



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

**THÈSE**

Présentée Par

**M<sup>lle</sup>: CHELEF Mokhtaria**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

**DOCTORAT 3<sup>ème</sup> CYCLE (LMD)**

**Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière: Sciences agronomiques**

**Spécialité: « Protection de l'Agroenvironnement et Sciences du sol »**

**THÈME:**

**"Etude des effets insecticides et raticides d'extraits de plantes spontanées aromatiques et médicinales dans la protection des grains stockés dans la région de Tiaret"**

Soutenu le : 16 / 12 / 2021

Devant le jury composé de:

Président	Pr. AMARA Karim	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Examineur	Pr. BELKHODJA Moulay	Université Oran 1 HBB Oran
Examinatrice	Dr. BOUAMOUD Fatma	Université Ibn Badis Mostaganem
Examinatrice	Dr. LABDELLI Fatiha	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Directeur de Thèse	Pr. HASSANI Abdelkrim	Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Co-directeur de Thèse	Dr. HEMIDA Houari	Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## **Remerciement**

---

*Tout d'abord, je tiens à remercier, le tout puissant **الله** qui m'a donné le courage et la volonté pour achever cette thèse, m'a prêté l'esprit du travail et m'a éclairé le chemin du savoir et de l'apprentissage.*

*Au terme de ce travail de recherche, réalisé principalement au sein du Laboratoire d'agro-biotechnologie et de nutrition en zones semi-arides, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Tiaret et au niveau du département de biomédecine, Institut des sciences vétérinaires, Université de Tiaret, je me dois de remercier tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Un remerciement chaleureux à mon directeur de thèse, Monsieur **Hassani Abdelkrim**, Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Tiaret, d'avoir accepté de diriger, guider et confier ce travail. Son esprit critique a largement contribué à l'orientation et à la réalisation de cette thèse.*

*Aucun remerciement ne serait à la hauteur de tout le soutien et l'aide apportée par Monsieur **Hemida Houari**, Maître de conférences A au département des sciences vétérinaires, université de Tiaret. Un grand remerciement pour les conseils, la gentillesse et la patience qu'il a manifesté à mon égard durant notre travail et aussi pour m'avoir fait l'honneur d'être le codirigeant de cette thèse.*

*Je tiens à remercier Monsieur **Amara Karim**, Professeur au département des sciences vétérinaires, université de Tiaret, qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse et aussi pour son aide, son soutien et ses encouragements.*

*J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur **Belkhouidja Moulay**, Professeur à l'université Ahmed Ben Bella, Oran1, d'avoir accepté de faire partie de ce jury, hommage respectueux.*

*Nous adressons nos plus vifs remerciements à Madame **Labdelli Fatiha**, maître de conférences A à la faculté SNV, université de Tiaret, d'avoir eu l'aimabilité d'examiner ce travail et de m'être venue en aide aux moments durs.*

*Mes sincères remerciements s'adressent, également, à Madame **Bouamoud Fatma**, maître de conférences A à l'université de Mostaganem, de m'avoir fait l'honneur d'examiner ma thèse. Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.*

*Je remercie vivement notre professeur **Adamou Djarbaoui**, responsable de la spécialité protection de l'agro environnement et sciences du sol en formation doctorale d'avoir eu l'aimabilité de suivre l'état d'avancement de ce travail.*

*Il m'est particulièrement agréable de remercier tous les responsables et les ingénieurs des laboratoires de notre faculté en particulier Mrs **Benhlima, Bachir, Houari, Makroussi, Maarouf**,*



**Hamid, et Mme Bensatata Karima, Mabrouka, Saliha, Elhadja, Kheira** pour leur aide, disponibilité, orientation et nombreux services rendus, Merci à vous.

Je tiens à exprimer ma très grande considération et ma vive reconnaissance à l'ensemble des éléments de l'équipe de recherche du laboratoire de biomédecine, Institut des sciences vétérinaires, Université de Tiaret, en particulier, Pr **Chikhaoui Mira, Dr Boumazragu Assia, Melle Boudali Soumia** pour leur aide et soutien.

Je n'oublie pas de remercier Monsieur Pr. **Aggad Hbib**, directeur du laboratoire d'hygiène et Pathologie Animale et ses assistants Mr **Abdalli Mustapha et Mr Radouane**, pour leur accueil, aide, esprit scientifique et disponibilité. Merci de m'avoir facilité le travail.

Je remercie également Mr **Sarmoum Mohamed et Mr Ait Hamou Mohamed**, maîtres de conférence A à la faculté SNV, université de Tiaret, pour leur aide dans l'identification des plantes aromatiques. Je leur adresse tout mon respect pour leur disponibilité.

Mes reconnaissances les plus sincères s'adressent également à tous mes professeurs de la faculté SNV, université de Tiaret, en particulier messieurs **Kouadria, Benbagara, Kadi, Zebbar, Sassi** et mesdames **Bouchenafa, Gourchalla, Oueldbachir, Benaraba, Bousmaha**, sans oublier M<sup>elle</sup> **Chadli Souhila** pour leur formation, orientation, conseils et aide. Qu'ils trouvent ici ma sincère gratitude.

A la mémoire de notre défunt Mr **Boukhatem**, Qu'Allah l'accueille dans son vaste paradis. Nous lui sommes reconnaissants pour ses efforts en faveur de la science et son aide aux étudiants.

Une mention particulière est réservée à Mme **Larbi Bnina**, Mr **Mahyouti Hamza, Kécir Mohamed, békai Madjid, Bentoumi Abdo et Labiod Abed** pour leur aide et soutien. Qu'ils trouvent ici mes sincères remerciements pour leur contribution.

Mes remerciements sont également adressés à toute personne ayant participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail. Enfin je remercie énormément les membres de ma famille, principalement ma mère, pour leur soutien inconditionné, leur patience et leurs encouragements et aussi à ma chère sœur et copine **Keltouma**, sans oublier ma très chère nièce **Nesrine**.

## *Dédicace*

---

*À la mémoire de mon défunt père ; tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je lui porte, ni la profonde gratitude que je lui témoigne pour tous les efforts et les sacrifices qu'il n'a jamais cessé de consentir pour notre instruction et notre bien-être. Qu'Allah l'accueille dans son vaste paradis.*

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, à cette source de tendresse, de patience et de générosité. À ma mère !*

*À mes chers frères et mes belles-sœurs*

*À mes chères sœurs et mes beaux-frères*

*À mes très chers frères Bilal et Abed*

*Spécialement à mes chères sœurs : Amel, Hadjer, Nesrine, Keltouma*

*À tous et toutes mes neveux et nièces*

*À toute ma famille : oncles, tantes, cousins, cousines*

*À tous mes amis et collègues, en particulier : Amina, Samra, Yasmina, Karim, Lakhdar*

*À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.....*

*Je vous aime tous*

*Maya Mokhtaria*

## Résumé

---

En raison de leur nocivité sur l'environnement et la santé humaine, les produits phytosanitaires de synthèse font l'état de révisions et de limitations dans la plupart des pays du monde, d'où la recherche d'une alternative par les scientifiques, à base d'extraits de plantes médicinales est nécessaire pour leurs propriétés biologiques dans la protection de la biosphère.

A cet effet, le présent travail porte, d'une part sur la phytoprotection et en particulier la protection des semences stockées et leurs dérivés contre les attaques des rongeurs et des insectes ravageurs des céréales, principalement le blé stocké, et d'autre part sur la valorisation des plantes aromatiques endémiques de la Wilaya de Tiaret.

Dans cette optique, l'huile essentielle, deux extraits aqueux et méthanolique et la poudre végétale de plantes locales ; *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* et *Thapsia garganica* ont été évalués pour leurs effets raticides et insecticides, après l'étude de leur profil phytochimique.

Le rendement d'HE est de 0.22% pour le rhizome d'*Atractylis gummifera*, de 0.58% pour la partie aérienne de *Thapsia garganica*, et seulement des traces pour *Daphne gnidium*. Alors que le rendement en extrait aqueux est de 20%, 21.20% et 25%, respectivement pour *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* et *Thapsia garganica*, tandis que l'extrait méthanolique a affiché des teneurs de 9.40%, 12.08% et de 16%, respectivement pour *A. gummifera*, *D. gnidium* et *T. garganica*.

Par ailleurs, l'étude phytochimique a démontré la présence d'alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, anthocyanes, coumarines, amines et composés réducteurs. En outre, l'extrait méthanolique d'*Atractylis gummifera* a affiché les plus fortes teneurs en composés phénoliques et flavonoïdes avec 27.14mg/Eq AG/g MS et de 17.73mg/Eq Qr/g MS, respectivement, par rapport à l'extrait aqueux de la plante elle-même et à l'ensemble des extraits de *D. gnidium* et de *T. garganica*. Cependant, l'extrait aqueux d'*Atractylis gummifera* présente une teneur élevée en tanins égale à 11.12mg/Eq Cat/g MS. la caractérisation des composés bioactifs par HPLC a décelé la richesse de nos plantes étudiées en biomolécules responsables de leurs activités biologiques.

Concernant les ravageurs, les espèces d'insectes inventoriées sur le blé stocké sont surtout *Sitophilus granarius*, *T. granarium* et *T. castaneum*, *S. oryzae*, *R. dominica* et *E. kuehniella*. Pour l'évaluation de l'effet insecticide, nos résultats ont démontré que les formes d'extraits végétaux utilisés sont efficaces pour réduire la nuisibilité de *S. granarius* et *T. castaneum* sur les grains de blé stockés. Les DL<sub>50</sub> et les DL<sub>90</sub> ont été calculés pour chaque forme de plante testée.

Pour l'évaluation de la toxicité à l'aide d'appâts empoisonnés, testés sur des rats expérimentaux (rats Wistar), on a observé des signes cliniques représentés par des troubles digestifs, respiratoires et nerveux avec un taux de mortalité variable, d'où des DL<sub>50</sub> et des DL<sub>90</sub> ont été déterminés. De plus, l'examen histopathologique a révélé des lésions tissulaires au niveau du foie, poumons, reins et intestin grêle.

Enfin, d'après ce modeste travail, on peut conclure que les plantes étudiées en particulier *Atractylis gummifera*, présentent une alternative certaine comme biopesticides (insecticide et raticide),

**Mots clés :** plantes médicinales, extraits végétaux, denrées stockés, raticide, histopathologie, effet insecticide, biopesticides.

## Abstract

Synthetic phytosanitary products are under review and limitation in most countries of the world due to its harmfulness on the environment and human health. Hence, the search for an alternative by scientists is based on the extracts of medicinal plants for their biological and protective properties of the biosphere.

In this regard, the present work concerns on the phytoprotection. Particularly the protection of stored seeds and their derivatives against attacks by rodents and insect pests of cereals, mainly stored wheat. On the other het, the study focuses on the valorization of endemic aromatic plants of the district of Tiaret.

In this context, the essential oil, two aqueous and methanolic extracts and the vegetable powder of local plants *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* and *Thapsia garganica* were evaluated for their rat poison and insecticidal effect, after studying their phytochemical profile.

The EO yield is 0.22% for the rhizome of *Atractylis gummifera*, 0.58% for the aerial part of *Thapsia garganica*, and only traces for *Daphne gnidium*. While the yield of aqueous extract is 20%, 21.20% and 25% respectively for *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* and *Thapsia garganica*. The methanolic extract we have found 9.40%, 12.08% and 16% respectively for *A. gummifera*, *D. gnidium* and *T. garganica*.

In addition, the phytochemical study demonstrated the presence of alkaloids, Flavonoids, tannins, anthocyanins, coumarins, amines and reducing compounds. also, the methanolic extract of *A. gummifera* displays the highest contents of phenolic compounds and Flavonoids with 27.14 mg / Eq AG / g MS et 17.73 mg / Eq Qr / g MS respectively compared to the aqueous extract of plant itself and all extracts of *D. gnidium* and *T. garganica*. However, the aqueous extract of *Atractylis gummifera* has a high tannin content equal to 11.12mg / Cat Eq / g DM. The characterization of bioactive compounds by HPLC has detected the richness of our studied plants with bimolecular responsible for their biological activities.

Concerning pests, the insect species inventoried on stored wheat are especially *Sitophilus granarius*, *T. granarium* and *T. castaneum*, *S. oryzae*, *R. dominica* and *E. kuehniella*. For the evaluation of the insecticidal effect, our results revealed that all forms of plant extracts used were proved to be effective in reducing the pest of *S. granarius* and *T. castaneum* on stored wheat grains. LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> were calculated for each form of plant tested.

For the toxicity assessment using poison baits tested on experimental rats (Wistar rats), clinical signs were observed as digestive, respiratory and nervous disorders with varying mortality rates, from which LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> were determined. In addition, the histopathological examination revealed tissue damage in the liver, lungs, kidneys and small intestine.

Finally, we can conclude that the studied plants present a definite alternative as biopesticides (insecticide and rat poison) replacing synthetic pesticides particularly *Atractylis gummifera*.

**Keywords:** medicinal plants, plant extracts, stored grains, rat poison, histopathology, insecticidal effect, biopesticides.



## ملخص

نظرا لأضرار المواد الكيميائية و بالتحديد المستعملة من أجل حماية النباتات على البيئة عامة و على الفرد خاصة, فإن هذه الأخيرة تخضع للمراجعة في معظم دول العالم, مما دفع العلماء إلى البحث عن مواد بديلة. الخصائص البيولوجية لمستخلصات النباتات الطبية تجعلها محل اهتمام ودراسة من أجل استعمالها لحماية المحيط الحيوي.

من أجل هذا, كانت هذه الدراسة محل اهتمام دراسة حماية النباتات و خاصة حماية البذور المخزنة منها القمح المخزن ضد القوارض من جهة و ضد الحشرات الضارة كآفات زراعية, و من ناحية أخرى إلى تثمين النباتات الطبية العطرية لولاية تيارت.

في هذا الإطار تم تثمين الزيت العطري و المستخلصات المائية و الميثانولية و كذا مسحوق ثلاث نباتات طبية

*Thapsia garganica* و *Daphne gnidium* و *Attractylisgummifera* من أجل تأثيرهم على الجرذان كمضاد للقوارض و كذا ضد الحشرات كمبيدات حشرية و هذا بعد دراسة خصائصهم الكيميائية أسفرت النتائج أن عائد الزيت العطري كان 0.22% بالنسبة إلى جذمور *A. gummifera* و 0.58% بالنسبة للجزء الهوائي ل *T. garganica* و آثار فقط بالنسبة ل *D. gnidium*. بينما بلغ عائد المستخلص المائي: 20% و 21.20% و 25% على التوالي لكل من *A. gummifera* و *D. gnidium* و *T. garganica* أما المستخلص الميثانولي فقد سجل عائد بلغ 9.40% و 12.08% و 16% على التوالي لكل من *A. gummifera* و *D. gnidium* و *T. garganica*.

بالإضافة إلى ذلك ، أظهرت الدراسة الكيميائية النباتية وجود قلويدات ، مركبات الفلافونويد ، العفص ، الأنثوسيانين ، الكومارين ، الأمينات والمركبات المختزلة. بالإضافة إلى ذلك ، يعرض المستخلص الميثانولي لـ *A. gummifera* على أعلى نسب: 27.14mg/Eq AG/g MS و 17.73mg/Eq Qr/g MS من المركبات الفينولية والفلافونويد على التوالي مقارنة بالمستخلص المائي للنبات نفسه وجميع المستخلصات. كشف تحديد المركبات النشطة بيولوجيًا بواسطة HPLC عن ثراء النباتات التي تمت دراستها بالجزينات الحيوية المسؤولة عن أنشطتها البيولوجية.

أسفر جرد أنواع الحشرات على القمح المخزن وجود ما يلي: *S. granarium* و *T. granarium* و *castaneum* و *S. oryzae* و *R. dominica* و *E. kuehniella*. أثبتت نتائج تقييم سمية كل أنواع المستخلصات النباتية بما فيه مسحوق هذه الأخيرة كمبيدات حشرية أنها جد فعالة في الحد من تكاثر و مدة حياة كل من *S. granarius* و *T. castaneum*. كما تم حساب كل من DL<sub>50</sub> و DL<sub>90</sub> لكل شكل من أشكال النباتات المدروسة.

أظهرت نتائج تقييم سمية مسحوق النباتات الثلاث المدروسة و كذا المستخلصات المائية و الميثانولية ضد فرنان التجارب *rats Wistar* وجود مظاهر سريرية تتمثل في اضطرابات الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والعصبي مع معدلات وفيات متفاوتة من جهة و من جهة أخرى بينت دراسة الأنسجة عن وجود تلف في أنسجة كل من الكبد، الرنتين، الكلى و الأمعاء الدقيقة .

بناء على النتائج المحصل عليها خلال هذا العمل المتواضع يمكننا القول أن النباتات المدروسة يمكنها أن تكون بديل للمواد الكيميائية كمبيدات حيوية من شأنها الحد من انتشار كل من حشرات القمح المخزن و كذا جرذان المخازن، كما يجدر بنا الإشارة إلى أن نبتة *A. gummifera* أظهرت فعالية كبيرة تجعل منها محل اهتمام ودراسة.

الكلمات المفتاحية: نباتات طبية ، مستخلصات نباتية ، أغذية مخزنة ، سم الفران ، علم أمراض الأنسجة ، مبيد حشري ، مبيدات بيولوجية.

## *Table des matières*

---

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
La liste des annexes	
Introduction générale.....	1

### **Première partie. Synthèse bibliographique**

#### **Chapitre I. La production céréalière de la post-récolte en Algérie**

1 Situation socio-économique de la céréaliculture en Algérie.....	6
1.1 La production du blé dans le monde.....	7
1.2 La production du blé en Algérie.....	7
1.3 La production du blé à Tiaret.....	8
1.4 Entreposage des céréales en Algérie et à Tiaret.....	8
1.4.1 L'importance du stockage.....	8
1.4.2 Mesures nationales d'entreposage des céréales.....	8

#### **Chapitre. II. Les méthodes de stockage des céréales en post-récolte**

2 Les méthodes de stockage des céréales en post-récolte.....	10
2.1 Le stockage modernes.....	10
2.1.1 Le stockage en vrac.....	10
2.1.2 Le stockage en sac.....	10
2.1.3 Le stockage en silo.....	10
2.1.3.1 Les silos en métal.....	10
2.1.3.2 Les silos en béton.....	10
2.1.4 Le stockage en plein air.....	11
2.2 Méthodes traditionnelles.....	11
2.2.1 Le stockage souterrain.....	11

2.2.2 Le stockage en gerbe.....	11
2.2.3 Le stockage en épis.....	11

### **Chapitre.III. Les Facteurs de détérioration des céréales stockées**

3 Les Facteurs de détérioration des céréales stockées.....	13
3.1 Facteurs abiotiques .....	13
3.1.1 Température.....	13
3.1.2 Humidité relative .....	13
3.1.3 Durée de stockage.....	13
3.1.4 Altérations enzymatiques .....	13
3.2 Facteurs biotiques .....	14
3.2.1 Insectes.....	14
3.2.2 Les acariens .....	14
3.2.3 Les micro-organismes.....	14
3.2.4 Les rongeurs .....	15
3.2.4.1 Les espèces de rongeurs nuisibles .....	15
3.2.4.2 Les espèces de rongeurs en Algérie.....	16
3.2.4.3 Les espèces de rongeurs à Tiaret .....	16

### **Chapitre. IV. Les méthodes de lutte**

4 Les méthodes de lutte .....	17
4.1 La lutte préventive .....	17
4.2 La lutte curative .....	17
4.2.1 La lutte chimique .....	17
4.2.2 La lutte physique.....	17
4.2.2.1 L'atmosphère modifiée .....	18
4.2.2.2 La température .....	18
4.2.2.3 Le froid.....	18
4.2.2.4 Lutte par radiations ionisantes.....	18
4.2.3 La lutte biotechnologique.....	18

4.2.3.1 La lutte par phéromones .....	18
4.2.4 La lutte biologique .....	18
4.2.5 Lutte par utilisation de plantes insecticides.....	19
4.2.6 Quelques principes actifs des plantes .....	19
4.2.6.1 Les composés phénoliques .....	20
4.2.6.1.1 Les flavonoïdes .....	20
4.2.6.1.2 Les acides phénoliques.....	21
4.2.6.1.3 La lignine et la lignanes.....	21
4.2.6.1.4 Les Stilbènes.....	21
4.2.6.1.5 Les Tanins .....	21
4.2.6.2 Les alcaloïdes .....	22
4.2.6.3 Les anthocyanines.....	22
4.2.6.4 Les glucosinolates.....	22
4.2.6.5 Les saponines.....	23
4.2.6.6 Les coumarines .....	23
4.2.6.7 Les terpénoïdes .....	23
4.2.6.8 Les polysaccharides .....	24
4.2.6.9 Les activités biologiques des composés phénoliques .....	24
4.2.7 Les huiles essentielles .....	25
4.2.7.1 Définition des huiles essentielles.....	25
4.2.7.2 Rôle des huiles essentielles .....	25
4.2.7.3 Les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles .....	26
4.2.7.3.1 Extraction par entrainement à la vapeur.....	26
4.2.7.3.2 Extraction par hydrodistillation .....	26
4.2.7.3.3 Extraction par expression à froid .....	26
4.2.7.3.4 Extraction par solvant organique .....	26
4.2.7.3.5 Extraction assisté par micro-ondes .....	26
4.2.7.3.6 Extraction fluide à l'état supercritique(SFE).....	27
<b>Chapitre. V. aperçu générale sur le matériel biologique utilisé</b>	
5 Aperçu générale sur le matériel biologique utilisé.....	28
5.1 Données bioécologiques sur les plantes étudiées .....	28
5.1.1 Atractylis (Carlina) gummifera L .....	28



