

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Protection des végétaux

Présenté par :

GOURARI Idir

Thème

**Synthèse bibliographique sur l'étude de l'effet insecticide
de *Zizyphus lotus* sur le *Tribolium castaneum***

Soutenu le : 14 /07/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme AMMOUCHE Z</i>	<i>MAB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme SAYAH S</i>	<i>MAB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>M^{elle} BENABDERRAHMANE C</i>		<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Co-Promotrice</i>
<i>Mme BOUBBEKA N</i>	<i>MAB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Avant tout, je tiens à remercier le bon Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté et la patience à réaliser ce travail.

Je remercie mes parents pour leur patience, générosité ; qui m'ont toujours souhaité beaucoup de motivation, d'encouragements et surtout pleins de bonheurs.

J'exprime tous mes remerciements à l'ensemble des membres du jury **Mme. AMMOUCHE Z** (Présidente) et **Mme. BOUBEKA N** (Examinatrice) qui ont bien voulu nous honorer et accepter d'évaluer notre travail.

Je tiens à remercier sincèrement **Mme SAYAH S** (Promotrice) pour sa confiance, ses orientations et ses précieux conseils. Sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup aidées dans mon parcours.

Je souhaite aussi adresser mes remerciements à **M^{elle} BENABDERRAHMANE C** (co-promotrice) qui a mis beaucoup d'effort pour m'aider jusqu'à la dernière minute à réaliser ce travail, grâce à ses compétences, expérience et intelligence.

Je recommande mes plus cordiaux remerciements à tous mes proches, amis et camarades, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à montrer ma totale gratitude envers tous ceux qui ont cru en moi.

Remerciement**Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction 1**Chapitre I : Généralités sur *Zizyphus lotus* L.

I.1. Description botanique du <i>Zizyphus lotus</i>	3
I.2. Classification de <i>Zizyphus lotus</i>	5
I.3. Origine de <i>Zizyphus lotus</i>	5
I.4. Répartition géographique	5
I.5. Propriétés chimiques	6
I.6. Utilisation de <i>Zizyphus lotus</i>	7

Chapitre II : Généralités sur le *Tribolium castaneum*

II.1. Description générale du <i>Tribolium</i>	8
II.2. Morphologie du <i>Tribolium castaneum</i>	8
II.2.1. L'œuf.....	9
II.2.2. Larve.....	10
II.2.3. Nymphe	10
II.2.4. Imago.....	11
II.3. Classification de <i>Tribolium Castaneum</i>	11
II.4. Cycle de vie.....	12
II.5. Dégâts	13
II.6. Méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées.....	14
II.6.1. Les mesures de lutte prophylactique	14
II.6.2. Mesures de lutte curative.....	15
II.6.3. Moyens de lutte chimique	16
II.6.4. Ozonation	17
II.6.5. Lutte biotechnologique.....	17

II.6.6. Lutte biologique	17
Chapitre III : Essai sur l'activité insecticide de <i>Ziziphus lotus</i>	
III.1. Le test par contact.....	20
Chapitre IV : Discussion	
IV. Discussion	24
Conclusion.....	29
V. Références bibliographiques	30
Résumé	

Liste des figures

Figure 1: Arbrisseau de <i>Zizyphus lotus</i>	4
Figure 2: Feuilles de <i>Zizyphus lotus</i>	4
Figure 3: Différentes parties du <i>Zizyphus lotus</i>	4
Figure 4: Aire de répartition du <i>Zizyphus lotus</i> en Algérie	6
Figure 5: Larve (A), Nymphe(B) et Adulte (C) de <i>Tribolium castaneum</i>	8
Figure 6: Adulte de <i>T. castaneum</i> observés à la loupe binoculaire G : 2x10.....	9
Figure 7: Œuf du <i>Tribolium Castaneum</i> coloré à l'acide fusidique.	9
Figure 8: Vue dorsale de larve de <i>Tribolium castaneum</i> (Gx30).....	10
Figure 9: Nymphe de <i>T. Castaneum</i> (Gx40).....	10
Figure 10: Extrémité abdominale de deux pupes femelle et mâle de <i>Tribolium castaneum</i> indiquant les urogomphes (flèche jaune) et les papilles génitales (flèche rouge) (Gx60))	11
Figure 11: Cycle biologique des Coléoptères (<i>Tribolium castanum</i>)	13
Figure 12: Infestation de la farine par le <i>Tribolium castaneum</i>	14
Figure 13: Test par contact (Belkadi et Hadj-ali, 2016).....	21

Liste des tableaux

Tableau 1: Teneurs en métabolites primaires de la pulpe fraîche du <i>Zizyphus lotus</i>	7
Tableau 2: Analyse de variances a deux critères.	22
Tableau 3: moyennes \pm écart types de la mortalité des adultes de <i>T.castaneum</i>	22
Tableau 4: Différents groupes homogènes révélés par le test de Neuman et Keuls.	22

Introduction

Les céréales représentent une ressource importante assurant aussi bien la consommation humaine et l'alimentation du bétail. Elles tiennent la première par rapport à l'occupation des surfaces agricoles, dont 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (Riley *et al.*, 2009).

En Algérie, les produits céréaliers occupent également une place stratégique dans le système alimentaire (Doukani *et al.*, 2013) et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Cependant, la production de cette culture est saisonnière, n'est récoltée qu'une seule fois par an. Pour garantir la sécurité alimentaire nationale en matière de céréales, les récoltes doivent être stockées dans des entrepôts durant des périodes variables, allant de quelques jours à plus d'un an (Proctor, 1994). De ce fait, le stockage est un moyen d'assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est permanente et obligatoire (Waongo *et al.*, 2013).

Les insectes des denrées stockées dont *Tribolium castaneum* représentent une partie très importante des ravageurs de ces dernières (Syed Shayfur *et al.*, 2007). Il peut causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés. D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale (FAO, 2009).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus pratiquée pour lutter contre les insectes ravageurs. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants (Abbassi *et al.*, 2005, Senthil-Nathan *et al.*, 2006, Jbilou *et al.*, 2008). Ces dangers ont conduit l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, d'autres vont être prohibés dans un futur proche. Suite à cela, la majorité des pays ont eu recours à de nouvelles méthodes de lutte plus propres dans le but de limiter l'utilisation des produits chimiques, parmi celles-ci l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée. La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales.

L'étude de l'activité insecticide des extraits de plantes connues pour leurs attribues médicinales peut conduire au développement de nouveaux agents de lutte qui offrent une alternative à l'utilisation conventionnelle des pesticides ; une alternative à la fois efficace, saine, biodégradable et sans danger pour l'environnement (Ranasing, 2007, Serkaya *et al.*, 2009, Ayvaz *et al.*, 2010, Gupta et Diskshit, 2010.)

Plusieurs auteurs ont étudié le pouvoir insecticide des extraits aqueux et des huiles essentielles de plusieurs plantes spontanée (Regnault-Roger *et al*, 1993 ; Rahim, 1998 ; Huang *et al.*, 1999, Lale et Mustapha, 2000, Owusu, 2000).

Notre travail s'articule principalement autour d'une étude bibliographique dans le cadre de la valorisation des ressources végétales d'intérêt agronomique et la protection de l'environnement en contribuant à la recherche et la présentation de molécules naturelles qui servent de remplacement aux insecticides chimiques appliqués au niveau des milieux de stockage.

Dans cette présente étude nous nous sommes intéressées à une plante présente en abondance en Algérie, à savoir *Zizyphus lotus*, connue sous le nom de jujube, et son activité insecticide vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

Nous présentons dans le premier chapitre une description botanique de *Zizyphus lotus*. Dans un deuxième chapitre, nous abordons quelques aspects morphologiques et biologiques de *Tribolium castaneum*. Enfin nous effectuerons une discussion sur quelques travaux antérieurs dont ils font objets et une conclusion.

Chapitre I : Généralités sur
Zizyphus lotus L.

I. Généralités sur *Zizyphus lotus* L.

Zizyphus lotus est parmi les espèces les plus communes appartenant à la famille des Rhamnacées qui comprend 900 espèces et près de 50 genres (Tounkob, 2011). C'est des arbres, des arbustes, des lianes ou des plantes herbacées (Watson, 1992, Punt *et al.*, 2003), plus particulièrement présentes dans les régions tropicales et subtropicales (Benammar *et al.*, 2010).

I.1. Description botanique du *Zizyphus lotus*

Ayant un aspect épineux, le jujubier de berbérie ou le jujubier sauvage, ainsi nommé par les français, est un arbuste fruitier appartenant à la famille des Rhamnacée ; connu dans les régions d'Afrique du Nord par le nom commun « Sedra » et Azar ou Tazuggwart en berbère (Bellakhdar, 1997, Baba Aissa, 1999). Il forme des touffes de quelques mètres de diamètre pouvant atteindre jusqu'à 2 m de haut (Fig 1). Ces feuilles sont courtement pétiolées, glabres, caduques alternées et ovales à marges entières (Fig 2). Les fleurs sont très visibles de couleurs jaunes avec des sépales ouvertes en étoiles, des petits pétales et ovaire supère, fleurissant en juin-juillet (Ozenda, 1991 ; Catoire *et al.*, 1999). Elles sont complètes et hermaphrodites, avec un long pédoncule floral, les sépales sont soudés à leur base, les étamines sont disposées en un cycle de 5 (Catoire *et al.*, 1999, Ismaïl, 2002). Selon Arbonnier (2002), la formule florale du genre *Zizyphus* est comme suit : $5S + 5P + 5E + 2-3C$ (S : sépales ; P : pétales ; E : étamines ; C : carpelles).

Les fruits sont de drupes à noyaux soudés de la taille d'un petit pois ou d'une olive (Fig 3). L'endocarpe mucilagineux, appelée en dialecte algérien «Nbag», est sucré et comestible (El Hachimi *et al.*, 2017).

Le jujubier est peu exigeant et résiste bien à la sécheresse, cet arbrisseau a une croissance très lente, c'est son principal inconvénient et son rendement est donc tardif. Pour accélérer sa croissance, il est nécessaire d'améliorer le sol (Catoire *et al.*, 1999).



Figure 1: Arbrisseau de *Zizyphus lotus* (originale).



