

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEN



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
L'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement
et application en santé publique

MEMOIRE

Présenté par : DERFOUF Wafaa

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Spécialité : Ecologie animale

Thème

Effet bio-insecticides de l'huile d'argan (*Argania spinosa* L. Skeels) sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera Tenebrionidae)

Soutenu le 06/ 07/ 2021, devant le jury composé de :

Président : KECHAIRI Réda M.C.A Université de TLEMCEN

Encadreur : BOUCHIKHI TANI Zoheir M.C.A Université de TLEMCEN

Examineur : HASSANI Faïçal Professeur Université de TLEMCEN

Année universitaire : 2020 – 2021

العنوان : تأثير المبيدات الحيوية لزيت الأرغان (*argania spinosa*) على مجمع تجريبي من *Tenebrio molitor* (*coleoptera : Tenebrionidae*)

ملخص

مبيدات الآفات هي مواد كيميائية تضر بصحة الإنسان والبيئة، ومبيدات الآفات البيولوجية هي بديل مثير للاهتمام لهذه المبيدات الحشرية السامة. وتعد النباتات البيولوجية مصدرا هاما للمواد الطبيعية في البحث عن بدائل للسيطرة الكيميائية على الحشرات الغذائية المخزنة
لذا أخذنا زيت نبات عطري يسمى *argan* (*argania spinosa*) ؛ واختبرت في ظروف مخبرية بجرعات مختلفة (0.1؛ 0.2؛ 0.4 مل/10 غ من القمح) لمدة 7 أيام على البالغين واليرقات غير مرتبة من *Tenebrio Molitor* التي هي من *coléoptère*
ووفقا لنتائجنا، فإن لزيت الأرغان نشاطا تناسيبيا في مجال مبيدات الحشرات على البالغين واليرقات من *Tenebrio Molitor* يعتمد على جرعة ومدة التعرض للوفيات الكلية .
الكلمات المفتاحية
Tenebrio molitor ،زيت الارغان،المبيداتالبيولوجية،الوفيات،

Titre : Effet bio-insecticide de l'huile d'argan (*Argania spinosa*) sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* (*Coleoptera : Tenebrionidae*)

Résumé

Les pesticides sont des produits chimiques qui nuisent à la santé humaine et l'environnement, les bio-pesticides sont une alternative solution intéressante pour remplacer ces insecticides toxiques. Les plantes biocides constituent une source de substances naturelles importante dans la recherche d'alternatives à la lutte chimique utilisée contre les insectes des denrées stockées.
Donc on a testé l'huile d'une plante aromatique s'appelle argan *Argania spinosa* ; cette huile à été testée dans des conditions de laboratoire à différentes doses (0,1 ; 0,2 ; et 0,4 ml / 10g de son de blé) pendant une durée de sept jours sur les adultes non sexés et les larves de *Tenebrio molitor* (Coléoptères).
D'après nos résultats obtenus : l'huile d'argan possède une activité insecticide et larvicide proportionnelle sur les adultes et les larves de *Tenebrio molitor*, cette activité dépend de la dose utilisée et la durée d'exposition.

Mots clés : *Tenebrio molitor*, huile d'argan, *Argania spinosa*, bio pesticide, mortalité.

Title: Bio insecticide effect of argan oil (*Argania spinosa*) on an experimental population of *Tenebrio molitor* (*Coleoptera: Tenebrionidae*)

Abstract

Pesticides are chemicals that are harmful to human health and the environment; bio-pesticides are an interesting alternative to these toxic insecticides. Biocidal plants are an important source of natural substances in the search for alternatives to the chemical control of insects on stored goods.
So we tested the oil of an aromatic plant called Argan *Argania spinosa*; this oil was tested under laboratory conditions at different doses (0.1; 0.2; and 0.4 ml / 10g of wheat bran) for a period of seven days on non-sexed adults and larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera).
According to our results, argan oil has a proportional insecticidal and larvicidal activity on adults and larvae of *Tenebrio molitor*, this activity depends on the dose used and the duration of exposure.

Key words: *Tenebrio molitor*, argan oil, *Argania spinosa*, bio pesticide, mortality



Remerciements

Il est primordial de remercier «ALLAH» le Tout-Puissant de tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier spécialement mon encadreur de mémoire M. BOUCHIKHI TANI Zoheir maitre de conférence à l'université de Tlemcen, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également M KECHAIRI Réda maitre de conférences à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté de présider ce jury ainsi que sa disponibilité, qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde considération.

Je désire aussi remercier M. HASSANI Faiçal professeur a l'université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs de l'université de Tlemcen, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

Tous qui m'ont aidé de près ou loin pendant toutes les années d'études



Dédicace

Je dédie ce travail a

Mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection, leurs sacrifices et leurs encouragements toute ma vie, je ne saurais jamais comment exprimer mes sentiments pour avoir veillé sur mon éducation, jamais je ne peux les remercier assez de m'avoir donné le meilleur

A mes chers frères Mohamed (source de joie et de bonheur, pour l'encourager toute ma vie), Bouziane, Salah.

A mes chères sœurs (Samira, Hamida).

A mes nièces (Sanaa, Imane, Hanaa, Samia).

A mes neveux (Aymen, Abd el Hakim).

Je n'oublie jamais la générosité illimitée de mes amis avec lesquelles j'ai partagé les bons et les durs moments.

Wafaa...

| | |
|---|----------|
| Introduction général | 1 |
| Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte | |
| I. Présentation de l'insecte | 4 |
| I.1. Généralités sur les ravageurs de cultures | 4 |
| I.2. Description de la famille de Ténébrionidés | 4 |
| I.3. Les caractères généraux des Ténébrionidés | 4 |
| I.4. Le Ténébrion meunier | 4 |
| I.5. Systématique : | 5 |
| I.6. Morphologie | 6 |
| I.7. Cycle de vie de <i>TenebrioMolitor</i> | 7 |
| I.8. Régime alimentaire | 9 |
| I.9. Distribution et habitats | 10 |
| I.10. Les dégâts causés par les insectes | 10 |
| I.10.1 Dommages | 11 |
| I.11. Les ennemies naturelles | 11 |
| II. Les moyens de lutte | 12 |
| II.1. Généralités | 12 |
| II.2. La lutte préventive : | 12 |
| II.2.1 Protection des locaux de stockage | 12 |
| II.2.2 Protection de la denrée | 13 |
| II.3. Lutte curative | 13 |
| II.3.1 Les méthodes traditionnelles | 13 |
| II.3.1.1 L'enfumage | 13 |
| II.3.1.2 Utilisation des plantes répulsives : | 13 |
| II.3.2 Méthodes de lutte modernes : | 14 |
| II.3.2.1 La lutte chimique : | 14 |
| II.3.2.2 Lutte physique et mécanique : | 15 |

| | |
|--|----|
| II.3.2.3 Lutte biotechnique (lutte par confusion sexuelle) | 17 |
| II.3.2.4 Lutte biologique | 17 |
| II.3.2.4.1 La Phytothérapie (lutte par les plantes) | 18 |
| Chapitre II ; Etude de plante testée | |
| 1. HISTORIQUE DE L'ARGANIER..... | 22 |
| 2. TAXONOMIE..... | 22 |
| 3. La position systématique de l'arganier est la suivante :..... | 23 |
| 4. Description morphologique :..... | 23 |
| 4.1 Système aérien :..... | 23 |
| 4.2 Système souterrain :..... | 27 |
| 5. Caractéristiques écologiques et répartition géographique..... | 27 |
| 5.1 Au Maroc | 28 |
| 5.2 En Algérie..... | 29 |
| 6. Importance de l'arganier | 30 |
| 6.1 Importance écologique et socio-économique | 30 |
| 7. Principaux Ennemis de L'arganier | 31 |
| 8. L'huile d'argan..... | 31 |
| 8.1 Etude analytique de l'huile d'argan | 32 |
| 8.1.1 Caractéristiques physico-chimiques | 32 |
| 8.1.2. Les constituants chimiques..... | 32 |
| 8.1.2.1 Fraction saponifiable | 32 |
| 8.1.2.2 Fraction insaponifiables..... | 34 |
| 8.2 Les utilisations de l'huile d'argan | 35 |
| Chapitre III : Matériels et méthodes | |
| I. Matériel et méthodes | 39 |
| I.1. Matériel :..... | 39 |
| I.1.1 Matériel de laboratoire : | 39 |

| | |
|--|----|
| I.1.2 Matériel biologique : | 40 |
| I.1.2.1 Les insectes : | 40 |
| I.1.3 Matériel végétale : | 40 |
| I.1.3.1 L'huile | 40 |
| I.2. Méthodes : | 41 |
| I.2.1 Elevage de masse de Tenebrio Molitor | 41 |
| I.2.2 Test biologique | 42 |
| I.2.2.1 Dispositif expérimental..... | 42 |
| I.2.2.2 Le dimorphisme sexuel | 44 |
| I.2.2.3 Calcul de la mortalité corrigée | 45 |
| I.2.2.4 Calcul de la DL50 | 46 |
| I.2.2.5 Calcul de la DL90 | 46 |
| I.2.2.6 Calcul de TL50..... | 46 |
| I.2.2.7 Analyse statistique des données | 47 |
| Chapitre IV : Résultats et discussion | |
| 1. Différents stades de développement de Tenebrio Molitor | 49 |
| 2. Effet bio insecticide de l'huile d'argan | 50 |
| 3. Comparaison de la toxicité de l'huile d'argan | 52 |
| 3.1 La dose létale pour 50 % et 90% de la population (DL50) et (DL90)..... | 52 |
| 3.2 Le temps léthal pour 50 % de la population (TL50)..... | 54 |
| Discussion | 55 |
| Conclusion générales | 60 |
| Référence bibliographique | 63 |

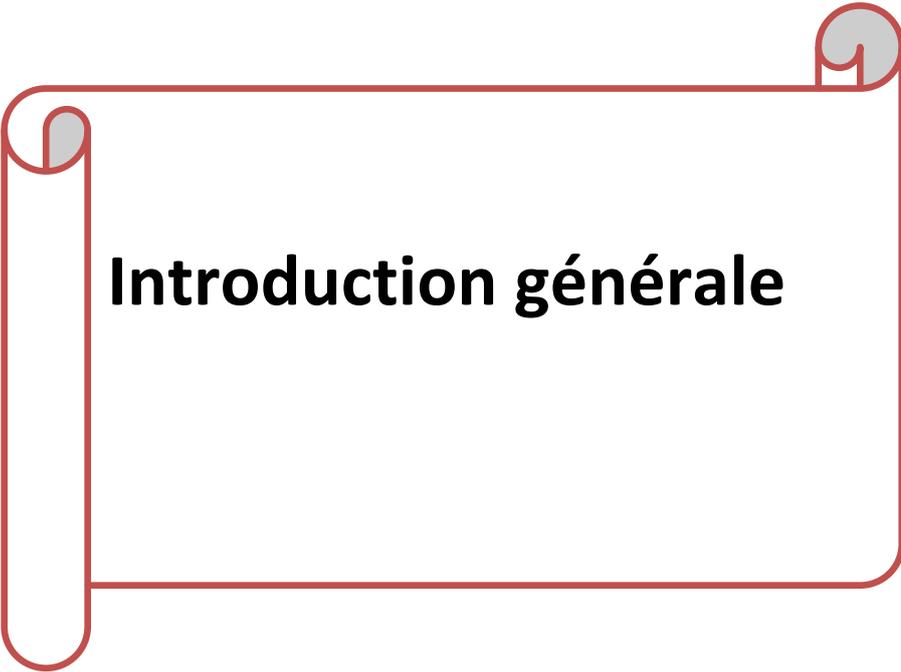
Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'argan extraite de manière traditionnelle et industrielle. | 32 |
| Tableau 2 : Triglycérides de l'huile d'argan (%) | 34 |
| Tableau 3 : Valeurs des DL50 et DL90 après deux jours d'exposition à l'huile d'argan | 54 |
| Tableau 4 : Valeurs des TL50 en utilisant la dose 0,2 ml / 10 g son de blé de l'huile d'argan testée..... | 55 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Les différents stades de développement de <i>Tenebrio molitor</i> | 5 |
| Figure 2 : Adulte de <i>Tenebrio molitor</i> | 6 |
| Figure 3 : Morphologie de <i>Tenebrio molitor</i> | 7 |
| Figure 4 : Cycle de développement simplifié de <i>Tenebrio molitor</i> | 9 |
| Figure 5 : L'arbre vigoureux d'arganier de la région de Tindouf. (KECHAIRI Réda 2018)..... | 23 |
| Figure 6 : Types du tronc de l'arganier : <i>Tronc entrelacé d'écorce lisse</i> (a) ; <i>tronc Ardif en dépérissement</i> (b) ; <i>coupe sur tronc d'écorce écailleux</i> (c) ; <i>gros tronc Ardif enlacé</i> (d). (KECHAIRI Réda 2018) | 24 |
| Figure 7 : Feuilles d'arganier (DJIED Souad 2017)..... | 25 |
| Figure 8 : Rameau d'arganier (DJIED Souad 2017)..... | 25 |
| Figure 9 : Composition d'une Fleur d'arganier (KECHAIRI 2018)..... | 26 |
| Figure 10 : Aspect des fruits a l'état frais (a) et sec (b), des noyaux (c) et des amandes (d) d'arganier (NOUI Abdallah 2013) | 26 |
| Figure 11 : Aire de répartition de l'arganier au Maroc. (TARRIER et BENZIANE, 2003). | 28 |
| Figure 12 : Aire de répartition de l'arganier dans la région de Tindouf. (Algérie) (Benkheira, 2009). | 29 |
| Figure 13 : pipette (photo originale) | 39 |
| Figure 14 : Balance de précision (photo originale)..... | 39 |
| Figure 15 : Etuve obscure (photo originale) | 40 |
| Figure 16 : L'huile d'argan (photo originale) | 40 |
| Figure 17 : Elevage de masse de <i>T. molitor</i> (photo originale) | 41 |
| Figure 18 : Etuve obscure (photo originale) | 41 |
| Figure 19 : Effet de l'huile d'argan sur <i>T. molitor</i> (photo originale)..... | 42 |
| Figure 20 : Effet d'élevage témoin sur les adultes..... | 43 |
| Figure 21 : Effet de l'huile d'argan sur les larves de <i>tenebrio molitor</i> (photo originale) | 43 |
| Figure 22 : Elevage témoin (effet sur les larves) (photo originale) | 44 |
| Figure 23 : Male de <i>tenebrio molitor</i> (grossissement : x 40)..... | 45 |
| Figure 24 : Femelle de <i>tenebrio molitor</i> (grossissement : x 40) | 45 |
| Figure 25 : Différentes stades de développement chez les larves..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Figure 26 : Les stades nymphaux (photo originale) | 49 |
| Figure 27 : Stades de développement imago-adulte | 48 |
| Figure 28 : Taux moyen (%) de mortalité des adultes de <i>T. molitor</i> traités avec l'huile d'argan. | 51 |
| Figure 29 : Taux moyen (%) de mortalité des larves de <i>T. molitor</i> traités avec l'huile | 52 |
| Figure 30 : Droite de régression (d'ajustement) Log dose d'exposition aux huiles | 53 |
| Figure 31 : Droite de régression (d'ajustement) Log dose d'exposition à l'huile | 53 |
| Figure 32 : Droits de régression (d'ajustement) Log durée a l'huile d'argan / mortalité | 54 |
| Figure 33 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition a l'huile | 55 |



Introduction générale

Introduction générale

Les denrées stockées occupent une partie importante ou majoritaire dans l'alimentation humaine plus exactement dans les pays en voie de développement (blés, semoule, farine, orge, son de blé, maïs, farine de maïs, les céréales...), sous forme de grain ou graines entreposées. Elles sont exposées aux attaques des ravageurs qui s'infestent à l'intérieure où ils vont se nourrir, se multiplier, croître et sécréter des substances collantes odorisées qui contaminent tous le stock dans lequel elles atterrissent (**AMRANI, 2018**).

En Algérie la production de céréales, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 à 3,5 millions d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante. Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations 60% de l'effectif global (**CHEHAT, 2007**).

Les pertes dues aux insectes sur les céréales et les légumineuses sont de l'ordre de 10% à 40% dans des pays où les technologies modernes de stockage n'ont pas été introduites (**HIGNAR, 1985**).

Face à la menace que constituent les insectes ravageurs des stocks ; Les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation des pesticides de synthèse. Dans des conditions optimales. Leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks et certaine. Toutefois ils présentent beaucoup d'inconvénients. Parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes (**BENHALIMA et al., 2004**),intoxications Pullulation de l'environnement ; désordres écologique (**REGNAULT-ROGER, 2002**). Tous ces inconvénients militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte contre ces ravageurs.

En effet le règne végétal offre beaucoup de possibilités, de nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide (**LICTHENSTEIN, 1996**).

Il est donc très important de connaître la biologie de ces espèces afin de mener une lutte efficace contre ce fléau. Aussi, la mise au point de toute stratégie de lutte anti-ravageur, tant préventive que curative, nécessite une connaissance préalable des facteurs dont dépendent leur biologie et leur comportement.

Introduction générale

Les bio pesticides ou pesticides biologiques permettent un meilleur respect de l'environnement. Les pesticides biologiques détruisent efficacement les organismes considérés comme indésirables ou nuisibles.

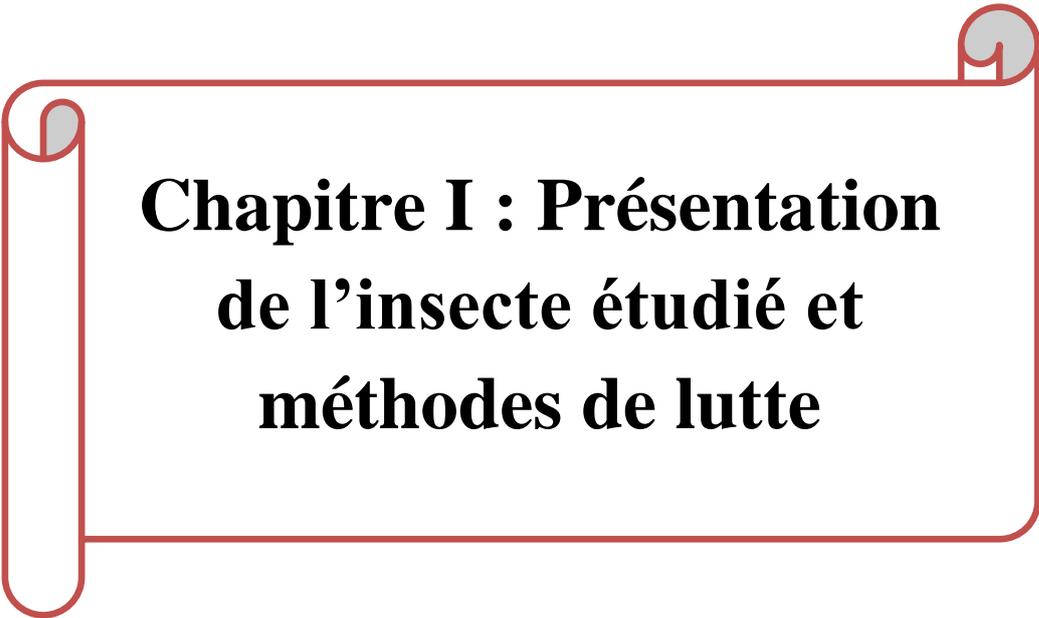
C'est dans ce contexte qui s'inscrit notre travail dans l'objectif est l'étude de l'effet bio-insecticide de l'huile d'argan sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor*, dans des conditions de laboratoire.

Cette étude est répartie en quatre chapitres

- ❖ CHAPITRE I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte.
- ❖ CHAPITRE II : Etude de plante testée et l'huile.
- ❖ CHAPITRE III : S'intéresse au matériel et méthodes expérimentales

Utilisées dans ce travail.

- ❖ CHAPITRE IV : Résultats et discussion.
- ❖ Finalement on termine par une Conclusion générale.



**Chapitre I : Présentation
de l'insecte étudié et
méthodes de lutte**

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

I. Présentation de l'insecte

I.1. Généralités sur les ravageurs de cultures

Un insecte ravageur est un insecte nuisible pour les cultures agricoles, pour les arbres et la végétation en général. Les insectes phytophages, sont naturellement présents dans l'environnement où ils se reproduisent spontanément, au gré de la dynamique de leur(s) plante-hôte. (GUY RIBA et CHRISTINE SILVY, 1989).

