

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF

# MEMOIRE

**Présenté à la faculté sciences  
Département de biologie  
Pour l'obtention du diplôme de**

# MAGISTER

**Option : Valorisation des ressources végétales**

**Par**

**ARAB RADHIA**

**Thème**

**Effet insecticide des plantes**

***Melia azedarach L. et Peganum harmala L.***

**sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst  
(Coleoptera, Tenebrionidae)**

**Soutenu le:**

**Devant le jury**

Président	Pr. M. Fenni	Professeur à l'Université Ferhat Abbas. Sétif
Rapporteur	Dr. M. Bounechada	M.C à l'Université Ferhat Abbas. Sétif
Examineurs	Dr. N. Djirar	M.C à l'Université Ferhat Abbas. Sétif
	Dr. S. Dahamna	M.C à l'Université Ferhat Abbas. Sétif

## Insecticidal effect of two plants *Melia azedarach* (L.) and *Peganum harmala* (L.) against stored cereals *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae)

### Abstract

In attempt to elaborate a strategy of integrated pest management on grain cereals stored in Algeria, insecticidal activities of powders fruits from *Melia azedarach* L. and seeds from *Peganum harmala* L. against larvae and adults of *Tribolium castaneum* Herbst were carried under laboratory conditions. The powders were mixed with grain of *Triticum durum* at 10, 15 and 30 % doses. There was a significant mortality effect, the percentage mortality increasing with plants species, duration of treatment and concentration. A 100 % of mortality was obtained after 9 and 14 days of treatment for larvae and after 10 and 16 days of treatment for adults with concentration 30 %, respectively from *Melia azedarach* and *Peganum harmala*. *Melia azedarach* caused highest and significant mortality at all concentrations, and it is proved that larvae are more sensitive than adults for both plants. TL<sub>50</sub> shows that the shortest time is obtained with the powder fruits from fruits powder from *Melia azedarach* at 30 % of concentrations (3,9 days for larvae and 5,5 days for adults) and for powder fruits from *Peganum harmala* at the same concentration the TL<sub>50</sub> was 6,8 and 12,6 days respectively for larvae and adults. These naturally occurring plants could be useful used for managing populations of *Tribolium castaneum* and merit further study.

**Key words:** *Melia azedarach*, *Peganum harmala*, *Tribolium castaneum*, plant powder, grain protectant

### التأثير القاتل لنببتين *Melia azedarach* (L.) و *Peganum harmala* (L.) على حشرة الحبوب المخزنة (*Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae))

#### الملخص

لغرض إيجاد استراتيجية للمكافحة المتكاملة ضد أفات الحبوب المخزنة في الجزائر، أجريت هذه الدراسة لتقييم الفعالية القاتلة لمساحيق كل من ثمار *Melia azedarach* و *Peganum harmala* على يرقات و بالغات أفة الحبوب المخزنة *Tribolium castaneum* تحت الظروف المخبرية. تم خلط المساحيق مع طحين حبوب القمح الصلب و حضرت ثلاثة تراكيز 10 و 15 و 30 % . أظهرت النتائج تأثير قاتل معنوي على الحشرة و اختلفت نسبة الموت مع نوع النبتة ، فترة المعالجة و التراكيز. وصلت أعلى نسبة موت (100 %) بعد 9 و 14 يوما على اليرقات و 10 و 16 يوما على البالغات لكل من نبتة *Melia azedarach* و نبتة *Peganum harmala* على التوالي بتركيز 30 % . أعلى نسب الموت سجلت بمسحوق ثمار *Melia azedarach* مهما كانت التراكيز على حساب ثمار نبتة *Peganum harmala* . كانت اليرقات أكثر حساسية لكلا النبتتين من البالغات. أظهرت النتائج المحصل عليها أن أقصر وقت مميت لخمس من المئة (TL<sub>50</sub>) لكل من اليرقات و البالغات هو 3.9 يوما و 5.5 يوما باستعمال مسحوق *M. azedarach* ، و 6.8 و 12.6 يوما باستعمال مسحوق *P. harmala* . يمكن ادراج مثل هذه النباتات المحلية في برامج المكافحة المتكاملة ضد حشرة الحبوب المخزنة *Tribolium castaneum* كما يجب استكمال مثل هذه البحوث.

**الكلمات المفتاحية:** *Melia azedarach*، *Peganum harmala*، *Tribolium castaneum*، مساحيق نباتية،

حماية الحبوب

## ***Remerciements***

Au terme de ce travail, il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements vont tout particulièrement à Monsieur **Bounechada Mustapha**, Maître de Conférences au Département de Biologie de l'Université FERHAT ABBAS de Sétif qui a bien voulu assurer mon encadrement, c'est un très grand honneur pour moi qu'il ait accepté d'être mon directeur de mémoire. Je lui dois une immense reconnaissance et un très grand respect.

Mes remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire:

- Je remercie Monsieur **Fenni Mohamed**, Professeur au Département d'Agronomie de l'Université FERHAT ABBAS de Sétif de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

- Mes vives gratitudes vont aussi à Monsieur **Djirar Nacer**, Maître de Conférences au Département de Biologie de l'Université FERHAT ABBAS de Sétif et Madame **Dahamna Saliha** Maître de Conférences au Département de Biologie de l'Université FERHAT ABBAS de Sétif qui ont bien voulu examiner ce travail.

Enfin, bien que des simples remerciements ne suffisent pas pour exprimer tout ce que je leur dois, mes remerciements les plus chaleureux à mon Mari pour sa patience et son aide, également à mes parents et à tous les membres de ma famille et mes amies.

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Page</b>
Tableau 1: Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées	7
Tableau 2: Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie	8
Tableau 3: Insecticides employés en protection des denrées stockées	10
Tableau 4: Réponse des insectes des produits entreposés à la température	11
Tableau 5: Analyse chimique des fruits de <i>M. azedarach</i> selon le stade de maturation	18
Tableau 6: Temps létal en jours pour 50% (TL50) de la population de <i>Tribolium castaneum</i> induit par la poudre de fruits à différentes doses de <i>Melia azedarach</i>	34
Tableau 7: Temps létal en jours pour 50% (TL50) de la population de <i>Tribolium castaneum</i> induit par la poudre de fruits à différentes doses de <i>Peganum harmala</i>	37
Tableau 8: Temps létal en jours pour 50% (TL50) de la population de <i>Tribolium castaneum</i> comparatif induit par la poudre de fruits à différentes doses de <i>Melia azedarach</i> et de <i>Peganum harmala</i>	38

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Page</b>
Figure 1: Relation entre la teneur en eau du grain et l'humidité relative de l'air	5
Figure 2: Structure chimique de la nicotine	12
Figure 3: Structure chimique de la roténone.	13
Figure 4: Structure chimique de la pyréthrine I	14
Figure 5: Structure chimique de l'azadirachtine	14
Figure 6: Arbre de <i>Melia azedarach</i>	19
Figure 7: fleurs de <i>Melia azedarach</i>	20
Figure 8: Fruits de <i>Melia azedarach</i>	24
Figure 9: Plante de <i>Peganum harmala</i>	24
Figure 10: Fleurs de <i>Peganum harmala</i>	24
Figure 11: Fruits de <i>Peganum harmala</i>	24
Figure 12: Graines de <i>Peganum harmala</i>	24
Figure 13: Vue dorsale d'un adulte <i>T. castaneum</i> (1 cm = 1mm)	25
Figure 14: Larve de <i>Tribolium castaneum</i> (1 cm = 1,5 mm)	25
Figure 15: Vues dorsale et ventrale de nymphes de <i>Tribolium castaneum</i>	25
Figure 16: Cycle de vie de <i>Tribolium castaneum</i>	26
Figure 17: Taux de mortalité cumulé en probits et durée de traitement en log jours	31
Figure 18: Taux de mortalité cumulé sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>M.azedarach</i>	33
Figure 19: Taux de mortalité cumulé sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>M.azedarach</i>	34
Figure 20: Taux de mortalité cumulé comparatif entre les adultes et les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>M.azedarach</i>	35
Figure 21: Taux de mortalité cumulé sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>P.harmala</i>	36
Figure 22: Taux de mortalité cumulé sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>P.harmala</i>	36

Figure 23: Taux de mortalité cumulé comparatif entre les adultes et les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de <i>P.harmala</i>	37
Figure 24: Taux de mortalité cumulé comparatif entre les effets insecticides des fruits (poudre) de <i>P.harmla.</i> et <i>M.azedarach</i> sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les trois concentrations	38
Figure 25: Taux de mortalité cumulé comparatif entre les effets insecticides des fruits (poudre) de <i>P.harmla.</i> et <i>M.azedarach</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les trois concentrations	38

## Listes des annexes

<b>Annexe</b>	<b>Page</b>
<b>Annexe 1.</b> Les principaux insectes des denrées stockées à l'ordre des Coléoptères et des Lépidoptères	I
<b>Annexe 2.</b> Taux de mortalité cumulé sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traitées avec les différentes concentrations des fruits de <i>Melia azedarach</i> .	II
<b>Annexe 3.</b> Analyse de Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de <i>Melia azedarach</i> sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	II
<b>Annexe 4.</b> Taux de mortalité cumulé sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations des fruits de <i>Melia azedarach</i> .	III
<b>Annexe 5.</b> Analyse de Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de <i>Melia azedarach</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	III
<b>Annexe 6.</b> Taux de mortalité cumulé sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i> traitées avec les différentes concentrations des fruits de <i>Peganum harmala</i> .	IV
<b>Annexe 7.</b> Analyse de Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de <i>Peganum harmala</i> sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	IV
<b>Annexe 8.</b> Taux de mortalité cumulé sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traitées avec les différentes concentrations des fruits de <i>Peganum harmala</i> .	V
<b>Annexe 9.</b> Analyse de Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de <i>Peganum harmala</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	VI
<b>Annexe 10.</b> Le taux de mortalité cumulé en Probits de <i>Tribolium castaneum</i> traité avec <i>M.azedarach</i>	VII
<b>Annexe 11.</b> Le taux de mortalité cumulé en Probits de <i>Tribolium castaneum</i> traité avec <i>P.harmala</i>	X

# *Sommaire*

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
 <b>Chapitre I. Revue bibliographique</b>	
<b>1. Les types de stockage des céréales.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Le stockage traditionnel.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Le stockage en vrac.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Le stockage en sac.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Entreposage en silo.....</b>	<b>4</b>
1.4.1. Le silo en métal.....	4
1.4.2. Le silo en béton.....	4
<b>2. Les facteurs de détérioration des céréales stockées.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Humidité et température.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Insectes.....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Dans le monde.....	6
2.2.2. En Algérie .....	7
<b>3. Lutte chimique contre les insectes des céréales stockées.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Les substituants de la lutte chimique.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. La lutte physique.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. La lutte biologique.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3. Les insecticides d'origine botanique.....</b>	<b>11</b>
4.3.1. Les principaux composés actifs d'origine végétale.....	12
4.3.2.1. Nicotine.....	12
4.3.2.2. Roténone et roténoïdes .....	13
4.3.2.3. Pyrèthre .....	13
4.3.2.4. Azadirachtine.....	14
4.3.2. Les différents modes d'utilisation des plantes insecticides.....	15
4.3.2.1. Sous forme d'extraits.....	15
a. Extraits huileux.....	15
- Les principales méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	15
1- Extraction par hydrodistillation.....	15

2- Extraction par les solvants organiques.....	15
b. Extraits aqueux.....	16
4.3.2.2. Sous forme de poudre ou plante entière.....	16

## Chapitre II. Matériels et méthodes

<b>1. Matériels.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Matériel végétal : Les plantes insecticides.....</b>	<b>17</b>
1.1.1. <i>Melia azedarach</i> .....	17
1.1.1.1. Position systématique.....	17
1.1.1.2. Origine et distribution géographique.....	17
1.1.1.3. Description botanique.....	17
1.1.1.4. Composition chimique.....	18
1.1.1.5. Usages.....	18
1.1.2. <i>Peganum harmala</i> .....	20
1.1.2.1. Position systématique.....	20
1.1.2.2. Origine et distribution géographique.....	21
1.1.2.3. Description botanique.....	21
1.1.2.4. Composition chimique.....	21
1.1.2.5. Usages.....	22
<b>1.2. Matériel animal: <i>Tribolium castaneum</i>.....</b>	<b>25</b>
1.2.1. Position systématique.....	25
1.2.2. Origine et répartition géographique.....	25
1.2.3. Description.....	25
1.2.4. Bioécologie.....	26
1.2.5. Importance économique.....	28
1.2.6. Moyens de lutte utilisés contre <i>T. castaneum</i> .....	28
<b>2. Méthodologie.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Récolte et préparation des plantes.....</b>	<b>29</b>
2.1.1. Récolte.....	29
2.1.2. Préparation des poudres des végétaux.....	29
<b>2.2. Récolte et élevage de l'insecte.....</b>	<b>29</b>
2.2.1. Récolte.....	29

2.2.2. Elevage.....	29
<b>2.3. Tests de toxicité.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4. Méthode statistique.....</b>	<b>30</b>
2.4.1. Calcul du TL <sub>50</sub> .....	30
2.4.2. Tests de signification.....	31

## **Chapitre III. Résultats et discussion**

<b>1. Effet insecticide de la poudre des fruits des deux plantes sur <i>Tribolium castaneum</i>...</b>	<b>33</b>
<b>1.1. De <i>Melia azedarach</i>.....</b>	<b>33</b>
1.1.1. Sur les larves.....	33
1.1.2. Sur les adultes.....	33
1.1.3. Sur les larves et les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	34
<b>1.2. De <i>Peganum harmala</i>.....</b>	<b>35</b>
1.2.1. Sur les larves.....	35
1.2.2. Sur les adultes.....	35
1.2.3. Sur les larves et les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	37
<b>1.3. Comparaison de l'effet insecticide de <i>Melia azedarach</i> et <i>Peganum harmala</i> .....</b>	<b>38</b>
1.3.1. Sur les larves.....	38
1.3.2. Sur les adultes.....	38
<b>2. Discussion.....</b>	<b>40</b>
<b>Conclusion et Perspectives .....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>46</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>I</b>

***INTRODUCTION  
GENERALE***

## **Introduction**

La production agricole est généralement saisonnière alors que les besoins des consommateurs s'étendent sur tout le long de l'année, d'où la nécessité de stocker les céréales (Mikolo et *al.*, 2007) dont le but principal est l'étalement de la consommation de denrées récoltées ponctuellement dans l'année. S'y ajoutent de nombreux facteurs socio-économiques dont l'importance pour le revenu des paysans est énorme (Ntsam, 1989). La nécessité de stocker les produits récoltés est fonction d'un certain nombre de facteurs: La nature du produit, sa destination, sa durée de conservation et la quantité à stocker. (Ntsam, 1989)

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la période de consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage. Cette nécessité est renforcée par l'importation des céréales dont leur production locale est insuffisante (blé). De mauvaises conditions de stockage ont des effets irréversibles sur la quantité et la qualité du grain. En effet, de nombreux agents de détériorations ( insectes, acariens, vertébrés, moisissures...) sont la cause de la perte d'une grande partie des récoltes de céréales (Pfohl-Leszkowicz, 1999). Davidson et Lyon, 1979 estiment que les pertes des grains céréales stockés dans les pays développés sont de 5% et de 30% dans les pays sous développés.

Les insectes des denrées stockées représentent une partie très importante des ravageurs des céréales stockées. Ils peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et/ou la quantité des produits stockés. D'après la FAO (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale.

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants. 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 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.

Pour mettre en valeur ces ressources naturelles locales, les plantes médicinales à effet insecticide plusieurs prospections de terrain et d'enquêtes et de recherches bibliographiques ont été effectuées. Finalement notre choix a porté sur deux plantes, *Melia azedarach* et *Peganum harmala*

L'objectif essentiel de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de ces deux plantes sur un insecte ravageur des céréales stockées dans la région de Sétif, il s'agit de *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae).

Le présent document a été scindé en trois chapitres. Après une introduction, le premier chapitre rapporte une revue bibliographique ayant un rapport direct avec le travail proposé. Le second chapitre présente le matériel végétal et animal ainsi que les différentes appliquées dans cette étude. Dans le troisième et dernier chapitre, nous rapporterons les résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

# ***CHAPITRE I***

*Revue bibliographique*

## **1. Types de structures de stockage des grains de céréales**

La fonction des structures de stockage des céréales est multiple. Elle consiste à préserver la denrée avec le maximum de sécurité contre les dégradations physiques, chimiques et biologiques, d'empêcher ou de minimiser les attaques de l'entomofaune déprédatrice, et d'assurer la régularité de l'approvisionnement des familles ou des marchés jusqu'à la prochaine récolte (Ntsam, 1989). Ces structures sont fonction des besoins de stockage mais aussi de la nature ou de l'importance de l'activité. Il existe plusieurs types de structures de stockage:

### **1.1. Le stockage traditionnel**

Le mode de stockage traditionnel dépend des conditions climatiques, notamment du taux d'humidité ambiant, et des matériaux locaux disponibles. Les agriculteurs utilisent, en général, des greniers dont la description et l'efficacité pratique varient d'une région à l'autre. Dans les hauts plateaux algériens, le stockage traditionnel se fait au champ ou à proximité des habitations dans des greniers qui sont en fait des enceintes creusées dans un sol argileux, c'est ce qu'on appelle " El matmour". Ce type de greniers ne met pas les produits à l'abri des attaques des rongeurs et des insectes. Le stockage traditionnel remonte à la plus haute antiquité (Diawara et al., 1989). Il est utilisé dans plusieurs pays de l'Afrique, au Proche Orient et en Asie (Bartali, 1990).

### **1.2. Le stockage en vrac**

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. (Doumandji et al., 2003). Dans ce type de stockage des contaminations sont possibles, d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi de libre passage aux oiseaux, rongeurs et insectes est possible. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre. Ce moyen de stockage indispensable face à l'insuffisance des installations spécialisées aura tendance à disparaître dans l'avenir. (Doumandji et al., 2003)

### **1.3. Le stockage en sac**

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute. Les sacs sont entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars (Doumandji et al., 2003). La conservation est notablement améliorée si le sac en toile de jute est doublé intérieurement par un sac plastique. Les entrepôts doivent être exempts d'infestation et le produit doit être sec (Ntsam, 1989). En cas de traitements chimiques, cette toile de jute permet le passage des fumigants, pesticide très volatiles capable d'agir sur l'appareil

respiratoire des insectes. Souvent ce type de stockage est passager dans les milieux où l'autoconsommation est forte. (Doumandji et *al.*, 2003)

#### **1.4. Entreposage en silo**

Un silo est un réservoir de grande capacité (généralement de forme cylindrique) destiné à entreposer, à conserver, et à stocker des récoltes. Richard, (2002), propose aux producteurs une bonne vérification du matériel nécessaire avant de penser à entreposer du blé à long terme. Il est nécessaire au moins de déposer du matériel suivant: une cellule de stockage propre, un plancher d'aération complète, du blé sec, un plan de traitement des insectes du grain entreposé, une bonne compréhension de la teneur en eau d'équilibre et de la température pour le blé. On distingue deux types de silos:

##### **1.4.1. Le silo en métal**

Ce type de silo est constitué de cellules formées de plaques en tôles ondulées, d'une épaisseur bien déterminée. Ces cellules sont destinées pour les céréales sèches de 12 à 13% d'humidité.

##### **1.4.2. Le silo en béton**

C'est le moyen de stockage le plus recherché, il résiste mieux aux pressions et chocs que les silos métalliques. Ces silos sont constitués de plusieurs cellules cylindriques en béton armé, mesurent 20 à 22 mètres de hauteur. L'humidité des grains contenus dans ces silos, ne doit pas dépasser 11% (Cheniki et Yahia, 1994).

## **2. Les facteurs de détérioration des grains de céréales entreposés**

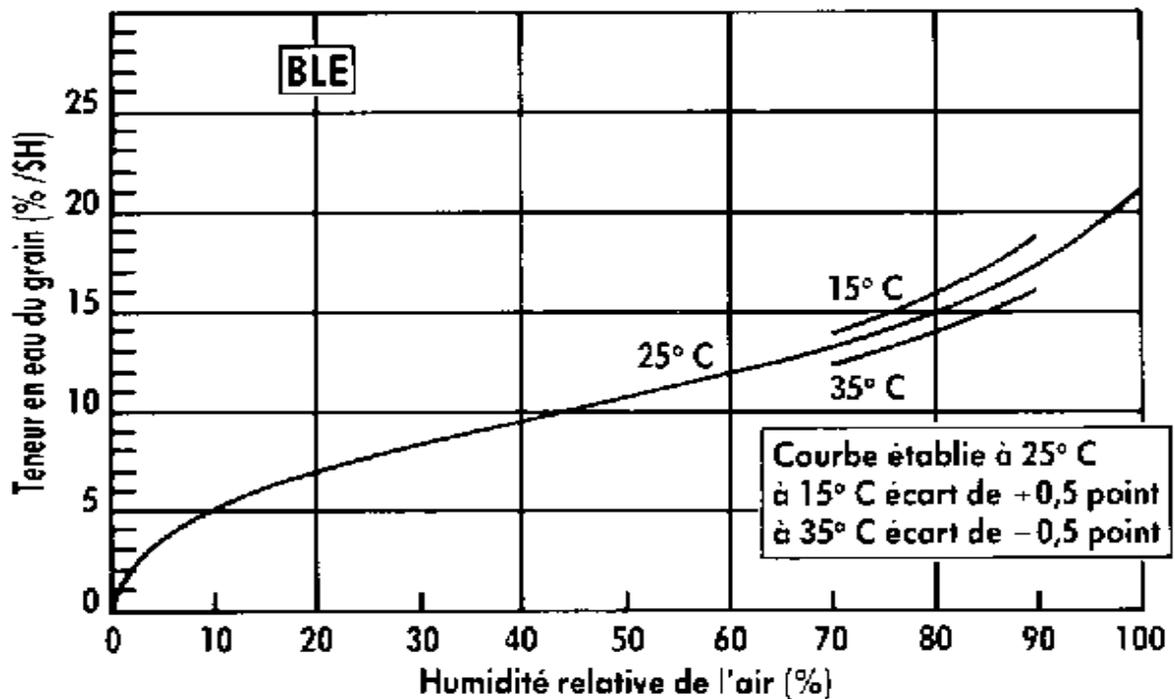
Au cours de leurs stockages les grains de céréales sont sujets à de nombreuses altérations d'où des pertes considérables dans le stock. Ces altérations qui touchent le grain sont d'ordres morphologiques, organo-leptiques, chimiques et biologiques. Les pertes causées aux grains des céréales entreposés sont dues principalement à l'humidité (du grain et du lieu de stockage), la température (du grain et du lieu de stockage), et les insectes. Il est indispensable de les connaître, si l'on veut comprendre pourquoi il arrive que les récoltes se conservent mal (Maisonneuve et Larose, 1985).

