolites secondaires, la plante testée, ainsi que la biologie de l'insecte.
- une partie expérimentale biologique qui a mis en œuvre l'évaluation de l'activité insecticide de la plante étudiée selon le mode d'inhalation.

**PARTIE I**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# **Chapitre I : Données bibliographiques sur les métabolites secondaires et l'utilisation des extraits de plantes contre les bio-agresseurs**

## **I-Généralités sur les métabolites secondaires**

### **I.1. Définition des métabolites secondaires**

Il est connu que les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires constitués de protéines, glucides et lipides et indispensables à la nutrition, la croissance et le développement de l'organisme. Cependant, ces composés ne sont pas totalement différents des métabolites primaires, et ils dérivent des mêmes voies de synthèse.

A ce jour, plus de 100 000 métabolites secondaires ont été identifiés et on estime que chaque végétal produit au moins une centaine de molécules différentes. En effet, les métabolites secondaires participent à la vie de relation de la plante, ils ont des rôles très variés, ils peuvent servir de défense (sécrétions amères ou toxiques pour les prédateurs ou au contraire, attirer certaines espèces ayant des rôles bénéfiques comme les pollinisateurs, ils peuvent également permettre la communication.

### **I.2. Aperçu sur les familles des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires synthétisés par les plantes appartiennent très majoritairement à trois grandes familles chimiques :

- les terpénoïdes et stéroïdes ;
- les phénylpropanoïdes et substances phénoliques ;
- les alcaloïdes et composés azotés.

#### **I.2.1. Terpénoïdes et stéroïdes**

Le point commun qui les relie est que tous les terpénoïdes et les stéroïdes sont formés par l'assemblage d'un nombre entier d'unités pentacarbonées (isoprène) ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène. Certains sont des produits d'excrétion d'organismes végétaux (essences), d'autres des hormones végétales (gibbérélines et acide abscissique) ou des caroténoïdes (tétraterpène).

Les terpénoïdes et les stéroïdes se caractérisent par la manière d'assemblage de leurs unités isopréniques. Les terpénoïdes prennent diverses formes chimiques selon le nombre d'atomes de carbone impliqués; on reconnaît donc les monoterpènes (ayant 10 atomes de carbone), les sesquiterpènes (ayant 15 atomes de carbone), les diterpènes (ayant 20 atomes de carbone) et les triterpènes (avec 30 atomes de carbone).

#### **I.2.1.1. Monoterpènes**

Ce sont des molécules légères et volatiles et sont par la suite impliquées dans la transmission des signaux par voie aérienne. Ceci a été vérifié à travers la réponse de la femelle du ver à soie du mûrier, *Bombyx mori* (Lépidoptères) au linalool (PICIMBON, 2002). Toutefois, ces molécules ne se limitent pas à donner leurs odeurs, mais elles affichent leur activité dans la répression des insectes phytophages également. Les plantes attaquées par les phytophages émettent des terpénoïdes volatils pour se défendre contre ces agresseurs (TURLINGS ET TUMINSON, 1992; PARE et TUMLINSON, 1997). La plupart des huiles essentielles sont bien connues pour leurs activités insecticides et inhibitrices de la reproduction des insectes (REGNAULT-ROGER *et al.*, 1993; REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1994; REGNAULT-ROGER, 1997) et leurs activités larvicides pour les nématodes (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2002).

#### **I.2.1.2. Sesquiterpènes**

Il s'agit d'un groupe très riche en molécules impliquées dans la défense des plantes. Ces dernières jouent le rôle d'anti-appétant, de répulsifs ou encore de toxiques pour les insectes. L'exemple de cette catégorie de molécules est l'hélénine, contenue dans *Inula helenium* (Astéracées); cette molécule se montre larvicide pour le nématode *Meloidogyne incognita* (Meloïdogynidae) (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2002).

### **I.2.1.3. Diterpènes**

Les Astéracées en sont riches et on compte actuellement plus de 1200 produits identifiés. Ces molécules se localisent essentiellement dans les latex et les résines des plantes. Grâce à ces molécules, les plantes blessées arrivent à se défendre contre les insectes phytophages en les éloignant. Des travaux ont montré que certains diterpènes peuvent servir de produits larvicides contre les Lépidoptères chez les fleurs de tournesol *Helianthus annuus* (HARBORNE, 1988).

### **I.2.1.4. Triterpènes**

Les triterpènes sont cités en même temps que les stéroïdes. Cette remarque trouve son explication dans le fait que ces deux groupes de molécules sont apparentés structurellement. Ce groupe de molécules est très large et comprend divers composés tels que les limonoïdes, les quassinoïdes, les saponines et les ecdystéroïdes. La richesse et la diversité de ces composés leur permet d'intervenir de plusieurs façons. Parmi les composés les plus connus et les plus représentatifs de cette catégorie de substances, on trouve l'azadirachtine qui est un limonoïde. Cette molécule, purifiée à partir des extraits du neem *Azadirachta indica* (Méliacées), exerce un effet inhibiteur de la croissance des insectes. Un autre exemple d'action défensive est donné par les cucurbitacées. Ces dernières sont répulsives pour les nématodes en raison de leur amertume (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2002).

### **I.2.2. Phénylpropanoïdes et composés phénoliques**

Les phénols sont des composés organiques formés d'un ou plusieurs noyaux aromatiques (benzéniques) porteurs(s) d'un ou plusieurs hydroxyles OH. Il existe de nombreux phénols chez les végétaux; certains sont simples, d'autres sont composés de plusieurs noyaux aromatiques, ou encore substitués par des radicaux carbonés, saturés ou non, ou des carboxyles (acides phénoliques). Ces derniers sont très répandus chez les végétaux. Les substances phénoliques sont très diversifiées; on en distingue les flavonoïdes, les quinones ainsi que de multiples autres composés aromatiques.



### **I.2.3. Flavonoïdes**

Il s'agit d'un groupe de pigments quasiment universels des végétaux; ils s'accumulent dans la vacuole de la cellule ou dans les chromoplastes. Les anthocyanosides et les tanins en sont des exemples représentatifs, mais on trouve également les catéchines, les flavones et les isoflavonoïdes.

Ces substances exercent plusieurs effets sur les phytophages; elles peuvent être répulsives, anti-appétantes ou inhibitrices de la digestion ou de la reproduction. En guise d'exemple, une étude a rapporté que la lutéoline 7-glucoside (flavone) provoque une perturbation comportementale du coléoptère *Acanthoscelides obtectus* en inhibant sa motricité avant de provoquer sa mort (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2004).

### **I.2.4. Quinones**

Ce sont des composés oxygénés correspondant à l'oxydation de dérivés aromatiques. Plus de 1200 quinones ont été décrites, principalement chez le règne végétal: Angiospermes, Gymnospermes, Champignons, Lichens, et très rarement les Fougères. Les quinones ont des propriétés répulsives ou urticantes qui éloignent les phytophages ou empêchent la prise alimentaire. Les exsudats phénoliques associés à des quinones et à des monoterpènes forment un réseau qui se transforme en un revêtement résineux toxique, dur ou gluant, et qui protège le peuplier, *Populus deltoïdes* (Salicacées), contre plusieurs espèces de pucerons, ou les pins (*Pinus* sp.) contre différents scolytes (STREBLER, 1989). Beaucoup de naphthoquinones sont également antibactériennes et fongicides. D'autres substances phénoliques jouent un rôle notable dans les mécanismes de résistance des plantes contre leurs ravageurs et parasites (EL MODAFAR ET EL BOUSTANI, 2002).

### **I.2.5. Alcaloïdes**

Le terme d'alcaloïdes désigne des composés organiques comportant au moins un azote (souvent dans un hétérocycle), plus ou moins basiques. Ces composés ont une structure complexe et ont une distribution restreinte. C'est le groupe le plus important en termes de nombre et d'activités pharmacologiques (BRUNETON, 1999).

Classiquement, les auteurs distinguent entre les « alcaloïdes vrais » ou « protoalcaloïdes » et les « pseudo-alcaloïdes ». Les alcaloïdes vrais sont des amines

simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique. Ils sont biosynthétisés à partir d'acides aminés.

Les pseudo-alcaloïdes ne sont pas des dérivés d'acides aminés malgré qu'ils présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais. Dans la majorité des cas connus, il s'agit de composés appelés isoprénoïdes et on parle alors d'alcaloïdes terpéniques : alcaloïdes monoternéniques (tels que la  $\beta$ -skytanthine), diterpéniques (tels que l'aconitine), etc.

On connaît plusieurs milliers d'alcaloïdes présents essentiellement chez les Angiospermes. On estime que 10 à 15 % d'entre elles synthétisent ce produit. Mais, dans une même famille végétale, certains genres contiennent des alcaloïdes, d'autres en sont dépourvus. Ils sont rarement présents dans tous les genres. Ils sont particulièrement abondants chez les Solanacées, Fabacées et Papavéracées (BRUNETON, 1999).

Par ailleurs, certains alcaloïdes peuvent exister dans plusieurs genres appartenant à des familles différentes (comme la caféine). D'autres sont caractéristiques d'un petit nombre de genres à l'intérieur de la même famille (Solanacées) tels l'hyoscyamine et la scopolamine extraites de *Datura* sp. D'autres sont très spécifiques tels la morphine du pavot *Papaver somniferum* (Papavéracées).

La teneur alcaloïdique varie entre des limites très larges : de 1 à 3 g de vinblastine qui est un alcaloïde antitumoral contenu dans une tonne des feuilles déshydratées de la pervenche de Madagascar *Catharanthus roseus* (Apocynacées) jusqu'au taux de 15 % de quinine accumulée dans les écorces de tronc de quinquina *Cinchona ledgeriana* (Rubiacees). Généralement, les plantes synthétisant les alcaloïdes élaborent un mélange complexe d'alcaloïdes ayant une même origine biogénétique.

Chez les végétaux, les alcaloïdes existent sous forme de sels solubles dans l'eau, ou combinés avec des tanins. Ils sont stockés le plus souvent dans la vacuole de la cellule. Jusqu'à présent, on ne connaît pas le rôle précis de chaque alcaloïde mais, il est très vraisemblable qu'ils interviennent dans les relations entre la plante qui les synthétise et son environnement biologique, comme de nombreux autres métabolites secondaires.

Parmi les autres composés azotés, les composés soufrés, les glucosinolates et les acides aminés non protéiques ont été bien étudiés (AUGER ET THIBOUT, 2002).

Ils se sont montrés dotés d'une importante activité pesticide à un large éventail. A titre d'exemple, les composés soufrés ont présenté des effets toxiques vis-à-vis du coléoptère *Callosobruchus maculatus*. Le glucosinolate sinigrine s'est montré un excellent anti-appétant pour des pucerons comme *Aphis fabae* (Homoptères) d'une part et un toxique pour les larves de *Papilio Polyxenes* (Lépidoptères) d'autre part.

La diversité et la richesse en termes de nombre et du mode d'action des phytopesticides laissent penser qu'ils occupent une place importante dans le marché mondial des produits phytosanitaires, ce qui n'est pas le cas.

## **II-Utilisation des produits d'origine végétale contre les bioagresseurs**

### **Introduction**

Compte tenu des dangers que présente l'utilisation des produits chimiques dans la lutte contre les déprédateurs et les maladies des végétaux, il est devenu indispensable actuellement de s'orienter vers de nouvelles méthodes de protection qui préservent l'environnement.

Depuis l'aube des temps, les plantes sont connues et utilisées pour leur effet bénéfique sur la santé humaine et leur action néfaste sur les ravageurs des cultures. Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisaient dans les greniers des plantes aromatiques issues de la pharmacopée locale pour protéger les grains superposés (SANON et *al.*, 2002).

L'utilisation des extraits végétaux connaît ces dernières décennies un intérêt particulier dans le domaine agro-phytosanitaire. Se basant sur les principes actifs naturels des extraits végétaux, de nombreux chercheurs affirment leur double action biocide à savoir leur action insecticide vis-à-vis des ravageurs et leur effet inhibiteur de la reproduction de ces derniers (AUGER et *al.*, 2002). Ces plantes généralement aromatiques sont utilisées sous plusieurs formes.

### **II.1. Utilisation sous forme d'extraits végétaux aqueux**

Des travaux de GWINNER et *al.*, (1996) ont montré que les extraits végétaux aqueux possèdent une action biocide assez marquée sur de nombreux ravageurs des stocks.

L'aspersion de la marchandise aux extraits de poivron utilisés sur les légumineuses à grains et sur le riz a un effet insecticide et répulsif sur de nombreux ravageurs, et leurs effets persistent durant trois mois.

## **II.2. Utilisation sous forme d'extraits organiques**

Depuis quelques années, les extraits organiques sont utilisés pour lutter contre les déprédateurs des stocks, PASCUAL et ROBELDO (1998) rapportent que les espèces végétales *Anabasis hispanica* (Pau.), *Senecio lapezli* L. appartenant aux Chenopodiaceae et aux Asteraceae respectivement, extraites par les solvants organiques et incorporés à la denrée stockée à la dose de 0,05% provoquent l'inhibition de la croissance de *Tribolium castaneum*.

## **II.3. Utilisation sous forme de poudre**

De nombreuses plantes aromatiques et officinales sont testées sous forme de poudre pour lutter contre les ravageurs des denrées stockées. Selon KOONA et al, (2004), la poudre de *Lantana camara* (Linn.) s'est montrée efficace contre *Sitophilus zeamais* (Motch.) dans la protection des graines de maïs.

Les travaux de KELLOUCHE et SOLTANI (2004), ont révélé que les poudres de *Ficus carica* (Moraceae), *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Olea europaea* (Oleaceae) et *Citrus limon* (Rutaceae), ont un effet néfaste sur la longévité de *Callosobruchus maculatus* (F).

## **II.4. Utilisation sous forme d'huiles essentielles**

Parmi les plantes les plus utilisés comme source d'insecticide, celles à huiles essentielles occupent la place la plus importante.

En effet, de nombreuses plantes riches en huile essentielle peuvent être de puissants pesticides végétaux. Leur activité par contact et fumigation de même que leur effet répulsif et anti-appétant ont été prouvés par plusieurs auteurs (REGNAULT-ROGER, 1997), SHAAYA et al., (1997), SEKOU et al., (2001), HUANG et al., (2000).

### **II.4.1. Historique des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont connues depuis les débuts de l'humanité pour leur parfum, pour leur propriété thérapeutique. L'Égypte ancienne est considérée comme le berceau de l'aromathérapie. Les grecs utilisaient les herbes et les essences pour détendre le corps, ils préconisaient des bains et des massages aromatiques.

Les romains, grand amateurs de parfum, connaissaient les huiles essentielles sous forme de graisse aromatique ou d'huile parfumée.