I.2. Description de la famille de Ténébrionidés

Les Ténébrionidés constituent l'une des plus vastes familles du règne animal (plus de 15000 espèces décrites), leur couleur est généralement foncée. Des espèces se nourrissent de bois pourri et se cachent le jour sous les pierres et les feuilles. Certains Ténébrionidés sont fréquents dans les lieux sombres (caves et celliers, placards des cuisines). Ils sont de couleur noire et dégagent une odeur répulsive. Ils sont désignés vulgairement Scarabée funèbre ou Scarabée puant. D'autres espèces causent des dégâts dans les denrées alimentaires entreposées (PIHAN, 1986).

I.3. Les caractères généraux des Ténébrionidés

Les ténébrionidés sont des Coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, la forme est très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, de couleur noir mat ou luisant. Les yeux sont généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Les antennes sont de 11 articles, plus rarement 10 aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif. Les pattes sont longues ou tout au contraire, contractées et souvent fousseuses (BALACHOWSKY, 1962).

I.4. Le Ténébrion meunier

Tenebrio molitor, aussi appelé ténébrion meunier, l'adulte est brun-noir et mesure entre 1,2 et 2 cm de long. Son cycle de développement varie en fonction de la température et le stade larvaire compte entre 8 et 20 mues La larve est de couleur orangée et peut mesurer jusqu'à 4 cm au dernier stade (AGUILAR-MIRANDA *et al.* 2002).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

Le ténébrion meunier est de couleur brun foncé. Il rappelle un carabidé par son allure, mais il possède un article dressé et aplati sur le côté de la tête, ce qui est une caractéristique des ténébrionidés. Les antennes sont légèrement épaissies à leur extrémité et les ailes ont de nettes rayures longitudinales. Sa larve, le bien connu « ver de farines », se développe dans des aliments à base de blé, par exemple la farine. Dans la nature, elle se trouve dans du bois en décomposition. (HEIKO, 2015).



Figure 1 : Les différents stades de développement de *Tenebrio molitor* (Web1)

I.5. Systématique :

Le *Tenebrio Molitor* appartient à la famille des Ténébrionidés, une famille comptant plus de 20 000 espèces de Coléoptères qui représentent 40% de toutes les espèces d'insectes (YANG *et al.* 2018)

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Sous-famille : Tenebrioninae

Genre : *Tenebrio*

Espèce : *Tenebrio molitor* LINNAEUS, 1758

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte



Figure 2: Adulte de *Tenebrio Molitor* (Web 2)

I.6. Morphologie

Comme la majorité des insectes, le ver de farine a six pattes et son corps se forme de : la tête, le thorax muni par les pattes et l'abdomen.

L'adulte est de couleur noire, mesure environ 1,5 cm de long et 0,5 cm de large.

Il possède deux paires d'ailes. La première paire, les élytres, elles ne servent pas à voler, mais plus tôt a un rôle de protection.

Lors du stade larvaire, le ver prend une couleur blanchâtre qui se noircit avec le temps en marron jaunâtre (**Figure 3**).

Cette larve est un des noyaux de notre projet. Après chaque mues, la larve grandit de quelques millimètres jusqu'à elle atteint 2,5 cm en fin de développement c'est à juste avant sa transformation en nymphe (**VAN ET MONERET, 2014 ; CLOUTIER, 2015**).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

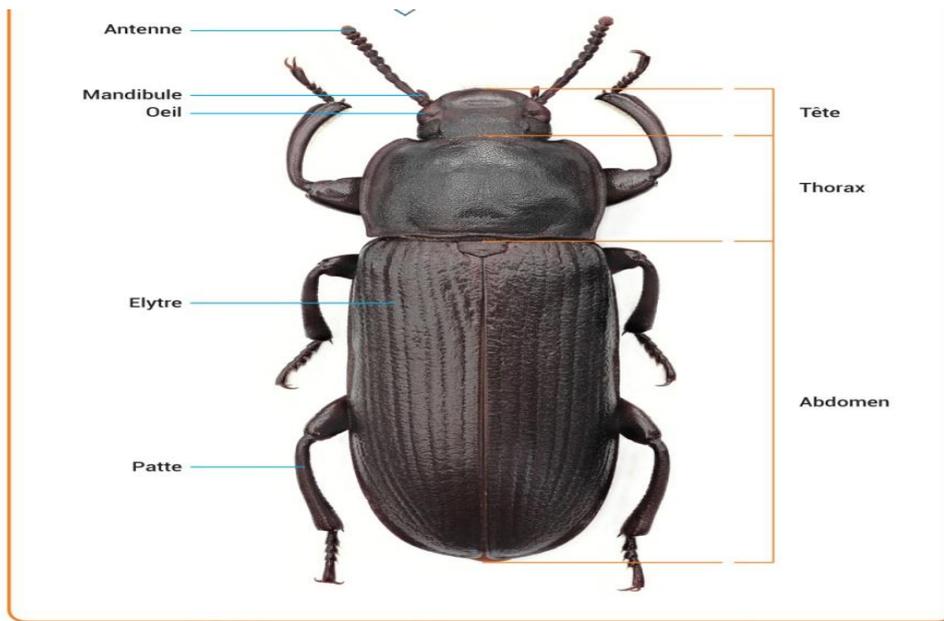


Figure 3 : Morphologie de *Tenebrio molitor* (Web 2)

I.7.Cycle de vie de *Tenebrio molitor*

Le cycle de vie de *T. molitor* comporte quatre stades : œuf, larve, nymphe et coléoptère adulte. Les coléoptères adultes émergent à la fin du printemps ou en été. Les femelles pondent leurs œufs dans le sol ou dans un autre substrat et les œufs éclosent en 1 à 4 semaines (JACOBS et CALVIN, 1988).

Son cycle de reproduction s'effectue en fonction des conditions environnementales.

Il se fait en deux ou trois mois si la température environnante se situe entre 25° et 27°.

La femelle pond et dépose directement ses œufs dans les céréales ou au bord des grains. Une ponte de femelle de ténébrion meunier peut aller de 100 à 500 œufs. (Web 3)

I.7.1L'œuf

L'œuf du ténébrion meunier est particulièrement petit (1,8mm). Il est blanc et brillant. Par sa couleur blanchâtre, il est très difficile de le reconnaître dans la farine.

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

Il faudra 4 à 18 jours pour que la larve en sorte. (Web 3)

I.7.2 La larve

Les larves, aussi appelées vers de farine, sont de couleur blanc pâle ou crème et ressemblent à des vers. À maturité, les larves peuvent atteindre une longueur de 28 mm (HILL, 2003). Ils n'ont pas d'yeux composés, mais ont plutôt une paire d'yeux simples, appelés ocelles, qui peuvent détecter des changements d'intensité lumineuse (TRIPLEHORN & JOHNSON 2005). La larve de T. Molitor se nourrit tout au long de l'été et de l'automne, mais elle hibernera au début de l'hiver (JACOBS & CALVIN, 1988). À la fin du printemps.

I.7.3 La nymphe

Les larves se transforment en nymphe mesure environ 16 mm (JACOBS & CALVIN, 1988) Elle reste à ce stade pendant 1 à 3 semaines, les pupes se transforment en adultes (JACOBS & CALVIN, 1988).

I.7.4 L'adulte

Le jeune ténébrion meunier a au premier abord une couleur brune rousse ou beige-orangée. La couleur noire n'apparaîtra que quelques temps plus tard. (Web3)

Les adultes vivent environ de deux à trois mois (HILL, 2003).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

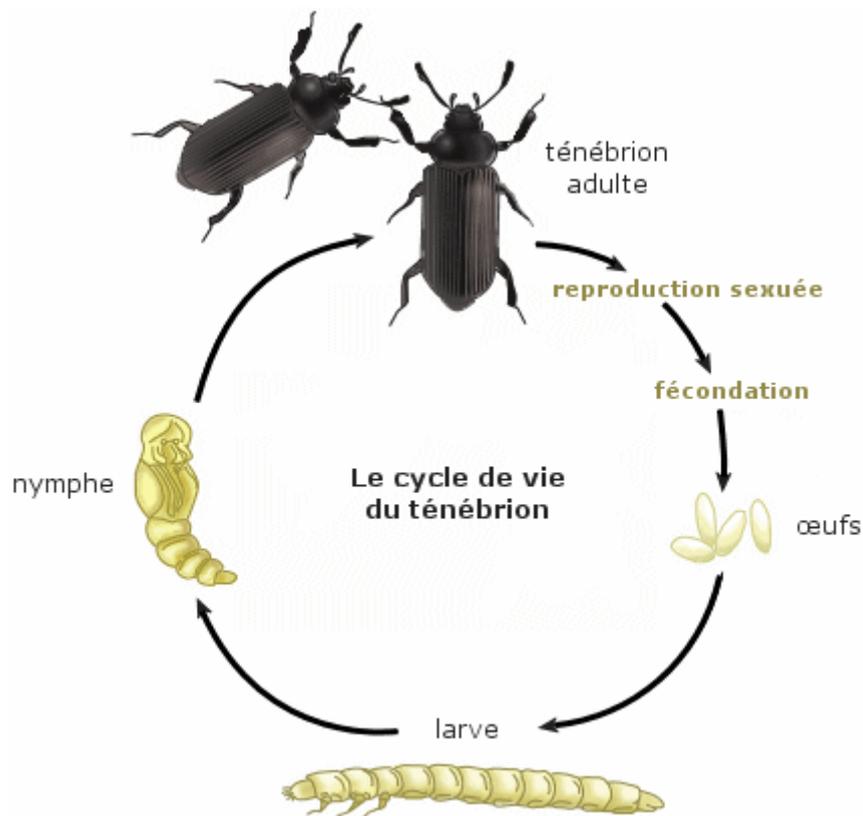


Figure 04 : Cycle de développement simplifié de *Tenebrio molitor*(Web 3)

I.8. Régime alimentaire

Les vers de farine sont omnivores et peuvent consommer toutes sortes de matières végétales ainsi que des produits animaux comme la viande et les plumes (**RAMOS-ELORDUY ET COLL., 2002**). Ils sont généralement nourris avec du son ou de la farine de céréales (blé, avoine, maïs) complétée avec des fruits et légumes frais (carottes, pommes de terre, laitue) pour l'humidité avec des sources de protéines telles que la farine de soja, poudre de lait écrémé ou levure (**AGUILAR-MIRANDA et COLL, 2002 ; HARDOUIN et COLL, 2003**). L'alimentation doit être équilibrée pour contenir environ 20 % de protéines (base de MS) (**RAMOS-ELORDUY & COLL, 2002**).

Les vers de farine peuvent utiliser les petites quantités d'eau contenues dans les aliments secs, mais la productivité des vers de farine privés d'eau est faible (une génération par an). Il est préférable de leur fournir une source d'eau pour une meilleure productivité (jusqu'à 6 générations par an) et pour prévenir le cannibalisme. L'humidité relative est liée positivement à la fertilité et à l'activité des adultes. Il est

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

nécessaire de surveiller les aliments frais, car ils peuvent devenir moisiss (HARDOUIN *et al.*, 2003).

I.9. Distribution et habitats

Les vers de farine se trouvent dans la majeure partie du monde dans les régions tempérées, mais principalement dans l'hémisphère nord. Ils se nourrissent de céréales et de farine et vivent généralement près des habitations humaines où leurs sources de nourriture sont facilement accessibles. Ils préfèrent les endroits sombres, frais et humides, comme sous les bûches et les feuilles en décomposition. Lorsqu'on les trouve à l'intérieur des maisons, on les trouve là où sont stockés les céréales et les grains. (Web4)

I.10. Les dégâts causés par les insectes

Ce sont les insectes nuisibles qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales, sont à l'origine de la plupart des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés (KARAHACANE, 2015). Les dégâts qu'ils occasionnent incluent la perte de poids et une diminution de la qualité des grains et le rendent impropre à la consommation. Et quelque fois une perte du pouvoir germinatif. L'activité métabolique des insectes crée un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines à l'instar des champignons aflatoxinogènes du genre *Aspergillus* (WAINGO *et al.*, 2013).

❖ Perte de poids

Une fois installés dans une denrée, les insectes se nourrissent en permanence. Les estimations de la perte qui en résulte varient énormément selon la denrée, la localité et les techniques d'entreposage employées. Sous les tropiques, pour des céréales ou des légumes secs entreposés dans les conditions traditionnelles, il faut compter une perte de l'ordre de 10% à 40% sur un cycle complet d'entreposage (RAJENDRAN, 2002).

❖ Perte de qualité et de valeur marchande

Le produit infesté est contaminé par les déchets laissés par les insectes et a une teneur en poussière accrue. Les grains sont percés et souvent décolorés. Un mets préparé

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

avec un aliment contaminé peut avoir une odeur ou un goût désagréable (DABRE et al., 2008).

❖ Diminution de la faculté de germination des semences

Un dommage causé à l'embryon d'une semence empêchera généralement la germination, certains ravageurs s'attaquent de préférence à l'embryon de la graine c'est-à-dire au germe (LAMBONI et al., 2009).

❖ Perte de valeur nutritive

Si les ravageurs prélèvent le germe, il en résultera une réduction de la teneur en protéines du grain. Des pertes pouvant dépassées 35% en Algérie sont enregistrées ces dernières années selon les déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.) (AOUES et al., 2017).

I.10.1 Dommages

Comme les vers de farine ne se nourrissent que de grains à l'extérieur, ils ne sont pas des nuisibles sérieux. Le criblage et la mise en éventail permettent de les éliminer facilement des cargaisons de grains. Cependant, les larves bien développées peuvent causer de graves dommages aux grains entiers dans certaines conditions, notamment lorsque le grain est conservé pendant de longues périodes sans être déplacé. La majorité des dommages se limite en grande partie à la contamination des produits par les vers et leurs déchets. (Web 5)

I.11. Les ennemies naturelles

Aux pays bas, les larves ver de farine (*Tenebrio molitor*) le petit ténébrion (*Alphitobius diaperinus*) et le ténébrion géant (*Zophobas morio*), sont élevées pour nourrir les reptiles, les poissons et les oiseaux de compagnie. Elles sont aussi considérées particulièrement adaptées à la consommation humaine et sont disponibles dans des boutiques d'alimentations (VAN HUIS et al., 2014)

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

II. Les moyens de lutte

II.1. Généralités

La protection des céréales stockées contre les insectes et les acariens pose de nombreux problèmes et doit impliquer de multiples technologies qui doivent être appliquées judicieusement. La principale préoccupation de l'entreposeur est de garder son grain intact. Ensemble de mesures préventives et thérapeutiques, toutes ces technologies sont conçues pour réduire les perturbations sur le terrain au début du stockage et pendant le stockage. Lorsqu'un lot de céréales est infecté, un insecticide doit être pratiqué avant ou pendant le stockage. Des produits chimiques insecticides sont généralement utilisés à cette fin. Malgré une réglementation très stricte, ils sont encore souvent utilisés dans des conditions difficiles (**KORTI & KHEDDAM, 2018**).

II.2. La lutte préventive

La prévention demeure le meilleur moyen de lutter contre les ravageurs. Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture tels que la détermination d'une date de semis et récolte adéquate, l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver, la destruction par désherbages ou binages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps, la rotation des cultures avec une plante qui serait attrayante pour les pucerons et les associations culturales (**LAMBERT, 2005**).

II.2.1 Protection des locaux de stockage

Avant la mise en stock des denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage :

- Balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures ;
- Toutes les balayures et détritiques rassemblés doivent être détruits car ils pourraient constituer un foyer d'infestation. En magasin il faudra traiter les sacs vides et détruire le vieux sac ; Comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments, doivent être propres et parfaitement dégagés (**BELMOUZAR, 2004**).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

- La désinsectisation de l'emballage et des locaux de stockages qui doivent être hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage ;
- Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, coton que les insectes sont incapable de percer (AMARI, 2014).

II.2.2 Protection de la denrée

Avant la mise en stock, le produit doit être correctement nettoyé, la présence de brisures et de fines constitue un élément favorable au développement des insectes. Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin. La lutte contre les insectes sera souvent vaine si l'on ne considère pas que c'est l'ensemble des structures de stockage des denrées stockées qui doit être correctement tenu et si l'on n'observe pas des principes élémentaires pouvant prévenir les infestations (AIDANI 2015).

II.3. Lutte curative

La lutte curative a donc pour objet de détruire et d'empêcher les insectes qui sont déjà présents de s'introduire dans le stock et de se multiplier (KORTI & KHEDDAM 2018).

II.3.1 Les méthodes traditionnelles

II.3.1.1 L'enfumage

Les denrées les plus importantes pour le producteur sont souvent stockées au-dessus des foyers domestiques et sont ainsi enfumées presque en permanence. Cet enfumage ne tue pas les insectes mais les éloigne et empêche l'infestation. (AIDANI, 2015)

II.3.1.2 Utilisation des plantes répulsives :

Dans certaines régions d'Afrique les paysans ont coutume de mélanger aux grains des plantes qui agissent comme insectifuges. (AIDANI, 2015)

Utilisation de matières inertes on mélange aux grains de la cendre ou du sable fin, ces matériaux pulvérulents remplissent les vides entre les grains et constituent une

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

barrière à la progression, des femelles cherchant à pondre, et entraînent leur déshydratation. Dans tous les cas le matériau soit propre et suffisamment fin.

II.3.2 Méthodes de lutte modernes :

II.3.2.1 La lutte chimique :

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les insectes nuisibles. Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement. (BELHOCINE 2017).

Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes) représentent la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement (DUCOM, 1987), et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluosilice, sont aujourd'hui prohibés). Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

a. Les insecticides par fumigation :

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigeant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (CRUZ et TROUDE, 1988).

b. Les insecticides par contact :

Les organochlorés, les carbamates, les organophosphorés et les pyréthrinoïdes de synthèse sont les insecticides les plus fréquemment utilisés (GUEYE, 2012).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

c. Inconvénients de la lutte chimique :

La lutte chimique se révèle efficace pour protéger les stocks des attaques des ravageurs (**FLEURAT-LEUSSARD, 1978**), Malheureusement son utilisation est limitée par de nombreuses contraintes telles que : Les pesticides posent un problème de contamination de la biosphère à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués. Les études consacrées à la dispersion des pesticides dans l'environnement ont prouvé la présence de ces produits dans plusieurs points de la biosphère qui n'ont subi aucun traitement (**TUNÇWet SAHINKAYA, 1998**). L'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre éco toxicologique qui est accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenues résistantes aux insecticides chimiques (**ISMAN, 2000**). La dégradation naturelle et spontanée des pesticides chimiques est extrêmement rare, la cinétique de disparition par voie biologique d'un pesticide dans le sol débute toujours par une période de latence, plus au moins longue, au cours de laquelle la dégradation est pratiquement nulle (**BENAYAD, 2013**). Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun : ils sont neurotoxiques. Des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs de la chaîne alimentaire il a été prouvé que le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) a une demi-vie de 10 ans dans l'eau et de 40 ans dans le sol exposé (**LEE et al. 2001**). On note aussi le coût élevé de ces produits.

II.3.2.2 Lutte physique et mécanique :

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

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

a. La chaleur :

Toutes les formes des ravageurs des denrées stockées, se trouvant dans une masse de grains ; sont éliminées après quelques minutes d'exposition à une température allant de 60°C à 65°C ; sans aucune conséquence sur le pouvoir germinatif ni sur la qualité des grains (FLEURAT LESSARD, 1989 ; SAHADIA et AZIZ, 2011 ; UPADHYAY et AHMAD, 2011). Théoriquement, c'est le moyen le plus sûr pour lutter contre les insectes des denrées, à condition de respecter quelques principes simples : le choc thermique doit se faire le plus rapidement possible et être suivi impérativement d'un refroidissement jusqu'à la température normale de conservation.

b. Le froid :

Ce procédé peut être employé pour la conservation des récoltes et consiste à faire passer un courant d'air frais dans la masse des grains. D'après SINHA et WATTERS (1985) ; les denrées ne sont généralement pas infestées si la température de conservation est inférieure à 12°C. Ceci est confirmé par SAHADIA et AZIZ,(2011) ; et UPADHYAY et AHMAD (2011), car cette température affecte sérieusement les bruches des denrées entreposées. Aussi, exposés à une température de 5°C (DUCOM et BOURGES, 1987) ; les insectes présentent des perturbations physiologiques suivies d'une mort certaine (LEE et *al.*, 1993). Par ailleurs, si on abaisse l'hygrométrie à 9%, cette dernière affecte sérieusement la reproduction et le développement larvaire des insectes de denrées stockées. Cette méthode est souvent coûteuse en énergie électrique (FIELDS, 1992), elle exige des cellules bien isolées et un puissant circuit de ventilation associé au générateur d'air frais.

c. Stockage sous atmosphère inerte :

Le stockage sous les gaz carboniques et l'Azote, ne laisse aucune chance pour les insectes de survivre (GWINNER et *al.*, 1996, in SEMSAR, 2013). Il s'agit d'abaisser le taux d'oxygène de l'atmosphère inter granulaire jusqu'à un taux létal pour les insectes (<1% d'O₂)(SEMSAR, 2013).

d. Radiations ionisantes : Les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et la période du traitement

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

(AHMED, 1992). La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous les stades de développement de l'insecte (DIOP *et al.* 1997), par contre son exposition à des doses faibles entraîne seulement sa stérilité (DONGRET *et al.*, 1997).