### **2. 1. Humidité et température**

La température et l'humidité relative sont certainement les plus importantes puisqu'une augmentation de la teneur en eau du produit ou une augmentation de la température permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique, enzymatique et biologique

L'état d'équilibre qui s'établit entre l'humidité du produit (teneur en eau) et hygrométrie de l'air ambiant (Figure 1) détermine les mécanismes physiologiques et

physico-chimiques responsables des altérations (Christensen., 1970; Pixton et Warburton, 1971; Brunken et al., 1977). Il est conseillé que le degré d'humidité du grain demandé ne doit pas dépasser 11% (Cahagnier et Fleurat-Lessard, 2000), et que l'humidité relative dans les lieux de stockage doit être inférieure à 60 % (Hall, 1970) pour éviter les dégâts, et limiter ainsi l'attaque des ravageurs animaux et des microorganismes (Multon, 1982). Hall (1970) note que lorsqu'on augmente la température de stockage de 32 à 54 °C, l'humidité relative de l'air passe de 95 à 30 %. Cependant une température dans les lieux de stockage variant entre 35 et 40 °C entraînera une fécondité élevée Mesurer la température des grains en stockage est un bon indice et une température élevée au sein du grain indique la présence d'une certaine perte (Cruz et al., 1988).



**Figure 1.** Relation entre la teneur en eau du grain et l'humidité relative de l'air. Hall, 1970

## 2.2. Insectes

Ils sont considérés comme les déprédateurs les plus redoutables, puisqu'ils peuvent vivre sur des grains secs, de plus les céréales constituent un milieu favorable pour leur pullulation. Cependant, l'origine de l'infestation des stocks est variable. L'infestation peut débuter au niveau du champ pour certains insectes, comme elle peut également intervenir le long de la chaîne de post récolte empruntée par la denrée et enfin elle peut se faire dans les entrepôts. En plus, la contamination de la denrée par les insectes à l'intérieur des lieux de stockage, peut être due aux insectes s'y trouvant dedans,

provenant de la proximité ou encore par un mélange entre des grains sains et ceux contaminés.

Les insectes en question appartiennent à l'ordre des Coléoptères et des Lépidoptères (Annexe 1). Chez les Coléoptères, les larves et les adultes sont nuisibles au stock de céréales, alors que chez les Lépidoptères seules les chenilles sont nuisibles. Les insectes qui attaquent les grains des céréales stockés se répartissent en trois catégories:

- Les ravageurs primaires, capables de s'attaquer à des grains sains et entiers. De nombreux travaux leur ont été consacrés. Ils ont abouti quelques fois et des formules permettant d'estimer les pertes en matière sèche. Ainsi les dégâts causés par *Sitophilus oryzae* et *Ryzopertha dominica* ont pu être quantifiés (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989)
- Les ravageurs secondaires ne peuvent déprécier les grains qu'à partir des dégâts causés par les ravageurs primaires, c'est le cas des Tribolium. La perte en matière sèche due aux attaques de ces ravageurs secondaires peut être difficilement estimée (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989; Inge de Groot, 2004).
- Les ravageurs tertiaires se nourrissent de graines cassées, de poussières de graines et de la poudre laissée par les groupes précédents. (Inge de Groot, 2004)

### **2.2.1. Dans le monde**

Selon Gahukar, (1989) in Fleurat-Leussard, (1978) et Christine, (2001), les principaux insectes signalés sur les grains des céréales stockées sont donnés dans le tableau 1. Il est à signaler que la richesse spécifique et l'abondance relative de ce type d'insectes diffèrent d'une région à une autre. Les espèces les plus fréquentes au Canada sont celles qui appartiennent au genre Tribolium notamment *T. castaneum* alors que dans les régions tropicales se sont les espèces appartenant aux genres Sitophilus et Trogoderma.

**Tableau 1:** Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées Christine, (2001)

Espèce	Nom commun	Céréales attaquées
<b>Ordre des Coléoptères</b>		
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	Charançon du riz	Blé orge, riz, maïs, sorgho, mil, millet
<i>Sitophilus zeamais</i> M.	Charançon du maïs	Blé, maïs
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Charançon du blé	Blé
<i>Rhizopertha dominica</i> F.	Capucin des grains	Millet, orge, riz maïs, sorgho
<i>Trogoderma granarium</i> (Everst)	Dermeste des grains	Millet, riz, blé
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	Silvain	Blé, maïs, millet
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Tribolium roux	Blé, maïs, riz, orge, sorgho, mil, millet
<i>Tribolium confusum</i> (Duval)	Tribolium sombre	Riz, millet
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	Cadelle	Blé, maïs
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	petit cucujide plat	Blé
<i>Prostphanus truncatus</i> (Horn)	Grand capucin des grains	Maïs
<i>Carpophilus dimidiatus</i> F.	Carpophile des grains	Maïs
<i>Sitotroga cerealella</i> (Oliv.)	Alucite des grains	Maïs, blé
<i>A. leavigatus</i> (F.)	ténébrion du champignon	Maïs
<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panz)	petit ténébrion mat	Maïs
<i>Corcyra cephalonica</i> (Staint)	pyrale du riz	Riz
<b>Ordre des Lépidoptères</b>		
<i>Sitotroga cerealella</i> (olivier)	Alucite	orge, blé, riz, mil, sorgho, millet
<i>Ephestia cautella</i> walker.	Pyrale des amandes	millet, riz
<i>Ephestia kuehnella</i> (zaller)	Mite de la farine	maïs
<i>Plodia interpunctella</i>	Pyrale des fruits secs	riz, maïs, sorgho, mil
<i>Corcyra cephalonica</i> (staniton)	Mite du riz	blé, maïs, riz, sorgho, millet
<i>Pyralis farinalis</i> L.	Pyrale de la farine	Blé

### 2.2.2. En Algérie

Un nombre important d'insectes des stocks ont été recensées sur les grains de céréales stockées dans différentes régions d'Algérie. Mebarkia et *al.*, 2001; Tazerouti et *al.*, 2001 rapportent que parmi les espèces les plus rencontrées sur les céréales stockées viennent en premier lieu *Tribolium castaneum* avec 30 % suivi de *Sitophilus granarius* avec 20 % et ensuite *Trogoderma granarium* avec 10 % les principaux insectes signalés en Algérie sont résumé dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie  
Mebarkia et *al.*, 2001

Nom scientifique	Céréale attaquée	Famille	Ordre
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Maïs, blé dur et tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	blé dur, blé tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Tribolium castaneum</i> H	blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Tribolium confusum</i> D	blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> S	blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Rhizopertha dominica</i> F	blé dur	Bostrychidae	Coleoptera
<i>Trogoderma granarium</i> E	blé dur, blé tendre	Dermeestidae	Coleoptera
<i>Ephestia kuehniella</i>	blé dur, blé tendre	Pyralidae	Lepidoptera
<i>Plodia interpunctella</i> H	blé dur	Pyralidae	Lepidoptera

### 3. Lutte chimique contre les insectes des céréales stockées

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de grain de céréale intact. De nombreux travaux ont été réalisés pour le contrôle des ravageurs des grains en stockage (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989; Haryacti et Fleurat-Lessard, 1994; Danho et Haubruge, 2003). En Afrique, plusieurs chercheurs se sont intéressés à ce sujet, comme exemple les travaux de Delobel et Malonga, (1987); Seck et *al.*, (1996); Kéita et *al.*, (2001); Pierre, (2004); Jbilou, (2006) et Benayad, (2008). La lutte chimique demeure le moyen de protection le plus efficace avec cependant des avantages et des inconvénients (Hall, 1970; Haubruge et *al.*, 1988; Relinger et *al.*, 1988). Pour la protection des stocks vivriers et les semences, les pesticides fréquemment utilisés appartiennent à deux familles qui sont les organophosphorés, les pyréthroïdes de synthèse et des dérivés actifs obtenues à partir de ces deux familles (Gwinner et *al.*, 1996). Les principaux pesticides utilisés contre les insectes des denrées stockées quelque soit leurs modes d'utilisation sont résumés dans le tableau 3.

D'après Isman (2006), plusieurs pays en développement ont encore recours à l'insecticide DDT et autres polluants organiques persistants (POP). La FAO a rapporté en 2001, qu'environ 30% des produits commercialisés particulièrement dans les pays

d'Afrique subsaharienne ne répondent pas aux normes de qualité internationale à cause du manque de moyen de contrôle efficace. Ceci provoque non seulement des problèmes de résistance chez les insectes ravageurs mais, entraînerait aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine. Cet auteur ajoute que ces pesticides chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Le plus souvent, les pesticides en poudre sont utilisés en le versant sur des tas de grains déposés au sol pour les mélanger à l'aide d'un bâton ou d'une pelle sans matériel de protection adéquat (Traoré et Kalivogui, 1995). Selon ces auteurs, les produits peuvent être aussi saupoudrés couche après couche à l'aide d'un sac en plastique perforé. Ces pesticides de longue persistance assurent la protection des semences depuis les magasins de stockage jusque dans les champs après les semis ainsi que des jeunes plantules contre les insectes et les maladies.

Plusieurs auteurs (Carlos, 2006 et Isman, 2006) ont associé les pesticides à des problèmes de santé et d'environnement. D'après eux, les pesticides chimiques sont, de par leur nature, des produits dangereux et toxiques même à très faibles doses. Isman (2006) affirme qu'un nombre important de travailleurs dans les pays tropicaux et subtropicaux sont intoxiqués ou tués chaque année par des pesticides toxiques à effets aigus dont ils ignorent le mode d'emploi. Le PAN Africain a rapporté en 2003, que près de 750000 personnes de ces pays contractent chaque année une maladie chronique telle que les cancers, suite à une exposition prolongée à des pesticides. Il rapporte aussi que plus de 20000 décès et 3 millions d'empoisonnement annuellement en Afrique sont liés aux pesticides. De nombreux auteurs ont affirmé que l'utilisation inconsidérée des pesticides chimiques a eu d'autres conséquences néfastes, notamment la réduction de la biodiversité, la destruction d'une grande partie des organismes utiles. Aussi, le nombre des espèces d'insectes nuisibles devenues résistantes aux pesticides a augmenté très significativement dans le monde (Greathead, 1992; Mullié et Keith, 1993 ; Gwinner et *al.*, 1996; Gilliom et *al.*, 1999 ; Wania et *al.*, 1999; Panisset et *al.*, 2003; Provost et *al.*, 2003; Dauguet et *al.*, 2006; Glitho et *al.*, 2008).

Cet état de choses constitue aujourd'hui une grande préoccupation dans les pays industrialisés. De nombreux pays industrialisés ont instauré une réglementation stricte vis-à-vis des pesticides afin de limiter leur utilisation. Ceci a entraîné le retrait de nombreux polluants organiques persistants (POP) du secteur de la production alimentaire. Malheureusement, ce n'est pas le cas dans les pays en développement où la réglementation se trouve encore au stade embryonnaire ou inexistant.

**Tableau 3.** Insecticides employés en protection des denrées stockées Gwinner et *al.*, 1996

<b>Matière active(M.a)</b>	<b>DL (mg/Kg)</b>	<b>LMR (ppm)</b>	<b>Persistance (en mois)</b>	<b>Dose en g de matière active par tonne de grains</b>
Pyrethrine	200-900	3	-	1-5
Bioresméthrine	9000	5	5	1,5
Deltaméthrine	139-4000	0,5-5	8-12	0,25-1,5
Chloropyriphos-M	1600-2200	10	3-4	2,5
Dichlorovos	55-80	2	<1	10
Malathion	1400-2800	8	1-1,5	8

#### **4. Les substituants de la lutte chimique**

##### **4.1. La lutte physique**

Elle consiste en l'utilisation de la température basse (froid) ou haute (chaleur). Les basses températures réduisent le développement, la prise de nourriture, la reproduction et la survie des insectes (Fleurat-Leussard, 1978 et Scotti, 1978) (Tableau 4). La température optimale pour la reproduction et le développement de la plupart de ces insectes se situe entre 25 et 33 °C (Herrman, 1998). Edwin *et al.*, (1992) et Saxena *et al.*, (1992) en faisant exposé *Tribolium castaneum* à une température de 45 °C en l'absence de l'oxygène (anaérobie) ont noté une mortalité significative dans la population des larves et des adultes. En dessous de 10°C, le développement des insectes est bloqué. En pays tempéré la ventilation par journée froide permet d'abaisser la température au niveau du stock. En région chaude, cette technique étant coûteuse n'est utilisée que pour le stockage de sécurité des semences. (Cruz, 1988).

##### **4.2. La lutte biologique**

A l'heure actuelle, la protection de l'environnement s'impose en plus comme une préoccupation mondiale majeure. La méthode classique de lutte biologique consiste en l'utilisation de micro-organismes, de prédateurs, de parasitoïdes. De plus les lieux de stockage représentent des systèmes stables, avec des niveaux déterminés de température et de l'humidité, parce qu'ils forment des enceintes closes, ce qui est favorable pour

procéder à une lutte biologique. Selon Hafez et *al.*, (1988) l'acarien *Blattisocius sp* est un prédateur des œufs de *T. castaneum*.

**Tableau 4.** Réponse des insectes des produits entreposés à la température Herrman, 1998

<b>Zone</b>	<b>Température en °C</b>	<b>Effet</b>
Létal	50-60	Mort en quelques minutes
	45-50	Mort en quelques heures
Sous optimaux	35	Le développement cesse
	33-35	Ralentit le développement
Optimale	25-33	Taux maximal de développement
Sous optimaux	13-25	Ralentit le développement
	13-20	Le développement cesse
Létal	5	Mort en jours (non acclimatés), arrête le mouvement
	-10 à +5	Mort en quelques semaines à quelques mois (acclimatés)
	-25 à -15	Mort en quelques minutes, les insectes gèlent

### **4.3. Les insecticides d'origine botanique**

Dans la recherche des méthodes alternatives de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. Depuis l'Antiquité, les végétaux et produits végétaux ont été présentés à afficher non seulement de leurs avantages pharmacologiques, mais d'autres propriétés biologiques, y compris les activités de pesticides (Auger et *al.*, 2004; Khoshnoud et Khayamy, 2008). Ici leurs cibles sont multiples: bactéries, champignons, virus, vertébrés et invertébrés (Auger et *al.*, 2002).

Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées. Il a été rapporté que les Romains utilisaient des poudres préparées à partir de *Veratrum sp.* comme insecticides et rodenticides, tandis que des extraits d'ifs (*Taxus baccata*) ont été utilisés par certains peuples de l'hémisphère nord. Sous les tropiques, l'utilisation du neem (*Azadirachta indica*) est répertoriée depuis au moins 4000 ans (Philogène et *al.*, 2002). Au XIXe siècle, seuls quelques composés d'origine végétale

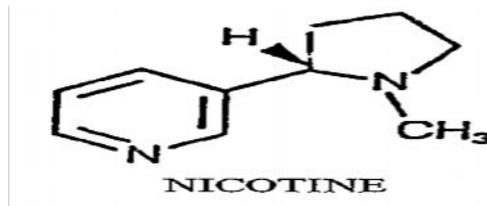
étaient identifiés et abondamment utilisés comme répulsifs ou produits toxiques parmi lesquels il y avait la nicotine (alcaloïde) et ses dérivés, la roténone, les pyrèthres et les huiles végétales. La nicotine servait à lutter contre les insectes piqueurs suceurs des plantes vivrières. La roténone s'est révélée un composé phytosanitaire du plus haut intérêt. Elle est utilisée pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (Weinzeirl, 1998). Les pyrèthres servaient pour se débarrasser des poux lors de les guerres napoléoniennes (Ware, 1991). À cause de ces aspects, les pyrèthrinoïdes de synthèse ont fait leur apparition (Weinzeirl, 1998). Les huiles ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Aujourd'hui, les huiles sont très utilisées aux États-Unis pour la protection des vergers dont certains insectes ravageurs (*Dysaphis plantaginea* et *Panonychus ulmi*) sont devenus résistants à diverses familles d'insecticides (Weinzeirl, 1998). Les problèmes de contamination de l'environnement, de résistance des populations de ravageurs et des effets nocifs sur les organismes non visés ont contribué au renouveau d'intérêt pour les molécules présentes dans les végétaux et les agents de contrôle des insectes.

D'après Kéita et al., (1999) et Isman (2000), que plus de 1000 plantes recensées ont des propriétés variant de la dissuasion à la répulsion avec association de l'anti-appétence ou la létalité contre les ennemis des cultures et des stocks. Mais l'évaluation scientifique de l'efficacité de ces substances dans les situations réelles dans les stocks n'a que rarement été démontrée. Peu d'articles traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains au cours du stockage ont été publiés avant la décennie 90 (Léonard, 2004). Les premiers articles ont été répertoriés entre 1991 et 1995.

### **4.3.1. Les principaux composés actifs d'origine végétale**

#### **4.3.1.1. Nicotine**

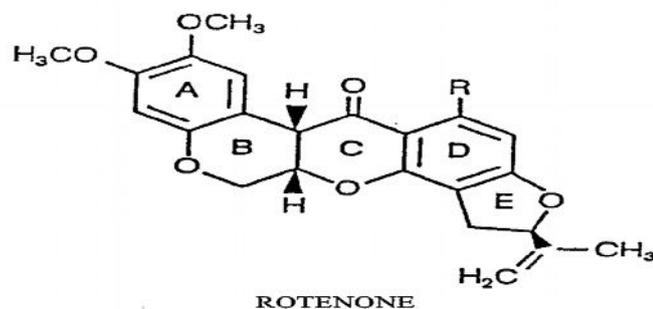
La nicotine est une base forte, volatile. Structuralement, elle comporte une pyrrolidine et une pyridine, respectivement biosynthétisées à partir de la putrescine et de l'acide nicotinique (Bruneton, 1999). Cet alcaloïde (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>) (Figure 2), très stable et présentant une grande toxicité sur les insectes. Seule la nicotine naturelle lévogyre possède des propriétés insecticides. Sa volatilité en fait un excellent insecticide par inhalation mais sa stabilisation sous forme de sels, sulfate, oléate ou stéarate, la transforment en un insecticide par ingestion plus actif que l'alcaloïde seul (Dajoz, 1969). Elle est principalement utilisée dans des préparations complexes sous forme de sulfate en solution alcaline ou sous forme de savons, comme fumigeant ou en aérosol de contact dans les serres (Weinzeirl, 1998).



**Figure 2.** Structure chimique de la nicotine Philogène et *al.*, 2002

#### 4.3.1.2. Roténone et roténoïdes

La roténone (Figure 3) a été est révélée comme étant un composé phytosanitaire du plus haut intérêt. Le principe actif, un dérivé flavonoïde a été isolé par Geoffroy en 1895 du *Lonchocarpus nicou*, une papilionacée d'Amérique. On trouve la roténone en abondance dans 67 espèces de Papilionacée. La roténone est le plus actif des composés roténoïdes à action insecticide dont la digueline (extraite de *Deguelia* d'Afrique), le toxicarol (*Tephrosia toxicaria* d'Amérique centrale), l'elliptone, le malaccol et le sumatrol, qui ont été isolés de ces plantes. La roténone est particulièrement attrayante car elle n'agit pas sur le système nerveux mais sur les mécanismes de la respiration cellulaire, à l'opposé de la nicotine, elle inhibe les oxydations cellulaires en interrompant le transfert dans la chaîne respiratoire, portant atteinte au métabolisme énergétique mitochondrial. (Philogène et *al.*, 2002)

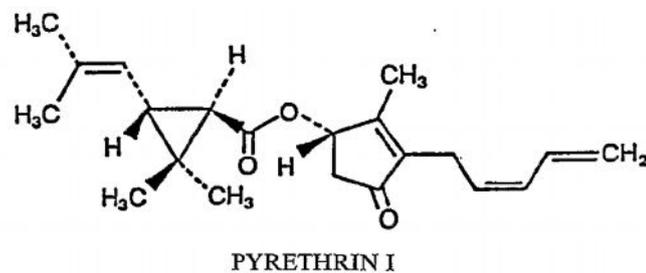


**Figure 3.** Structure chimique de la roténone. Philogène et *al.*, 2002

#### 4.3.1.3. Pyrèthre

Les pyrèthres sont isolés de plantes appartenant à la famille des Astéracées. Les substances actives contre les insectes sont contenues dans les fleurs. Elles doivent leur activité insecticide au pyrèthre (Philogène et *al.*, 2002). Les constituants actifs sont des esters monoterpéniques: les pyréthrine, ce terme désigne en fait un mélange de six esters pyréthrine I (Figure 4) et II, cinérine I et II, et jasmoline I et II résultant de l'estérification de deux acides et de trois alcools de structures voisines (Bruneton, 1999; Philogène et *al.*, 2002). Les pyréthrine sont les plus abondantes, et sont toxiques pour

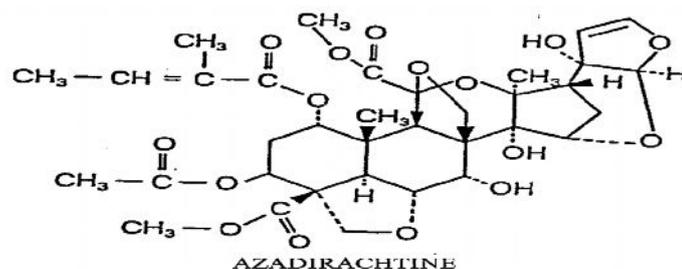
les animaux à sang froid: poissons, batraciens et insectes. Les pyréthrine sont des poisons nerveux qui agissent aussi bien au niveau des fibres sensibles que des fibres motrices. Elles entraînent ainsi une incoordination, une hyperactivité puis la paralysie et la mort de l'insecte. Ils agissent en perturbant la conduction nerveuse par un ralentissement de la fermeture des canaux  $\text{Na}^+$  au cours de la phase de reconstitution du potentiel d'action des neurones. Leur toxicité aigue pour l'homme et les animaux domestiques est négligeable par voie orale (Bruneton, 1999). Toutefois, la grande instabilité de la pyréthrine à la lumière, à l'air et à l'humidité réduit considérablement tous les risques liés à son utilisation (Philogène et *al.*, 2002).



**Figure 4.** Structure chimique de la pyréthrine I Philogène et *al.*, 2002

#### 4.3.1.4. Azadirachtine

L'Azadirachtine (Figure 5) ce principe actif isolé des Meliaceae est un inhibiteur de croissance (Isman, 1997). Cette dernière activité est le résultat d'une intervention sur la synthèse des ecdystéroïdes par inhibition de la libération de l'hormone protothoracicotrope (PTTH) produite par les cellules neurosécrétrices. Les mues ne peuvent plus se produire normalement, interrompant ainsi le cycle reproductif de l'insecte. Déjà testée sur plus de 300 insectes parmi lesquels les Noctuelles, les Cicadelles, le Doriphore, les Torticidés et les Curcurlionidés, l'azadirachtine a manifesté une activité qui s'accompagne d'une grande variabilité des DL50 sur plus de 90 % d'entre eux (Philogène et *al.*, 2002).



**Figure 5.** Structure chimique de l'azadirachtine Philogène et *al.*, 2002

## **4.3.2. Les différents modes d'utilisation des plantes insecticides**

### **4.3.2.1. Extraits des végétaux**

Différentes techniques d'extraction des plantes peuvent être utilisées, selon qu'il s'agit d'extraits huileux ou aqueux (Collin, 2000). Il est à noter que les extractions peuvent concerner les différentes parties du végétal. Cependant la quantité des matières actives diffère selon les parties et le stade physiologique de la plante.