Les arabes étaient de grands utilisateurs d'alchimie et de médecine à partir de sources naturelles, ils avaient inventé la technique du serpentín et les techniques de distillation sèche et aqueuse. Au XI et XII siècles, les croisés de retour de Jérusalem introduisirent en Europe les huiles aromatiques et les secrets de leur extraction.

Au XX siècle, c'est le chimiste René Maurice Gatte fossé qui découvrit par hasard les vertus analgésique et thérapeutique de l'essence de lavande.

En effet, il se brûla grièvement les mains, et en appliquant sur ses plaies infestées de l'huile essentielle de lavande, ses mains guérèrent rapidement, presque sans aucune cicatrice. Cette découverte marqua l'avènement de l'aromathérapie sous sa forme moderne.

#### **II.4.2. Définition**

Les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce).

Il s'agit de sécrétions naturelles élaborées par le végétal et contenues dans les cellules de la plante, soit dans le calice, la tige, l'écorce, ou tout autre partie de la plante.

Les huiles essentielles sont des produits renfermant des principes volatils, odoriférants contenus dans les végétaux, et des mélanges complexes de composés organiques possédant des structures et des fonctions chimiques très diverses.

Ces composés ont la propriété de se solubiliser dans les huiles et les graisses d'où le terme « huile » soulignant le caractère hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » désigne le caractère principal de la plante à travers ses exhalations (BERNARD et *al.*, 1988).

#### **II.4.3. Localisation des huiles essentielles**

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

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement, associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante. On distingue des cellules à huiles essentielles chez les lauracées, des poils sécréteurs chez les lamiacées et les labiées, des poches sécrétrices chez les myrtacées et les rutacées et les canaux sécréteurs chez les opiacées ou les astéracées (BRUNETON, 1993).

Les huiles essentielles sont généralement localisées dans tous les organes végétaux, fleurs feuilles, écorces bois, racines, rhizomes, fruits et graines. Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition chimique de cette dernière peut varier d'un organe à un autre. Une huile essentielle contient de nombreux principes actifs qui peuvent varier selon le climat et le lieu, le moment de la récolte et la partie de la plante cultivée.

#### **II.4.4. Fonction des huiles essentielles**

La fonction biologique des terpènes des huiles essentielles demeure le plus souvent obscure. Il est vraisemblable qu'ils ont un rôle dans le domaine des interactions végétales (comme agent allélopathique, notamment inhibiteurs de germination) et aussi dans celui des interactions végétales-animales ; la protection contre les prédateurs (insecte, champignon) et attraction des pollinisateurs (BRUNETON, 1993). Pour certains auteurs, ils pourraient constituer des supports à une « communication » et ce d'autant mieux que leur variété structurale autorise le transfert de « Message biologique sélectif ».

#### **II.4.5. Intérêt et utilisation des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont utiles et efficaces dans de nombreux aspects dans la vie quotidienne, elles ont des fonctions très variées. Depuis longtemps, elles sont utilisées pour leurs vertus médicales ainsi que pour les arômes.

Les huiles ont toujours été considérées comme des substances nobles et précieuses capables de nous rendre de grands services.

Étant donné la diversité de leur composition, on trouve leur utilisation dans plusieurs domaines : cosmétique, parfumerie, pharmacie, industrie agroalimentaire et autre.

Les huiles essentielles constituent le support d'une thérapeutique particulière « l'aromathérapie » (HUARD, 1999), mais aussi comme facteurs médicamenteux de l'aromathérapie moderne (CHIEJ, 1993).

Leur propriétés sont nombreuses ; citons les propriétés anti-infectieuses, analgésiques, anti-inflammatoires (citron, géranium), régulatrices de l'organisme (camomille, lavande), cicatrisantes (romarin) etc.

Les huiles ont une grande portée thérapeutique, une huile peut être bactéricide tout en étant virocide, fongicide, antiparasitaire et immunomodulante. Les huiles

essentielles ont une toxicité aigue, et un effet nocif sur le système de reproduction des insectes.

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires volatils que produisent les plantes : les mono terpènes monocycliques 1,8 cinéole (Eucalyptol) jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux insectes.

#### **II.4.6. Variabilité des huiles essentielles**

La composition d'une huile varie au sein d'un même genre mais aussi d'une même espèce. La composition chimique d'une huile essentielle est sous l'influence de plusieurs paramètres.

##### **I.4.6.1. D'origine technologique**

Lié au mode d'exploitation du matériel végétal, en effet des dégradations importantes peuvent être générées lors de la récolte, transport, séchage et stockage (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).

##### **II.4.6.2. D'origine naturelle**

Peut être intrinsèque, spécifique du bagage génétique de la plante ou extrinsèque, liée aux conditions de croissance et de développement de la plante.

- **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).

- **extrinsèque** : les facteurs externes soit géographique (latitude, altitude), édaphique (Nature du sol) ou climatique (ensoleillement ou photopériodisme température, pluviométrie) ont un effet sur la composition des essences.

#### **II.4.7. Composition chimique des huiles essentielles**

Les composants aromatiques sont des molécules chimiquement définies. Ce sont les éléments chimiques des huiles essentielles qui leur confèrent des caractéristiques thérapeutiques. Le nombre de composés isolés au sein des huiles essentielles est d'environ un millier et il reste encore beaucoup à découvrir (BELAICHE, 1979).

Ces composés appartiennent à deux familles chimiques bien distinctes à savoir, les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (BRUNETON, 1993).

##### **II.4.7.1. Les terpénoïdes**

Les terpènes sont des carbures d'origine végétale contenant un nombre de carbone variant de 10 à 30 répondant à la formule brute  $(C_5H_8)_n$ . Ils sont présentés structuralement comme des polymères d'isoprène. Les terpènes les plus rencontrés dans les huiles essentielles sont des terpènes volatils, ceux dont le poids moléculaire n'est pas très élevé c'est-à-dire les mono et les sesquiterpènes.

Les monoterpènes sont les hydrocarbures volatils présents dans la quasi-totalité des huiles essentielles, ils peuvent être acyclique (myrcène, ocimène), monocyclique (p-cymène, limonène), bicyclique (pinènes, sabinène), ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (citron), ils sont en grande partie responsable de l'odeur âcre des plantes (BRUNETON, 1993).

Les sesquiterpènes sont souvent représentés en faible quantités dans les huiles essentielles et n'apportent pas ou peu d'effets toxiques. Nous trouvons quelques exemples de sesquiterpènes caractéristiques des huiles essentielles ; carbures (bêta-bisabolène, bêta-caryophyllène), les alcools (fanésol, carotol), les cétones, les aldéhydes et les esters (BRUNETON, 1999).

##### **II.4.7.2. Les composés aromatiques**

Les composés aromatiques sont des dérivés du phénylpropane ( $C_6-C_3$ ), qui sont moins fréquents que les terpénoïdes. Parmi les divers composés aromatiques dérivés du phényl-propane et présents dans les huiles essentielles, on peut citer : des aldéhydes (cuminique, cinnamique), des phénols et leur éther (eugénol, anéthol).



#### **II.4.8. Propriétés physico-chimique des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante incolores à jaunes pâle, et très odorante. Elles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques mais insolubles dans l'eau (BERNARD et *al*,1988), leurs densité est inférieur à l'unité exception faite des huiles essentielles de cannelle, de girofle et de saffras. Elles sont extrêmement volatiles et perdent rapidement leurs propriété lorsqu'elles sont exposées au soleil ou à la chaleur, elles doivent être présentées dans des flacons ombrés pour une meilleure protection (BRUNETON,1993). Elles ont un indice de réfraction généralement levé, et doué d'un pouvoir rotatoire.

#### **II.4.9. Critères de qualité et toxicité des huiles essentielles**

L'efficacité des huiles essentielles dépend de nombreux facteurs en particulier des qualités de la plante et des conditions de distillation. Pour obtenir une huile essentielle de qualité ayant des effets spécifiques, il est nécessaire de procéder à la distillation de la plante fraîchement cueillie, si possible sur les mêmes lieux de récolte (ROBERT et *al.*, ,2001). La toxicité chronique des huiles essentielles est assez mal connue, tandis que la toxicité aigue est fréquente, liée à une ingestion massive ou en cure prolongée en particulier la neurotoxicité des huiles essentielles à thuyone (thuya, absinthe, sauge officinale, tanaïsie) ou à pinocamphone (lysopé). Ces cétones induisent des crises épileptiformes, des troubles physiques et sensoriels qui nécessitent l'hospitalisation (BRUNETON, 1993).

#### **II.4.10. Procédés d'extraction**

Divers procédés sont actuellement utilisés pour l'extraction des produits aromatiques des végétaux. Selon la technique utilisée, l'extraction permet d'obtenir des huiles essentielles, des pommades, des résinoïdes ou des infusions .Plusieurs procédés d'extraction sont utilisés de longue date, toutefois les normes liées à l'utilisation industrielles des extraits limitent en général le choix du procédé. La localisation histologique des composés aromatiques dans le végétal peut aussi orienter le choix technologique.

#### **II.4-10.1. Entraînement à la vapeur d'eau**

L'entraînement à la vapeur d'eau dite encore la distillation est le plus ancien des procédés d'extraction des huiles essentielles à partir des végétaux. Il consiste à récupérer l'huile essentielle des végétaux, en faisant passer un courant de vapeur d'eau à travers la matière végétale sans préalable. Les vapeurs saturées en composés organiques volatils sont condensées, ceux-ci sont ensuite récupérés par décantation. Ce procédé permet de traiter les matières végétales sensibles qui pourraient souffrir d'une ébullition prolongée. Ce procédé est encore, de nos jours, le plus utilisé car sa mise en œuvre facile et l'utilisation de la vapeur d'eau, disponible et à bas prix constituent ses principaux avantages. Parmi les inconvénients de ce procédé, on note la difficulté d'extraire les produits odorants peu volatils ou ceux appréciablement soluble dans l'eau.

#### **II.4-10.2. Hydrodistillation**

L'hydrodistillation est basée sur le même principe que l'entraînement à vapeur d'eau sauf que le matériel végétal est dans ce cas immergé dans l'eau portée à l'ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et les huiles essentielles se séparent par différence de densité (BRUNETON, 1993).

#### **II.4.10.3. Extraction par solvants non volatils et volatils**

L'enfleurage à froid est une méthode réservée aux organes de plantes, les plus fragiles, les fleurs en l'occurrence. Elle consiste à mettre en contact la fleur avec un corps gras à température ambiante, au bout de quelques jours, le corps gras se sature d'essences végétales puis il sera épuisé par solvant évaporé sous vide (NAVES, 1974). L'Enfleurage à chaud ou macération utilise les mêmes graisses mais à chaud, ce qui a pour effet d'augmenter leur pouvoir absorbant.

L'extraction est réalisée par immersion des fleurs fraîchement cueillies et constamment renouvelées dans un bac de graisses chaudes jusqu'à atteindre la saturation, un épuisement à l'alcool absolu est généralement appliqué sur cette graisse (BALAKEWAY et SALERMO, 1987). Selon BENTHORPE et CHARWOOD (1972), l'extraction par solvants volatils consiste à la mise en contact de la matière

végétale avec un solvant qui dissout et extrait des constituants odorants solubles de la plante, le solvant est ensuite évaporé et récupéré.

#### **II.4.10.4. Extraction par dioxyde de carbone supercritique ou liquide**

Il s'agit du procédé le plus récent d'extraction à froid, qui utilise le dioxyde de carbone sous deux états, liquide ou supercritique. Cette technique est basée sur le fait que certains gaz, notamment le dioxyde de carbone, dans des conditions de pression dites critiques ou supercritiques, présentent un pouvoir de dissolution accru vis-à-vis de divers composés tels que les huiles essentielles, les arômes, les colorants naturels etc. (PEYRON, 1986).

#### **II.4.10.5. Extraction par micro ondes**

Le rayonnement micro ondes permet de chauffer sélectivement l'eau présente naturellement dans le matériel végétal. Ce chauffage en vaporisant l'eau contenue dans les glandes oléifères, crée à l'intérieur de ces dernières une pression qui brise les parois végétales et libère ainsi le contenu en huiles essentielles.

Cette eau peut être recueillie dans un solvant ou entraînée avec la vapeur d'eau contenue dans le végétal vers un système de récupération qui fonctionne généralement sous vide.

## **CHAPITRE II : Présentation de l'inule visqueuse *Inula viscosa* (L). Ait. et le modèle biologique cible *Tribolium sp***

### **II.1. Présentation de l'inule visqueuse *Inula viscosa* (L). Ait.**

#### **II.1.1. Description de la plante**

*Inula viscosa* (L) ou *Dittrichia viscosa* (L.), communément l'inule visqueuse, est une plante annuelle, herbacée, visqueuse et glanduleuse, à odeur forte. Elle peut atteindre de 50 cm à 1 m de hauteur. La floraison commence à partir du mois d'octobre, les inflorescences sont de longues grappes formées de capitules à fleurs jaunes très nombreux de 10 à 20 cm de long au sommet de la tige (figure 1). Les fruits sont des akènes velus à aigrette grisâtre. Les feuilles sont de 3,5 cm de long entières ou dentées, aiguës, sinuées ; les caulinaires amplexicaules, plus largement lancéolées, les feuilles supérieures embrassent la moitié de la tige (figure 1) (QUEZEL et Santa, 1963 ; BARTELS, 1998), et sont collantes d'où l'appellation visqueuse.



**Figure 1.** L'inule visqueuse *Inula viscosa* (L). Ait. Feuilles (à gauche) et fleurs (à droite). (ANONYME 2008)

#### **II.1.2. Origine et Répartition géographique**

L'inule visqueuse est indigène aux pays de l'Europe du sud (France, Espagne, Grèce, Italie, Bulgarie), à la Turquie, au Moyen-Orient (Israël, Jordanie et Syrie), ainsi qu'en Afrique du nord (Algérie, Egypte, Libye) (ANONYME, 2008).

C'est une plante méditerranéenne, elle se développe dans les emplacements rocheux et aux bords des chemins, largement répandue en Algérie dans les

rocailles, garrigues, terrains argileux un peu humide et les bords des routes (BENAYACHE et al., 1991).

### II.1.3. Classification

Le genre *Inula* L. appartient à la famille des Astéracées (Composées). Il regroupe quatre espèces: *Inula viscosa*(L) Ait, *Inula graveolens* (L) Desf, *Inula crithmoides* (L) et *Inula varcalcina*. (POTTIER, 1981, in HARZALLAH-SKHIR et al., 2005).

Selon (BLANEY et al., 2000) l'inule visqueuse appartient au :

Régne : Plantae.

Embranchement : *Phanérogames*.

Sous Embranchement : *Angiospermes*

Classe: *Dicotylédones*.

Famille: *Asteraceae* (*Marguerites*).

Genre: *Inula* ou *Dittrichia*

Espèce : *I. viscosa* L Ait

*D. viscosa* L

Nom commun : Inule visqueuse, Aunée visqueuse

Noms vernaculaires Magramane ou Amagramane (En Afrique du Nord).