- e. **Radiations non ionisantes** : Tels que les infrarouges et les radiofréquences qui permettent de chauffer les produits infestés à une température létale pour tous les insectes qui s'y trouvent quelle que soit l'espèce ou le stade de développement (SINGH *et al.*, 1988 ; ZEGGA et TERCHI, 2001).

II.3.2.3 Lutte biotechnique (lutte par confusion sexuelle)

Cette technique consiste à multiplier le nombre de points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles de telle sorte que les mâles attirés soient dans l'incapacité d'identifier et localiser les femelles de la même espèce (FARGO *et al.*, 1994), cela engendre une diminution du taux de la copulation et par conséquent le déclin de la génération suivante.

II.3.2.4 Lutte biologique

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales, des huiles végétales, huiles essentielles..., issue du phénomène de la phytothérapie. De nombreux parasites et prédateurs de *Callosobruchus maculatus* ont été identifiés, tels que les Hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des œufs, des larves et des nymphes de bruches, les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis*, *Eupelmus vuilleti*, *Teretriosoma nigrescens* (Coléoptère), prédateur naturel du grand capucin (SANON *et al.*, 1999).

Depuis longtemps, les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux ; elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (SANON *et al.*, 2002).

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (AMARI *et al.*, 2014).

II.3.2.4.1 La Phytothérapie (lutte par les plantes)

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèses (GUEYE *et al.*, 2010). Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisent souvent dans les greniers des plantes aromatiques issues de la pharmacopée locale pour protéger les graines entreposées contre les insectes (SANON *et al.*, 2002).

Les végétaux produisent des composés secondaires tel que les lectins, les composés soufrés, les alcools etc. ; leur utilisation en tant que bio pesticides dans la protection des graines de légumineuses contre les insectes à fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale (ARTHUR, 1996). En effet, les plantes sont naturellement dotées de médiateurs chimiques permettant la communication entre les espèces et présentent divers effets. Beaucoup de molécules dans ces composés interviennent dans la défense du végétal contre les ravageurs. Ainsi, plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont identifiées (NGAMO *et HANCE*, 2007 ; SALES *et al.*, 2018).

Ils se trouvent sous plusieurs formes extraites organiques extraits aqueux poudres des plantes, huiles végétales et huiles essentielles.

a) Utilisation sous forme d'extraits organiques

TALUKDER & *al.*, (1998), montrent que les extraits des graines de Thévilia péruviana, Curissa caravida, Arachlis hypogée et de Ricinus communis extraites par l'éther de pétrole à une température comprise entre 35 et 60° C, sont toxiques vis-à-vis de Callosobruchus maculatus F.

b) Utilisation sous forme d'extraits aqueux

Selon GAKURU *et* FOUABI (1996), les extraits aqueux sont couramment utilisés par les fermiers africains en trempant des feuilles dans l'eau pour obtenir une solution

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

à effet insecticide. D'après **AOUINTY et al., (2006)**, cette solution est utilisée traditionnellement contre des insectes ; la matière végétale (feuilles, tiges et bois) et préalablement lavée à l'eau distillée puis séchée, ensuite broyée à l'aide d'un mixeur jusqu'à sa production en poudre. Ainsi, une quantité de 100g de la poudre est diluée dans un litre d'eau distillée. Le mélange obtenu est ensuite filtré à l'aide du papier WATTMAN (3 mm).

c) Utilisation sous forme de poudre

Selon **GWINER et al., (1996)**, plusieurs plantes aromatiques et médicinales sont testées pour protéger les graines entreposées sous forme de poudres obtenues par broyage des différents organes (fleurs, semences, écorces, racines et feuilles) de plantes séchées à une température ambiante de 26 à 28°C.

d) Huiles végétales

Les huiles végétales sont utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsion, ce sont à la fois des insecticides de contact qui agissent par leur propriétés physiques et chimiques et des adjuvants des molécules liposolubles et dans certains cas des synergistes. Les huiles végétales sont des esters d'acide gras à poids moléculaire élevé, elles sont visqueuses, peu volatiles et insolubles dans l'eau. Leur extraction se fait par pression. Elles présentent une toxicité par contact induite par la formation d'un film imperméable isolant l'insecte de l'air provoquant ainsi son asphyxie (**REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995 ; WEINZEIRL, 1997**).

e) Utilisation sous forme d'huiles essentielles

Les huiles essentielles proviennent d'espèces végétales très variées, elles sont extraites à partir d'écorces de plantes, de fruits, de racines, de tubercules, de tiges, de feuilles et de fleurs. Plusieurs huiles essentielles se sont avérées efficaces contre les ravageurs des denrées stockées. Les phytopesticides valorisables sous la forme des huiles essentielles présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs. Toutes les plantes dont les huiles ou les extraits sont prometteurs pour la lutte contre les insectes ravageurs ne sont pas indiquées pour l'alimentation humaine, non seulement du fait

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié et méthodes de lutte

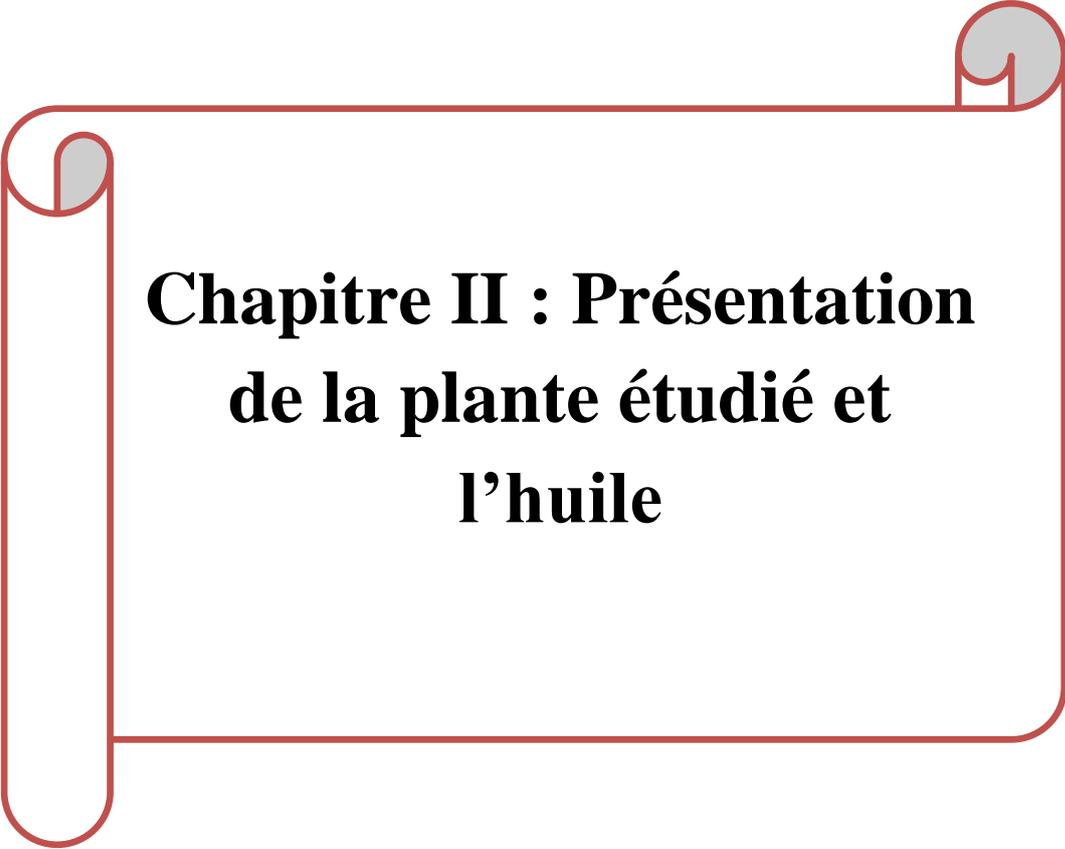
de leur toxicité mais de leur gout ou de leur senteur (ADJOU DJ et *al.*, 2000 ; BEKELE et HASSANALI, 2001 ; BUCHBAUER et *al.*, 2000 ; JIROVETZ et *al.*, 2002 ; KOUNINKI, 2001 ; NGAMO, 2000).

Les huiles essentielles produisant des composés terpéniques (KELLOUCHE et *al.*, 2004) sont souvent préconisées pour contrôler les populations de bruches dans les systèmes de stockage comme l'ont montré les travaux de (GBOLADE et ADEBAYO 1993) ; SECK et *al.*, (1993) ; RAMZAN (1994) ; GAKURU et FOUABI (1995) ; DON-PEDRO (1996) ; RAJAPAKSE et VAN AMDEN (1997) ; KEITA et *al.*, (2001) ; RAJA et *al.*, (2001), KETOH et *al.*, (2002) et KELLOUCHE et *al.*, (2004).

Parallèlement, KELLOUCHE et SOLTANI (2004), montrent qu'à une dose de 0,15 % soit l'équivalent de 4ml d'eugénol. Ce dernier, représente le principal composé de l'huile essentielle des clous de girofle. A cette dose, tous les individus de *Callosobruchus maculatus* F. sont éliminés en moins de 24 h.

Par ailleurs, l'ovipositeur de l'espèce est empêchée à des doses allant de 8 à 14 ml d'huile/ Kg (MOHIUDDIN, 1990).

Cependant, malgré les résultats obtenus certes encourageants, l'efficacité de ces substances utilisées dans les conditions réelles de stockage reste à démontrer. Dans ce contexte, il convient avant toute utilisation d'huiles essentielles extraites localement ou sur des ressources indigènes, de les caractériser. Ainsi, dans la mesure des données disponibles, il faut déterminer leur mode d'action (répulsion, action sur la survie, sur la fécondité, anti appétant, etc.) contre les ravageurs (NGAMO, 2007). Selon (KEITA, 2001), ces molécules allélochimiques végétales agissent à des moments déterminés sur les espèces ciblées. Ainsi, les huiles essentielles insecticides sont très actives sur les insectes sans altérer le pouvoir germinatif des graines traitées. Il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle (DELOBEL, 1994) ou même pour un même composé (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1997). Ainsi, une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte



**Chapitre II : Présentation
de la plante étudié et
l'huile**

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

1. Historique de l'arganier

L'arganier vient du mot arabe « Argan », d'origine berbère « irgen » qui désigne «tachelhait», qui est le noyau en bois dur de fruit de l'arbre, d'où les berbères tirent une huile réputée : huile d'argan (**ROUHI, 1991**). Selon **NOUAIM et al (1991)**, l'arganier est le seul survivant de la flore tertiaire, son aire de répartition était au tertiaire et au quaternaire, beaucoup plus vaste qu'aujourd'hui et qu'il a été refoulé vers le sud à l'époque du dernier pluvial quaternaire. **BOUDY (1950)**.

Les premiers à avoir mentionné l'existence de cet arbre sont les géographes et les savants arabes. En effet, au Xème, XIème, XIIème siècle, les usages du fruit de l'arganier ont été relatés respectivement par Ali Ibn Radhom, El Bekri et El Idrissi (**M'HIRIT et al, 1998**). Au XIIIème siècle et plus précisément vers 1219, le célèbre savant Ibn El Baythear, dans son ouvrage « Traité des simples » traduit en français par Leclerc (1877-1881-1833), parle de l'arganier et de son huile à usage alimentaire. L'arganier fut baptisé aux XVIIIème siècles et plus précisément dès 1737 par Linné. Ce dernier donne à partir d'échantillons desséchés et sans fleurs, la description spécifique de l'espèce dans son « *Hortus cliffortianus* » sous le nom de *Sidéroxylon spinosum* L. (**M'HIRIT et al, 1998**). Actuellement, le nom retenu de cet arbre est d'après **L'INDEX KEWENSIS (1911)** : *Argania spinosa* L. Skeels.

2. Taxonomie

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une angiosperme endémique Alger-Marocaine (**NOUIM et CHAUSSOD, 1993**) est la seule espèce de genre *Argania* appartenant à la famille des Sapotacées qui renferme environ 600 espèces et 40 genres. Dans un premier temps, **LINNE (1737)** dénomme l'arganier *Sidéroxylon spinosum* L. ; puis Rømer et Schultes ont dénommé l'arganier *Argania Sidéroxylon*, d'après son nom arabe et berbère qui est argan et le nom de sidéroxylon se justifie par le bois de l'arbre qui est extrêmement dur (**BENAOUF, 2017**).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile



Figure 5 : l'arbre vigoureux d'arganier de la région de Tindouf. (KECHAIRI 2018).

3. La position systématique de l'arganier est la suivante :

Règne : Végétale.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous-classe : Gamopétales.

Ordre : Ebénales.

Famille : Sapotacées.

Genre : *Argania*.

Espèce : *Argania spinosa* L. Skeels.

Synonyme : *Argania sidéroxydon* Rom et Schl. Ou *Argania sidéroxydon spinosum*. L

Nom vernaculaire : Argan (Bérb), et en arabe : ارغان (Bois de Fer). QUEZEL (1963)

4. Description morphologique :

4.1 Système aérien :

4.1.1 Le tronc :

Le tronc est très court de 2 à 3 m de longueur et de 0.3 à 0.4 m de diamètre, d'aspect tourmenté, souvent formé par plusieurs tiges entrelacées (DJIED 2017).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

4.1.2 Le port :

De cette espèce très polymorphe varie d'un individu à l'autre, il peut être dressé ou même buissonneux. Il s'est allié aux conditions du sol et du climat. Dans les régions où l'humidité est suffisante et le sol fertile, il y a une couronne largement déployée et se dresse à plus de 10m du sol. Dans les zones sèches et désertiques, les branches se replient vers le sol dans un port pleureur. Dans les zones côtières, il est vert, fleurissent et fructifient sous les vents salés (DJIED 2017).

4.1.3 Le bois :

Est très dur, lourd, compact et incorruptible, ce qui lui a valu le nom du fer (BABA AISSA, 1999).

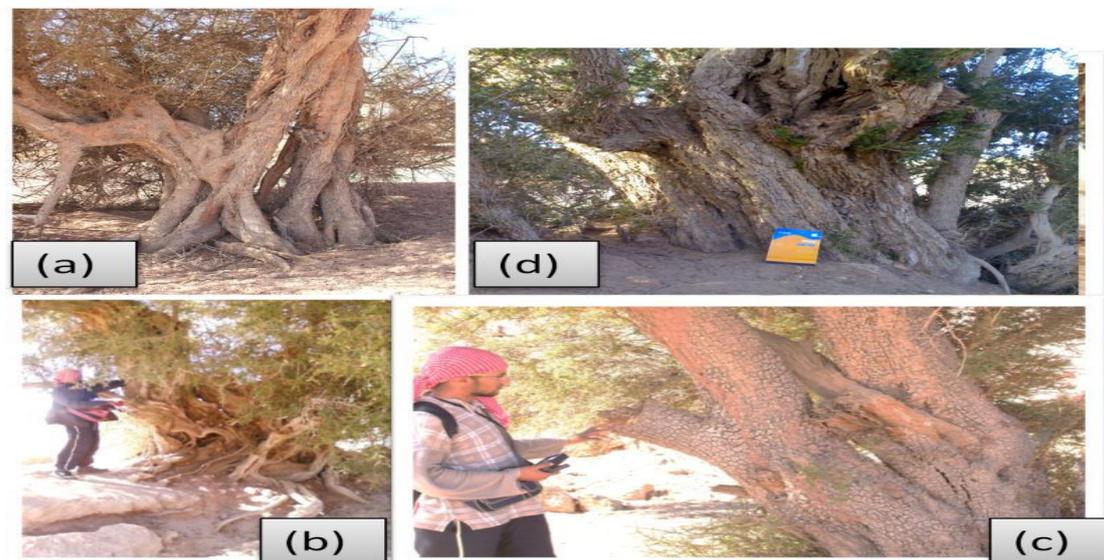


Figure 6 : Types du tronc de l'arganier : Tronc entrelacé d'écorce lisse (a) ; tronc Ardif en dépérissement (b) ; coupe sur tronc d'écorce écailleux (c) ; gros tronc Ardif enlacé (d). (KECHAIRI 2018)

4.1.4 Les feuille :

Sont persistantes, alternées (BABA AISSA, 1999), de couleur verte sombre en dessus et verte plus clair en dessous (QUEZEL et SANTA, 1963) (figure 07). Elles sont ainsi atténuées à un pétiole plus au moins distinct avec une nervure médiane très nette et des nervures latérales très fines et ramifiées. Il y a deux types de feuilles chez l'arganier : les feuilles simples portées par les rameaux jeunes et les feuilles groupées portées par les rameaux âgés (ZAHIDI et al., 1994).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile



Figure 07 : feuilles d'arganier (DJIED, 2017)

4.1.5 Les rameaux :

Sont épineux et certaines épines peuvent même évaluer a un nouveau rameau, d'autre rameaux sont d'architecture plus classique avec un bourgeon apicale (CHALLOT, 1988).



Figure 08 : Rameau d'arganier (DJIED 2017)

4.1.6 Les fleurs :

Sont hermaphrodites groupées en petits glomérules auxiliaires (SLIMANI, 1996). Elles sont pentamères à cinq sépales pubescents, arrondis, blancs, succèdent à deux bractées. La corolle en cloche verdâtre puis jaunâtre à cinq pétales soudés, possède cinq étamines alternant avec cinq staminodes à des filets courts, insérés à la base de la corolle, en générale sur deux verticilles. Le style est court et conique, L'ovaire est

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

supère, comportant deux à trois loges renfermant chacune une ovule (NOUAÏM et *al.*, 1991).



Figure 9 : Composition d'une Fleur d'arganier (KECHAIRI, 2018).

4.1.7 Les fruits :

Le fruit de l'arganier est une drupe de couleur verte formée de -Pulpe charnue amère, mais très riche en glucides solubles ou facilement hydrosolubles. Elle est limitée extérieurement par un épiderme fortement épaissi et cutanées recouvrant une zone des cellules allongées (SLIMANI, 1996).

L'amande qui est au centre du fruit est enveloppée d'une coque extrêmement dure. La graine de l'arganier possède habituellement un à trois embryon, elle est albuminé et gorgé d'huile (SLIMANI, 1996).



Figure 10 : Aspect des fruits à l'état frais (a) et sec (b), des noyaux (c) et des amandes (d) d'arganier (NOUI, 2013)

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

4.2 Système souterrain :

L'arganier possède un système racinaire de types pivotant, qui peut atteindre une profondeur de 30mètres. De plus, cet arbre possède un important réseau de racines superficielles ayant une grande capacité de renouvellement (**NOUAIMetal.,1991**). Par ailleurs, l'arganier porte des endomycorhizes à arbuscules dans ses racines (**CHAUSSOD et NOUAIM, 1991**). L'étude faite sur plusieurs clones très différents a révélé que cette espèce est très dépendante de la symbiose mycorhizienne (**CHAUSSOD et NOUAIM, 1995**). Celle-ci lui assure une bonne amélioration de la croissance et la nutrition minérale.

4.2.1 Polymorphisme des graines d'arganier :

Certains auteurs comme **EMBERGER (1925) et BOUDY (1952)** ont révélé chez l'arganier, l'existence d'un polymorphisme à cause de la variabilité de la forme des graines et la défoliation. Ensuite, les études de **THIERRY (1987)**, ont montré qu'il n'existe pas de différence entre la forme normale et la forme pleureuse de l'arganier. Par contre, la cause de la déformation des graines est due essentiellement à des enzymes, ce qui a permis à l'auteur suscité de rejeter l'idée du polymorphisme chez l'arganier.

5. Caractéristiques écologiques et répartition géographique

L'arganier est un arbre robuste, très résistant, pouvant avoir une longévité de 200 ans. Il est aussi très bien adapté aux conditions rigoureuses de son habitat naturel, où il peut en effet supporter une pluviométrie faible et des températures allant de 3 à 50°C. Il s'adapte à différents types de sol tant superficiel, squelettiques à forte pente, que moyennement profonds à profonds dans les cuvettes. Ainsi, il se développe à des altitudes allant du niveau 0 (niveau de la mer) à 1500m sur les versants Sud, et à 700m sur les versants Nord des montagnes (**NOUAIM, 2005**).