#### **a. Extraits huileux**

L'extraction des huiles essentielles des végétaux peut se faire par diverses techniques sur le végétal brut coupé en petits morceaux soit à partir du broyat (poudre). Les plus employées sont: l'hydrodistillation, l'extraction par les solvants (Bruneton, 1999; Bencheikh, 2004; Batish et *al.*, 2008). Le produit de ce type d'extraction; les huiles essentielles sont un complexe de mélange de terpénoïdes, notamment des monoterpènes (C10) et des sesquiterpènes (C15), et une variété de phénols aromatiques, d'oxydes, d'éthers, d'alcools, d'esters, d'aldéhydes et de cétones qui déterminent l'arôme caractéristique et l'odeur de la plante. La présence de monoterpènes volatils constitue une importante stratégie de défense pour les plantes, notamment contre les insectes phytophages et les champignons pathogènes (Langenheim, 1994). Les propriétés insecticides des huiles agissent de différentes manières et à différents niveaux. De leurs propriétés physiques résultent plusieurs types de toxicité: une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatils, une toxicité de contact qui provient de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie, mais aussi d'une pénétration en profondeur grâce au caractère amphibolique de certains de leurs composés.

#### **- Extraction par hydrodistillation**

L'hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Luicita-Laguner, 2006 et Bruneton, 1999).

#### **- Extraction par les solvants organiques**

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on peut extraire par distillation. Elle est basée sur le pouvoir qu'ont certains solvants organiques à dissoudre les effectués à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé « concrété » (Duraffourd et *al.*, 1990). Les solvants les

plus utilisés sont les hydrocarbures aliphatiques : l'éther de pétrole et l'hexane, mais aussi le propane ou butane liquide (sous pression). Si le benzène est un bon solvant, sa toxicité limite de plus en plus son utilisation. On a également recours aux solvants halogénés et à l'éthanol, ce dernier étant surtout utilisé pour l'obtention des absolues et des rétinoides lavés. Après l'extraction, le solvant est distillé et en fin de l'opération, le solvant qui imbibé la masse végétale est récupéré par injection de vapeur d'eau dans celle-ci (Bruneton, 1999).

#### **b. Extraits aqueux**

Ils peuvent se faire soit à l'eau froide ou à l'eau chaude. Ils différentes méthodes d'extractions aqueuses des plantes, dont les principales sont:

##### **- L'infusion**

Ici l'eau bouillante est versée sur les plantes dans un récipient couvert, puis maintenue en contact durant 5 à 10 minutes. L'ensemble est filtré pour l'infuser. L'infusion est adaptée aux parties des plantes délicates telles que les feuilles, les fleurs et les sommités fleuries (Fluck, 1997 in Abbaoui, 1998 et Beloued, 1998).

##### **- La macération**

C'est une solution obtenue en traitant pendant un temps plus ou moins long une plante ou une partie de celle-ci par immersion dans l'eau froide (Fluck, 1997 in Abbaoui, 1998 et Beloued, 1998).

##### **- La décoction**

La plante est mise dans l'eau bouillante et maintenue en ébullition pendant 5 à 15 minutes. On filtre ensuite le liquide obtenu (le décocté) (Fluck, 1997 in Abbaoui, 1998 et Beloued, 1998). Cette technique est adapté aux parties dures et compactes (bois, écorce, tige, racine) qui ne délivrent leurs principes actifs que sous l'action prolongée de la chaleur.

#### **4.3.2.2. Sous forme de poudre ou plante entière**

Après lavage et séchage des plantes, celles-ci peuvent être utilisées en vrac ou en poudre. Ces dernières, plus efficaces, sont obtenues par broyage à l'aide d'un broyeur électrique ou un mortier en porcelaine. Le broyât obtenu sera tamisé (tamis de mailles de 0,5 mm de diamètre), pour former une poudre fine à particules de granulométrie homogène. Le produit ainsi obtenu est stocké dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation (Leon et al., 2003).

# ***CHAPITRE II***

## *Matériels et méthodes*

## **1. Matériels**

### **1.1. Matériel végétal : Les plantes insecticides**

Plusieurs espèces végétales ont été recensées comme étant des plantes insecticides ou phagorépulsives. Parmi celles qui ont fait l'objet de test de toxicité sur *Tribolium castaneum* dans cette étude sont *Melia azedarach* et *Peganum harmala*. Ce choix se justifie également par le fait qu'il s'agit de deux plantes qui existe en Algérie et qu'aucune étude n'a été réalisée dans ce sens.

#### **1.1.1. *Melia azedarach***

##### **1.1.1.1. Position systématique**

La classification de *M.azedarach* peut être résumée ainsi (Caratini 1971):

Règne: Plantae

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordre: Sapindales

Famille: Meliaceae

Genre: *Melia*

Espèce: *Melia azedarach* L.

Nom commun: Neem

##### **1.1.1.2. Origine et distribution géographique**

*Melia azedarach* L. est un arbre d'ornement à croissance rapide. Il se produit généralement dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie. Il serait originaire de Perse, la Chine et l'Inde (Peter et *al.*, 2003). Cette espèce est cultivée et naturalisée dans toute l'Inde. De nos jours, il est aussi cultivé dans d'autres régions chaudes du monde en raison de sa grande tolérance climatique (Senthil-Nathal et *al.*, 2006). De là, *M. azedarach* est naturalisé dans un certain nombre de pays, tels qu'en Afrique dont l'Algérie, en Australie et dans les Amériques. (Méndez et *al.*, 2002; Huang et *al.*, 1997; Peter et *al.*, 2003).

##### **1.1.1.3. Description botanique**

*Melia azedarach* est un arbre de la famille des Meliaceae (Figure 6). Il est haut de 6-12 m, certaines variétés de la forêt tropicale pour atteindre 30 à 45 mètres (Oelrichs et *al.*, 1985; Hare et *al.*, 1997). L'écorce est brun rougeâtre et est fissuré sur des arbres arrivés à maturité. Les inflorescences en panicules axillaires sont lâches et longs de 10 à 20 cm, aux fleurs violettes (Figure 7), parfumées et en forme d'étoile, de

1-2 cm de diamètre, à 5 pétales étroits. Les fruits à maturité sont de couleur jaune et sont sphérique (Figure 8).

#### 1.1.1.4. Composition chimique

En plus de ces composés chimiques des fruits de *Melia azedarach* (Tableau 5), nous notons également la présence des flavonoïdes, des alcaloïdes, des lignans, et des triterpènes ont été décelés dans les Meliaceae (Srivastava, 1986; Champagne et *al.*, 1989; Sharma et *al.*, 1992 ; Nakatani et *al.*, 1994; Huang et *al.*, 1996). Les composés les plus efficaces sont des tetranortriterpenoides. Ces composés sont les régulateurs de croissance d'insecte (IGRs). Il doit sont activité insecticide principalement à des composés limonoides principalement l'azadirachtine (figure 5). Les azadirachtines sont des inhibiteurs de croissance (Isman, 1998). Cette dernière activité est le résultat d'une intervention sur la synthèse des ecdystéroïdes par inhibition de la libération de l'hormone protothoracicotrope (PTTH) produite par les cellules neurosécrétrices. Les mues ne peuvent plus se produire normalement, interrompant ainsi le cycle reproductif de l'insecte.

**Tableau 5.** Analyse chimique des fruits de *M. azedarach* selon le stade de maturation (Chiffelle et *al.*, 2009)

Anlyses	Fruit immature	Fruit mature
Cendres %	5.12 ± 0.10	4.40 ± 0.06
Proteines %	6.87 ± 0.15	5.98 ± 0.56
Lipides %	5.23 ± 0.17	5.17 ± 0.29
Fibre brute %	35.70 ± 0.13	38.68 ± 0.93
NNE %	47.08 ± 0.55	45.77 ± 1.84

#### 1.1.1.5. Usages

##### a. Usage thérapeutique

*M. azedarach* est utilisée dans certains pays dans la médecine traditionnelle. En Algérie, les produits de cet arbre sont utilisés comme tonique et antipyrétique, en Afrique du Sud, contre la lèpre, les crises d'asthme et d'eczéma (Maciel et *al.*, 2006). Le jus des feuilles de cette plante est utilisé comme vermifuge et diurétique. L'utilisation de décoction de ses feuilles et de fleurs comme abortif s et en Afrique de l'Est et de l'Arabie saoudite .Il a été rapporté depuis bien longtemps que *M. azedarach* est une plante toxique pour l'homme Les feuilles, l'écorce et les fleurs se sont avérées toxiques, mais la grande majorité des cas surviennent à partir de l'ingestion de fruits. Les enfants

auraient trouvé la mort après avoir mangé des fruits mûrs et auraient développé des ulcères malins après avoir introduit des fruits dans leur nez. La mort survient après quelques jours de la consommation des fruits, et est précédée par des symptômes de nausées, de vomissements, de diarrhées, de soif intense, de sueurs froides, de la somnolence et des convulsions. (Peter et *al.*, 2003).

#### **b. Usage insecticide**

Les différentes parties peuvent être utilisées pour la lutte contre les insectes nuisibles. Les extraits de fruits de *M. azedarach* agissent négativement sur le développement et la croissance des insectes. Ils réduisent la fécondité, provoquent des troubles dans la mue, interviennent dans les changements de comportement (Senthil nathal et *al.*, 2006) Les extraits des feuilles et des fruits *Melia azedarach* ont montré leur efficacité insecticide sur de nombreux insectes (Alessandro et Stella, 1993; Nardo et *al.*, 1997; Valladares et *al.*, 1997; Banchio et *al.*, 2003) .



**Figure 6.** Arbre de *Melia azedarach*



**Figure 7.** Fleurs de *Melia azedarach*



**Figure 8.** Fruits de *Melia azedarach*

### **1.1.2. *Peganum harmala***

#### **1.1.2.1. Position systématique**

La famille des *Zygophyllaceae* compte environ 24 genres avec 240 espèces appartenant aux Xérophytes et Hallophytes. Caratini, (1971) résume la classification de *Peganum harmala* ainsi:

Règne: Plantae

Sous règne: Tracheobionta

Super division: Spermatophyta

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre: Sapindales

Famille: Zygophyllaceae

Genre: *Peganum*

Espèce: *Peganum harmala* L.

Nom(s) commun(s) et synonyme(s):

- Harmel; Armel; L'Harmel (au Maghreb)
- Bender tiffin en Tamachek (Touareg)
- Espand; Esfand; Hormol; Spélanè (en Afghanistan)
- Rue sauvage; Rue verte; Pégane (en France);
- Harmel Sahari (en Algerie)
- Bizr el Harmel (en Egypte)

### 1.1.2.2. Origine et distribution géographique

*Peganum harmala* L. une plante originaire d'Asie centrale (Kartal et *al.*, 2003; Mirzaie et *al.*, 2007). Selon Quezel et Santa, (1963) *Peganum harmala* présente la distribution suivante:

- En Afrique: Elle surtout répandue dans les zones arides méditerranéennes (Maroc oriental, Sahara septentrional et hauts plateaux Algériens, Tunisie, steppes de la Lybie, déserts d'Egypte)
- En Europe: elle est très commune dans les zones sèches (Espagne, steppes de la Russie méridionale, Hongrie)
- En Asie: elle est répandue dans les steppes de l'Iran, du Pakistan, du Turkestan jusqu'au Tibet et en Sibérie et se prolonge jusqu'au Nord de l'Inde et au Nord de la Chine (Abbassi et *al.*, 2003)

### 1.1.2.3. Description botanique

Le harmel est une plante herbacée, vivace, glabre, buissonnante de 30 à 90 cm de hauteur à rhizome épais, à odeur forte désagréable (Figure 9). Les tiges dressées, très rameuses disparaissent l'hiver; elles portent des feuilles alternes, découpées en lanières étroites. Les fleurs solitaires (Figure 10) fleurissent de février à juin, assez grandes (25 à 30 mm), d'un blanc-jaunâtre veinées de vert sont formées de:

- cinq sépales verts, linéaires, persistants qui dépassent la corolle.
- cinq pétales elliptiques.
- dix à quinze étamines à filet très élargies dans leur partie inférieure.
- l'ovaire, globuleux, repose sur un disque charnu et aboutit à un fruit (Figure 11) qui est une capsule sphérique, à trois loges, de 6 à 8 mm déprimée au sommet, entourée des sépales persistants et s'ouvrant par 3 ou 4 valves pour libérer les graines.
- les graines (Figure 12): nombreuses, petites, anguleuses, subtriangulaires, de couleur marron foncé, dont le tégument externe est réticulé, ont une saveur amère; on les récolte en été (Chopra et *al.*, 1956; Quezel et Santa, 1963).

### 1.1.2.4. Composition chimique

*P. harmala* est très réputé pour sa richesse exceptionnelle en alcaloïdes surtout au niveau des fruits et des racines (Mahmoudian et *al.*, 2002), ce qui la classe parmi les plantes hallucinogènes à effets psychotropes. Ces alcaloïdes ont donné lieu à de nombreux travaux d'isolement, d'études de structure et de synthèse chimique. Ils renferment les  $\beta$ -carbolines comme: harmine, harmaline (identique à l'harmidine), harmalol et l'harman et les dérivés de quina-zoline : vasicine et vasicinone. Les

graines mûres sont plus riches en alcaloïdes par rapport aux immatures (Kamel et *al.*, 1970 in Mahmoudian et *al.*, 2002). La structure chimique des différents composés actifs présents est la suivante:

- **Harmaline (harmidine)**.  $C_{13}H_{15}ON_2$  est le premier composé qui a été isolé par Göbel des graines et des racines de *P. harmala*, Paris et Moysé, (1981); Dorvault, (1982) rapportent que l'harmaline est un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine, elle constitue les 2/3 des alcaloïdes totaux de la graine, elle serait deux fois plus toxiques que l'harmine. Cette dernière est considérée comme étant le principal composé actif de ces alcaloïdes (Budavari et O'neil, 1996). Son hydro-chloride dihydrate, qui cristallise en jaune est modérément soluble dans l'eau et l'alcool.

- **Harmine (banisterine)**.  $C_{13}H_{12}ON_2$  – est lentement soluble dans l'eau et l'alcool ou l'éther. Du point de vue pharmacologique, l'harmine ressemble à l'harmaline dans ses actions mais moins toxique (Budavari, 1989).

- **Harmalol**.  $C_{12}H_{12}ON_2$  - Dans l'eau, il cristallise en trihydrate. Dans l'eau chaude il est très soluble. Exposé à l'air, cet alcaloïde devient très instable (Glasby, 1978 in Mahmoudian et *al.*, 2002)

- **Harman**.  $C_{12}H_{10}N_2$ - Cet alcaloïde cristallise sous l'action de plusieurs solvants organiques. Il est soluble dans le méthanol, alcool, acétone, chloroforme, ou l'éther mais modérément soluble dans l'eau chaude (Glasby, 1978 in Mahmoudian et *al.*, 2002)

- **Vasicine (peganine)**.  $C_{13}H_{15}ON_2$  - Dans *P. harmala* il est connu sous le nom de Peganine.

- **Vasicinone**.  $C_{11}H_{10}O_2N_2$

Il est à noter que l'huile de graines contiennent principalement le linoléique, l'oléique et les acides palmitique (Kusmenoglu et *al.*, 1995). Il est à noter que peu d'études, relatives à des flavonoïdes et des volatiles ont été signalés pour la partie aérienne de *P. harmala*

#### 1.1.2.5. Usages

Différentes activités biologiques ont été rapportées pour l'harmine et les autres alcaloïdes contenus dans les graines de *P. harmala*. (Hemmateenejad et *al.*, 2006).

##### a. Usage thérapeutique

C'est une espèce très toxique pour les animaux et en particulier l'homme (Aqel et Hadidi., 1991; El Bahri et Chemli, 1991; Ayoub et *al.*, 1994 et Bruneton, 1999).

Toutes les parties de *Peganum harmala* sont utilisées en médecine traditionnelle algérienne et maghrébine pour traiter différents troubles. Elle est responsable de la paralysie du système nerveux et entraîne la mort par arrêt respiratoire chez les vertébrés, et peut provoquer l'interruption de grossesse chez les femmes. Elle est également abortive et anti-fertilisante chez les rats. *P. harmala* est douée d'activités antibactériennes, antifongiques (Abdel-Fattah et al., 1997). Elle est efficace dans le traitement des dermatoses (Saad et Rifaie, 1980), l'hypothermie (Abdel-Fattah et al., 1995), du cancer (Muhi-eldeen et al., 2008), anthelminthique et antispasmodique (Prashanth et John, 1999). Elle a été utilisée dans la médecine chinoise traditionnelle par exemple dans le traitement des rhumatismes et des abcès (Maa et al., 2000). Dans la médecine traditionnelle marocaine, les graines de *Peganum harmala* ont été utilisées sous forme de poudre, décoction, macération ou infusion dans le traitement de la fièvre, la diarrhée, l'avortement et des tumeurs sous-cutanées (Farouk et al., 1993). Cette plante est également utilisée pour le traitement de l'asthme, la jaunisse, lumbago et de nombreuses autres affections de l'homme (Dymock et al., 1976; Nadikarni, 1976). En Turquie *Peganum harmala* a été utilisée comme colorant utilisé pour les tapis. C'est une source de la richesse de couleur de teinture de textile. (Kartal et al., 2003). (Farouk et al., 1993; Prashanth et John, 1999; Abbassi et al., 2003; Berrougui et al., 2006; Shamsa et al., 2007 et Shahverdi et al., 2008 )

#### **b. Usage insecticide**

Dans les dernières années les chercheurs étudier la toxicité des extraits de *Peganum* sur les insectes. Ainsi des feuilles de *Peganum harmala* en floraison ont été testé sur la leur pouvoir insecticides sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Abbassi et al., 2005. et également des extrait de cette plante sur l'activité biologique des larves *Tribolium castaneum* (Herbst) Jbilou et al., 2008.



**Figure 9.** Plante de *Peganum harmala*



**Figure 10.** Fleurs de *Peganum harmala*



**Figure 11.** Fruits de *Peganum harmala*



**Figure 12.** Graines de *Peganum harmala*

## **1.2. Matériel animal: *Tribolium castaneum***

### **1.2.1. Position systématique**

En se référant à plusieurs auteurs dont Perrier, (1961 ,1964) et Weidner et Rack (1984) la classification de ce ravageur se résume comme suit:

Embranchement: Arthropoda

Classe: Insecta

Ordre: Coleoptera

Sous-ordre: Polyphaga

Famille: Tenebrionidae

Genre: Tribolium

Espèce: *Tribolium castaneum* Herbst

Nom commun: Le Tribolium connu sous le nom de « bogue de son»

### **1.2.2. Origine et répartition géographique**

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

### **1.2.3. Description**

#### **1.2.3.1. Adulte**

L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (Figure 13). Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé.. Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites. Les tarsi antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarsi postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, mais denticulés. Les téguments sont presque toujours très robustes et de teinte foncée (Christine, 2001). Il est très difficile de distinguer les mâles des femelles sauf au stade nymphal. Hinton (1948) rapporte qu'il est possible de les séparer, le mâle porte au niveau des pattes une épine à soie.

#### **1.2.3.2. Nymphe**

La nymphe a une forme cylindrique. Elle est de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (Figure 14) (Christine, 2001).

#### **1.2.3.3. Larve**

Les larves sont vermiformes (Figure 15) et pourvues de pattes (Godon et Willm, 1998), à l'extrémité du dernier segment abdominal, il y a une paire de courts

appendices, les « urogomphes ». La larve mesure 6 mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres.

#### **1.2.3.4. Oeufs**

Les œufs sont blanchâtres ou sans couleur et microscopiques dans la taille, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface.

#### **1.2.4. Bioécologie**

Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs. Au cours de sa vie la femelle pond entre 300 et 1000 œufs. Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours selon la température et l'humidité relative (How, 1956). Les œufs n'éclosent pas à une température de 40 °C et plus. La température idéale pour l'éclosion est de 28,5°C. Holdaway (1932) signale que le taux d'éclosion augmente avec l'augmentation de la température. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. Mickel et Standish (1946) et How (1956) notent que les larves sont plus sensibles aux variations climatiques que les œufs. Les larves se développent plus rapidement lorsque la température est de 35°C et l'humidité relative est de 100 %. A 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines. La durée de développement de la nymphe n'est pas influencée par l'humidité relative mais par la température, le développement de la nymphe est influencé par la température et l'humidité relative. La durée du cycle dure 33 jours à une température de 28,5°C et une humidité relative variant entre 65 et 75 % Dawson (1964). Young (1970) rapporte que le cycle de vie de *Tribolium castaneum* (Figure 16) se répartie en: 4,7 jours pour les œufs, 20 jours pour les larves et 6,7 jours pour les nymphes. L'adulte qui émerge de la nymphe vit en moyenne 6 mois mais il peut survivre jusqu'à une année et demie. Durant sa vie l'adulte s'accouple plusieurs fois.

*T. castaneum* fuit la lumière et a des mœurs nocturnes. Ces mœurs lui ont permis de s'adapter à des régions extrêmement arides, où la vie est difficile pendant les heures chaudes de la journée.



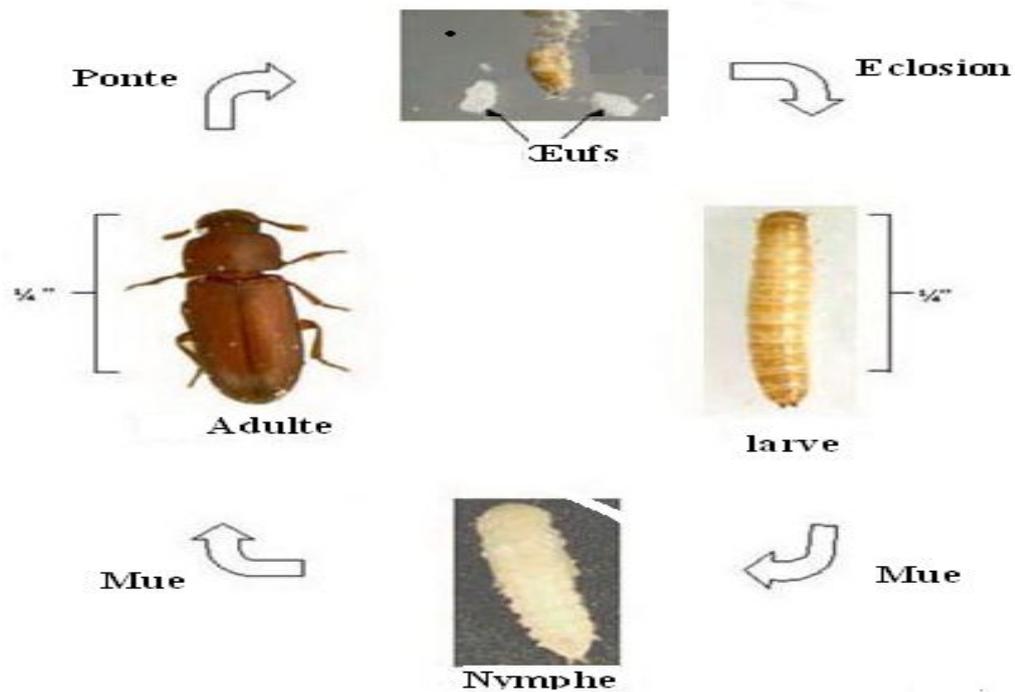
**Figure 13.** Vue dorsale d'un adulte *T. castaneum* (1 cm = 1mm)



**Figure 14.** Vues dorsale et ventrale de nymphes de *Tribolium castaneum*



**Figure 15.** Larve de *Trbolium castaneum* (1 cm = 1,5 mm)



**Figure 16.** Cycle de vie de *Tribolium castaneum*

### 1.2.5. Importance économique

Cette espèce a eu une longue association avec l'alimentation humaine stockées et a été trouvé en association avec un large éventail de produits de base dont les céréales, farine, pois, haricots, cacao, noix, fruits secs et épices, mais les produits de céréales moulues, comme la farine semble comme leur aliment préféré (Campbell et Runnion, 2003). La larve et l'adulte de *Tribolium castaneum* attaquent les grains de préférence déjà endommagés par d'autres insectes. Ils escortent souvent les charançons dont ils parachèvent les dégâts. D'autres auteurs rapportent que les larves et les adultes peuvent s'attaquer aux grains de céréales sains (c'est ce que nous avons constaté). Desmarchelier (1988) et Sinha et *al.*, (1988) ont observé et récolté des larves et des adultes sur les grains de céréales et la farine stockés. Cette dernière devient alors brune et a une odeur désagréable, qui peut persister dans les produits transformés (Christine, 2001). Ils souillent les grains et la farine par les dépouilles des mues larvaires.