5.1.1.1	Systématique.....	28
5.1.1.2	Nomenclature.....	28
5.1.1.3	Description botanique .....	28
5.1.1.4	Utilisation médicinale et traditionnelle .....	29
5.1.1.5	Composition chimique d' <i>Atractylis gummifera</i> L.....	29
5.1.1.6	Toxicité d' <i>Atractylis gummifera</i> L.....	30
5.1.2	<i>Thapsia garganica</i> L.....	31
5.1.2.1	Systématique.....	31
5.1.2.2	Nomenclature.....	31
5.1.2.3	Description botanique .....	31
5.1.2.4	Utilisation médicinale et traditionnelle .....	32
5.1.3	Composition chimique de <i>Thapsia garganica</i> L.....	32
5.1.3.1	Toxicité de <i>Thapsia garganica</i> L.....	33
5.1.4	<i>Daphne gnidium</i> L.....	33
5.1.4.1	Systématique.....	33
5.1.4.2	Nomenclature.....	34
5.1.4.3	Description botanique .....	34
5.1.4.4	Utilisation traditionnelle.....	35
5.1.4.5	Composition chimique de <i>Daphne gnidium</i> L.....	35
5.1.4.6	Toxicité de <i>Daphne gnidium</i> L.....	36
5.2	Données bioécologiques sur les insectes étudiés.....	36
5.2.1	Données bioécologique sur le charançon du blé <i>Sitophilus granarius</i> .....	36
5.2.1.1	Systématique.....	36
5.2.1.2	Nomenclature.....	36
5.2.1.3	Description morphologique des différents stades du <i>Sitophilus granarius</i> .....	37
5.2.1.3.1	L'œuf.....	37
5.2.1.3.2	La larve.....	37
5.2.1.3.3	La nymphe .....	37
5.2.1.3.4	L'adulte.....	37
5.2.1.4	Cycle biologique.....	38
5.2.1.5	Dégâts.....	38
5.2.2	Données bioécologique sur le petit vert de la farine <i>Tribolium castaneum</i> .....	39

5.2.2.1	Systématique.....	39
5.2.2.2	Nomenclature.....	39
5.2.2.3	Description morphologiques des différents stades du <i>Tribolium castaneum</i> .....	40
5.2.2.3.1	Œuf.....	40
5.2.2.3.2	Larve.....	40
5.2.2.3.3	La nymphe .....	40
5.2.2.3.4	L'imago.....	40
5.2.2.3.5	L'Adulte.....	40
5.2.2.4	Cycle biologique .....	41
5.2.2.5	Dégâts.....	42

## **Chapitre VI. Aperçu générale sur les raticides**

6	Importance de lutte contre les rongeurs.....	43
6.1	Risques écologiques.....	43
6.2	Risques sanitaires .....	43
6.3	Dégâts économiques .....	44
6.4	La classification des rongeurs .....	44
6.4.1	Les rongeurs domestiques.....	44
6.4.2	Les rongeurs commensaux.....	44
6.4.3	Les rongeurs sauvages .....	44
6.4.4	Les rongeurs des champs .....	44
6.5	La lutte contre les rongeurs.....	45
6.5.1	La lutte alternative .....	45
6.5.1.1	Méthodes mécaniques de lutte.....	45
6.5.2	Méthodes de lutte préventive .....	45
6.5.3	Méthodes de lutte culturale .....	45
6.5.4	La lutte préventive .....	45
6.5.5	La lutte curative.....	45
6.5.6	La lutte biologique .....	46
6.5.7	La lutte chimique .....	46

6.5.8 La lutte intégrée .....	46
6.6 Propriétés des anticoagulants et la lutte contre les rongeurs.....	46
6.7 Mécanisme d'action des anticoagulants.....	47
6.8 Toxicité des anticoagulants .....	47
6.9 Rodenticides utilisés en Algérie .....	48

## **Deuxième partie. Matériels et méthodes**

### **Chapitre I. zone d'étude**

1 Localisation géographique de la zone d'étude .....	49
1.1 Les données climatiques de la Wilaya de Tiaret .....	49
1.1.1 La pluviométrie.....	50
1.1.1.1 Précipitations moyennes annuelles (1985/2019) .....	51
1.1.1.2 Régimes pluviométriques saisonniers (1985-2019).....	51
1.1.2 Température.....	52
1.1.3 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (Bagnouls, 1953) .....	54
1.1.4 Quotient pluviothermique d'Emberger (Emberger, 1955).....	55

### **Chapitre II. Le matériel végétal**

2 Caractéristiques des espèces végétales utilisées.....	57
2.1 Récolte et séchage des plantes.....	58
2.1.1 Préparation des poudres végétales .....	58
2.2 Analyses et mesures effectuées .....	59
2.2.1 Extraction des huiles essentielles.....	60
2.2.2 Préparation des extraits .....	61
2.2.2.1 Préparation de l'extrait aqueux.....	61
2.2.2.2 Préparation de l'extrait méthanolique .....	61
2.2.3 Criblage phytochimique de deux extraits aqueux et méthanoliques .....	62
2.2.3.1 Analyses qualitatives.....	62
2.2.3.1.1 Détection des Alcaloïdes .....	62
2.2.3.1.2 Détection des stérols et des polyterpènes .....	62
2.2.3.1.3 Détection des flavonoïdes.....	62

2.2.3.1.4	Détection des Tanins .....	63
2.2.3.1.5	Détection des Quinones.....	63
2.2.3.1.6	Détection des saponines (Test de mousse) .....	63
2.2.3.1.7	Anthocyanines (Leucoanthocyanes) .....	63
2.2.3.1.8	Les coumarines .....	63
2.2.3.1.9	Anthraquinones.....	64
2.2.3.1.10	Composés réducteurs.....	64
2.2.3.1.11	Mucilages.....	64
2.2.3.1.12	Glycosides cardiaques .....	64
2.2.3.1.13	Les amines .....	64
2.2.3.1.14	Terpénoïdes.....	65
2.2.4	Analyses quantitatives.....	65
2.2.4.1	Dosage des polyphénols totaux .....	65
2.2.4.2	Dosage des flavonoïdes totaux .....	65
2.2.4.3	Dosage des tanins condensés.....	67
2.2.5	Analyse chromatographique.....	68
2.2.5.1	Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC).....	68
2.2.5.1.1	Principe.....	68
2.2.5.1.2	Mode opératoire .....	68
2.2.5.1.3	Interprétation des résultats.....	69

### **Chapitre III. Matériel animal**

3	Matériel animal .....	70
3.1	Le matériel animal insecte .....	70
3.1.1	Inventaire des insectes du blé stocké au niveau des magasins de stockage de la Wilaya .....	70
3.1.1.1	Estimation des pertes dans les échantillons.....	71
3.1.1.2	Méthode d'évaluation du pourcentage d'attaque.....	71
3.1.1.3	Méthode d'évaluation du pourcentage de perte en poids.....	72
3.1.2	Identification du matériel entomologique .....	72
3.2	Le choix du matériel animal insecte .....	72
3.2.1	Elevages des insectes .....	73
3.2.1.1	Elevage de <i>Sitophilus granarius</i> .....	73



3.2.1.2 Elevage de <i>Tribolium Castaneum</i> .....	73
3.2.1.3 Le sexage des insectes.....	73
3.3 Le matériel rongeur.....	74
3.3.1 Le choix du matériel rongeur .....	74
3.3.2 Les rats Albinos Wistar.....	74
3.3.3 Le rat <i>Rattus norvegicus</i> .....	75

#### **Chapitre IV. Tests biologiques**

4 Evaluation de l'effet raticide.....	76
4.1 Etude de la toxicité aigüe des plantes étudiées.....	76
4.1.1 Le choix des doses et le principe méthodologique .....	76
4.1.1.1 La plante <i>Atractylis gummifera</i> .....	76
4.1.1.2 La plante <i>Thapsia garganica</i> .....	77
4.1.1.3 La plante <i>Daphne gnidium</i> .....	78
4.1.2 Préparation et distribution des appâts empoisonnés .....	78
4.1.3 Détermination des doses létales DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	79
4.2 Etude histologique .....	79
4.2.1 Examen macroscopique et prélèvement des organes.....	79
4.2.1.1 Procédure au laboratoire.....	80
4.3 Evaluation de l'effet raticide des poudres des plantes.....	81
4.3.1 Protocole.....	81
5 Evaluation de l'effet insecticide.....	83
5.1 Bioessais de toxicité de la poudre des trois plantes.....	83
5.1.1 Traitement et conception expérimentale .....	83
5.1.1.1 Le ravageur <i>Sitophilus granarius</i> .....	83
5.1.1.2 Le ravageur <i>Tribolium castaneum</i> .....	84
5.2 Les paramètres biologiques étudiés .....	85
5.2.1 Mortalité des adultes .....	85
5.2.2 La fécondité .....	85

5.2.3	Le taux d'émergence.....	86
5.3	Les paramètres agronomiques.....	87
5.3.1	Le pourcentage de perte en poids des grains.....	87
5.3.2	Le pourcentage de dommage des grains.....	87
5.3.3	La faculté germinative des grains traitées.....	88
6	Bioessais de toxicité des deux extraits, aqueux, méthanolique, et l'huile essentielle.....	89
6.1	Bioessais de toxicité par ingestion.....	89
6.2	Bioessais de toxicité par contact.....	89
6.3	Analyse statistique.....	90

### **Troisième partie. Résultats et discussion**

#### **Chapitre I. Matériel végétal**

1	Interprétation des résultats d'extraction.....	91
1.1	Le rendement de l'huile essentielle.....	91
1.2	Les extraits aqueux et méthanolique.....	92
1.3	Caractéristiques des extraits aqueux et méthanolique.....	92
1.4	Rendements des extraits aqueux et méthanolique.....	93
1.5	Criblage phytochimique des extraits aqueux et méthanoliques.....	95
1.5.1	Résultats des Analyses qualitatifs.....	95
1.6	Résultats des analyses phytochimiques quantitatives.....	97
1.6.1	Les phénols totaux.....	97
1.6.2	Les flavonoïdes.....	97
1.6.3	Les tanins condensés.....	98
1.7	Résultats d'analyse chromatographique par HPLC.....	102

#### **Chapitre II. Matériel animal**

2	Résultats d'inventaire des insectes.....	107
3	Résultats de l'étude de toxicité aiguë des trois plantes.....	113
3.1	Le rhizome d' <i>Atractylis gummifera</i> .....	113
3.1.1	Signes cliniques.....	113

3.1.2	Taux de mortalité .....	113
3.1.2.1	La poudre.....	113
3.1.3	L'extrait méthanolique .....	114
3.1.4	L'extrait aqueux.....	114
3.1.4.1	L'effet de taille (R).....	117
3.1.5	Détermination de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	118
3.1.6	Résultats de l'effet raticide de PRAG dans les magasins de stockage .....	118
3.1.7	Résultats de l'examen macroscopique des organes .....	119
3.1.8	Résultats de l'examen histopathologique des organes.....	119
3.2	La partie aérienne de <i>Thapsia garganica</i> .....	124
3.2.1	Signes Cliniques .....	124
3.2.2	Taux de mortalité .....	124
3.2.2.1	La Poudre .....	124
3.2.2.2	L'extrait méthanolique .....	124
3.2.2.3	L'extrait aqueux.....	125
3.2.2.4	L'effet de taille (R).....	125
3.2.3	Détermination de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	129
3.2.4	Résultats de l'effet raticide de la PTG au niveau des magasins de stockage.....	129
3.2.5	Résultats de l'examen macroscopique des organes .....	130
3.2.6	Résultats de l'examen histopathologique des organes.....	130
3.3	La partie aérienne de <i>Daphne gnidium</i> .....	134
3.3.1	Signes Cliniques .....	134
3.3.2	Taux de mortalité .....	134
3.3.2.1	La poudre.....	134
3.3.2.1.1	L'extrait méthanolique .....	135
3.3.2.1.2	L'extrait aqueux .....	135
3.3.2.2	L'effet de taille (R).....	136
3.3.3	Détermination de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	136

3.3.4 Résultats de l'effet de PDG et le raticide chimique .....	136
3.3.4.1 Résultats de l'examen macroscopique des organes .....	140
3.3.4.2 Résultats de l'examen histopathologique des organes.....	140
4 Résultats d'évaluation de l'effet biocide .....	153
4.1 Résultats des Bioessais de la toxicité de la poudre des trois plantes.....	153
4.1.1 Contre <i>Sitophilus granarius</i> .....	153
4.1.1.1 Les paramètres biologiques .....	153
4.1.1.1.1 Le taux de Mortalité.....	153
4.1.1.1.2 Les valeurs de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	153
4.1.1.1.3 Le taux de fécondité : .....	153
4.1.1.1.4 Effet sur le pourcentage de réduction de ponte : .....	154
4.1.1.1.5 Effet sur le taux d'émergence.....	154
4.1.1.2 Les paramètres agronomiques .....	156
4.1.1.2.1 Pourcentage de perte en poids des grains .....	156
4.1.1.3 Le pourcentage d'attaque aux grains .....	156
4.1.1.4 La faculté germinative des grains .....	157
4.1.2 Contre <i>Tribolium castaneum</i> .....	160
4.1.2.1 Effet de la poudre de rhizome d' <i>A. gummifera</i> .....	160
4.1.2.2 Effet de poudre de <i>Daphne gnidium</i> .....	160
4.1.2.3 Effet de poudre de <i>Thapsia garganica</i> .....	161
4.1.2.4 Les valeurs de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	161
4.2 Résultats des Bioessais de la toxicité d'HE de RAG et TG.....	165
4.2.1 Résultats de toxicité par ingestion des deux huiles .....	165
4.2.1.1 Contre <i>S. granarius</i> .....	165
4.2.1.2 Contre <i>T. castaneum</i> .....	165
4.2.2 Résultats de toxicité par contact des deux huiles .....	169
4.2.2.1 Contre <i>Sitophilus granarius</i> .....	169
4.2.2.2 Contre <i>T. castaneum</i> .....	169
4.2.3 Les valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> enregistrées par l'HE de RAG et de TG.....	169
4.3 Résultats des Bioessais de la toxicité de l'EM et l'EA de RAG, DG et de TG. ....	174



4.3.1 Résultats de toxicité par ingestion .....	174
4.3.1.1 Contre <i>S. granarius</i> .....	174
4.3.1.2 Contre <i>T. castaneum</i> .....	178
4.3.2 Résultats de toxicité par contact des deux extraits.....	182
4.3.2.1 Contre <i>Sitophilus granarius</i> .....	182
4.3.2.2 Contre <i>T. castaneum</i> .....	186
4.3.3 Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> enregistrées par l'EM et l'EA de RAG, DG et de TG .....	190
Conclusion générale .....	204
Perspectives.....	210
Références bibliographiques.....	212
Annexes .....	248

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01</b>	Le marché mondial des céréales et du blé dans le monde.	07
<b>Tableau 02</b>	Le rendement des céréales en Algérie de la campagne 2008/2017.	08
<b>Tableau 03</b>	Evolution de la production du blé et la céréaliculture à Tiaret sur plusieurs campagnes.	09
<b>Tableau 04</b>	Les principaux insectes des céréales en Algérie.	15
<b>Tableau 05</b>	Les différentes classes des composés phénoliques.	20
<b>Tableau 06</b>	La nomenclature d' <i>A. gummifera</i> .	28
<b>Tableau 07</b>	La nomenclature de <i>T. garganica</i> .	31
<b>Tableau 08</b>	La nomenclature de <i>D. gnidium</i> .	34
<b>Tableau 09</b>	La nomenclature de <i>Sitophilus granarius</i> .	36
<b>Tableau 10</b>	La nomenclature de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst).	39
<b>Tableau 11</b>	Caractéristiques des espèces végétales utilisés et période de récolte.	59
<b>Tableau 12</b>	Les indications de la fréquence d'insectes établies par Champ et Dyte	70
<b>Tableau 13</b>	Expression de degré d'attaque aux grains selon le pourcentage d'attaque.	87
<b>Tableau 14</b>	Aspect et couleur des extraits obtenus de chaque partie de plante étudiée.	93
<b>Tableau 15</b>	Mise en évidence de certains familles de métabolites secondaires dans les extraits méthanolique et aqueux d'AG, DG et TG.	96
<b>Tableau 16</b>	Résultats du dosage des teneurs en phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés des différentes parties de plantes étudiés.	98
<b>Tableau 17</b>	Composés phytochimiques identifiés dans l'EARAG par HPLC.	103
<b>Tableau 18</b>	Composés phytochimiques identifiés dans de l'EADG par HPLC.	103
<b>Tableau 19</b>	Composés phytochimiques identifiés de l'EATG par HPLC.	104
<b>Tableau 20</b>	Inventaire des insectes des deux magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret.	107
<b>Tableau 21</b>	La fréquence mensuelle des insectes dans les deux sites.	108
<b>Tableau 22</b>	Fréquence mensuelle en pourcentage des insectes rencontrés dans les deux sites.	109
<b>Tableau 23</b>	Pourcentage d'attaque des grains par les insectes inventoriés dans les deux sites.	111
<b>Tableau 24</b>	Pourcentage de perte de poids dû aux insectes inventoriés dans les deux sites.	112
<b>Tableau 25</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.	115
<b>Tableau 26</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.	116
<b>Tableau 27</b>	Taux de mortalité selon le <i>t</i> -test pour des échantillons indépendants chez les rats Wistar, mâles et femelles traités par PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.	117
<b>Tableau 28</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> enregistrées par PRAG, EMRAG et EARA chez les rats Wistar après 36h de traitement.	118
<b>Tableau 29</b>	Evaluation de l'effet de PRAG, PTG, PDG et le raticide chimique au niveau des magasins de stockage contre <i>Rattus norvegicus</i> .	120

<b>Tableau 30</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.	126
<b>Tableau 31</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.	127
<b>Tableau 32</b>	Taux de mortalité selon le <i>t</i> -test pour des échantillons indépendants chez les mâles et les femelles des rats Wistar traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.	128
<b>Tableau 33</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> enregistrés chez les rats Wistar 60h après traitement avec PTG, EMTG et EATG.	129
<b>Tableau 34</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 72h.	137
<b>Tableau 35</b>	Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 72h.	138
<b>Tableau 36</b>	Taux de mortalité selon le <i>t</i> -test pour des échantillons indépendants chez les mâles et les femelles des rats Wistar traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 60h.	139
<b>Tableau 37</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> pour PDG, EMDG et EADG chez les rats Wistar après 72h de traitement.	140
<b>Tableau 38</b>	Effet de différentes doses de PRAG, PDG et de PTG sur la mortalité de <i>S. granarius</i> .	155
<b>Tableau 39</b>	Valeur de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> chez l'adulte de <i>S. granarius</i> traités par la poudre de PRAG, PTG et PDG.	156
<b>Tableau 40</b>	Effet de différentes doses de PRAG, de PDG et de PTG sur la fécondité et le pourcentage de réduction (PR) de la fécondité chez <i>Sitophilus granarius</i> .	157
<b>Tableau 41</b>	Effet des différentes poudres de PRAG, de PDG et de PTG sur l'émergence de <i>S. granarius</i> .	158
<b>Tableau 42</b>	Effet des différentes poudres de PRAG, de PDG et de PTG sur le pourcentage de dommage, de germination et de perte en poids chez <i>S. granarius</i> .	159
<b>Tableau 43</b>	Le taux de mortalité entraîné par PRAG chez les adultes et les larves de <i>T. castaneum</i> .	162
<b>Tableau 44</b>	Le taux de mortalité entraînée par PDG chez les adultes et les larves de <i>T. castaneum</i> .	163
<b>Tableau 45</b>	Le taux de mortalité entraînée par PTG chez les adultes et les larves de <i>T. castaneum</i> .	164
<b>Tableau 46</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> chez les larves et les adultes de <i>T. castaneum</i> traités par la poudre de PRAG, PTG et PDG.	165
<b>Tableau 47</b>	Valeur de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> enregistrées chez les larves et les adultes de <i>T. castaneum</i> et de <i>S. granarius</i> traités par l'HE de RAG et de TG.	173
<b>Tableau 48</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> enregistrées chez les adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EM selon le mode ingestion et contact.	191
<b>Tableau 49</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> enregistrées chez les adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EA selon le mode ingestion et contact.	192
<b>Tableau 50</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> chez les larves et les adultes de <i>T. castaneum</i> traités par EMRAG et EARAG selon le mode contact et ingestion.	192
<b>Tableau 51</b>	Valeurs de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> chez les larves et les adultes de <i>T. castaneum</i> traités par les EMDG et EADG selon le mode contact et ingestion.	193
<b>Tableau 52</b>	Valeur de DL <sub>50</sub> et de DL <sub>90</sub> chez les larves et les adultes de <i>T. castaneum</i> traités par les EMTG et EATG selon le mode contact et ingestion.	193

## *Liste des figures*

<b>Figure 01</b>	Quelques exemples sur méthodes de stockage.	12
<b>Figure 02</b>	Le rhizome d' <i>Atractylis gummifera</i> L.	29
<b>Figure 03</b>	La partie aérienne et les fleurs d' <i>Atractylis gummifera</i> L.	29
<b>Figure 04</b>	Structure de l'Atractyloside et de carboxyatractyloside.	30
<b>Figure 05</b>	Parties aériennes de <i>Thapsia garganica</i> L.	31
<b>Figure 06</b>	Structure de la thapsigargine et la thapsigarginine.	33
<b>Figure 07</b>	Rameaux avec les feuilles, de fleurs et de fruits de <i>Daphne gnidium</i> L.	34
<b>Figure 08</b>	Structure des coumarines de Daphnéline et de Daphnine.	35
<b>Figure 09</b>	Adulte et larve de <i>S. granarius</i> L.	37
<b>Figure 10</b>	Larve (A) ; nymphe ( B) et adulte (C) de <i>T. castaneum</i> (Herbst).	41
<b>Figure 11</b>	Localisation géographique de la zone d'étude (Commune de Sidi Hosni, Wilaya de Tiaret.	50
<b>Figure 12</b>	Les principaux points d'échantillonnage au niveau de la zone d'étude	51
<b>Figure 13</b>	Précipitations moyennes annuelles (1985/2019).	52
<b>Figure 14</b>	Histogramme des précipitations saisonnières (1985-2019).	53
<b>Figure 15</b>	Répartition des températures moyennes mensuelles(1985-2019).	54
<b>Figure 16</b>	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la Wilaya de Tiaret.	55
<b>Figure 17</b>	Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2)de la Wilaya de Tiaret.	56
<b>Figure 18</b>	<i>Atractylis gummifera</i> L.	58
<b>Figure 19</b>	<i>Daphne gnidium</i> L.	58
<b>Figure 20</b>	<i>Thapsia garganica</i> L.	58
<b>Figure 21</b>	Le rhizome d' <i>A. gummifera</i> , La partie aérienne de <i>D. gnidium</i> et de <i>T. garganica</i> séchée.	58
<b>Figure 22</b>	La poudre de rhizome d' <i>A. gummifera</i> , de la partie aérienne de <i>D. gnidium</i> et de <i>T. garganica</i> séchée.	59
<b>Figure 23</b>	Dispositif d'hydrodistillation (Dispositif clevenger).	60
<b>Figure 24</b>	Récupération des huiles essentielles.	61
<b>Figure 25</b>	Courbe d'étanolage de l'acide gallique.	66
<b>Figure 26</b>	Courbe d'étalonnage de Quercétine.	66
<b>Figure 27</b>	Courbe d'étalonnage de catéchine.	67
<b>Figure 28</b>	Appareil HPLC utilisée.	69
<b>Figure 29</b>	Elevage des insectes.	74
<b>Figure 30</b>	Les animaux d'expérimentation.	75
<b>Figure 31</b>	L'élevage des rats Wistar.	75
<b>Figure 32</b>	Préparation d'appâts empoisonnés.	79
<b>Figure 33</b>	Dissection et prélèvement des organes.	80