Figure 2: Feuilles de *Zizyphus lotus* (originale)

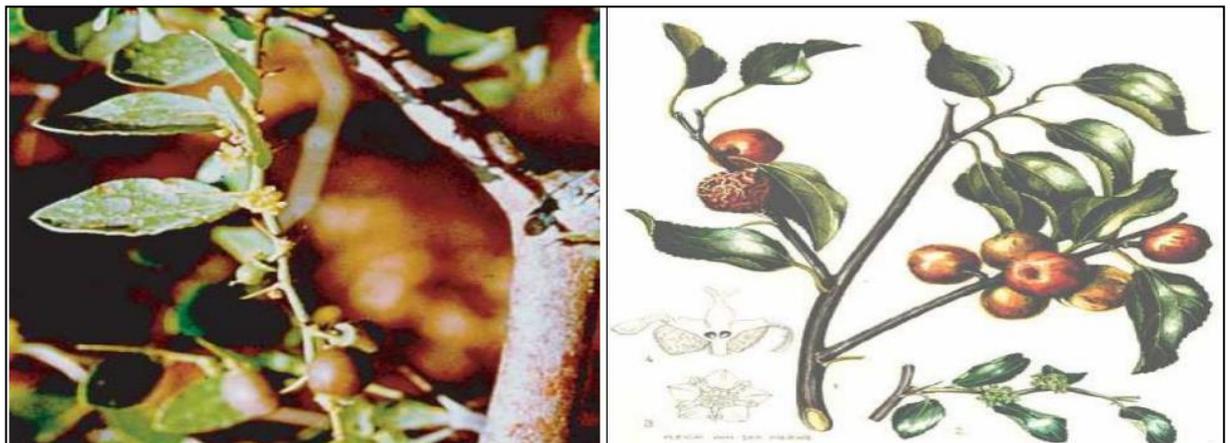


Figure 3: Différentes parties du *Zizyphus lotus* (Rsaissi et Bouchache, 2002)

I.2. Classification de *Zizyphus lotus*

D'après Quezel et Santa (1962), la position systématique de *Zizyphus lotus* est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Mangnoliopsida
- **Sous-classe** : Rosidae
- **Ordre** : Rhamnales
- **Famille** : Rhamnaceae
- **Sous-famille** : Paliureae
- **Genre** : *Zizyphus*
- **Espèce** : *Zizyphus lotus*

I.3. Origine de *Zizyphus lotus*

Le genre jujubier est répandu sur une grande partie de notre planète. Il avait été apporté de l'Asie occidentale environ 2500 ou 3000 ans avant J-C. Il y a environ 2000 ans avant J.C, le jujubier arrive de chine en méditerranée. Il s'adapte dans cette région où il s'est naturalisé (Catoire *et al.*, 1999). Actuellement, il s'est répandu en France, en Algérie, en Tunisie, en Italie, en Espagne et partout dans l'Europe Méridional, et du Proche-Orient (De la Pradilla, 1979, Catoire *et al.*, 1999).

I.4. Répartition géographique

Les Rhamnacées sont présentes dans le monde entier, mais plus particulièrement dans la région tropicale et subtropicale (Fekih, 2009). Plus de 50 espèces du genre *Zizyphus* se trouvent dans les régions tropicales et subtropicales des deux hémisphères (Bossard et Cuisance, 1984). Malgré son origine moyen-orientale le jujubier sauvage est très répandu dans la région méditerranéenne. Ce dernier est cultivé dans les jardins comme arbres fruitiers (Bellakhdar, 1997). Le jujubier sauvage est une plante spontanée en Afrique du nord et en

certaines pays de l'Europe (Leclef, 2010). L'arbuste vit dans les steppes subméditerranéennes entre l'océan et le désert du Sahara (Aug-chevalier, 1947), dans toute l'Algérie, la Tunisie, la Libye, le Maroc et le bassin méditerranéen en général (Benammar *et al.*, 2010). Il est largement répandu aussi dans la zone aride au sud de l'Algérie (Fig 4) notamment à Ain Ouessara, Maessad et Taghit (Province de Béchar). Il est connu que le *Zizyphus* est d'une présence importante en Algérie dans presque toutes les régions sauf dans le Tell Algéro-constantinois (Quezel et Santa, 1962).

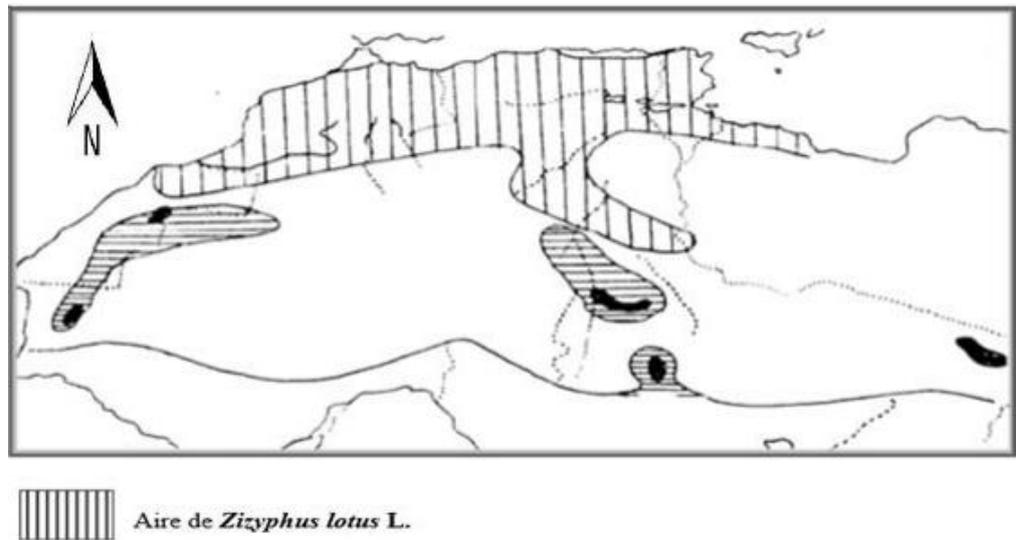


Figure 4: Aire de répartition du *Zizyphus lotus* en Algérie (Quezel et Santa, 1962).

I.5. Propriétés chimiques

Les études photochimiques menées sur le *Z. lotus* montrent la présence de métabolites primaires et secondaires (Djemai Zoughlache, 2009). Rapporté par Bellakhdar (1997), la pulpe fraîche des fruits de *Z.lotus* est riche en eau et en glucide. Le tableau 1 nous indique les principaux constituants de pulpe fraîche et leurs quantités dans 100 g. Les graines de *Z. lotus* sont une source intéressante de matières grasses.

Le jujubier sauvage est notamment connu par l'activité de ses molécules biologiques tels que les polyphénols (flavonoïdes, tanins), les triterpènes, les anthraquinones, les alcaloïdes (cyclopeptides et isoquinolides), les saponosides (Catoire *et al.*, 1999, Borgi et Chouchane, 2006).

Tableau 1: Teneurs en métabolites primaires de la pulpe fraîche du *Zizyphus lotus*

Principaux constituants	100 g de pulpes fraîche
- Eau	64g
- Protides	1.2g
- Lipides	0.3g
- Glucides	32g

I.6. Utilisation de *Zizyphus lotus*

Les jujubes sont consommés de différentes manières : comme aliment frais, conservés, secs, ou utilisés en confiserie et pâtisserie voir même extraire son jus pour des préparations de boissons rafraichissantes (Lahlou *et al.*, 2002).

Ce qu'il faut savoir, de par son utilisation comme aliment, le jujubier est employé largement en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies tels que les troubles digestifs, la faiblesse, les problèmes du foie, l'obésité, les infections urinaires, le diabète, les infections de la peau, la fièvre, la diarrhée et l'insomnie (Kirtikar *et al.*, 1984, Han et Park 1986). Des études ont mis en évidence l'activité antibactérienne issue des propriétés chimiques des racines. (Hutchens, 1973, Ghedira *et al.*, 1995, Ghost et Lysias, 2007).

Les fruits du jujubier ont divers effets à savoir : anti-âge et anti-tumoraux (Perdue et Hartwell, 1976, Houghton *et al.*, 2004, Ghost et Lysias, 2007), des effets sur le système cardiaque en augmentant la capacité d'oxygénation des sujets et empêcher l'arythmie cardiaque (Ghost et Lysias, 2007), des effets anti-diarrhéiques et anti-ulcérogéniques (Adzu *et al.*, 2002, Wahida *et al.*, 2007), des effets anti-bactériens (Ali *et al.*, 2001), antifongiques suite à la présence des alcaloïdes cyclopéptidiques (Renault *et al.*, 1997, Lahlou et al., 2002), et des effets antidiabétiques (Glombitza *et al.*, 1994, Le Crouéour *et al.*, 2002).

Chapitre II : Généralités sur le *Tribolium castaneum*

II. Généralités sur le *Tribolium castaneum*

II.1. Description générale du *Tribolium*

Le Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* (Fig 5), est un insecte appartenant à la famille des Ténébrionidae facile à élever, avec un cycle de développement court de 30 jours, une longévité de six mois à quatre ans, ce qui est exceptionnel pour un insecte (un mois pour la drosophile) et une fécondité élevée (Bonneton, 2008). Le Tribolium est un insecte nuisible cosmopolite et polyphage dont les souillures corrompent de très nombreuses denrées amylacées, notamment les farines de céréales. Dans la nature, cet insecte vit sous l'écorce des arbres, mais les lignées de laboratoire proviennent de minoteries et de silos. Comme le Tribolium est capable de résister à toutes les classes d'insecticides, le contrôle de ce ravageur nécessite de nouvelles stratégies de lutte (Sokoloff, 1966).



Figure 5: Larve (A), Nymphe(B) et Adulte (C) de *Tribolium castaneum* (Bonneton, 2008).

II.2. Morphologie du *Tribolium castaneum*

L'adulte de *Tribolium castaneum* mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (Fig 6). Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. À cause de leur taille, les larves, pupes et adultes sont visibles dans la farine infestée. Cependant, les œufs, sont très difficiles à reconnaître de la farine, particulièrement à l'œil nu car, les particules de la farine adhèrent aux œufs rendent l'identification de ces dernières plus complexe (Leelaja *et al*, 2007).

Caractérisé par un dimorphisme sexuel apparent, le mâle *T. castaneum* se distingue de la femelle par la présence d'un tubercule pilifère arrondi à la base du fémur antérieur (Delobel et Tran, 1993).

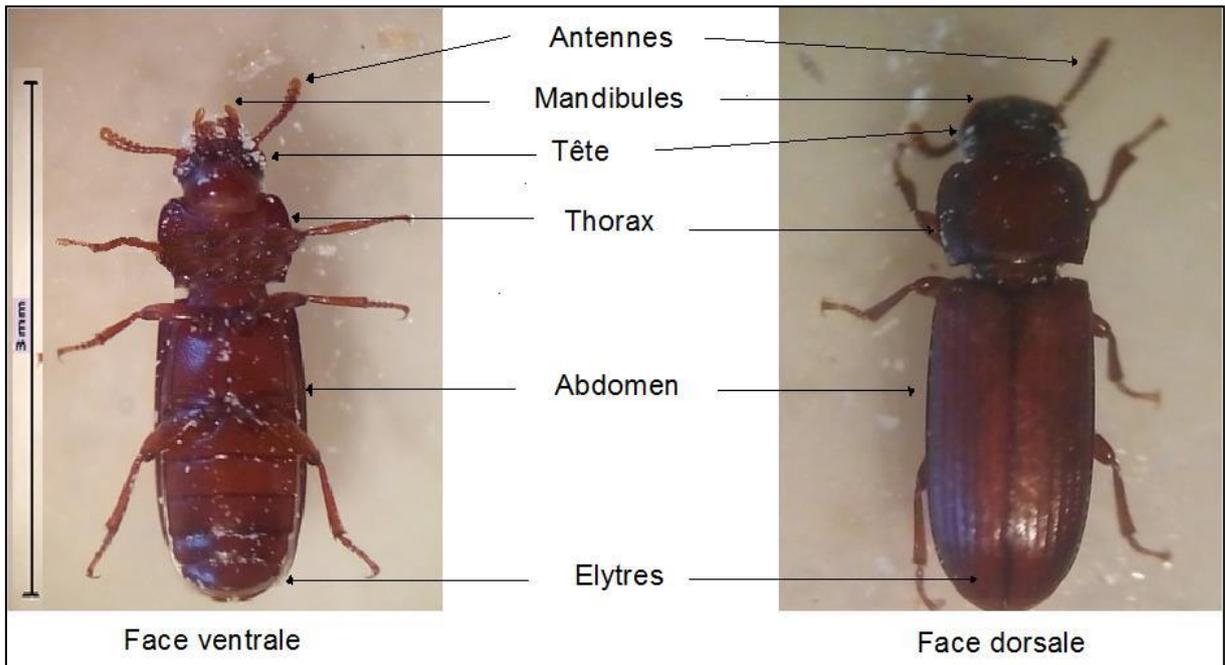


Figure 6: Adulte de *T. castaneum* observés à la loupe binoculaire G : 2x10 (Leelaja *et al.*, 2007).