### 1.2.6. Moyens de lutte utilisés contre *T. castaneum*

Le contrôle de cet insecte se fond généralement sur l'utilisation des insecticides synthétiques tels que Pyrethrine, Dichlorovos et le Malathion, ce qui a entraîné plusieurs problèmes, y compris les perturbations de l'environnement, l'augmentation des

coûts d'application, la résurgence des ravageurs, la résistance des ravageurs aux pesticides, et des effets mortels sur les organismes non ciblés (Sahaf et *al.*, 2008).

## **2. Méthodologie**

### **2.1. Récolte et préparation des plantes**

#### **2.1.1. Récolte**

Plusieurs espèces végétales ont été recensées comme étant des plantes insecticides, Parmi celles qui ont fait l'objet de test de toxicité sur l'insecte *Tribolium castaneum* dans cette étude sont rappelant le *Melia azedarach* et *Peganum harmala*.

Pour *Melia azedarach*, les fruits ont été récoltés au campus central de l'Université Ferhat Abbas Sétif au mois de juin 2008 et pour *Peganum harmala* les fruits ont été prélevés dans la région de Hammam Sokhna (sud de la ville de sétif) durant le mois de juillet 2008.

#### **2.1.2. Préparation des poudres des végétaux**

Les fruits de *Melia azedarach* et de *Peganum harmala* sont lavés à l'eau distillée et puis séchés à l'ombre dans le laboratoire à des conditions de température ambiantes, pour conserver la matière active. Les fruits secs sont ensuite broyés séparément à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à sa réduction en poudre. La poudre de fruit de chaque plante a été conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.

### **2.2. Récolte et élevage de l'insecte**

#### **2.2.1. Récolte**

Les échantillons de blé dur contaminés d'insectes prélevés au niveau de l'unité ERRIAD Sétif, et des coopératives de stockage des céréales et des légumes secs (CCLS) de Ras elma et de Sétif durant la période de janvier à février 2009, sont ramenés au laboratoire de Zoologie du département de Biologie en vue d'être triés dans le but de séparer les insectes des grains de blé endommagés. L'insecte qui sera soumis aux tests de toxicité a été identifié par Bounechada (Enseignant, département de Biologie, UFAS) comme étant *Tribolium castanum*.

#### **2.2.2. Elevage**

Les individus de *Tribolium castaneum* sont maintenus dans des conditions de laboratoire de Zoologie (Température: 20-25 °C et une humidité relative: 65 à 70 %), dans des bocaux en verre contenant des grains endommagés. Pour séparer les insectes (larves et adultes) des grains de céréales nous avons utilisé un tamis de diamètre 0,5

mm, puis à l'aide d'un pinceau on prend les individus, larves (L5) et adultes (âgés de 3 à 5 jours) et on les place séparément dans des boîtes de pétri en plastiques de diamètre de 8 cm dont le couvercle est perforé pour la respiration des insectes. Il est à noter également qu'on a effectué un élevage de cet insecte dans une étuve réglé à 35°C pour accélérer son cycle de vie afin d'utiliser la descendance (larves et adultes) dans notre expérimentation.

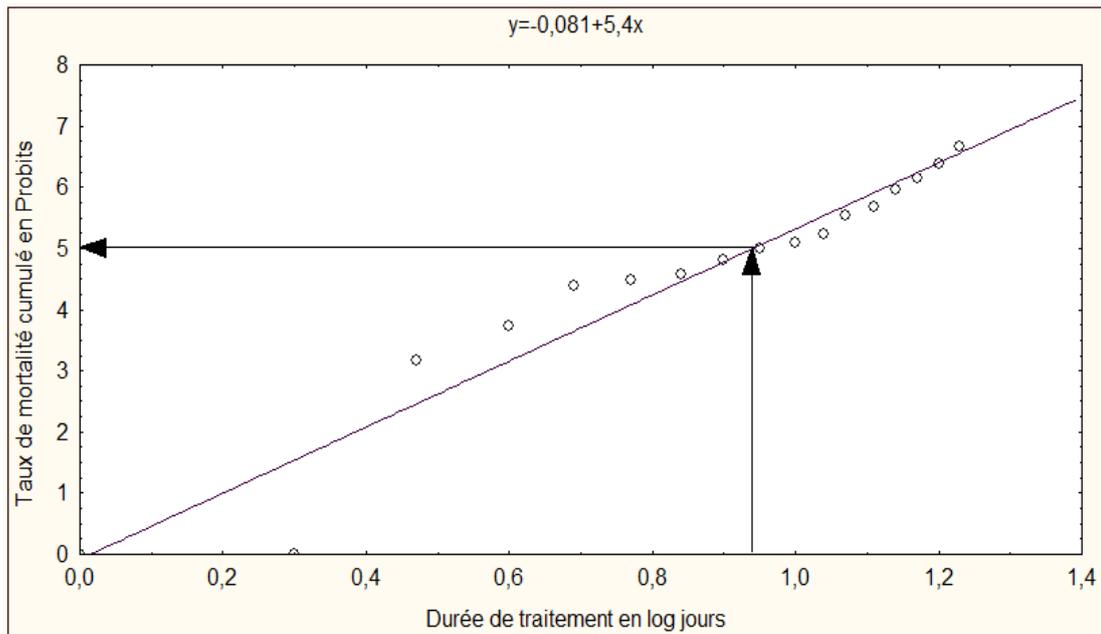
### **2.3. Tests de toxicité**

Les poudres obtenues à partir des fruits secs de *Melia azedarach* et *Peganum harmala* ont été mélangées chacune à des doses de 10, 15, 30 g pour à 100 g de semoule (blé dur) dans des boîtes de pétri. Le témoin contient 100 g de semoule seulement. Le mélange a été effectué à l'aide d'une spatule. Pour chaque dose, trois répétitions ont été réalisées. Un lot de 20 insectes adultes puis 10 larves ont été introduits séparément dans chaque boîte de pétri qui a été immédiatement fermée par des couvercles qui contiennent des trous d'aération. Les comptages des insectes morts ont été effectués après 24 heures de contact et tous les jours jusqu'à la mort complète de tous les individus.

### **2.4. Méthodes statistiques**

#### **2.4.1. Calcul du TL<sub>50</sub>**

Pour estimer le TL<sub>50</sub> (temps léthal permettant de tuer 50 % de l'effectif de la population traitée) dans l'utilisation des extraits des végétaux, des droites de régression ont été construites en dressant le taux de mortalité corrigé (donné en Probits) en fonction du temps de traitement (pris en logarithme) (Finney, 1971) (Figure 16).



**Figure 17.** Taux de mortalité cumulé en probits et durée de traitement en log jours  
 Les mortalités corrigées sont calculées en appliquant la formule d'Abott (1925)

$$MC = (NIM - NIMT) \times 100 / (NTI - NIMT)$$

Où: MC = % de mortalité corrigée, NIM : Nombre d'individus morts dans la population traitée, NIT = Nombre d'individus dans la population témoin, NIMT = Nombre d'individus morts dans la population témoin.

#### 2.4.2. Tests de signification

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de la variance (Anova) (Statistica Version 5 sous windows) pour détecter s'il existe ou non des différences entre les traitements au seuil de 5 % (Effets significatifs marqués à  $p < ,05000$ ).

L'analyse de la variance (ANOVA) est la méthode de décomposition des variations de la variable (pourcentage de mortalité dans cette étude) en deux parties. La première partie appelée variation factorielle, représente la part liée à la variation due à l'effet du ou des facteurs et de leurs interactions ou variations inter-échantillons (Traitement: témoin, dose à 10 %, dose à 15 %, dose à 30 %). La deuxième partie appelée variation résiduelle, comporte la part due à la fluctuation d'échantillonnage (variation intra-échantillons) et qui est aléatoire (Dixon et Massey, 1957).

La statistique de Fisher mesure le rapport entre la variation moyenne factorielle liée aux facteurs ou à leurs interactions et la variation moyenne résiduelle (erreur aléatoire). L'effet du facteur considéré sera significatif ou non selon que la probabilité liée au rapport F est inférieure ou non à un seuil de probabilité donné ( $P < .001$  ;  $P < 0.01$  ;  $P < 0.05$ ).

# ***CHAPITRE III***

## *Résultats et discussion*

## 1. Effet insecticide de la poudre des fruits des deux plantes sur *Tribolium castaneum*

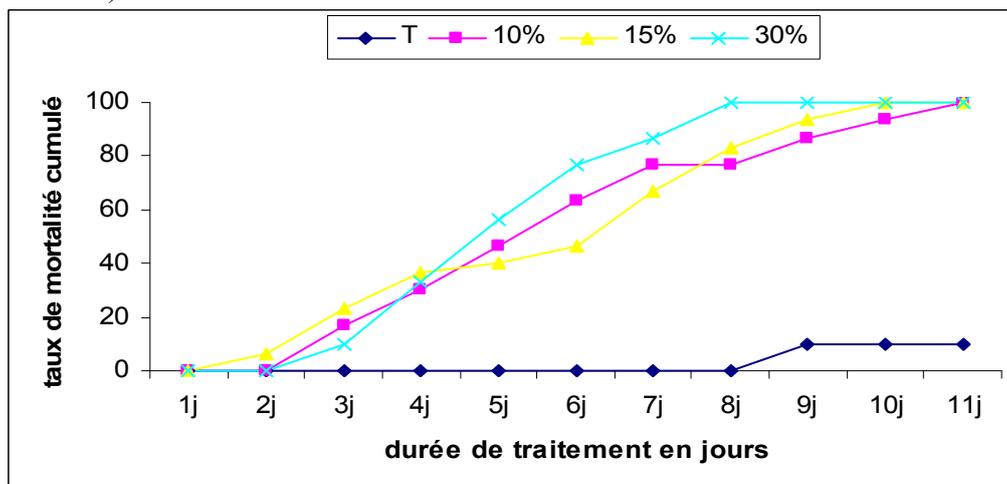
### 1.1. De *Melia azedarach*

#### 1.1.1. Sur les larves

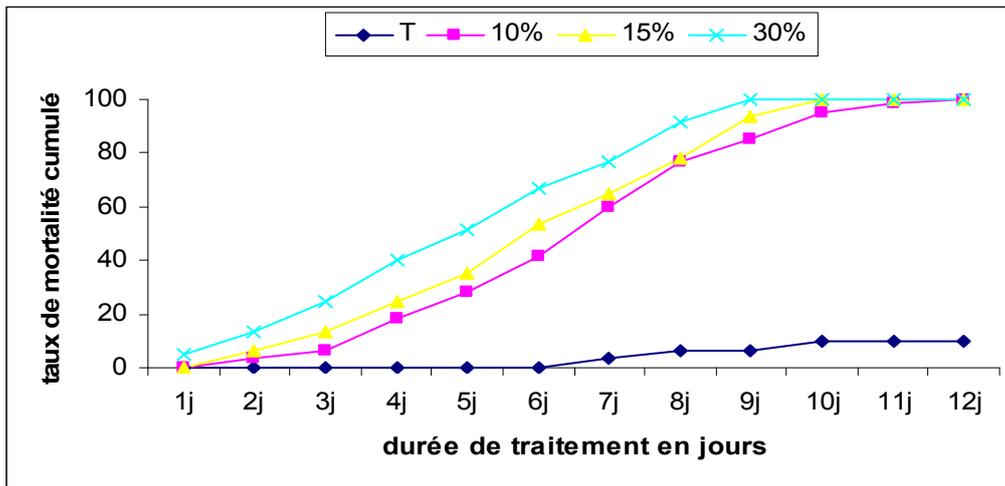
Le taux de mortalité cumulée sur les larves pour les trois concentrations des fruits (poudre) de *M. azedarach* est consigné dans la figure 18 et l'annexe 2. Le temps létal 50 (TL 50) le plus court est enregistré après 3,9 jours de traitement avec la dose de 30 % (Tableau 6). La mortalité la plus élevée est observée chez les individus dont la concentration de 30 % quelque soit la durée de traitement. Le taux de mortalité le plus élevé (100 %) est obtenu avec les concentrations 30%, 15 % et 10 % après respectivement 9, 10 et 11 jours de traitement. Cependant les analyses statistiques ont montré que la mortalité est significative avec les différentes concentrations de traitement par rapport au témoin (Annexe 3).

#### 1.1.2. Sur les adultes

Le pourcentage cumulé de la mortalité observé chez les individus traités par des fruits (poudre) de *M. azedarach* à différentes concentrations est consigné dans la figure 19 et l'annexe 4. Les résultats obtenus ont révélé que les concentrations de 30%, 15 % et 10 % ont provoqué une mortalité de 100 % chez les individus de *T. castaneum* après 10, 11 et 12 jours de traitement respectivement. Le TL50 est obtenu après 4,3 et 5 jours de traitement respectivement pour la concentration 30 % et 15 % (Tableau 6). Les analyses statistiques ont montré que la mortalité des individus adultes de *T. castaneum* est significative avec les différentes concentrations de traitement par rapport au témoin. (Annexe 5).



**Figure 18.** Taux de mortalité cumulé sur les larves de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *M.azedarach*



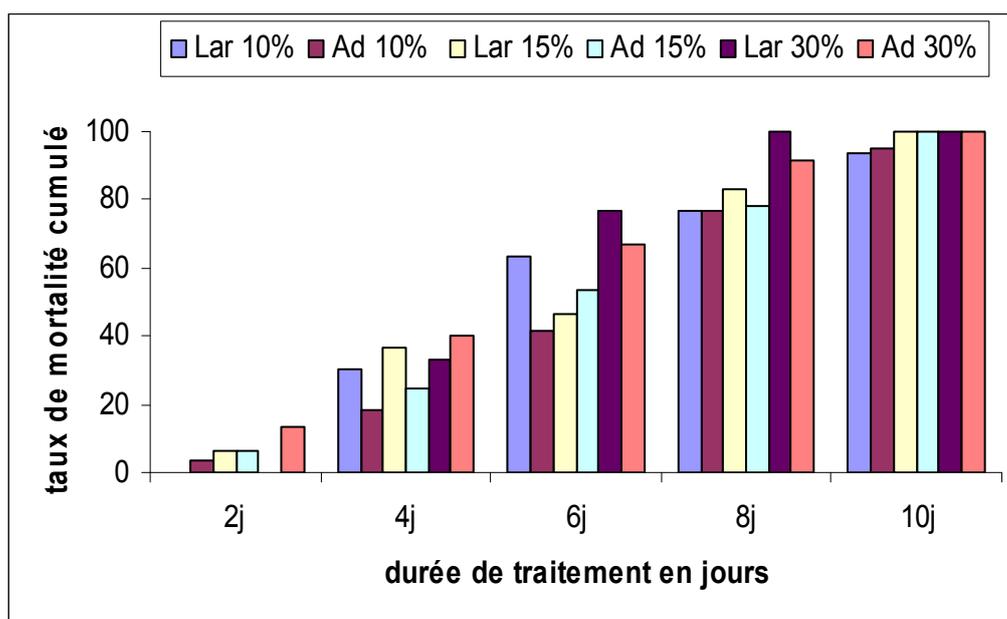
**Figure 19.** Taux de mortalité cumulé sur les adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *M.azedarach*

**Tableau 6:** Temps léthal en jours pour 50% (TL50) de la population de *Tribolium castaneum* induit par la poudre de fruits à différentes doses de *Melia azedarach*

Doses	Larves	Adultes
10%	5,3	05,5
15%	04,4	05,0
30%	03,9	04,3

### 1.1.3. Sur les larves et les adultes

La figure 20 illustre l'effet insecticide comparatif du broyat des fruits de *Melia azedarach* à différentes concentrations sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*. Nous remarquons que les larves sont plus sensibles à l'effet insecticide de cette plante que les adultes et ce quelque soit la durée de traitement. Nous remarquons également que la mortalité augmente avec la durée de traitement.



**Figure 20.** Taux de mortalité cumulé comparatif entre les adultes et les larves de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *M.azedarach*

## 1.2. De *Peganum harmala* sur *Tribolium castaneum*

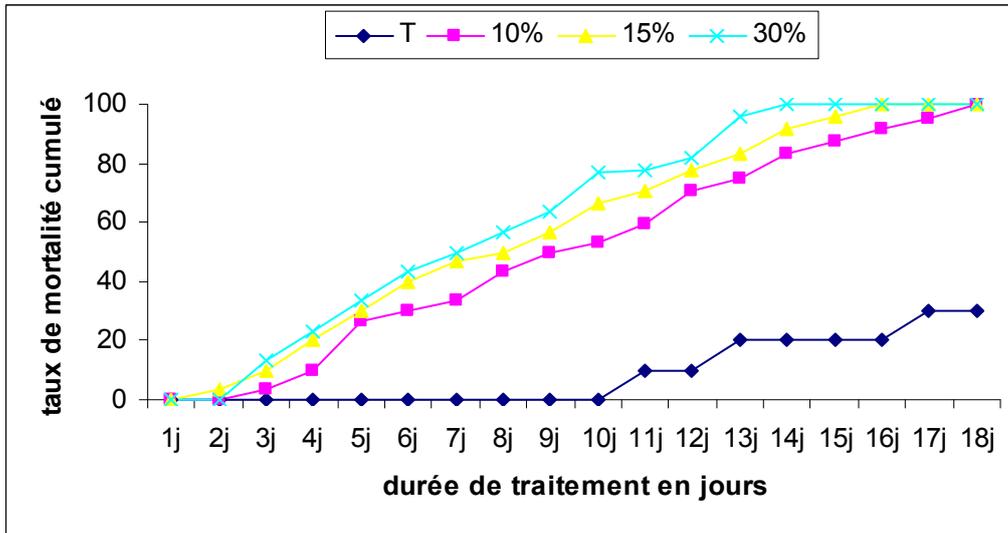
### 1.2.1. Sur les larves

Le taux cumulé de la mortalité aux trois concentrations (10, 15 et 30 %) est rapporté dans la figure 21 et l'annexe 6. La mortalité la plus élevée est observée chez les individus qui ont consommé l'aliment ayant une concentration de 30 % et ce quelque soit la durée de traitement. Le taux de mortalité le plus élevé (100%) est obtenu avec la concentration 30 % après 14 jours de traitement par rapport au témoin. Le TL50 est obtenu après 06,8 jours, 06,9 jours et 08,7 jours de traitement respectivement pour les concentrations 30, 15 et 10 % (Tableau 7). Les analyses statistiques ont montré que la mortalité des larves est significative pour les différentes concentrations de traitement par rapport au témoin (Annexe 7)

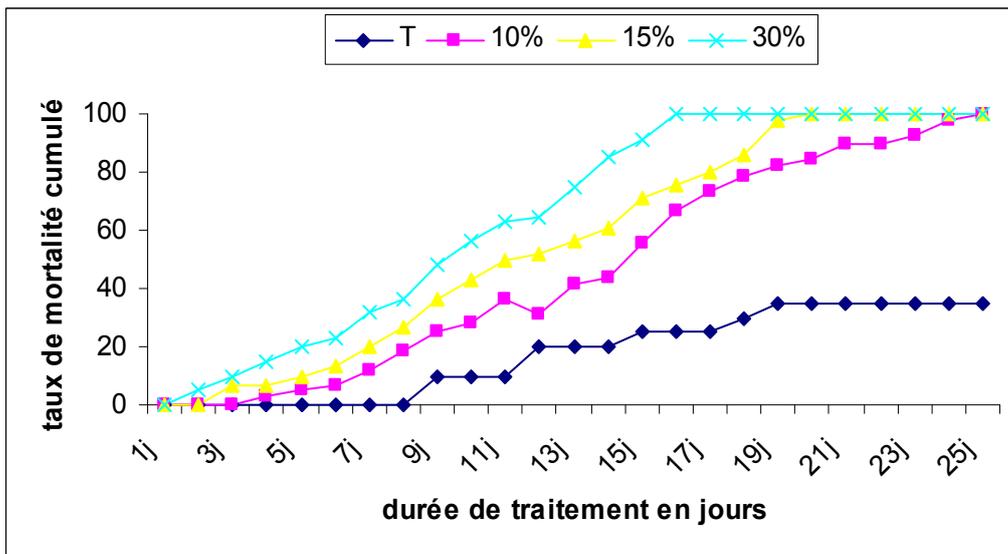
### 1.2.2. Sur les adultes

Le taux cumulé de la mortalité observé chez les individus traités à l'extrait poudre des fruits de *Peganum harmala* est consigné dans la figure 22 et l'annexe 8. Les résultats obtenus ont révélé que les concentrations de 30% et 15 % ont provoqué une mortalité de 100 % chez les individus de *T. castaneum* après 16 et 20 jours de traitement respectivement. Le TL50 est obtenue après 7,4 jours de traitement pour la concentration

30 % (Tableau 7). Les analyses statistiques ont montré que la mortalité des adultes traités avec les différentes concentrations a été significative par rapport au témoin. (Annexe 9)



**Figure 21.** Taux de mortalité cumulé sur les larves de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *P.harmala*



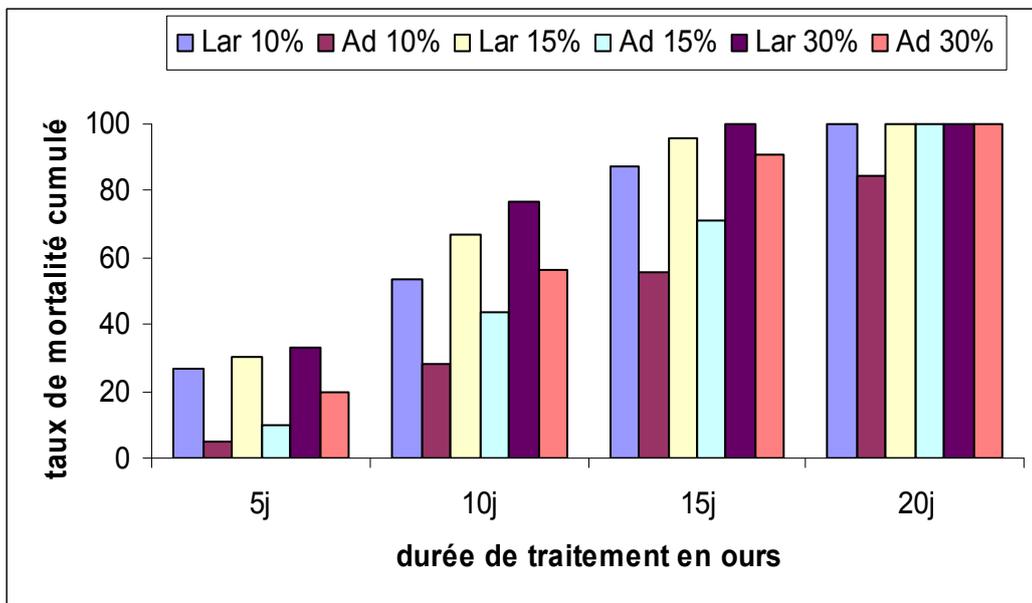
**Figure 22.** Taux de mortalité cumulé sur les adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *P.harmala*

**Tableau 7.** Temps létal en jours pour 50% (TL50) de la population de *Tribolium castaneum* induit par la poudre de fruits à différentes doses de *Peganum harmala*

Doses	Larves	Adultes
10%	08,7 jours	12,6 jours
15%	06,9 jours	09,7 jours
30%	06,8 jours	07,4 jours

### 1.2.3. Sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*

La figure 23 montre l'effet toxique par ingestion de la poudre des fruits de *Peganum harmala* sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*. Il est évident que la poudre des fruits de cette plante a aussi un effet plus toxique et plus rapide sur la mortalité des larves par rapport aux adultes. On remarque qu'on obtient une mortalité des individus de 100 % au bout de 20 jours de traitement pour les concentrations de 15 et 30 %.