<b>Figure 34</b>	Effet raticide de poudres végétales au niveau des magasins de stockage.	82
<b>Figure 35</b>	Evaluation de l'effet insecticide des poudres végétales. <i>S. granarius</i> .	84
<b>Figure 36</b>	Evaluation de l'effet insecticide des poudres végétales. <i>T. castaneum</i> .	85
<b>Figure 37</b>	Trou de ponte.	86
<b>Figure 38</b>	Évaluation de l'activité germinative des grains traités.	88
<b>Figure 39</b>	Evaluation de l'effet insecticide selon le mode ingestion.	90
<b>Figure 40</b>	Evaluation de l'effet insecticide selon le mode contact.	90
<b>Figure 41</b>	Le rendement d'HE d'AG et TG.	91
<b>Figure 42</b>	Le rendement d'extraction des deux extraits aqueux et méthanolique.	94
<b>Figure 43</b>	Le pourcentage des flavonoïdes par rapport aux polyphénols totaux dans l'EM et L'EA des trois plantes.	99
<b>Figure 44</b>	Le pourcentage des tanins par rapport aux polyphénols totaux dans l'EM et L'EA des trois plantes.	100
<b>Figure 45</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par PRAG.	121
<b>Figure 46</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EMRAG.	122
<b>Figure 47</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EARAG.	123
<b>Figure 48</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par PTG.	131
<b>Figure 49</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EMTG.	132
<b>Figure 50</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EATG.	133
<b>Figure 51</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par PDG.	142
<b>Figure 52</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EMDG.	143
<b>Figure 53</b>	Aspect microscopique des rats du groupe témoin et les lésions microscopiques induites par EADG.	144
<b>Figure 54</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion.	166
<b>Figure 55</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'HE de TG selon le mode ingestion.	166
<b>Figure 56</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion.	167
<b>Figure 57</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion	167
<b>Figure 58</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de TG selon le mode ingestion.	168
<b>Figure 59</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de TG selon le mode ingestion.	168
<b>Figure 60</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'HE de RAG selon le mode contact.	170
<b>Figure 61</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'HE de TG selon le mode contact.	171
<b>Figure 62</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de RAG selon le mode contact	171

<b>Figure 63</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de RAG selon le mode contact.	172
<b>Figure 64</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'HE de TG selon le mode contact.	172
<b>Figure 65</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> traitées par l'HE de TG selon le mode contact	173
<b>Figure 66</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMRAG selon le mode ingestion.	175
<b>Figure 67</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EARAG selon le mode ingestion.	175
<b>Figure 68</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMDG selon le mode ingestion.	176
<b>Figure 69</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EADG selon le mode ingestion.	176
<b>Figure 70</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMTG selon le mode ingestion.	177
<b>Figure 71</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EATG selon le mode ingestion.	177
<b>Figure 72</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMRAG selon le mode ingestion.	179
<b>Figure 73</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EARAG selon le mode ingestion.	179
<b>Figure 74</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMDG selon le mode ingestion.	180
<b>Figure 75</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EADG selon le mode ingestion..	180
<b>Figure 76</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMTG selon le mode ingestion.	181
<b>Figure 77</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de <i>T. castaneum</i> traités par l'EATG selon le mode ingestion.	181
<b>Figure 78</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMRAG selon le mode contact.	183
<b>Figure 79</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EARAG selon le mode contact.	183
<b>Figure 80</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMDG selon le mode contact.	184
<b>Figure 81</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EADG selon le mode contact.	184
<b>Figure 82</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EMTG selon le mode contact.	185
<b>Figure 83</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>S. granarius</i> traités par l'EATG selon le mode contact.	185
<b>Figure 84</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMRAG selon le mode contact.	187
<b>Figure 85</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EARAG selon le mode contact.	188
<b>Figure 86</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMDG selon le mode contact.	188
<b>Figure 87</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EADG selon le mode contact	189
<b>Figure 88</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EMTG selon le mode contact.	189
<b>Figure 89</b>	Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traités par l'EATG selon le mode contact.	190

## *Liste des abréviations*

---

<b>AG :</b>	<i>Atractylis gummifera</i>
<b>ATP :</b>	Adénosine –Triphosphate
<b>ADP :</b>	Adénosine- Diphosphate
<b>AVK :</b>	Anti Vitamine K
<b>AlCl<sub>3</sub> :</b>	le chlorure d'aluminium
<b>ATR :</b>	Atractyloside
<b>CATR :</b>	Carboxyatractyloside
<b>CIRC :</b>	Le centre international de recherche sur le cancer
<b>DG :</b>	<i>Daphne gnidium</i>
<b>EM :</b>	Extrait Méthanolique
<b>EA :</b>	Extrait aqueux
<b>EMRAG :</b>	Extrait Méthanolique de Rhizome d' <i>Atractylis gummifera</i>
<b>EARAG :</b>	Extrait Aqueux de Rhizome d' <i>Atractylis gummifera</i>
<b>EMDG :</b>	Extrait Méthanolique de <i>Daphne gnidium</i>
<b>EADG :</b>	Extrait Aqueux de <i>Daphne gnidium</i>
<b>EMTG :</b>	Extrait Méthanolique de <i>Thapsia garganica</i>
<b>EATG :</b>	Extrait Aqueux de <i>Thapsia garganica</i>
<b>FeCl<sub>3</sub> :</b>	Chlorure de fer
<b>GT :</b>	Groupe Témoin
<b>HPLC :</b>	Chromatographie liquide à haute performance
<b>Hcl :</b>	L'acide chlorhydrique
<b>HE :</b>	Huile Essentielle
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :</b>	Acide sulfurique
<b>ITMA :</b>	Institut de Technologie Moyen Agricole
<b>KOH :</b>	Hydroxyde de potassium
<b>mg EqAG/gMS :</b>	Equivalent Acide Gallique par gramme de Matière sèche
<b>mg EqCat/gMS :</b>	Equivalent Catéchine par gramme de Matière Sèche
<b>mg EqQr/gMS :</b>	Equivalent Quercitrine par gramme de Matière Sèche
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> :</b>	Carbonate de sodium
<b>NH<sub>4</sub>OH :</b>	Ammoniaque
<b>OMS :</b>	L'organisation mondiale de la santé
<b>PA :</b>	Principe Actif
<b>PRAG :</b>	Poudre de Rhizome d' <i>Atractylis gummifera</i>

<b>PDG :</b>	Poudre de <i>Daphne gnidium</i>
<b>PTG :</b>	Poudre de <i>Thapsia garganica</i>
<b>PD :</b>	Pourcentage de Dommage
<b>PPP :</b>	Pourcentage de Perte en Poids
<b>PS :</b>	Perte spécifique
<b>R :</b>	l'effet de taille
<b>R<sub>t</sub> :</b>	Temps de rétention
<b>Tmin :</b>	Température moyenne minimale
<b>Tmax :</b>	Température moyenne maximale
<b>Tm :</b>	Température moyenne
<b>TG :</b>	<i>Thapsia garganica</i>
<b>TC<sub>s</sub> :</b>	Tanins Condensés
<b>TR :</b>	Taux de Réduction
<b>VCE :</b>	Chambre de dosage biologique ventilée (Ventilated bioassay chamber)



## *La liste des annexes*

---

- Annexe I :** Les rodenticides utilisés en Algérie.
- Annexe II :** Préparation des extraits.
- Annexe III :** Les différentes étapes de réalisation des coupes histologiques et préparation des lames pour observation microscopique.
- Annexe IV :** Résultats de l'analyse de la variance à un facteur ANOVA.
- Annexe V :** Résultats colorimétriques des tests phytochimiques.
- Annexe VI :** Chromatogramme de l'extrait aqueux de rhizome d'*A. gummifera* à 280 nm et 340 nm.
- Annexe VII :** Chromatogramme de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *D. gnidium* à 280 nm et 340 nm.
- Annexe VIII :** Chromatogramme de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *T. garganica* à 280 nm et 340 nm.
- Annexe IX :** Résultats de l'examen macroscopique.
- Annexe X :** glossaire explicatifs de certains termes scientifique.

# **Introduction Générale**

## *Introduction générale*

---

L'alimentation des pays en développement, particulièrement les maghrébins, est basée sur les céréales et leur dérivées. La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie. Le blé est le produit céréalier principal en Algérie, il présente une grande importance dans l'alimentation et l'économie nationale. La production des céréales occupe environ 80% de la superficie agricole utile du pays (**Djermoun, 2009**). Les céréales et leurs dérivés assurent plus de 61% de l'apport calorique et l'apport protéique peut aller jusqu'à 80% de la ration alimentaire de la population algérienne (**Feillet, 2000**). **Chehat (2007)**, a signalé que la consommation des produits céréaliers en Algérie peut atteindre environ 205 kg/Hab/an.

Plusieurs politiques agricoles ont été mises en évidence dans le but d'améliorer et d'augmenter la production céréalière pour atteindre l'autosuffisance alimentaire. Les produits agricoles sont destinés au stockage avant d'être consommés par l'homme et les animaux, ce qui impose d'accorder plus d'importance aux systèmes post-récolte (**Benlameur, 2016**). Cependant, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente (**Aoues et al., 2017**).

Malheureusement, les semences et les denrées stockées maintenues dans des conditions inadéquates sont attaquées par les moisissures, les insectes et les rongeurs (**Kouahou, 1989**). Or, la maîtrise des techniques de stockage des céréales ainsi que la connaissance des phénomènes régissant leur conservation présentent des paramètres déterminants pour la survie de l'humanité en enregistrant des taux d'accroissement faisant passer 1,5 milliards d'habitants vers 1850 à plus de 7 milliards d'individus aujourd'hui (**Mason et al., 2017**).

En effet, Les insectes parasites peuvent endommager les grains au niveau des magasins de stockage, aussi pendant l'expédition et le transport. Environ 11 à 26% des récoltes dans le monde sont détruites par les insectes et les ravageurs. 8% de la production des céréales mondiale est touchées par les infestations des ravageurs et des insectes, selon une estimation récente (**Panezai et al., 2019**).

Selon **Shaaya et Kostyukovsky (2009)**, 10 à 40% des grains stockés et des produits sont infestés par des insectes ravageurs qui entraînent aussi la réduction de la qualité des grains. Des données citées par **Aoues et al. (2017)** ont montré qu'un pourcentage dépassant les 35% des pertes a été enregistré ces dernières années selon les déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.). D'autre part, Les pertes des céréales en post-récolte dans tous les pays en développement ont été estimées à 15% de manière prévisible, elles pourraient conduire à une perte économique totale de 25 à 50% (**Rickman, 2002**).

Il faut noter que des agents de diverses origines peuvent entraîner de multiples altérations sur les grains stockés pendant leur stockage. La prolifération de ces agents de détérioration est amplifié par les trois principaux facteurs: le temps, la température et l'humidité (**Niquet, 2011**). Les dégâts causés par les insectes sont plus importants dans les pays en développement que les pays développés, suite aux conditions défavorables de stockage. Les insectes ravageurs peuvent entraîner des pertes de 20 à 40% des céréales et légumineuses stockées dans le monde entier (**Benlameur, 2016**).

Les insectes et les acariens représentent les principaux ennemis de denrées stockées (**Palyvos et Emmanouel, 2009**), ils participent à la dissémination des champignons et moisissures qui, produisent des toxines, conduisent à la pourriture des denrées et les rendent impropres à la consommation (**Hubert et al., 2004**). Les coléoptères, telles que les familles de Bruchidae et Curculionidae, sont les plus rencontrés pendant le stockage (**Tapondjou et al., 2002**).

Plusieurs insectes de stock ont été dénombrés en Algérie dans différentes régions, dont, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius* et *Trogoderma granarium*, ont été recensés, avec des pourcentages de 30%, 20% et 10%, respectivement (**Mebarkia A, 2001**). Par ailleurs, **Jafar et al. (2012)**, ont noté que les principaux insectes ravageurs du blé stocké étaient *Trogoderma granarium* (Everts), *Sitophilus oryzae* L., *Rhizopertha Dominique* Fab et *Tribolium castaneum* (Herbst) causant de lourds dommages économiques et détruisant la qualité et la quantité des grains stockés.

*Sitophilus granarius* (L) est un insecte coléoptère qui cause des dégâts considérables aux grains stockés et des pertes économiques dans le monde entier, plusieurs variétés des céréales présentent sa source de nourriture, tel que le blé et l'orge (**Buchelos et Athanassiou, 1999**).

*S. granarius* est un ravageur primaire universel, en plus de ces dommages suite à sa consommation des grains stockés, il ouvre la porte à tout un ensemble de ravageurs secondaires et tertiaires (**de Groot, 2004**). En général, cet insecte est difficile à détecter, dans le cas de toute sorte d'infestation, les grains doivent être détruits (**Plata-Rueda et al., 2018**).

*Tribolium castaneum* est un ennemi important des céréales stockées, des légumineuses et des oléagineux. Il est connu par son potentiel de croissance démographique élevé (**White, 1988**). Le dendroctone de la farine cause des dommages remarquables ; en se nourrissant du germe et de l'endoplasme des grains et en les contaminant par des parties du corps et son excréments. Dans le cas d'un niveau élevé d'infestation, l'insecte sécrète les benzoquinones responsables d'une odeur piquante de moisi, rendant le produit impropre à la consommation (**Campbell et Runnion, 2003 ; Keskin et Ozkaya, 2013**). Le vert rouge de la farine peut entraîner des pertes en poids des grains qui peuvent aller jusqu'à 40% (**Ajayi et Rahman, 2006**). Afin de protéger les produits stockés de ces attaques et pourriture, il faut mettre des mesures de contrôle efficace.

En plus des attaques des insectes, les rongeurs sont considérés comme d'importants ravageurs des cultures en détruisant les cultures ou en modifiant le sol par leurs systèmes de fousseurs (**Singleton et al., 1999 ; Singleton et al., 2003**). La plupart des rongeurs africains sont herbivores-granivores et certains d'entre eux peuvent causer des dommages directs aux cultures et aux aliments stockés en entraînant des gaspillages et des contaminations qui affectent à la fois la quantité et la qualité des céréales (**Hubert, 1980; Granjon et Duplantier, 2009**).

Néanmoins, il existe peu d'études quantifiant les pertes post-récolte causées par les rongeurs. Selon l'OMS, une perte de 20 millions de tonne de denrées stockées est due aux rats en causant d'énormes pertes économiques avec des conséquences sanitaires qui doivent être prises en considération. Les rongeurs représentent la source de différentes maladies transmissibles à l'homme ; comme la peste, le virus de la fièvre hémorragique, la leptospirose..., (**Pejoch et Kriz, 2006**). Ainsi, les nuisances causées par les rongeurs font l'objet de recherche de plusieurs scientifiques, d'où la lutte contre ces derniers apparaît indispensable. Par conséquent, plusieurs méthodes de lutte sont conseillées dans le but de minimiser les dégâts des rongeurs et de réduire leurs proliférations, dont les poisons

synthétiques pour rats qui sont largement utilisés dans les lieux de stockage, notamment les raticides anticoagulants. Comme alternative, il a été rapporté que de certaines plantes spontanées dites aromatiques et médicinales renferment des substances végétales ayant un effet raticide remarquable.

La protection des produits stockés est généralement effectuée par l'application d'insecticide ou fumigants (**Derradji- Heffaf, 2013**). Les insecticides, tels que le bromure de méthyle et la phosphine, sont la méthode principale de contrôle. Malgré l'efficacité de ces derniers pour décimer rapidement les populations denses d'insectes ravageurs, ils peuvent avoir des effets néfastes tels que ; la résistance aux ravageurs, les déchets toxiques, l'émergence de nouveaux ravageurs et la pollution de l'environnement (**Arthur, 1996**).

En raison de ce problème, il est impératif de développer des techniques environnementales respectueuses qui peuvent remplacer les produits chimiques hautement toxiques, conduisant à la valorisation des ressources naturelles. Il est à noter que le règne végétal offre un véritable réservoir de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires servant comme des solutions alternatives de lutte, dont les dérivés agissent comme des biopesticides. De nombreuses recherches ont confirmés leur efficacité contre une grande variété d'insectes ravageurs des denrées alimentaires (**Kellouche, 2005**). Les poudres des feuilles des plantes aromatiques ont affirmés leur action de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des grains stockés (**Munyuli, 2009**).

A cet effet, Le thème de cette thèse, porte sur la valorisation de trois plantes locales spontanées endémiques de l'Algérie du Nord ; *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* et *Thapsia garganica* et l'étude de leur effet raticide, insecticide et la composition phytochimique de leurs extraits végétaux.

Le manuscrit de cette thèse est structuré en trois chapitres :

Le premier, traite les données bibliographiques sur la production céréalière de la post-récolte en Algérie, les méthodes de stockage et de lutte, les facteurs de détérioration des céréales stockées, s'achevant avec un aperçu général sur le matériel biologique utilisé et les raticides.

Le deuxième chapitre regroupe les différentes méthodes et techniques employées afin d'exploiter les résultats.

Le dernier chapitre rassemble les résultats avec discussions par rapport à d'autres travaux réalisés ayant traité une thématique dans le même axe de recherche, pour parachever le tout avec une conclusion générale suivie de perspectives.

# **première partie**

## **Synthèse bibliographique**



# **Chapitre. I**

**La production céréalière de la post-récolte en Algérie**

## Première partie. Synthèse bibliographique

### *Chapitre I. La production céréalière de la post-récolte en Algérie*

---

#### **1** Situation socio-économique de la céréaliculture en Algérie

La céréaliculture occupe une place privilégiée dans le secteur agricole algérien, plus de la moitié de la surface agricole utilisée a été consacrée aux céréales, en 2017, dans les zones semi-arides des hautes plaines telliennes, subarides des hauts plateaux, humides, subhumides des régions littorales et sub-littorales. 8.5 millions d'hectares représentent la surface agricole utilisée en 2018, soit 19.7% de la superficie agricole totale et 0.19 hectares par habitant (**Bessaoud, 2018 ; Bessaoud et al., 2019**). L'agriculture en Algérie est connue par une faible productivité expliquée par la présence de conditions météorologiques défavorables (**Lionello et al., 2006**) et par la pauvreté naturelle des sols en éléments nutritifs et en matière organique (**Badou, 2002**).

Suivant la forte poussée démographique en Algérie, les besoins alimentaires de la population ont augmentés. Le blé et ses dérivés jouent un rôle stratégique dans l'alimentation de la population algérienne. Les superficies destinées aux céréales sont de l'ordre de 6 millions d'hectares. La majeure partie des zones emblavées se trouvent dans les régions de Sidi Bel-Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma (**Balaid D, 1986**).

L'Algérie occupe la 5<sup>ème</sup> position mondiale dans le classement des pays consommateurs de blé (**CNIS, 2005**). La production mondiale du blé en Afrique, centralisée au Nord avec 73.32%, notamment l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, l'Egypte et la Libye, regroupent les pays dont ils prennent la première position dans la production céréalière (**Nukenine, 2010**). Selon la direction des services agricoles (DSA) une production de 4.8 millions de quintaux de céréales a été récoltée à la saison agricole juin 2019, dont plus de 2.5 millions quintaux était la production de blé dur, ce qui a permis à l'agriculture dans la wilaya de Tiaret de participer avec un pourcentage de 3% dans l'économie nationale, et 24% à l'économie locale.

## 1.1 La production du blé dans le monde

Le blé constitue la base de l'alimentation d'une grande partie de l'humanité, la demande en blé a été augmentée ces dernières années suite à l'augmentation de la population mondiale. Le **tableau 01** donne un aperçu général sur le marché des céréales et du blé dans le monde selon (FAO, 2020).

**Tableau 01.** Le marché mondial des céréales et du blé dans le monde.

Marché mondial des céréales						
Années	16/17	17/18	18/19	19/20 estimation	2020/2021 prévision	
					Précédente 05/11/2020	Dernière 30/12/2020
Millions de tonnes						
<b>Production</b>	2 660.7	2 693.2	2 646.7	2 706.7	2 749.7	2 741.7
<b>disponibilités</b>	3 455.5	3 532.8	3 527.1	3 576.5	3 621.7	3 614.2
<b>Utilisation</b>	2 613.6	2 646.6	2 675.2	2 691.9	2 745.0	2 744.4
<b>Commerce</b>	407.8	424.0	411.9	443.6	451.5	454.6
<b>Stocks de clôture</b>	839.6	880.3	869.8	872.5	876.0	866.4
Marché mondial du blé						
Années	16/ 17	17/18	18/19	19/20 estimation	2020/2021 prévision	
					Précédente 05/11/2020	Dernière 30/12/2020
Millions de tonnes						
<b>Production</b>	763.5	761.6	732.5	762.0	762.7	761.7
<b>disponibilités</b>	1 006.3	1 026.8	1 019.6	1 033.7	1 038.5	1 038.3
<b>Utilisation</b>	736.8	737.9	750.3	749.5	758.0	757.6
<b>Commerce</b>	177.3	178.0	169.0	184.6	184.5	184.5
<b>Stocks de clôture</b>	265.3	287.1	271.8	276.6	281.0	282.9

## 1.2 La production du blé en Algérie

La filière céréalière algérienne reste de faible capacité de production. Cette filière demeure incapable à satisfaire les besoins de la population. Ce qui conduit à l'importation de grande quantité des céréales, elle a été classée en quatrième position au niveau africain et à la dix-

septième position au niveau mondial (FAO, 2014). Le blé représente 80% des céréales collectées. Le **tableau 02** dévoile le rendement des céréales en Algérie de 2008/2017 selon **Bessaoud (2018)**. Une production de 60,5 millions de quintaux de céréales a été enregistrée pour la campagne 2017/2018 contre 34,7 de quintaux durant la campagne qui a précédé avec une augmentation de 74% (CNIS, 2018).