II.2.1. L'œuf

Les œufs de *T. castaneum* mesurent 0,61 à 0,7 mm de longueur et 0,35 à 0,4 mm de largeur (Fig 7). Avec des particules alimentaires adhérant à leur surface, les œufs du ver de farine sont blanchâtres ou transparents (Mason, 2003).

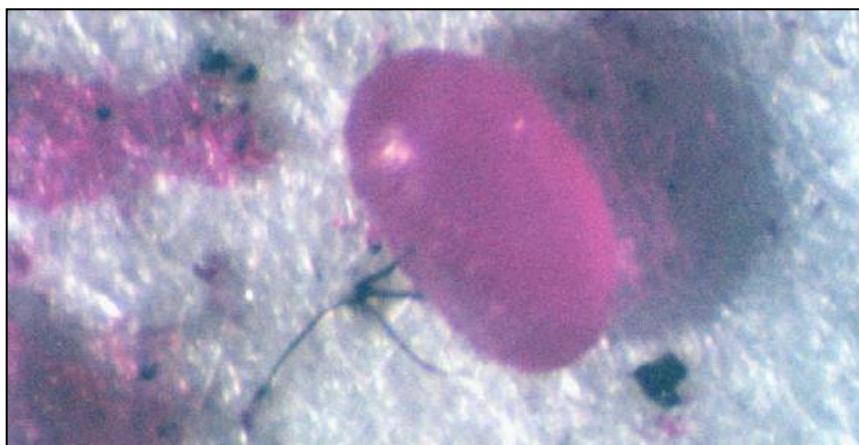


Figure 7: Œuf du *Tribolium Castaneum* coloré à l'acide fusidique (Mason, 2003).

II.2.2. Larve

Pouvant atteindre 6 mm de long à la fin de son développement (Fig 8), la larve de *T. castaneum* est huit fois plus longue que large, portant trois paires de pattes. Elle est de forme vermiforme, cylindrique, d'une couleur jaune très pâle une fois mature portant une tête brunâtre ornée latéralement de courtes soies jaunâtres (Lyon, 2000). Elle se distingue par une rangée dorsale de courtes soies à la base du dernier segment abdominal et une paire d'urogomphes recourbée vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (Weidner et Rack., 1984, Delobel et Tran, 1993).



Figure 8: Vue dorsale de larve de *Tribolium castaneum*(Gx30) (Lyon, 2000).

II.2.3. Nympe

D'après Lyon (2000), la nymphe de *T. castaneum* atteint les 5mm de long, nue, de couleur blanchâtre qui devient de plus en plus brun pâle (Fig 9).



Figure 9: Nympe de *T. Castaneum* (Gx40) (Lyon, 2000).

Selon Sokoloff (1974), la différence entre les nymphes mâles et les nymphes femelles du *T. castaneum* se distingue au niveau des papilles génitales, que l'on retrouve juste en avant des urogomphes, ces derniers sont nettement plus développés chez les femelles que chez les mâles (Fig 10).

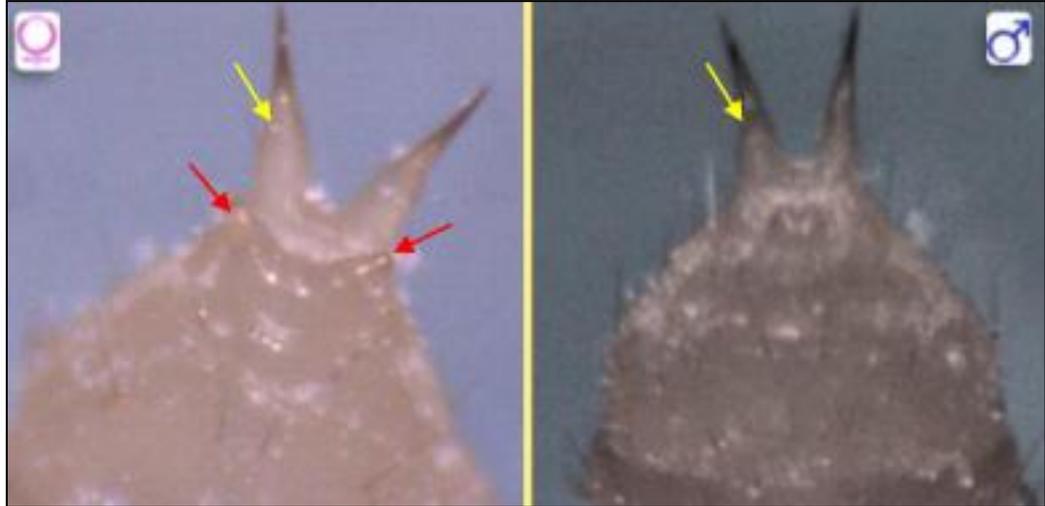


Figure 10: Extrémité abdominale de deux pupes femelle et mâle de *Tribolium castaneum* indiquant les urogomphes (flèche jaune) et les papilles génitales (flèche rouge) (Gx60) (Lyon, 2000).

II.2.4. Imago

La nymphe donne naissance à un imago après avoir subi une mue imaginale. L'imago est d'une couleur claire à l'émergence. Les antennes sont nettement épaissies vers leur extrémité. Les élytres sont allongés et munies de stries de points bien nets. Chaque inter strie porte en son milieu une fine côte longitudinale (Lepesem, 1994). Ceci différencie les autres genres de la sous famille. Les pattes sont courtes, les tarsi antérieurs et médians sont formés de 5 articles, les tarsi postérieurs de 4 articles (Balachowsky et Mesnil, 1936).

II.3. Classification de *Tribolium Cataneum*

La position systématique du ver rouge de la farine selon Chenni (2016), est comme suit :

- **Règne** : Animal
- **Super-embranchement** : Invertébrés
- **Embranchement** : Arthropodes
- **Super-classe** : Antennates
- **Classe** : Insectes
- **Ordre** : Coleoptera
- **Famille** : Tenebrionidae
- **Genre** : *Tribolium*
- **Espèce** : *Tribolium castaneum* Herbst.

II.4. Cycle de vie

Dotée d'une prolifération remarquable, au cours de leur vie les femelles peuvent pondre plus de 1.000 œufs (2 à 10 œufs/ jour) directement dans le substrat alimentaire (Rees, 2004). Entre 3 à 12 jours post-oviposition, l'éclosion des œufs donne naissance à de petites larves actives, mais qui restent généralement dans l'obscurité à l'intérieur de l'aliment, loin de la lumière (Abdelsamad *et al.*, 1988, Mason, 2003).

Etant dans un milieu nutritif qui favorise ce développement, les larves subissent 5 à 11 mues (en fonction des conditions individuelles, environnementales et la disponibilité de source d'alimentation) avant de rentrer dans une métamorphose qui résulte à une nymphe nue. Selon Scotti (1978), la durée du stade larvaire varie de 22 à plus de 100 jours selon les conditions thermiques du milieu de développement, quant au stade nymphal il dure huit jours, après cela les imagos vont émerger. Cette émergence permet les premiers accouplements qui auront lieu après deux jours de l'émergence des imagos et dureront 3 à 15 minutes. Leur longévité peut atteindre près de trois ans (Mason 2003).

Un cycle de développement complet de cette espèce (Fig 11), peut durer de 7 semaines jusqu'à 3 mois. Le développement de *T. castaneum* est favorisé à une température de 20 à 37°C avec 60 à 80 % d'humidité relative. Dans ces conditions, la durée d'une génération peut être de 27 à 35 jours (Shazali et Smith, 1986). *T. castaneum* ne se développe pas au-dessous de 18°C.

Également, à une d'humidité relative de 10 % le développement de cette espèce peut se faire à 25-28°C et il est impossible à 35°-38°C (Delobel et Tran, 1993).

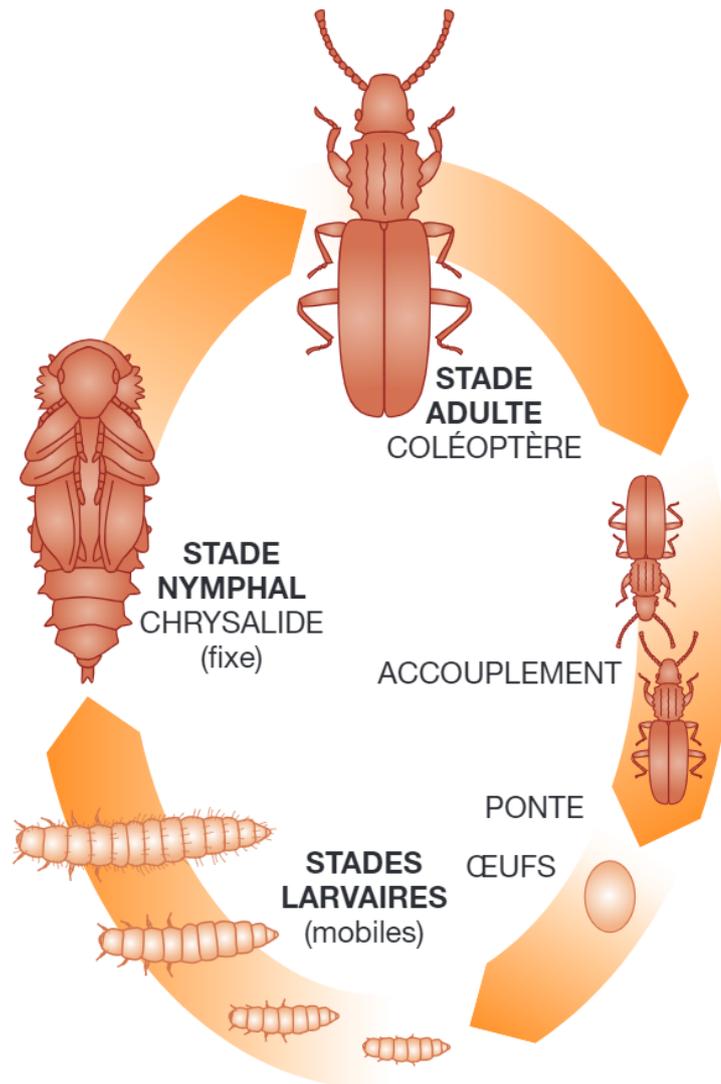


Figure 11: Cycle biologique des Coléoptères (*Tribolium castanum*) (Pirigrain, 2000).

II.5. Dégâts

Le ver rouge de la farine s'attaque à une large catégorie de produits céréaliers stockés tels que la farine (Fig 12), les céréales, les craquelins, les pâtes et même les mélanges à gâteaux. Il peut notamment infester les aliments séchés pour animaux domestiques, les fleurs séchées, le chocolat, les noix, les graines et même les spécimens de musée séchés (Campbell et Runnion, 2003). Les *Triboliums* sont très cosmopolites, Ils attaquent les grains endommagés, ils sont capables de cannibalisme vis -à-vis des œufs et des nymphes, comme ils peuvent se nourrir des champignons qui envahissent le stock (Steffan, 1987).