**Figure 23.** Taux de mortalité cumulé comparatif entre les adultes et les larves de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations de poudre des fruits de *P.harmala*

**Tableau 8.** Temps léthal en jours pour 50% (TL50) de la population de *Tribolium castaneum* comparatif induit par la poudre de fruits à différentes doses de *Melia azedarach* et de *Peganum harmala*

Doses (ppm)	Larves		Adultes	
	<i>M. azedarach</i>	<i>P. harmala</i>	<i>M. azedarach</i>	<i>P. harmala</i>
10	05,3 j	08,7 j	05,5 j	12,6 j
15	04,4 j	06,9 j	05,0 j	09,7 j
30	03,9 j	06,8 j	04,3 j	07,4 j

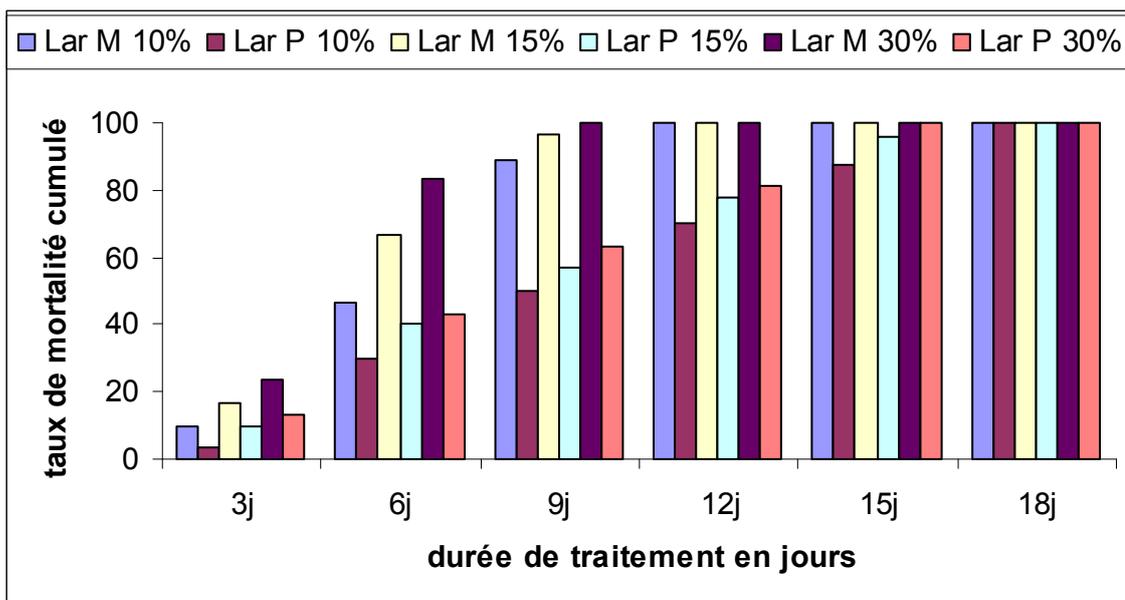
### 1.3. Comparaison de l'effet insecticide de *Melia azedarach* et *Peganum harmala*

#### 1.3.1. Sur les larves

L'effet insecticide de *M.azedarach* et *P.harmala* sur les larves de *Tribolium castaneum* comparative est affiché sur la figure 24. Le taux de mortalité cumulé des individus (larves) traités avec la poudre de *M. azedarach* est plus élevé par rapport à celui des larves traitées avec *Peganum harmala*. L'action de la première plante est plus rapide que celle de la seconde et ce pour toutes les concentrations. La mort définitive (100%) des larves traités avec la poudre de *M.azedarach* est enregistrée au 9ième jour pour la concentration 30% alors que pour *P.harmala* que ce même taux de mortalité est noté au 14ième jour pour la même concentration.

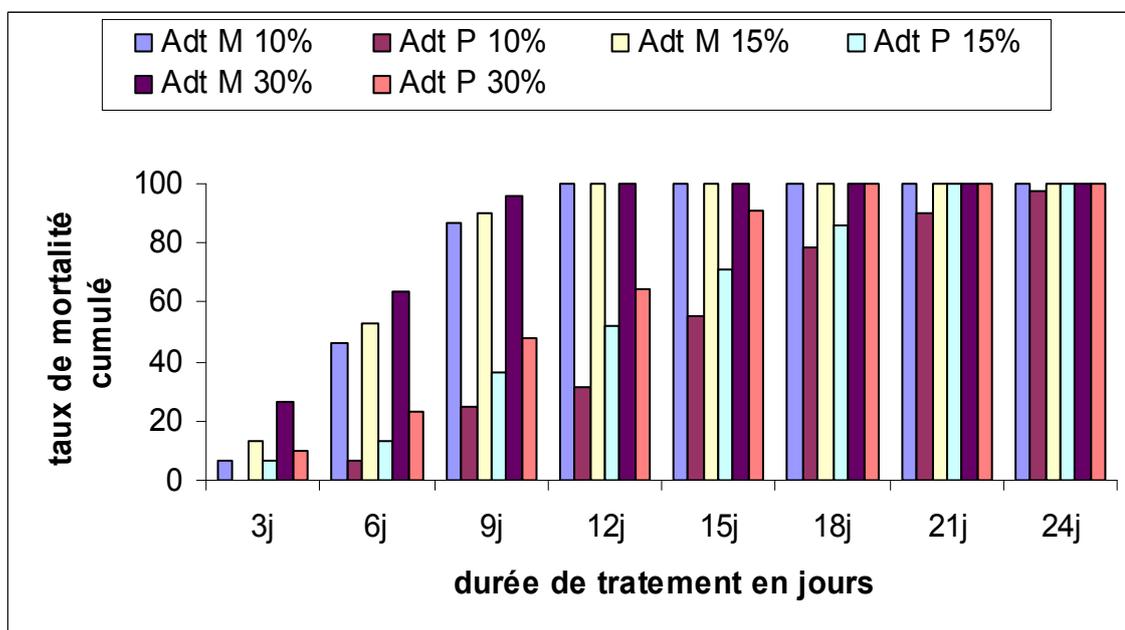
#### 1.3.2. Sur les adultes

L'effet insecticide provoqué par la poudre des deux plantes sur les adultes à différentes concentrations est consigné dans la figure 25. Les mêmes observations relevées chez les larves ont été notées chez les adultes, cependant le TL50 est plus longue. Le taux de mortalité des individus traités par la poudre de *M.azedarach* est plus élevé que celui traités par *P.harmala*. La mort définitive (100%) des adultes traités avec *M.azedarach* et *P.harmala* est enregistrée au 10ième et 16ième jour pour la concentration 30% respectivement.



**Figure 24.** Taux de mortalité cumulé comparatif entre les effets insecticides des fruits (poudre) de *P.harmla.* et *M.azedarach* sur les larves de *Tribolium castaneum* traités avec les trois concentrations.

(Lar: larve, M: *Melia azedarach*, P: *Peganum harmala*)



**Figure 25.** Taux de mortalité cumulé comparatif entre les effets insecticides des fruits (poudre) de *P.harmla.* et *M.azedarach* sur les adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les trois concentrations.

(Adt: Adulte, M: *Melia azedarach*, P: *Peganum harmala*)

## 2. Discussion

Avant toute chose, il était indispensable de savoir s'il est possible d'utiliser les fruits mûrs des plantes de *Melia azedarach* (Meliaceae) et *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sous forme de poudre (par ingestion) pour la lutte contre l'insecte *Tribolium castaneum* qui est considéré comme le ravageur le plus important des céréales stockées dans de nombreux pays dont l'Algérie. Certaines études ont signalé que les fruits de ces deux plantes renferment des composés secondaires actifs à effet insecticide (Abbassi et al., 2003, Tinzaara et al., 2006; Jbilou et al., 2006; Coria et al., 2008). De même, d'une part on a voulu savoir à travers cette étude est le plus efficace et d'autre part si cette efficacité varie en fonction du stade de développement de l'insecte (Larve et adulte). L'intérêt apporté pour ce type de plantes c'est qu'elles renferment des composés pour leur efficacités biologiques, leurs biodégradation et leurs activités physiologiques (Rodríguez, 1998; Isman, 1999).

Le présent travail révèle l'effet insecticide des deux plantes médicinales *Melia azedarach* et *Peganum harmala*, sur l'insecte ravageur des grains de céréales stockées, *Tribolium castaneum*. L'activité insecticide sur les larves et les adultes a été significative en premier pour la plante *Melia azedarach* ensuite *Peganum harmala*. Les résultats obtenus révèlent que *M. azedarach* est plus toxique sur les larves et les adultes que *P. harmala*.

Des observations similaires avec d'autres plantes ou les mêmes plantes sur différents ordres d'insectes ont été reportés.

Notant que l'efficacité insecticide des plantes médicinales utilisée sous de poudre contre les insectes des denrées stockées a été confirmée par plusieurs chercheurs pour la protection des denrées stockée. Dwivedi et Shekhawat, (2004) en utilisant le neem (*Azadirachta indica*) sous forme de poudre mélangée avec les grains de céréales ont enregistré des mortalités significatives sur les insectes ravageurs *Sitophilus* spp, *Trogoderma granarium*, *Rhizopertha dominica*. Epiidi et Odili (2009) avec la poudre des plantes *Telferia occidentalis*, *Zingiber officinale*, *Vitex grandifolia*, *Dracaena arborea* ont pu limiter la population de *Tribolium castaneum*. Othira et al.,(2009) ont expérimenté l'effet insecticide de la partie aérienne de *Hyptis spicigera* sous différentes formes (Fraiche, poudre et extraits huileux) contre *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum* ont obtenu des résultats similaires aux nôtres., Haq et al., (2005) dans leur travail ont testé la répulsivité et la toxicité de extraits de feuilles de quelques plantes

médicinales, *Eucalyptus sp.*, *Bougainvillea glabra*, *Azadirachta indica*, *Saraca indica* et *Ricinus communis* la réponse de *Tribolium castaneum* a été variée.

### **Effet insecticide de *Melia azedarach***

Rappelant que l'utilisation des fruits sous forme de poudre de *Melia azedarach* sur les individus de *Tribolium castaneum* par ingestion donne une toxicité élevée par la mort des larves et des adultes. La réponse des larves est plus rapide que les adultes. La concentration 30% donne un taux de mortalité le plus élevé durant toute la durée du traitement et évoluent avec celle-ci. Le TL50 de cette concentration est de 03,9 jours pour les larves et 04,3 jours pour les adultes. Des résultats similaires de l'effet insecticide de cette plante sur différents insectes ravageurs ont été obtenus. Ainsi nous avons noté que l'interaction durée de traitement et concentration ont un effet significatif sur la mortalité des individus de *Tribolium castaneum*.

L'activité larvicide de *M.azedarach* a été identifiée par les travaux de Wandscheer et al., (2004), les extraits éthanoliques des grains des fruits murs de cette plante ont été testés contre les larves d'*Aedes aegypti* (Diptera). Coria et al., (2008) ont comparé l'effet larvicide des extraits alcoolique des fruits et feuilles de *M. azeadarach* sur l'insecte *Aedes aegypti* et ont obtenu que les extrait des fruits sont plus efficaces que ceux des feuilles. Des extraits éthanoliques des fruits immatures et des feuilles de *Melia azedarach* ont été testés par Valladares et al., (1999) contre les œufs et les nymphes de *Triatoma infestans* (Hemiptera) et ont confirmé que cette plante possèdent plusieurs activités biologiques: répulsive, réduit le poids et insecticide. D'autres auteurs ont tenté d'évaluer les effets insecticides des extraits aqueux des feuilles de *Melia azedarach* sur deux espèces de parasitoïdes, *Cotesia plutellae* et *Collaris Diadromus*. (Charleston et al., 2005; Charleston et al., 2006). Dans la même perspective des extraits aqueux de semences de *Melia azedarach* L. ont été testés au laboratoire pour leur effet insecticide sur *Cosmopolites sordidus* (Tinzaara et al., 2006). Des tests effectués sous conditions contrôlées ont indiqué que les extraits aqueux de *Melia azedarach* appliqués sur feuilles de haricot interfèrent avec la longévité et le développement des stades immatures de *Bemisia tabaci* (Diptera) (Nardo et al., 1997; De et al.,1997). Dwivedi et Shekhawat (2004) en utilisant le neem (*Azadirachta indica*) sous forme de poudre mélangée avec les grains de céréales ont enregistré des mortalités sur les insectes ravageurs suivant: *Sitophilus spp*, *Trogoderma granarium*, *Rhizopertha dominica*.

Chiffelle et *al.*, (2009) ont montré que l'extrait aqueux des fruits de *Melia azedarach* ont un effet insecticide significatif sur les adultes de la drosophile *Drosophila melanogaster* (Diptera). Les fruits non mûrs (couleur verte) sont plus toxique que ceux qui sont mûrs (couleur jaune) (Chiffelle et *al.*, 2009).

L'activité insecticide de *Melia azedarach* est due à l'activité biologique des Triterpénoïdes qui ont un effet anti-nutritionnel. Ils inhibent la prise alimentaire des insectes phytophages et provoquent la mort et des malformations chez les futures générations (Vergara et *al.*, 1997; Carpinella et *al.*, 2003). Les extraits des fruits ont été évalués sur divers insectes ravageurs avec des résultats promoteurs (Padrón et *al.*, 2003; Mazzonetto et Vendramim, 2003; Pérez-Pacheco et *al.*, 2004).

Les analyses phytochimiques sur cette plante ont révélé la présence de tanins condensés, triterpènes et des alcaloïdes (Nakatani et *al.*, 1995). L'activité insecticide de plantes de la famille des Meliaceae a été largement étudiée, l'enregistrement de la présence de limonoïdes (Tetranortriterpénoïdes). Ces composés sont capables d'inhiber le développement, l'alimentation des insectes et la survie de plusieurs insectes (Wandscheer et *al.*, 2004; Maciel et *al.*, 2006).

Cette plante contient plusieurs constituants à activité biologique comme l'azederachtine (Naganishi, 1975), méliantriolo (Lavie et *al.*, 1965), salanine (Warthen et *al.*, 1978), aussi bien la nimbine et la nimbidine (Shin-foon, 1984). Les limnoïdes sont librement solubles dans les solvants organiques mais difficilement solubles dans l'eau. Schmutz et *al.*, (1981) ont rapporté que l'azederachtine est un limnoïde qui a un effet sur le système endocrinien et provoque la stérilité chez les insectes. Schluter et Schulz (1983) ont noté aussi que ce composé provoque la dégradation de l'épiderme chez les larves d'insecte entravant ainsi la métamorphose.

### **Effet insecticide de *Peganum hamala***

La poudre de *P.harmala* que nous avons utilisé, donne un bon résultat pour sa toxicité sur les individus de *Tribolium castaneum*, cette efficacité enregistrée par la mort des larves et des adultes de ce ravageur et la mort définitive 100% affichée par la dose 30% pour les deux stades de développement. La TL50 de cette dose est 6.8 jours, 7.4 jours pour les larves et les adultes respectivement. L'effet insecticide de *P.harmala* est confirmé par quelque travail comme:

Jbilou et *al.*, (2006) ont utilisé les extraits méthanoliques de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), *Ajuga iva* (Labiatae), *Aristolochia baetica* (Aristolochiaceae) et

*Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae) pour tester les effets insecticides sur le ravageur des stocks *Tribolium castaneum* (Herbst), la réponse a été variée pour les espèces des plantes. *P. harmala* donne la plus forte activité insecticide sur les larves et les adultes de *T. castaneum*.

L'effet de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification a été testé sur la survie, la prise de nourriture, le poids, le développement ovarien et la fécondité des femelles du *Schistocerca gregaria*, dans des conditions de laboratoire par Abbassi et al., (2003). Cet extrait entraîne un taux de mortalité de 29% obtenu avec le premier extrait et de 15% avec le second extrait au bout de 14<sup>ème</sup> jour de la vie imaginaire, en outre nous avons remarqué que les fèces des traitées sont liquides. L'extrait des feuilles (à l'état végétatif) provoque chez 100% des femelles survivantes au traitement un retard de la maturité sexuelle d'une durée de huit jours au minimum, une réduction de la fécondité, du taux d'éclosion et des troubles de l'équilibre.

Abbassi et al., (2005) ont testé aussi les effets de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* sur la mortalité des larves du cinquième stade et l'adulte femelle et de l'activité génésique chez le criquet pèlerin, Une baisse de poids, de la prise de nourriture et de la teneur en eau sont enregistrées chez l'ensemble des traitées avec l'extrait des feuilles, en conséquence, un retard de la maturité sexuelle, une réduction de la fécondité et la fertilité sont observés chez les femelles traitées à l'état imaginaire. Ces manifestations sont accompagnées de troubles de l'équilibre chez les individus traités. Des résultats similaires ont été obtenus par Idrissi-Hassani et al., 2002. en utilisant les extraits huileux de différentes parties de *Peganum harmala* sur les larves du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Les effets des extraits de *Peganum harmala* ne sont pas tout à fait les mêmes que ceux de la plante entière: L'huile appliquée sous le pronotum provoque une mortalité chez les larves mais n'entraîne pas de retard de développement, les survivants néanmoins sont dans un état faible.

Le pouvoir insecticide de cette plante serait dû à la présence des alcaloïdes indoliques de type  $\beta$ -carbolines (la harmine, harmaline et harmol), qui ont été identifiés dans les extraits alcooliques des feuilles de *Peganum harmala* par Abbassi et al., (2005) et dans les extraits huileux par Idrissi-Hassani et al., 2002.

### **Effet insecticide comparatif entre *Melia azedarach* et *Peganum harmala***

Par la comparaison de l'effet insecticide de *M.azedarach* et *P.harmala* sur l'insecte des denrées stockées *Tribolium castaneum* nous avons trouvé que l'utilisation de poudre des fruits de *M.azedarach* est plus efficace que *P.harmala*. Par exemple la TL50 de la dose 30% qui donne la mort définitive 100% des larves par l'application de la poudre des fruits de *M.azedarach* est plus courte 3.9 jours aux contrairement 6.8 jours avec l'application de la poudre de *P.harmala*, est la même chose avec les adultes.

Cette efficacité de *M.azedarach* est due à ces composés chimiques comme l'azederachtine qui donne un grande toxicité sur les insectes que les composés chimiques de *P.harmala*.

Nous pouvons conclure que cette étude suggère que les fruits des deux plantes qu'elle que soit leur mode d'utilisation ont révélé qu'ils renferment des composés actifs à effet insecticide et par conséquent on peut les ajouter à la liste taxonomiques des autres plantes ayant le même effet et peuvent être un protecteur potentiel vis à vis *T. castaneum* et pourquoi pas contre d'autres insectes des grains de céréales stockés.

***CONCLUSION  
ET  
PERSPECTIVES***

## Conclusion et perspectives

Nous pouvons conclure que cette étude suggère que les fruits des deux plantes utilisées sous forme de poudre ont révélé qu'ils peuvent être utilisés pour la lutte contre l'insecte *Tribolium castaneum*. Ce pouvoir insecticide attribué à *Melia azedarach* et *Peganum harmala*, c'est que ces deux espèces végétales renferment des composés actifs à effet insecticide, répulsif et antinutritionnel et ce d'après plusieurs recherches effectuées sur la composition chimique de ces deux plantes; et par conséquent on peut les ajouter à la liste taxonomiques des autres plantes ayant le même effet et peuvent être un protecteur potentiel vis à vis *T. castaneum* et pourquoi pas d'autres insectes des grains de céréales stockés.

L'étude comparative de l'effet toxique de *M. azedarach* et de *P. harmala* par ingestion (sous forme de poudre) sur les adultes et les larves de *Tribolium castaneum* nous a permis de dégager certains résultats et remarques.

*Melia azedarach* est plus toxique que *Peganum harmala*. Le taux de mortalité est variable selon la plante et les individus (larves ou adultes). La toxicité évolue également avec la durée de traitement et la concentration. Les larves de *Tribolium castaneum* sont plus sensibles que les adultes aux effets insecticides de ces deux plantes. Les temps létaux (TL50) sont plus courts pour les larves que pour les adultes.

La remarque que l'on soulève c'est que la présence d'une matière active n'est pas le seul déterminant mais sa concentration est un point capital du pouvoir insecticide du produit.

En Perspectives, il serait souhaitable d'utiliser d'autres modes d'utilisation des plantes médicinales à effets insecticides tels que l'extraction huileuse et pouvoir également isoler les principes actifs de ces plantes afin de confirmer les résultats de ces tests réalisés avec le produit brut. Ses insecticides d'origine botanique peuvent se substituer aux insecticides chimiques dans le domaine de la lutte contre les insectes ravageurs des céréales stockées. Toute fois 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 (conditions de stockage).