### II.1.4 Composition chimique de l'inule visqueuse

Divers travaux de recherches se sont intéressés à la composition chimique des extraits ou des huiles essentielles d'*I. viscosa*. Le screening phytochimique a décelé la présence des Flavonoides (GRANDE et al., 1985), des Triterpinoïdes (SIMOES et al., 1990 ; GRANDE et al., 1992) et des sesquiterpènes lactones et acides (GRANDE et BELLIDO, 1992 ; CAMACHO et al., 2000).

Les huiles essentielles extraites des différents organes de la plante fraîche récoltée en Tunisie ont été analysées. Selon AYARI-ZAGLAOUI et al. (2008), 43 constituants chimiques ont été reportés, dont 2 non identifiés (NI). Leurs pourcentages diffèrent d'un organe à un autre. Les constituants majeurs présents sont :

Au niveau des feuilles: Germacrène-D (9,6%), Terpinène-4 ol (9,3%),  $\beta$ -Elémène (9,0%), 6-Cadinène (6,2%) et Nu (5,9%).

Au niveau des tiges: l'  $\alpha$ - Gurgunène (14,5%), NI1 (15,0%), le  $\delta$ - Cadinène (6,3%), la  $\beta$  -Elémène (5,1%), le Murolène (5,8%), et N12 (5,4%).

Au niveau des fleurs : NI1 (35,0%), la 6, 10,14- Triméthylpentadéc-2- one (M250) (12,86%), l'Gurgunène (11,9%) et NI2 (5,2%).

La partie souterraine est riche en : Cadina-1-4-diène (29,7%) et en Germacrène B (25,5%). D'autres composants chimiques ont été isolés de *I. viscosa* par WONG et *al.* (1995) à savoir le tomentosin, l'inuviscolide, l'acide costique et l'acide isocostique.

### **II.1.5. Aspects pharmacologiques de l'inule visqueuse**

L'Inule est une plante très anciennement connue, elle a été utilisée au moyen âge jusqu'à nos jours pour ses vertus médicinales variées (FOURNIER, 1947).

Son histoire thérapeutique est très diversifiée et connue depuis longtemps dans les médications traditionnelles (SUSPLUGAS et *al.*, 1980).

Elle est connue pour ses activités anti-inflammatoires (BARBETTI et *al.*, 1985), antidiabétiques (YANIV et *al.*, 1987), antipyrétiques, antiseptiques (LAURO et ROLIH, 1990), pour traiter les troubles gastroduodénaux (LASTRA et *al.*, 1993).

Un effet antiulcérogénique a été attribué à la composition flavonique d'*Inula viscosa* (ALARCON de la LASTRA, 1993 in BENHAMMOU et ATIK BEKKARA, 2008)

L'Inule visqueuse est également connue pour ses propriétés antihelminthiques donc vermifuges (BENAYACHE et COLL, 1991). Il a été rapporté aussi que la poudre d'*Inula viscosa* est utilisée dans le traitement des mycoses cutanées (ULUBELEN 1987 ; TAILLADE et *al.*, 1980).

En Italie, *Inula viscosa* est utilisée en médecine traditionnelle. LAURO et ROLIH (1990), rapportent qu'elle présente des propriétés balsamiques, antipyrétiques, antiphlogistiques et antiseptiques.

En Algérie, l'inule est utilisée dans la médecine populaire comme antipyrétique en tisane ou en bain dans la lutte contre le paludisme (Fournier).

Les travaux de CHARI et HAMDY PACHA en (1999) attribuent à l'Inule un pouvoir cicatrisant. En effet l'application de la préparation galénique contenant 45 % d'huile d'amande douce, 45 % de glycérine et 10 % d'extrait alcoolique d'*Inula viscosa* sur des brûlures expérimentales réalisées sur des lapins a montré une accélération nette du processus de cicatrisation. Il semblerait que l'Inule serait responsable de la synthèse de collagène et en créant un foyer aseptique favorisant ainsi la réparation tissulaire selon les mêmes auteurs.

D'après HERNANDEZ et *al.*, (2005) ; MANEZ et *al.* (1999) La plante est aussi dotée de propriétés antioxydants.

## **II.2. Présentation du modèle biologique cible *Tribolium castaneum***

### **II.2.1. Systématique et distribution**

Le « *Tribolium* rouge de la farine » ou encore le « petit ver de la farine » est systématiquement classé dans l'Embranchement des Arthropodes, la Classe des Insectes; l'Ordre des Coléoptères ; la Famille des Tenebrionidae ; le Genre *Tribolium* ; et l'espèce *Tribolium castaneum* (Maldani)

Le *Tribolium* rouge de la farine est d'origine indo-australienne (SMITH et WHITMAN, 1992). On le trouve dans les zones tempérées, mais il peut également survivre à l'hiver dans des lieux protégés, en particulier lorsqu'il se trouve à proximité de centrales thermiques (TRIPATHI et *al.* 2001).

### **II.2.2. Cycle de développement**

*T. castaneum* est un insecte holométabole. Son cycle de développement comporte quatre stades (Figure 2).

- L'œuf: pratiquement invisible à l'œil nu, il est généralement de couleur blanche.

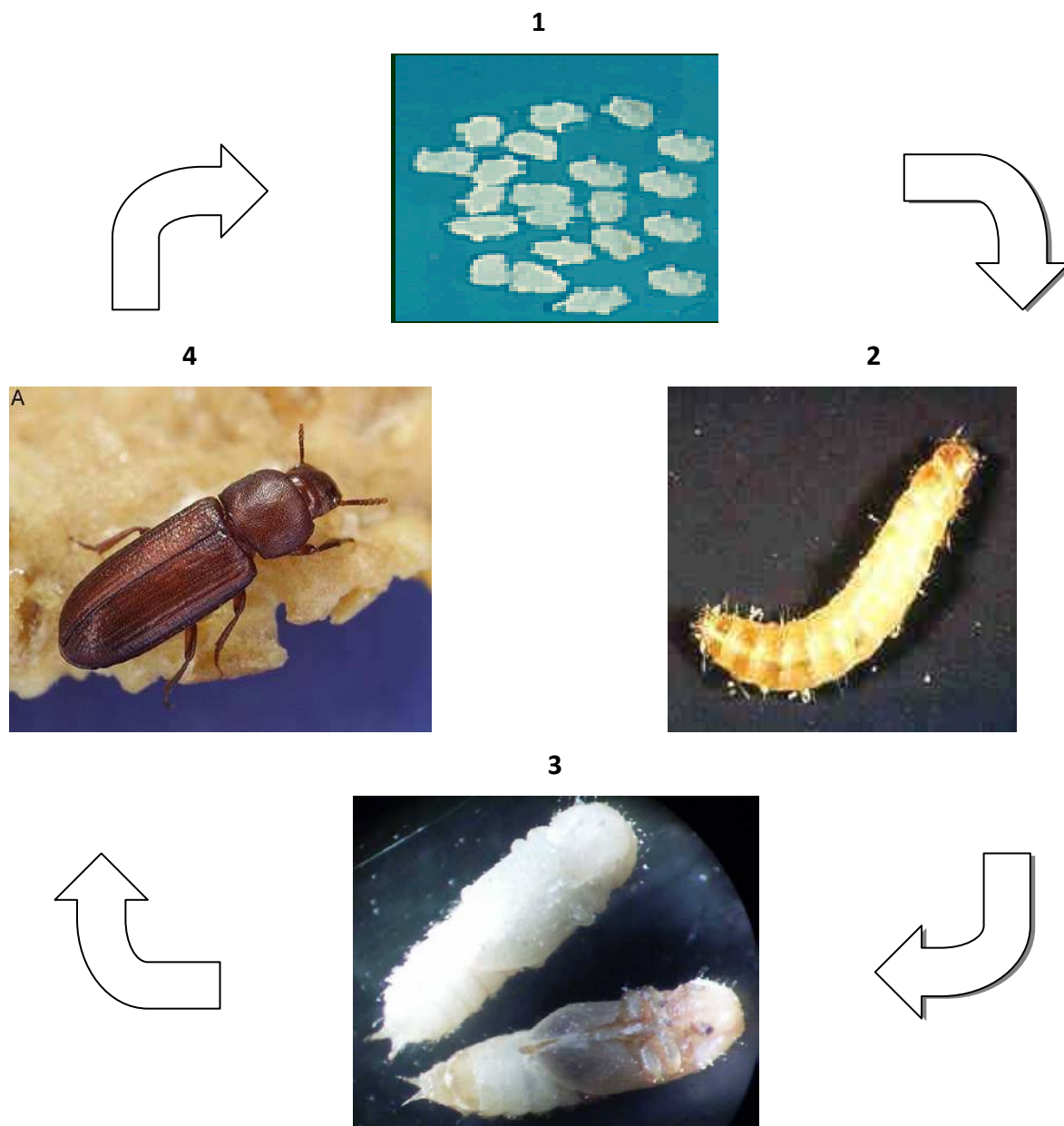
Laponte s'effectue dans la poussière et les débris des cellules d'entreposage. Les femelles peuvent pondre jusqu'à 500 œufs.

- La larve: elle mesure 4 mm en moyenne, environ 8 fois plus longue que large. Elle est blanchâtre au tout début de la mue et devient jaune très pâle à maturité, avec quelques courtes soies jaunes au niveau latéral. Elle a une capsule céphalique légèrement rougeâtre. C'est le stade de croissance qui cause le plus de dégâts; elle subit une croissance par mue. La larve, vermiforme, se développe à l'extérieur des grains et se nourrit de brisures.

- La nymphe: appelée également chrysalide, elle mesure entre 1,5 à 2,5 mm de longueur. Elle est segmentée et blanchâtre juste après la dernière mue larvaire, puis devient jaunâtre en se développant. A ce stade, il est plus facile de distinguer les sexes par rapport à l'état adulte. Les mâles et les femelles se distinguent par la partie terminale de l'abdomen. Dans les deux sexes, l'abdomen se termine par une paire d'appendices pointus les urogomphes. Chez les femelles, les papilles génitales, situées juste en avant des urogomphes, sont nettement plus développées que chez les mâles.

- L'adulte: il est de 1,5 à 2,5 mm de longueur, étroit, à bords parallèles, de couleur brun ferrugineux rougeâtre et non rebordé antérieurement. Les trois derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. L'adulte possède une paire d'ailes antérieures sclérifiées appelées « élytres »; les ailes postérieures demeurent membraneuses et se plient sous les élytres qui recouvrent le dos de l'abdomen jusqu'au septième tergite. Le premier sternite abdominal est réduit. Les élytres donnent à ces insectes une certaine résistance qui leur permet de se déplacer dans la masse des grains à la recherche des conditions favorables de développement (température, humidité, teneur en O<sub>2</sub>, etc.). La longévité des adultes est généralement de deux à huit mois; mais elle peut aller à plus de 2 ans suivant les conditions.





**Fig 2 :** Stades de développement de *T. castaneum*. 1) OEufs, 2) Larve, 3) Nymphes en vue dorsale et ventrale et 4) Adulte.

Source: Greb, USDA (United States Department of Agriculture) et Grain Canadian Commission (<http://www.grainscanada.gc.ca/main-f.htm>).

### II.2.3. *Tribolium castaneum*, un vrai fléau : dégâts et moyens de lutte

*Tribolium. castaneum* est un petit insecte omnivore et cosmopolite connu en tant que nuisible pour les stocks de grains (BONNETON *et al*, 2008) du fait qu'il cause des dégâts considérables en s'attaquant au riz, au blé, et à leur farine, au maïs, à l'orge, au sorgho, au millet, au manioc et à sa farine, au sagou, aux fruits séchés, à toutes les légumineuses, à l'arachide, au coprah, aux graines de coton, au ricin, aux

cabosses de cacao, au chocolat, aux noix de muscade, au poivre, au gingembre etc. (VIA, 1999 ; WESTON et RATTLINGOURD, 2000) (figure 2).



**Figure 3.** *Tribolium* s'alimentant sur la farine de blé (1), sur des grains de blé (2), sur des grains de riz (3), sur des miettes de pain (4). Source: Coutin, OPIE (Office pour les insectes et leur environnement, <http://www.inra.fr/opie-insectes/index.htm>).

Le *Tribolium* est devenu un organisme modèle en biologie du développement grâce à la facilité de son élevage et de sa manipulation génétique. Toutes ces caractéristiques incitent les scientifiques et les agriculteurs à combattre ce fléau. Il existe un grand choix des moyens de lutte contre les insectes ravageurs, entre autres on peut citer la lutte chimique, la lutte physique et la lutte biologique. Actuellement, la combinaison entre toutes ces approches est de plus en plus utilisée (HALLMAN, 2001; AHMED, 2001).

### **II.2.3.1. Lutte chimique et résistance**

Afin de minimiser les pertes dues aux insectes ravageurs et de répondre aux exigences de rendement et de rentabilité d'une agriculture moderne intensive, les insecticides chimiques ont été très tôt développés (Regnault-Roger *et al.*, 2005).

Les difficultés liées à l'usage des insecticides de synthèse ont commencé lorsque les premiers cas de résistance des insectes à l'encontre de ces produits sont apparus, ce qui avait bien souvent pour conséquence une augmentation du nombre des traitements et, comme corollaire, une amplification de cette résistance.

Le développement du phénomène de résistance aux insecticides chez les insectes cibles s'est déclenché rapidement; le cas le plus connu dans la littérature est celui de la résistance contre le DDT qui était décrite dès 1947, peu de temps après sa première utilisation intensive en 1943 (Weismann, 1947).

Plus récemment, REIBEIRO *et al.* (2003) ont rapporté que certaines populations du coléoptère *Sitophilus zeamais* réduisent leur sensibilité à l'égard de cyperméthrin et de chlorpyrifos-méthyl (insecticides organiques de synthèse) lorsqu'elles y sont exposées.

Le coléoptère *Tribolium castaneum* a également fait l'objet de plusieurs études sur sa résistance vis-à-vis aux insecticides chimiques de nature organique (ZETTLER et CUPERUS, 1990; ZETTLER, 1991; DONAHAY *et al.*, 1992).

Halliday *et al.* (1988) ont rapporté que 50 % des souches sauvages de *T. castaneum* dans le Sud des Etats-Unis sont devenues résistantes à l'égard du dichlorvos (organophosphate). Cette capacité des insectes à résister à la toxicité des insecticides de synthèse est une conséquence logique de l'incessante co-évolution des êtres vivants (PHILOGENE, 1972; PHILOGENE et ARNASON, 1996).

### **II.2.4. Lutte biologique par les phytopesticides**

Dans la nature, de nombreuses plantes sont peu ou pas consommées par les insectes phytophages; ce qui a conduit à s'intéresser aux métabolites secondaires produits par ces plantes et à chercher ceux qui pourraient en être responsables.