Figure 12: Infestation de la farine par le *Tribolium castaneum* (Campbell et Runnion, 2003).

II.6. Méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées

Le stockage des grains sur des périodes prolongées doit se faire dans des conditions convenablement choisies (Druvefros, 2004), dans le cas inverse ces grains peuvent subir de graves pertes (Flanders, 2013).

L'étape de stockage nécessite de faire appel à plusieurs techniques de protection qui assureraient la qualité durable des grains au cours du stockage (Ames, 2013).

II.6.1. Les mesures de lutte prophylactique

Les débris et résidus de grains à l'intérieur ou près de l'environnement de stockage est une source importante d'infestation (Reed *et al*, 2003, Arthur *et al.*, 2006). Les mesures de préventions contre les infestations passent par plusieurs procédés (Bullen, 2007) :

- Assainissement du milieu interne du système de stockage ainsi que ses alentours ;
- Refroidissement des grains par l'aération ;
- Traitement des grains par la vaporisation de produits chimiques résiduels ;
- Inspection régulière des grains entreposés et prise de décision.

II.6.1.1. Assainissement

Avant de mettre les grains dans le milieu de stockage, il faut s'assurer que l'ensemble des équipements du système de stockage soient propres en éliminant consciencieusement les

résidus d'anciens grains, poussière et insectes (Arthur *et al.*, 2006). Pour assurer un bon état sanitaire, des applications d'insecticides se font à l'intérieur des silos vides et à leurs alentours 2 à 3 semaines avant l'introduction des nouveaux grains (Weinzierl et Higgins, 2007). Ce qui permet d'une part l'élimination des insectes persistants et d'autre part les protéger de toute source de contamination externe (Ames, 2013). En plus des insecticides, l'utilisation de l'argile diatomée peut compléter cette mesure préventive (Glenn *et al.*, 1999, Subramanyam et Roesli, 2000).

II.6.1.2. Séchage des grains

Les grains doivent contenir moins de 12% d'eau afin d'éviter toute installation des insectes ravageurs et champignons (Ames, 2013).

II.6.1.3. Aération

Après chaque récolte des denrées alimentaires, le lancement de cycles de refroidissement par la ventilation durant 2 à 3 semaines permet de réduire la température des grains et d'uniformiser leur humidité dans l'ensemble du système de stockage. Le facteur aération combiné avec une bonne hygiène permet de réduire efficacement le problème des insectes ravageurs et les pertes qui peuvent être occasionnées (Bullen, 2007).

II.6.1.4. Inspection des silos

Les grains entreposés sont des organismes vivants, leur valeur marchande peut chuter rapidement lorsqu'ils sont détériorés, d'où la nécessité de surveiller fréquemment la masse entreposée et de bien comprendre les processus de séchage et de détérioration (Abramson *et al.*, 2001). Lors de la détection des premières infestations, il serait nécessaire de sceller rapidement le silo et procéder à la fumigation. Après fumigation, le silo est remis sous système de refroidissement par ventilation (Bullen, 2007).

II.6.2. Mesures de lutte curative

Pour empêcher la propagation des ravageurs vers d'autres entrepôts de grains, il est primordial de prendre des mesures afin de réprimer l'infestation dès qu'elle est détectée. Le choix de la méthode de lutte dépend de l'état du grain, de la température au centre de la masse, des espèces de ravageurs détectées ainsi que de la période de l'année (Abramson *et al.*, 2001).

II.6.2.1. Moyens mécaniques

L'équipement pneumatique pour la manutention du grain permet d'éliminer durant le déchargement des cellules de stockage à l'aide d'un grain-vac les formes libres des insectes,

qui seront tuées par contact abrasif et par l'impact du grain lors de son passage à travers le tube de déchargement (Abramson *et al.*, 2001).

II.6.2.2. Moyens de lutte physique

Les procédés de la lutte physique en post-récolte sont adaptés aux différents processus de stockage depuis la récolte au produit fini, ils consistent à la manipulation de l'environnement physique par l'utilisation du choc thermique et des radiations (Vincent *et al.*, 2000).

a. Traitement thermique

Cette technique fait appel au choc thermique par chaleur qui consiste à exposer les grains à des températures très élevées sur des périodes très courtes, suivie d'un refroidissement immédiat pour éviter la température critique de détérioration des germes. L'exposition de 30 à 180 minutes de *Sitophilus oryzae* et le *T. castaneum* à des températures se situant entre 46 et 48°C permet l'élimination de tous les stades. Des chocs thermiques par froid se font également dans les entrepôts de céréales en exposant de façon prolongée les insectes aux basses températures. Les insectes secondaires comme l'espèce du genre *Tribolium* sont les plus sensibles au froid (Grossman, 1931 et Fields, 1992 cité par Vincent *et al.*, 2000).

b. Radiations ionisantes

Les faibles radiations ionisantes causent des dommages sur l'insecte en produisant une grande quantité d'ions libres. Les fortes radiations ionisantes causent la stérilisation des insectes des stocks (Banks et Field, 1995). Une méthode respectueuse de l'environnement et préserve la valeur nutritionnelle de la denrée traitée (Upadhyay et Ahmad, 2011).

II.6.3. Moyens de lutte chimique

Les pesticides de synthèse restent le moyen le plus efficace et le plus accessible pour la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées (Huang et Subramanyam, 2005). La norme de « zéro insecte » vivant dans les silos ne peut être assurée par les traitements mécaniques. Les insecticides de contact restent indispensables pour fournir une garantie maximale (Agriculture et Environnement, 2008). Les mesures d'hygiène doivent impérativement être entreprises avant de se lancer dans un traitement pesticide. Il existe des formulations d'insecticides qui permettent un traitement durable des céréales (pouvant aller jusqu'à une année) contre les insectes au moment de l'entreposage. Ces formulations peuvent être pulvérisées sur les grains ou mélangées à ces derniers sous forme de poudre mouillable composée de farine de blé traitée (Abramson *et al.*, 2001).

II.6.3.1. La fumigation

Dans plusieurs systèmes de stockages, la fumigation est la méthode conventionnelle la plus économique utilisée au niveau des stocks. C'est une méthode qui possède d'une part un large spectre d'activité et d'autre part elle pénètre profondément dans la masse de grains entreposés (Mueller, 1990). Le but de la fumigation est de maintenir une concentration toxique d'un gaz sur une période suffisamment longue pour éliminer les populations de ravageurs ciblées sans laisser de résidus.

II.6.3.2. Les aérosols

Les aérosols sont des insecticides à formulation liquide atomisés sous forme de fines particules de 5 à 50 microns donnant une sorte de brouillard dense. Cependant, ils ne peuvent pas pénétrer en profondeur dans la masse de grains stockés (Arthur *et al.*, 2006).

II.6.4. Ozonation

L'ozonation consiste à l'utilisation de l'ozone (oxygène allotropique) comme fumigant, il permet de stériliser et de tuer les ravageurs des denrées stockées. Cependant, il est très instable, le rendant difficile à manipuler (Kells *et al.*, 2001).

II.6.5. Lutte biotechnologique

II.6.5.1. Lutte par phéromones

Des phéromones de synthèse spécifiques utilisées pour la surveillance et la détection d'éventuelles infestations au niveau des stocks, mais également pour la confusion sexuelle et la capture en masse en les combinant avec des pièges et des attractifs alimentaires (Upadhyay et Ahmad, 2011).

II.6.5.2. Lutte par utilisation des régulateurs de croissance

Des hormones de synthèse ainsi que leurs analogues sont utilisés pour le contrôle des ravageurs des denrées stockées, relativement efficaces contre plusieurs espèces (Loshiavo, 1976, Williams et Amos, 1974). Elles sont utilisées dans les milieux clos, affectant le potentiel reproducteur des ravageurs (Upadhyay et Ahmad, 2011).

II.6.6. Lutte biologique

II.6.6.1. Lutte par les auxiliaires

Des prédateurs comme les punaises hyménoptères et différentes punaises anthocorides sont les plus fréquemment utilisées pour le contrôle des insectes ravageurs au niveau des entrepôts essentiellement contre les coléoptères et les lépidoptères. Ces prédateurs ont une

grande capacité d'augmenter leur nombre en réduisant celui des populations de leurs proies (Upadhyay et Ahmad, 2011).

II.6.6.2. Lutte par les biopesticides

La prise de conscience face au désordre écologique engendré par l'utilisation récurrente des pesticides chimiques a suscité l'intérêt de rechercher et de développer des stratégies alternatives de gestion (Vinayachandra et Chandrashekar, 2011). Le marché des biopesticides connaît un essor croissant même s'il ne représente actuellement qu'environ 2 % du marché des pesticides. L'association de coordination technique agricole définit le terme de biopesticide par produit biologique, substance ou préparation permettant de lutter contre des organismes nuisibles et dont le principe actif est constitué par des organismes vivants ou des produits de leur métabolisme (INRA, 1993). Les biopesticides se divisent en trois principales branches : les produits à base de micro-organismes (bactérie, virus, champignon), les produits à base d'extraits de plantes (pyrèthre, roténone, neem), les substances biologiques naturelles. Ils s'appliquent de la même manière que les pesticides conventionnels. Ces biopesticides fortement sollicités pour leurs nombreux avantages ; ils sont moins toxiques que les pesticides conventionnels, respectueux de la biodiversité et la biosphère. Ils contribuent aussi à diminuer le risque de résistance chez les déprédateurs et ils sont dotés d'une spécificité d'action remarquable. Cependant, leur efficacité ne peut être assurée que par une connaissance approfondie des relations intra et interspécifiques des ravageurs, une efficacité variante selon l'espèce. Par ailleurs, ces produits nécessitent des conditions de fabrication et de stockage les rendant coûteux (Tamo, 2012).

II.6.6.3. Lutte par les champignons entomopathogènes

Certains microorganismes entomopathogènes sont utilisés pour le contrôle des populations d'insectes ravageurs au niveau des stocks sous forme de spores ou de toxines. Le plus fréquemment utilisé est le *Bacillus thuringiensis* qui a montré un effet toxique sur les insectes des denrées stockées, ce produit s'utilise en combinaison avec des extraits de certaines plantes pour améliorer son rendement (Lacey, 2001).

II.6.6.4. Lutte par les phytopesticides

L'exploitation des principes actifs de certaines plantes, constitue une des alternatives les plus prometteuses aux méthodes de lutte conventionnelles (Isman *et al.*, 2006; Rattan, 2010). Les plantes renferment des substances issues du métabolisme secondaire, dites substances sémi-chimiques, synthétisées par des tissus spécialisés à des stades précis du développement de la plante, leur action est déterminante pour l'adaptation de la plante à son milieu naturel.

Plus de cent mille métabolites secondaires ayant des propriétés insecticides ont été identifiées dans près de deux cents mille espèces de plantes à travers le monde (Potenza *et al.*, 2004). Elles appartiennent majoritairement à 3 grandes familles chimiques à savoir : Les substances phénoliques, Les trapénoïdes et les stéroïdes, Les alcaloïdes et les composés azotés.

a. Méthodes d'application

Plusieurs techniques sont employées pour l'application des produits botaniques pour la protection des denrées stockées (Chomchalow, 2003) :

- Le traitement de surface par contact qui consiste à l'application des extraits de plantes sur la surface des denrées (feuilles, fleurs, tiges, poudres...).
- L'admixtion avec les produits stockés qui consiste à incorporer les extraits de plantes aux denrées stockés.
- Le traitement en profondeur par contact qui s'applique en plaçant les matériaux botaniques au fond des conteneurs ou des silos et en versant par-dessus les denrées à stocker.