**Tableau 02.** Le rendement des céréales en Algérie de la campagne 2008/2017.

		Années									
Quantités en millions de quintaux	99/2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
	7	21.7	13.2	14.4	20.3	20	15.9	16.5	14.8	16.2	

### 1.3 La production du blé à Tiaret

Selon la direction des services agricoles (DSA) de la Wilaya de Tiaret, la production du blé de la période 2008/2020 est représentée dans le **tableau 03**.

### 1.4 Entreposage des céréales en Algérie et à Tiaret

#### 1.4.1 L'importance du stockage

La pratique du stockage des céréales a été connue depuis l'antiquité. La nécessité de son utilité provient du fait que les denrées sont produites une fois par an alors que leur utilisation s'étale durant toute l'année, pour être régularisées par la suite au marché en fonction des récoltes et du décalage saisonnier de leur production et leurs utilisation par la minoterie. Les céréales sont stockés pour des raisons stratégiques ; soit pour l'alimentation humaine ou animale, soit pour faire de la semence (Multon, 1982).

#### 1.4.2 Mesures nationales d'entreposage des céréales

Selon **Moula et al. (2010)**, parmi les contraintes logistiques desquelles souffre la production agricole, précisément la céréalière (blé), on cite l'insuffisance des structures de stockage et des équipements de conditionnement, conduisant à l'apparition d'un important écart entre la quantité produite et celle stockée. L'élément central du système de stockage est la

structure de ce dernier, car ce système-là, est très complexe en raison de la présence d'une interaction entre plusieurs facteurs techniques et socioéconomiques (**Clément, 2018**). En 2010 l'office Algérien Interprofessionnel des céréales (OAIC) possédait des silos d'une capacité de 8,5 millions de quintaux. La capacité du stockage a été renforcée par la réalisation d'autres silos ayant une capacité de 22 millions de quintaux en 2012, pour une production totale de 55 millions de quintaux.

**Tableau 03.** Evolution de la production du blé et la céréaliculture à Tiaret sur plusieurs campagnes

campagne	La production en quintaux		
	la production de blé dur	la production de blé tendre	la production totale des céréales
2008/2009	1376500	1015207	4753174
2009/2010	1659742	1195480	4573591
2010/2011	1010395	480500	2005501
2011/2012	2280600	1280400	5360000
2012/2013	2127500	1070500	6123221
2013/2014	1579000	480700	3000000
2014/2015	1770600	630000	3470000
2015/2016	1150000	312000	2741600
2016/2017	1904000	500000	3600000
2017/2018	2488000	847410	5814594
2018/2019	1987900	49638	3671700
2019/2020	1341400	323350	3117350

# **Chapitre II**

**Les méthodes de stockage des céréales en post-récolte**

## ***Chapitre. II. Les méthodes de stockage des céréales en post-récolte***

---

### **2 Les méthodes de stockage des céréales en post-récolte**

Le stockage des céréales permet de maintenir une réserve constante durant toute l'année tout en protégeant les grains stockés en termes de quantité et qualité (**Thamaga-Chitja J.M, 2004**).

#### **2.1 Le stockage modernes**

##### **2.1.1 Le stockage en vrac**

Les grains sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique (**Doumandji A, 2003**).

##### **2.1.2 Le stockage en sac**

Des sacs fabriqués en toile de jute sont utilisés pour stocker les grains et sont entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars (**Doumandji A, 2003**).

##### **2.1.3 Le stockage en silo**

Les silos sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Il est recommandé de vérifier le matériel nécessaire avant d'entreposer le blé à long terme. Ces silos sont fermés du côté supérieur par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules (**Doumandji A, 2003**). Il existe deux types de silos :

###### **2.1.3.1 Les silos en métal**

Les cellules de stockage sont métalliques fixées sur un sol en béton (**Cruz J, 1988**).

###### **2.1.3.2 Les silos en béton**

Les silos sont constitués de plusieurs cellules cylindriques en béton armé (**Cruz et al., 2016**).

### **2.1.4 Le stockage en plein air**

Il consiste à disposer les grains sur des palettes ou bien les recouvrir par une bâche pour les protéger des intempéries (**Hakim, 2007**).

## **2.2 Méthodes traditionnelles**

### **2.2.1 Le stockage souterrain**

Cette méthode est très pratiquée dans les hauts plateaux algériens et se fait dans des greniers sous forme d'enceintes creusés dans un sol argileux, connue sous le nom de "El matmoura".

### **2.2.2 Le stockage en gerbe**

Le stockage en gerbe assure une protection des grains contre les hautes températures et les attaques des insectes, surtout les charançons. Les gerbes sont entassées en plein air (**Multon, 1982**).

### **2.2.3 Le stockage en épis**

Cette technique sert à stocker les grains non décortiqués, nécessitant moins de volume que le stockage en gerbe (**Multon, 1982**).





**Stockage en Vrac**



**Stockage traditionnel**



**Stockage en Silos en Béton**



**Stockage en Sac**



**Stockage en Silos en métal**

**Figure 1.** Quelques exemples sur les méthodes de stockage

# **Chapitre III**

## **Les facteurs de détérioration des céréales stockées**

### *Chapitre.III. Les Facteurs de détérioration des céréales stockées*

---

## **3 Les Facteurs de détérioration des céréales stockées**

Au cours du stockage des céréales, les grains subissent des altérations diverses d'origines biotiques et abiotiques, affectant ces dernières qualitativement et quantitativement.

### **3.1 Facteurs abiotiques**

#### **3.1.1 Température**

Une augmentation de la température favorise les altérations chimiques, enzymatiques et biologiques. Elle représente le facteur clé responsable des pertes en post-récolte. Les températures de germination varient de 16 à 42°C, tandis que celles du développement des insectes et des moisissures vont de 13 à 41°C et de 8 à 80°C, respectivement (**Cruz et al., 2016**).

#### **3.1.2 Humidité relative**

Une humidité inférieure ou équivalente à 70% est généralement nécessaire pour protéger les grains contre la détérioration par les micro-organismes, notamment les moisissures (**Sharma et Bhetari, 2014**).

#### **3.1.3 Durée de stockage**

La durée de stockage peut altérer le taux de germination et ralentir la croissance des plantules avec l'apparition de formes anormales (**Nour et Brinis, 2016**).

#### **3.1.4 Altérations enzymatiques**

Les hydrolases agissent sur les glucides (glucosidases), les lipides (lipases) et les protéines (protéases), en provoquant la dégradation de leur structure, ainsi que l'ensemble des équipements enzymatiques responsables des phénomènes de respiration et de fermentation (**Multon, 1982**).

## 3.2 Facteurs biotiques

Les insectes, les moisissures, les acariens, les rongeurs et les oiseaux représentent les ennemis de stock les plus rencontrés (**de Groot, 2004 ; St-Pierre, 2014**).

### 3.2.1 Insectes

Les insectes en post-récolte causent des dégâts considérables, car ils endommagent les grains et causent des pertes en qualité et quantité, (**Domínguez Umpiérrez et Marrero Artabe, 2010**). La famille des coléoptères est celle qui peut entraîner la perte totale d'un stock (**Pimentel et al., 2007**). Les insectes de stock se répartissent en deux catégories : ravageurs primaires qui attaquent des grains sains et entiers, les ravageurs secondaires, ne pouvant déprécier les grains qu'à partir des dégâts provoqués par les ravageurs primaires, tel que les espèces de *Tribolium* (**de Groot, 2004**).

Selon **Mebarkia A (2001)**, les espèces d'insectes de stock recensées dans différentes régions de l'Algérie sont : *Tribolium Castaneum* avec un pourcentage de 30%, *Sitophilus granarius* avec 20% et *Trogoderme granarium* avec 10%, le **tableau 04** représente les principaux insectes signalés en Algérie. Selon une étude apportée par **Aoues et al. (2017)**, les principaux insectes ravageurs trouvés sur des silos métalliques de blé dans douze wilayas, y compris Tiaret, sont : *Sitophilus oryzae*, *Oryzaeophilus surinamensis*, *Tribolium confusum*, *Trogoderma granarium*, *Ephestia kuehniella*, *Lariophagus distinguendus*.

### 3.2.2 Les acariens

Les acariens peuvent diminuer la qualité alimentaire des grains stockés, les arthropodes sont les acariens les plus rencontrés, ils se développent en formant des agrégats, qui ressemblent à une poussière vivante. Les espèces communes des régions tempérées et tropicales sont : *Pidoglyphus destructor*, *Blomia tropicalis* et *Acarus siro* (**König C, 2013**).

### 3.2.3 Les micro-organismes

Les micro-organismes causant des dommages aux grains stockés, appartiennent à de nombreuses espèces de bactéries, de champignons et de moisissures. Parmi les genres de champignons les plus fréquents on cite : *Penicillium* et *Aspergillus* et pour les bactéries, on note : *Bacillus*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et concernant les actinomycètes, on

trouve en tête de liste le genre *Thermoactinomyces* qui produit les spores toxiques (Chomchalow, 2003).

**Tableau 04.** Les principaux insectes des céréales en Algérie selon Mebarkia A (2001).

Insecte (nom scientifique)	Famille	Ordre	Céréales attaqués
<i>Sitophilus granarius</i> L	Curculionidae	Coleoptera	Mais, blé dur, blé tendre
<i>Sitophilus oryzae</i> L	Curculionidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Tribolium castaneum</i> H	Tenebrionidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Tribolium confusum</i> D	Tenebrionidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> S	Cucujidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L	Cucujidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Rhizopertha dominica</i> F	Bostrychidae	Coleoptera	blé dur
<i>Trogoderma granarium</i> E	Dermestidae	Coleoptera	blé dur, blé tendre
<i>Ephestia kuehniella</i> Z	Pyralidae	Lepidoptera	blé dur, blé tendre
<i>Plodia interpunctella</i> H	Pyralidae	Lepidoptera	blé dur

### 3.2.4 Les rongeurs

L'action des rongeurs sur les grains stockés se traduit par une perte de quantité et de qualité, suite à la consommation et la contamination des grains, ils souillent les grains de leur déjections et sécrétions, ce qui conduit à une contamination de ces derniers, où la consommation humaine cause de graves maladies virales, bactériennes et parasitaires (Bell A, 2000 ; Dobigny G, 2009).

#### 3.2.4.1 Les espèces de rongeurs nuisibles

Le groupe de rongeurs cosmopolites ou anthropophiles représentent les deux groupes causant des dégâts aux produits entreposés, aux espaces agricoles, aux pâturages et à la santé humaine et animale et se détermine par : le rat noir (*Rattus rattus*), le surmulot (*Rattus norvegicus*), et la souris domestique (*Mus musculus*), et les rongeurs des champs tels que la gerbille champêtre (*Gerbillus campestris*), le rat rayé (*Lemniscomys barbarus*), le rat des champs (*Meriones shawi*) et le rat des sables (*Psammomys obesus*) (Drouai, 2018).

### 3.2.4.2 Les espèces de rongeurs en Algérie

26 espèces de rongeurs ont été recensées en Algérie selon **Kowalski (1991)**, dont 11 espèces localisées aux milieux désertiques, 13 d'entre elles envahissent les régions méditerranéennes du pays et les deux espèces restantes sont très répandues. D'après les résultats obtenus par des chercheurs locaux sur les familles des rongeurs qui se propagent en Algérie, on note celle de Gerbillidae et Muridae (**Beddiaf et al., 2013**).

### 3.2.4.3 Les espèces de rongeurs à Tiaret

Selon **Adamou Djerbaoui (2015)**, un piégeage de 12 mois des rongeurs sur plusieurs stations de la Wilaya de Tiaret a révélé la présence des espèces suivantes : *Meriones shawii*, *Psammomys obesus*, *Gerbillus tarabuli*, *Rattus norvegicus*, *Mus spretus*, *Mus musculus*.

# **Chapitre IV**

## **Les méthodes de lutte**

---

## *Chapitre. IV. Les méthodes de lutte*

---

### **4 Les méthodes de lutte**

#### **4.1 La lutte préventive**

Cette méthode repose sur l'application d'un ensemble de mesures hygiéniques et chimiques pour maintenir les produits agricoles dès leur réception jusqu'à leur commercialisation, ces mesures se résument sur le nettoyage et le refroidissement des locaux et du matériel et l'application des insecticides (**Anonyme, 2011**).

#### **4.2 La lutte curative**

Dans le cas de la détection de la présence des infestations des ravageurs, il est primordial de prendre des mesures de lutte pour empêcher la propagation de ces derniers vers d'autres entrepôts de grains et ce ; selon l'espèce ravageuse détectée, le stade d'infestation, la température du local d'entrepôt et la durée de l'année (**Abramson D, 2001**).

Parmi les méthodes de luttés existant, on cite :

##### **4.2.1 La lutte chimique**

Les pesticides chimiques représentent l'un des moyens de lutte les plus efficaces et sont utilisés selon deux types d'action ; traitement par fumigation ou par contact. Selon **Gwinner et al. (1996)**, les types de pesticides les plus utilisés sont : les organophosphorés, les pyréthrinoides de synthèse et les produits composés à partir des matières actives appartenant à ces deux types. L'Algérie est, mondialement, classée en 16<sup>ème</sup> position, pour sa consommation en produits phytosanitaires avec 22 millions de kilos en 2014 (**FAO, 2017**).

##### **4.2.2 La lutte physique**

Elle consiste à utiliser des agents physiques tels que le froid, la température, la lumière, l'eau, les radiations.....etc.), dans le but de ralentir l'activité biologique des insectes de stock.



#### 4.2.2.1 L'atmosphère modifiée

Il s'agit de diminuer le taux d'oxygène (<1%) de l'atmosphère inter-granulaire à un taux qui peut entraîner la mort des insectes par asphyxie (**Gwinner *et al.*, 1996**).

#### 4.2.2.2 La température

Une température de 60°C peut éliminer toutes formes de ravageurs de stock après 10 minutes d'exposition, ce traitement de chaleur n'a aucune influence sur le pouvoir germinative et les qualités organoleptiques des grains traités (**Fleurat- lessard F, 1994**).

#### 4.2.2.3 Le froid

La propagation des insectes de stock est inhibée à des températures inférieures à 12°C. La méthode est employée pour conserver les récoltes, elle sert à passer un courant d'air frais dans la masse des grains (**Sinha R. N et Watters F. L, 1985**).

#### 4.2.2.4 Lutte par radiations ionisantes

Cette technique consiste à utiliser deux types de radiations ionisantes ; des rayons gamma émis par les isotopes radioactifs du cobalt (cobalt 60) ou des électrons rapides produits par un accélérateur de Van de Graaf (**Fleurat- lessard F, 1994**).

### 4.2.3 La lutte biotechnologique

#### 4.2.3.1 La lutte par phéromones

Pour la surveillance et la détection de la présence d'infestations au niveau des espaces de stockage, des phéromones de synthèse spécifiques sont utilisés. Ils servent aussi à la confusion sexuelle et la capture en masse en les combinant avec des pièges et des attractifs alimentaires (**Upadhyay et Ahmad, 2011**).

#### 4.2.4 La lutte biologique

Elle consiste à utiliser les ennemis naturels contre les insectes ravageurs, qui sont des prédateurs (insectes, Champignons, nématodes, bactéries), des parasitoïdes et des agents pathogènes (**Anonyme, 2006**). Certains micro-organismes entomopathogènes sont utilisés sous

forme de spores et toxines contre les insectes ravageurs de stock, l'espèce *Bacillus thuringiensis* s'est montrée efficace (**Lacey et al., 2001**). L'agent pathogène *Beauveria bassiana* a démontré son effet toxique contre *Tribolium castaneum*, en plus, la combinaison *Beauveria bassiana*-*Metarhizium anisopliae*, s'est prouvée efficace contre *Sitophilus oryzae* (**Dal Bello et al., 2000 ; Padm et al., 2002**).

#### 4.2.5 Lutte par utilisation de plantes insecticides

L'utilisation des plantes indigènes dans la protection et la conservation des denrées alimentaires a été reconnue avant l'apparition des insecticides chimiques. Les plantes sont utilisées pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigants (**Guèye et al., 2011**). Les plantes aromatiques ont été traditionnellement utilisées pour protéger les grains stockés (**Sanon A, 2002**) et sont classées parmi les insecticides botaniques les plus efficaces, elles peuvent, ainsi, être utilisées sous forme d'extraits (**Mondédji A.D et al., 2014**) ou en association avec d'autres cultures (**Asare-Bediako E, 2010 ; Mochiah et al., 2011**), sous forme d'huiles essentielles (**Anjarwalla et al., 2016**).

La poudre de certaines plantes comme le Basilic et Gardénia, a démontré son effet insecticide contre les ravageurs de denrées stockées, comme ceux de la Bruches (**Ahmed et Din, 2009**). Les principes actifs de plusieurs plantes représentent une alternative aux méthodes de lutte conventionnelles.

Les métabolites secondaires constituent le groupe de molécules bioactifs synthétisés par les plantes via des tissus spécialisés à des stades précis de leur développement (**Isman, 2006 ; Rattan, 2010**). Près de deux cents mille espèces de plantes dans le monde, plus de cent mille métabolites secondaires ont été identifiées, ayant des propriétés insecticides (**Potenza et al., 2004**).

#### 4.2.6 Quelques principes actifs des plantes

Les biomolécules sont très différents selon les espèces végétales, ils s'accumulent le plus souvent en faible quantité, ils sont synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre (**Raven H, 2000**).

#### 4.2.6.1 Les composés phénoliques

Il existe plus de 8000 structures phénoliques identifiées dans le monde végétal, ils représentent le groupe des métabolites secondaires le plus répondus et largement distribués. Ils possèdent un ou plusieurs noyaux benzéniques portant, au moins, un groupement hydroxyle (OH-) libre ou engagé dans une autre fonction : ester, hétéroside, éther (Macheix *et al.*, 2005 ; Benhamou, 2009). Selon la complexité du squelette carboné et son degré de modification ainsi que les liaisons avec d'autres molécules, les composés phénoliques se regroupent en plusieurs classes ; le **Tableau 05** montre les groupes de composés phénoliques (Macheix *et al.*, 2005).

**Tableau 05.** Les différentes classes des composés phénoliques.

Squelette carboné	Nom du groupe
C <sub>6</sub>	Phénols simples
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Acides hydroxybenzoïques
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Acides phénoliques
C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	Naphtoquinones
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Stilbènes
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Flavonoïdes
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Lignanes
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	Lignines
(C <sub>15</sub> ) <sub>n</sub>	Tannins

Parmi les composés phénoliques, on peut citer :

##### 4.2.6.1.1 Les flavonoïdes

L'ensemble des flavonoïdes sont déterminés par leur squelette de base, formé de deux cycles aromatiques à C<sub>6</sub> liés entre eux par un hétérocycle à C<sub>3</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>). On désigne sous le terme de Flavonoïdes plusieurs groupes de substances selon les modifications de l'hétérocycle, tels que : les flavonols, les flavones, les flavanones, les isoflavonoïdes, les anthocyanidols (Treutter, 2006 ; Bovy *et al.*, 2007).

#### 4.2.6.1.2 Les acides phénoliques

Un acide phénolique est un composé organique caractérisé par la présence d'une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Les acides hydroxybenzoïques (acide vanillique et acide gallique) et les acides hydroxycinnamiques (acide *P*- coumarique, acide férulique et acide caféique) représentent les deux sous-classes des acides phénoliques (**Ignat *et al.*, 2011 ; Bruneton, 2015**).

#### 4.2.6.1.3 La lignine et la lignanes

Les phénols de type lignanes issus de la condensation et la polymérisation des unités phénylpropaniques (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>) et représentent le premier rempart aux attaques de bioagresseurs (**Jean, 2009 ; Macheix *et al.*, 2005**).

#### 4.2.6.1.4 Les Stilibènes

Les stilibènes sont des phénols de structure de type C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> ; deux cycles benzéniques sont reliés par deux carbones. Parmi les stilibènes, on trouve le resvératrol, un anticancéreux présent dans certaines plantes. Ces phénols sont des caractéristiques des hépatites (**Jean, 2009 ; Bruneton, 2008 ; Chanforan, 2010**).

#### 4.2.6.1.5 Les Tanins

En terme de structure, les tanins constituent un groupe de large diversité et ont la propriété de tanner la peau en se fixant sur les protéines et créent des liaisons entre les molécules de tanins et les fibres de collagène (**Schauenberg, 2006 ; Han *et al.*, 2007**). La présence des tanins dans les plantes leur confère des propriétés astringente, antiseptique, antioxydante et anti-diarrhéique (**Vivas, 2002**). On distingue deux grands groupes de tanins :

##### 4.2.6.1.5.1 Les tanins hydrolysables

Connus sous le nom de tanins pyrogalliques, ils donnent après l'hydrolyse soit l'acide gallique ou l'acide ellagique. Ce sont des esters d'oses et d'acides phénols (**Harborne, 1982**).

#### 4.2.6.1.5.2 Les tanins condensés

On les appelle aussi les tanins catéchiques, Ils diffèrent des tanins hydrolysables par l'absence de sucres dans leur molécules, ils ont une structure voisine de celle des flavonoïdes (**Manach et al., 2004**).

#### 4.2.6.2 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont définis comme des molécules organiques hétérocycliques azotées. Ils ont des propriétés basiques ou amères, à effets thérapeutiques ou toxiques (**Jean louis guignard, 2000 ; Delille, 2007**).

Les alcaloïdes sont responsables de la défense chimique de nombreuses plantes, du fait qu'ils ont une large gamme d'effets physiologiques sur les animaux et une activité antibiotique et répulsive contre les insectes. Deux groupes d'alcaloïdes ont été souvent étudiés du fait de leur rôle de défense : les alcaloïdes pyrrolizidiniques et quinolizidiniques (**Royer, 2013**). Les alcaloïdes, extraits de *Capscicum frutescens*L, ont démontré leur effet insecticide contre *Antestiopsis orbitalis ghesquierei* ; insecte ravageur des caféiers, ils seraient recommandés comme insecticides alternatifs aux insecticides chimiques (**Nsambu et al., 2014**).

#### 4.2.6.3 Les anthocyanines

Les anthocyanines sont des pigments responsables des couleurs des fruits et légumes, présents dans toutes les parties des plantes (**Attia, 2007**). Les anthocyanes sont considérés comme d'excellents antioxydants, pouvant nettoyer l'organisme des radicaux libres et maintenir une bonne circulation du sang (**Eberhard T, 2005**).