Cette approche a conduit à l'identification de molécules, dont l'azadirachtine (Terpénoïdes), ont connu un développement commercial remarquable. Ainsi, plus de

2.000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (GRAIGNE et AHMED, 1988).

Les travaux sur les extraits et molécules végétales se sont poursuivis tout au long de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle pour en améliorer l'efficacité ou la stabilité, ainsi que pour découvrir de nouvelles molécules ou de nouvelles sources de molécules.

Les résultats de ces recherches ouvrent aujourd'hui plusieurs perspectives pour l'utilisation de molécules végétales dans le domaine phytosanitaire. Ces molécules sont biodisponibles. Leur ubiquité est liée au fait qu'il existe plus de 500.000 composés secondaires dans les plantes (MENDELSON et BALICK, 1995), dont environ 18.000 auraient été caractérisés (FIRN et JONES, 1996).

- Ces molécules appartiennent à différentes familles chimiques; ce qui leur permet d'avoir des mécanismes d'action différents limitant les cas de résistance chez les insectes. Quelques dérivés de plantes sont très efficaces contre les insectes ayant déjà acquis une résistance vis-à-vis des insecticides chimiques (Arnason *et al.*, 1989; Ahn *et al.*, 1997).

- Elles ont sont peu rémanentes et par la suite rapidement biodégradables; ce qui présente un avantage environnemental appréciable pour l'équilibre des écosystèmes. Par exemple, dans des conditions aérobics à 23°C, la demi-vie de l' $\alpha$ -terpineol (monoterpène) est comprise entre 30 et 40 heures, avec dégradation complète à 50 heures (MIRSA et PAVLOSTATHIS, 1997).

- Ces molécules sont spécifiques et agissent à faibles doses (SHAAYA *et al.*, 1991; REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1997).

**PARTIE II**  
**EXPERIMENTALE**

## **CHAPITRE I : Matériel et Méthodes**

Notre approche préliminaire a été d'évaluer l'efficacité des extraits aqueux et des huiles essentielles de la plante spontanée *Inula viscosa* (Asteracées) sur les populations d'un bio-agresseur des denrées stockées *Tribolium castaneum*. L'effet biocide de chaque solution naturelle de la plante (extrait aqueux et huile essentielle) a été étudié par rapport à deux compartiments de la plante sur les paramètres de mortalité de la population et du point de vue toxicité des deux types d'extraits.

### **I.1. Matériels**

#### **I.1.1. Espèce biologique**

Les individus du *Tribolium* qui ont servi à notre expérimentation proviennent d'un élevage de masse réalisé sur du blé tendre maintenu à une température constante en étuve au niveau du laboratoire de Zoophytiatrie du département des sciences agronomiques de l'Université Saâd Dahleb (Blida). La souche utilisée provient de coopérative des céréales et des légumes secs de Blida. L'élevage de masse a été conduit dans des boîtes perforées et mis dans des étuves réglées à une température 30°C et 70% d'humidité.

#### **I.1.2. Espèce végétal**

La plante spontanée de nature aromatique retenue pour notre étude est l'inule visqueuse. Selon KHELFI (2007), plusieurs critères sont à prendre en considération pour le choix du matériel biologique végétal comme la disponibilité des plantes sur le territoire national ainsi que ses propriétés insecticides relatées dans la littérature. Les spécimens de feuilles de la plante ont été récoltés au courant du mois de juillet 2011 à proximités de fossés au niveau d'un terrain vague à l'extérieur de la ville de Béni Mered tandis que la récolte des fleurs a été réalisée au même endroit mais à la mi octobre, soit la période automnale.

#### **I.1.3. Matériels utilisés et appareillage d'extraction**

Nous avons utilisé l'entraînement à la vapeur d'eau comme méthode d'extraction de l'huile essentielle des feuilles. Nous avons préparé les poudres des feuilles et des fleurs de l'inule en utilisant les matériels suivants : une étuve, un mortier, des entonnoirs avec papier filtre pour la préparation des filtrats de solutions aqueuses,

des micropipettes de 20  $\mu$ L, 1000  $\mu$ L et des tubes à essais et de l'eau distillée ainsi que le Tween 80 pour la préparation des dilutions. Enfin, nous avons utilisé une pince entomologique pour la manipulation des individus du *Tribolium* ainsi que des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre tapissées de papier buvard blanc.

## **I.2. Méthodologie (figure 5)**

### **I.2.1. Préparation des extraits aqueux**

Après la récolte, le matériel végétal a été lavé à l'eau, étalé sur la paillasse et mis à sécher à l'abri de la lumière, à l'air libre et à la température ambiante du laboratoire. Après l'opération de séchage, le végétal a été écrasé dans un mortier puis a subi un broyage afin d'obtenir une poudre plus en moins fine à l'aide d'un mixeur.

Au cours de ce travail, nous avons utilisé une macération aqueuse qui consiste à prendre 20 gr de poudre du végétal et à l'additionner à 250 ml d'eau distillée, dans des flacons hermétiques, sous agitateur horizontal pendant 72 h à la température du laboratoire (figure 3). Les homogénats ont été ensuite préservés aseptiquement dans des bouteilles, entourés par du papier aluminium, afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière puis conservés dans le réfrigérateur pour une utilisation ultérieure.



**Figure 4** : Préparation des solutions d'extraits aqueux de l'inule visqueuse sous agitateur horizontal (Original, 2011).

### I.2.2. Préparation des extraits des huiles essentielles de l'inule

La méthode d'extraction adoptée est l'entraînement à la vapeur d'eau (figure 4). Elle est la plus adaptée pour obtenir des huiles essentielles pures.

La matière végétale 400 gr est extraite progressivement pour obtenir le maximum d'huile essentielle pendant trois heures. La matière végétale est introduite dans une colonne en verre qui est reliée au réfrigérant par un coude. Un ballon de deux litres rempli d'eau au 2/3 de son volume est placé dans un chauffe ballon.

Après fermeture du montage et mise en marche du chauffe ballon, la vapeur d'eau produite entraîne les constituants volatils qui après condensation et refroidissement dans le réfrigérant, sont recueillis dans un récipient de recette. L'huile essentielle est ensuite séparée du distillat par extraction liquide-liquide au moyen de l'éther diéthylique.

Pour éliminer toute trace dans la phase organique, celle-ci est traitée par du sulfate de sodium anhydre. Après évaporation de l'éther, l'huile est conservée dans des flacons ombrés, hermétiquement clos à basse température et à l'abri de la lumière afin d'éviter toute dégradation.



**Figure 5** : Extraction par entraînement à la vapeur d'eau de l'huile essentielle des feuilles de l'inule (Original, 2011).



### **I.2.3. Evaluation de l'activité insecticide**

Le principe de cette étude consiste à déterminer la toxicité des extraits aqueux et des huiles essentielles de l'inule visqueuse sur *Tribolium castaneum*, coléoptère ravageur des denrées stockées par effet d'inhalation.

#### **I.2.3.1. Préparation des concentrations des extraits aqueux**

C'est à partir des extraits aqueux, que nous avons préparé la gamme des dilutions. Nous avons choisi d'effectuer les tests sur la solution de l'extrait pur, la dilution 1/2, et la dilution 1/4.

#### **I.2.3.2. Test d'efficacité par inhalation des extraits aqueux**

Des papiers filtres de 3 cm de diamètre sont imprégnés avec une solution d'extraits aqueux d'une concentration donnée. Après séchage durant 5 mn, les papiers filtres traités sont déposés dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur. Dans chaque boîte de pétri, sont placés 30 insectes. Le couvercle est ensuite vissé hermétiquement sur le flacon. La mortalité des insectes ainsi que les pourcentages de survivants est évaluée 24h, 48h, 72h puis 96h après traitement. Pour chaque concentration de même que pour le témoin nous avons réalisé 3 répétitions.

#### **I.2.3.3. Préparation des concentrations des huiles essentielles**

A partir des huiles essentielles obtenues, nous préparons les concentrations à tester après dilution dans le tween 80 (dilué à 3%). Nous avons utilisé le tween 80 comme témoin à cause de l'absence de l'activité insecticide et comme diluant pour former des microémulsions et donc l'homogénéisation de la solution d'huiles essentielles. Les doses testées étant 5 µl/ml, 10 µl/ml, 20 µl/ml.

#### **I.2.3.4. Test d'efficacité par inhalation des huiles essentielles**

Des papiers filtres de 3 cm de diamètre, sont imprégnés avec une solution d'huile d'une concentration donnée. Nous avons utilisé pour le témoin du solvant (tween 80 dilué à 3%). Les papiers filtres traités ainsi que ceux du témoin sont déposés après évaporation dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur. Dans chaque boîte de pétri, sont placés 30 insectes. Trois répétitions sont réalisées pour chaque concentration d'huile essentielle et du témoin. La mortalité des insectes

ainsi que les pourcentages de survivants est évaluée 24h, 48h, 72h puis 96h après traitement.



**Figure 6.** Echantillons des solutions des phytoextraits de l'inule et lots de traitement (Originale, 2011)

### I.3. Exploitation des résultats

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  $MC = 100 * (M - M_t) / (100 * M_t)$ , avec MC (%) qui est le pourcentage de mortalité corrigée, M (%) le pourcentage de morts dans la population traitée et  $M_t$  (%) le pourcentage de morts dans la population témoin. Les pourcentages de mortalité corrigée ont servi à calculer les concentrations létales 50.

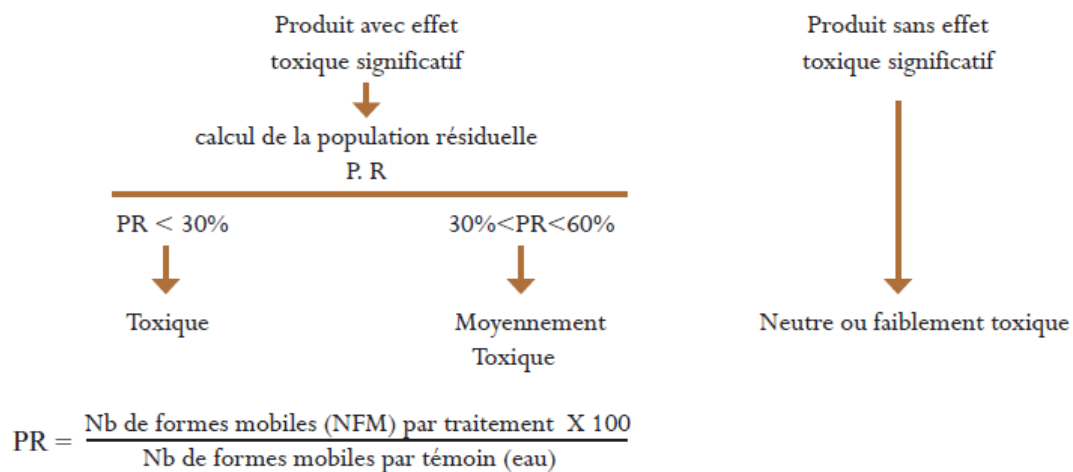
#### I.3.1. Calcul des doses létales 50

L'efficacité d'un toxique se mesure par la DL50 qui représente la quantité de substance toxique qui entraîne la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite à partir du tracé d'une droite de régression, prenant en compte les probits des valeurs des mortalités corrigées en ordonnées par le biais de la table de BLISS in CAVELIER (1976), et les logs décimaux des doses en abscisse. Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probits selon la table des probits. Ces probits sont représentés graphiquement en fonction du logarithme népérien afin

d'évaluer la dose létale 50 (DL50) déterminée à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en utilisant le logiciel Excel :  $Y = ax + b$ , Y étant le probit de la valeur de la mortalité corrigée, x le logarithme décimal de la dose, et a la pente de l'équation de la droite de régression. On déterminera la dose qui correspond à un probit de 5 (50% de mortalité) d'où la DL50.

### I.3.2. Estimation de la toxicité des traitements

L'évaluation de l'effet toxique des traitements à base des phytoextraits ont été estimés par la comparaison des abondances exprimées en pourcentages des populations résiduelles (PR) selon le test de Dunnett. Le pourcentage des populations résiduelles du *Tribolium* est exprimé par le rapport du nombre de formes vivantes dans les lots traités sur le nombre de formes vivantes dans les lots témoins exprimé en pourcentage. Les différents pourcentages de PR obtenus permettent de déduire de la nature de la toxicité des substances contenues dans les phytoextraits utilisés (figure 6).



**Figure 7 :** Schéma indiquant l'évaluation des pourcentages de populations résiduelles ainsi que les effets toxiques après traitement (d'après le test de Dunett).

### **I.3.3. Analyses univariées et multivariées**

Nous avons réalisé une analyse de variance lorsque le problème était de savoir si la moyenne d'une variable quantitative (Pourcentage des populations résiduelles du *Tribolium*) variait significativement selon les conditions. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu (doses utilisées, effet temporel, compartiment de la plante, nature des phytoextraits) nous avons utilisé le modèle linéaire global (GLM) de l'analyse de la variance indiqué dans la suite des programmes dans le logiciel systat vers.12, pour connaître explicitement l'effet d'un facteur indépendamment. Dans le cas de variables quantitatives de type phytoextrait testé-doses, nous avons eu recours à une A.C.P (Analyse en composantes principales). La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne basée sur les mesures de similarité entre variables a été prise en compte avec le logiciel PAST (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001).

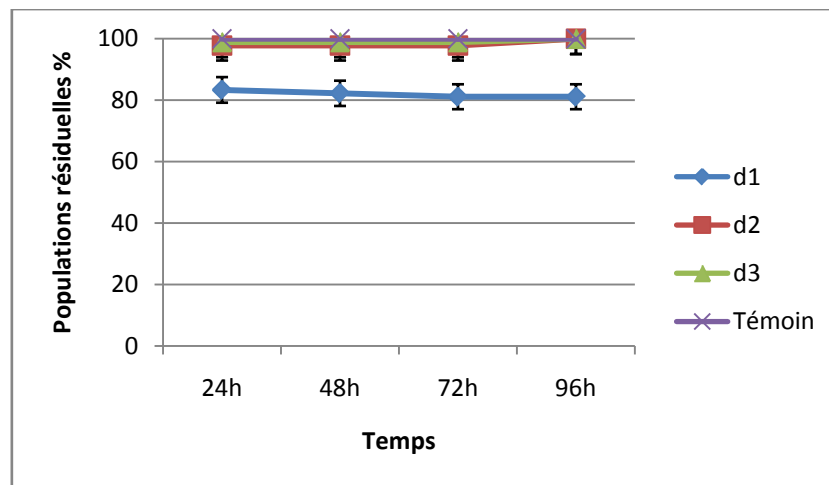
## Chapitre II : Résultats et Discussions

### II.1. Effets des extraits de l'inule visqueuse sur les populations résiduelles du *Tribolium*

#### II.1.1. Evolution temporelle des populations résiduelles du *Tribolium* sous l'effet des extraits des compartiments et des doses.