Ces produits naturels présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour les organismes non cibles et leur mode d'action sur les ravageurs. Toutefois, certaines 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 de leur toxicité mais de leur goût ou de leur senteur (Koul *et al.*, 2008).

**Chapitre III : Essai sur
l'activité insecticide de
*Ziziphus lotus***

III. Essai sur l'activité insecticide de *Zizyphus lotus*

Les produits naturels semblent fournir, une solution viable aux problèmes provoqués par les ravageurs des denrées stockées.

Actuellement, le recours aux poudres végétales s'avère être un choix pertinent face aux risques de contamination de l'environnement et à la nécessité de réduire ou de remplacer les produits de synthèse. Dans ce contexte, une étude réalisée par Belkadi et Hadj-ali (2016) à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou intitulé « Etude morphométrique et essai de germination des graines de jujubier (*Zizyphus lotus*) provenant du sud Algérien. Extraction et dosage de 3 classes de flavonoïdes et estimation de l'effet de la poudre des fruits vis-à-vis de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) » propose d'étudier, au cours de ce travail de recherche, l'effet bioinsecticide de la poudre végétale de *Zizyphus lotus*.

Le but de cette partie est d'évaluer dans des conditions de laboratoire, l'activité insecticide de la poudre des fruits de *Zizyphus lotus* sur un ravageur des denrées stockées, *Tribolium castaneum* Herbst.

Un élevage d'insecte est réalisé en introduisant dans des bocaux préalablement remplis de blé concassé, les adultes de *T. castaneum*. Les bocaux sont incubés à l'étuve à une température de 27°C. Les insectes adultes âgés de 7 à 14 jours ont été prélevés aléatoirement puis utilisés dans le bio-test (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

III.1. Le test par contact

Un mélange 25g de blé concassé avec différentes doses de poudre de fruits de *Zizyphus lotus* provenant de la région de Laghouat (daya Tilghemt) (pop1) et de Ghardaïa (Oued Nlsa) (pop2) est mis dans des boîtes de Pétri. Deux répétitions ont été réalisées pour chaque dose (0.2-0.4-0.6-1-1.2g) et deux boîtes témoins ont été préparées avec seulement du blé concassé et *T. castaneum*, sans addition de poudre de fruits de *Z. lotus*. Dans chacune des boîtes de Pétri, 20 individus adultes de *T. castaneum* sont introduits. Un comptage des individus morts est effectué chaque jour après 24h, et les insectes morts sont éliminés de la boîte de Pétri. Ces étapes sont illustrées dans le schéma suivant (Fig 13) (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

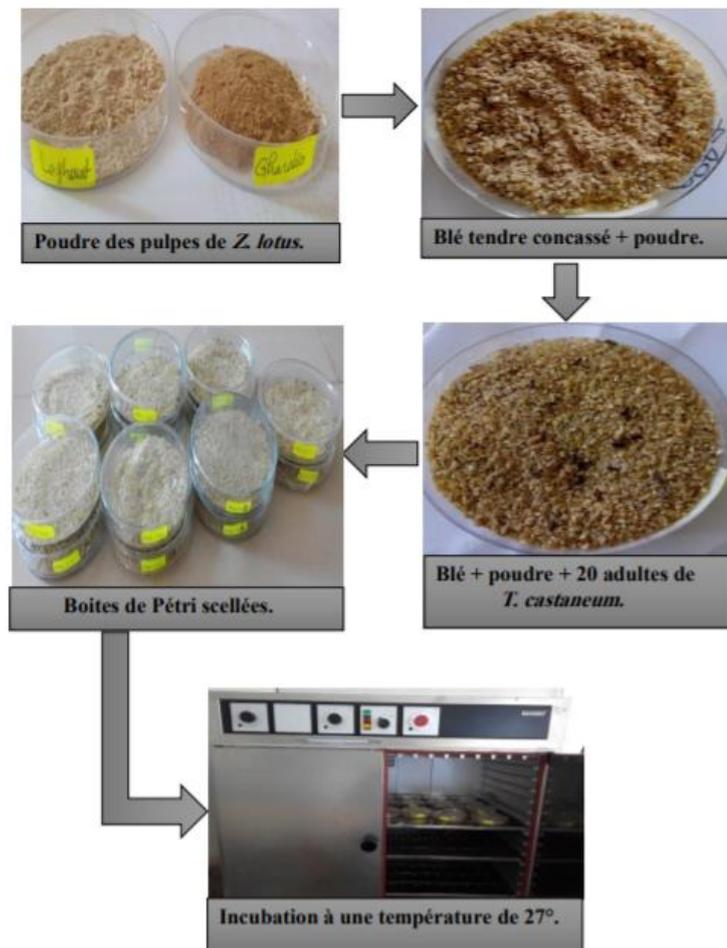


Figure 13: Test par contact (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Les résultats des essais de l'activité insecticide de la poudre des fruits de *Z. lotus* ont montré un effet insecticide sur les adultes de *T. castaneum*. En effet, la mortalité la plus importante a été enregistrée avec les fruits de la population de Ghardaïa (Oued Nlsa) 65%, alors que dans le cas de la population de Laghouat la mortalité est de 50% (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Les effets biocides des deux poudres sont similaires sur *Tribolium castaneum* et ce quel que soit la dose utilisée. En effet, le nombre de morts augmente en fonction de la dose. L'analyse de la variance à deux critères de la classification a révélé une différence hautement significative pour les facteurs population ($P=0,000$; $F=64,524$), dose ($P=0$; $F=228,803$) et l'interaction des Pop X dose ($P=0,00001$, $F=8,487$), (Tableau 2) (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Tableau 2: Analyse de variances a deux critères.

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
Var.totale	997,609	143	6,976				
Var.facteur 1	18,418	1	18,418	64,524	0		
Var.facteur 2	326,557	5	65,311	228,803	0		
Var.inter fl*2	12,113	5	2,423	8,487	0,00001		
Var.residuelle 1	15,7	55	0,285			0,534	29,65%

Les deux poudres testées provenant de la pulpe des fruits de Ghardaïa et de Laghouat ont eu le même effet sur les adultes de *Tiboluim castaneum*. La mortalité moyenne (moyennes \pm écarts types) des adultes de *T.castaneum* dans les traitements avec les 2 poudres à différentes doses. (Tableau 3) (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Tableau 3: moyennes \pm écart types de la mortalité des adultes de *T.castaneum*.

Doses	Pop 1	Pop 2
d0=0	<u>0\pm0,391</u>	<u>0\pm0,791</u>
d1=0.2	0,375 \pm 0,176	0,792 \pm 0,176
d2=0.4	0,875 \pm 0,155	1,333 \pm 0,155
d3=0.6	1,208 \pm 0,116	1,958 \pm 0,116
d4=1	2,292 \pm 0,652	4,167 \pm 0,652
d5=1.2	3,917 \pm 0,259	4,708 \pm 0,259

Cette analyse montre des différences hautement significatives, elle est complétée par un test de Newman et Keuls à P=5% qui a classé les doses en 6 groupes homogènes. (Tableau 4) (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Tableau 4: Différents groupes homogènes révélés par le test de Neuman et Keuls.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
2.0 6.0	pop2 d5	4,708	A						
2.0 5.0	pop2 d4	4,167		B					
1.0 6.0	pop1 d5	3,917		B					
1.0 5.0	pop1 d4	2,292			C				
2.0 4.0	pop2 d3	1,958			C				
2.0 3.0	pop2 d2	1,333				D			
1.0 4.0	pop1 d3	1,208				D			
1.0 3.0	pop1 d2	0,875				D	E		
2.0 2.0	pop2 d1	0,792				D	E		
1.0 2.0	pop1 d1	0,375					E	F	
1.0 1.0	pop1 d0	0							F
2.0 1.0	pop2 d0	0							F

Le test par contact a montré que le nombre d'individus morts augmente au fur et à mesure que la dose utilisée augmente. Le nombre de mort le plus important a été enregistré à la dose 1.2g/25g avec 13 (soit 65%) dans le cas des fruits de la population de Ghardaïa et 10 individus mort (soit 50%) dans le cas de la population de Laghouat, après 12 jours de traitement (Belkadi et Hadj-ali, 2016).

Chapitre IV :

Discussion

IV. Discussion

Etant donnée la place importante du blé et de ses dérivés dans l'alimentation en Algérie et les données sur ces principaux ravageurs, et afin de préserver l'environnement et la santé humaine, la recherche d'alternatives pour diminuer voire même éradiquer l'utilisation des pesticides chimiques est devenue une évidence.

Ces dernières années, plusieurs études se penchent vers une lutte biologique à base de biopesticides d'origine végétale. Dans ce sens plusieurs travaux ont allié les connaissances tirées du savoir-faire ancien pour indexer les plantes utilisées traditionnellement dans la protection des denrées alimentaires en post récolte. Ils ont également défini les modes d'action et la nature des substances actives qu'elles renferment (Cox, 2004, Abdurrahman *et al.*, 2008, Nenaah, 2011).

Les épices ont été les premières substances utilisées dans les temps anciens pour la protection des produits stockés contre divers ravageurs. Traditionnellement, elles sont mixées avec les denrées, mais récemment, on utilise leurs extraits qui à l'état expérimental donne des résultats intéressants. On peut citer les plantes recensées par Ho (1969) qui sont le gingembre, le clou de girofle, le curcuma, la badiane, l'ail et le piment noir (Chomchalow, 2003).

Notre étude a pour objectif d'étudier l'activité insecticide de *Zizyphus lotus* sur le ravageur des denrées stockés le *Tribolium castaneum*. Vue l'état sanitaire et les conditions inappropriés nous n'avons pas pu réaliser notre expérimentation. En échange nous avons réalisé une recherche bibliographique sur les éventuelles études effectuées sur l'effet insecticide de notre plante et d'autres plantes sur le *Tribolium castaneum*.

Zizyphus lotus est une des plantes largement étudiée pour ses activités biologiques et thérapeutiques (Abu-Zarga *et al.*, 1995, Abdel-Zaher *et al.*, 2005 ; Suksamrarn *et al.*, 2005, Borgi et Chouchane, 2006, Borgi *et al.*, 2008, Lahlou *et al.*, 2002....ect). Cependant l'activité insecticide de cette plante et une des pistes peu voire non exploitées.

En Algérie une seule étude a testé l'effet de la poudre des fruits de *Zizyphus lotus* de deux régions différentes, à savoir Ghardaïa et Laghouat sur les adultes de *Tribolium castaneum*. Le test par contact a montré que le nombre d'individus morts augmente au fur et à mesure que la dose utilisée augmente. Le nombre de morts le plus important a été enregistré à la dose de 1.2 g / 25 g avec 65% dans le cas des fruits de la population de Ghardaïa et 50% dans le cas de la population de Laghouat, après 12 jours de traitement (Belkadi et Hadj-Ali 2016).

Différents types d'extraits de plantes aromatiques et médicinales comme les poudres, les extraits naturels complexes obtenus à partir de divers solvants (ex: les huiles essentielles), sont testés pour leur potentiel insecticide, répulsif (Caballero-Gallardo *et al.* 2011 ; Carrol *et al.* 2011), antiappétant (Stefanazzi *et al.*, 2011), de même que leur effet nocif sur la longévité et le potentiel reproducteur des arthropodes (Papachristos et Stamopoulos, 2002).