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbaoui M., 1998.** Etude ethnobotanique de djebel megress (plantes médicinales), thèse d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement, UFAS, Sétif, 1998, 37 p.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay. Kadiri Z., Stambouli T. A. et Ghaout S., 2003.** Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. Baetica*. 13/14, 203-217.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay. Kadiri Z., Stambouli T. A. et 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*, 16, 31-46.
- Abbot W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.* 18, 265-267.
- Abdel-Fattah A.F.M., Matsumoto K., Gammaz H.A.K. et Watanabe H., 1995.** Hypothermic effect of harmala alkaloid in rats: involvement of serotonergic mechanism. *Pharmacol Biochem Behav.* 52, 421-426
- Abdel-Fattah A.F.M., Matsumoto K. et Murakami Y., 1997.** Central Serotonin level-dependent changes in body temperature following administration of tryptophan to pargyline and harmaline-pretreated rats. *Gen Pharmacol.* 28, 405-409.
- Alessandro B. et Stella C., 1993.** The use *Melia azedarach* L. extracts in order to control stage leafhoppers in open ground. *Acta-Horticulturae* Wageningen, 331, 287-291.
- Aqel M. et Hadidi M. 1991.** Direct relaxant effect of *Peganum harmala* seed extract smooth muscles of rabbit and guinea pig. *International Journal of Pharmacology Lisse.*
- Auger J., Dugravot S., Naudin A., Abo-Ghalia A., Pierre D. et Thibout E., 2002.** Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides. *Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production IOBC wprs Bulletin*, 25, 1-13
- Auger J., Arnault I., Diwo-Allain S., Ravier M., Molia F. et Pettiti M., 2004.** Insecticidal and fungicidal potential of *Allium* substances as biofumigants. *Agroindustria*, N° 3, 29, 176- 182.
- Ayoub M.T., Al-Allaf T. et Rshan L.J., 1994.** Antiproliferative activity of harmalol. *Fitoterapia*, 65, 14-18.
- Bartali E., 1990.** Situation de la post - récolte en Afrique, in: la post - récolte en Afrique. 17-21.

- Banchio E., Valladares G., Defago M., Palacios S. et Capinella C., 2003.** Effects of *Melia azedarach* (Meliaceae) fruit extracts on the leafminer *Liriomyza huldobrensis* (Diptera, Agromyzidae): Assessment in laboratory and field experiments. *Ann. Appl. Biol.* 133,187-93.
- Batish D. R., Singh H. P., Kohli R. K. et Kaur S., 2008.** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256, 2166–2174
- Bekon, K., et Fleurat-Lessard F., 1989.** Evolution des pertes en matière sèche des grains dus aux ravageurs secondaires: *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coléoptère; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales. In Céréale en région chaudes. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 97-104.
- Beloued A., 1998.** Plantes médicinales d'Algérie, Ed. Office des publications universitaires, 277p.
- Benayad N., 2008.** Projet de recherche sur les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. 64 p.
- Bencheikh H., 2004.** Contribution à l'étude de la composition chimique, de l'activité anti microbienne et de la cytotoxicité des huiles essentielles de la *Thymus fontanesii* Boiss, et de *Foeniculum vulgare* Miller. Magister, Biologie et Physiologie Végétale. Option, production et valorisation des ressources végétales, UFAS, 87 p
- Berrougui H., Martin-Cordero C., Khalil A., Hmamouchi M., Ettaib A., Marhuenda E. et Herrera M.D., 2006.** Vasorelaxant effects of harmine and harmaline extracted from *Peganum harmala* L. seed's in isolated rat aorta, *Pharmacological Research*, 54, 150–157.
- Bounechada M., 2007.** *Recherches sur les Orthoptères. Etude bioécologique et essais de lutte biologique sur Ocnieridia volxemi Bol. (Orthoptera, Pamphagidae) dans la région de Sétif.* Thèse doctorat d'Etat, Option: Biologie Animale, UFAS. 177 p.
- Bottomley R.A., Christensen C.M., et w f., 1950.** Grains storage studies XI. The influence of various temperatures, humidity's and oxygen concentration on mold growth and biochemical changes in stored yellow corn. *Cereal. Chem.* N° 17, 96-271.
- Bonneton F., 2008.** The beetle by the name of *Tribolium* Typology and etymology of *Tribolium castaneum* Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38, 377–379

- Breuer M., Hoste B., De Loof A. et Naqvi S.N.H., 2003.** Effect of *Melia azedarach* extract on the activity of NADPH-cytochrome c reductase and cholinesterase in insects, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 76, 99–103
- Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Brunken J., Dewet J.M., et Harlan J.R., 1977.** The morphology and domestication of pearl millet. *Econ. Bot.*, 31,163 – 174.
- Budavari S., 1989.** The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. 11 Ed, Merck and Co, Rahway NJ, USA.
- Budavari S. et O’Neil M.J., 1996.** The merck index, 12rd ed., CRC Press, New Jersey. 4644-4645 .
- Cahagnier R., et Fleurat-Lessard F., 2000.** Guide pratique : Le stockage à plat des céréales pour une durée indéterminée : Bonnes conditions du grain à l'entreposage. Ed. Groupe de Liaison sur la conservation des grains (G.L.C.G).Paris.191-218
- Caratini R., 1971.** Bordas encyclopédie (Botanique 58), Ed. Bordas, Belgique, 200 p.
- Caratini R. et Caratini F., 1976.** Bordas encyclopédie (Zoologie 59), Ed. Bordas, Milan,176 p.
- Campbell J.F et Runnion C., 2003.** Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. *Journal of Insect Science*, 3(20), 8p.
- Carlos José et Sousa P., 2006.** Exposition humaine aux pesticides: un facteur de risque pour le suicide au Brésil. *Vertigo-La revue en science de l'environnement*, 7, 18 p.
- Carpinellaa M.C., Herrero G.G., Alonsob R.A. et Palaciosb S.M., 1999.** Antifungal activity of *Melia azedarach* fruit extract, *Fitoterapia*, 70, 296-298.
- Carpinella C., Defago T., Valladares G., et Palacios M., 2003.** Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 369-374.
- Chait A., 2008.** Evaluation of the analgesic effect of alkaloid extract of *Peganum harmala* L.: Possible mechanisms involved, *Journal of Ethnopharmacology*.115, 449–454
- Champagne D.E., Isman M.B. et Towers G.H.N., 1989.** Insecticidal activity of phytochemicals and extracts of the Meliaceae. In: Arnason, J.T., Philogene, B.J.R., Morand, P. (Eds.), Insecticides of plant origin. American chemical society symposium series, 387, 95–109.

- Charleston D.S., Kfir R., Dicke M. et Vet L. E.M., 2005.** Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the biology of two parasitoid species of the diamondback moth, *Biological Control*, 33, 131–142.
- Charleston D.S., Kfir R., Dicke M. et Vet L. E.M., 2006.** Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: A Weld test of laboratory Wndings, *Biological Control*, 39, 105–114.
- Chaturvedi P. et Segale M., 2007.** Effects of different types of water decoctions of fruit of *Melia azedarach* on glucose induced hyperglycemia, liver transaminases, lipid peroxidation and reduced glutathione in normal albino ratsm, *Scientific Research and Essay*. 2(9), 384-389
- Cheng S.S., Liu J.Y., Huang C.G., Hsui Y.R., Chen W.J. et Chang S.T., 2009.** Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophloeum* against three mosquito species, *Bioresource Technology*, 100, 457–464.
- Cheniki Z., et Yahia K., 1994.** Biologie de *Tribolium confusum* (Coleoptera :Tenebrionidae) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) sur blé. Effet de l'infestation de ces deux espèces sur la qualité technologique des blés attaqués.Th. Ing. Agron. Instit. Alg. El Harrach.112 p.
- Chiffelle I.G., Amanda Huerta F. et Diego Lizana R., 2009.** Physical and chemical characterization of *Melia azedarach* L. fruit and leaf for use as botanical insecticide, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69 (1), 38-45.
- Chopra R., Nayar S. et Chopra I., 1956.** Glossary of Indian Medicinal Plants. Council of Scient. And Ind. Res., New Delhi.
- Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 21<sup>ème</sup> Edition,124-154.
- Christensen C.M., 1970.** Moisture content, moisture transfer and invasion of stored sorghum seeds by fungi. *Phytopathology* . 60, 280-283.
- Christensen, C.M.; Meronuk, R.A.and Sauer D.B. 1982.** Microflora.. Chapter 9. In: Storage of cereal grains and their products (Christensen C. M. Ed), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 219-240.
- Collin G., 2000.** Quelques techniques d'extraction de produits naturels. *Info. Essences, Bulletin sur les huiles essentielles*, 13, 4-5.
- Coria C., Almiron W., Valladares G., Carpinella C., Ludueña F., Defago M. et Palacios S., 2008.** Larvicide and oviposition deterrent effects of fruit and leaf extracts

from *Melia azedarach* L. on *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae), *Bioresource Technology*, 99, 3066–3070

**Cruz J., 1988.** Conservation des grains en régions chaudes. 2<sup>ième</sup> Edition Ted et Doc Apria, 41-54.

**Dajoz R., 1969.** *Les insecticides*, Presses universitaires de France, Paris.

**Danho M. et Haubruge E., 2003.** Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais*». *Phytoprotection*, 84,59-67.

**Dauguet S., Lacoste F., Ticot B., Loison J.P., Evrard J., Bouchtane B. et Soulet B., 2006.** La filière oléagineuse se mobilise autour de la problématique des résidus d'insecticides. Qualité et sécurité sanitaire des aliments. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 13, 373-377.

**Davidson R., et Lyon W., 1979.** *Insect pest of farm, garden and archard*. John Wiley and Sons, 596 p.

**Dawson P.S., 1964.** Age at sexual maturity in female flour beetles *Tribolium castaneum* and *T. confusum*. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 57,1-3.

**De N.E.A.B., Costa A.S. et Lourençao A.L., 1997.** *Melia azedarach* extract as an antifeedant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), *Florida Entomologist*, 80(1), 92-94.

**Defagó M., Valladares G., Banchio E., Carpinella C. et Palacios S., 2006.** Insecticide and antifeedant activity of different plant parts of *Melia azedarach* on *Xanthogaleruca luteola*, *Fitoterapia*, 77, 500–505.

**Delobel A. et Malonga P., 1987.** Insecticidal properties of six plants materials against *Caryedon serratus* (OL.) Coleoptera: Bruchidae. *J. Stored Prod. Res.*, 23, 173-176.

**Desmarchelier J.M., 1988.** The relationship between wet-bulb temperature and the intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. *J. stored prod. Res*, 24(2), 107 113

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

**Dixon J. et Massey F.J., 1957.** Introduction to statistical analysis. McGraw Hill, New York, 488 p.

**Dorvault K., 1982.** L'officine, 21 Ed, 1365 p.

- Doumandji A., Doumandji S. et Doumandji B., 2003.** Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock (Cours de technologie des céréales).Ed: Office publications universitaires, Alger, 68 p.
- Duraffourd C., Hervicourt L. et Lapraz J.C., 1990.** Chaire de phytothérapie clinique, examen de laboratoire galénique, élément thérapeutique synergique. T1, 2ème édition, Ed. Masson, Paris, 89 p
- Dymock W., Warden C.J.H., Hooper D., 1976.** Pharmacopia Indica, Harmard National Foundation of Pakistan, 1, 252–253.
- Dwivedi S.C. et Shekhawat N.B., 2004.** Repellent Effect of Some Indigenous Plant Extracts Against *Trogoderma granarium* (Everts) *Asian J. Exp. Sci.*, 18, N°1&2, 47-51
- Edwin L.S., David G.B., et Bruce M., 1992.** High temperature combined with carbon dioxide enriched or reduced oxygen atmospheres for control of *Tribolium castaneum* (Herbst.) *J. stored prod. Res*, 28 (4), 235-238.
- El-Bahri L. et Chemli R., 1991.** *Peganum harmala* L. a poisonous plant of North Africa. *Veterinary and Human Toxicology*, 33, 276-277.
- Epidi T.T. et Odili E.O., 2009.** Biocidal activity of selected plant powders against *Tribolium castaneum* Herbst in stored groundnut (*Arachis hypogaea* L.), *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3 (1), 001-005.
- Farouk L., Laroubi A., Aboufatima R., Benharref A., Nath D., Sethi N., Srivastava R., Jain A.K. et Singh R.K., 1993.** Study on tetragenic and antifertility activity of *Peganum harmala* in rats. *Fitoterapia*, 64, 321-324.
- Finney D.J., 1971.** *Probit analysis*. 3th ed. Cambridge University Press. IBSN 0 521080421 X, 333 p.
- Fleurat-Lessard F., 1978.** Les insectes et les acariens des denrées stockées, Autres méthodes de lutte .Coed.Afnor-Itcf, Paris, 165-168.
- Frison G., Favretto D., Zancanaro F., Fazzin G. et Ferrara S.D., 2008.** A case of b-carboline alkaloid intoxication following ingestion of *Peganum harmala* seed extract. *Forensic Science International*. 179,37–43.
- Godon B. et Willm C., 1998.** Les industries de première transformation des céréales. Lavoision tec, doc Paris, 656-657.
- Gilliom R.J., Barbash I.E., Kolpin D.W et Larson S.J., 1999.** Testing water quality for pesticide pollution.U.S. Geological survey investigation reveals widespread contamination of the nations water resources. *Environ. Scie. Technol.*, 33, 164-169.

- Glitho L.A., Ketoh K.G., Nuto P.Y., Amevoin S.K. et Huignard I., 2008.** Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest, 207-217.
- Greathead D.J., 1992.** Natural enemies of tropical locust and grasshoppers: their impact and potential as biological control agents. In: Lomer, C J, Prior, C. (éds.), *biological Control of Locusts and Grasshoppers*. CAB International, UK. 105-121.
- Gwinner, J., Hamisch, R et Muck, O. 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, GTZ, Eschborn, 368 p.
- Hafez S.M., Mallawani M.A. et Taher S.H., 1988.** Biological studies on *Blattisocius tarsalis* keegan, a predacious mite inhabiting stored food in Egypt. *Ann. of Agric. Sci. Cairo*, 33(2), 1387-1393.
- Hall D.W., 1970.** Handling and Storage of Food Grains, in *Tropical and Subtropical Areas*, FAO. Rome, 350 p.
- Haryacti Y. et Fleurat-Lessard F., 1994.** Factors affecting survival, and development of *Sitophilus oryzae* L. in rice grain, pericarp layers. In: Highley, E., Wright, E. J, Banks, H. J, Champ, B. R. (Eds), *Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-Products Protection*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 525-527
- Hare W.R., Schutzman H., Lee B.R. et Knight M.W., 1997.** Chinaberry poisoning in two dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 210, 1638-1640.
- Haq T., Usmani N.F., et Abbas T., 2005.** Screening of plant leaves as grain protectants against *Tribolium castaneum* during storage. *Pak. J. Bot.*, 37(1), 149-153.
- Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. et Verbrstraeten S., 1988.** Etude de la relation dose efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., et *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). *Med. Fac. Landbouww Ryksuniv ,Gent* 53,719-26.
- Haubruge E., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J.C. et Gaspar C., 1989.** Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de Citrus sp. A l'égard de *Sitophilus zeamais* MOTSCH (Coléoptère, Curculionidae), *Prostiphanus truncatus* (HORN)(Col.,Bstrychidae) et *Tribolum castaneum* HERBEST(Coléoptère, Tenebrionidae). *Med. Fac. Landbouww. Rijkuniv. Cent* 54/3b, 1083-1093.
- Hemmateenejad B., Abbaspour A., Maghami H., Miri R. et Panjehshahin M.R., 2006.** Partial least squares-based multivariate spectral calibration method for simultaneous determination of beta-carboline derivatives in *Peganum harmala* seed extracts *Analytica Chimica Acta*, 575, 290–299

- Herrman T.J., 1998.** Integrated pest management in grain storage and feed mills. *ASA Technical Bulletin*, 47,1-9.
- Hinton H.E., 1948.** A Synopsis of the genus *Tribolium* Macleay with some remarks on the evolution of its species. *Bull. Ent. Res.*, 39, 13-55.
- Holdaway F.G., 1932.** An experimental study of the growth of populations of the flour beetle, *Tribolium confusum* (Duv.) as affected by atmospheric moisture. *Ecol. Monogr.*, 2, 261-304.
- How R.W., 1956.** The effects of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst.), *Ann. Appl. Biol.*, 44, 356-368.
- Huang Y., Tan J.M., Kini R.M. et Ho S.H., 1997.** Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *J. Stored Prod. Res.* 35, 289-298.
- Idrissi-Hassani L.M., Ould Ahmedou M.L., Mayad E.H. et Bouaichi A., 2002.** Pouvoir insecticide de *Peganum Harmala* sur *Schistocerca Gregaria*: Effets de l'huile et des extraits de feuilles. *Biologie & Santé*, 2, N° 2,122-133.
- Inge de Groot K., 2004.** Protection des céréales et des légumineuses stockées. Ed.Fondation Agromisa, Wageningen, Pays Bas, 74 p.
- Isman M.B., 1997.** Neem insecticides. *Pesticide Outlook*, 8, 32-38.
- Isman M.B., 1998.** Neem and related Natural Products, in *Biopesticides. Use and Delivery* (Franklin R. H. Et 1.1. Menn), Eds.Humana Press, Totowa, New Jersey, 139-154
- Isman M.B., 2000.** Plant essential oils for pest diseases management. *Crop Protection*, 19, 603-608.
- Isman M.B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.*, 51, 45-66.
- Jbilou R., 2006.** L'activité insecticide de quatre plantes médicinales (*Peganum harmala*, *Ajuga iva*, *Aristolochia baetica* et *Raphanus raphanistrum*) contre *Sitophilus granarius* au Maroc, 56 p.
- Jbilou R., Amri H., Bouayad N., Ghailani N., Ennabili A. et Sayah F., 2008.** Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development, a-amylase activity and offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) *Bioresource Technology*, 99, 959–964.

- Kartal M., Altun M.L. et Kurucu S., 2003.** HPLC method for the analysis of harmol, harmalol, harmine and harmaline in the seeds of *Peganum harmala* L. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 31, 263- 269.
- Kéita S.M., Amason J.T., Baum B.R., Marles R., Camara F., et Traoré A.K., 1999.** Etude ethnopharmaologique traditionnelle de quelques plantes médicinales anthelminthiques de la Haute-Guinée (République de Guinée) *Revue Med. Pharm. Afr.*, 13, 49-64.
- Kéita S.M., Vincent C., Schmidt J-P. et Arnason J.T., 2001.** Insecticidal effects of *Tuja occidentalis* (Cupressaceae), Essential oil on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Can. J Plant. Sci.*, 81, 173-177.
- Khoshnoud H. et Khayamy M., 2008.** Insecticidal effects of ethanolic extract from *Verbascum cheiranthifolium* Boiss. Against two stored product insect pests species. *Journal of biological sciences* , 8(1),191-195.
- Kostic M., Popovic Z., Brkic D., Milanovic S., Sivcev I. et Stankovic S., 2008.** Larvicidal and antifeedant activity of some plant-derived compounds to *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Limantriidae), *Bioresource Technology*,99, 7897–7901
- Kusmenoglu S., Turkoz S. et Koca U., 1995.** Constituents of the seed oil of *Peganum harmala* L. *J. Fac. Pharm. Gazi*, 12(2), 141-144.
- Langenheim J.H., 1994.** Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecol.*20, 1223–1280.
- Lavie D., Jain M.K. et Shpan-Gabrielith S.R., 1965.** A locust phagorepellent from two *Melia* species. *Chem. Commun.* 910 –1911.
- Léonard S.T.N., 2004.** La recherche d'une alternative aux polluants organiques persistants. In *Bull. D'information Phytosanitaire-Phytosanitary News Bulletin*, 43, 12-23.
- Leon A.T., Cornel A., Hamilton B et Dominic A.F., 2003.** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae), *Cahiers Agricultures*. 12, N° 6, 401-7.
- Luicita-Laguner R., 2006.** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe. Docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse. Spécialité: Sciences des Agroressources.321p.

- Maa Z.Z., Hanoa Y., Nomuraa T. et Che Y.J., 2000.** Alkaloids and phenylpropanoids from *Peganum nigellastrum*, *Phytochemistry*, 53, 1075-1078.
- Maciel M.V., Morais S.M., Bevilaqua C.M.L., Camurça-Vasconcelos A.L.F., Costa C.T.C. et Castro C.M.S., 2006.** Ovicidal and larvicidal activity of *Melia azedarach* extracts on *Haemonchus contortu*, *Vetrinary Parasitology*, 140, 98-139
- Mahmoudian M., Jalilpour H. et Salehian P., 2002.** Toxicity of *Peganum harmala*: Review and a Case Report. *Iranian Journal Of Pharmacology & Therapeutics*. IJPT, 1,1-4.
- Maisonneuve S. et Larose J., 1985.** Le stockage des produits vivriers et semenciers Tom1 : Dégats, pertes et moyens de stockage, 122-134
- Mazzonetto F. et Vendramim J., 2003.** Effect of powders from vegetal species on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) in stored bean. *Neotrop. Entomol.* 32,145-149.
- Méndez M.D.C., Aragão M., Elias F., Riet-Correa F. et Gimeno E.J., 2002.** Experimental intoxication by the leaves of *Melia azedarach* (Meliaceae) in cattle. *Pesq. Vet. Bras.* 22(1), 19-24
- Mebarkia A., Khalfi O. et Guechi A., 2001.** Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach, 119-126.
- Mirzaie M., Nosratabadi S.J., Derakhshanfar A. et Sharifi I., 2007.** Antileishmanial activity of *Peganum harmala* extract on the *in vitro* growth of *Leishmania major* promastigotes in comparison to a trivalent antimony drug. *Veterinarski Arhiv*, 77 (4), 365-375.
- Mirzaie M., 2007.** Treatment of natural tropical theileriosis with the extract of the plant *Peganum harmala*. *Korean journal of parasitology*, 45, 267-271.
- Mikolo B., Massamba D., Matos L., Lenga A., Mbani G. et Balounga P., 2007.** Conditions de stockage et revue de l'entomofaune des denrées stockées du Congo-Brazza ville. *J.Sci.* 7, N°1, 30-38.
- Multon J.L., 1982.** Conservation et stockage des grains et grains et production derives. Céréales oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, Technique et documentation Lavoisier Paris Apia-,1, 576 p.
- Mullié W.C et Keith J.O., 1993.** The effects of aerially applied fenitrothion and worpyriphos on birds in the savannah of northern Senegal. *J Appt. Ecol.*, 30, 536-550.