#### 4.2.6.4 Les glucosinolates

Les glucosinolates sont des métabolites secondaires contenant de l'azote et du soufre. Ils provoquent un effet irritant sur la peau et entraînent des inflammations. Ils ont des effets thérapeutiques, leur digestion provoque un goût très prononcé (**Brown et al., 2003 ; Iserin P, 2007 ; Radojčić Redovniković et al., 2008**). Une enzyme de type thioglucosidase, appelée la myrosinase, est synthétisée chez les plantes qui contiennent les glucosinolates. Lors d'une attaque de pathogène ou d'une blessure, la perte de l'intégrité cellulaire active le complexe glucosinolate-myrosinase qui représente, avec les produits d'hydrolyse, le système de défense

des plantes contre les insectes ravageurs et les agents microbiens pathogènes. D'après plusieurs études les glucosinolates inhibent la croissance des insectes et ils ont une activité répulsive (Royer, 2013).

#### 4.2.6.5 Les saponines

Les saponines sont des glycosides naturels ou des stéroïdes et ont la caractérisation de former une mousse lorsqu'on les mélange avec de l'eau. Ils présentent des activités biologiques et pharmacologiques variées, essentiellement dans le domaine de la microbiologie, la cancérologie et l'immunologie (Lacaille-Dubois et Wagner, 2000 ; Lacaille-Dubois *et al.*, 2013).

#### 4.2.6.6 Les coumarines

Les coumarines ont une structure composée d'un cycle benzène et d'un noyau lactone formant un noyau coumarine simple, à ce noyau peuvent s'ajouter différents groupements chimiques, ce qui donne les quatre types de coumarines : les coumarines simples, les furocoumarines, les pyranocoumarines et les phénylcoumarines (Bourgaud *et al.*, 2006). Le plus important rôle physiologique des coumarines réside dans la défense des plantes contre les attaques des agents pathogènes, contre les champignons (comme le mildiou) (Wang *et al.*, 2009) et contre les bactéries (Lee *et al.*, 2014), ils ont un effet insecticide et larvicide (Miyazawa *et al.*, 2004 ; Sharma *et al.*, 2006).

#### 4.2.6.7 Les terpénoïdes

Les terpénoïdes ou terpènes rassemblent un groupe de molécules de structures et de fonctions très différentes. Selon le nombre d'atomes de carbone que contient les terpénoïdes, ils sont répartis en différentes classes : hémiterpénoïdes ( $C_5$ ), monoterpénoïdes ( $C_{10}$ ), sesquiterpénoïdes ( $C_{15}$ ), diterpénoïdes ( $C_{20}$ ), triterpénoïdes ( $C_{30}$ ), tetraterpénoïdes ( $C_{40}$ ) et polyterpénoïdes ( $> C_{40}$ ) (Aharoni *et al.*, 2005). Les terpènes semblent être des insecticides naturels contre certaines familles d'insectes et des agents de défense contre les bioagresseurs extérieurs comme les monoterpènes et les sesquiterpènes, de plus, les terpènes peuvent être des phéromones ou des molécules de signal (Ibrahim *et al.*, 2001 ; Martin *et al.*, 2004 ; Miller *et al.*, 2005).

#### 4.2.6.8 Les polysaccharides

Les molécules les plus importants de ce groupe sont les mucilages et les gommages, ils se trouvent dans les racines, les feuilles et les grains. Utilisées en phytothérapie, certains polysaccharides, comme les pectines sont utilisés en cosmétologie (**Eberhard T, 2005 ; Iserin P, 2007**).

#### 4.2.6.9 Les activités biologiques des composés phénoliques

Suite à la diversité des propriétés physiologiques des composés phénoliques, surtout les flavonoïdes, les scientifiques ont, récemment, fait plusieurs recherches dans le but d'étudier ces propriétés-là. Parmi ce, on cite :

- ✓ Les polyphénols, connus par leurs activités biologiques, notamment l'activité antioxydante, ils jouent un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, le piégeage de l'oxygène ou la décomposition des peroxydes (**Nijveldt et al., 2001**). De plus, cette activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique de ces derniers (**Hennebelle et al., 2004**).
- ✓ Leur activités antiallergique, antibactérienne, anti-inflammatoire, antimicrobienne, hépatoprotectrice, anti-arthérogénique, antivirale, anticarcinogénique, cardioprotectrice et vasodilatateur, anti-thrombotique (**Middleton et al., 2000 ; Ksouri et al., 2007**).
- ✓ Les polyphénols sont des composés qui interviennent contre le stress photo-oxydant, raison pour laquelle ils sont utilisés dans les préparations cosmétiques (**Mena et al., 2014**).
- ✓ Les polyphénols ont des effets bénéfiques préoccupés par la santé humaine et l'hygiène alimentaire (**Leong et Shui, 2002**).
- ✓ Les flavonoïdes peuvent empêcher les dommages oxydatifs et interviennent dans le traitement du diabète, de la goutte, des inflammations, des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension, des allergies et des infections bactériennes et virales (**Hodek et al., 2002 ; Yao et al., 2004**).
- ✓ Les flavonoïdes peuvent être des substances anti-appétantes pour les insectes ou comme réducteurs de la digestion et comme toxines (**Laouini, 2014**).

## 4.2.7 Les huiles essentielles

### 4.2.7.1 Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle a été définie selon la commission de la pharmacopée européenne, comme suit : « *Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition* » (**Pharmacopée européenne, 2008**).

### 4.2.7.2 Rôle des huiles essentielles

- ✓ La présence de ces biomolécules toxiques dans les espèces végétales leur confère le caractère de phagodétérant ou d'inappétant (**Houël, 2011**).
- ✓ Les HE sont connues par leur efficacité contre les micro-organismes. Ils ont un large spectre d'activité microbienne contre les bactéries, les champignons et les virus (**Burt, 2004 ; Edris, 2007**).
- ✓ Les terpénoïdes sont parmi les composés les plus importants des HE, interviennent dans les interactions entre les organismes vivants. Ces composés permettent aux plantes d'attirer les pollinisateurs, les prédateurs ou les parasitoïdes (**Gershenson et Dudareva, 2007 ; Unsicker et al., 2009**).
- ✓ Certains HE ont une activité insecticide ou insectifuge, selon **Chiasson et Beloin (2007)**, les HE sont des biopesticides de nouveau genre qui peuvent remplacer les pesticides de synthèse. plusieurs études ont démontré leur efficacité surtout contre les insectes de stock selon plusieurs modes : par fumigation (**Tapondjou et al., 2002 ; Kim et al., 2003**), par contact (**Chiasson et al., 2004**), effet répulsif (**Papachristos et Stamopoulos, 2002**), et effet physiologique (anti-appétant, affectant la fécondité, la croissance, la mue et le développement des insectes et les acariens) (**Regnault-Roger et Hamraoui, 1995**).
- ✓ Utilisation des HE dans le domaine de l'agroalimentaire, notamment dans la conservation des aliments en préservant leurs qualités organoleptiques, elles sont ainsi utilisées comme exhausteurs de saveurs (**Burt, 2004 ; Brud W.S, 2010**).



- ✓ Pour leur potentiel aromatisant, les HE sont généralement appliquées dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques (**Brud W.S, 2010**).

#### **4.2.7.3 Les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles**

##### **4.2.7.3.1 Extraction par entraînement à la vapeur**

Dans cette méthode d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur, saturé en composant volatils et sont condensés, décantés puis séparés en deux phases, une aqueuse et une autre organique (**Raaman, 2006 ; Pharmacopée Européenne, 2007**).

##### **4.2.7.3.2 Extraction par hydrodistillation**

Cette méthode consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau et le mélange est porté à ébullition. Elle est généralement conduite à une pression atmosphérique. La chaleur sert à éclater et à libérer les molécules odorantes contenues dans les cellules végétales (**Farhat, 2010**).

##### **4.2.7.3.3 Extraction par expression à froid**

Cette méthode est utilisée pour l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes. Le principe de cette méthode réside dans la déchirure des parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit (**Belsito et al., 2007 ; Ferhat et al., 2016**).

##### **4.2.7.3.4 Extraction par solvant organique**

Cette méthode consiste à utiliser les solvants organiques, les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, cyclohexane, l'éthanol. Ce type d'extraction est réalisé avec un appareil de Soxhlet (**Hubert, 1992**).

##### **4.2.7.3.5 Extraction assisté par micro-ondes**

La méthode comporte à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant. Le chauffage de l'eau contenue dans le matériel végétale permet la dilatation des cellules et conduit à la rupture des glandes et des réceptacles oléifères et à la libération de l'HE qui sera évaporée avec l'eau de la plante (**Wang et al., 2006**).

**4.2.7.3.6 Extraction fluide à l'état supercritique (SFE)**

La technique se base sur l'utilisation de solvants dans leur état supercritique ; dans des conditions de température et de pression qui rendent le solvant dans un état intermédiaire entre liquide et gaz, avec des propriétés physico-chimiques différentes. Le solvant le plus utilisé dans cette méthode est le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (**Leszczynska, 2007**).

# **Chapitre V**

**Aperçu générale sur le matériel biologique utilisé**

## *Chapitre. V. aperçu générale sur le matériel biologique utilisé*

### 5 Aperçu générale sur le matériel biologique utilisé

#### 5.1 Données bioécologiques sur les plantes étudiées

##### 5.1.1 *Atractylis (Carlina) gummifera* L

##### 5.1.1.1 Systématique

D'après la classification de **Dupont F, (2015)**

<b>Embranchement :</b>	Embryophytes
<b>Classe :</b>	Angiospermes
<b>Sous-classe :</b>	Asterideae
<b>Ordre :</b>	Astrales
<b>Famille :</b>	Asteraceae
<b>Genre :</b>	<i>Atractylis (Carlina)</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Atractylis gummifera</i> Less., 1832

##### 5.1.1.2 Nomenclature

**Tableau 6.** La nomenclature d'*A. gummifera* selon **Aït Youssef M (2006) ; Hammiche et al. (2013)**

Noms arabes et berbères	Noms français	Noms anglais
<i>addad, tifroua, chouk el alek, Djerniz, leddad</i>	<i>Chardon à glu, caméleon blanc, chamaéléon blanc, carthame</i>	<i>Bird-lime, glue thist</i>
	<i>gummifera</i>	

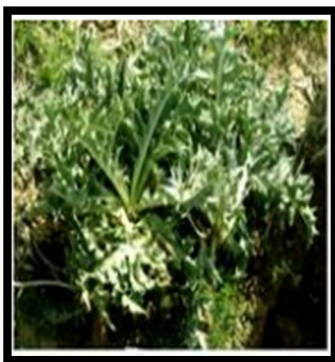
##### 5.1.1.3 Description botanique

Plante herbacée, vivace, épineuse, odorante, *A. gummifera* comporte deux parties ; une souterraine (**Fig.02**) très développée, représentée par un volumineux rhizome, pivotant et charnu, atteint 30 à 40 cm de longueur et 7 à 8 cm de diamètre, et une partie aérienne (**Fig.03**)

formée par une tige, les longues feuilles épineuses font 50 à 60 cm de long sur 10 cm de large, groupés en bouquet et des fleurs de 10 à 6 cm qui apparaissent en été. Le rhizome et les fleurs de la plante sont caractérisés par la sécrétion d'une sorte de glu, substance inodore, appelée aussi la gomme où «laàlk» (Bellakhdar, 1997).



**Figure 2.** Le rhizome  
d'*Atractylis gummifera* L  
(Bouabid *et al.*, 2019)



**Figure 3.** La partie aérienne et les fleurs  
d'*Atractylis gummifera* L (Bouabid *et al.*, 2019)

#### 5.1.1.4 Utilisation médicinale et traditionnelle

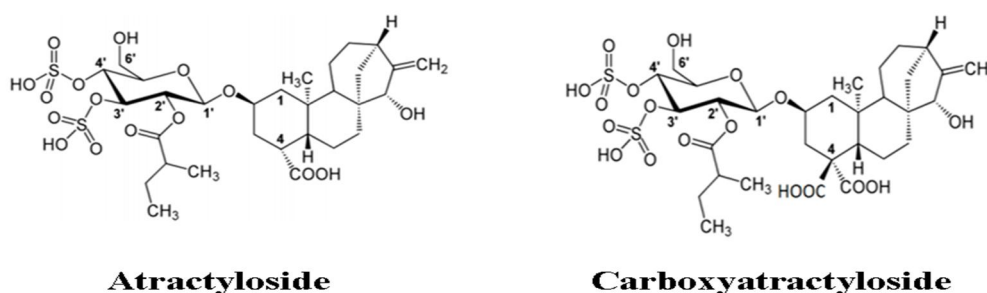
La plante est utilisée sous différentes formes à des fins thérapeutiques : Le rhizome desséché est très utilisé en Algérie et au Maroc, pour le traitement des hémorragies, facilite les accouchements et provoque les vomissements. Elle est aussi utilisée comme cataplasme et intervient en friction et dans les différents traitements, tels que, la gale, les boutons d'acné, les taches de rousseur, les chancres syphilitiques, les abcès et les furoncles. Son usage est demandé dans le blanchiment dentaire, le soin de la chevelure (Bellakhdar, 1997). Aussi employée sous forme de fumigation rituelles dites tabkhira contre le mauvais œil (El3ayn) et les génies (El-djnoun) (Aït Youssef M, 2006 ; Hammiche *et al.*, 2013). Malgré son utilisation traditionnelle, l'ingestion de rhizome frais de la plante reste l'un des principales causes d'intoxication végétale et souvent létale (Ahid *et al.*, 2012 ; Kharchoufa *et al.*, 2018).

#### 5.1.1.5 Composition chimique d'*Atractylis gummifera* L

Les principes actifs trouvés dans la plante sont des hétérosides diterpéniques et les premières études botaniques et chimiques d'*Atractylis gummifera* L ont été réalisées en Algérie.

Lefranc, 1866, a été le premier à avoir isolé Atractyloside (**Fig.04**), tandis que Wunschendorf et Braudel ont élaboré sa structure. Le deuxième principe actif toxique appelé carboxyatractyloside (**Fig.04**), différent de l'atractyloside par la présence d'un second groupement carboxylique en position C<sub>4</sub> (**Ahid *et al.*, 2012 ; Hammiche *et al.*, 2013**).

Les principales classes des polyphénols présentes dans la plante sont : les flavonoïdes (les flavones et les flavonols), les tanins condensés et les anthocyanes (**Khadhri *et al.*, 2013 ; Benbouziane et Beneddra, 2016**).



**Figure 04.** Structure de l'Atractyloside et de carboxyatractyloside (**Ahid *et al.*, 2012**)

#### 5.1.1.6 Toxicité d'*Atractylis gummifera* L

Toutes les parties de la plantes renferment les principes actifs toxiques, principalement dans la racine, puis la tige, allant à la fleur et finalement la graine et la feuille, du coup, la partie souterraine est plus toxique que la partie aérienne. L'atractyloside et le carboxyatractyloside sont les deux PA responsables de la toxicité de la plante en étant des inhibiteurs puissants de la phosphorylation oxydative au niveau mitochondrial et le cycle de Krebs par l'inhibition du transport des nucléotides phosphorylés ADP et ATP à travers la membrane mitochondriale interne. L'atractyloside exerce son action sur l'enzyme ADP/ATP translocase, l'enzyme responsable du transfert de l'ADP au niveau de la matrice mitochondriale grâce à sa structure analogue à l'ADP, ce qui conduit à une compétition avec cette enzyme en empêchant son activité (**Bellakhdar, 1997; Pinto Da Cunha et Geubel, 2002**). En effet, l'inhibition de l'enzyme translocase par l'un de ces deux glucosides entraîne l'inhibition de toute la chaîne respiratoire mitochondriale. D'autre part, l'atractyloside empêche la néoglucogénèse et l'oxydation des acides gras, mais accélère, par contre, la glycolyse anaérobie et la

glycogénolyse. Les cellules cibles de ces deux toxines sont celles du foie, du rein, du pancréas et du myocarde (**Bowser *et al.*, 2002**).

## 5.1.2 *Thapsia garganica* L

### 5.1.2.1 Systématique

Selon la classification de **Gomez, (2007)**

<b>Embranchement :</b>	Dicotylédones
<b>Classe :</b>	Angiospermes
<b>Sous-classe :</b>	Archychlamideae
<b>Ordre :</b>	Umbeliflorales
<b>Famille :</b>	Umbelliferae = Apiaceae
<b>Genre:</b>	<i>Thapsia</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Thapsia garganica</i> L., 1767

### 5.1.2.2 Nomenclature

**Tableau 07.** La nomenclature de *T. garganica* selon **Hammiche *et al.*(2013)**

Noms arabes et berbères	Noms français	Noms anglais
ابو نافع <i>bou nâfa</i> , <i>denas</i> , <i>derias</i> ; برياس, <i>hadriegs</i> , <i>toufelt</i> , <i>tachehal</i> , <i>adbib</i> , <i>rapat chkaoui</i>	<i>Thapsia du Mont- Gargan</i> , <i>le faux fenouil</i> .	<i>False fennel</i>

### 5.1.2.3 Description botanique

*Thapsia garganica* est une plante vivace, à tige, constitué d'une hampe florale, peu ramifiée, de 1.50 m de haut, à de grandes feuilles espacées, très découpées, plus ou moins creuse, à division linéaire pourvu d'un pétiole en gaine à la base. Les fleurs sont petites, d'un beau jaune, disposées en grandes ombelles presque sphériques (**Fig.05**). Les fruits sont de 25 sur 15 mm, ovales, largement ailés au sommet, tandis qu'au niveau des côtés dorsaux, ces fruits-là, sont visibles et non ailés. Les racines de *T. garganica* sont sous forme de rhizomes (**Meftah T, 2001 ; Hammiche *et al.*, 2013**).



**Figure 05.** Parties aériennes de *Thapsia garganica* L (Genevieve Botti, 2013 ;Yves Bas, 2018)

#### 5.1.2.4 Utilisation médicinale et traditionnelle

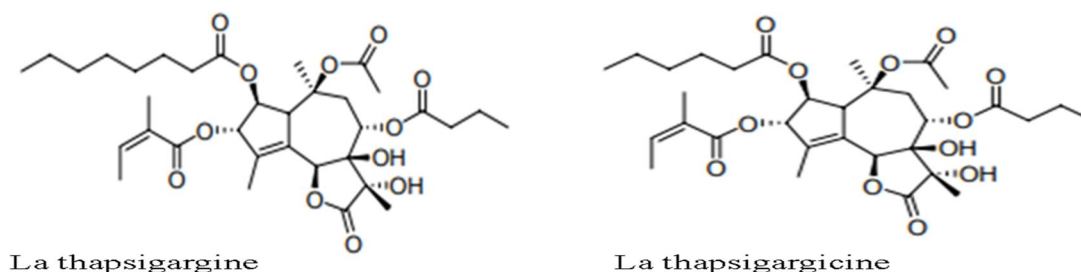
La plante est connue par sa large utilisation en médecine traditionnelle, notamment dans les pays maghrébins. L'écorce de la racine est utilisée pour le traitement de la stérilité féminine, les douleurs rhumatismales, ainsi que pour les maladies pulmonaires graves. La résine de la racine fraîche, est appliquée comme cataplasme, pour traiter les infections pulmonaires, mélangée avec la farine contre les morsures d'animaux veineux ou enragés. La racine peut aussi calmer les douleurs dentaires par contact direct (Bammi et Douira, 2002 ; Hammiche *et al.*, 2013). En pharmacologie, la plante a été investie dans le traitement du cancer de la prostate (Doan *et al.*, 2015). Une prodrogue appelée G202, créée à partir de la thapsigargarine, spécifique des cellules cancéreuses prostatiques où son hydrolyse induit la mort de ces cellules (Denmeade *et al.*, 2012).

#### 5.1.3 Composition chimique de *Thapsia garganica* L

La présence des polyphénols dans les racines et les feuilles de *T. garganica* L a été montrée par Rached *et al.* (2010). Une étude apportée par Djeridane *et al.* (2007), a révélé que la classe la plus dominante des polyphénols est celle des flavonoïdes, des dérivés hydroxycinamique et des esters de phénylpropanoïdes connus sous le nom de neohelmannthicine A,B,C et D. Les lactones sesquiterpéniques représentent les composés terpéniques trouvés essentiellement chez le genre *Thapsia*. Les deux composés majoritaires des sesquiterpéniques de *T. garganica* sont : la thapsigargarine et la thapsigargicine (Drew *et al.*, 2009) (Fig.06). Le mot thapsigargarine désigne maintenant une famille, composée de 17 molécules qui diffèrent par



les substituants en position C<sub>2</sub> et C<sub>8</sub> (**Jouanneau, 2013**). Des études ont montré que la partie aérienne et les racines contiennent de l'HE. Celle de la partie aérienne comporte principalement les monoterpènes (**Ladjel *et al.*, 2011**), alors que celle des racines comprend de l'élémicine et de la latifolone (**Avato et Rosito, 2002**).



**Figure 06.** Structure de la thapsigargine et de la thapsigargicine (**Ali *et al.*, 1985**)

### 5.1.3.1 Toxicité de *Thapsia garganica* L

Les Apiaceae sont connus par leur toxicité qui dépend de la présence des alcaloïdes pipéridiniques, des lactones sesquiterpéniques et des carbures acétyléniques polyinsaturés (**Bruneton J, 2005**). *T. garganica* est parmi les Apiaceae, où toutes les parties de la plante sont toxique. Cette toxicité est due à la présence de la résine, jaune, rubéfiante et vésicante, plus abondante dans l'écorce de la racine, les lactones sesquiterpéniques (thapsigargine et thapsigargicine) et les triesters de lactones sesquiterpéniques. Quatre phénylpropanoïdes analogues de la thapsigargine ont été mis en évidence dans le fruit et représentent les substances ayant une activité cytotoxique (**Denmeade *et al.*, 2012**). L'acide petroselinique est abondant dans la fraction lipidique du fruit de *Thapsia* et démontre une matière première recherchée (**Hammiche *et al.*, 2013**).