##### II.1.1.1. Effet temporel des feuilles aux trois doses testées et des fleurs

Les pourcentages de formes vivantes des *Tribolium* obtenues après l'application des extraits aqueux des feuilles de l'inule sont presque similaires à ceux des lots témoins durant toute la durée des observations. L'application des doses d2 et d3 a entraîné une persistance presque totale de la population traitée comparativement à la population non traitée. Une légère diminution de l'abondance des populations résiduelles est constatée cependant après application de la dose d1 (figure 7). Quelque soit le temps d'observation après traitement et les doses testées, les abondances des populations résiduelles restent stables.

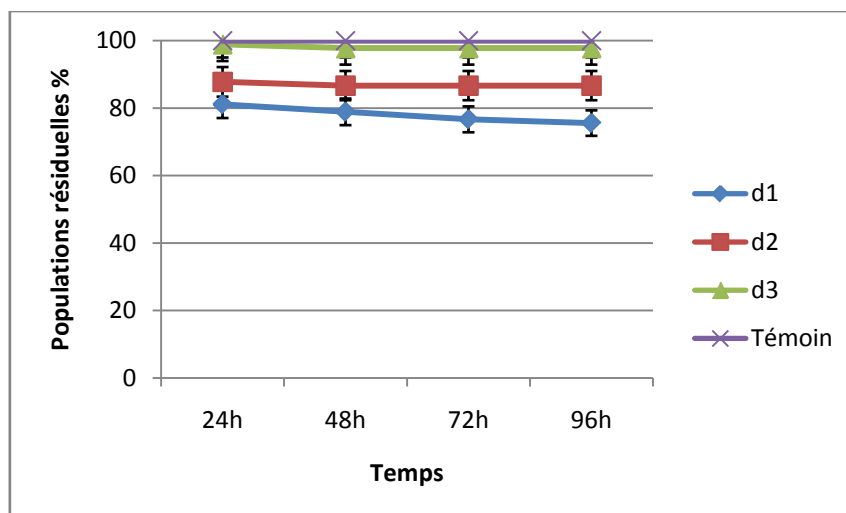


**Figure 8:** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des extraits aqueux des feuilles.

##### II.1.1.2. Effet temporel des fleurs aux trois doses testées

Après l'application des traitements à base des phytoextraits floraux de l'inule aux doses d2 et d3, les populations résiduelles de *Tribolium castaneum* ont réagi de manière similaire qu'avec l'effet des phytoextraits foliaires. Dans ce cas, la stabilité des abondances persiste durant les 4 jours d'exposition. A la dose d1, les populations résiduelles diminuent en effectifs à partir du 3eme jour (72h) pour

atteindre des pourcentages entre 70% et 80% comparativement au témoins et les autres lots traités (figure 8).



**Figure 9** : Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des extraits aqueux des fleurs

### II.1.1.3. Effet des doses utilisées

Nous avons comparé les effets des doses entre elles pour l'extrait de chaque compartiment considéré de la plante. L'analyse de la variance à un facteur indique des différences significatives entre la dose 1 et les doses d2 et d3 des feuilles de l'inule ( $P < 5\%$ ,  $P = 0.03$  respectivement) (tableau 1). Néanmoins, il n'y a pas de différence significative entre les effets des doses d2 et d3 ( $P > 5\%$ ,  $P = 0.24$ ) (tableau 1)

**Tableau n°1.** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des extraits foliaires de l'inule.

	0	d1_fe	d2_fe	d3_fe
d1_fe		0	0,03038	0,03038
d2_fe		0,09115	0	0,2482
d3_fe		0,09115	0,7446	0

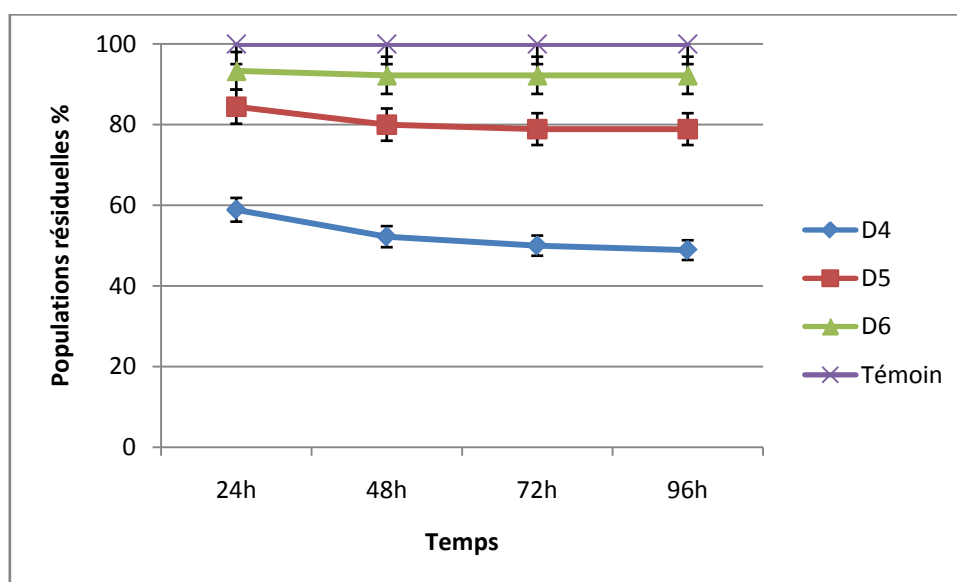
Concernant les effets des doses des extraits aqueux à base de fleurs, l'analyse de la variance à un facteur montre des différences très hautement significatives où les probabilités associées sont inférieures au seuil de risque  $\alpha = 1\%$ , entre d1 et d3 ( $p = 0.00018$ ), entre d1 et d2 ( $p = 0.00021$ ) et entre d2 et d3 ( $p = 0.00018$ ) (tableau 2).

**Tableau n°2.** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des extraits floraux de l'inule.

	0	d1_fl	d2_fl	d3_fl
d1_fl		0	0,0002136	0,0001832
d2_fl		11,91	0	0,0001846
d3_fl		26,79	14,88	0

### II.1.2. Evolution temporelle des populations résiduelles du *Tribolium* sous l'effet des différentes doses des huiles essentielles des feuilles.

Les effectifs de formes mobiles du *Tribolium* observées après application de la dose d6 de l'huile essentielle sont presque identiques aux effectifs du ravageur dans les lots témoins et restent stables durant les 4 jours d'observations. On constate une diminution progressive des effectifs de la population 24h après application de la dose d5 jusqu'à 48h puis une stabilité qui s'est prolongé à la fin de nos observations. On remarque une nette différence dans l'évolution temporelle des abondances des populations résiduelles du *Tribolium* après application de la dose d5 au dessous d'un pourcentage de 60%, notamment entre 24h et 48h, mais les abondances se stabilisent au-delà (figure 9).



**Figure 10:** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des huiles essentielles des feuilles.

La comparaison des moyennes des abondances des populations résiduelles à travers l'analyse de la variance a mis en évidence des différences très hautement significatives ( $p < 1\%$ ) (tableau 3) entre les effets des trois doses respectivement.

**Tableau n°3.** Comparaison des moyennes des pourcentages de populations résiduelles sous l'effet des 3 doses des huiles essentielles des feuilles de l'inule.

	0	D4_hs	D5_hs	D6_hs
D4_hs		0	0,0001832	0,0001832
D5_hs		18,58	0	0,001023
D6_hs		26,49	7,909	0

## II.2. Analyse de la variabilité de la toxicité des différents phytoextraits utilisés

Nous avons utilisé l'application du modèle général linéaire (G.L.M.) de l'analyse de la variance dans la série des programmes du logiciel Systat vers.12 pour étudier de manière indépendante les effets temporels, des compartiments des extraits testés d'*Inula* et des doses d'application sur les populations résiduelles du modèle biologique cible.

Les résultats d'analyse touchant à la variabilité temporelle des populations résiduelles de *Tribolium* sous l'effet des doses, des compartiments et de temps sont consignés dans le tableau 4 et la figure 10.

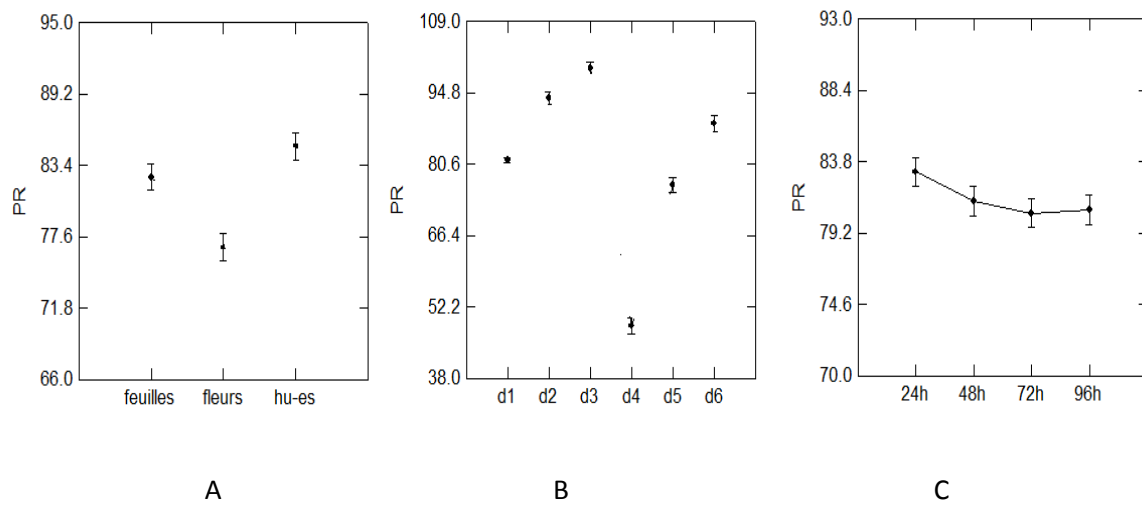
**Tableau n°4 :** Modèle G.L.M. appliqué à l'analyse de la variabilité des effets des différents extraits de l'inule visqueuse sur les populations résiduelles du *Tribolium*.

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F-ratio	P
TEMPS	39.639	3	13.213	1.835	0.166
DOSE	4794.083	4	1198.521	166.466	0.000
EXTRAIT	254.727	2	127.364	17.690	0.000
Erreur	187.194	26	7.200		

Globalement, quelque soit le facteur étudié, on peut constater que les différents phytoextraits ont manifesté un effet neutre qui peut atteindre une toxicité moyenne progressive dans le temps selon l'application des traitements par le mode inhalation. L'évaluation temporelle des abondances des populations résiduelles selon le test de Dunnett a mis en évidence que les pourcentages obtenus sont de l'ordre de 50% dans



les effets des huiles essentielles et retent supérieures à 60% dans la majorité concernant les effets des solutions aqueuses des feuilles et des fleurs de l'inule.



**Figure 11 :** Variabilité des populations résiduelles sous l'effet par inhalation des phytoextraits, des doses et des compartiments.

On peut voir que les extraits floraux de l'inule visqueuse présentent une toxicité neutre mais supérieure à celle constatée avec l'application des extraits foliaires et l'application des huiles essentielles foliaires (figure 11 A).

Par ailleurs, les trois doses des extraits aqueux de feuilles ou de fleurs (d1 d2 et d3) ont manifesté des effets neutres, la dose d1 ayant un effet meilleur que celui de d2 et d3 sur la diminution des abondances résiduelles du *Tribolium* (figure 11 B).

Avec les effets des doses des huiles essentielles, on constate que c'est la dose d4 qui a donné le meilleur effet de toxicité que nous pouvons évaluer à une toxicité moyenne d'après nos résultats (figure 10 B). D'une manière générale, on observe une diminution graduelle des abondances après traitement entre 48h et 72h et qui se stabilise jusqu'à la fin de la durée des observations soit à 96h (figure 11 C).

L'effet extrait des plantes montre aussi une différence très hautement significative sur les populations résiduelles du *Tribolium* (F-ratio=17,690 ; p=0,000; p< 1%) de même que l'effet dose qui est très hautement significatif. En revanche, l'effet des temps d'application affiche une différence non significative (F-ratio=1,835 ; p=0,166) (Tableau 4).

Les différentes applications des extraits végétaux *d'Inula viscosa* ont montré un effet moyennement toxique pour les huiles essentielles que pour les extraits végétaux, cet effet est d'autant plus important qu'on augmente la concentration de l'huile, en particulier avec la dose d4.

### **II.3. Analyse de l'efficacité globale des phytoextraits dans le temps**

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales à partir des données des variables des doses de chaque phytoextrait considéré en fonction des temps.

L'axe 1 : exprime un important pourcentage de variation (79,65%).il est représenté par les périodes de traitement (96h) et (48h, 72h) à l'opposé de cet axe la plus faible contribution est représentée par (24h).

L'axe 2 : exprime un pourcentage de variation (17,96%).il est représenté par les différentes doses testées (d2\_fe, d3\_fe, d2\_fl, d3\_fl, d5\_fe,d6\_fe) y représentant les contributions les plus élevées.sur la côté négatif de ce même axe, les doses (d4\_hs, d1\_fe, d1\_fl) caractérisées par les plus faibles contributions.

Le cercle de corrélation montre la présence de trois groupes différents présentant les périodes de suivi de traitement.

Par rapport à l'axe 1 :

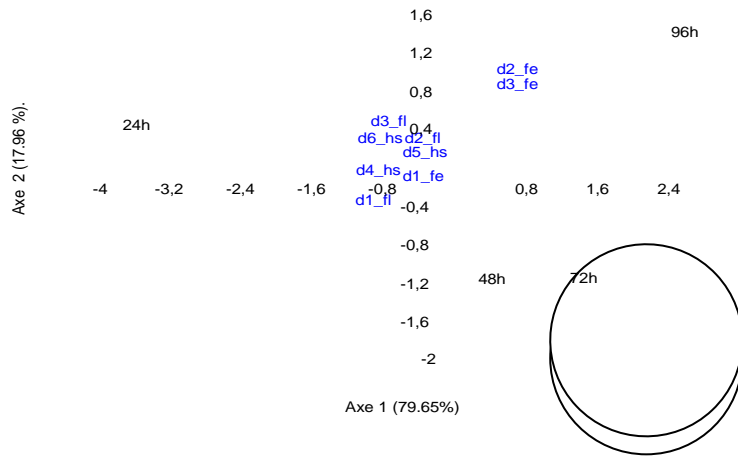
Il existe une corrélation entre le groupe 2 (96h) et les doses d2\_fe ,et d3\_fe.

Le premier groupe n'est pas corrélé avec les doses.

Le groupe 3(24h) est corrélé avec les dose (d3\_fe) , (d3\_fl) ,(d5\_hs) ,(d6\_hs).