Les travaux de Gandhi *et al.* (2010), sur la bioefficacité des poudres des feuilles d'une Lythraceae (*Punica granatum*) et d'une Rutaceae (*Murraya koenigii*) contre un ravageur des denrées stockées, *Tribolium castaneum*, ont révélé une forte mortalité des adultes et un retard dans le développement de l'insecte de même qu'une réduction significative de la population. Ces poudres contiennent des composés chimiques complexes qui pourraient montrer une bioactivité supérieure comparés aux constituants des plantes isolés par les méthodes d'extraction (Baki *et al.*, 2005, Berenbaum, 1985 cité par Gandhi *et al.*, 2010). Selon ces derniers auteurs, cette méthode de lutte est très facile, accessible et pas coûteuse à tout agriculteur qui veut protéger ses récoltes en utilisant des pulvérisations de plantes notamment dans les pays en voie de développement, pourvu que le matériel végétal soit disponible.

En 1989, Haubruge *et al* ont mené une étude qui a démontré l'efficacité de l'activité insecticide des huiles essentielles de Rutacées sur le charançon du maïs *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae), le grand capucin du maïs *Prostephanus truncatus* (Coleoptera, Bostrychidae) et le Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae).

Dans le même contexte, plusieurs études ont révélé l'effet insecticide d'une large gamme de plantes aromatiques. Regnault-Roger *et al* (1993), ont rapporté que les huiles essentielles de *Mentha spicata*, de *Thymus vulgaris* et du *Rosmarinus officinalis* possèdent une efficacité élevée par inhalation. Une autre étude menée par Santos *et al* (2000), a démontré l'effet inhalatif des huiles essentielles d'Eucalyptus *canalidensis* et d'*Eucalyptus cameroni* contre *Tribolium castaneum*.

Shakarami *et al* (2004), ont étudié la toxicité et la répulsivité de l'huile essentielle de *Artemisia aucheri* sur *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius* et *Tribolium castaneum*, à des concentrations de 0,03. 0,18. 0,37. 0,55. 0,74 et 0,92 u1/cm³ ; respectivement pour chaque insecte et ont déduit que *cette dernière est sensible à l'égard de cette huile du fait que la DL₅₀ enregistrée est de 0,13ul /cm³.*

Malgré les résultats positifs des précédentes études à propos de l'utilisation des huiles essentielles par inhalation cela demeure non constant car plus récemment, Camara en 2009, a étudié l'effet insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et *Ocimum gratissimum* et de *Cymbopogon citratus* par deux modes d'actions à savoir la fumigation et le contact sur grains infestés par *S.oryzae* et *T.castaneum*, cet auteur a signalé que l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* n'a provoqué aucune mortalité durant 6 jours d'exposition par inhalation.

Les travaux de Mediouni Benjemâa *et al.* (2012) sur les propriétés répulsives de l'huile essentielle de *L. nobilis* de différentes provenances (Algérie, Tunisie et Maroc) ont montré une activité répulsive significative, après une durée d'exposition de 1heure, sur les adultes de *R. dominica* et *T. castaneum* même à des doses faibles de 0,04µl/cm². L'huile essentielle de provenance marocaine a montré un pourcentage de répulsion de 87,5% contre 62,5% et 57,5% respectivement pour les provenances tunisienne et algérienne. Le pouvoir répulsif est hautement dépendant de la concentration et de la durée d'exposition.

Pareillement, Abbad *et al.*, (2014), ont signalé la toxicité par contact de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* contre *Tribolium castaneum*. En outre, les huiles essentielles de diverses espèces appartenant au genre d'*Artemisia* ont présenté une toxicité par contact contre *Sitophilus zeamaisprincipale* ravageur de plusieurs produits stockés : (*Artemisia capillaris* et *Artemisia mongolica* (Liu *et al.*, 2010), *Artemisia frigida* (Liu *et al.*, 2014), et *Artemisia herba-alba* (Mohamed *et al.*, 2010).

L'huile essentielle est la substance bioactive d'origine végétale la plus testée contre les ravageurs. En effet, son efficacité et son impact favorable sur l'environnement a été largement prouvé dans plusieurs études (Ilboudo, 2009)

L'huile essentielle de l'Armoise blanche a été testée contre trois parasites suceurs de laboratoire et d'insectes sous des conditions de serre. Ces parasites inclus *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii* et *Thrips tabaci*. Les résultats ont montré que la CL50 d'*Artemisia herba-alba* était de 0,042% pour les œufs et 0,074% pour les stades immatures de *Bemisia tabaci*. En outre, l'huile a montré une toxicité élevée sur *Aphis gossypii* avec une CL50 de 0,023%. L'*Artemisia* est plus toxique sur *Thrips tabaci*, *Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci*. Ce traitement a provoqué une réduction de 85,41% dans la population de *Bemisia tabaci*, 90,44%, pour *Aphis gossypii* est 87,45% pour *Thrips tabaci* (Solimane, 2007).

Une étude a été conçue pour évaluer l'effet des huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et de l'Armoise blanche sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) dans des conditions de laboratoire. Les doses utilisées sont : 1 à 5 μ l / 30 g de semences pour l'huile essentielle de chaque plante. Les résultats montrent que les deux huiles essentielles testées sont très toxiques pour les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*, et elles provoquent également une réduction significative de la fertilité des bruches. La DL₅₀ calculée après 48 heures d'exposition, a montré que l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* est la plus toxique pour les adultes avec une DL₅₀ = 0.59 μ l/30g, tandis que la DL₅₀ de l'Armoise blanche est de 1.69 μ l/30g (Tani *et al.*, 2008).

Pour chaque huile essentielle testée, les résultats montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition. A cet effet, Kim *et al.*, en 2003, ont confirmé que l'activité toxique des huiles essentielles dépend de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition. Shakarami *et al.*, (2005), ont étudié la toxicité et la répulsivité de l'huile essentielle d'*Artemisia aucheri* sur *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus granarius*, à des concentrations de 0,03 μ l, 0,18 μ l, 0,37 μ l, 0,55 μ l, 0,74 μ l et 0,92 μ l, et ont déduit que *Callosobruchus maculatus* est le plus sensible à l'égard de cette huile.

Tapondjou *et al.*, en 2005, ont évalué l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, ces auteurs ont obtenus des DL₅₀ différentes pour les deux insectes appliqués par contact, ils obtiennent 0,36 μ l pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 μ l pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes. Autres travaux réalisés confirment aussi l'effet insecticide des huiles essentielles de certaines plantes sur les ravageurs des denrées stockées comme *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* contre : *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* présentent le maximum de sensibilité pour les huiles essentielles (Rozman *et al.*, 2007).

Le pouvoir insecticide et les différences observées dans l'efficacité des huiles essentielles sont expliqués par la composition et la richesse des huiles testées en composés d'une part et de leurs variabilités en fonction des espèces végétales d'autre part. Il est cependant clair qu'ils interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible. Dans ce sens, Sung-Eun Lee *et al.*, (2001) ont déclaré que la toxicité des huiles essentielles à des insectes entreposés est influencée par la composition chimique de l'huile qui

à son tour dépend de la source, la saison, les conditions écologiques, la méthode d'extraction, le temps d'extraction et la partie utilisée de plante.

Conclusion

Le contrôle biologique peut constituer une stratégie efficace pour la gestion des ravageurs des denrées stockées. En s'appuyant sur les progrès technologiques et biologiques actuels qui ont permis une meilleure compréhension des interactions entre plantes et les phyto-ravageurs, plusieurs recherches ont encouragé l'étude relative à de nouvelles stratégies de contrôle des ravageurs comme l'utilisation des insecticides d'origine botanique.

Notre travail a pour but de démontrer l'activité insecticide de *Zizyphus lotus* vis-à-vis de *Tribolium castaneum*. L'étude consiste à traiter les adultes de *T. castaneum* avec l'huile essentielle et l'extrait de *Z. lotus* par deux modes d'action à savoir par inhalation et contact à différentes doses.

En effet, l'efficacité des huiles essentielles n'est pas la même pour tous les insectes. Il faut noter qu'il y a une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle ou même pour un même composé. Une même molécule chimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte. Les molécules actives des plantes insecticides peuvent varier d'une famille à une autre, ainsi qu'à l'intérieur d'une famille et la sensibilité peut différer d'une espèce à une autre.

A l'issue de ce travail, il serait souhaitable de tester sur une plus large gamme de ravageurs les extraits de *Z. lotus*, en particulier son huile essentielle.

Les huiles essentielles de différentes plantes ont donné des résultats très encourageants dans plusieurs recherches grâce à leur richesse en fractions actives. Pour une meilleure compréhension, il serait intéressant de montrer le mode d'action des extraits et des huiles essentielles de *Z. lotus*, ainsi que la réalisation d'observations au niveau des organes reproducteurs des individus traités dans le but d'identifier d'éventuelles déformations.

Ses insecticides d'origine botanique peuvent se substituer aux insecticides chimiques dans le domaine de la lutte contre les insectes ravageurs des céréales stockées. Toutefois il serait préférable de les tester dans les entrepôts de stockage tout en insistant que le meilleur moyen de protection des céréales stockées soit la prévention.

V. Références bibliographiques

- ABBASSI K., MERGAOUI L., KADIRI Z., STAMBOULI T A. GHAOUT S. 2005. Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin". *Zool. baetica*, 31- 46.
- ABBAD A., EL HADRAMI A., EL HADRAMI I., BENCHAAABANE A. 2004. Seasonal chemical composition of leaves of three *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceae*) natural populations grown in a common garden. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 203-208.
- ABDELSAMAD R.M., ELHAG E.A., ELTAYEB Y.M. 1988. Studies on the phenology of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Sudan Gezira. *Journal of Stored Products Research*, 101-105.
- ABDEL-ZAHER A.O., SALIM S.Y., ASSAF M.H., ABDEL-HADY R.H. 2005. Antidiabetic activity and toxicity of *Zizyphusspina-christi* leaves. *Journal Ethnopharmacology*, 101, 129-138.
- ABDURRAHMAN A., OSMAN S., SALIH K., ISMET O. 2008. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects J. *Insect Sci*, 1-13.
- ABU ZARGA M.H., SABRI S.S., HAMED E.M., KHANFAR M.A., ZELLER K.P., ATTA-URRAHMAN. 2002. A new eudesmane type sesquiterpene from *Inula viscosa*. *Natural Product Research*, Vol.17, No.2 : 99-102.
- ABRAMSON D., DEMIANYK C.J., FIELDS P.G., JAYAS D.S., MILLS J.T., WILLIAM E., MUIR W.E., TIMLICK B., WHITE N.D.G. 2001. Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures, *Agriculture et Agroalimentaire Canada*.
- ADZU B., AMOS S., DZARMA S., MUAZZAM I., GAMANIEL K. 2002. Pharmacological evidence favouring the folkloric use of *Diospyros mespiliformis* Hochst in the relief of pain and fever. *J. Ethnopharmacol*, 191-195.
- AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT. 2008. Article. Le stockage des céréales bientôt dans l'impasse technique ? Consulte sur : <http://www.agriculture-environnement.fr/>, le 07/06/2021.
- ALI N.A.A., JULISH W.D., KUSNICK C., LINDEQUIST U. 2001. Screening of Yemeni medicinal plants for antibacterial and cytotoxic activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 74: 173-179.
- AMES H.JR. 2013. *Insects: Stored-grain Insect Pest Management, field crops* : 4-119-122
- ARBONNIER M. 2002. *Arbre, arbuste et lianes des zone sèches d'Afrique de l'ouest*, seconde édition, CIRAD (France), 439p.
- ARTHUR F.H., HAGSTRUM D.W., FLINN P.W., REED C., PHILLIPS T. 2006. *Insect populations in grain residues associated with commercial Kansas Grain elevators*. *J. Stored Prod. Res.*, 42:226-239.
- AUG-CHEVALIER. 1939. *Zizyphus de l'ancien monde et l'utilisation de leurs fruits*, *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*. 470-483.