### 5.1.4 *Daphne gnidium* L

#### 5.1.4.1 Systématique

Selon **Halda(1998)**, la systématique est:

**Embranchement :** Magnoliophyta (Plante à graines)  
**Classe :** Angiospermes  
**Ordre :** Myrtales

<b>Famille :</b>	Thymelaeaceae
<b>Genre :</b>	<i>Daphne</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Daphne gnidium</i> L., 1753

#### 5.1.4.2 Nomenclature

**Tableau 08.** La nomenclature de *D. gnidium* selon **Leclerc (1999)** ; **Bnouham et al. (2002)** ; **Miara et al. (2013)**

Noms arabes et berbères	Noms français	Noms anglais
Lazzaz, inif, methnane, لازاز	Daphné Garou, Thymèle, Sain-bois, Daphné Paniculé	Flax-leaved Daphne

#### 5.1.4.3 Description botanique

*Daphne gnidium* L est une plante de 60 cm à 2m de haut ou plus, arbuste des garrigues méditerranéennes et des sables atlantiques, abondante dans tout le Tell Algérien, dans les forêts et les broussailles, elle présente de minces rameaux très feuillés (**Quézel et Santa, 1963**). Les feuilles sont persistantes ou caduques et se trouvent sur toute la longueur des tiges, d'une largeur de 5-7 mm au plus et très denses. La plante à des fleurs blanches, petites et tubulaires, souvent odorantes et groupées en panicule terminales, poilues sur le calice. Son fruit est sous forme de baie nue, ovoïde de 5 à 8 mm, rouge orangé, avec une seule graine (monosperme). C'est une plante entomogame (**Mohammedi, 2013**) (**Fig.08**).



**Figure 07.** Rameaux avec les feuilles, de fleurs et de fruits de *Daphne gnidium* L (**Belbah, 2018**).

#### 5.1.4.4 Utilisation traditionnelle

*Daphne gnidium* a été utilisée anciennement pour traiter les maladies dermatiques, l'hépatite virale, la chute des cheveux et comme agent hypoglycémiant, les maladies d'origine vénériennes, la gale et certaines mycoses. Cette plante est ainsi utilisée comme purgatif, diurétique, cicatrisant, antiseptique et dans le traitement de la syphilis (Ziyyat *et al.*, 1997 ; Djermouni, 2004 ; Sassi, 2008). En phytothérapie, elle est indiquée pour le traitement des tumeurs, des leucémies, le sida et la sclérose en plaque. Ses feuilles sont également utilisées dans la teinture textile traditionnelle (Vidal *et al.*, 2012 ; Chaabane *et al.*, 2014 ; Botineau, 2015).

#### 5.1.4.5 Composition chimique de *Daphne gnidium* L

La famille des Thymelaeaceae reste très peu étudiée. La classe des composés la plus fréquente des Thymelaeaceae est les diterpènes, responsables de la toxicité de ce genre de plante (Ferrari, 2002 ; Lin *et al.*, 2005). Selon Marques *et al.* (2009), les coumarines représentent le groupe chimique majoritaire de *D. gnidium*. En plus, la plante renferme des polyphénols, des flavonoïdes et de faibles quantités des tanins (Harizi *et al.*, 2011). Plusieurs recherches ont été mises pour mettre en évidence les groupes de métabolites secondaires dans les différents extraits de diverses parties de la plante, particulièrement l'aérienne. Les flavonoïdes, les lignanes, les coumarines, les tanins et les terpènes sont les composés identifiés (Deiana *et al.*, 2003). En se basant sur les travaux publiés, l'espèce *D. gnidium* contient des coumarines (Fig.08) (Daphnétine, daphnine, acétylimbelliférone, daphnorétine) et des flavonoïdes (lutéolin-di-*O*-glucoside lutéoline, orientine, isoorientine, quercétine, apigénine-7-*O*-glucoside, genkwanine, 5 - *O* - b - Dprimeverosyl genkwanine, 2, 5, 7, 4-tétrahydroxyisoflavanol). Les écorces et les grains de la plante contiennent des diterpènes toxiques, la mézéréine (grains) et la daphnétoxine (écorce) (Deiana *et al.*, 2003 ; Nowik, 2005 ; Marques *et al.*, 2009 ; Mohammadi, 2013).

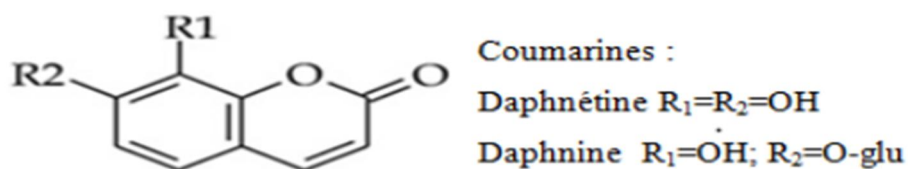


Figure 08. Structure des coumarines de Daphnétine et de Daphnine (Lin *et al.*, 2005)

#### 5.1.4.6 Toxicité de *Daphne gnidium* L

Toutes les parties de la plante sont considérés toxiques, principalement, les fruits et les écorces. La toxicité de la plante est due à la présence d'une résine vésicante, la mézéréine, associée à un hétéroside âcre. La daphnine donne par l'hydrolyse de la dihydroxycoumarine (Reynaud, 2002 ;Boucher, 2011). Une dose de 12 baies pourrait être mortelle chez l'adulte (Bruneton J, 2005). Le frottement de l'écorce des tiges et des racines avec la peau, peut provoquer une rubéfaction intense de cette dernière du fait qu'elle est vésicante (Botineau, 2015).

## 5.2 Données bioécologiques sur les insectes étudiés

### 5.2.1 Données bioécologique sur le charançon du blé *Sitophilus granarius*

#### 5.2.1.1 Systématique

Selon Pierce WD (1907),

<b>Règne :</b>	Animalia
<b>Embranchement :</b>	Arthropoda
<b>Classe :</b>	Insecta
<b>Sous-classe :</b>	Pterygota
<b>Ordre :</b>	Coleoptera
<b>Sous-ordre :</b>	Polyphaga
<b>Famille :</b>	Curculionidae
<b>Genre :</b>	<i>Sitophilus</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Sitophilus granarius</i> Linnaeus., 1758

#### 5.2.1.2 Nomenclature

**Tableau 09.** La nomenclature de *Sitophilus granarius* selon EPPO Global Database : <https://gd.eppo.int/taxon/CALAGR>.

Noms arabes	Noms français	Noms anglais
سوسة الحبوب	le charançon de blé. Caletre des grains, le charançon du grenier	Granary weevi

### 5.2.1.3 Description morphologique des différents stades du *Sitophilus granarius*

*S. granarius* se différencie de *S. zeamais* et de *S. oryzae* par l'absence de taches rougeâtres sur ses élytres (**Lepesme, 1944**).

#### 5.2.1.3.1 L'œuf

Mesure de 0.5 à 0.8 mm de longueur et de 0.2 à 0.3mm de largeur, blanc, brillant et légèrement pyriforme (**Balachowsky, 1963**).

#### 5.2.1.3.2 La larve

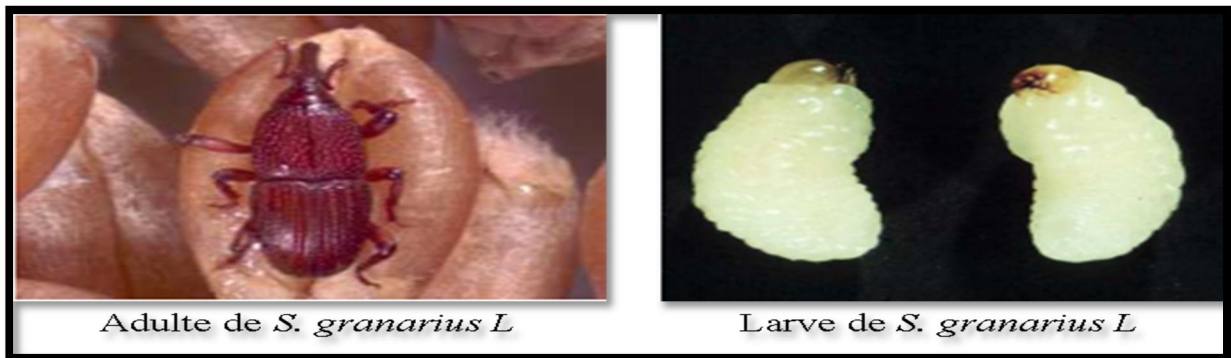
Mesure de 2 à 3mm de longueur (**Fig.09**) elle est apode, de couleur blanchâtre, plate en dessous et bombée en dessus avec une tête brunâtre et hémisphérique et des metibules à pointes, foncée, munies d'une dent subapicale interne précédée d'une autre petite dent (**Balachowsky et Mensil, 1936**).

#### 5.2.1.3.3 La nymphe

La larve se transforme en prénymphe, avant la métamorphose, sa forme est cylindrique. La nymphe a une taille voisine de celle de l'imago, brunit à mesure qu'elle vieillit (**Balachowsky et Mensil, 1936**).

#### 5.2.1.3.4 L'adulte

L'adulte de *S. granarius* a une taille de 2.5 à 5 mm de longueur, menu de mandibules (pièces buccales) de type broyeur, au bout d'une tête prolongée par un rostre. A l'aide de ces pièces buccales, il creuse des trous dans les grains pour se nourrir, ainsi que pour déposer les œufs par les femelles. Ils sont aptères, avec des antennes composés de huit segments, de couleur rougeâtre brillante, le thorax, est muni de perforations ovales (**Haines, 1981 ; Gorham, 1991**) (**Fig.09**).



**Figure 09.** Adulte et larve de *S. granarius L* (Anonyme, 2014)

#### 5.2.1.4 Cycle biologique

Les adultes vivent de 7 à 8 mois en moyenne. Tout au long de vie des femelles, elles pondent généralement de 150 jusqu'à 300 œufs. La femelle perce des cavités dans les grains, où elle pond ses œufs. Les cavités sont scellées par un bouchon d'œuf cireux qu'elle sécrète. Avant l'éclosion, une période d'incubation des œufs partant de 4 à 14 jours est nécessaire, selon la température et l'humidité. Le développement larvaire se caractérise par quatre stades. La nymphose se produit à l'intérieur de grain. L'adulte nouvellement émergé, laisse un trou de sortie au niveau du grain. Dans les conditions estivales chaudes, le cycle de développement de *S. granarius* peut être complet en 4 à 6 semaines mais peut durer jusqu'à 21 semaines en hiver. Les adultes peuvent survivre pendant un mois ou plus sans nourriture dans des conditions plus fraîches. Les conditions optimales de développement sont environ 34 à 35°C et 70% d'humidité relative (Howe et Hole, 1968 ; Longstaff, 1981).

#### 5.2.1.5 Dégâts

Les charançons de genre *Sitophilus*, représentent les insectes les plus nuisibles aux grains entreposés, ils sont considérés comme des ravageurs primaires qui ouvrent la porte aux autres insectes secondaires qui parachèvent leurs dégâts. Les insectes de stock, tels que les charançons entraînent des pertes qualitatifs et quantitatifs. Les aspects biophysiques, biochimiques et nutritionnels des grains stockés, peuvent être affectés par les insectes de stock (Jood *et al.*, 1993). Une seule larve de charançon peut vider quasiment un grain de blé sans altérer l'enveloppe au cours de son développement. L'adulte cause des dégâts importants, du fait qu'il détruit le germe de l'albumen, en mordant l'enveloppe de la graine pour attaquer une

autre jusqu'à la vider complètement (**Merzouki, 1998**). Le premier critère qualitatif des grains stockés altéré par les attaques d'insectes est bien la faculté germinative dans les conditions de stockage défavorable. Le deuxième critère est quantitatif et réside dans la perte en poids des grains stockés. Une corrélation satisfaisante entre la population totale de *S. granarius* et le pourcentage de perte en poids des grains, a été enregistrée, pendant une période de stockage de 9 mois (**Fleurat-Lessard, 2015**).

## 5.2.2 Données bioécologique sur le petit vert de la farine *Tribolium castaneum* (Herbst)

### 5.2.2.1 Systématique

Selon **Lepesme (1944)** ; **Weidner et Rack (1984)**, la classification est comme suit :

<b>Règne :</b>	Animalia
<b>Embranchement :</b>	Arthropoda
<b>Classe :</b>	Insecta
<b>Ordre :</b>	Coleoptera
<b>Famille :</b>	Tenebrioni
<b>Genre :</b>	<i>Tribolium</i>
<b>Espèce:</b>	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst., 1797

### 5.2.2.2 Nomenclature

Selon **EPPO Global Database** : <https://gd.eppo.int/taxon/TRIBCA>, la nomenclature est représentée dans le **tableau 10**.

**Tableau 10.** La nomenclature de *Tribolium castaneum* (Herbst)

Noms arabes	Noms français	Noms anglais
خنفساء الدقيق الصدمية.	<i>petit ver de la farine,</i> <i>Tribolium rouge de farine. .</i>	<i>red grain beetle, red meal</i> <i>beetle, rust red flour beetle</i>



### 5.2.2.3 Description morphologiques des différents stades du *Tribolium castaneum*

#### 5.2.2.3.1 Œuf

Mesure environ 0.6 mm de longueur, de forme ovulaire (Steffan, 1978). L'éclosion aura lieu après une semaine d'incubation à une température de 25 °C ou bien durant 4 jours et deux semaines à des températures de 38°C et 19°C, respectivement (Multon, 1982).

#### 5.2.2.3.2 Larve

Elle mesure 6 mm, passe par 5 à 8 stades larvaires dans les conditions optimales de développement, et peut aller à 13 stades dans le cas des conditions défavorables. La larve est environ huit fois plus longue que large, de couleur jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes (Fig.10). Le dernier segment abdominal s'achève par une paire d'urogomphes recourbées vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps. A la fin du dernier stade larvaire, les larves deviennent immobiles, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes immobiles (Camara, 2009 ; Gueye *et al.*, 2015).

#### 5.2.2.3.3 La nymphe

La nymphe est de couleur blanchâtre virant vers le jaune, de forme cylindrique. Les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. Le sexe durant le stade nymphale est bien visible, la nymphe est incapable de se déplacer et reste sans protection, deux épines se trouvent au niveau de sa partie terminale de son abdomen (Christine B, 2001) (Fig. 10).

#### 5.2.2.3.4 L'imago

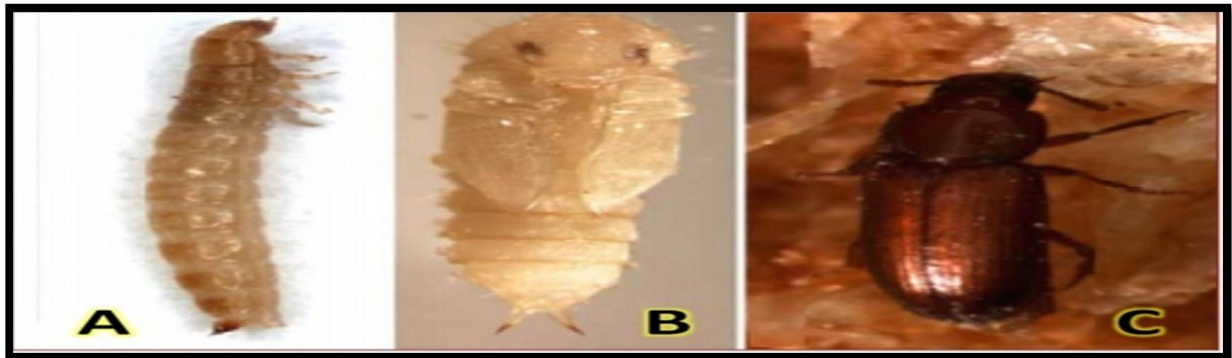
La nymphe donne un imago, à son émergence, il devient clair. Après 2 à 3 jours, sa couleur devient brune rouge et sa taille atteint 3 à 4 mm (Balachowsky et Mensil, 1936).

#### 5.2.2.3.5 L'Adulte

Il est de couleur brune rougeâtre (Fig.10), mesure de 3 à 4 mm, étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les trois derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les précédents formant une masse distincte, contrairement à *T. confusum*, le chaperon ne dépasse pas l'œil du côté



latéral. Les yeux sont ovales plus petits que ceux de *T. confusum*. Le dimorphisme sexuel est situé à la base du fémur antérieur. Le mâle possède un tubercule pilifère arrondi, absent chez la femelle. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtre (Dave A, 2001 ; Camara, 2009). Les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et vivent entre 15 et 20 mois (Gueye *et al.*, 2015)



**Figure 10.** Larve(A) ; nymphe(B) et adulte(C) de *T. castaneum*(Herbst). <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/tri-dvt.htm>.

#### 5.2.2.4 Cycle biologique

Pour le coléoptère *T. castaneum*, on peut rencontrer cinq générations par an (Guèye *et al.*, 2012). La température ambiante, l'humidité relative et le type de nourriture, ont un effet sur la durée du cycle de développement de l'insecte (Gueye *et al.*, 2015). Le cycle prend une période de 28 jours pour passer de l'œuf à l'adulte, tandis qu'il est plus lent dans le cas de faible humidité (8%) (Dave A, 2001), à l'âge de trois jours, les femelles pondent quotidiennement une dizaine d'œufs, qui se disposent en vrac sur les grains infestés et sont difficile à déceler, ils s'éclosent après cinq jours de ponte à une température de 30°C. Les larves circulent dans les denrées infestés et passent au stade nymphale sans cocons, le stade larvaire peut durer trois semaines à une température de 30°C, avec une émergence des adultes après six jours (Kassemi, 2014). Les températures optimales pour son développement se situent entre 32 et 33°C, un arrêt de cycle est introduit à la température en dessous de 22°C. Un nombre d'œufs pondus par la femelle peut atteindre 500 à 800 œufs. Le cycle peut durer environ un mois (Camara, 2009).

### 5.2.2.5 Dégâts

Le vert rouge de la farine est considéré comme un ravageur secondaire strict. Les larves et les adultes de ce coléoptère n'interviennent qu'après les attaques des ravageurs primaires, ils achèvent l'action de détérioration des grains stockés (**Camara, 2009**). *T. castaneum* attaque les denrées amylacées, notamment les farines de céréales et le son. Une odeur désagréable de denrées infestées due à la sécrétion d'une substance nauséabonde par l'adulte, riche en quinone (**Kassemi, 2014**). La dépréciation des farines infestées est due à l'odeur âcre et à la teinte brunâtre qui leur sont communiquées. Dans les huiles extraites des grains d'arachide infestés par ce ravageur, une diminution de la teneur des acides gras libres a été notée (**Camara, 2009**). Ils attaquent les grains endommagés en allant vers le germe de ces derniers. Les adultes et les larves commencent par la consommation de ce dernier, puis l'entreposage, ce qui conduit à la prolifération des insectes entraînant une augmentation de la température de l'entrepôt et en favorisant l'apparition des parasites. En présence de nombreux insectes ravageurs au niveau de l'entrepôt, les aliments peuvent prendre une couleur rosée. Ce genre de coléoptère est très polyphage, c'est un cléthrophones secondaires (**Robiche et al., 2002**)

# **Chapitre VI**

**Aperçu générale sur les raticides**

---

## *Chapitre VI. Aperçu générale sur les raticides*

---

### **6 Importance de lutte contre les rongeurs**

Les rongeurs sont abondants dans tous les milieux, vivent en contact avec l'homme dans les zones cultivées et ils sont nuisibles (**Singleton *et al.*, 2003**). Les rongeurs sont connus par leur capacité de propager des maladies à l'homme, du fait qu'ils sont réservoirs pour plusieurs d'entre elles, tels que la peste et les fièvres hémorragiques (**Salazar-Bravo *et al.*, 2002 ; Duplantier *et al.*, 2003 ; Lecompte, 2006**). A tous les stades de développement, et au niveau des champs, des magasins de stockage, les rongeurs s'alimentent de tout ce qui peut être consommé des récoltes ; fruits et des légumes. Les rongeurs anthropophiles ; entraînent des dégâts sur les denrées destinées à la consommation humaine et animale (**Le Louarn H & Quéré J.P, 2003 ; Singleton *et al.*, 2003**). En plus des dégâts économiques des rongeurs, les risques écologiques et sanitaires impose la nécessité de lutter contre eux.

#### **6.1 Risques écologiques**

Les rongeurs bousculent les niches écologiques, entrant en compétition alimentaire avec la faune indigène ou en la mettant en péril par un comportement prédateur, ils représentent un risque pour les espèces endémiques protégées (**Bridier *et al.*, 2006**). Ils pourraient jouer un rôle nettement plus important dans la dynamique des espèces végétales que ce qui est couramment admis (**Hirsch *et al.*, 2012**). Les rongeurs peuvent modifier durablement la composition des communautés animales et favoriser le développement celles des rongeurs (**Malcolm et Ray, 2000**).

#### **6.2 Risques sanitaires**

Les rongeurs sont potentiellement vecteurs de nombreuses maladies transmissibles à l'homme et également aux animaux domestiques (**Goncalves Da Cruz I, 2007** ). Les sources d'infection sont soit les rongeurs eux-mêmes, soit le milieu extérieur dans le cas de rongeurs sauvages. La pullulation des rongeurs est responsable d'une cinquantaine d'hospitalisations et de 5 à 10 décès par an en moyenne (**Bridier *et al.*, 2006**).

### 6.3 Dégâts économiques

Les rongeurs causent des dégâts plus importants sur les cultures et les stocks céréaliers. Les cultures les plus endommagés sont les plantes à graines, les tubercules ainsi que les cultures fruitières et les champs de canne à sucre (**Bridier *et al.*, 2006**). Les rongeurs, tels que les rats entraînent des dégâts matériels dans les usines et les maisons, des incendies dus à la dégradation des conditions de gaz ou encore des gaines d'isolation des fils électriques (**Drouai, 2018**).

### 6.4 La classification des rongeurs

Les rongeurs sont classés selon **Teka *et al.* (2002)** comme suit :

Il y a 35 familles avec 389 genres différentes et près de 1700 espèces appartenant à l'ordre des Rodentia, auquel les rongeurs font partie. Les rongeurs sont classés en :

#### 6.4.1 Les rongeurs domestiques

Vivent à proximité de l'homme et partagent sa nourriture et son habitat tels que *Rattus rattus* et *Mus musculus*.

#### 6.4.2 Les rongeurs commensaux

S'hébergent autour ou à côté des maisons et s'y nourrissent, ils sont du coup vecteurs de transmission des maladies parasitaires et microbienne comme *Rattus norvegicus* et *R. Frugivorus*.

#### 6.4.3 Les rongeurs sauvages

Vivent indépendamment de l'homme et sont des hôtes pour toutes sortes de parasites.

#### 6.4.4 Les rongeurs des champs

Demeurent dans les champs et les plaines voisines, ils endommagent les cultures installées, *les Mériones* sont le meilleur exemple.

## **6.5 La lutte contre les rongeurs**

### **6.5.1 La lutte alternative**

Selon **PEA (2001)**, les méthodes de lutte curative sont :

#### **6.5.1.1 Méthodes mécaniques de lutte**

Avant de penser à la lutte contre les rongeurs, une estimation de dégâts est nécessaire. Les moyens utilisés sont : pièges (les tapettes), appareils électromagnétique et à ultrason (fumigation et aspersion).