Des études éco-physiologique sont montré que l'arganier s'adapte bien aux conditions d'aridité du milieu du fait des mécanismes régulateurs des variations simultanées du potentiel hydrique foliaire et de la transpiration dont il est pourvu. En effet, l'arbre possède des mécanismes physiologiques qui lui permettent de moduler la chute des feuilles. Ainsi l'arbre peut résister à des stress hydriques intenses grâce à sa capacité de défoliation (**BEZZALA, 2005;MSANDA et al.,2005**).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

a. Au Maroc

L'arganier est une espèce endémique du Sud-ouest Marocain. Il constitue la deuxième essence forestière du pays, après le chêne vert (STUSSI *et al.*, 2005). Son aire géographique principale s'étend entre les embouchures de l'Oued Tensif (au Nord) jusqu'à celles de l'Oued Soussen (au Sud), soit entre 29° et 32° de latitude Nord. Ainsi, elle s'étale dans une grande partie de la plaine du Sousse, sur le versant sud du Haut Atlas et sur le versant Nord de l'Anti-Atlas (figure 11). La limite sud de la forêt d'arganier se situe aux environs de l'Oued Noun (NOUAIM et CHAUSSOD, 1994). D'après RADI (2003), l'arganier existe aussi dans la région Nord-est Marocaine, du côté d'Oujda et dans la route de Béni-Senassen quelques colonies d'arganier. La forêt d'arganier occupe une superficie d'environ 828000 ha (l'équivalent de 7% de la superficie forestière Marocaine), et compte plus de 20 millions d'arbres. On note cependant que ces superficies sont en perpétuelle régression à cause surtout de l'action anthropique (surexploitation). A titre indicatif cette régression est présentement de l'ordre de 600ha/an (TARRIER et BENZIANE, 2003).

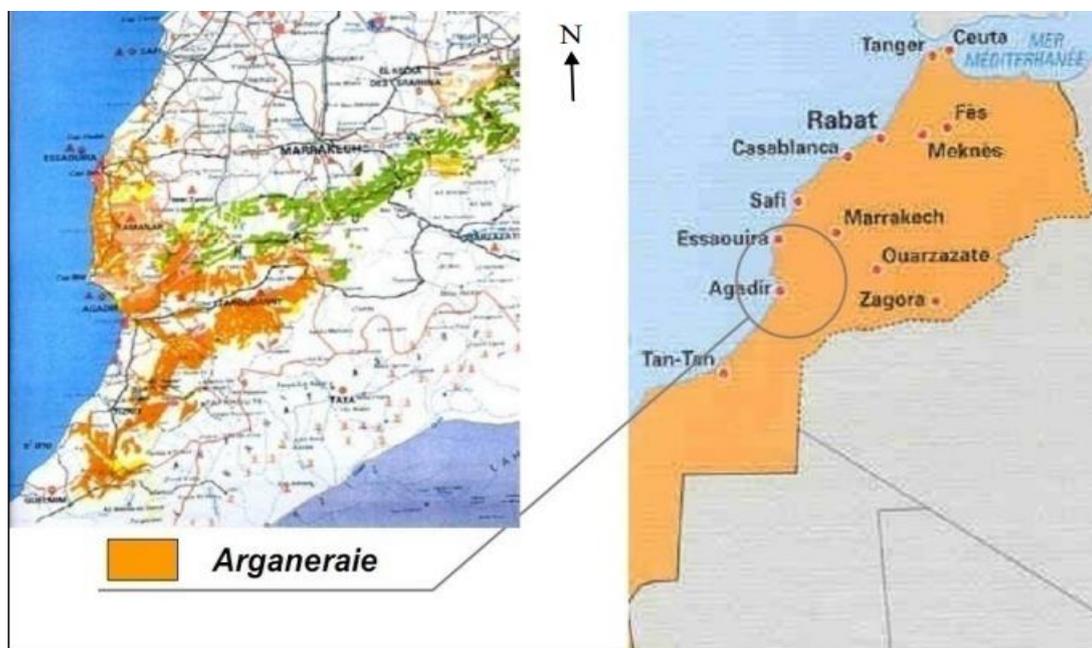


Figure 11 : Aire de répartition de l'arganier au Maroc (TARRIER et BENZIANE, 2003).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

b. En Algérie

En Algérie, l'arganier couvre un territoire relativement important dans le Nord-Ouest de la wilaya de Tindouf où il constitue la deuxième essence forestière après *l'Acacia radianna*. Selon les chiffres rapportés par le service de conservation des forêts de la wilaya de Tindouf, la superficie occupée par l'arganeraie dans cette région est estimée à environ 3000 ha (**figure 12**)(MILAGH, 2010). Les quelques populations (d'arganier) qui existent actuellement dans le territoire de Hamada de Tindouf, sont regroupées selon un mode contracté, le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires (MORSLLI, 1999). La situation géographique de l'arganeraie de Tindouf est assez différente comparativement à celle du Maroc. En effet, la région abritant l'arganeraie Algérienne connaît des températures moyennes annuelles pouvant atteindre les 22,9 °C. Les valeurs moyennes des humidités relatives observées dans cette région sont d'environ 37,6 %, couvrant la zone tout au long de l'année (MILAGH, 2010).

Selon LAKHDARI et KHECHAIRI (2011), en plus de la région de Tindouf, il existe quelques arbres qui ont été introduits avec succès dans différentes régions du pays, comme *Stidia* (W. Mostaganem), *Sig* (W. Mascara), Chlef, ENSA d'El-Harrach.

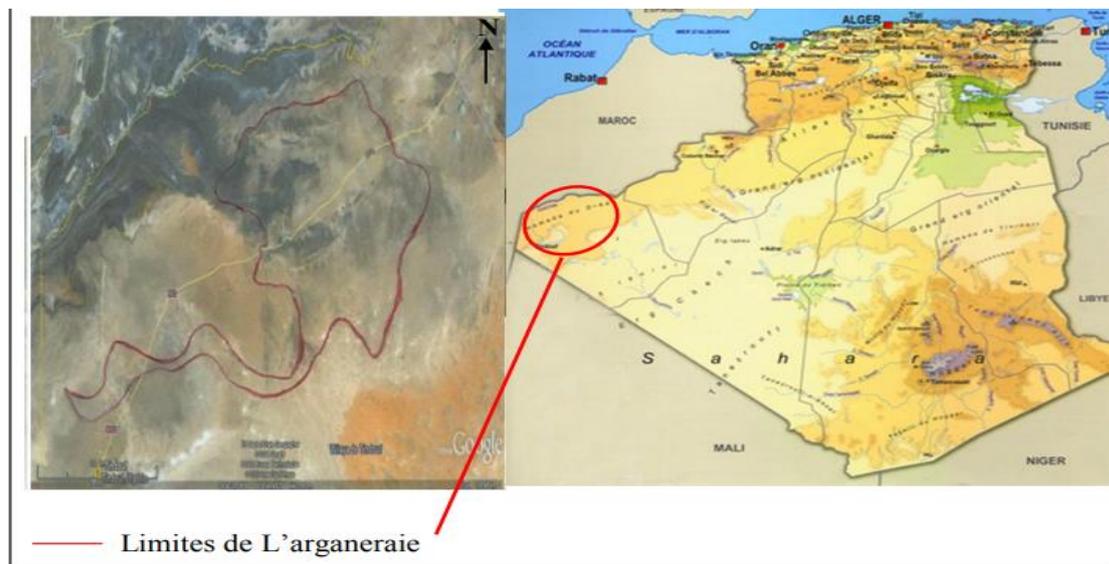


Figure 12 : Aire de répartition de l'arganier dans la région de Tindouf (Algérie) (BENKHEIRA, 2009).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

6. Importance de l'arganier

6.1 Importance écologique et socio-économique

L'arganier est un arbre qui peut avoir des usages multiples. En effet, il peut jouer plusieurs rôles à la fois : écologique, économique et social. Chaque partie de l'arbre est utilisable et constitue une source de revenu ou de nourriture (**CHARROUF et GUILLAUME, 1999**).

a. Importance écologique

L'arganier joue un rôle vital dans le maintien de l'équilibre écologique et dans la préservation de la biodiversité. Grâce à son système racinaire puissant, il contribue au maintien du sol et permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne (**TERFAS, 1997**). De plus, grâce à son effet ombrage et améliorateur du sol par son enrichissement en matière organique (chute des feuilles), il peut permettre une production agricole non négligeable dans les conditions climatiques délicates (**CHARROUF, 2000**). Ainsi, l'arbre considéré comme un rempart naturel ou une sorte de barrage vert contre la désertification (**OTTMANI, 1995**).

Enfin, de nombreux organismes vivants (faune et flore) sont directement liés à sa présence. La disparition de l'arganier entraînerait la disparition de plusieurs espèces, provoquant une diminution de la biodiversité dans la région, donc une réduction du patrimoine génétique, aussi bien pour l'arbre que pour les autres espèces végétales animales, ou microbiennes (**TERFAS, 1997 ; CHARROUF, 2000 ; CALONNE, 2007**).

b. Importance socio-économique

En plus de son rôle écologique irremplaçable, l'arganeraie joue un rôle socioéconomique remarquable.

L'huile d'argan est considérée actuellement comme l'huile alimentaire la plus chère au monde. Son prix est encore exorbitant lorsqu'elle est vendue sous forme de produit cosmétique (**ROMAGNY et GUYON, 2010**). Ses qualités en font une huile très recherchée, vendue nettement plus chère que l'huile d'olive en raison notamment de sa rareté (**ADLOUNI, 2010**).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

Au Maroc, la production d'huile d'argan a été estimée à 4 000 tonnes /an en moyenne (CHAUSSOD *et al.*, 2005). Au tarif actuel de l'huile, sur les marchés internationaux, cela représente au moins un chiffre d'affaire total de 680 millions d'euros à partager entre différents acteurs : producteurs intermédiaires, industriels et commerçants (ROMAGNY *et GUYON*, 2010).

7. Principaux Ennemis de L'arganier

- **Les insectes ravageurs** : L'arganier semblait indemne de ravageurs seule la mouche des fruits *Ceratitis capitata*, bien connue pour ces attaques sur les agrumes arrive à affecter les fruits de l'arbre. En plus de certains insectes : Les orthoptères, les Coléoptères, les Homoptères (NASRI, 2014).
- **Les mammifères** : Certains rongeurs, comme l'écureuil de barbarie, *Atlantoxerus gentulus* L, et le rat d'arganier peut causer des dégâts par la consommation des graines ou des amandes (NASRI, 2014).
- **Les maladies cryptogamiques** : Mise à part quelques lichens qui peuvent se développer sur le tronc des arbres proches du littoral, aucune maladie cryptogamique n'a été identifiée à ce jour (NASRI, 2014).

8. L'huile d'argan

L'huile d'argan est produite à partir des amendons contenus dans les fruits de l'arganier. Elle peut être de deux types : alimentaire ou à usage cosmétique. L'huile alimentaire est maintenant principalement produite par pressage à froid des amendons préalablement torréfiés pendant quelques minutes. L'huile à usage cosmétique est produite par la même technique, mais à partir des amendons non torréfiés (CHARROUF *et GUILLAUME*, 2007 ; FAEZ *et al.*, 2012 ; GUILLAUME *et CHARROUF*, 2011 ; HARHAR *et al.*, 2011).

L'huile d'Argan est une huile d'excellente valeur alimentaire. Elle possède des propriétés diététiques très intéressantes, car elle est constituée à 80 % d'acides gras insaturés dont une bonne proportion est celle d'acide linoléique.

Il existe cinq types d'huile d'argan : l'huile de presse torréfiée (HPT), huile artisanale (HA), deux huiles alimentaires de couleur brune claire, assez fluide ayant une odeur agréable (odeur de noisette), l'huile de presse non torréfiée (HPNT) utilisée pour la cosmétique de couleur jaune et l'huile de laboratoire de couleur jaune obtenue par

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

extraction par solvant organique et utilisée pour la recherche scientifique (ABDULLAH et MOHAMMED, 2012).

8.1 Etude analytique de l'huile d'argan

8.1.1 Caractéristiques physico-chimiques

A part la coloration jaunâtre et l'odeur caractéristique de l'huile d'argan, les autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de cette huile sont légèrement différentes comparativement à celles de l'huile d'olive. Les techniques d'extraction, l'origine des fruits et le mode de conservation peuvent avoir des influences minimales sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'argan extraite (comme l'illustre le tableau 1) (HILALI et al., 2005).

Tableau 1 : Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'argan extraite de manière traditionnelle et industrielle.

| Auteurs Caractères | BELARBIBENMAHDI et <i>al.</i> , 2009 | HILALI et <i>al.</i> , 2005 | ZARROUCK et <i>al.</i> , 1987 |
|-----------------------------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| Masse volumique (g/ml) | 0.907 | 0.906 | 0.917 |
| Indice d'iode | - | 98.1 | 98.8 |
| Acidité (%) | 1.12 | 1.3 | 1.10 |
| Indice de peroxyde | - | - | 5.2 |
| Indice de saponification | 193.57 | 195.2 | 191.8 |
| Indice de réfraction | 1.4685 | 1.4685 | 1.4707 |

8.1.2 Les constituants chimiques

Comme d'autres huiles végétales, l'huile d'argan est constituée de deux fractions, une fraction saponifiable (ou glycéridique) et une fraction insaponifiable.

8.1.2.1 Fraction saponifiable

a. Les acides gras

Les acides gras (AG) sont des molécules organiques comprenant une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxyle. Cette chaîne carbonée peut être dépourvue de

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

toute double liaison carbone-carbone, dans ce cas les acides gras sont dits « saturés » (AGS). Elle peut également contenir une double liaison (acides gras mono-insaturés AGMI) ou plusieurs doubles liaisons (acides gras polyinsaturés AGPI). Pour les acides gras insaturés, ils sont souvent référencés selon la position de la première double liaison par rapport au groupement méthyle terminal. Il existe 2 grandes familles d'AGPI : la série en n-6 (ou oméga 6) et la série n-3 (ou oméga 3).

De nombreuses études se sont intéressées à la quantification des différents AG présents dans l'huile d'argan obtenue via différents procédés d'extraction (tableau 2).

La détermination des AG est réalisée par chromatographie en phase gazeuse après transformation de ces derniers par estérification en esters méthyliques (**FARINES et al., 1984**) ou par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) (**ADLOUNI, 2010**).

Les études de la composition de l'huile en AG révèlent qu'il y a une prédominance des AGI, notamment l'acide oléique et l'acide linoléique qui représentent respectivement des taux de 45 % et de 35 % des AG totaux (**CHARROUF, 1984**). Ces constituants confèrent à l'huile d'argan une très bonne qualité nutritionnelle et diététique (**MAURIN, 1992**).

La teneur en AGS est relativement faible (16 - 20 %) par rapport aux AGI. Ils sont représentés essentiellement par l'acide palmitique à 14 % et l'acide stéarique à 6 % (**RAHMANI, 2005**).

D'une huile à une autre, cette composition peut présenter quelques variations qui pourraient être dues à l'origine des amandes, à la maturation des fruits (**BANIAAMEUR et al., 1998**), aux méthodes d'extraction, à la conservation de l'huile et aux conditions d'analyse chromatographique (**MAURIN, 1992**).

b. Triglycérides

Ce sont des composés lipidiques formés d'une molécule de glycérol estérifiée par trois molécules d'acides gras pas toujours identiques. La fraction triglycéridique de l'huile d'argan a été spécifiquement identifiée par chromatographie liquide à haute performance (**CHARROUF, 2002 ; DEBBOU et CHOUANA, 2003**). Les

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

triglycérides majoritaires identifiés sont représentés par : OOO, LLO, POL, OOL et POO (tableau 2) (MAURIN, 1992 ; RAHMANI, 2005 ; YOUSFI *et al.*, 2009).

Tableau 2 : Triglycérides de l'huile d'argan (%)

| Nature des Triglycérides | YOUSFI <i>et al.</i> , (2009) | RAHMANI (2005) | MAURIN (1992) |
|--------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|
| LLL | 2.11 | 5.3 | 7.4 |
| OLL | 7.24 | 12.7 | 13.6 |
| POL | 8.44 | 13.3 | 13.6 |
| PPL | 0.38 | 1.5 | 1.6 |
| OOO | 15.42 | 16.6 | 12.8 |
| SOO | 6.46 | 5.2 | 3.4 |
| POS | 2.38 | - | 1.8 |
| OOP | 11.42 | - | - |
| OLO | 9.78 | - | - |
| SOO | 6.46 | 5.2 | 3.4 |
| SOL | 2.38 | 4.5 | 3.0 |
| PLL | - | 5.0 | 6.3 |

L : acide linoléique O : acide oléique P : acide palmitique S : acide stéarique.

8.1.2.2 Fraction insaponifiables

La fraction insaponifiable contient des hydrocarbures, 37.5% de carotènes, 20% d'alcools triterpéniques, 20% de méthylstérols et de stérols, 7.5% de tocophérols et 6.5% de xanthophylles ainsi que 321mg/100g de squalène (KHALLOUKI *et al.*, 2003).

a. Les carotènes.

La fraction insaponifiable contient 37.5% d'hydrocarbures terpéniques (C30) et des carotènes (C40) (CHARROUF, 1984). Ces derniers composés sont connus pour leurs importances nutritionnelles puisqu'ils sont dotés d'activités antioxydants importantes et qu'ils jouent un rôle dans l'arrêt du développement ou la progression de quelques cancers (ADLOUNI, 2010).

b. Les tocophérols

L'huile d'arganier est riche en tocophérols tels que le gamma tocophérol (75%) et l'alpha tocophérol (7%) qui sont responsables de la principale activité de la vitamine E (KHALLOUKI *et al.*, 2003). Selon les données bibliographiques, la teneur en tocophérols totaux dans l'huile d'argan serait dans les environs de 66 mg/100g (KHALLOUKI *et al.*, 2003). Ces tocophérols ont des actions antioxydants qui vont

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

permettre une bonne conservation de l'huile et une protection contre les maladies cardiovasculaires (ADLOUNI, 2010).

c. Les stérols.

La fraction stérolique est composée principalement de spinastérol et de schotténol. La quantité totale des stérols dans l'huile d'argan varie de 272 à 357 mg/100g (KHALLOUKI *et al.*, 2003). Les stérols présents dans cette huile sont uniques au regard de leur composition chimique. En effet, il n'existe aucune autre huile végétale possédant une composition comparable (ADLOUNI, 2010). L'huile d'argan contient les D7-stigmastérols (schotténol et l' α - spinastérol), extrêmement intéressants et très rares parmi les stérols végétaux. Le schotténol pourrait être utilisé comme principe actif anticancéreux (ADLOUNI, 2010).

d. Les composés phénoliques.

La classe des phénols présents dans l'huile d'argan regroupe des composés phénoliques simples comme les acides vanilliques, féruliques et syringiques ainsi que le tyrosol. En moyenne, ces phénols simples sont présents à une concentration totale inférieure à 4 mg/kg d'huile d'argan (KHALLOUKI *et al.*, 2003). D'après leurs structures, les phénols de l'huile d'argan agissent comme des donneurs d'hydrogène, et leur efficacité peut être due également à leur lipophile, laquelle facilite leur incorporation dans des structures lipophiles des membranes du liposome, leur conférant une activité protectrice (RAMMAL *et al.*, 2009). Les acides féruliques et vanilliques sont suggérés comme des antioxydants forts. Par ailleurs, les flavonoïdes glycosylés ont été rapportés être hydrolysés enzymatiquement à leurs formes génines durant le métabolisme d'absorption, et l'aglycone résultant agit comme un puissant antioxydant *in vivo* (KHALLOUKI *et al.*, 2003). Il est à noter que les composés phénoliques de l'huile d'argan ont un effet individuel et suppresseur majeur de l'activité de la xanthine-oxydase et donc principalement contre l'anion superoxyde généré par le système hypoxanthine-xanthine-oxydase (HX-XOD) (KHALLOUKI *et al.*, 2003). Or, la xanthine oxydase est une enzyme impliquée dans la carcinogénèse, et où il a été démontré que ces inhibiteurs ont un effet chimio-préventif contre certaines formes des cancers (OWN *et al.*, 2000). Par ailleurs, les saponines de l'huile d'arganier présentent des activités antifongiques, antibactériennes, analgésiques et anti-inflammatoires, tout en exprimant une faible toxicité (CHARROUF, 1990).