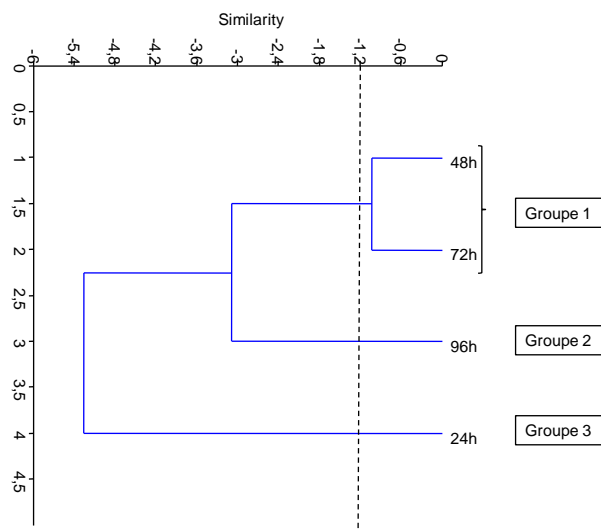
Par rapport à l'axe 2 :

Le deuxième groupe2 et le groupe 3 sont corrélés positivement.



**Figure 12 :** Projection des variables des doses des phytoextraits étudiés et du temps sur le plan d'ordination de l'analyse en composantes principales.

(d1\_fe,d2\_fe,d3\_fe, :dose 1,2,3 des extraits aqueux feuilles)(d1\_fe,d2\_fe,d3\_fe, :dose 1,2,3 des extraits aqueux fleurs)(d4\_fe, d5\_fe,d6\_fe : dose4,5,6 des huiles essentielles feuilles)



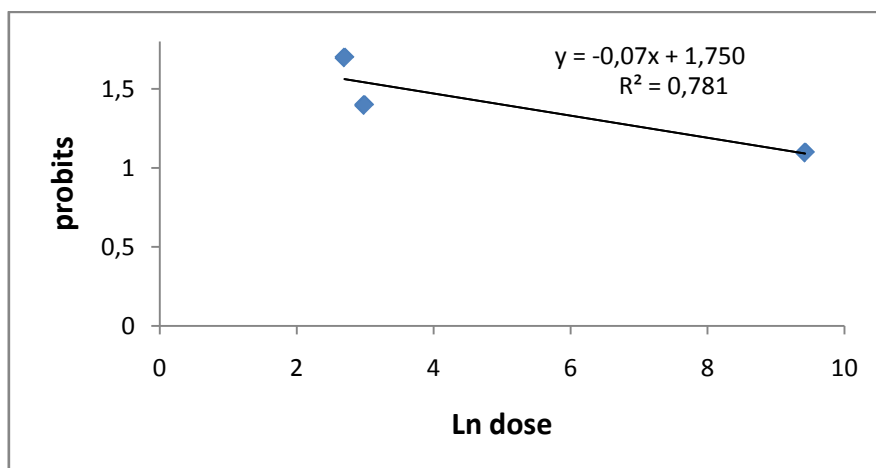
**Figure 13:** Classification ascendante hiérarchique mettant en évidence les groupes des phytoextraits corrélés au temps après traitement.

## II.4. Analyse de DL50 des différents phytoextraits

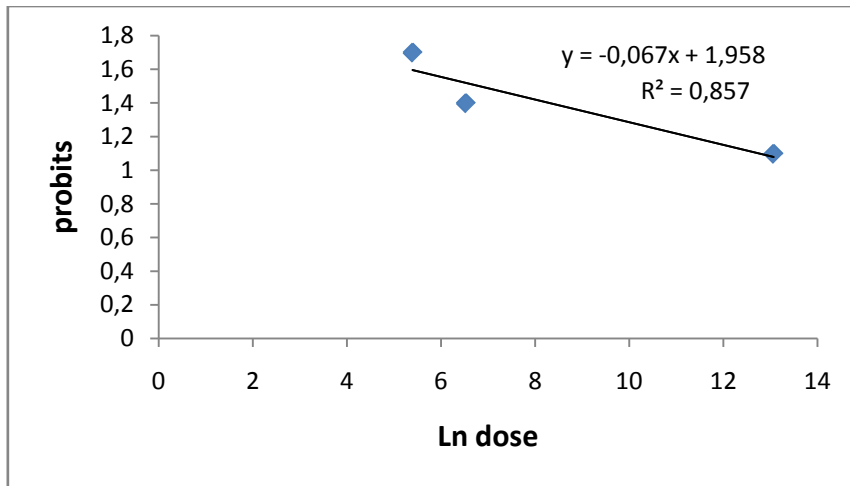
A partir de la table des probits, on a pu tracer des droites de régression sur la base des probits des mortalités corrigées et des logarithmes décimaux des doses utilisées. Nous avons déduit les doses létales ayant conduit à la mortalité de 50% de la population des *Tribolium* à partir des équations des droites de régression dans chaque cas, en remplaçant y par le probit de 50% qui est égal à 5 (Figures 13, 14, 15).

**Tableau n°5.** Table des probits utilisée pour la tranformation des mortalités corrigées.

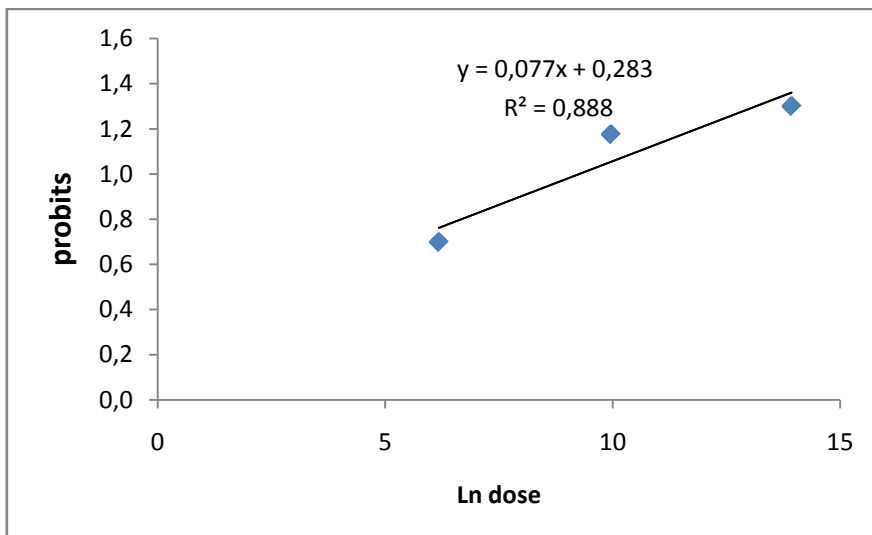
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.18	4.5	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.8	4.82	4.85	4.87	4.9	4.92	4.95	4.97
50	5	5.03	5.05	5.08	5.1	5.13	5.15	5.18	5.2	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.5
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.75	7.75	7.88	8.09



**Figure 14.** Calcul des DL50 des extraits aqueux des feuilles d'*Inula viscosa* par inhalation (DL50=2,69 g/ml)



**Figure 15.** Calcul des DL50 des extraits aqueux des fleurs d'*Inula viscosa* par inhalation (DL50=2,52 g/ml)



**Figure 16.** Calcul des DL50 des huiles essentielles des feuilles d'*Inula viscosa* par inhalation (DL50=1,81 ul/ml).

**Tableau n°6.** DL50 comparés des phytoextraits de l'inule sur les populations du *Tribolium* dans les conditions de laboratoire.

Extrait aqueux feuilles	Extrait aqueux fleurs	Huile essentielle feuilles
2,69 g/ml	2,52 g/ml	1,81 µl/ml

Les DL50 calculées pour chaque phytoextrait testé nous renseigne que les doses à utiliser sont faibles dans tous les cas puisque la plante de l'inule est disponible. On remarque que les concentrations à prendre en considération pour les fleurs sont relativement importantes par rapport à la biomasse à récolter, ce qui serait possible dans le cadre d'une culture de cette plante spontanée en bordures des parcelles par exemple. Les concentrations à prendre en compte pour les feuilles sont plus pratiques puisque la biomasse du feuillage est plus abondante que celle des fleurs. Il reste à réfléchir sur les espèces d'inule qui vont donner un meilleur rendement en huiles essentielles pour pouvoir réaliser des applications selon le mode inhalant au niveau des stocks.

## II.5. Discussion des résultats obtenus

La toxicité des plantes envers les insectes est bien connue. Cette propriété des végétaux a conduit à la mise au point de plusieurs pesticides naturels.

D'après nos résultats, nous pouvons conclure que les extraits végétaux d'*Inula viscosa* se sont avérées moins efficace, quelque soit les concentrations testées pour les populations de *Tribolium castaneum*.

L'huile essentielle de cette plante se montre moyennement efficace pour la dose testé la plus élevée. En revanche, le pourcentage de mortalité est très faible pour différentes doses et compartiments des extraits aqueux, bien que l'effet des fleurs s'avère important que les feuilles, cela peut s'expliquer par les métabolites secondaires qui se trouvent dans toutes les parties des plantes et qui sont distribués selon leur rôles défensifs, cette distribution varie d'une plante à l'autre.

(Gorenflot.,1996 ;Bernays et Chapman.,1994 ; Burnie., 1989; Dussourd et Eisner ;Serge Kuffmann ,Doray et fritig.,2000).

L'induction de système de défense est systémique chez de nombreux végétaux, c'est à dire que la production de substances défensives va augmenter non seulement au niveau du site d'attaque mais également dans toute la plante. Toutefois, l'intensité de l'augmentation des métabolites secondaires n'est pas toujours identique dans les différents tissus de la plante. En effet selon la théorie de l'« Optimal Défense » (McKey, 1979 ; Rhoades, 1979 ; Zangerl et Bazzaz, 1992), la concentration des composés secondaires est plus forte au niveau des parties importantes en terme de fitness pour la plante et au niveau des zones présentant de fortes probabilités d'attaques.

L'activité insecticide d'*Inula viscosa* a été mise en évidence par de nombreux auteurs.

Moussa (2007), avait affirmé l'effet faiblement toxique de l'huile essentielle d'*Inula viscosa* .

Tayebi(2010),à démontré que l'effet que l'effet des phytoextraits d'*Inula viscosa* sur les populations du psylle de l'olivier (*Euphyllura olivina*), est différent au cours des saisons , la saison automnale a causé une mortalité plus importante du psylle par rapport à la saison du printemps, et que l'effet des compartiments n'étaient pas le

même ou les racines et les tiges ont donné un effet neutre sur les populations du psylle par rapport aux feuilles et aux fleurs qui avaient un effet toxique.

Selon Ait saada(2010), les extraits aqueux de la plante entière d'*Inula viscosa* en combinaison avec un bioadjuvant en plus de son action biopesticide, pourraient être un moyen efficace de lutte contre les bioagresseurs des plantes (*Chaitophorus leucomelas*).sur les populations d'Aphis *Pomi De Geer*.

Ainsi , Tail,(1998), Doumandji-Mitiche et Doumandji,(2004) ont montré que *Inula viscosa* à l'état frais ou en extraits, s'est révélée acrifuge et acridicide. Elle inhibe la prise de nourriture(effet anti appétant), et cause la mortalité des acridiens (*Schistocerca gregaria*).

De même Alexenizer et dorn, (2007) ont observé que l'extrait des racines d'*Inula viscosa* permet de réduire significativement la fécondité des punaises *Oncopeltus fasciatus*, il induit des déformations morphologique.

Des recherches attribuent l'activité fongique sur divers champignon pathogène (Cafarchia *et al.*, 2002 ; Benhamou, 2006 ; Inouye *et al.*, 2006 ; Benhammou et Atik Bekkara,2008 ; Rajesh *et al.*, 2009).

Plusieurs maladies fongiques foliaires ont été contrôlées par les extraits de cette plante (Cohen,1998 in Oka.,2006 ;Wang,2004).

Benhammou et Atik Bekkara(2005) ;Cafarchia *et al.*,(2002) ont démontré que l'huile essentielle d'*Inula viscosa* révèle un pouvoir antifongique contre cinq moisissures étudiées *Aspergillus flavus* ; *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma sp.* Et *Fusarium sp.*, le pourcentage d'inhibition dépassent 50% dans toutes les souches testés.

Belabid *et al.*,(2008) ont testé l'efficacité de quelques extraits aqueux et des huiles essentielles de plantes sur la germination des microconidies de *Fusarium oxysporum f.sp.lentis*(Agent de flétrissement vasculaire de la lentille).les résultats obtenus montrent que les extraits aqueux des olutions d'*Inula viscosa* ont inhibé à la germination des microconidies de *Fusarium oxysporum f.sp.lentis*.

Qasem *et al.*,(1995) ont montré dans des conditions de laboratoire les effets antifongiques des extraits et des champignons de feuilles de blé (*Helminthosporium sativum*) et les champignons de la tomate(*Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici*).les extraits des pousses ont fortement inhibé la croissance des deux champignons.

Dans une étude en chambre de croissance, les extraits de feuilles d'*Inula viscosa* dilués dans l'acétone ou de l'eau à 1%(w/v) a réduit la sévérité du mildiou de plus de



90% sur des plants de pomme de terre et de tomate (Wang et al.,2004).

En plus de leur effet fongique, les travaux de Oka et al., 2001) ont démontré que la poudre des feuilles de l'Inule ont un effet nématocide.

En effet, des expériences en pots avec du sol sableux alcalin, ont permis de diminuer le nombre de phases juvéniles de deuxièmes stade de *Meloidogyne javanica* par le mélange de poudre feuilles d'*Inula viscosa* à une concentration de 0,1 %(v/v).

La poudre d'autres parties de la plante, à l'exception de la racine, a également montré une activité nématocide tandis que les pousses fraîches incorporées dans le sable ont montrés moin d'effet nématocide.

Un extrait aqueux de la poudre de feuilles présente une légère activité nématocide contre les nématodes. Tandis que ses extraits avec des solvants organiques ont montré une plus forte activité.

Ainsi, *Meloidogyne javanica* a été plus sensible à la poudre de feuille suivie par *Tylenchulus semipenetrans*, tandis que *Aphelenchus avenaz* et *Pratylenchus mediterraneus* ont été moins ou pas du tout touchés.

La formulation acétone et extrait de feuilles fraiches ont montré une activité nématocide envers *M.javanica* à une concentration de 50 ml/kg de sable.

Les sesquiterpènes ont été suggéré les principaux composés nématocide dans cette plante.

Les extraits formulés des feuilles d'*Inula viscosa* testés sur terrain ont permis un léger contrôle de *Meloidogyne javanica*, par contre leur efficacité de contrôle s'est avérée plus importante dans les expériences en pots(Oka et al.,2006).

Ce qui ressort des résultats de ces différents auteurs, bien que les huiles essentielles ont un effet fongique et nématocide , il n'est pas montré qu'elles ont un effet insecticide puisque ces auteurs ont utilisés des extraits de différentes parties de la plante et non pas les huiles essentielles seules.