#### **6.5.2 Méthodes de lutte préventive**

Il ya la prévention organisationnelle qui a pour but de prévoir les fortes densités de rongeurs et aussi la prévention écologiques qui empêche le développement des futures infestations.

#### **6.5.3 Méthodes de lutte culturale**

Cette méthode consiste à introduire de nouvelles pratiques agricoles qui ont le but d'éviter ou de minimiser les pertes en cultures et les dégâts agricoles issues des attaques de rongeurs.

#### **6.5.4 La lutte préventive**

Pour limiter l'installation des rongeurs anthropophiles, le choix des matériaux de construction des bâtiments devient une solution préventive, tels que le choix de grillage, des plaques métalliques et du ciment lisse. Aussi, le labour permet la destruction des galeries en cas de pullulation de campagnols (**Jacob *et al.*, 2014 ; Heroldová, 2018**). Enfin, la lutte préventive contribue à rendre le milieu défavorable pour l'installation pérenne de rongeurs (**Granjon et Duplantier, 2009**).

#### **6.5.5 La lutte curative**

La lutte curative a été mise en place dans les années 50 (**Delattre et Giraudoux, 2009**). Parmi les techniques curatives employées, on cite la méthode de piégeage. Cette méthode est coûteuse en temps et devient parfois insuffisante (**Damin-Pernik *et al.*, 2017**).

Les rodenticides représentent une autre mesure de lutte et sont des molécules neurotoxiques (crimidine, strychnine) à action aiguë (**Le Louarn, 2011**). Le groupe des rodenticides anticoagulants apparaît le plus efficace (**Jacquel, 2017**).

### 6.5.6 La lutte biologique

Les prédateurs constituent un facteur important de lutte contre les rongeurs qui jouent le rôle de régulateurs des populations de rongeurs (Effraies des clochers, Renard roux, la Belette, la Martre des pins, la Fouine) (**Coeurdassier *et al.*, 2014**).

### 6.5.7 La lutte chimique

Les rodenticides sont en forme liquide, de poudre de contact, de gaz toxique ou d'appâts empoisonnés. Les substances actives des rodenticides sont classées comme suit : les rodenticides aigus, Les anticoagulants, Les vitamines D2 et D3, Les fumigants (**Giban, 1972 ; Séné D, 1976**).

### 6.5.8 La lutte intégrée

Elle consiste à lutter contre les rongeurs ravageurs d'une façon économique et écologique saine, à l'aide d'un ensemble varié de techniques afin de réduire les populations rongeurs. Cette méthode a été de plus en plus favorisée comme alternative à l'usage des rodenticides chimiques. Elle se base sur une boîte à outils qui fait intervenir un ensemble de méthodes de lutte en reposant sur la compréhension du fonctionnement écologique des systèmes agricoles, où les chaînes trophiques représentent les systèmes les plus importants. La lutte intégrée est principalement appliquée dans le but d'un traitement biocide pour le contrôle des rongeurs commensaux (**BirchEet *et al.*, 2011**). D'après **PEA (2001)**, l'utilisation des rodenticides chimiques d'une façon sélective reste l'élément le plus efficace du programme de lutte.

## 6.6 Propriétés des anticoagulants et la lutte contre les rongeurs

Le coumafène représente la molécule avec laquelle d'autres molécules forment le groupe de 60 anticoagulants de 1<sup>ère</sup> génération (le coumatétralyl, la chlorphacinone et la diphacinone) (**Damin-Pernik *et al.*, 2017**). L'apparition de résistance chez certains rongeurs tels que : la souris grise, le Rat surmulot et le Rat noir (**Hodroge, 2011**), fait conduire à la naissance de 2<sup>ème</sup> génération de rodenticides, les molécules les formant sont : la bromadiolone, le

brodifacoum, le difénacoum, le flocoumafène et le diféthialone (**Damin-Pernik *et al.*, 2017**). Les anticoagulants provoquent la mort des rongeurs par hémorragie (**Hodroge, 2011**).

### 6.7 Mécanisme d'action des anticoagulants

Ces molécules présentent une analogie structurelle avec la vitamine K (**Roch, 2008**). Les anti-vitamine K (AVK), inhibent l'action de l'enzyme vitamine K époxyde réductase, responsable du recyclage de la vitamine K, ce qui entraîne l'inhibition de la régénération de ce dernier et l'épuisement de ces réserves, aboutissant à des troubles de l'hémostase et par conséquent, l'augmentation du temps de coagulation et donc retarder la formation de la fibrine, en conduisant à la mort de l'animale par hémorragie (**Hodroge, 2011 ; Lefebvre *et al.*, 2017**).

### 6.8 Toxicité des anticoagulants

Les anticoagulants possèdent une action inhibitrice de la cascade enzymatique, conduisant à un arrêt de l'hémostase. Leur action se caractérise par l'apparition de certains signes cliniques, tels que les hémorragies internes spontanées qui peuvent survenir après plusieurs jours de l'ingestion d'anticoagulants (**Vandenbroucke *et al.*, 2008**). La persistance des anticoagulants est plus importante au niveau du foie, car ces derniers ont une grande affinité aux sites de fixation hépatiques, du coup, le foie est le principale organe d'accumulation des anticoagulants (**Sage, 2008**).

Les principaux symptômes d'intoxication accidentelle par les anticoagulants chez certains animaux, tels que les chiens et les chats, sont ; les hémorragies d'organes, la prostration, l'anémie, les vomissements et l'augmentation de la prothrombine et chez les animaux âgés, on retrouve le problème de l'insuffisance hépatique et rénale (**Rodriguès, 2006 ; Berny *et al.*, 2010**).

Un syndrome hémorragique différé et prolongé avec des hémorragies en nappes et un sang fluide et incoagulable, ont été notés, suite aux intoxications par les anticoagulants rodenticides. Lors d'une intoxication subaigüe par ces derniers, des signes d'anorexie, de prostration, de baisse d'appétit et de léthargie, ont été enregistrés et présentent les signes d'une coagulopathie.

D'autres signes dus à l'atteinte du fonctionnement d'un organe par des hémorragies ont été apportés tels que les signes respiratoires, cutanées, cardiaques, locomoteurs, viscérales,



neurologiques et oculaires. Des examens microscopiques et lésionnels, ont montré que le foie et les reins représentent les organes les plus endommagés par la toxicité des anticoagulants (**Waddell *et al.*, 2013 ; Muscarella *et al.*, 2016 ; Hebert, 2014**).

### **6.9 Rodenticides utilisés en Algérie**

Le Warfarine, représente la matière active la plus utilisée en Afrique, en plus de la chlorophacinone (**Adesuyi, 1966**), on peut citer aussi le raticide : RATICIDE 70<sup>®</sup>, qui a comme principe actif l'Alphachloralose, substance caractérisée par son effet anesthésique. Les produits utilisés en Algérie, surtout sous forme d'appâts et sont connus universellement et autorisés par la commission nationale d'homologation. Les produits commercialisés en Algérie sont reportés en **annexe I**.

**deuxième partie**

**Matériel et méthodes**

# **Chapitre I**

## **Zone d'étude**

## Deuxième partie. Matériels et méthodes

### *Chapitre I. zone d'étude*

#### 1 Localisation géographique de la zone d'étude

Le site de prélèvement de nos échantillons testés est représenté par Cherb Erih, appartient à Douar Hassasna, commune de Sidi Hosni, wilaya de Tiaret. Cette Wilaya est située à l'ouest de pays ( $35^{\circ} 23' 16''$  Nord,  $1^{\circ} 19' 22''$  Est) et s'étend sur une partie de l'Atlas tellien au Nord et sur les hauts plateaux au centre et au Sud. Son climat est du type semi-aride. Elle est à vocation agricole, dont sa production essentielle est la céréaliculture. La commune de Sidi Hosni, nommée anciennement Waldeck-Rousseau, située à  $35^{\circ} 28' 16''$  Nord,  $1^{\circ} 31' 12''$  Est. Cherb Erih est situé au nord de la commune. La localisation géographique de cette zone est présentée dans la carte qui figure ci-dessous (**Fig.11**). L'échantillonnage a été fait sur plusieurs points du site de prélèvement (**Fig.12**).

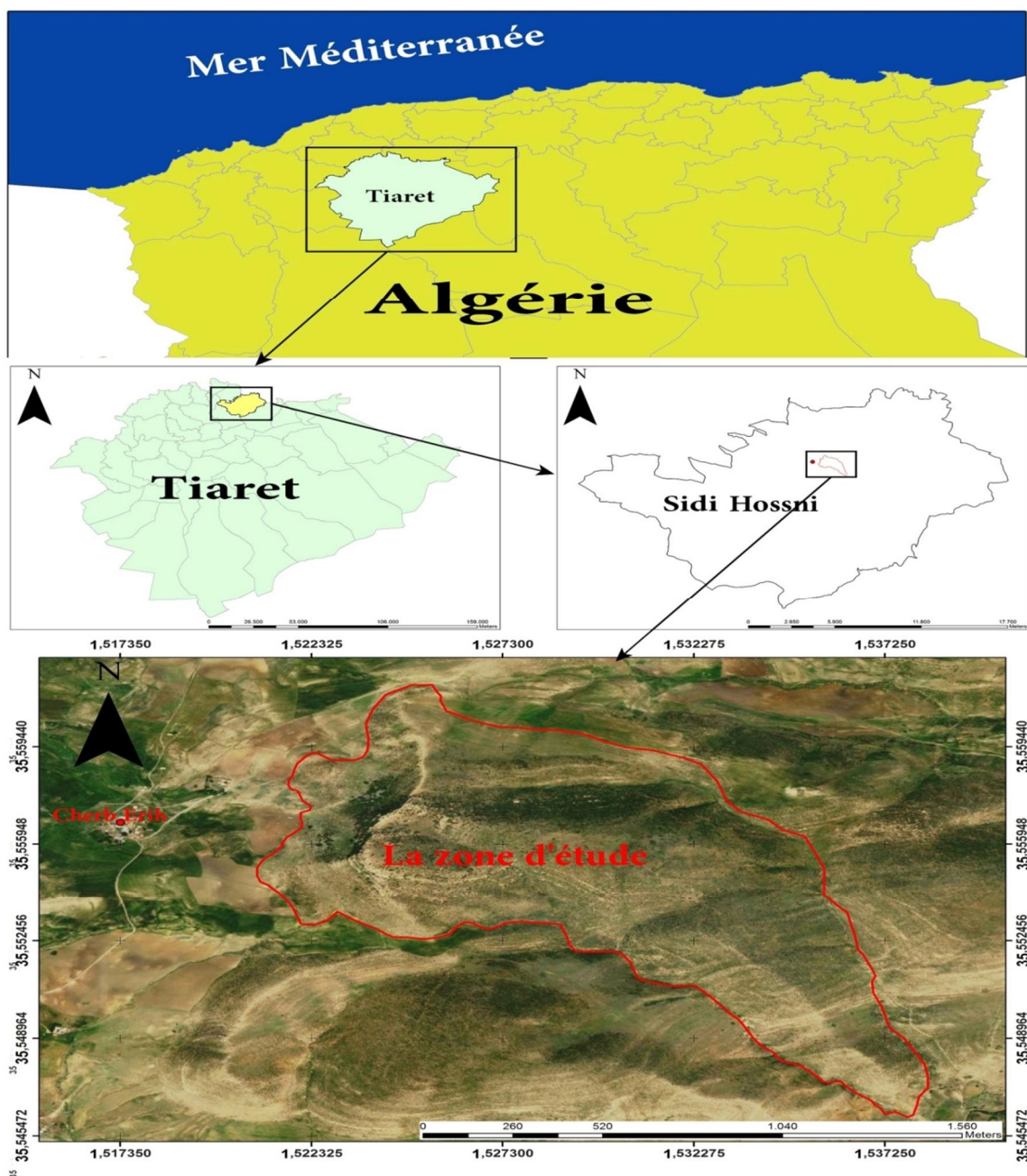
#### 1.1 Les données climatiques de la Wilaya de Tiaret

Les caractéristiques météorologiques, d'une région donnée, représentent le climat de cette dernière. La nature du climat joue un rôle primordial dans l'ajustement des données écologiques des écosystèmes et la détermination de la répartition des plantes (**Ramade F, 2005**). Une synthèse bioclimatique est essentielle dans l'intérêt de mettre en évidence l'importance du climat et son action sur la répartition des espèces végétales, où elle comporte que sur deux paramètres, les précipitations et les températures qui représentent la charnière du climat (**Bary Langer A. et al., 1979**), en influençant directement sur la végétation. La synthèse bioclimatique est réalisée dans le but de déterminer :

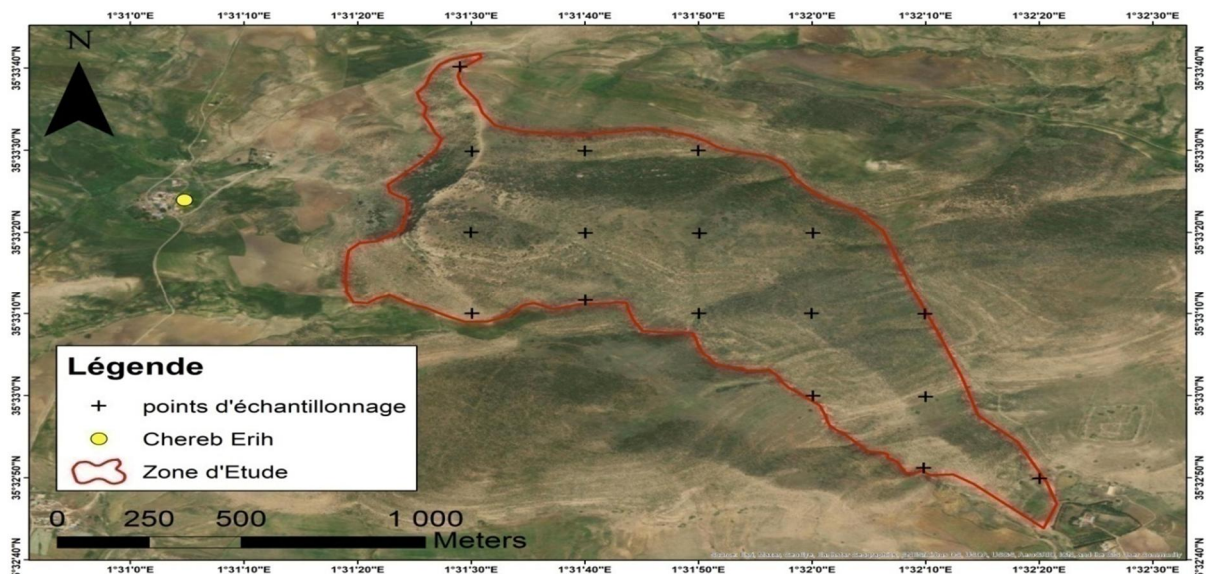
- ✓ Les précipitations moyennes annuelles et saisonnières
- ✓ Les températures moyennes mensuelles.
- ✓ La durée de la période sèche, d'après le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).
- ✓ La position bioclimatique et l'air bioclimatiques d'une espèce ou d'un groupe végétal, d'après le quotient pluviométrique d'Emberger (1955).

### 1.1.1 La pluviométrie

La pluviométrie représente la source hydrique primordiale pour la végétation (Merzouk, 2010). Elle est définie par son volume, son intensité et sa fréquence qui regroupent ses principaux paramètres. La variation de ces derniers est en fonction de jour, mois et année. (Guyot, 1997).



**Figure 11.** Localisation géographique de la zone d'étude (Commune de Sidi Hosni, Wilaya de Tiaret).



**Figure 12.** Les principaux points d'échantillonnage au niveau de la zone d'étude.

#### 1.1.1.1 Précipitations moyennes annuelles (1985/2019)

L'examen des régimes des précipitations annuelles sur une période de 34 ans (1985-2019), (**Fig.13**), nous amène à constater que le taux de 160 mm représente la valeur minimale des précipitations enregistrées pour l'année 1985, alors qu'une précipitation maximale de 650 mm a été notée pour l'année 2013. Sur la base des précipitations, on peut définir la sécheresse globale du climat.

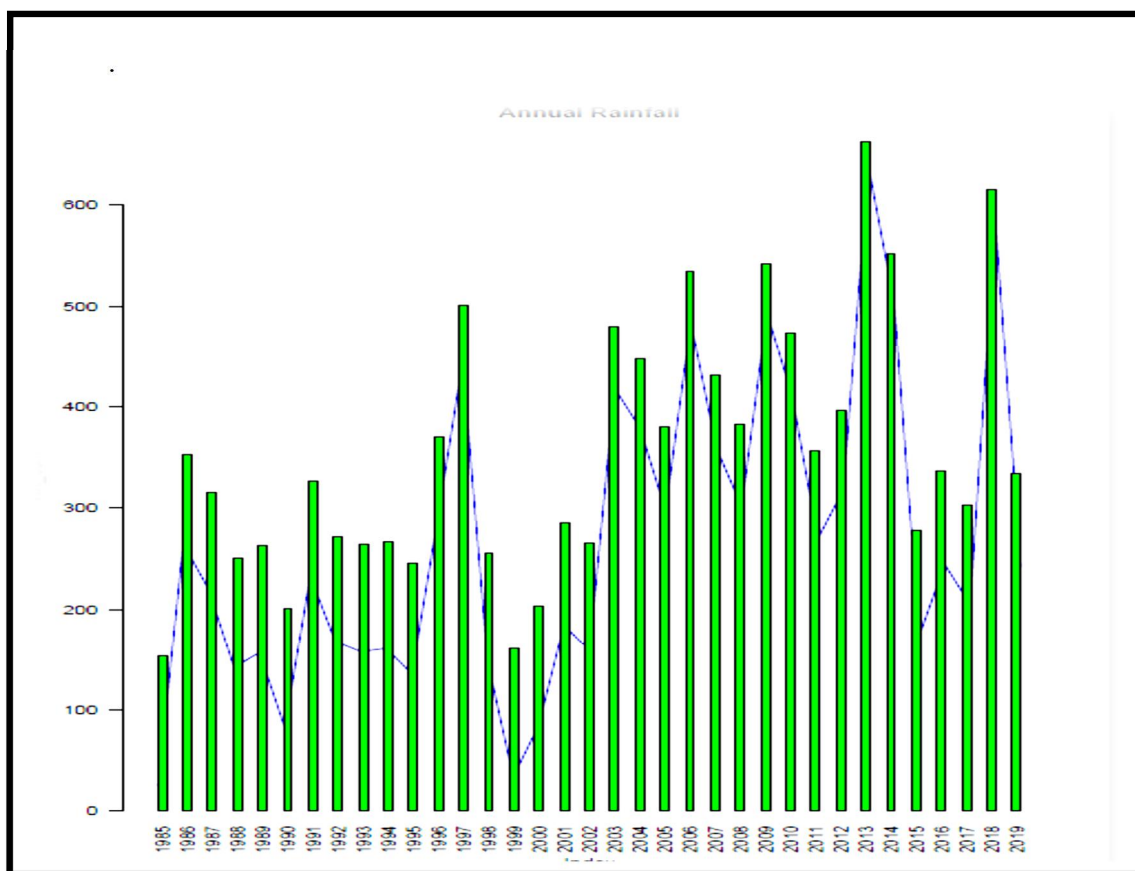
#### 1.1.1.2 Régimes pluviométriques saisonniers (1985-2019)

L'année pluviométrique peut être divisée en quatre saisons :

- ✓ Automne (A) (septembre-octobre- novembre) ;
- ✓ Hiver (H) (décembre- Janvier- février) ;
- ✓ Printemps(P) (mars- avril- mai) ;
- ✓ Eté (E) (juin-juillet- aout).

Selon les résultats nous constatons que le régime saisonnier durant la période (1985-2019) est de type **H-P-A-E**, cela nous a conduit à conclure que l'hiver enregistre un maximum de précipitations de 4226.78mm, vient par la suite le printemps avec un taux des précipitations de 3841.99 mm, suivi par l'automne avec des précipitations de 3713.02mm. Le minimum des

précipitations a été noté durant la saison d'été avec une valeur de 844.04 mm, du fait qu'il représente la saison la plus sèche. (**Fig.14**).



**Figure 13.** Précipitations moyennes annuelles (1985/2019). ([www7.ncdc.noaa.gov](http://www7.ncdc.noaa.gov)).

### 1.1.2 Température

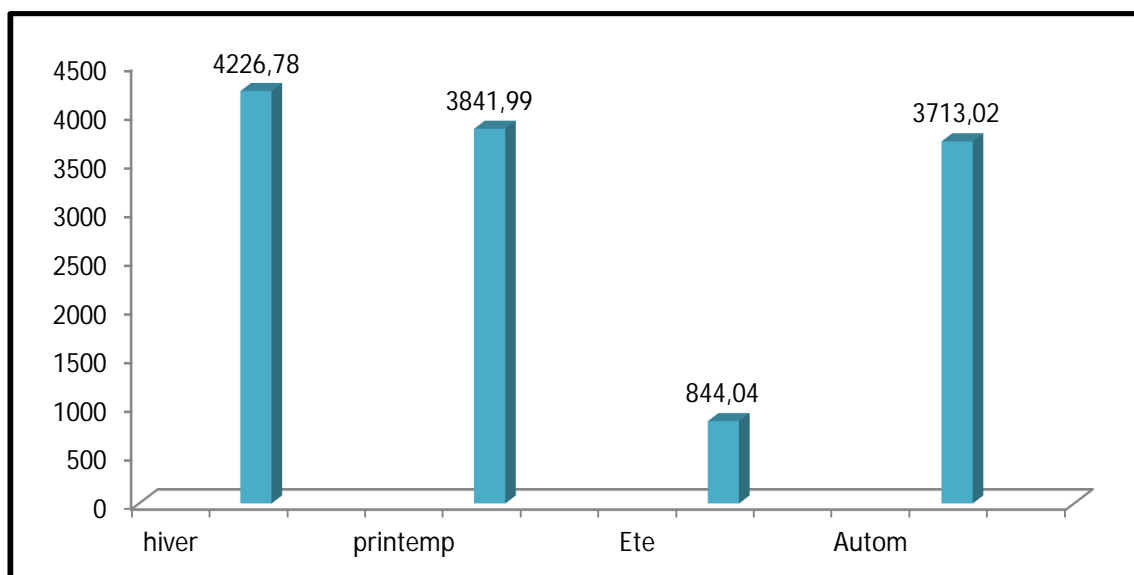
Du fait que la température représente un facteur écologique important et un élément vital pour la végétation, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques. Elle joue un rôle primordial dans la répartition des espaces et des communautés d'êtres vivants dans les milieux terrestres (**Ramade, 2003**).