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

e. Les caroténoïdes

Ce sont les pigments colorants de l'huile d'argan et sont aussi des molécules antioxydants importantes (ADLOUNI, 2010). Ce groupe comprend le β -carotène qui est un précurseur de la vitamine A (HILALI *et al.*, 2005).

f. Le squalène

L'huile d'argan contient une quantité importante de squalène, allant jusqu'à 321mg/100g (KHALLOUKI *et al.*, 2003), alors que sa présence dans la majorité des ressources végétales reste à l'état de traces. Nombreuses études ont montré l'action du squalène appliqué localement ou administré par voie systémique sur des cancers de la peau, du colon et du poumon (RAO *et al.*, 1998). Le squalène agit aussi comme puissant piègeur de radicaux d'oxygène réactifs à la surface de la peau humaine (KOHNO *et al.*, 1995). D'après RAMMAL *et al.*, (2009), cinq principaux alcools triterpéniques ont été trouvés dans la fraction insaponifiable de l'huile d'argan à savoir le butyrosperme, le turicallol et la bêta-amyrine (ces trois alcools triterpéniques étant les plus abondants), le lupéol et le 24-méthylèncycloartanol (dérivé du cycloartanol). Triterpéniques ont été trouvés dans la fraction insaponifiable de l'huile d'argan à savoir le butyrosperme, le turicallol et la bêta-amyrine (ces trois alcools triterpéniques étant les plus abondants), le lupéol et le 24-méthylèncycloartanol (dérivé du cycloartanol).

8.2 Les utilisations de l'huile d'argan

Depuis l'antiquité, l'huile d'argan a suscité l'intérêt des guérisseurs qui lui ont reconnu un nombre de propriétés très intéressantes dont les suivantes (HAMIA, 2007)

a. Utilisation en médecine traditionnelle

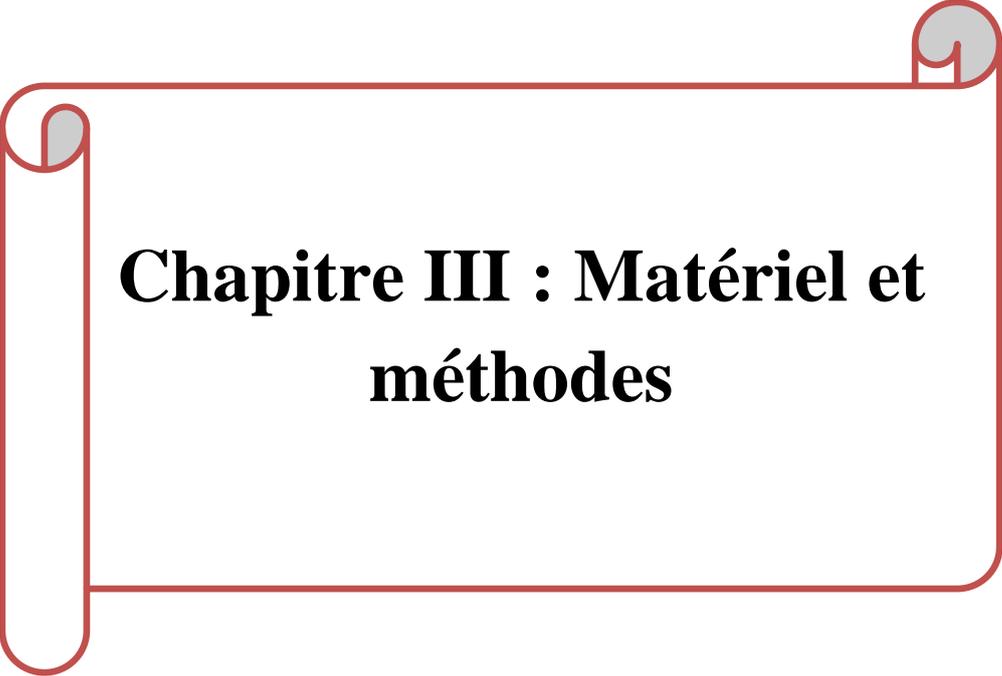
- ✓ **Traitement des maladies ORL.** L'huile d'argan est utilisée pour soulager et atténuer les maux d'oreilles.
- ✓ **L'asthénie.** L'huile d'argan est recommandée pour ses propriétés fortifiantes dans les cas d'asthénie, car il est reconnu qu'elle donne à l'organisme une grande vigueur. **Rhumatismes.** L'huile d'argan est proposée dans le traitement et le soulagement des douleurs rhumatismales par simple ingestion de cette huile crue.

Chapitre II : Présentation de la plante et l'huile

- ✓ **Infection des voies respiratoires.** Cette utilisation concerne surtout les enfants présentant des symptômes d'infection respiratoire.
- ✓ **Spasmes intestinaux.** L'huile d'argan est conseillée pour soulager les coliques des petits enfants.

b. Utilisation en cosmétologie La richesse de l'huile d'argan principalement en acides gras essentiels et en tocophérols (propriétés antioxydants et anti radicalaires), a conduit beaucoup d'industries cosmétiques à s'intéresser à cette huile. En effet, cette huile est capable de combattre le dessèchement cutané qu'il soit essentiel ou acquis ainsi que ses effets secondaires (ridules et rides) en protégeant l'épiderme et en freinant sa déshydratation (**RADI, 2003**). En cas de sénescence cutanée, cette huile peut pallier la carence physiologique en acides gras de la peau et compenser la diminution de la fonction excrétoire des glandes sébacées liée à l'âge (**RADI, 2003**).

c. Utilisation diététique Le rapport du pourcentage des acides gras polyinsaturés sur celui des acides gras saturés, fait que cette huile est recommandée par les nutritionnistes (**HAMIA, 2007**). L'huile d'argan constitue un complément lipidique pour les populations locales du sud du Maroc. Elle représente 9% de la production annuelle des graisses alimentaires (**RAHMANI, 2005**). Environ deux cuillerées à soupe (16g) assurent la totalité des besoins journaliers en acide linoléique.



Chapitre III : Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel :

I.1.1 Matériel de laboratoire :

La réalisation des expériences nécessaires à notre étude nécessite un matériel de laboratoire :

Etuve réglée à une température 25°C et une humidité relative de 75 % ;

Boîtes de Pétri en plastique de 8,50 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur ;

Des bocaux en verre, pour l'élevage de masse des insectes ;

Pipettes en verre (1 ml) pour le pipetage de chaque dose en huile d'argan à tester ;

Une balance de précision pour peser le son de blé (substrat alimentaire) ;

Une loupe binoculaire, et des pinces.



Figure 13 : Pipette (photo originale)
(Photo originale)



Figure 14 :balance de précision



Figure 15 : Etuve obscure (photo originale)

I.1.2 Matériel biologique :

I.1.2.1 Les insectes :

Au laboratoire de recherche valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique à Tlemcen, Les adultes et les larves de *Tenebrio Molitor* ont été élevées dans une étuve réglée a une température de 25°C et humidité relative de 75%, dans cet élevage de masse nous avons utilisé comme substrat alimentaire le son de blé et pain sec.

I.1.3 Matériel végétale :

I.1.3.1 L'huile

- L'huile utilisée est celle d'argan, importée de Maroc



Figure 16 : Huile d'argan (photo originale)

Chapitre III : Matériels et méthodes

I.2. Méthodes :

I.2.1 Elevage de masse de *Tenebrio molitor*

L'élevage de masse consiste à mettre dans des bocaux d'élevage transparent en plastique de 20 x 25 cm, 500g du son de blé comme substrat alimentaire pour *T. molitor*, jamais traité par les insecticides. Les couvercles des bocaux sont perforés pour permettre la respiration des insectes.

Nous avons utilisé, dans nos essais les larves et les adultes.

Les élevages de masses, sont placés dans une étuve, réglée à une température de 25°C et une humidité relative de 75 %.



Figure 17 : Élevage de masse de *T. molitor* (photos original)



Figure 18 : Etuve obscure (photo originale)

Chapitre III : Matériels et méthodes

I.2.2 Test biologique

I.2.2.1 Dispositif expérimental

a. Pour les adultes

Pour tester l'efficacité d'huile d'argan contre les adultes de *Tenebrio molitor*, nous introduisons dans des boîtes de Pétri en plastique de 8,5 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur, 10 g de son de blé.

Par la suite, les sons de blé sont traités avec l'huile d'argan, à différentes doses (0,1 ; 0,2 et 0,4 ml).

Après avoir bien mélangé l'huile d'argan avec le substrat alimentaire, toutes les boîtes de Pétri ont été infestées par six (6) adultes de *Tenebrio Molitor*.

Toutes les boîtes de Pétri portent des renseignements concernant la date d'introduction des adultes, la dose en huile d'argan utilisée.

Les tests ont été répétés 3 fois pour chaque dose utilisée.

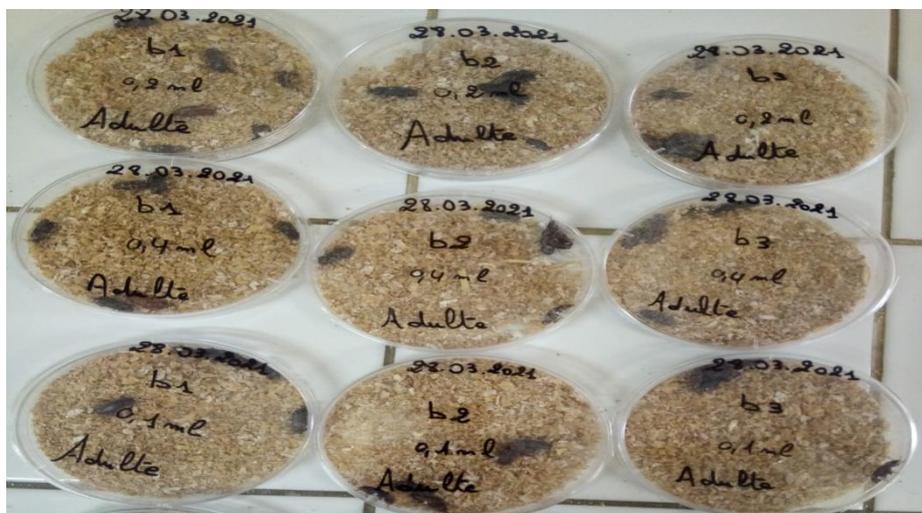


Figure 19 : Effet de l'huile d'argan sur *T. molitor* (photo originale)

Concernant le test témoin (effet sur les adultes)

En trois répétitions, nous n'avons utilisé dans chaque boîte de Pétri 10 g de son de blé (substrat alimentaire), avec l'introduction de 6 adultes de *Tenebrio molitor* (absence d'huile)

Chapitre III : Matériels et méthodes



Figure 20 : Elevage témoin effet sur les adultes (photo originale)

b. Pour les larves

Afin de tester l'efficacité d'huile d'argan contre les larves de *Tenebrio molitor*, nous introduisons dans des boîtes de Pétri en plastique de 8,5 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur, 10 g de son de blé

Par la suite, les substrats alimentaires sont traités avec différentes doses en huile d'argan (0,1 ; 0,2 et 0,4 ml).

Après avoir bien mélangé l'huile d'argan avec le son de blé, nous introduisons six (6) larves de *T. molitor* dans les boîtes de Pétri.

Toutes les boîtes de Pétri portent des informations concernant la date d'introduction des larves, la dose en huile d'argan utilisée.

Les tests ont été répétés 3 fois pour chaque dose utilisée.

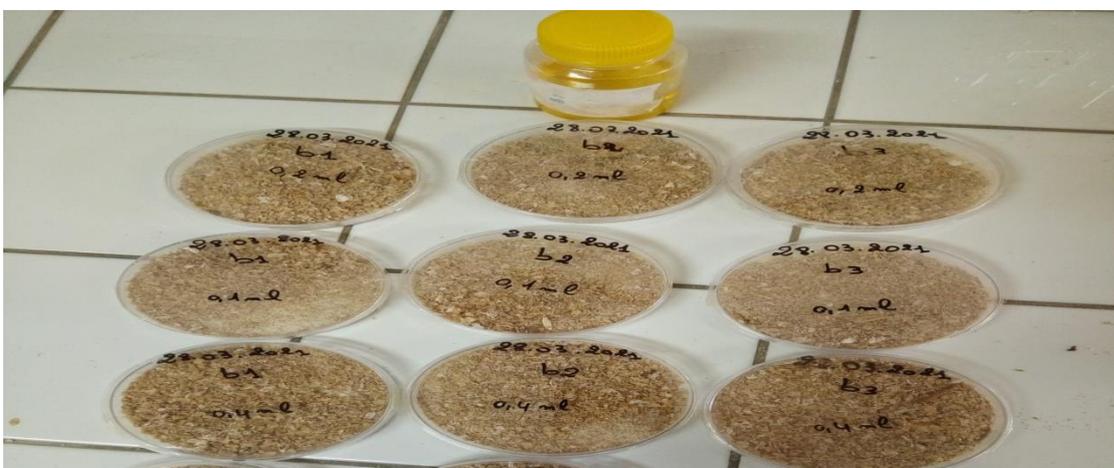


Figure 21 : Effet de l'huile d'argan sur *Tenebrio Molitor* (originale)

Chapitre III : Matériels et méthodes

Concernant le test témoin (effet sur les larves)

En trois répétitions, nous avons utilisé dans chaque boîte de Pétri 10 g de son de blé (substrat alimentaire), avec l'introduction de 6 larves de *Tenebrio molitor* (absence d'huile).



Figure 22 : Elevage témoin (effet sur les larves) (photo originale)

1.2.2.2 Le dimorphisme sexuel

Chez la plupart des coléoptères, il n'existe aucune différence morphologique visible entre les deux sexes mais, dans certains cas il y a des caractères sexuels secondaires qui peuvent être différentes entre le mâle et la femelle (**GUIGNOT, 1957**).

Chez *Tenebrio molitor* la femelle a une taille plus grande comparativement au mâle, et pour connaître le sexe des coléoptères avec certitude il est nécessaire d'observer les insectes sous une loupe binoculaire.

La détermination du sexe se fait selon la présence ou l'absence de l'ovipositeur, car seule la femelle qui porte un ovipositeur afin de pondre ces œufs. (**BERREMILI, 2020**).



Figure 23 : Mâle de *Tenebrio molitor* (grossissement : x 40) (BERREMILI, 2020)



Figure 24 : Femelle de *Tenebrio molitor* (grossissement : x 40) (BERREMILI, 2020)

I.2.2.3 Calcul de la mortalité corrigée

Il existe, en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par un toxique (BENZAZZEDINE, 2010).

Le dénombrement des adultes et des larves de *Tenebrio molitor* morts est réalisé quotidiennement pour tous les traitements pendant une période de sept jours.

Chapitre III : Matériels et méthodes

La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (ABBOTT, 1925). $P_c = (P_o - P_t / 100 - P_t) \times 100$

Avec P_c : mortalité corrigée en %,

P_t : mortalité observée dans le témoin

P_o : mortalité observée dans l'essai.

I.2.2.4 Calcul de la DL50

La dose létale pour 50% de la population d'insectes mortes, DL50 est calculée par la méthode des probits (FINNEY, 1971).

Nous avons calculé la dose létale pour 50% de la population d'insectes « DL50 » pour comparer la toxicité de l'huile d'argan sur les deux stades testés à savoir : adultes et les larves de *Tenebrio molitor*.

Tout d'abord, les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide de logiciel MINITAB (version 18) a permis de déterminer la DL50 pour l'huile d'argan.

I.2.2.5 Calcul de la DL90

La dose létale pour 90% de la population d'insectes mortes, DL90 est calculée par la méthode des probits (FINNEY, 1971).

Nous avons calculé la dose létale pour 90% de la population d'insectes « DL90 » pour confirmer les résultats de la DL50 concernant la toxicité d'huile d'argan sur les adultes et les larves de *Tenebrio molitor*.

Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide de logiciel MINITAB (version 18) a permis de déterminer la DL90 pour l'huile d'argan testée.

I.2.2.6 Calcul de TL50

Pour calculer le TL50 nous avons utilisé la méthode des probits (FINNEY, 1971).

Chapitre III : Matériels et méthodes

Nous avons calculé le temps létal pour 50 % de la population d'insectes « TL50 » pour confirmer la comparaison de la toxicité d'huile testée sur les adultes et les larves de *Tenebrio molitor*.

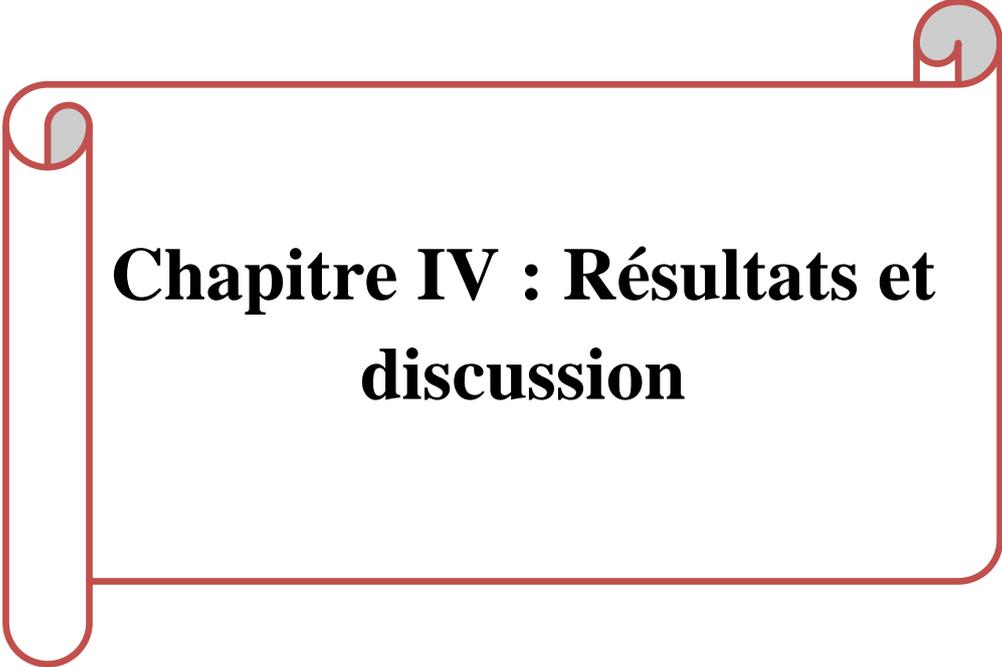
Les pourcentages de mortalité corrigée ont été transformés en probits, la régression du logarithme de la durée d'exposition (en jours) en fonction des probits des mortalités a l'aide de logiciel MINITAB (version 18) a permis de déterminer le temps létal pour 50% de la population d'insecte en utilisant la dose moyenne soit 0,2 ml pour l'huile d'argan.

I.2.2.7 Analyse statistique des données

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance en utilisant le test statistique ANOVA 2 Factoriel à deux facteurs (**DAGNELIE, 1975**).

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'effet de la dose et la durée d'exposition de l'huile d'argan sur le taux de mortalité de *T. molitor*.

L'étude statistique est réalisée sur le logiciel Microsoft Office Excel 2013.



Chapitre IV : Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Différents stades de développement de Tenebrio Molitor

La larve du ténébrion meunier peut mesurer jusqu'à 2 cm de long. Généralement de couleur ocre à marron, elle prend une teinte blanche après chaque mue. Le développement larvaire dure environ 10 semaines et la larve effectue environ une quinzaine de mues (Web 5)



Figure 25 : Différents stades de développement chez les larves (Web 5)

La figure montre les différents états de développement de nymphe, selon la couleur au début est très clair et avec le temps prend la couleur plus foncé.



Figure 26 : Le stade nymphal (photo originale)

La figure 27 montre les différents stades de développement de l'imago au stade adulte.

L'imago se caractérise par sa couleur blanchâtre. Il prendra très vite sa couleur définitive et se confondra avec le reste de la population.



Figure 27 : Stades de développement imago-adulte (Web 5)

2. Effet bio insecticide de l'huile d'argan

2.1. Sur les adultes de *T. molitor*

2.1.1. La mortalité en élevage témoin

La mortalité des adultes observée au témoin après sept (7) jours d'exposition est nulle dans les trois boîtes de Pétri.

2.1.2. La mortalité corrigée des adultes

D'après les résultats obtenus, le taux de mortalité des adultes de *T. molitor* augmente avec la concentration en huile d'argan et le temps d'exposition.