## Conclusion générale

Cette approche préliminaire a été réalisée pour tester l'efficacité d'une plante médicinale et aromatique *Inula Viscosa* sur les populations de *Tribolium castaneum* dans le but de contribuer à la recherche de solutions basés sur des produits naturels pratiques et fiables à court terme pour la protection des denrées stockées contre leurs principaux bio-agresseurs. Actuellement, les extraits des plantes présentent en effet un intérêt prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives.

Les résultats obtenus indiquent que la toxicité des solutions aqueuses aux doses utilisées est faible puisque la mortalité obtenue est nettement inférieure à 50%. L'huile essentielle s'est révélée moyennement toxique, ceci peut être dû à des faibles doses. Il serait donc nécessaire de tester de plus fortes doses pour affirmer la toxicité de ces extraits de cette plante étudiée selon ce mode d'inhalation.

L'utilisation des plantes est une alternative de lutte contre les insectes des denrées stockées et permet de remarquer que les extraits végétaux peuvent constituer une source intéressante à exploiter pour diminuer l'utilisation massive des pesticides et établir de nouvelles méthode de lutte non polluante, efficaces et durables.

A notre connaissance l'activité insecticide des extraits botaniques sur les ravageurs des denrées stockées n'est pas très documentée sur le *tribolium*, il serait intéressant d'approfondir dans l'avenir ces approches afin de confirmer l'efficacité des phytoextraits de *Inula viscosa*, notamment pour les ravageurs des céréales destinées à la consommation humaine.

L'Algérie recèle un patrimoine végétal très riche, mais celui-ci est malheureusement peu exploité. Il convient donc de réaliser des enquêtes ethnobotaniques sur la flore algérienne pour mieux exploiter les plantes à effet insecticide. C'est dans ce contexte que l'objet de notre contribution à la connaissance de l'effet insecticide d'une plante spontanée est jugé utile.

L'utilisation de substances végétales en tant que biopesticides dans la protection des denrées stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études en conditions du laboratoire particulièrement. Des études à grande échelle seraient nécessaires afin de vérifier leur efficacité en situation de stockage réelle.

## Références Bibliographiques

**Addor, R.W., 1995.** Insecticides. In: Godfry, C.R.A. (Ed), *Agrochemicals from Natural Products*. Marcel Dekker Inc., New York. pp. 1-63.

**Ahmed, M., 2001.** Disinfestation of stored grains, pulses, dried fruits and nuts, and other dried foods. In: Molins, R.A. (Ed), *Food Irradiation: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., Chap. 4, pp. 77-112.

**Ahn, Y.J., Kwon, M., Park, H.M., Han, C.G., 1997.** Potent insecticidal activity of *Ginkgo biloba*-derived trilactone terpenes against *Nilaparvata lugens*. In: Hedin, P.A., Hollingworth, R., Miyamoto, J., Masler, E., Thompson, D. (Ed), *Phytochemical Pest Control Agents*. ACS Symposium Series No. 658. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 90-105.

**AIT SAADA K., 2010**-Evaluation de l'efficacité des extraits aqueux d'*Inula viscosa* (Asteracées) en combinaison avec un bioadjuvant de *Silene fuscada* (Caryophyllacées) sur la densité et la fitness de *Chaitophorus leucomelas* (Hemiptera: Aphididae)  
Thèse Ing. Inst. Agro Blida ;67p.

**ANONYME, 2004**-<http://www.algerie-dz.com/article1140.html>-Libération du marché des céréales en Algérie.

**ANONYME, 2008** – *Inula viscosa*, plantes médicinales, article de wikipédia.  
[www.Wikipédia.org](http://www.Wikipédia.org).

**Arnason, J.T., Philogène, B.J.R., Morand, P., (Ed), 1989.** Insecticides of plant origin American Chemical Society Symposium Series. Vol. 387. Washington.

**Arroyo, M., 1995.** Lucha contra las plagas y proteccion de los cultivos: una aproximacion historica. In: Ayala, C., Dolores, C., Bethencourt, L., Cabrera, R.M., (Ed), *Conrencias del Seminario de Fitopatologia*. Biologia Vegetal, Universidad de la Laguna, Spain, pp. 41-51.

**Auger, J., Thibout, E., 2002.** Substances soufrées des *Allium* et des crucifères et leurs potentialités phytosanitaires *In*: Regnault-Roger C., Philogène B., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 77-96.

**BALAKEWY J., SALERNO., 1987**-Pour la science. Institut des renseignements scientifiques et techniques, Paris.

**BAOUNI A., 2010**-Etude de l'efficacité de la plante médicinale « *INULA VISCOSA* » dans le contrôle des nématodes galle *Meloidogyne* spp (Nematoda-Meloidogynidae).

**BARBETTI, P., CHIAPPINI, I., FARDELLA, G., MENGHINI, A., 1985** - A new eudesmane acid from *Dittrichia* (*Inula*) *viscosa*. *Planta Medica* n°51. pp: 471p.

**BARTELES A., 1998**-Guide des plantes méditerranéennes. 2<sup>ème</sup> édition, Paris

**BELAICHE 1979**-Traité de phytothérapie et d'aromathérapie.Ed.Maloine S.A.,Paris.

**BELABID L.,et Si MOUSSA L.,TADJEDDINE A. et BELLAHCENE M.,2008**-Effet inhibiteur de quelques extraits de plantes sur la germination des microconidies de *Fusarium oxysporum* f.sp.lentis(Agent du flétrissement vasculaire de la lentille).

**BENAYACHE,S. , BENAYACH,F.; DENDOUGUI,H.;JAY,M., 1991**- Les flavonoides d'*Inula viscosa* L. Plantes médicinales et phytothérapie. Tome xxv, n°4, pp:170-176.

**BENHAMMOU N.,F.ATIK BEKKARA 2008**-Contribution à l'étude du pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*Inula viscosa*,laboratoire de produits naturels, Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaid,Tlemcen.pp :6-9

**BENTHORPE D.V.,CHARWOOD B.V.,1972**-Chemistry of terpènes and terpenoides. Ed .A.A.New man Academie press, London and New York,pp:337-374.

**BERNARD T.,PERRINEAU F.,BRAVOR.Et GASSET A.,1988**-Extraction des huiles essentielles(Chimie et Technique).Information chimie,n°298,pp :178-184.

**BERNAYS, E.A., et CHAPMAN,R.F.,1994**-Host-Plant Selection by Phytophagous Insects.Chapman & HALL,London.

**BLAMEY M. , ET GREY-WILSON C., 2000**- Toutes les fleurs de méditerranées (les fleurs, les gaminées, les arbres et les arbustes), édition Delachaux et Niestlé SA. Paris, 560p.

**Bonneton F., Chaumot A., Laudet V., 2008**. Annotation of *Tribolium* nuclear receptors reveals an evolutionary overacceleration of a network controlling the ecdysone cascade.Insect Biochemistry and Molecular Biology. 38, 416-429.

**BRUNETON J.,1993**-Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales,2<sup>ème</sup> Edition.Ed.Lavoisier,pp :406-435.

**BRUNETON J.,1999**-Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales,3<sup>ème</sup> Edition.Ed. Tec et Doc.,,pp :484-535.

**CAFARCHIA, C.; DE LAURENTIS, N.; MILILLO, M.A.; LOSACCO, V.; PUCCINI, V. 2002**- Antifungal activity of essential oils from leaves and flowers of *Inula viscosa* (Asteraceae) by Apulian region. *Parassitologia*, n°44, pp:153–156.

**CAMACHO,A.; FERNÁNDEZ,A.; FERNÁNDEZ,C., ALTAREJOS,J., LAURENT,R.,2000**- Composition of the essential oil of *Dittrichia viscosa* (L.) W. Greuter. *Riv. Ital. EPPOS.*, n°29.pp: 3–8.

**Casida, J.E., Quistad, G.B., 1998**. Golden age of insecticide research. Annual Review of Entomology. 43, 1-16.

**Chararas, C., 1989.** Attractions primaire et secondaire dans les écosystèmes stables de la forêt. *In*: Strebler G. Les médiateurs chimiques. Tec & Doc Lavoisier. Paris, 207-246.

**CHARI.Z.ET HAMIDI PACHA.M .1999-** Effets cicatrisants de *Inula viscosa* sur les brûlures expérimentales chez le lapin. Thèse de Magister. Université de Constantine.

**CHIEJ R., 1982 :** Les plantes médicinales, Ed Salar, Paris, 422 p.

**COHEN,A and J.T.CARLTON.,1998-**Accelerating invasion rate in a highly invadited estuary.*Science* 279:555-558.

**Conlong, D.E., Graham, D.Y., Hastings, H., Leslie, G., 1984.** Rearing parasitoids and their hosts for the biological control of *Eldana saccharina* Walker (*Lepidoptera: Pyralidae*). Proc.South African Sugar Technology Association. 58, 159-64.

**DeBach, P., Rosen, D., 1991.** Biological Control by Natural Enemies. Cambridge University Press, Cambridge.

**Dec, J., Haider, K., Rangaswamy, V., Schäffer, A., Fernandes, E., Bollag, J.-M., 1997.**Formation of soil-bound residues of cyprodinil and their plant uptake. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45, 514-520.

**Djian-Caporalino, C., Bouy, G., Cayrol J.-C., 2002.** Plantes nématicides et plantes résistantes aux nématodes *In* Regnault-Roger C., Phiogène B.J.R., Vincent C., Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier Tec & Doc. Paris. pp. 187-242.

**Donahaye, E., Zalach, D., Rindner, M., 1992.** Comparison of the sensitivity of the development stages of three strains of the red four beetle (*Coleoptera: Tenebrionidae*) to modified atmospheres. *Journal of Economic Entomology*. 85, 1450-1452.

**Edwards, C.A., Heath, G.W., 1964.** The Principles of Agricultural Entomology. Printed in Great Britain by Richard Glay and Company, Ltd, Bungay, Suffolk. 24 pp.

**El Modafar, C., El Boustani, E., 2002.** Contribution des polyphénols aux mécanismes de défense biologique des plantes. *In*: Regnault-Roger C., Philogène B., Vincent C. Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier Tec & Doc, Paris. pp. 169-185.

**EVANS W.C,1998-**Trease and Evan's Pharmacognosy,14<sup>th</sup> edition SANDERS,pp:48-65,612p.

**FAO, 1967.** Report of the first session of the FAO panel of experts on integrated pest control. Rome, September 18-22 1967. Rome: FAO-UN, 1968. Meet Rep PL/1967/M/7. 19 p.

**Ferron, P., 1989.** Préface. *In*: Riba G. et Silvy C., Combattre les ravagurs des cultures, INRA,Paris.

**Firn, R.D., Jones, C.G., 1996.** An explanation of the secondary products redundancy.<http://www.users.york.ac.uk/drfl/f&j96.htm>

**Foy, C.L., 1964.** Volatility and tracer studies with alkylamino-s-triazines. *Weeds*. 12, 103-108.

**FOURNIER.P. ,1947-** Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France.

**GARNERO,1985-**Technique de l'ingénieur, les huiles essentielles :vol.12

**Grainge, M., Ahmed, S., 1988.** Handbook of Plants with Pest-control Properties. Wiley,New York.

**GRANDE, M.; BELLIDO, I.S. .1992** -Hydroxynerolidol and bicyclic sesquiterpenoids from *Dittrichia viscosa*. *J. Nat. Prod*, 55, 1074–1079.

**Gregor, D.J., Gummer, W.D., 1989.** Evidence of atmospheric transport and deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Canadian arctic snow.*Environmental Science and Technology*. 23, 561-565.

**GWINNER J.,HARMISCH R.et MÜCK O.,1996-**Manuel sur la manutention et la conservation des grains après la récolte.Ed.GTZ-Eshborn,368p.

**Halliday, W R., Arthur, F.H., Zettler, J.L., 1988.** Resistance status of red flour beetle (*Coleoptera: Tenebrionidae*) infesting stored peanuts in the southeastern United States.*Journal of Economic Entomology*. 81, 74-77.

**Hallman, G.J., 2001.** Irradiation as a quarantine treatment. In: Molins, R.A. (Ed), *Food Irradiation: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., Chap. 5, pp. 113-130.

**Harborne, J.B., 1988.** Introduction to Ecological Biochemistry. Academic Press, London.

**HARZAIHAH-SKHIR F.,CHÉRAIF I.,BEN JANNET H.,ET HAMMAMI M., 2005** - chemical composition of essential oils from leaves-stems, flowers and roots of *Inula graveolens* from tunisia. *pakistan journal of biological sciences* n° 8 (2); pp:249-254.

**HUANG YAN H.O.,SHUITH and KINI R.M.,1999-**Bioactivity of safrole and isosafrol on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum*. (Coleoptera: Tenebrionidae ).*Journal of economic entomology*,vol.92,N°3,pp:676-683.

**HUANG Y.,LAMS L.and HO S.H.,2000-**Bioactivity of essential oil from *Elleteria cardammum* L.,to *Sitophilus zeamais*(*Moitch*) and *Tribolium castaneum*(*Herbst*). *Journal of stored research*, Vol.36 N°02,pp:107-117.

**Johansen, C.A., 1977.** Pesticides and pollinators. *Annual Review of Entomology*. 22, 177-192.

**Johnston, P., McCrea, A., 1992.** The effects of organochlorines on aquatic ecosystems. Greenpeace International.

**Kearns, C.A., Inouye, D.W., Waser, N.M., 1998.** Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29, 83-112.

**KELLOUCHE A.,1979**-Efficacité de quelques insecticides vis-à-vis d'un insect des denrées alimentaires stockées: *Rhyzopertha dominica*(F).(Coeoptera : Bostrychidae). Mémoire Ing.Agro.,Ins.Nat.Agro.,El Harrach,57p.

**Kloskowski, R., Führ F., Mittelstaedt, W., 1992.** Plant availability of bound anilazine residues in a degraded loess soil. *Journal of Environmental Science and Health*. 6, 487-505

**Knipling, E.F., 1967.** Sterile technique-sterile principles involved, current application, limitations and future application. *In* Wright J.W., Pal R., *Genetics of insect vectors of diseases*. Elsevier, Amsterdam.

**KOONA P.,et NJOYA J.,2004**-Effectiveness of soybean oil and powder from leaves of *Lantana camara* Linn (Verbenacea) as protectants of stored maize against infestation by *Sitophilus zeamais* Motch.(Coleoptera: curculionidea),Pakistan journal of Biological Sciences.Vol.7,N°12,pp:2125-2129.

**LASTRA, C., LOPEZ, A., MOTIVA, V. 1993-** Gastroprotection and prostaglandin E2 generation in rats by flavenoids of *Dittrichie viscosa*. *Planta Medica* n° 59.pp : 497-501.