- AYVAZ A., SAGDIC O., KARABORKLU S., OZTURK I. 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects, *Journal of Insect Science*: Vol. 10 .Article 21.
- BABA AISSA F. 1999. Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances Végétales d'Afrique d'Orient et d'Occident, ed. EDAS.144-146.
- BANKS H.J., FIELD J.B. 1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystem. In *Stored grain ecosystem*, eds. Jayas, D.S. N.D.G. White and B. Subramanyam. Marcel Dekker: New York, 353-409.
- BALACHOWSKY A., MESNIL S., 1936 .les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs et leur destruction. Ed. Busson, Paris, 1921 p.
- BELKADI N., HADJ-ALI I. 2016. Etude morphométrique et essai de germination des graines de jujubier (*Zizyphus lotus*) provenant du sud Algérien. Extraction et dosage de 3 classes de flavonoïdes et estimation de l'effet de la poudre des fruits vis-à-vis de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire master. UNiv tizi ouzou.
- BELLAKHDAR J. 1997. La Pharmacopée marocaine traditionnelle, Médecine arabe ancienne et savoir populaires - Saint –Etienne, ed. TEC et DOC. Ibis press : Paris, p. 464-465.
- BENAMMAR C., HICHAMI A., YESSOUFOU A. 2010. *Zizyphus lotus* L. (Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation. *BMC Complement Altern Med* 10, 54.
- BORGHI W., CHOUCANE N. 2006. Activité anti-inflammatoire des saponosides des écorces de racines de *Zizyphus lotus* (L.). *Revue des Régions Arides*, p. 283-286.
- BORGHI W., RECIO M-C., RIOS J-L., CHOUCANE N. 2008. Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *South African Journal of Botany*, 14, 320-324.
- BOSSARD R., CUISANCE P. 1984. Arbre et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes, ed. Tec&Doc. Lavoisier. Paris, p.600.
- BULLEN K., 2007. Insect Control in Stored Grain, *DPI&F*, Plant Science, Toowoomba, Queensland the Smart State.
- CABALLERO-GALLARDO K., OLIVERO-VERBEL J., STASHENKO E. 2011. Repellent activity of essential oils and some of their individual constituents against *Tribolium castaneum* Herbst. *J Agric Food Chem*, 1690 - 1696.
- CAMPBELL J.F., RUNNION C. 2003. Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. *Journal of Insect Science*, p8.
- CAMARA A. 2009. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse, doctorat, U.N.I.V. Québec, Montréal.p154.

- CARROLL J.F., TABANCA N., KRAMER M., ELEJALDE N.M., WEDGE D.E., BERNIER U.R., COY M., BECNEL J.J., DEMIRCI B., BASER K.H., ZHANG J., ET ZHANG S. 2011. Essential oils of *Cupressus funebris*, *Juniperus communis*, and *Juniperus chinensis* (Cupressaceae) as repellents against ticks (Acari: Ixodidae) and

- mosquitoes (Diptera: Culicidae) and as toxicants against mosquitoes. *Journal of Vector Ecology*, 258-268.
- CATOIRE C., ZWANG H., BOUET C. 1999. Les jujubiers ou le *Zizyphus* fruits oubliés .article n°1.
 - CHOMCHALOW N. 2003. Protection of Stored Products with Special Reference to Thailand, *AU J.T.*, 31-47.
 - CHENNI M. 2016. Etude comparative de la composition chimique et de l'activité Biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic *Ocimum basilicum* extraite par hydrodistillation. Thèse de doctorat en sciences : Chimie moléculaire. Université d'Oran. Ahmedben Bella, 135p.
 - COX P.D. 2004. Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *J. Stored Prod. Res.* 1-25.
 - DELOBEL A., TRAN M. 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, *ird éditions*, p, 275-280 et 345-346.
 - DE LA PRADILLA, F. 1979. Plantes médicinales contre douze parasitoses fréquentes. Université d'Ouagadougou. 54p.
 - DJEMAI ZOUGHLACHE S. 2009. Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L. (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
 - DJERMOUN A. 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, 45-53.
 - DOUKANI K., TABAK S., GOURCHALA F., MIHOUB FOUNES M., BENBAG UARA M., 2013. Caractérisation physicochimique du blé fermenté par stockage souterrain (Matmora), *Revue Ecologie-Environnement*, 1-9.
 - DRUVEFORS U.Ä. 2004. Yeast Biocontrol of grain spoilage moulds mode of action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. *Agraria*, 44-466.
 - EL HACHIMI F., ALFAIZ C., BENDRISS A., CHERRAH Y., ALAOUI K. 2017. Activité anti-inflammatoire de l'huile des graines de *Zizyphus lotus* (L.) Desf. *Phytothérapie*. 15(3):147-54.
 - FAO. 2009. Compte rendu du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, *Bulletin du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire*, Bulletin 1, Vol. 150, n° 5.
 - FEKIH, N. 2009. Contribution à l'étude chimique de *Zizyphus lotus* L. Mémoire de magister chimie. Universitaire Abou Baker Belkaid Tlemcen. 57p.
 - FIELDS P. G. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. *J. Stored Prod. Rev.* N°34. p 269-277
 - FLANDERS K.L. 2013. *Stored Grains Insect Control Recommendations for 2013*, Insect Management, Alabama Cooperative Extension System.
 - GANDHI N., NIRJARA., PILLAI., SUJATHA . 2010. Control of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) by *Pulverized Leaves of Punica granatum* (Lythraceae) and *Murraya koenigii* (Rutaceae). *International Journal of Agriculture & Biology* . Sep2010, Vol. 13 Issue 4, p535-540. 6p.

- GHEDIRA K., CHEMLI R., CARON C., NUZILARD J. M., ZECHES M., LE MEN-OLIVIER L. 1995. Four cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*. *Phytochemistry*, 767-772.
- GHOST A., LYSIAS DERRIDA C., 2007. Jujube Fruit: a magic fruit berry for emotion controlling and more. Pure Herb and extract processing and formation.
- GLOMBITZA K.W., MAHRAN G.H., MIRHOM Y.W., MICHEL K.G., MTAWI T.K., 1994. Hypoglycemic and antihyperglycemic effects of *Zizyphus spina-christi* in rats. *Planta-media*, 60: 244-247.
- GLENN D.M., PUTERKA G.J., VANDERWET T., BYERS R.E., ET FELDHAKÉ C., 1999. Hydrophobic particle films, a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J.Econ.Entomol.* 759-771.
- GUPTA S., ET DIKSHIT A.K., 2010. Biopesticides: an eco-friendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides* 3, 186-188.
- HAN B.H., PARK M.H., 1986. *Folk Medicine: The Art and Science*. The American Chemical Society (Ed). Washington, 205p.
- HO F.K., 1969. Identification of pupae of six species of *Tribolium* (Coleoptera : Tenebrionidae), *Annals of the entomological Society of America*, 1232-1237.
- HOUGHTON P.J., OH M.H., WHANG W.K., CHO J.H., 2004. Screening of Korean herbal medicines used to improve cognitive function for anti-cholinesterase activity. *Phytomedicine*, 544-548.
- HUANG Y., MANJUNATHAKINI R., 1999. Bioactivités de Safrole et Isosaforale sur *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleopterae : Tenebrionidae). *Journal d'entomologie économique*, vol. 92 (3) : 676-683.
- HUANG F., SUBRAMANYAM B., 2005. Management of five stored-product insects in wheat with pirimiphosmethyl and pirimiphos-methyl plus synergized pyrethrins. *Pest Management Science*. 356-362.
- HUBRUGE E., LOGNAY G., MARLIER M., DANHIER P., GILSON JC., GASPAR CH. 1989. Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus sp.* A l'égard de *Sitophilus zeamais*. Motsch., *Prostephanustruncatus* (Horn) et *Tribolium castaneum* Herbst. *Med. Fac.Landbouww.Rijksuniv .Gent* 54/3b, p.1083-1093.
- HUTCHENS AR. 1973. *Indian Herbalogy of North America*. Shambhala (Ed). Boston, 382p.
- ILBOUDO Z. 2009. Activité Biologique de quatre huiles essentielles contre *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae), insecte ravageur des stocks de niébé au Burkina Faso. Thèse de doctorat unique.
- I.N.R.A. 1993. Quelle place pour les moyens biologiques en protection des cultures ? Colloque organisé conjointement par la FNGPC et l'ACTA, sous le parrainage de l'ANPP, Courrier de l'Environnement de l'INRA n° 19, Paris.
- ISMAIL D., 2002. Etude de la biologie de la reproduction et de la variabilité génétique chez le jujubier (*Zizyphus Mauritiens* LAM). Thèse de doctorat en biologie végétale. Faculté des Sciences et Techniques. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Mauritanie, 99p.
- ISMAN M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 45-66

- JBILOU R., AMRI H., BOUAYAD N., GHAILANI N., ENNABILI A. AND SAYAH F. 2008. Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development, amylase activity and offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae)". *Bioresource Technology*, 959–964.
- KELLS S., MASON L.J., MAIER D.E., WOLOSHUK C.P., 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *J. Stored Products Res.* 371-282.
- KIM S., PARK C., OHH M., CHO H., AHN Y. 2003. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Stored Prod. Res.*, N° 29, p. 11-19.
- KIRTIKAR K.R., BASU B.D. 1984. *Indian Medicinal Plants*, Lalit Mohan Basu (Ed).Allahabad, 593p.
- KOUL O., WALIA S., ET DHALI WAL G.S. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints Biopestic. *Int.* 63-84
- LAHLOU M., ELMAHI M., HAMMOUCHI J. 2002. Evaluation of antifungal and molluscicidal activities of Moroccan *Zizyphus lotus* Desf. *Annales pharmaceutiques françaises*, 410– 414.
- LACEY L., 2001. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control*. 230-248.
- LECLEF D. 2010. *Plantes de méditerranée, jardins de couleurs méditerranéens*. Aix-enProvence, ed. Lesse. France, p.261
- LEELAJA B.C., RAJASHEKAR Y., RAJENDRAN S., 2007. Detection of eggs of storedproduct insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Product Research*, p 206-210.
- LALE N.E.S., MUSTAPHA A. 2000. Potentiel de combiner l'huile de graines de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) avec la résistance variétale pour la gestion des coléoptères *Bruchidae*, *callosobruchus maculatus* (F). *Journal of Stored Products Research*, Vol.36, 215-222
- LEPESME P., 1994. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels .*Encycl. Entomol*, Paris. 335
- LE CROUÉOUR G., THÉPENIER P., RICHARD B., PETERMANN C., GHÉDIRA K., ZÈCHES-HANROL M. 2002. Lotusine G: A new cyclopeptide alkaloïd from *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, 63-68
- Liu ZL., Chu SS., Liu QR. 2010. Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaries* and *Artemisia mongolica*. *Molecules*, 2600–2608.
- LIU X. C., LI Y., WANG T., WANG Q., LI Z. L. 2014. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia frigida* Willd (Compositae) against two grain storage insects. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 587-592.
- LOSHIAVO S.R., 1976. Effect of the synthetic regulators methoprene and hydropene on survival, development or reproduction of six species of stored-product insects. *J. Economic. Entomol.*, 60: 395-99.
- LYON W.F., 2000. *Confused and Red Flour Beetles*. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-2087-97.