Dans les lots traités avec la plus faible dose (0,1 ml), la mortalité des adultes est trop faible puis elle augmente au fur et à mesure que les doses et le temps d'exposition augmentent, jusqu'à atteindre une mortalité totale de 50% à la plus forte doses (0,4 ml) après 7 jours d'exposition de l'huile d'argan (**Figure 28**).

Chapitre IV : Résultats et discussion

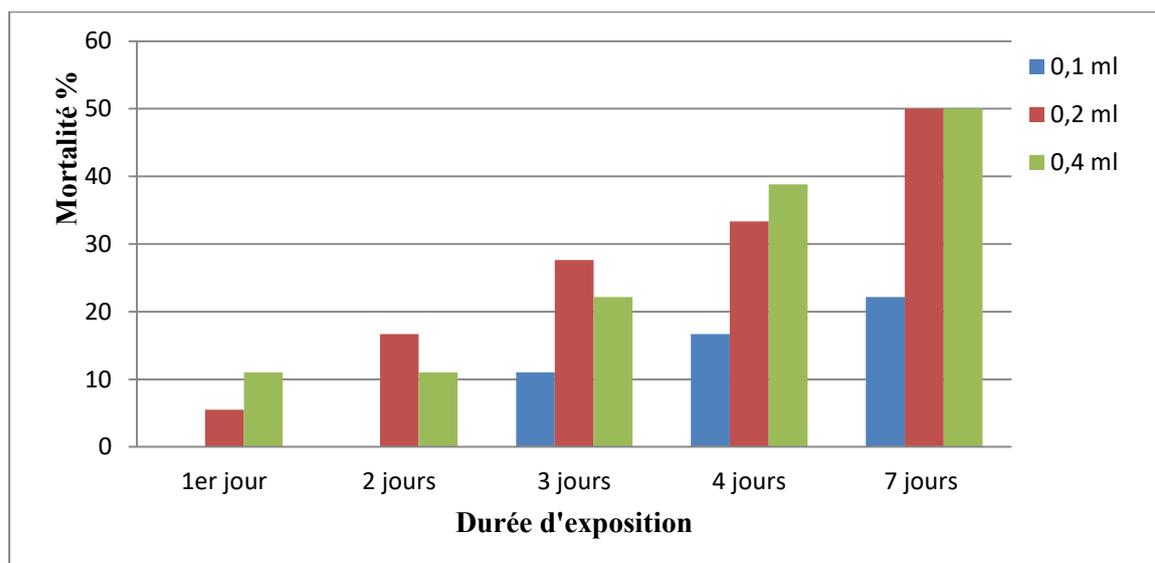


Figure28 : Taux moyen (%) de mortalité des adultes de *T. molitor* traités avec l'huile d'argan.

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus à deux facteurs de classification (dose et durée d'exposition) révèlent une différence

Pour le facteur durée d'exposition : $F = 24,38$ et $P = 0,00015$.

Pour le facteur dose en huile d'argan : $F = 17,82$ et $P = 0,001$.

2.2. Sur les larves de *T. molitor*

2.2.1. La mortalité en élevage témoin

La mortalité des larves observée au témoin après sept (7) jours d'exposition est nulle dans les trois boîtes de Pétri.

2.2.2. La mortalité corrigée des larves

Selon les résultats obtenus Pour l'huile d'argan le taux de mortalité des larves de *T. Molitor* augmente avec les doses et le temps d'exposition.

Dans les lots traités avec la plus faible dose (0,1 ml), la mortalité des larves est trop faible puis elle augmente selon les doses et le temps d'exposition, jusqu'à atteindre une mortalité totale de 55% à la plus forte dose (0,4 ml) après 7 jours d'exposition à l'huile d'argan (**Figure29**).

Chapitre IV : Résultats et discussion

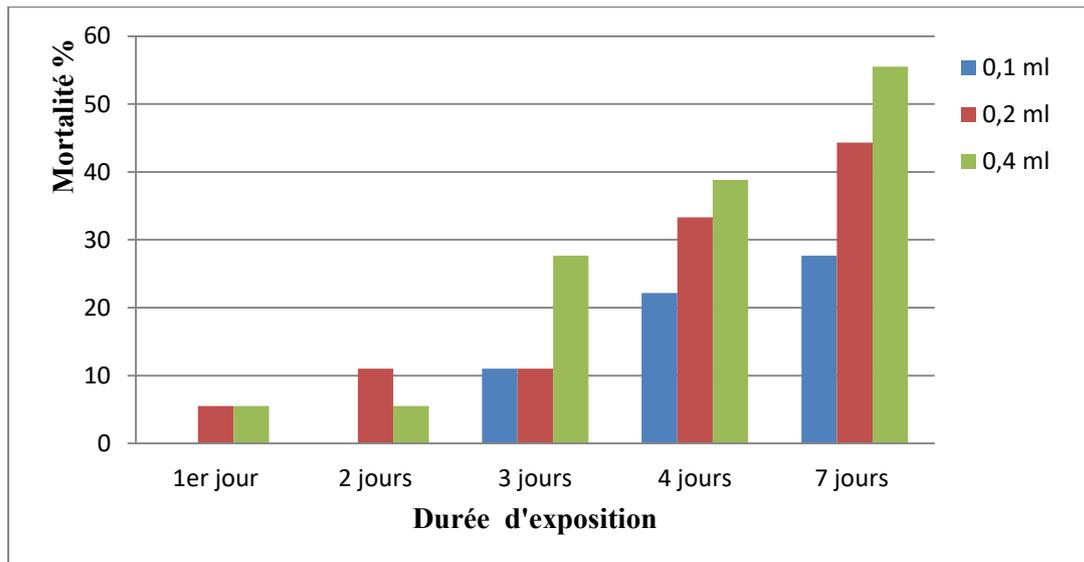


Figure 29 : Taux moyen (%) de mortalité des larves de *Tenebrio Molitor* traités avec l'huile d'argan.

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus à deux facteurs de classification (dose, durée d'exposition) révèlent une différence

Pour le facteur durée d'exposition : $F = 24,77$ et $P = 0,00014$

Pour le facteur dose de l'huile d'argan : $F = 7,77$ et $P = 0,01$

3. Comparaison de la toxicité de l'huile d'argan

3.1 La dose létale pour 50 % et 90% de la population (DL50) et (DL90)

a. Pour les adultes

La transformation des mortalités corrigées des adultes après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction des logarithmes des doses en huile d'argan, a permis d'obtenir les résultats suivants :

Chapitre IV : Résultats et discussion

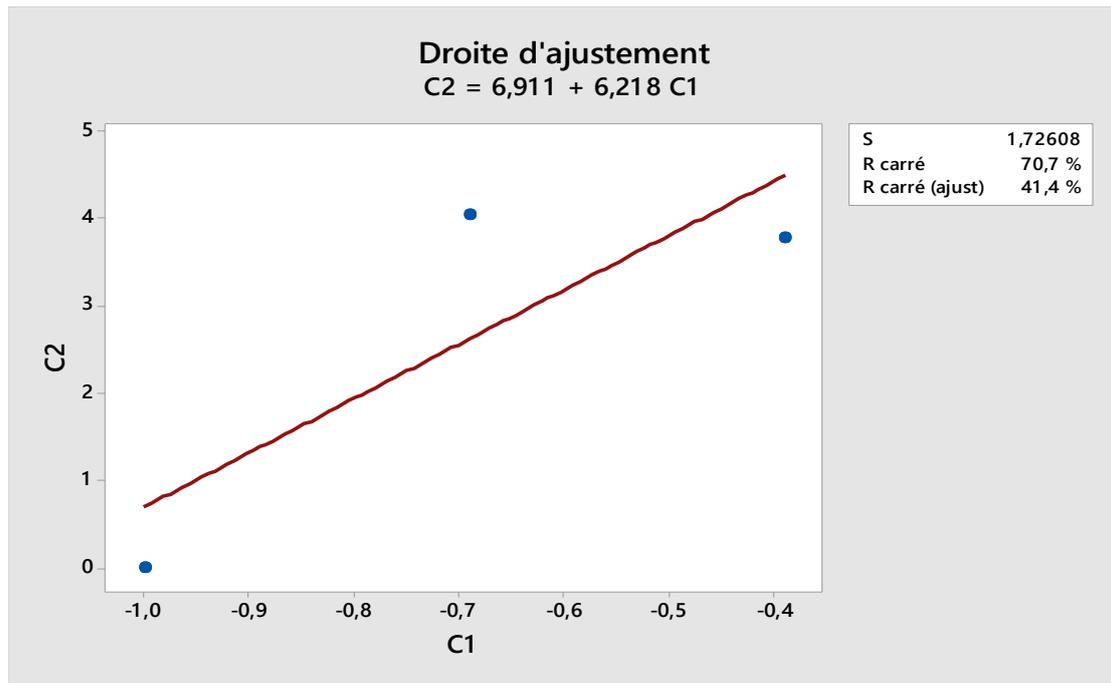


Figure 30 : Droite de régression (d'ajustement) Log dose d'exposition aux huiles d'argan / mortalité (probits) des adultes.

b. Pour les larves

La transformation des mortalités corrigées des larves après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction des logarithmes des doses en huile d'argan, a permis d'obtenir les résultats suivants :

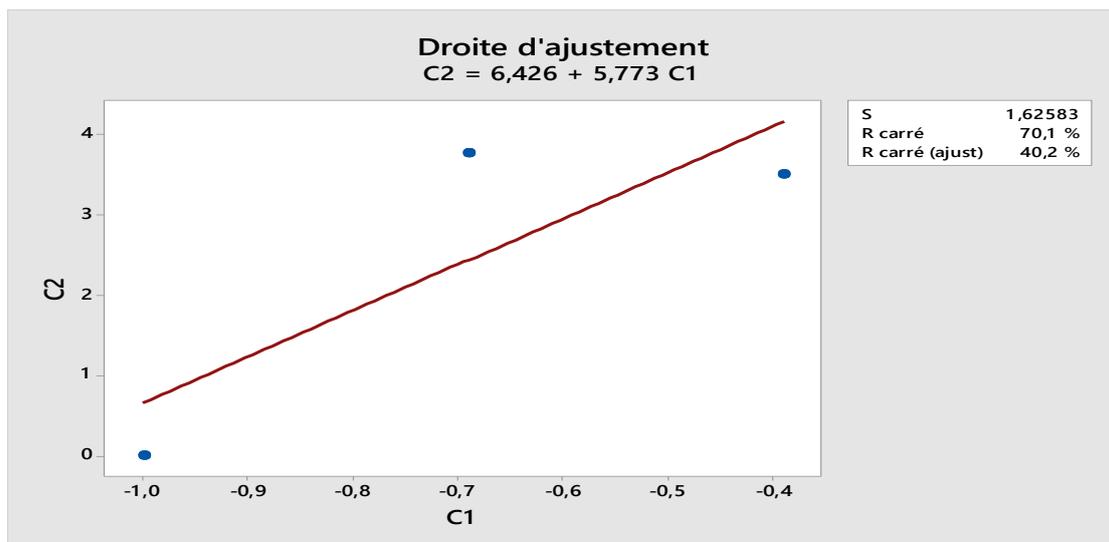


Figure 31 : Droite de régression (d'ajustement) Log dose d'exposition aux huiles d'argan / mortalité (probits) des larves.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau 03 : Valeurs des DL50 et DL90 après deux jours d'exposition à l'huile d'argan

| Mortalité | Equation de régression | DL50 | DL90 |
|-----------|-------------------------|---------|---------|
| Adultes | $C2 = 6,911 + 6,218 C1$ | 0,49 ml | 0,79 ml |
| Larves | $C2 = 6,429 + 5,773 C1$ | 0,56 ml | 0,94 ml |

3.2 Le temps léthal pour 50 % de la population (TL50)

a. Pour les adultes

La transformation des mortalités corrigées des adultes en probits (en utilisant la dose 0,2 ml / 10g son de blé), et la régression de ces données en fonction des logarithmes des durées d'exposition, a permis d'obtenir les résultats suivants :

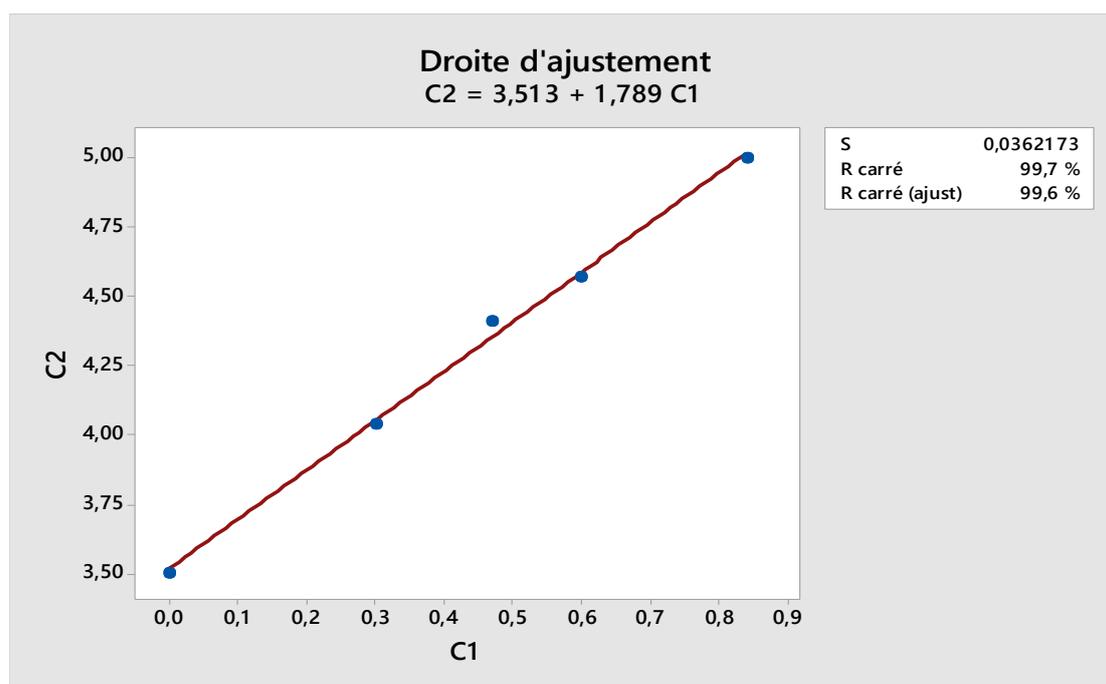


Figure 32 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition à l'huile d'argan / mortalité (probits) des adultes.

Chapitre IV : Résultats et discussion

b. Pour les larves

La transformation des mortalités corrigées des larves en probits (en utilisant la dose moyenne de 0,2 ml / 10g son de blé), et la régression de ces données en fonction des logarithmes des durées d'exposition, a permis d'obtenir les résultats suivants :

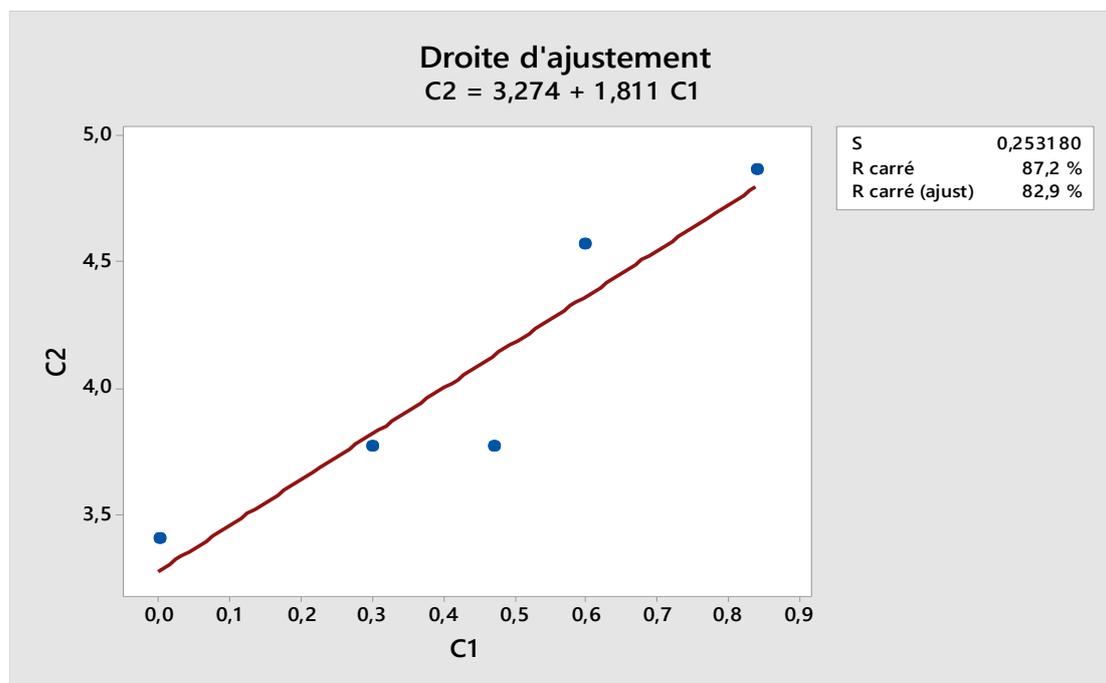


Figure 33 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition à huile d'argan / mortalité (probits) des larves.

Tableau 04 : Valeurs des TL50 en utilisant la dose 0,2 ml / 10g son de blé de l'huile d'argan testée.

| Mortalité | Equation de régression | TL50 |
|-----------|-------------------------|------------|
| Adultes | $C2 = 3,515 + 1,789 C1$ | 6,78 jours |
| Larves | $C2 = 3,274 + 1,811 C1$ | 8,97 jours |

4. Discussion

D'après les résultats obtenus, l'huile d'argan testée présente un effet insecticide sur les adultes et les larves de *T. molitor*.

L'effet insecticide est observé après 24 heures des traitements, à la plus forte dose (0,4ml / 10 g de son de blé), et après 7 jours, à la plus faible dose (0,1ml / 10 g de son

Chapitre IV : Résultats et discussion

de blé). En effet la mortalité des adultes et des larves au témoin dans les conditions du laboratoire est nulle (0%) après 7 jours d'exposition, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huile d'argan et la durée d'exposition.

Les valeurs des DL50 et DL90 calculées après deux jours d'exposition montrent que l'huile d'argan extraite d'*Argania spinosa* est plus toxique sur les adultes comparativement avec les larves qui présentent une certaine résistance.

Les valeurs des TL50 en utilisant une dose moyenne soit 0,2 ml / 10g son de blé confirment que l'huile d'argan extraite d'*Argania spinosa* est la plus toxique sur les adultes comparativement aux les larves avec TL50 de 6,78 jours et 8,97 jours respectivement.

D'après **NGAMO & HANCE (2007)** ; **BOUCHIKHITANI, (2011)**, une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par certains auteurs qui ont mis en évidence l'efficacité de nombreuses huiles essentielles par inhalation sur les ravageurs des denrées stockées.

Selon **BOSTANIAN et al. (2005)**, les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou, ils sont moins efficaces avec des insectes à carapace dure tels que les coléoptères et hyménoptères adultes

TALEB-TOUDERT (2015) l'huile essentielle d'*E.globulus*, *E.radiata* et *S. officinalis* se sont révélées comme les plus répulsives avec un taux de répulsion 100% à la dose 12 µl. Ce taux est obtenu pour l'ensemble des huiles et cela à la plus forte dose testée (16 µl).

ADJELOUT et BOUGHEDA (2008), ont constaté qu'avec l'huile essentielle de l'*E. Globulus* (24µl), le taux d'éclosion des œufs est estimé à 46,667%, contre 94,33% dans les lots témoins, ce qui signifie que ce taux d'éclosion des œufs est hautement affecté par le traitement inhalateur.

Chapitre IV : Résultats et discussion

KELLOUCHE (2005) note que les graines de *Vigna unguiculata* traitées avec les huiles d'olive de première et de deuxième pression, les huiles d'oléastre et de tournesol, réduisent de façon très significative la longévité des adultes de *C. maculatus*. La mortalité totale des adultes a été obtenue à la dose 0,8 ml / 50g en moins de 24 heures.

HAMDANI (2012) a montré que l'huile essentielle de l'orange douce est très faiblement répulsive (17,5%) et les huiles essentielles de pamplemousse et de citron sont moyennement répulsives avec des taux respectifs de 42,5% et 50%. L'huile essentielle qui présente le taux de répulsion le plus élevé contre *A. obtectus* est celle de bigaradier (70% répulsive).

IHIDOUSSEN et OUENDI (2009) ont conclu que l'huile de Citron a un effet relativement répulsif sur les adultes d'*A. Obtectus* avec un taux moyen de répulsion de 43,75% alors que l'huile essentielle de Mandarinier s'est montrée beaucoup plus répulsive avec un taux de 63,75%.