**LAURO, L., ROLIH, C., 1990** - Observation an research on an extract of *Inula viscosa*. *Bollettino Societa Italiana Biological Sperimentable* n°66.pp: 829-834.

**Liu, J., Poinar, J.G.O., Berry, R.E., 2000.** Control of insect pests with entomopathogenic nematodes: the impact of molecular biology and phylogenetic reconstruction. *Annuan Review of Entomology*. 45, 287-306.

**Lyons, G., 1999.** Endocrine disrupting pesticides. *Pesticide News*. 46, 16-19.

**MAMOUNI,1994**-Application des different procédés d'extraction de grains de Coriandre Projet de fin d'études E.N.P.,Alger.

**MANEZ.S., RECIO.M., GIL.I.(1999)** Aglycosyl analogue of diacyl glycerol and other anti-inflammatory constitunts. *Jou Mat – Prod*. N° 4. pp: 601

**McKey, D. 1979.** The distribution of secondary compounds within plants. *In: Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites*, eds, G.Rosenthal & M. Berenbaum, Academic Press, New York, pp. 55-133.

**Mendelsohn, R., Balick, M., 1995.** The value of undiscovered pharmaceuticals in tropical forest. *Economic Botany*. 49, 223-228.

**Miller, J.L., Wollum, A.G., Weber, J.B., 1997.** Degradation of carbon-14-atrazine and carbon-14-metolachlor in soil from depths. *Journal of Environmental Quality*. 26, 633-638.

**Mirsa, G., Pavlostathis, S.G., 1997.** Biodegradation kinetics of monoterpenes in liquid and soil slurry systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 47, 572-577.

**Moussa F.Z.,2007-**Evaluation du rendement et de l'efficacité de l'huile essentielle de l'Inule(*Inula viscosa* Ait) sur les populations d'Aphis pomi De Geer(Homoptera ;Aphididae)

**NAVES Y.R.,1974-**Technologie des parfums naturels,Ed.Masson,Paris.

**Nielsen, P.S., 2003.** Predation by *Blattisocius tarsalis* (Berlese) (*Acari: Ascidae*) on eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller (*Lepidoptera: Pyralidae*). *Journal of Stored Products Research*. 39,395-400

**OPIE.** Office pour les insectes et leur environnement, <http://www.inra.fr/opieinsectes/index.htm>

**Paré, P.W., Tumlinson, J.H., 1997.** De novo biosynthesis of volatiles induced by insect herbivory in cotton plant. *Plant Physiology*. 114, 1161-1167.

**PASCUAL-VILLALOBOS M.J.and ROBLEDO A .,1998-**Screening for anti-insect activity in mediterranean plants. *industriels crops and products*,8(3),pp:183-194.

**PEYRON L.,1986-**Parfum,cosmétiques,et arômes N°47,55p.

**Philogène, B.J.R., 1972.** Physiological studies and pest control. *BioScience*. 22, 715-718

**Philogène, B.J.R., Arnason, J.T., 1996.** Pesticides alternatives for insects in tropics. *Forum for Applied Research and Public Policy*. 11, 81-84.

**Picimbon, J.,-F., 2002.** Protéines liant les odeurs (5OBP) et protéines chimiosensorielles (CSP.): cibles moléculaires de la lutte intégrée. *In* Regnault-Roger C., Philogène B.J.R.,Vincent C., *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier Tec & Doc. Paris, 265-283.

**Pimentel, D., 1991.** Diversification of biological control strategies in agriculture. *Crop Protection*. 10, 243-253.

**Pons, N., Barriuso, E., 1998.** Fate of metsulfuron-methyl in soils in relation to pedo-climatic conditions. *Pesticide Science*. 53, 311-323.

**QUEZEL, P. , SANTA, S., 1963-** Nouvelle flore de L'Algérie et des régions



désertiques méridionales. Editions du Centre National de la recherche scientifique. Tome II, Xp.

**Raccaud-Schoeller, J., 1980.** Les insectes physiologie et développement. Ed. Masson, Paris.

**Raulston, J.R., Spurgeon, D.W., Zamora, O., 1997.** Spatial and temporal patterns of beet armyworm trap captures in northeastern Mexico. Proceeding of Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Memphis, TN. pp. 1229-1232.

**Regnault-Roger, C., Hamroui, A., Holeman, M., Théron, E., Pinel, R., 1993.** Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *A. obtectus* Say (*Coleoptera, Bruchidae*), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Chemical Ecology. 19, 1231-1242.

**Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1994.** Reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say (*Coleoptera*), bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by some aromatic essential oils. Crop Protection. 13, 624-628.

**Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1997.** Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Acta Bot. Gallica*. 144, 401-412

**Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C., 2002.** Biopesticides d'origine végétale. Edition TEC & DOC. Paris. France.

**Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bateau, I., Blanchard, P., Gil, M.I., Tomas Barberan, F., 2004.** Disturbance of *Acanthoscelides obtectus* (*Bruchidae, Coleoptera*) behaviour by polyphenolic compounds identified in insecticidal *Labiatae botanicals*. Journal of Stored Products Research. 40, 395-408.

**Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R., 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. (Ed) TEC & DOC. Lavoisier, Paris

**Reibeiro, B.M., Guedes, R.N.C., Oliveira, E.E., Santos, J.P., 2003.** Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (*Coleoptera: Curculionidae*). Journal of stored Products Research. 39, 21-31.

**Rhoades, D.F. 1979.** Evolution of plant chemical defenses against herbivores. In: *Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites*, eds, G. Rosenthal & M. Berenbaum, Academic Press, New York, pp. 4-54.

**Riba, G., Silvy, C., 1989.** Combattre les ravageurs des cultures. Enjeux et perspectives. INRA éditions, Paris. 230 p.

**ROBERT & FILS, 2001-**Pranarôm-Critères de qualité. <http://robertetfils.com>.

**SANON A., GABRA M., AUGER J., 2002-**Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarnus basalis*. *J. Stored prod. Res.*, 38:129-138.

**Schomburg, C.T., Glotfelty, D.E., 1991.** Pesticide occurrence and distribution in fog collected near Monterey, California. *Environmental Science and Technology*. 25, 155-160.

**SEKOU M.K., CHARLES V., SCHMIT J.P., ANHASON J.J., BELANGER A., 2001-** Efficacy of essential oils of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L., applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coléoptera: Bruchidea). *J.S.P.R.*, vol 37, pp:339-349.

**Shaaya, E., Ravis, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., Pissarev, V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*. 17, 499-504.

**SIMÕES, F., NASCIMENTO, J., 1990** - Constituents of *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa*. *Fitoterapia*, n° 61, pp: 553-554.

**Smith, E.H., Whitman, R.C., 1992.** Field Guide to Structural Pests. National Pest Management Association, Dunn Loring, VA

**Strebler, G., 1989.** Les médiateurs chimiques. Lavoisier Tec & Doc, Paris.

**SUSPLUGAS, C., BALANSARD, G., JULIEN, J., 1980-** Evidence of anthelmintic action of aerial part from *Inula viscosa* Ait. *Herba Hung*, n°19, pp:19-33.

**TAILLADE, C. SUSPLUGAS, P. -BALANSARD, G. 1980-** Les Flavonoïde d'*Inula viscosa* Ait. *Plantes médicinales et phytothérapie*. Tome n°14, pp :26-28.

**TALAMLI., 2000-** La protection des céréales : clé de l'indépendance. *Mutation* n°13, Pp122-123.

**TAYEBI S., 2010-** Evaluation de l'effet biocide d'une Asteracea *Inula viscosa* sur les populations du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* (Insecte, Homoptère).

**Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K.K., Kumar, S., 2001.** Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8,-Cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology* 94 979-983.

**Turlings, T.C., Tumlinson, J.H., 1992.** Systemic release of chemical signals by herbivore-injured corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA. 89, 8399-8402.

**Tyler, C.R., Jobling, S., Sumpter, J.P., 1998.** Endocrine disruptions in wildlife: a critical review of evidence. *Critical Review in Toxicology*. 28, 319-361.

**Via, S., 1999.** Cannibalism facilitates the use of a novel environment in the flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Heredity*. 82, 267-275.

**Watterson, A., 1999.** Pesticides and reproduction – women farmers in Indonesia. *Pesticide News*. 44, 12-14.

**Weismann, R., 1947.** Differences in susceptibility to DDT of flies from Sweden and Switzerland. *Mitt Schweiz Entomol Ges.* 20, 484-504.

**Weston, P.A., Rattlingourd, P.L., 2000.** Progeny production by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on maize previously infested by *Sitotroga cerealla* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*. 93, 533-536.

**WMO., 1995.** Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No. 37, WMO, Geneva, Switzerland.

**WONG.K.C- TENG Y.E 1995-** Volatile component of Lawsonia inermis L. *Fowers*

**YANIV, Z., DAFNI, A., FRIEDMAN, J., PALEVITCH, D., 1987 -** Plants used for treatment of diabetes in Israel. *Journal of Ethnopharmacology* n°19. pp:145-151.

**Zangerl, A.R. & Bazzaz, F.A. 1992.** Theory and pattern in plant defense allocation. In: *Plant resistance to herbivore and pathogens: Ecology, evolution, and genetics*, eds, R.S. Fritz & E.L. Simms, University of Chicago Press, Chicago, pp. 363-391.

**Zettler, J.L., Cuperus, G.W., 1990.** Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *Journal of Economic Entomology*. 83, 1677-1681.

**Zettler, J.L., 1991.** Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) from flour mills in the United states. *Journal of Economic Entomology*. 84, 763-767.

## **Table de matière :**

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste d'abréviation

Liste des Tableaux

Liste des figures

Sommaire

**Introduction Générale** .....1

### **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **CHAPITRE I-Données bibliographiques sur les métabolites secondaires et l'utilisation des extraits de plantes contre les bio-agresseurs**

**I-Généralités sur les métabolites secondaires**.....4

I-1- Définition des métabolites secondaires.....4

I-2- Aperçu sur les familles des métabolites secondaires.....4

I-2-1- Terpénoïdes et stéroïdes.....5

I-2-1-1-Monoterpènes.....5

I-2-1-2- Sesquiterpènes.....5

I-2-1-3-Diterpènes.....6

I-2-1-4 Triterpènes.....6

I-2-2- Phénylpropanoïdes et composés phénoliques .....6

I-2-3-Flavonoïdes.....7

I-2-4- Quinones.....7

I-2-5- Alcaloïdes .....7

#### **II : L'utilisation des produits d'origine végétale contre les bio-agresseurs**

Introduction.....9

II-1-Utilisation sous forme d'extraits végétaux aqueux.....9

II-2-Utilisation sous forme d'extraits organique.....10

II-3-Utilisation sous forme de poudre .....10

II-4-Utilisation sous forme d'huiles essentielles.....10

II-4-1-Historique des huiles essentielles.....10

II-4-2-Définition.....11

II-4-3-Localisation des huiles essentielles.....	11
II- 4-4-Fonction des huiles essentielles .....	12
II- 4-5-Intérêt et utilisation des huiles essentielles.....	12
II-4-6-Variabilité des huiles essentielles.....	13
II- 4-6-1-D'origine technologique .....	13
II-4-6-2 -D'origine naturel .....	13
II-4-7-Composition chimique des huiles essentielles .....	14
II-4-7-1-Les terpénoïdes .....	14
II-4-7-2-Les composés aromatiques.....	14
II-4-8-Propriétés physico-chimique des huiles essentielles.....	15
II- 4-9-Critères de qualité des huiles essentielles .....	15
II-4-10-Procédés d'extraction des extraits végétaux.....	15
II-4-10-1-Extraction à la vapeur d'eau.....	16
II-4-10-1-2-Hydrodistillation.....	16
II-4-11-3-Extraction par solvant non volatils et volatils.....	16
II-4-10-4-Extraction par dioxyde de carbone supercritique ou liquide.....	17
II-4-11-5-Extraction par micro ondes.....	17

**CHAPITRE II : Présentation de l'inule visqueuse *Inula viscosa*(L).Ait.et le modèle biologique cible *Tribolium sp***

II-1-Présentation de l'inule visqueuse <i>Inula viscosa</i> (L).Ait	
II-1-1-Description de la plante.....	18
II-1-2-Origine et Répartition géographique.....	18
II-1-3-Classification.....	19.
II-1-4-Composition chimique de l'inule visqueuse.....	19
II-15-Aspects pharmacologiques de l'inule visqueuse .....	20
II-2-Présentation du modèle biologique cible <i>Tribolium castaneum</i>	
II-2-1- Systématique et distribution.....	21
II- 2-1-Cycle de développement.....	21
II-2-3- <i>Tribolium castaneum</i> , un vrai fléau : dégâts et moyens de lutte .....	23
II-2-3-1- Lutte chimique et résistance.....	25
II-2-4- Lutte biologique par les phytopesticides.....	25

## PARTIE EXPERIMENTALE

### CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODE

<b>I-1-Matériels</b> .....	<b>28</b>
I-1-1-Matériel biologique.....	28
I-1-2-Matériel végétal.....	28
I-1-3-Matériels utilisés et appareillage d'extraction.....	28
I-2-Méthodologie .....	29
I-2-1-Préparation des extraits aqueux.....	29
I-2-2-Extraction des huiles essentielles de l'Inule.....	30
I-2-3-Evaluation de l'activité insecticide .....	31
I-2-3-1-Préparation des concentrations des extraits aqueux.....	31
I-2-3-2-Test d'efficacité par inhalation des extraits aqueux .....	31
I-2-3-3-Préparations des concentrations des huiles essentielles .....	31
I-2-3-4- Test d'efficacité par inhalation des huiles essentielles .....	31
I-3-Exploitation des résultats.....	32
I-3-1-Calcul des doses létales 50 et 90.....	32
I-3-2-Estimation de la toxicité des traitements .....	33
I-3-3-Analyse univariées et multivariées .....	34

### CHAPITRE II :RESULTATS ET DISCUSSION

II-1. Effets des extraits de l'inule visqueuse sur les populations résiduelles du <i>Tribolium</i> .....	35
II-1.1. Evolution temporelle des populations résiduelles du <i>Tribolium</i> sous l'effet des extraits aqueux des compartiments et des doses .....	35
II.1.1.1 Effet temporel des feuilles aux trois doses testées .....	35
II-1.1.2. Effet temporel des fleurs aux trois doses testées.....	35
II-1.1-2. Effet des doses utilisées.....	36
II.1.2 Evolution temporelle des populations résiduelles du <i>Tribolium</i> sous l'effet des différentes doses des huiles essentielles des feuilles.....	37
II-2-Analyse de la variabilité de la toxicité des différents phytoextraits utilisé... ..	38

II-3- Analyse de l'efficacité globale des phytoextraits dans le temps .....	40
II-4-Analyse de DL50 des différents phytoextraits.....	42
II-5-DISCUSSION DE RESULTATS OBTENUS.....	45
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	