- MASON L.J. 2003. Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.
- MADIOUNI B., TERSIM N., TOUDERT K., KHOUJA ML. 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition, *Journal of Stored Products Research*.
- MOHAMED A. E. H. H., EL-SAYED M. A., HEGAZY M. E., HELALY S. E., ESMAIL A. M., MOHAMED N. S. 2010. Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Records of Natural Products*, 4(1), 1-25.
- MUELLER D.K. 1990. Fumigation. In: Mallis, A. (Ed.), *Handbook of Pest Control*. Franzak and Foster, Cleveland, Ohio, USA, 901- 939.
- NENAAH G.E. 2011. Toxicity and growth inhibitory activities of methanol extract and the b-carboline alkaloids of *Peganum harmala* L. against two coleopteran stored-grain pests; *Journal of Stored Products Research*, 255-261
- OWUSU E.O. 2000. Effet de certains composants végétaux ghanéens sur le contrôle de deux insectes ravageurs des céréales stockés. *Journal de recherche sur les produits stockés*, vol. 85-91
- OZENDA P. 1999. *Les végétaux dans la biosphère*. Ed. Doin, Paris. 431p.
- PAPACHRISTOS D.P., STAMOPOULOS D.C. 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38:117-128.
- PERDUE R.E., HARTWELL J.L., 1976. Plants and Cancer Proceedings of the 16th Annual Meeting of the society for Econ. Bot. Cancer treatment Rep. 973.
- PIRIGRAIN. 2000. Les ravageurs des cereals stockees, Guide de conseil.
- POTENZA M.R., ARTHUR V., FELICIO J.D., ROSSI M.H., SAKITA M.N., SILVESTRE D.F., ETGOMES D.H.P. 2004. Effect of irradiated natural products on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 477-484.
- PROCTOR D.L. 1994. *Grain storage techniques : Evolution and trends in developing countries*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 277p.
- PUNT W., MARKS A., HOEN P. 2003. *Rhamnaceae*, Review of palaeobotany and palynology, 57-66.
- QUEZEL P., SANTA S. 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales. Tome2, ed. Centre national de la recherche. Paris, p.565
- RAHIM M., 1998. Activité biologique de l'extrait de noyau de neem enrichi en zadirachtine contre *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera : Bostrychidae) dans le blé stocké. *Journal of Stored Products Research*, Vol.34, n° 23, 123-128.
- RANASING N. 2007. Biopesticides: an economic approach for pest management. *Orrisa Review*, 77-79.
- RATTAN R.S. 2010. Mechanism of action of secondary metabolites of plant origin. *Crop Prot.* 913-920.
- REED C.R. 1992. Development of storage techniques: A historical perspective. In *Storage of Cereal Grains and Their Products*. Edit. D. B. Sauer, St Paul: 143-156.
- REES D. 2004. *Insect of Stored Products*, CSIRO Publishing, Canberra, Australia.
- REGNAULT-ROGER, C., HAMRAOUI, A., HOLEMAN, M. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides Obtectus* Say

- (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Chem Ecol*, 1233–1244.
- RENAULT J.H., GHEDIRA K., THEPENIER P., LAVAUD C., ZECHES-HANROTT M. ET LE MEN-OLIVIER L., 1997. Dammarane saponins from *Zizyphus lotus*, *Phytochemistry*, 1321-1327.
 - RILEY I.T., NICOL J.M., DABABAT A.A. 2009. *Cereal cyst nematodes: status research and outlook*, Turkey, CIMMYT, 242 p.
 - ROZMAN Z., ROZMAN V., KALINOVIC I., KORUNIC Z. 2007. Toxicity of Lamiaceae and of naturally occurring compounds Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, p. 349-355.
 - RSAISSI, N. ET BOUHACHE, M., 2002. La lutte chimique contre le jujubier. Programme National de transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), DERD (Ed.), Rabat. p94.
 - SANTOS F.A., RAO VS., 2000. Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1, 8-cinéole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytother. Res Jun*; 14(4): 240-244.
 - SCOTTI G. 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et Technique. Institut technique des céréales et des fourrages. Association française de Normalisation AFNOR.
 - SENTHIL-NATHAN S., SAVITHA G., GEORGE D.K., NARMADHA A., SUGANYA L., CHUNG P.G. 2006. Efficacy of *Melia azedarach* L. extract on the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Bioresource Technology*, 1316–1323
 - SERTKAYA E., KAYA K., SOYLU S. 2009. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.). (Acarina: Tetranychidae), *Industrial Crops and Products*, 107-112.
 - SHAKARAMI J., KAMALI K., MOHARAMIPOUR S. 2004. Effects of three plant essential oils on biological activity of *Eucalyptus canalidensis* (Coleoptera Bruchidae). *Iranian. J. of agricultural Scien. N° 35, p. 965- 972.*
 - SHAKARAMI J., KAMALI K., MOHARAMIPOUR S. 2005. Effects of three plant essential oils on biological activity of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera Bruchidae). *Iranian. J. of agricultural Scien. N° 35, pp. 965- 972.*
 - SHAZALI M.E.H., SMITH, R.H. 1986. Life history studies of externally feeding pests of stored sorghum: *Corcyra cephalonica* (Staint.) and *Tribolium castaneum* (HBST). *Journal of Stored Products Research*, 55-61.
 - SOKOLOFF A. 1966. The genetics of *Tribolium* and related species. New York: Academic Press.
 - STEFFAN J.R. 1987. Description et Biologie. Les Insectes et les Acariens des céréales Stockées Ed.A.F.N.O.R Paris, 238 p
 - STEFANAZZI N., STADLER T., FERRERO A. 2011. Composition and toxic, repellent and feeding deterrent activity of essential oils against the stored-grain pests *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest Management Science*, 639-646.
 - SUBRAMANYAM BH., ROESLI R. 2000. Inert dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored- Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 321-380.
 - SUKSAMRARN S., SUWANNAPOCH N., AUNCHAI N., KUNO M., RATANANUKUL P., HARITAKUM R., JANSAKUL C., RUCHIRAWAT S. 2005.

- Ziziphine N, O, P, new antiplasmodial cyclopeptides alkaloids from *Zizyphus oenoplia* var. *Brunoniana*. *Tetrahedron*, 1175-1180.
- SUNG-EUN L., BYUNG-HO L., WON-SIK C., BYEOUNG-SOO P. 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.).
 - SYED SHAYFUR R., MIZANUR R., MOHAMMAD MIZANUR R.K., SHAMEEM A.B., BALARAM R., FAKRUDDIN SHAHED S. M. 2007. Ethanolic extract of melgota (*Macaranga postulata*) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). *African Journal of Biotechnology*, 379-383
 - TAMO M. 2012. Les agriculteurs africains doivent passer aux biopesticides, scidev.net
 - TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEMC D.A., BOUDA H., REICHMUTH C. 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* duval, *Journal of Stored Products Research*, N°41, p. 91-102.
 - TOUNKOB, N., 2011. Contribution à l'étude morphométrique de *Zizyphus lotus* dans la région de Tlemcen. Master2 Ecologie et Environnement. Université de Tlemcen, 108p.
 - UPADHYAY R.K., AHMAD S., 2011. Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses, *World Journal of Agricultural Sciences*, 527-549.
 - VINAYACHANDRA S.R., CHANDRASHEKAR K.R. 2011. Larvicidal activities of *Knema attenuata* (Hook. f. & Thomson) Warb. (Myristicaceae) extracts against *Aedes albopictus* Skuse and *Anopheles stephensi* Liston. *Parasitology Research*, 1671-1676.
 - VINCENT C., PANNETON B., FLEURAT-LESSARD F., 2000. La lutte physique en phytoprotection, Editions Quae, 82-109.
 - WAHIDA B., ABDERRAHMAN B., NABIL C. 2007. Antiulcerogenic activity of *Zizyphus lotus* (L.) extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 228-231.
 - WAONGO 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, *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 1157-1167.
 - WASTON L., DALLWITZ M.J. 1992. The families of flowering plants,. *Heart Disease Risk Factor Study*. *Am J Clin Nutr*. 133-8.
 - WEIDNER H., RACK G. 1984. Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn GTZ, p. 54-129.
 - WEINZIERL R., ET HIGGINS R. 2007. *Insect Pest Management for Stored Grain*, Illinois Agricultural Pest Management Handbook.
 - WILLIAMS P., AMOS T.G. 1974. Some effects of synthetic juvenile hormones and hormone analogues on *Tribolium castaneum*. *Aust. J. Zool*, 147-53

Résumé

Les grains de céréales constituent la principale ressource alimentaire de l'homme. Les insectes sont les principaux agents biologiques responsables de leur détérioration dans les lieux de stockage. Plusieurs études montrent que les extraits naturels issus des végétaux contiennent une variété de molécules biologiquement actives. Dans ce contexte, nous avons tenté d'évaluer l'activité insecticide des extraits et huile essentielle de *Zizyphus lotus* sur le *Tribolium castaneum*. Au travers de la présente étude et les études déjà faites, il est à conclure que les extraits aqueux et les huiles essentielles renferment un potentiel bio-insecticide non négligeable qui peut être utile pour promouvoir des méthodes alternatives à l'emploi des insecticides chimiques.

Mots clefs : Activité insecticide, *Zizyphus lotus*, extraits de plantes, huile essentielle, *Tribolium castaneum*.

Abstract

Cereal grains are the main food resource for humans. Insects are the main biological agents responsible for their deterioration in storage areas. Several studies show that natural extracts from plants contain a variety of biologically active molecules. In this context, we tried to evaluate the insecticidal activity of extracts and essential oil of *Zizyphus lotus* on *Tribolium castaneum*. Through the present study and the studies already carried out, it is concluded that the aqueous extracts and essential oils contain a significant bio-insecticide potential which can be useful in promoting alternative methods to the use of chemical insecticides.

Keywords: Insecticidal activity, *Zizyphus lotus*, extracts of plant, *Tribolium castaneum*, essential oil.

ملخص

الحبوب هي المورد الغذائي الرئيسي للإنسان. الحشرات هي العوامل البيولوجية الرئيسية المسؤولة عن تدهورها في مناطق التخزين. تظهر العديد من الدراسات أن المستخلصات الطبيعية من النباتات تحتوي على مجموعة متنوعة من الجزيئات النشطة بيولوجيًا. في هذا السياق، حاولنا تقييم فاعلية المبيدات الحشرية للمستخلصات والزيت العطري لزيف اللوتس على تريبوليوم كاستانيوم. من خلال الدراسة الحالية والدراسات التي تم إجراؤها بالفعل، استنتج أن المستخلصات المائية والزيوت الأساسية تحتوي على إمكانات كبيرة لمبيدات الحشرات الحيوية والتي يمكن أن تكون مفيدة في تعزيز طرق بديلة لاستخدام المبيدات الحشرية الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: نشاط مبيد حشري، زيزيفوس لوتس، مستخلصات نباتية، تريبوليوم كاستانيوم، زيت عطري.