- Muhi-eldeen Z., Al-Shamma K.J., Al- Hussainy T.M., Al- Kaissi E.N., Al-Daraji A.M. et Ibrahim H., 2008.** Acute Toxicological Studies on the Extract of Iraqi *Peganum Harmala* in Rats. *European Journal of Scientific Research*, N°4, 22, 494-500.
- Nadikarni K.M., 1976.** Indian Materia Medica, Popular Pakistan Limited, Bombay, 1, 927-929.
- Naganishi K., 1975.** Structure of the insect antifeedant azadirachtin. In: Recent advances in phytochemistry, VC Runeckles (ed.), Plenum, New York, N.Y.5, 283-298.
- Nakatani M., Adel M.M. et Sehnal F., 1995.** Azadirachtin potentiates the action of ecdysteroid agonist RH-2485 in *Spodoptera littoralis*. *Journal of Insect Physiology*, 46, 267-274.
- Nardo E.A.B., Costa A.S. et Lorencao L., 1997.** *Melia azedarach* L. extracts as antifeedant to *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae). *Florida Entomol*, 80, 92-94.
- Ntsam S. 1989.** Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris, 3-8.
- Oelrichs P.B., Hill M.W., Vallely P.J., MacLeod J.K. et Molinski T.F., 1985.** The chemistry and pathology of meliatoxins A and B constituents from the fruit of *Melia azedarach* L. var. *australasica*, 387-394. In: Seawright A.A., Hegarty M.P., James L.F. et al. (ed.) Plant Toxicology. Queensland Poisonous Plants Committee, Yeerongpilly, Australia.
- Othira J.O., Onok L.A., Deng L.A. et Omolo E.O., 2009.** Insecticidal potency of *Hyptis spicigera* preparations against *Sitophilus zeamais* (L.) and *Tribolium castaneum* (herbst) on stored maize grains, *African Journal of Agricultural Research*, 4 (3), 187-192
- Ould el hadj M.D., 2001.** Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette de Ourgla (Algérie). Journées techniques Phytosanitaire INPV, 303-318.
- Padrón B., Oranday A., Rivas C. et Verde M., 2003.** Identificación de compuestos de *Melia azedarach*, *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum zeylanicum* con efecto inhibitorio sobre bacterias y hongos. *Ciencia UANL*. 6(3), 333-338.
- Paris R. et Moyse H., 1981.** Matière Médicale, Ed. Masson, Paris, 2, 292 p.
- Panisset J-C., Dewailly E. et Doucet-Leduc H., 2003.** Contamination alimentaire. In environnement et santé publique: fondements et pratiques. Ed. TEC et DOC. 1023 p.

- Perrier R., 1961.** La faune de la France, coléoptères. Ed. Delagrave, Paris. Tome VI. 215 p.
- Perrier, 1964.** La faune de la France, coléoptères. Ed. Delagrave, Paris. Tome V. 192 p.
- Peter B., Oelrichs M.W., Hill P.J., Vallel Y., John K., Macleo D., Tadeusz Keshri.G., Lakshmi V. et Singh M.M., 2003.** Pregnancy interceptive activity of *Melia azedarach* L. in adult female Sprague-Dawley rats. *Contraception*, 68, 303-306.
- Pérez-Pacheco R., Rodríguez C., Lara-Reyna J., Montes R. et Ramírez G., 2004.** Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Say.) (Diptera: Culicidae). *Acta Zool. Mex. Nueva Serie*, 20(1), 141-152.
- Philogène B.J.R., Regnault-Roger C. et Vincent C., 2002.** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui in (Catherine Regnault-Roger, Bernard JR Philogène. Biopesticides d'origine végétale), Ed. TEC et DOC, Paris. 337p.
- Pfohl-Leszkowicz A., 1999.** Les mycotoxines dans l'alimentation, Évaluation et gestion du risque. Lavoisier, collection Tec et Doc, 478 p.
- Pierre A., 2004.** Huiles essentielles et insectes ravageurs: Tests en labo et sur Terrain. *Acta Bot. Galliea*, 150, 267-274.
- Pixton S.W. et Warburton S., 1971.** Moisture content /relative humidity equilibrium of some cereal grain at différent tempertures. *J.Stored. Prod. Res.*, 6, 283 – 293.
- Prashanth D. et John S., 1999.** Antibacterial activity of *Peganum harmala*. *Fitoterapia*, 70, 438-439.
- Provost C., Coderre D., Lucas E., Chouinard G. et Bostanian N.J., 2003.** Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguilles d'acariens phytophages en vergers de pommiers. *Phytoprotection*, 84, 105-113.
- Quezel P. et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales, Tome II, Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 325 p.
- Relinger L.M., Zettler, J.L., Davis R et Simonaitis RA., 1988.** Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *J. Econ. Ent.*, 81, 718-21.
- Richard S., 2002.** Le stockage des céréales et protéagineux en agriculture biologique bretonne, FRAB & CFPPA Le Rheu, 42 p.
- Rodríguez, H., 1998.** Determinación de toxicidad y bioactividad de cuatro insecticidas orgánicos recomendados para el control de plagas en cultivos hortícolas. *Rev. Latinoamericana de Agricultura y Nutrición (RELAN)*, 1(3), 32-41.

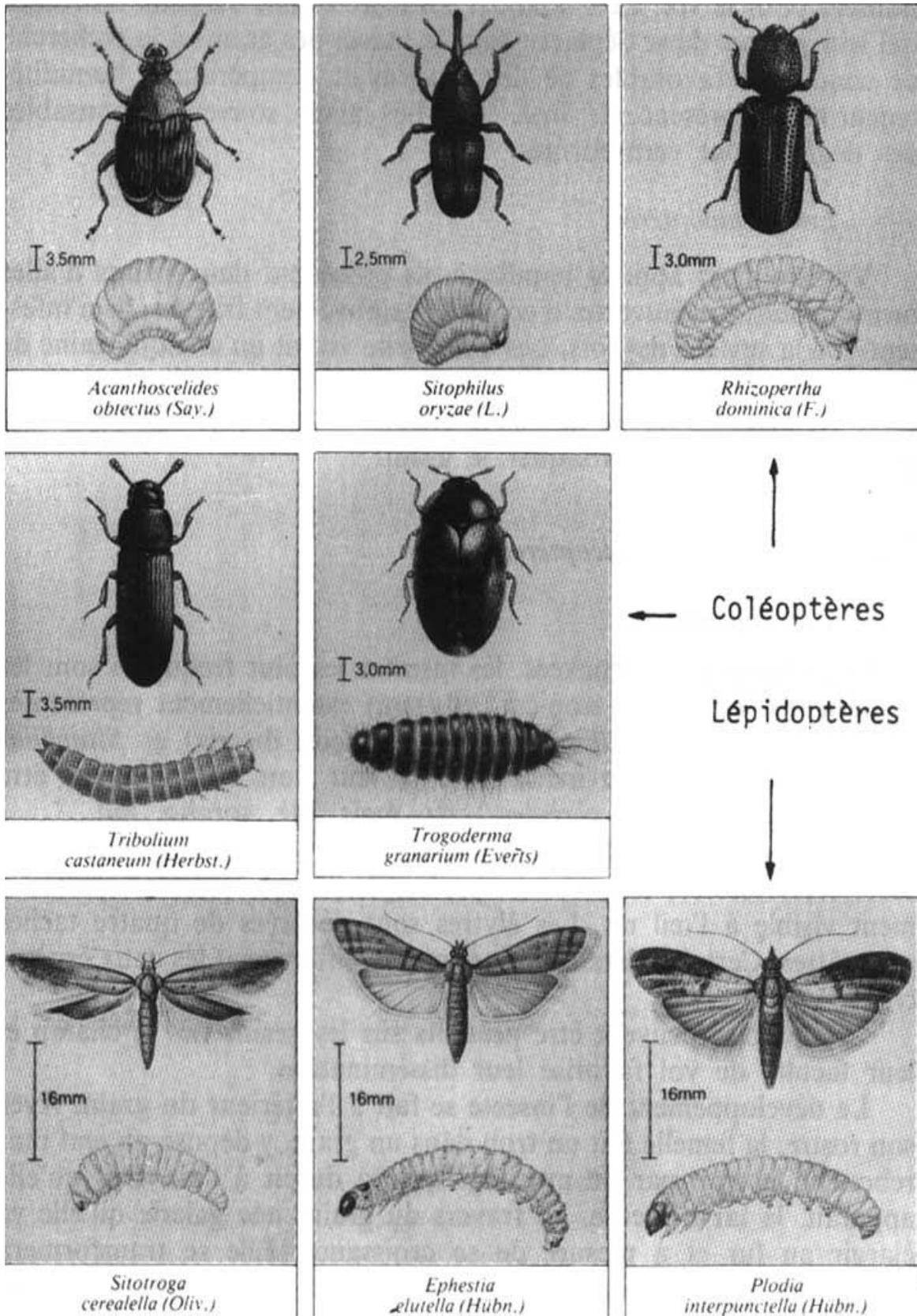
- Ruiu L., Satta A. et Floris I., 2008.** Effects of an azadirachtin-based formulation on the non-target muscoid fly parasitoid *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Biological Control*, 47, 66–70.
- Sathyaseelan V., Baskaran V. et Mohan S., 2008.** Efficacy of some indigenous plants against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) on green gram, *Journal of Entomology*, 5(2), 12-132.
- Sahaf B.Z., Moharramipour S. et Hadi M., 2008.** Meshkatalasadat Fumigant toxicity of essential oil from *Vitex pseudo-negundo* against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.), *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11, 175–179.
- Saxena B.P., Sharma P.R., Thappa R.K. et Tikku K., 1992.** Temperature induced sterilization for control of three stored grain beetles, *J. stored prod. Res.*, 28 (1), 67-70.
- Scotti G., 1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. AFNOR-I.T.F.C , 238 p.
- Seck D., Sidibe B., Haubruge E. et Gaspar C., 1996.** Protection of stores of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) at farm level the use of different formulations of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) from Senegal. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, RijksuniversiteitGent. 56, 3b, 1217-1224.
- Senthil-Nathan S., 2006.** Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84, 98–108
- Senthil-Nathan S. et Sehoon K., 2006.** Effects of *Melia azedarach* L. extract on the teak defoliator *Hyblaea puera* Cramer (Lepidoptera: Hyblaeidae), *Crop Protection*, 25, 287–291
- Senthil-Nathan S., Savitha G., George D.K., Narmadha A., Suganya L. et Chung P.G., 2006.** Efficacy of *Melia azedarach* L. extract on the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae), *Bioresource Technology*, 97, 1316–1323
- Senthil Nathan S. et Sehoon., 2006-** Effects of *Melia azedarach* L. extract on the teak defoliator *Hyblaea puera* Cramer (Lepidoptera). *Crop Protection*, 25 (3), 54-78
- Schluter U. et Schulz W.D., 1983.** Structural damages caused by neem in *Epilachna verivestis*: a summary of histological and ultrastructural damage. 1. Tissues affected in larvae. Proc. 2nd Int. neem conf. Rottach.Egern, 29 p.
- Schmutterer H., Ascher K.R.S. et Rembold H. 1981.** Natural pesticides from the neem tree. Proc. 1st Int. neem Conf. Rottach-Egern, 294 p.

- Shahverdi A.R., Ostad S.N., Khodae S., Bitarafan L., Monsef-Esfahani H.R., Jamalifar H., Nikavar B. et Mohseni M., 2008.** PHCOG MAG.: Research Article Antimicrobial and cytotoxicity potential of *Peganum harmala* Smoke. *Phcog Mag.* 4, 236-240.
- Shamsa F., Monsef H.R., Ghamooshi R. et Verdian-Rizi M.R., 2007.** Spectrophotometric determination of total alkaloids in *Peganum harmala* L. using bromocresol green. *Research Journal of Phytochemistry*, 1(2), 79-82.
- Sharma R.N., Gupta A.S., Patwardhan S.A., Hebbalker D.S., Tare V. et Bhonde S.B., 1992.** Bioactivity of lamiaceae plants against insects. *Ind. J. Exp. Biol.* 30, 244-246.
- Shin-Foon C., 1984 .** The active principles and insecticidal properties of some Chinese plants, with special reference to Meliaceae. 255-262.
- Siddiqui S., Khan O.Y., Siddiqui, B.S. et Faizi S., 1987.** Harmalidine, a B-Carboline alkaloid from *Peganum harmala*. *Phytochem*, 26,1548-1550.
- Sinha R.N., Demianyk C.J. et Mc Kenzie R.I.H., 1988.** Vulnerability of common wheat cultivars to major stored - product - beetles. *Canadian J. of Plant Sci.*, 68 (2), 337-343.
- Srivastava K.M et Singh L.N, 1986.** A review of the complex of kharif pulses in U.P Lens, 2, 333-335.
- Tahrouch S., Rapior S., Belahsen Y., Besière J.M. et Claude A., 1998.** Volatile constituents of *Peganum harmala* Zygophyllaceae. *Acta bot. Gallica*, 145(2), 121-124.
- Tahrouch S., Rapior S., Mondolot-Cosso L., Idrissi-Hassani L. A., Bessière J. M. et Andary C., 2002.** *Peganum harmala*: Source Combinee D'aromes et de colorants, *Reviews in Biology and Biotechnology*, N° 2, 2, 33-37
- Tazerouti-Bendiffallah L., Bakour K. et Kellouch AEK, 2001.** Etat sanitaire des denrées entreposées dans les unités de stockage de Draa Ben Khedda, Bouira et ain Bessam. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El- Harrach, 355-360.
- Tinzaara W., Tushemereirwe W., Nankinga C. K., Gold C.S. et Kashaija I., 2006.** The potential of using botanical insecticides for the control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae), *African Journal of Biotechnology*, 5 (20), 1994-1998.

- Traoré, L., et Kalivogui, K. 1995.** Principaux insectes nuisibles des denrées stockées, dégâts et méthodes de lutte: cours de formation technique à l'intention des agents privés des traitements phytosanitaires, 75 p.
- Valladares G., Defagom T., Palacios S. et Carpinellam C., 1997.** Laboratory evaluation of *Melia azedarach* L. extracts against the elm leaf beetle *Xanthogalleruca luteola* (Coleoptera, Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.*, 90, 747-750.
- Valladares G.R., Ferreyra U D., Defago M.T., Carpinella M.C. et Palacios S., 1999.** Effects of *Melia azedarach* on *Triatoma infestans*, *Fitoterapia*, 70, 421-424.
- Vergara R., Escobar C. et Galeano P., 1997.** Potencial insecticida de extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae). Actividad biológica y efectos. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 50(2), 186.
- Wandscheer C.B., Duque J.E., da Silva M.A.N., Fukuyama Y., Wohlke J.L., Adelman J., Fontana J.D., 2004.** Larvicidal action of ethanolic extracts from fruit endocarps of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* against the dengue mosquito *Aedes aegypti*. *Toxicon*, 44, 829–835.
- Wania F., Mackay D., Li Y-F., Bidleman T.F. et Strand A., 1999.** Global chemical fate of alpha-hexachlorocyclohexane 1. Evaluation of a global distribution model. *Environ. Toxicol. Chem.*, 18, 1390-1399
- Ware G.W., 1991.** Fundamentals of pesticide. A self-instruction guide. 3rd ed. Thomas Publ. Fresno, CA.
- Warthen J.D., Uebel E.C., Dutky S.R., Lusby W.R. et Finegold H., 1978.** An adult housefly feeding deterrent from neem seeds. UD Agric., *Agric. Res. Results* RR-NE 2.
- Weidner H. et Rack G., 1984.** Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, 80 p.
- Weinzeirl R., 1998.** Botanicals insecticides, soaps and oils. *In: Rechcigl JE, Rechcigl NA Biological, biotechnological control of insect pest* in. Lewis Publ., Boca Raton, Florida, 101-121.
- Young A.M. 1970.** Predation and abundance in populations of flour beetles. *Ecology*, 51, 602-619.

# ***ANNEXES***

**Annexe 1.** Les principaux insectes des denrées stockées à l'ordre des Coléoptères et des Lépidoptères



**Annexe 2.** Taux de mortalité cumulé sur les larves de *Tribolium castaneum* traitées avec les différentes concentrations des fruits de *Melia azedarach*.

(T: Témoin, C1: 10 %, C2: 15 % et C3: 30 %). Moyenne de 3 répétitions.

Durée de traitement en jours	T	C1	C2	C3
1	0	0	0	0
2	0	0	6,66	0
3	0	16,66	23,33	10
4	0	30	36,66	33,33
5	0	46,66	40	56,66
6	0	63,33	46,66	76,66
7	0	76,66	66,66	86,66
8	0	76,66	83,33	100
9	10	86,66	93,33	100
10	10	93,33	100	100
11	10	100	100	100

**Annexe 3.** Analyse de la Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de *Melia azedarach* sur les larves de *Tribolium castaneum*

Composants	Effet SC	Effet dl	Effet MC	F	p
T x D1	6500,478	1	6500,478	8,12818	,019058
T x D2	7819,022	1	7819,022	12,50377	,006353
T x D3	6501,074	1	6501,074	5,17387	,048992
D1 x D2	13285,90	8	1660,737	20,61462	,047073
D1 x D3	17720,78	8	2215,098	49,78990	,019835
D2 x D3	17809,76	9	1978,862	0,00	1,000000

**Annexe 4.** Taux de mortalité cumulé sur les adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations des fruits de *Melia azedarach*.

(T: Témoin, C1: 10 %, C2: 15 % et C3: 30 %). Moyenne de 3 répétitions.

Durée de traitement en jours	T	C1	C2	C3
1	0	0	0	5
2	0	3,33	6,66	13,33
3	0	6,66	13,33	25
4	0	18,33	25	40
5	0	28,33	35	51,66
6	0	41,66	53,33	66,66
7	3,33	60	65	76,66
8	6,33	76,66	78,33	91,66
9	6,33	85	93,33	100
10	10	95	100	100
11	10	98,33	100	100
12	10	100	100	100

**Annexe 5.** Analyse de la Variance de l'effet insecticide des fruits (poudre) de *Melia azedarach* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

Composants	Effet SC	Effet dl	Effet MC	F	p
T x D1	15613,88	3	5204,625	30,46969	,000100
T x D2	14514,85	3	4838,283	18,73250	,000563
T x D3	11616,17	3	3872,057	11,07228	,003210
D1 x D2	16967,42	9	1885,269	290,9531	,003430
D1 x D3	16844,99	8	2105,624	46,65627	,004606
D2 x D3	16547,74	8	2068,468	185,9761	,000590

T: Témoin D1: 10% D2: 15% D3: 30% / Effets significatifs marqués à  $p < ,05000$

**Annexe 6.** Taux de mortalité cumulé sur les larves de *Tribolium castaneum* traitées avec les différentes concentrations des fruits (poudre) de *Peganum harmala* (T: Témoin, C1: 10 %, C2: 15 % et C3: 30 %). Moyenne de 3 répétitions

Durée de traitement en jours	T	C1	C2	C3
1	0	0	0	0
2	0	0	3,33	0
3	0	3,33	10	13,33
4	0	10	20	23,33
5	0	26,66	30	33,33
6	0	30	40	43,33
7	0	33,33	46,66	50
8	0	43,33	50	56,66
9	0	50	56,66	63,33
10	0	53,33	66,66	76,66
11	10	59,25	70,36	77,77
12	10	70,36	77,77	81,47
13	20	75	83,33	95,82
14	20	83,33	91,66	100
15	20	87,5	95,82	100
16	20	91,66	100	100
17	30	95,22	100	100
18	30	100	100	100

**Annexe 7.** Analyse de la variance de l'effet insecticide fruits (poudre) de *Peganum harmala* sur les larves de *Tribolium castaneum*

Composants	Effet SC	Effet dl	Effet MC	F	p
T x D1	15940,27	3	5313,423	18,45730	,000039
T x D2	15450,03	3	5150,009	14,22493	,000156
T x D3	15733,12	3	5244,375	11,52562	,000449
D1 x D2	19935,52	15	1329,034	75,88873	,013079
D1 x D3	19801,69	12	1650,141	48,86292	,000224
D2 x D3	20457,38	12	1704,782	139,2287	,000017
T: Témoin	D1: 10%	D2: 15%	D3: 30%	/ Effets significatifs marqués à p < ,05000	

**Annexe 8.** Taux de mortalité cumulé sur les adultes de *Tribolium castaneum* traitées avec les différentes concentrations des fruits (poudre) de *Peganum harmala*

(T: Témoin, C1: 10 %, C2: 15 % et C3: 30 %). Moyenne de 3 répétitions.