Selon **BOUCHIKHI-TANI, (2011)** l'efficacité des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques est due à la présence des composants majoritaires connus pour leurs propriétés insecticides.

Sur des ravageurs des denrées stockées, **BENAZZEDINE (2010)** a montré que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Mentha viridis* et *Thymus vulgaris* agissent par inhalation sur les adultes de *Sitophilus oryzae* et *Tribolium confusum*. En effet, les huiles de Romarin et de la Menthe provoquent une mortalité de 100% à la dose 9.10-3 μ l /cm³ après 24 heures de traitement des adultes de *T. Confusum*. L'huile essentielle de Thym provoque une mortalité totale des adultes de *T. confusum* après 120 heures à la même dose.

L'efficacité des huiles essentielles des Rutacées par inhalation sur les adultes d'*A. Obtectus* a été observée par plusieurs auteurs dont **IHIDOUSSENE et OUENDI (2009)**, qui ont montré que l'huile essentielle de citron et de mandarine ont un effet toxique par inhalation envers les bruches *A. obtectus* induisant une mortalité de 85% pour l'huile de citron et 72,5% pour l'huile de mandarine à la dose de 120 μ l après 96h d'exposition.

Chapitre IV : Résultats et discussion

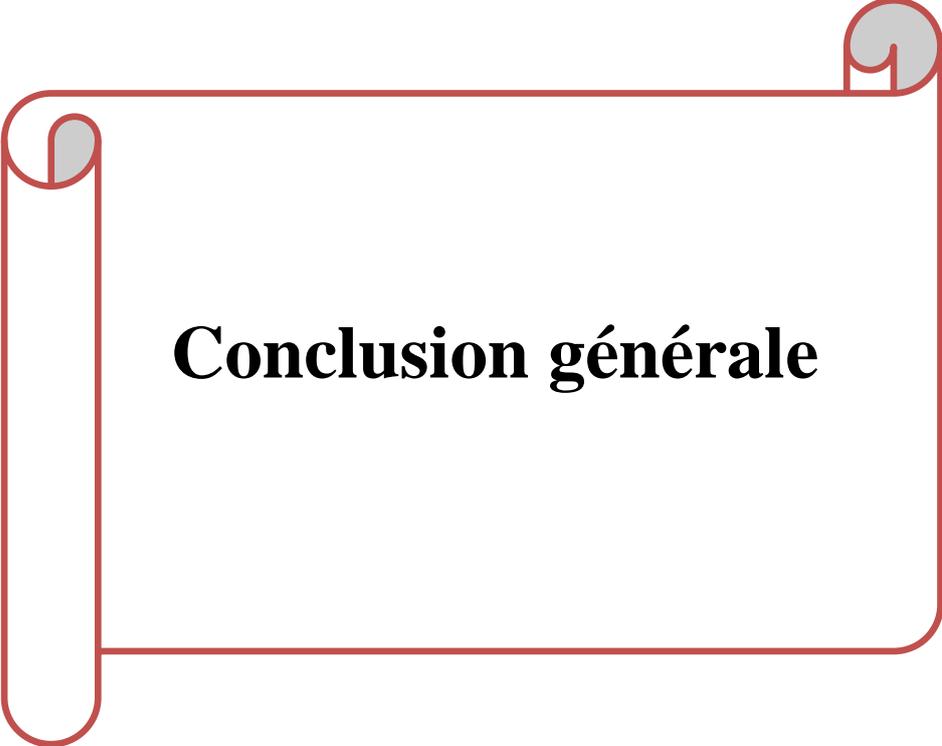
KASSEMI (2014) déclare que l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* affecte l'émergence de *R. dominica*, qui la réduit à 0 individus à 5 µl / 30g de graines de blé dur. Le rapprochement des nombres moyens d'adultes de *T. castaneum* émergés dans les lots du blé dur concassé traités et ceux des lots témoins non traités, confirme la résistance de cet insecte ravageur à l'égard de nos huiles d'olives utilisées, durant tout son cycle de développement.

BOUZIDI et TOUBAL (2014), ont testé l'efficacité des huiles d'olive de différentes régions de Kabylie sur plusieurs Coléoptères ravageurs, Après 7 jours des traitements, à la plus faible dose 0,1 ml, ils ont constaté que *S. oryzae* et *C. maculatus* sont les plus sensibles à l'égard des huiles d'olive, avec des taux moyens de mortalité des adultes respectivement de l'ordre de $72,50 \pm 17,08 \%$ à $92,50 \pm 9,57 \%$ et $67,50 \pm 9,57 \%$ à $85,00 \pm 12,91 \%$, selon l'origine des huiles d'olive, la dose en huiles et la durée d'exposition.

MAMMAR et GADA (2013) ont noté des taux de mortalité de 100 % sur les adultes de *R. dominica* à une durée d'exposition de 24 heures avec l'huile d'olive avec une dose de 0,8ml / 50g de grains de blé tendre.

KHRIS (2015) a enregistré un taux de mortalité des adultes de *R. dominica* de 95 % en moins de 10 heures avec l'huile d'olive à une dose de 0,8 ml / 50g de blé.

L'effet insecticide de l'huile d'olive sur la longévité et la viabilité post-embryonnaire des insectes ravageurs, peut-être dû à l'action des acides gras (**BOUZIDI et TOUBAL, 2014**).



Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Outre les techniques et systèmes de stockage, la réduction des pertes dans les denrées alimentaires entreposées passe avant tout par l'identification précise des organismes impliqués. Une bonne connaissance de la biologie et écologie des ravageurs ainsi que la détermination des dégâts occasionnés sont des éléments additionnels indispensables à la mise en place de toute stratégie de prévention ou de protection intégrée.

Notre étude rentre dans le cadre de recherche des méthodes alternatives et substitutions pour la lutte contre les insectes des denrées stockées notamment les céréales et pour survis les agricultures et avoir un bon stockage ; bonne conservation le but principal élaboré est de limité les inconvénients d'utilisation les insecticides chimiques et leurs effets secondaire.

Dans le présent travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de l'huile d'argan (*Argania spinosa*) à l'égard des adultes et des larves de *Tenebrio molitor*. Compte tenu des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile d'argan testée exerce une toxicité importante sur *Tenebrio molitor*.

Nous avons constaté que l'huile d'argan testée a révélé un effet insecticide significatif sur la durée de vie des adultes et des larves de *T. molitor* induisent une mortalité totale des individus (50%) et (55%) respectivement qui a été enregistrée après une durée de 7 jours par la plus forte doses 0,4ml.

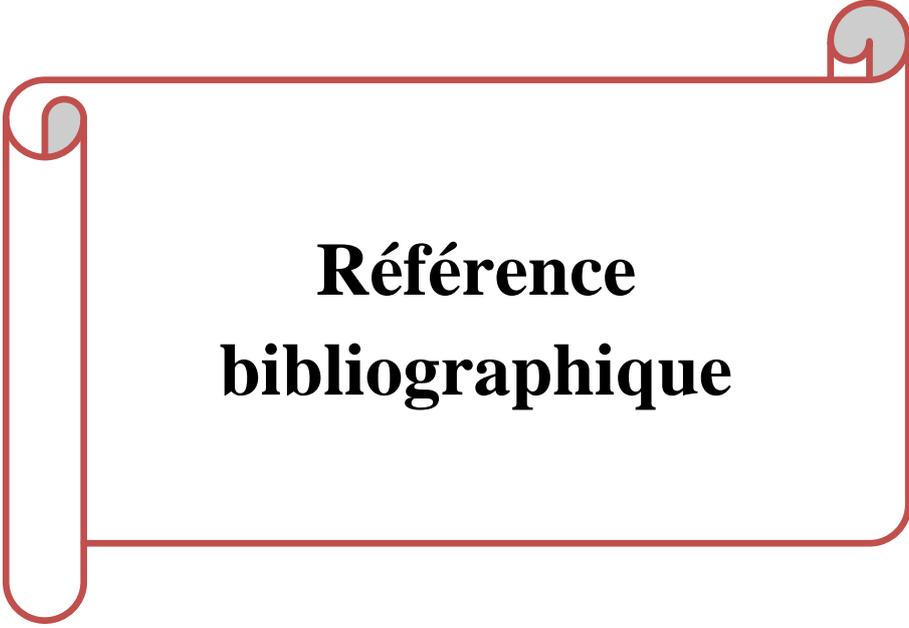
L'efficacité de l'huile d'argan sur la longévité des adultes et des larves varie également selon la dose utilisée.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que cette huile présente une activité biologique importante, sur les adultes l'huile d'argan est avérées être plus toxiques avec une DL50 de 0,49 ml / 10g son de blé et DL90 de 0,79 ml / 10g de son de blé et TL50 de 6,78 jours, comparativement avec les larves qui présentent une

Conclusion générale

DL50 de 0,56 ml / 10g son de blé et DL90 de 0,94 ml / 10g son de blé et un TL50 de 8,97 jours.

Les résultats obtenus nous montrent que les substances naturelles utilisées ont une bonne action insecticide à l'égard de différents stades de développement (larves et adultes) de *Tenebrio molitor*, leur toxicité varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition.



**Référence
bibliographique**

Références bibliographiques

- 1) **ABDULLAH F., et MOHAMMED E., 2012.** "Modélisation de la répartition du transfert des métaux lourds et des oligoéléments dans les sols forestiers, l'huile d'argan et dans les différentes parties d'arganier.
- 2) **ADJELOUT C., & BOUGHEDA O., 2008.** Etude de l'effet biocide de l'huile essentielle d'Eucalyptus Globulus sur le biocycle de *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de D.E.S. en Biologie. Option : Biologie et Physiologie végétale.
- 3) **ADJOUJDI O., NGASSOUM M.B., ESSIA NGANG J.J., NGAMO L.S.T. ET NDJOUENKEU R., 2000.** Activité insecticide des huiles essentielles des fruits de *Piper nigrum* (Piperaceae) et de *Xylopia aethiopica* (Annonaceae) sur *Sitophilus zeamais* (Curculionidae). *Biosciences Proceedings*, 7, Pp 511-517.
- 4) **ADLOUNI A., 2010.** L'huile d'argan, de la nutrition à la santé. *Nutrition, Phytothérapie*. 8, pp : 89-97.
- 5) **AGUILAR-MIRANDA, ED., LOPEZ, M., ESCAMILLA-SANTANA, C., BARBA DE LA ROSA., 2002.** Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50. pp: 192-195.
- 6) **AHMED M. S., 1992.** Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technologie T. X. pp: 655 – 688.
- 7) **AIDANI H., 2015.** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de master en agronomie. Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen ,104p.
- 8) **AMARI N., 2014.** Etude du choix de ponte du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte. Mémoire de magistère pp 23, 23,25.
- 9) **AMRANI T., 2018.** Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Clous de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées

- (coléoptère ; ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Mémoire de master en Biologie de la conservation. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P 12.
- 10) **AOUES K., BOUTOUMI H. et BENRIAM A., 2017.** État Phytosanitaire du Blé Dur Locale Stocké en Algérie. *Revue Agrobiologie*, 7(1) Pp 286-296
 - 11) **AOUINTY B., OUFARA S., MELLOUKI F., MAHARI S., 2006.** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anophèles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* 10(2) Pp 67-71.
 - 12) **ARTHUR F.H., 1996.** Grain protectants: Curent status and prospects for the coleop.J. *Stored prod. Res.*, Vol.32, pp.293-302.
 - 13) **BABA AISSA F., 1999.** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances végétales d'Afrique, d'orient et d'occident. Edition : Librairie moderne – Rouïba : P101.
 - 14) **BALACHOWSKY A. S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cie, paris, Tome I, Pp : 378-392.
 - 15) **BEKELE J. ET HASANALI A., 2001.** Blend effects in the toxicity of the essential oil constituent of *Ocimum Kilimands* and *Ocimum Kenyense* (Labiatae) on two post- harvest insects pests. *Phytochemistry*, 57, Pp 385-391.
 - 16) **BELARBI-BENMAHDI M., KHALDI D., BEGHAD C., GOUZI H., BENDIMERAD N.and HAMMOUTI B., 2009.** Physicochemical and nutritional stady of argan oil (*Argania spinosa* L.) in southwestern Algeria, *Emerald*, Vol: 38 (2), Pp 96-99.
 - 17) **BELHOCINE AMINA 2018.** Etude comparative de l'activité insecticide d'un pesticide chimique et des huiles essentielles vis-à-vis du charançon du Riz (*Sitophilus oryzae*). Mémoire de master en Production végétale et agriculture durable. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. P 10
 - 18) **BELMOUAZ A.,2004.** Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées. Agréage et protection phytosanitaire. Ed. O.A.I.C. (Office Interprofessionnel des Céréales) ; pp 18-34.
 - 19) **BENAOUF Z., 2017.-** Etude Phénologique Et Apport De La Mycorhization Sur La Croissance De L'arganier (*Argania Spinosa* (L.) Skeels) Dans l'Ouest

Algérien. Mémoire de doctorat. Université Des Sciences Et De La Technologie« Houari Boumediene ». P : 6.

- 20) **BENAYAD N., 2013.** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse THESE de doctorat Chimie Organique Université Mohammed V – Agdal pp47, 48.
- 21) **BENHALIMA H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., & Price N.R., 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. J. StoredProd. Res., 40, Pp241-249.
- 22) **BENKHEIRA A., 2009.** L'arganeraie Algérienne, Bultin d'information -la conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles-, N : 09, 16p.
- 23) **BENKHEIRA A., 2009.** L'arganeraie algérienne. Bulletin d'information, conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles, publication du projet ALG/ G35.
- 24) **BENNAZEDINE S., 2010.** Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis- à – vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curcolionidae) et *Tribolium confusum* spécialité protection des végétaux zoophytiatrice. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach ; Alger. 78p.
- 25) **BERREMILI N., 2020.** Etude de l'action larvicide de deux huiles essentielles sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* (coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de master en écologie animale. Pp 31, 32, 33.
- 26) **BEZZALA A., 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse, Mémoire de magistère en science agronomiques –option : Foret et conservation des sols, Université Hadj Lakhdar Batna, 143p.
- 27) **BOSTANIAN, N.J., AKALACH M., and CHIASSON H., 2005.** Effects of a *Chenopodium* based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). Pest Manag. Sci, 61 Pp 979-984.
- 28) **BOUCHIKHI-TANI, Z., 2011.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella*

- (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat, Univ. Tlemcen, Algérie, 147 p.
- 29) **BOUDY P., 1950.** Economie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences Forestières), Tome II (1), La rose. p : 382-416.
- 30) **BOUDY P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La maison Rustique. Paris, pp : 185- 194.
- 31) **CALONNE C., 2007.** Maroc : l'huile d'argan, une affaire de femmes, magazine de voyage reçu (Absolue travail Mag), N : 88.
- 32) **CHALLOT A., 1988.** L'arganier. Revue de bois. Pp : 7-12.
- 33) **CHAROUF Z., 2007.** L'arganier ; lever de développement humain du milieu rural marocain, colloque international.27-28 Avril 2007.Synthèse des communications. Rabat. 68 p.
- 34) **CHARROUF M., 1984.** Contribution à l'étude de la composition chimique de l'huile d'Argania Spinosa (L.) (Sapotaceae). Thèse Sciences Univ. De Perpignan, France
- 35) **CHARROUF Z. and GUILLAUME D., 1999.** Ethno economical, ethnomedical, and phytochemical study of Argania spinosa (L.) Skeels, J Ethnopharmacol, Vol 67, Pp7–14.
- 36) **CHARROUF Z., 2000.** L'arganier est vital à l'économie du sud-ouest de Maroc, Bio futur, Mars, N : 220, Pp 54-57.
- 37) **CHARROUF Z., 2007.** 20 ans de recherche-action pour faire de l'arganier un levier du développement durable du milieu rural marocain, Colloque internationale : L'arganier – Levier du développement humain du milieu rural marocain -, 27-28 Avril 2007, Rabat.
- 38) **CHEHAT F., 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet pamlim « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébi Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007
- 39) **CLOUTIER J., 2015.** Insectes comestibles en Afrique : introduction à la collecte, au mode de préparation et à la consommation des insectes. 1ère édition, agro dok, Pays-Bas, 79 p.
- 40) **CRUZ JF., TROUDE F., GRIFFON D., HEBERT JP., 1988.** Conservation des grains en région chaudes ; 2ème édition ; « Technique rurale en Afrique ».Ed. Paris, France. • **DUPIN H., 1989.** Les aliments. Ed. Maloine, France ; 109 p.

- 41) **DABRIE, C; NIANGO, BA, M; SANON, A., 2008.** Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants on the cowpea storage Pest, *Callosobruchus maculatus* Fab.(Coleoptera : Bruchidae). *International Journal of Pest Management*, 54 (4), 319-326
- 42) **DIOP Y.M., MARCHIONI E., BA. D. ET HASSELMANN C., 1997.** radiation des infestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. *Journal of food processing and preservation*. 21 (1) Pp 69 – 81.
- 43) **DJIED S., 2017.** Extraction, identification, et histolocalisation des métabolites secondaires dans les différents organes d'arganier (*Argania spinosa*) Skeels d'Algérie. Thèse de doctorat Biotechnologie végétale pp 4, 5,6.
- 44) **DON PEDRO K.N., 1996.** Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citrus Peel oil components. *Pestic. Sci.* Vol.46, pp. 79-84.
- 45) **DONGRET K., RANANAVAR H. D. ET DESSAS R. P., 1997.** Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* (F.) and grain loss in mung bean storage. *J. Nuclear. Agro. Biol.* 26 (3) Pp 161 – 165.
- 46) **DUCOM P. ET BOURGES F., 1987.** Dernières tendances dans la protection des grains stockées. *Phytoma. Déf. Des Cultures*, N° 385, pp. 38-39.
- 47) **DUCOM P., 1978.** Traitement par fumigation. In : les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et technique des céréales et des fourrages. AFNOR-ITCF., 138-164. • Eurostat : agreste. agriculture.gouv.fr/IMG/PDF/Gaf13 Pp121-126.
- 48) **EL KHIDER A., EL BOUHADI A. et KCHIRID E., 2009.** La croissance économique est-elle pauvre dans le milieu rural au Maroc ? Actes du -10th Méditerranéen research Meeting-, Workshop 4, 25-28 Mars 2009, Florence.
- 49) **EMBERGER L. 1925.** A propos de la distribution géographique de l'arganier. *Bulletin de la Société des sciences naturelles et physique du Maroc.* 4 (7) :151-153.
- 50) **FAEZ M, BCHITOU R, BOUHAOUSS A, GHARBY S, HARHAR H, GUILLAUME D, CHARROUF Z., 2012.** Can the dietary element content of virgin argan oils be used for adulteration detection. *Food Chemistry*, (136) Pp 105-108.

- 51) **FARGO W. S., CUPERUS G. W., BONJOUR E. L., BUCHOLDER W. E., CLARY B. L. & PAYTON M. E., 1994.** Influence of probe trap type and attractant on the capture of four stored grain Coleoptera. *J. StoredProd. Res.* 58pp.
- 52) **FARGO W. S., CUPERUS G. W., BONJOUR E. L., BUCHOLDER W. E., CLARY B. L. & PAYTON M. E., 1994.** Influence of probe trap type and attractant on the capture of four stored grain Coleoptera. *J. StoredProd. Res.* 58 p
- 53) **FIELDS P. G., 1992.** The control of stored product insects and mites with extremes temperatures. *J. Stored Prod. Res.*, Vol. 34, pp 269-277.
- 54) **FLEURAT LESSARD F., 1989.** Autre méthodes de lutte. Ed. AFNOR & ITCF. Paris, pp. 165-168.
- 55) **FLEURRAT – LEUSSARD., 1978.** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris pp : 67 – 81.
- 56) **GAKURU N et FOUA-BI K., 1996.** Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*Callusobruchus maculatus* F) et de charançon de riz (*Sitophilus oryzae* L) *tropiculatura* 13, pp143-146.
- 57) **GAKURU S. ET FOUA-BI K., 1995.** Effet comparé des huiles essentielles de quatre espèces végétales contre la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* Fab.) et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* L.). *Tropicultura* N°4, Vol. 13, pp 143-146.
- 58) **GUEYE M., SECK D., WATHELET J., et LOGMAY G., 2010.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotecnol. Agron, Soc. Environ.* Pp183-194.
- 59) **GUEYE M.T., 2012.** Gestion intégrée des ravageurs de céréales et de légumineuses stockées au Sénégal par l'utilisation de substances issues de plantes. Thèse de doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 216 p.
- 60) **GUILLAUME D, CHARROUF Z., 2011.** Argan oil and other argan products; use in dermocosmetology. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 403-408.
- 61) **GUY RIBA ET CHRISTINE SILVY., 1989.** Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives, Inra, 230 p.
- 62) **GUYON M., 2008.** Analyse socio-territoriale de la filière argan dans la province d'Essaouira (sud-ouest marocain) – La valorisation économique d'une ressource naturelle est-elle garante d'un développement socialement durable ? – Mémoire de

Master 2 recherche, Mondialisation et développement, Université de Province, 78P.

- 63) **GWINNER J., HANISCH R., MÜCK O., 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, R.F.A., 388p.
- 64) **HAMDANI D.** 2012. Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques du bruché du haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister en sciences écologie. U.M.M.T.O. 97p.
- 65) **HAMIA C.** 2007. Contribution à la composition et à l'étude chimique de l'huile du fruit de l'Arganier *Argania Spinosa*. Magister, 2007.
- 66) **HARDOUIN, J. ; MAHOUX, G., 2003.** Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p.
- 67) **HARHAR H, GHARBY S, KARTAH B, EL MONFALOUTI H, GUILLAUME D, CHARROUF Z., 2011.** Influence of argan kernel roasting time on virgin argan oil composition and oxidative stability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, Pp163-168
- 68) **HEIKO B., 2015** les indispensables delachaux. Delachaux et Niestlé, paris 2015. ISBN : 978-2-603-02155-2 dépôt légal mars 120 P.
- 69) **HIGNAR., 1985.** Importances des pertes dues aux insectes des légumineuses alimentaires. Source de protéines végétales. UACNRS, 340 : pp 193-204. Ed. INRA, Alger, 56-64.
- 70) **HILALI M., CHARROUF Z., EL SOULHI A., HACHIMI L. and GUILLAUME D., 2005.** Influence of origine and extraction methode on argan oil physicochemical Characteristics and composition, *J. Agric, Food Chem*, Vol 53, Pp 2081-2087.
- 71) **HILL DS., 2003.** Pests of stored foodstuffs and their control. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- 72) **IHIDOUSSENE et OUENDI., 2009.** Effet des huiles essentielles de *Citrus limonum* et *Citrus reticulata* sur l'activité biologique du bruché de haricot : *A. obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ing en biologie U.M.M.T.O, pp43-59.

- 73) **ISMAN M. B., 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection. 19 : pp. 603-608.
- 74) **JACOBS S, CALVIN D., 1988.** Dark and yellow mealworms. Entomological Notes. Penn State College of Agricultural Sciences. Department of Entomology (online). [accessed 2017 Jan 3].
- 75) **JIROVETZ L., BUCHBAUER G., NGASSOUM M.B. & GEISLER M., 2002.** Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid phase micro-extraction gas chromatography, solid phase micro extraction gas chromatography mass spectrometry and olfactometry. Journal of Chromatography, 976, Pp1- 2, 265-275.
- 76) **KARAHACANE T., 2015.** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse. Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 136.
- 77) **KASSEMI N., 2014.** Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de Doctorat en Biologie. U.A.B.T. : 90 – 92.
- 78) **KECHAIRI R., OULD SAFI M., & BENMAHIOUL B. (2018).** Etude comparative de deux plantations d'*Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae) dans le Sahara Occidental Algérien (Tindouf et Adrar). *International Journal of Environmental Studies*, 75(2), 294-308.
- 79) **KEITA S.M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., AMASON J.T. ET BELANGER A., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae). J. Stored Prod. Res. Vol. 37, pp. 339-349.
- 80) **KELLOUCHE A. ET SOLTANI N., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* F. *International Journal of Tropical Insect Science*. N° 2, Vol. 24, pp.184-191.
- 81) **KELLOUCHE A., 2005.** Etude de la bruche du poi-chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie, 154p.
- 82) **KELLOUCHE A., SOLTANI N. et HUIGNARD J., 2004.** Activité de reproduction et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus*

maculatus (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) dans des graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp) et de *Cicer arietinum* (L.).

- 83) **KELLOUCHE A., SOLTANI N., KREITER S., AUGER J., ARNOLD I. ET KREITER P., 2004.** Biological activity of four vegetable oils on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera Bruchidae). In REDIA, LXXXVII, pp. 39-47.
- 84) **KETOH G.K., GLITHO A.I. ET HUIGNARD J., 2002.** Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (F). And its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rond) (Hymenoptera: Pteromalidae). To three essential oils. J. Econ. Entomol. 95, pp 174- 182.
- 85) **KHALLOUKI F., YOUNOS C. & SOULIMANI R., 2003.** Argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, sterols, squalene, tocopherols and phenolic antioxidant should confer cancer chemo-preventive activities. Eur. J. Cancer Prev. 16, Pp 67-75
- 86) **KHRIS R., 2015.** Effet bio-insecticide de l'huile d'olive de la variété Chemlal à l'égard de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae). Mémoire de Master en Biologie. U.M.M.T.O. : 22 - 25.
- 87) **KORTI ABDELHAMID, KHEDDAM ABDENNOUR., 2018.** Impact des insectes ravageurs de stocks de blés dur sur la qualité marchande au niveau de la CCLS de Tlemcen. Mémoire de master en Agroalimentaire et contrôle de la qualité université de Tlemcen. Pp 39-40.
- 88) **KOUNINK H., 2001.** Etude de l'activité anti-insecte de *Ocimum gratissimum* L. (Lamiacée) et *Xylopiiaethiopica* dunal (Annonacée) sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionida). Mémoire de maîtrise en zoologie. Université de Ngaoundéré. Cameroun 33 p.
- 89) **LAKHDARI A. et KHECHAIRI R., 2011.** La faune de l'arganier de Tindouf (Algérie), actes du séminaire international sur la biodiversité faunistique en zones arides et semi-arides, Pp 207-2011.
- 90) **LAMBERT L., 2005.** Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec.
- 91) **LAMBONI, Y ; HELL, K., 2009.** Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by post-harvest insects. International Journal of Tropical Insect Science, 29 (1), 31-39.

- 92) **Lee R.E., Lee M.R., Strong G., et Gunderson J.M., 1993.** Insect cold Hardiness and ice nucleating active microorganisms including their potential Use for biological control. *J. Insect Physiol.* N°1, Vol. 39, pp.1-12.
- 93) **LEE, B., CHOI, W., LEE, S., PARK, B., 2001.** Toxicité des fumigènes composé des huiles essentielles vers le charançon du riz, *Sitophilus oryzae* (L.). *CropProt.* 20 :317-320.
- 94) **LICHTENSTEIN E.P., 1996.** Insecticides occurring naturally in crops. *Adv.Chem.Ser.*53, PP 34- 38.
- 95) **M'HIRIT O., BENZYANE M., BENCHAKROUNE F., EL YOUSFI S.M. ET BENDAANOUN M., 1998.** L'arganier une espèce fruitière- forestière a usages multiples L.S.B.N. Pierre mardaga. Belgique. p : 11.
- 96) **MAMMAR D. et GADA L., 2013.** Caractérisation et effet bioinsecticide de deux variétés de l'huile d'olive (Chemlal, Azeradj) à l'égard de deux insectes ravageurs des denrées stockées *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Pp 22 - 27.
- 97) **MAURIN R., 1992.** Argan oil *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae), *Fr. Corps Gras*, Vol 39, Pp 139 146.
- 98) **MILAGH M., 2010.** L'arganier, une espèce forestière aux vertus multiples : La route de l'arganier, *journal El Watan*, N° 86333 du 17-08-2010.
- 99) **MOHAMED SEIF ALLAH KECHEBAR., 2016.** CARACTERISATION DE L'ARGANIER (*Argania spinosa* L.) EN ALGERIE ET IMPACT DE LA SALINITE. Thèse de doctorat en écologie et environnement. Université Des Frères Mentouri Constantine, P 05.
- 100) **MOHIUDDIN S., 1990.** Studies on the repellent activity of some indigenous plant oils against *Tribolium castaneum* (Herbs). *Pakistan J. Sci. Ind. Res.* N°8, Vol. 33, pp. 326- 328.
- 101) **MORSLI A., 1999.** Essai de vitro propagation de l'arganier : *Argania spinosa* (L.) Skeels à partir des vitro semis, Mémoire de magister, protection de la nature, INA, Alger, 89p.
- 102) **MSANDA F., EL ABOUDI A. et PELTIER J.P., 2005.** Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine, *Cahiers Agricultures*, vol 14(4), Pp 357-364.

- 103) **NASRI S., 2014.** Effet De La Contrainte Saline Sur La Germination Et La Croissance De Quelques Provenances Algériennes D'arganier (*Argania Spinosa* L.). Mémoire de magistère, Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen. p : 14-15.
- 104) **NGAMO L.S.T. & HANCE TH., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, TROPICULTURA, Ngamo et hance 2007 ,25 ,4 ,215-220.
- 105) **NGAMO L.S.T., 2000.** Protection intégrée des stocks de céréales et de légumineuses alimentaires. Analyses scientifiques. Bulletin Panafricain d'Informations Phytosanitaires, N°26-27 ,13-15.
- 106) **NOUAIM R. ET CHAUSSOD R.,1993.** L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Le flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau arbres tropicaux, 27 :50-64.
- 107) **NOUAIM R. et CHAUSSOD R., 1994.** L'arganier, le flamboyant, Bultin liaison réseau arbres tropicaux, Pp 3-8.
- 108) **NOUAIM R. ET PILTIER. J.P., EL ABOUDI. A., SCHNABEL C., CHAUSSODR.,1991.** L'arganier : essai de connaissances sur cet arbre. In : Physiologie des arbres et des arbustes en zones arides et semi-arides, Groupe d'étude de l'arbre Paris. Pp 389-403.
- 109) **NOUAIM R., 2005.** L'arganier au Maroc, entre mythes et réalités, Le Harmattan, Paris, 13p.
- 110) **NOUAIM R., CHAUSSOD R., EL ABOUDI A., SCHNABEL C. ET PELTIER J. P., 1991.** L'arganier, Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In : physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Ed. Groupes d'études de l'arbre, Paris, pp : 373-388.
- 111) **NOUAÏM R., CHAUSSOD R., YACOUBI B., 1995.** Effet de la mycorhization sur six clones d'arganier multipliés par bouturage. Bulletin de recherche forestière du Maroc. Etudes sur l'arganier, Essaouira 29-30 septembre 1995, pp : 7-11.
- 112) **NOUI Abdallah., 2013.** Identification de la fraction insaponifiable (stérois, tocophérols, polyphénols,) de l'huile d'argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Mémoire de Magister en sciences agronomiques. Université Hassiba Ben Bouali Chlef, 07 P.
- 113) **OTTMANI N., 1995.** Etude sur l'arganier et lutte contre la désertification, Actes de journées d'études dur l'Arganier, Essaouira, 29-30 Septembre 1995.

- 114) **OWEN R.W., GIACOSA A., HULL W.E., HAUBNER R., SPIEGELHALDER B., BARTSCH H., 2000.** The antioxidant/anticancer potential of phenolic compound isolated from olive oil. *European Journal of Cancer*. 36 1235–1247
- 115) **QUEZEL P. ET SANTA S., 1963.** Nouvelle Flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales. Edi.S.N.R.S. Paris. Tome II. PP : 573-1170.
- 116) **RADI N., 2003.** L'arganier : arbre du sud-ouest Marocain, en péril à protéger, thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, faculté de pharmacie, université de Nantes.
- 117) **RADI N., 2003.** L'Arganier arbre du sud-ouest marocain, en péril à protéger. Thèse de Doctorat en pharmacie, université de Nantes, faculté de pharmacie, 55p.
- 118) **RAHMANI M., 2005.** Composition chimique de l'huile d'argan « vierge ». *Cahiers Agricultures*. 14 (5), 461-465.
- 119) **RAHMANI, M., 2005.** Composition Chimique de L'huile d'argan Vierge, *Cahier Agricultures*, Vol 9 (5), Pp 461-465.
- 120) **RAJAPAKSE R. AND VAN AMDEN H.F., 1997.** Potential of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, *C. chinensis* and *C. rhodesianus*. *J. Stored. Prod. Res.* N°5, Vol. 33, pp. 59-68.
- 121) **RAJENDRAN, S., 2002.** Postharvestpestlosses. *Encyclopedia of Pest Management (Print)*, Pp654–656.
- 122) **RAMMAL H., BOUAYED J., YOUNOS C., SOULIMANI R., 2009.** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique d'*Argania spinosa* L. *Phytothérapie*. 7, 157–160.
- 123) **RAMOS-ELORDUY, J. ; AVILA GONZALEZ, E. ; ROCHA HERNANDEZ, A. ; PINO, J. M., 2002.** Use of *Tenebrio molitor* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J. Econ. Entomol.*, 95 (1) : 214-220
- 124) **RAMZAN M., 1994.** Efficacy of edible oils against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.), *J. Insect Sci.* Vol.7, pp. 37-39.
- 125) **RAO C.V., NEWMARK H.L., REDDY B.S., 1998.** Chemopreventive effect of squalene on colon cancer. *Carcinogenesis*. 19, 287-290.
- 126) **REGNAULT-ROGER C. ET HAMRAOUI A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on

- Acanthoscelidesobtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L. / J. Storedprod. Res, 31, pp 291-299.
- 127) **REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B. J. R., & VINCENT C., 2002.** *Biopesticides* d'origines végétales. Tec & Doc Eds, Paris, 337 p.
- 128) **ROMAGNY B. GYUON M., 2010.** Des souks aux marchés internationaux- La valorisation économique de l'huile d'argan marocaine : un cas d'école des contradictions du développement durable-, colloque "localiser les produits", 16p.
- 129) **ROUHI R., 1991.** Anatomie de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Actes du colloque international sur l'arganier. Agadir. Pp 100 – 103.
- 130) **SALES M.J., WILLIAM G.H., YUTING DU, AMITHA S.S., NAAMAN M.S., PAUL A.J., 2018.** Séquences complètes du génome de *Streptococcus sobrinus* SL1 (ATCC33478= DSM 20742), NIDR 6715-7 (ATCC27351) ? NIDR 6715 (ATCC 27352) et NCTC 10919 (ATCC 33402). IN American society for microbiology
- 131) **SANON A. SGABRA M. AUGER J. et HUIGNARD J., 2002.** Activity of methylisocyanate on *Callibruchus* (F) (Coléoptera :Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera : Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38, pp 129-138p.
- 132) **SANON A., GARBA M., AUGER J. ET HUIGNARD J., 2002.** Analysis of insecticidal activity of methyl isocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmusbasalis* (Rond.) (Hymenoptera : Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38 : Pp 129 – 138.
- 133) **SANON A., Gauthier N. & Huignard J., 1999.** Compétition interspécifique entre deux espèces de parasitoïdes de larves de Bruchidae, *Eupelmus vuilleti* et *Dinarmusbasalis*. Importance de la densité et de la qualité des hôtes sur le succès parasitaire des deux espèces. Ann. Soc. Entomol., 35 : Pp 421-426.
- 134) **SECK D., Lognay G., Haubruge E., Wathel J.P., Marlier M., Gaspar M., et Severin M., 1993.** Biological activity of the shrub *Bosciasenegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir (Capparaceae) on stored grain insects. J. Chem. Ecol. Vol. 19, pp.377-38.
- 135) **SHAHEIN A., 1991.** Susceptibility of some stored product insects to high and low temperatures. Zagazig. J. Agri. Res. Egnot. N°2. Vol.18, pp 577-584.
- 136) **SINGH S. R. & JACKAI L. E. N., 1985.** Insects pests of cowpea in Africa: their life cycle, economic importance and potential for control. In cowpea

- Research, Production and Utilization (Edited by Singh S. R. et Rachie K. O.). Pp : 217-231.
- 137) **SINHA R.H. et WATTERS F.L., 1985.** Insectes des minoteries, des silos et élevateurs. 311p.
- 138) **SLIMANI H., 1996.** Contribution à l'étude de l'arganier (*Argania Spinosa* (L.) Skeels) de deux provenances Tindouf-Mostaganem (Etude expérimentale sur la germination des graines et extraction d'huile d'argan). Mémoire d'ing. État en Agronomie, F.S.A. Univ. Sidi bel-Abbés, 102p.
- 139) **STUSSI I., HENRY F., MOSER P., DANOUX L., JEANMAIRE C., GILLON V., BENOIT I., CHARROUF Z. and PAULY G., 2005.** *Argania spinosa* How Ecological Farming, Fair Trade and Sustainability Can Drive the Research for New Cosmetic Active Ingredients, SOFW journal, Vol 10, Pp 35-46.
- 140) **TALEB-TOUDERT K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leur effet sur le bruché de niébé *Callosobruchus Maculatus* (Coléoptéra : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Science Biologique. U. M.M.T.O. 160 p.
- 141) **TALUKDER F., MALIK M., KHANAM L.A. M. ET DEY K.C., 1998.** Toxicity of some indigenous plant seed against *Tribolium confusum* (Coleopterans- Tenebrionidae).113p.
- 142) **TARRIER M. et BENZYANE M., 2003.** L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et biodivertissement, Sécheresse, Vol 14, Pp 60- 62, http://www.sechresse.info/article.php?id_article=228.
- 143) **TERFAS M.N., 1997.** Arganier (argan en amazigh), thèse pour l'obtention de doctorat d'état, Université de Dakar, Sénégal, 120p.
- 144) **THIERRY H., 1987.** L'arganier au Maroc, sa description, ses méthodes de multiplication et ses applications en reforestation. Thèse d'Ing. Tech. Agro. Inst. Pro. D'Ens. Sup. 183p.
- 145) **TRIPLEHORN CA, JOHNSON NF., 2005.** Borror and DeLong's introduction to the study of insects.7th ed. Toronto: Thomson Brooks/Cole.
- 146) **TUNÇW, I., SAHINKAYA, S., 1998.** Sensibilité de deux parasites à effet de serre à des vapeurs des huiles essentielles. Entomologie expérimentale. Appl. 86 :183-187.

- 147) **VAN DER BREMPT, X., MONERET-VAUTRIN, D. A., 2014.** Le risque allergique de *Tenebrio molitor* pour la consommation humaine. *Revue Française d'Allergologie*, 54(1), Pp 34-36
- 148) **VAN HUIS A, VAN ITTERBEECK J, KLUNDER H, MERTENS E, HALLORAN A Muir G., VANTOMME P., 2014.** Organisation des stations unies pour l'alimentation et l'agriculture Pp : 13-14.
- 149) **WAINGO, A; YAMKOULGA, M ; DABIR-BINSO C.L., BA M.N., SANON A., 2013.** Conservation post récolte des céréales en zone sud-saoudienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks, P1157-1167
- 150) **WEINZEIR L., 1997.** Evaluation of Essential Oils from six Aromatic Plants in to go for *Callosobruchus maculatus* F. *Pest Control, Insect Science, applic.* Vol 20 (No 01), Pp 45- 49.
- 151) **YANG S. S., BRANDON A. M., FLANAGAN J. C. A., YANG J., NING D., CAI S. Y., REN N. Q., 2018.** Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere* 191 : 979-989.
- 152) **YANG S. S., BRANDON A. M., FLANAGAN J. C. A., YANG J., NING, D., CAI S. Y., REN N. Q., 2018.** Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere* 191 Pp 979-989.
- 153) **YOUSFI M., BOMBARDA I., HAMIA C., DJERIDANE A., STOCKER P. and GAYDOU E., 2009.** Fatty acid, triflyceride and tocopherol composition of Algerian Argan (*Argania spinosa*) fruit seed lipids, *Mediterr J NutrMetab*, N: 2, Pp 197-203.
- 154) **ZAHIDI A., 1994.** Phénologie, typologie et variabilité génétique des caractères de la ramification et de la foliation de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse d'état, université Ibnou Zohr, Agadir, Maroc.
- 155) **ZARROUCK K., SMOUGHEN S., and MAURIN R., 1987.** Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc : matière grasse et latex, *Actes Inst Agro Vet Rabat*, N : 7, Pp17-22.
- 156) **ZEGGA S. & TIRCHI N., 2001.** Activité biologique de quatre plantes sur le bruche du Pois – chiche. *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae). 54 p.

Webographie

- 1 <http://www.freenatureimages.eu/animals/Coleoptera>
- 2 www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepot
3. <https://exterminateuramontreal.ca/tenebrion-meunier-insecte-farines>
4. <http://fishconsult.org>
5. <https://extension.psu.edu/dark-and-yellow-mealworms>