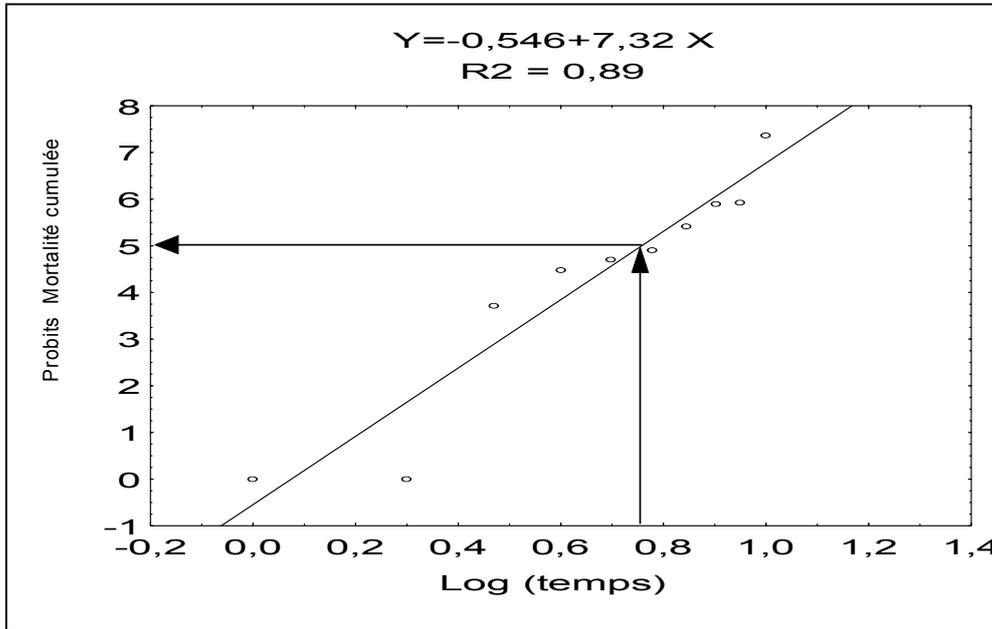
<b>Durée de trait. en jours</b>	<b>T</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
1	0	0	0	0
2	0	0	0	5
3	0	0	6,66	10
4	0	3,33	6,66	15
5	0	5	10	20
6	0	6,66	13,33	23,33
7	0	11,66	20	31,66
8	0	18,33	26,66	36,66
9	10	25	36,66	48,33
10	10	28,33	43,33	56,66
11	10	36,66	50	63,33
12	20	31,25	52,07	64,57
13	20	41,66	56,25	75
14	20	43,75	60,41	85,41
15	25	55,54	71,1	91,06
16	25	66,66	75,54	100
17	25	73,33	80	100
18	30	78,57	85,71	100
19	35	82,04	97,43	100
20	35	84,61	100	100
21	35	89,73	100	100
22	35	89,73	100	100
23	35	92,3	100	100
24	35	97,43	100	100
25	35	100	100	100

**Annexe 9.** Analyse de la Variance de l'effet insecticide fruits (poudre) de *Peganum harmala* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

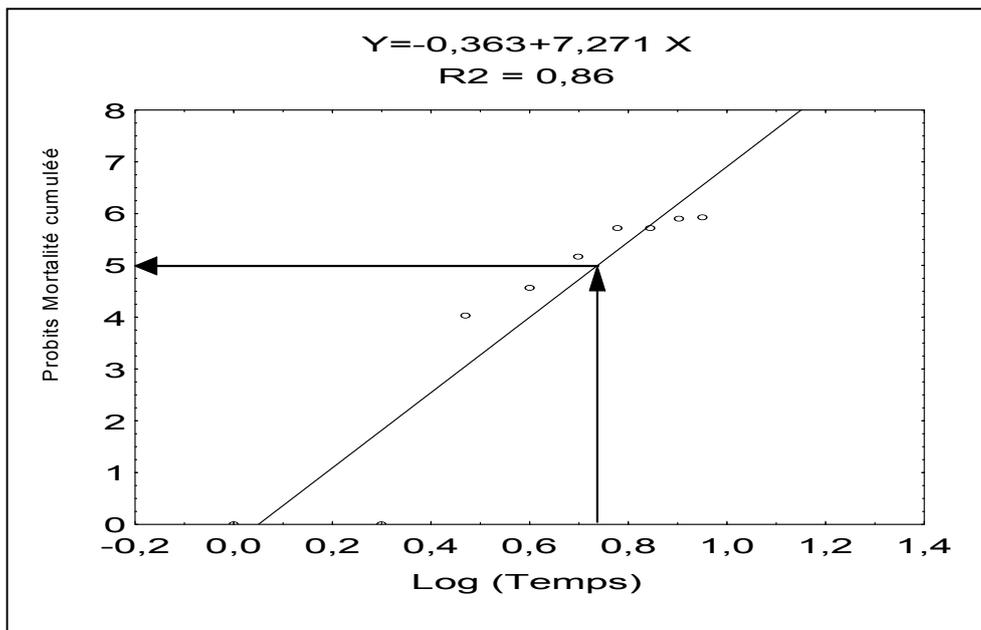
Composants	Effet SC	Effet dl	Effet MC	F	p
T x D1	30192,33	5	6038,467	131,7201	,000000
T x D2	32459,61	5	6491,923	158,4192	,000000
T x D3	31306,26	5	6261,253	78,4771	,000000
D1 x D2	33208,65	21	1581,364	160,4339	,000700
D1 x D3	32772,17	21	1560,579	93,63477	,001562
D2 x D3	32797,17	17	1929,245	540,1887	,000000

T: Témoin    D1: 10%    D2: 15%    D3: 30% / Effets significatifs marqués à p < ,05000

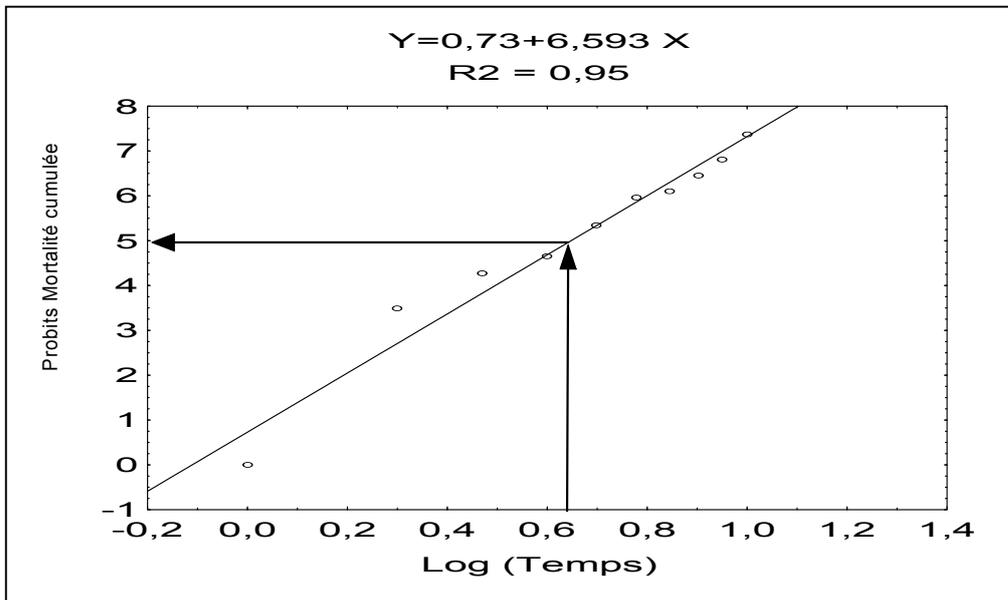
**Annexe 10.** Le taux de mortalité cumulé en Probits de *Tribolium castaneum* traité avec *M.azedarach*



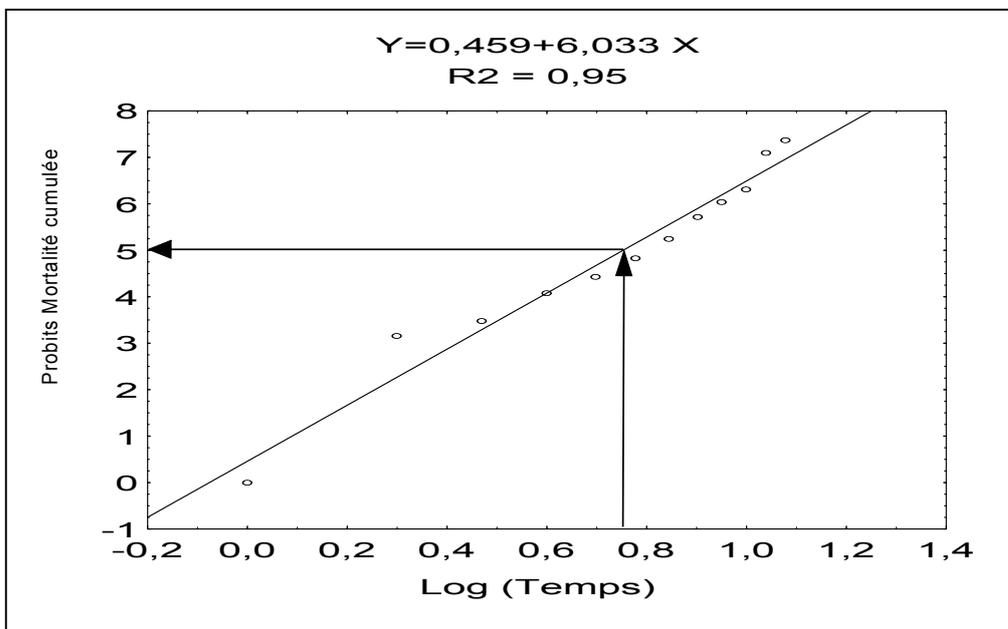
**A-** Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 10 %



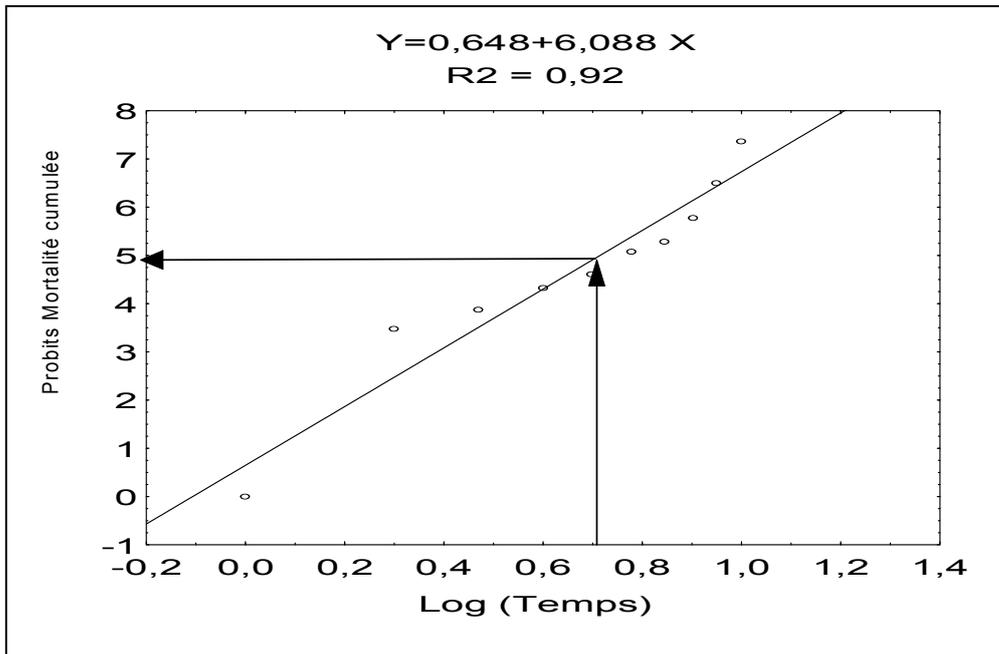
**B -** Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 15 %



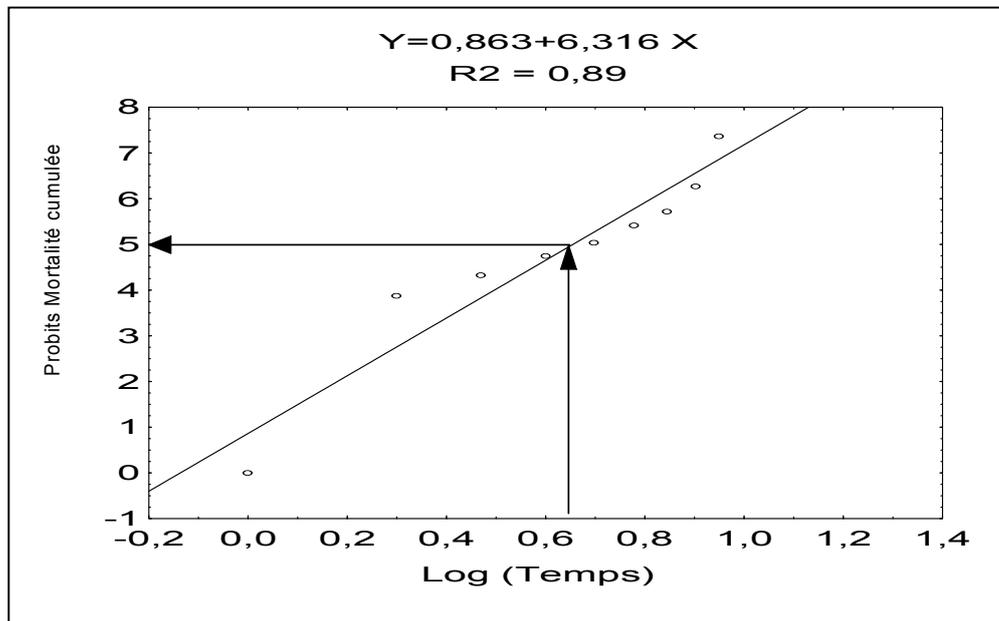
C - Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 30 %



D - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 10 %

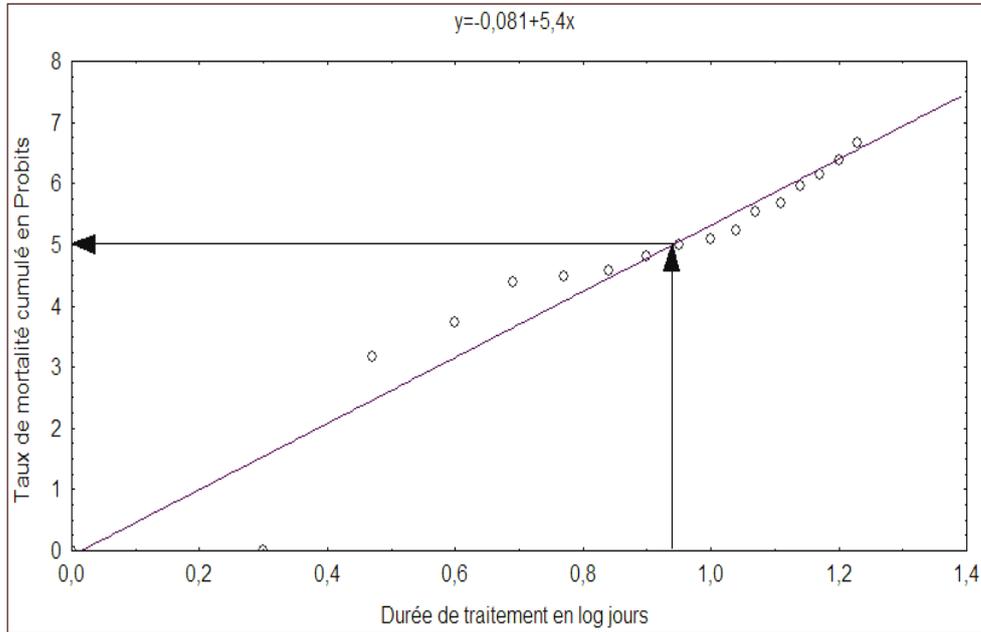


**E** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 15 %

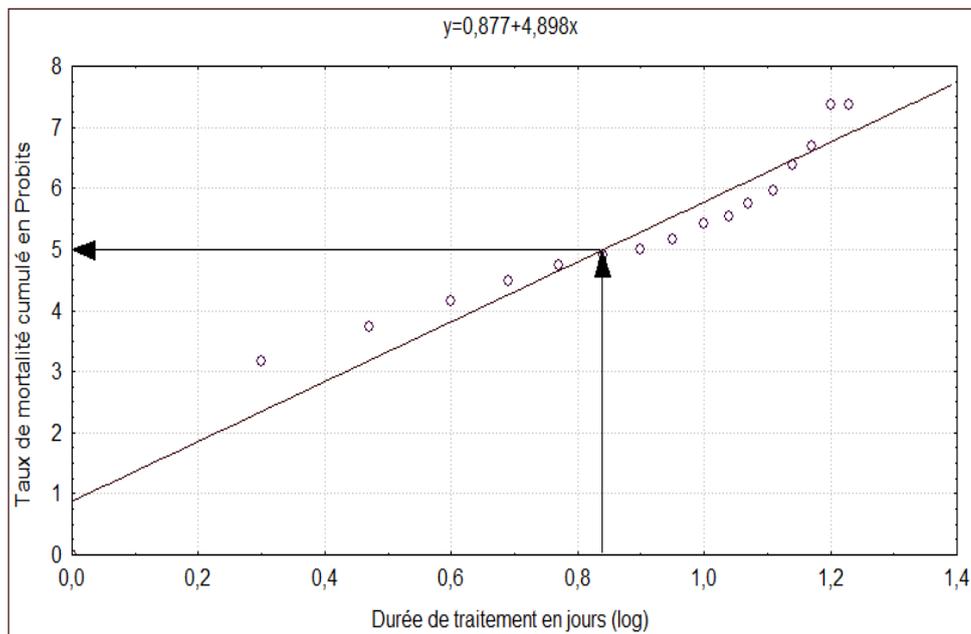


**F** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 30 %

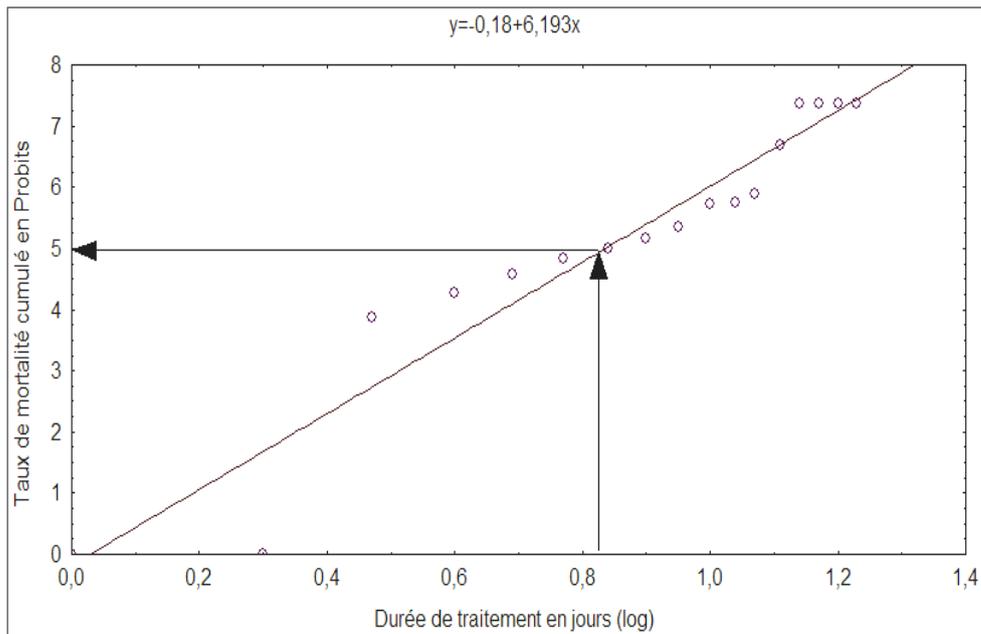
**Annexe 11.** Le taux de mortalité cumulé en Probits de *Tribolium castaneum* traité avec *P.harmala*



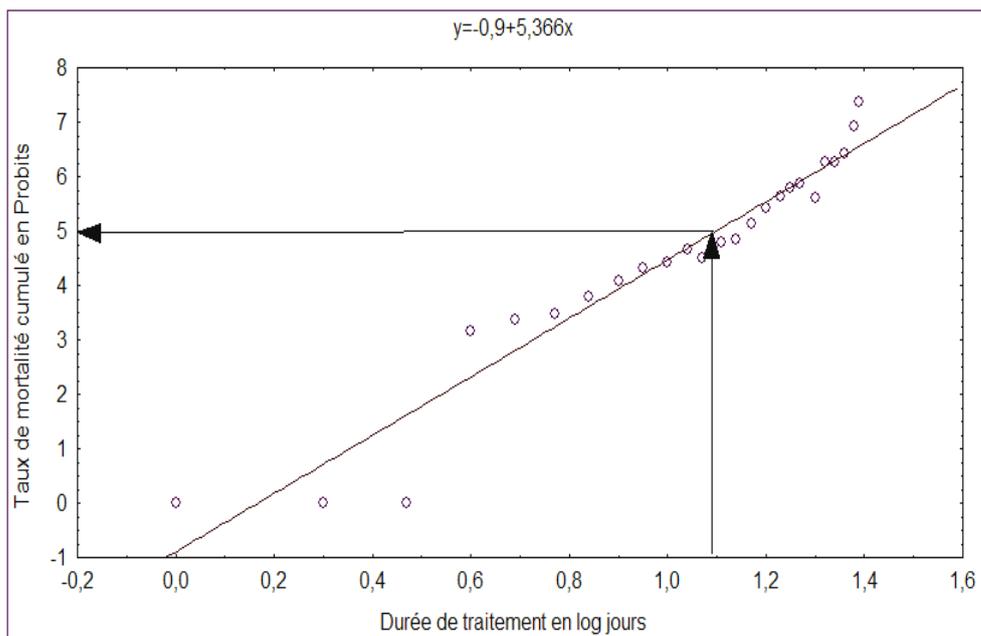
**A** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 10 %



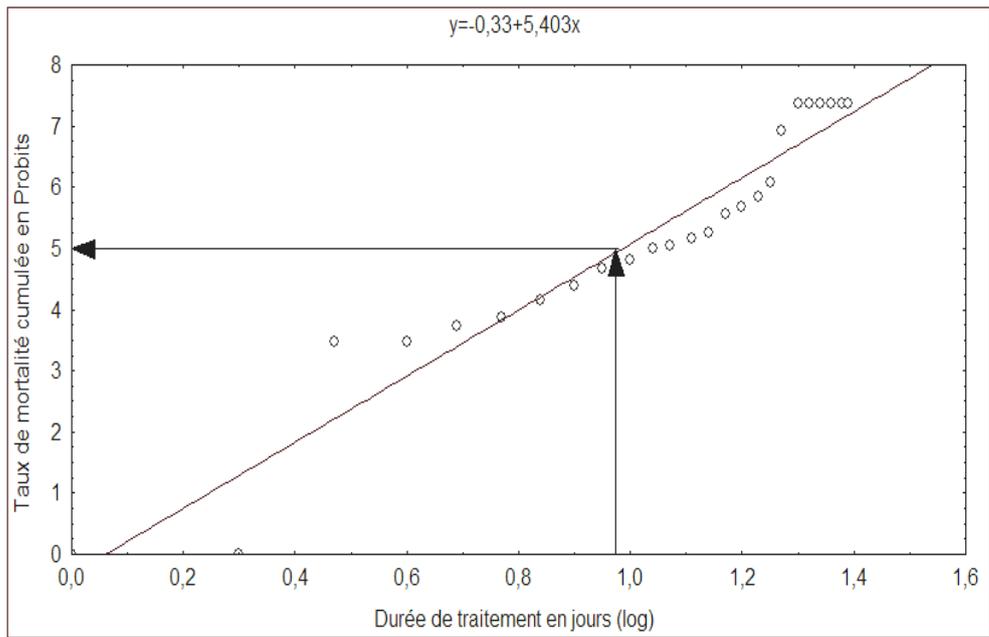
**B** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 15 %



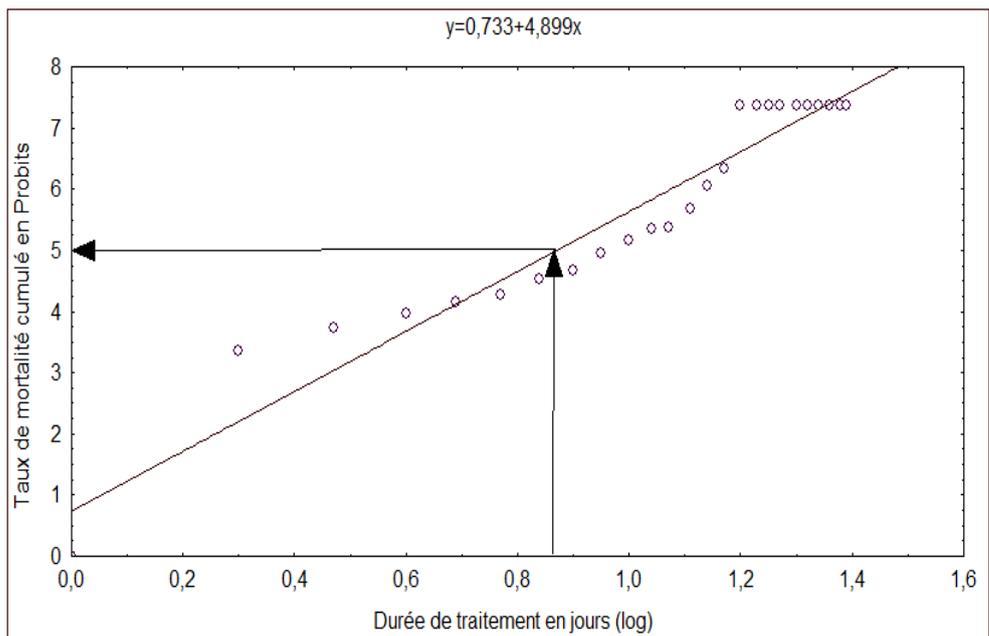
**C** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des larves avec la dose 30 %



**D** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 10 %



**E** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 15 %



**F** - Le taux de mortalité cumulé en Probits des adultes avec la dose 30 %