Les données des températures moyennes, maximales et minimales (°C) durant une période de 34 ans (1985-2019), sont représentées dans les graphes illustrés dans la **figure 15**.



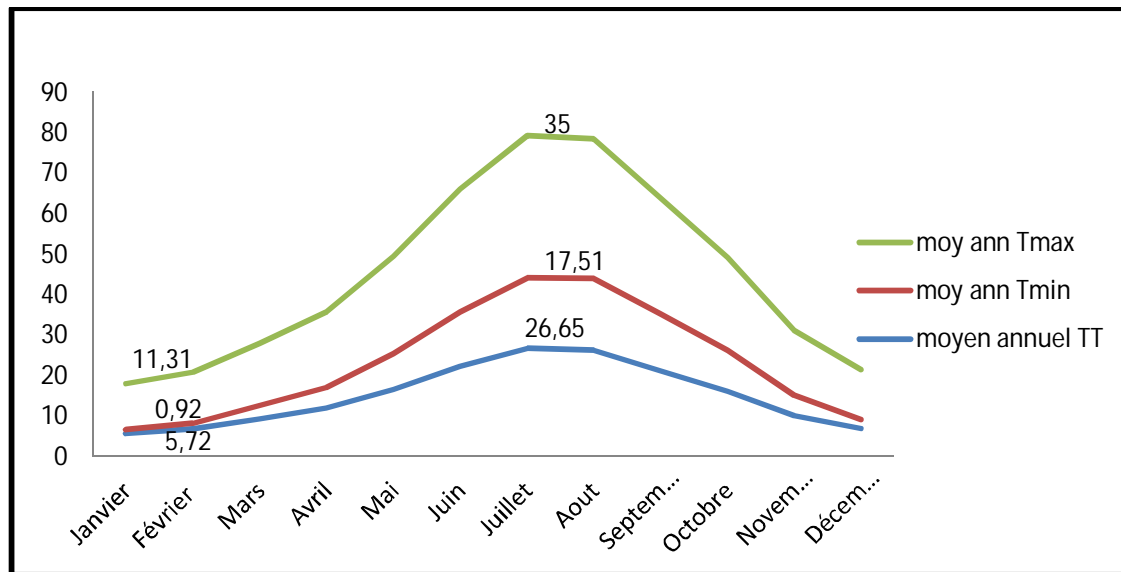
Pour montrer la variation des températures, on doit se baser sur la moyenne des températures minimales ( $T_{min}$ ), maximales ( $T_{max}$ ) et des températures moyennes ( $T_m$ ), qui ont une signification biologique (**Emberger, 1955**). La valeur de  $T_{min}$  exprime la période des gelées, avec une température inférieure de  $-3^{\circ}\text{C}$  limitant le début de la période de repos hivernale. La température maximale constitue un facteur limitant des plantes.

La **figure 15**, nous amène à observer que la température minimale varie dans un intervalle de  $0.92$  à  $17.51^{\circ}\text{C}$ , tandis que la température maximale passe d'une valeur minimale de  $11.31^{\circ}\text{C}$  à une valeur maximale de  $35^{\circ}\text{C}$ . Cependant, un intervalle de température moyenne limitée entre  $5.72$  et  $26.65^{\circ}\text{C}$  a été enregistré.



**Figure14.** Histogramme des précipitations saisonnières (1985-2019)  
([www7.ncdc.noaa.gov](http://www7.ncdc.noaa.gov)).





**Figure 15.**Répartition des températures moyennes mensuelles (1985-2019) ([www7.ncdc.noaa.gov](http://www7.ncdc.noaa.gov)).

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence : le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен et le quotient pluviométrique d'Emberger.

### 1.1.3 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (Bagnouls, 1953)

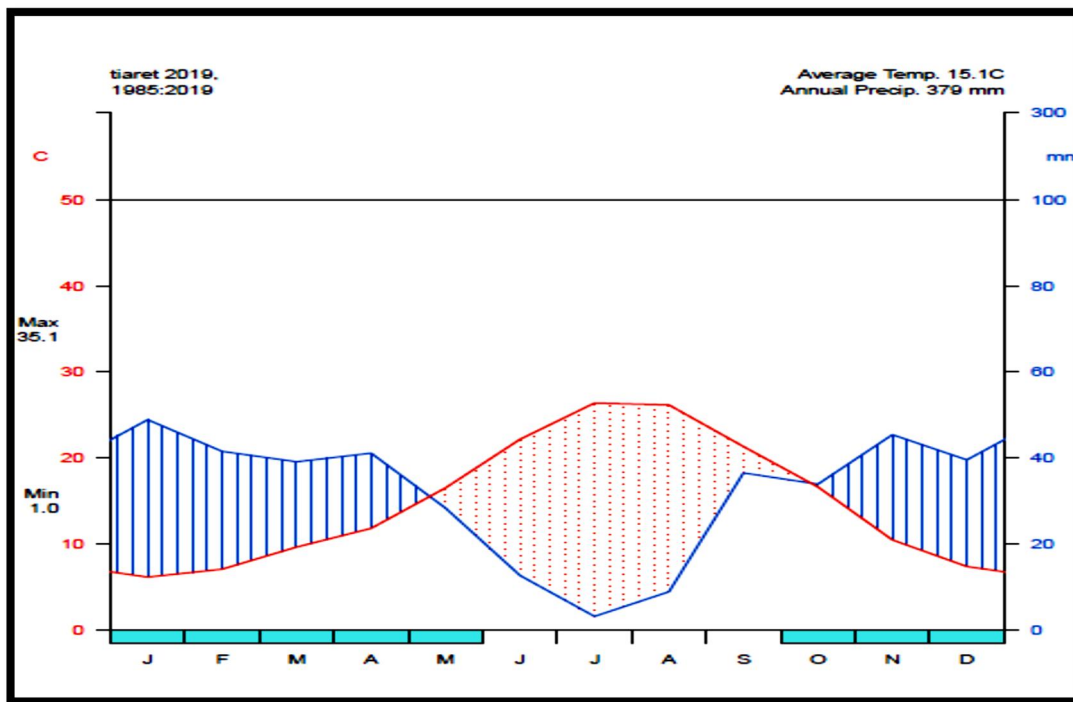
Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен sert comme comparaison de l'évolution des moyennes mensuelles des températures et celles des précipitations. Un mois est dit sec pour la végétation, si le totale des précipitations exprimé en mm est égale ou inférieure au double de la moyenne des températures mensuelles exprimés en °C, selon la formule suivante :  $P \leq 2T$ , avec :

P : Total des précipitations du mois considéré (mm) ;

T : température moyenne durant le même mois considéré (°C).

Le diagramme Ombrothermique de la Wilaya de Tiaret est illustré dans (**Fig.16**), dans le but d'établir et de déterminer les saisons ; sèches et humides de la Wilaya de Tiaret.

Le Climagramme **Bagnouls** et **Gausсен** (1985-2019) montre que la saison sèche débute du mois de Mai et s'étale jusqu'à fin Octobre sur une période de 6 Mois



**Figure 16.** Diagramme Ombrothermique de **Bagnouls** et **Gaussen** de la Wilaya de Tiaret

#### 1.1.4 Quotient pluviothermique d'Emberger (Emberger, 1955)

L'utilisation du quotient pluviothermique d'Emberger est très connue en Afrique du Nord et a pour but la détermination de l'étage bioclimatique d'une zone bien définie, en tenant compte des précipitations et de la température. Le calcul de cet indice se fait selon la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{(M^2 - m^2)}$$

Avec : P : précipitation moyenne annuelles (mm) ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

Les résultats obtenus du calcul du quotient, nous ont permis de situer schématiquement la Wilaya de Tiaret ( $Q2= 35.8$ ) sur le climagramme pluviothermique d'Emberger en étage bioclimatique semi-aride inferieur frais (**Fig.17**).

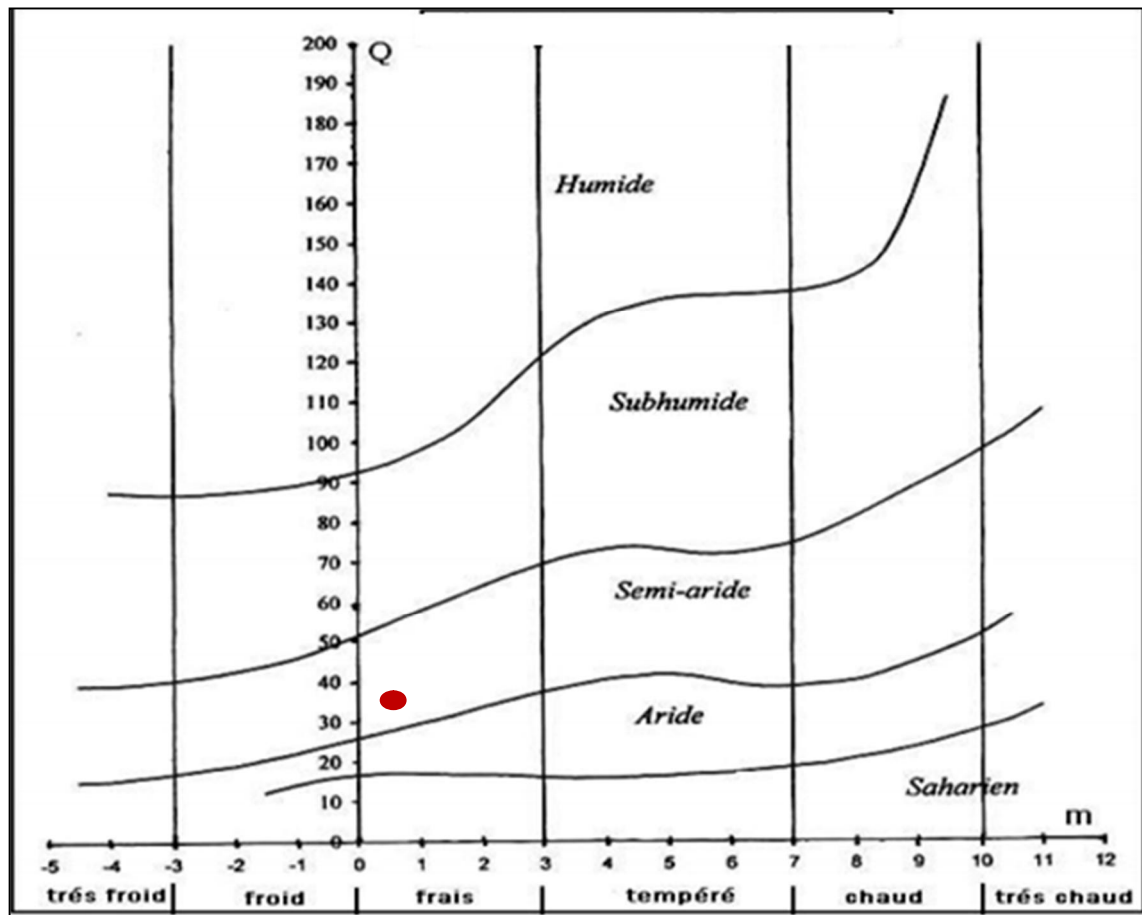


Figure 17. Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) de la Wilaya de Tiaret

# **Chapitre II**

## **Matériel végétal**

## *Chapitre II. Le matériel végétal*

Dans cette partie, on s'est intéressé à :

- ✓ L'extraction de l'huile essentielle et des extraits ; aqueux et méthanolique des trois plantes étudiés.
- ✓ Une caractérisation phytochimique qualitative et quantitative de deux extraits aqueux et méthanolique.

Cette recherche a été menée au niveau des laboratoires suivants :

- ✓ Laboratoire de recherche d'agro-biotechnologie et de nutrition en zone semi-aride. Faculté SNV. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.
- ✓ Laboratoire de protection des végétaux. Faculté SNV. Université d'Ibn Khaldoun .Tiaret .Algérie
- ✓ Laboratoire de biochimie. Faculté SNV. Université Ibn Khaldoun. Tiaret, Algérie
- ✓ laboratoire d'Hygiène et pathologie animale. ITMA. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.
- ✓ Laboratoire de reproduction des animaux de la ferme. ITMA. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.
- ✓ Laboratoire de biomédecine. Institut des sciences vétérinaires. Université Ibn Khaldoun. Tiaret. Algérie.

### **2 Caractéristiques des espèces végétales utilisées**

Le choix des trois plantes étudiées ; *Atractylis gummifera* ; *Thapsia garganica* ; *Daphne gnidium* (**Fig.18, 19, 20**), repose sur la disponibilité des plantes citées dans la région d'étude où elles sont très répandues d'une part, et leur utilisation en phytothérapie dans la région d'étude et dans diverses régions du pays, d'une autre part. Néanmoins, ce sont des plantes qui ne sont pas valorisées dans le patrimoine de la wilaya bien que la littérature démontre leur richesse en métabolites secondaires connues par leur activité biologiques et qui peuvent servir comme des alternatives naturelle aux produits chimiques. Par conséquent, cela nous a incité à tester leur effet raticide et insecticide.



**Figure 18.** *Atractylis gummifera* (L.) Less., 1832. Photo Original



**Figure 19.** *Daphne gnidium* L., 1753  
Photo Original



**Figure 20.** *Thapsia garganica* L., 1767  
Photo Original

## 2.1 Récolte et séchage des plantes

La récolte des plantes étudiées a été faite au niveau des montagnes d'une région appelée Cherb-Erih appartenant à la commune de Sidi Hosni, Wilaya de Tiaret. Algérie. La période de récolte, la famille de l'espèce et la partie utilisée de chaque plante sont citées dans le **tableau 11**. Les plantes ont été identifiées au niveau du laboratoire d'amélioration des plantes de la faculté par des professeurs spécialistes en botanique. Les parties des plantes fraîchement récoltées ont été lavées et séchées à l'ombre dans un endroit sec et aéré afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules. Après le séchage, chaque partie des plantes ont été récupérées, mises dans des sacs en papier et stockées jusqu'à leur utilisation (**Fig.21**).

### 2.1.1 Préparation des poudres végétales

Les organes végétaux choisis pour l'extraction, sont broyés et réduits en poudre végétale à l'aide d'un broyeur électrique puis tamisés avec des tamis de différentes dimensions pour obtenir des poudres fines (**Fig. 22**).



*A. gummifera*



*D. gnidium*



*T. garganica*

**Figure 21.** Le rhizome d'*A. gummifera*, les parties aériennes de *D. gnidium* et de *T. garganica* séchées

**Tableau 11** : Caractéristiques des espèces végétales utilisées et la période de récolte

nom scientifique	Nom locale	Nom commun	La famille	Partie utilisée	Période de récolte
<i>Atractylis gummifera</i> L	Addad Choûk el-eulk	Chardon à glu	Asteraceae	Rhizome	Décembre à Janvier 2018-2019-2020
<i>Daphne gnidium</i> L	Lazzaz	Daphné garou	Thymelaeaceae	Tiges / feuilles	Février à Mars 2018-2019-2020
<i>Thapsia garganica</i> L	Adheryis Bounafaâ	Thapsia Faux fenouil	Apiaceae	Tiges/ feuilles	Mars à avril 2018-2019-2020

*A. gummifera**D. gnidium**T. garganica*

**Figure 22.** La poudre de rhizome d'*A. gummifera*, des parties aériennes de *D. gnidium* et de *T. garganica* séchées

## 2.2 Analyses et mesures effectuées

Les organes utilisés sont, les parties aériennes des deux plantes : *Thapsia garganica* et *Daphne gnidium*, et la partie souterraine (le rhizome) d'*Atractylis gummifera*.

Les analyses effectuées sont :

- ✓ L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à partir de la matière sèche des trois plantes.
- ✓ L'extraction d'extrait aqueux par l'eau comme solvant, en utilisant la poudre des trois plantes issues de différentes parties des plantes.
- ✓ L'extraction d'extrait méthanolique par le méthanol comme solvant, à partir de la matière sèche de différentes parties des trois plantes.

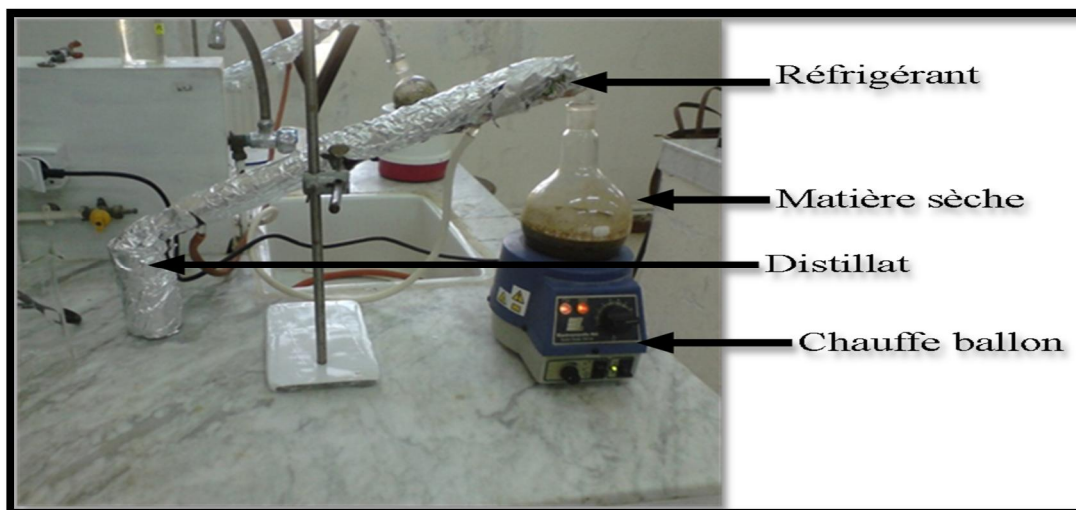


- ✓ Le criblage (screening) phytochimique, réalisé afin d'avoir une idée sur la nature des composés qui sont présents dans les deux extraits aqueux et méthanoliques.
- ✓ Le dosage de polyphénols, flavonoïdes, tannins condensés.
- ✓ Analyse par HPLC des extraits aqueux des trois plantes étudiées.

### 2.2.1 Extraction des huiles essentielles

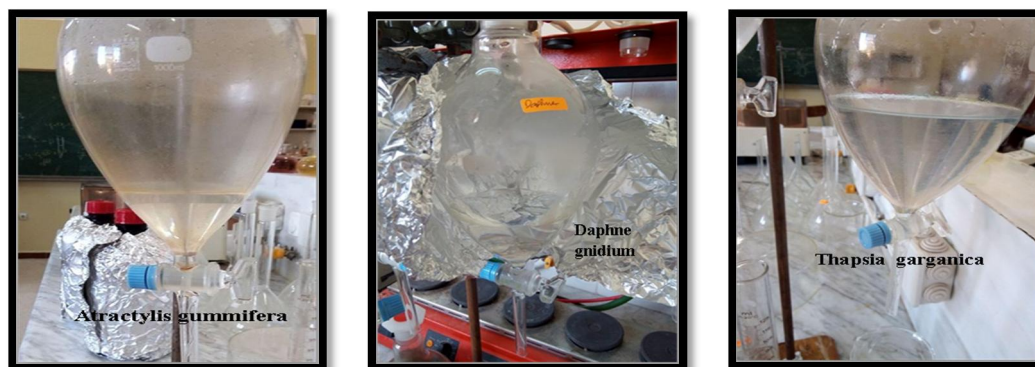
L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (**Fig.23**) selon le protocole cité par **Hachem *et al.* (2017)**; chaque 10g de matière sèche a été immergée dans 100ml d'eau distillée, le tout est soumis à une hydrodistillation pendant 4h selon **European Pharmacopoeia (2004)**. L'eau s'évapore entraînant avec elle les constituants de l'huile essentielle, après la condensation il se liquéfie à nouveau. Par la suite, le distillat est rempli dans une ampoule à décompter avec robinet (**Fig.24**), après 24h de décantation, l'huile essentielle flotte à la surface de l'eau de distillation et elle est récupérée et conditionnée dans des flacons en verre opaque hermétiquement fermés et couverts de papier aluminium pour éviter son altération et conservés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'à utilisation. Le rendement d'HE a été obtenu par le rapport entre la masse d'HE et la masse de matière végétale sèche (**AFNOR., 1986**), selon la formule suivante :

$$R = [\text{Masse d'huile essentielle (g)} / \text{Masse du matériel végétal utilisé (g)}] \times 100.$$



**Figure 23.** Dispositif d'hydrodistillation (Dispositif Clevenger). Photo originale





**Figure 24.** Récupération des huiles essentielles. Photo originale

## 2.2.2 Préparation des extraits

### 2.2.2.1 Préparation de l'extrait aqueux

L'extraction aqueuse a été réalisée selon les protocoles adoptés par **Junthip *et al.* (2013)** ; **Bouharb (2014)**, 100g de poudre des parties végétales étudiées ont été ajoutés à un litre d'eau distillée tiède et agité pendant 24 heures à température ambiante. Après filtration à travers un tissu de mousseline, le filtrat a été centrifugé pendant 15 minutes à 4000 tr/min, puis filtré sur un papier filtre, et séché dans une étuve à une température inférieure à 40°C pour obtenir une poudre (**Annexe II**) puis maintenue dans des bocaux en verre de couleur sombre, hermétiquement fermés et conservés au réfrigérateur à 4°C.

### 2.2.2.2 Préparation de l'extrait méthanolique

L'extrait méthanolique a été préparé selon le protocole proposé par **Nostro *et al.* (2000)** ; **Navarro García *et al.* (2006)** ; **Jaafreh *et al.* (2019)**. 50 g de poudre des parties végétales étudiées ont été mélangés avec 500 ml de méthanol pur dans un ballon Erlenmeyer, recouvert d'une feuille d'aluminium et agité à température ambiante pendant 24 heures. L'extrait a été récupéré après filtration du mélange avec un papier filtre. Le solvant a été éliminé du filtrat par évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide dans un rotavapor à 40°C. L'extrait brut a été complètement séché dans une étuve ventilée à 40°C (**Annexe II**) et conservé à 4°C dans des bocaux sombres jusqu'à utilisation.

## 2.2.3 Criblage phytochimique de deux extraits aqueux et méthanoliques

### 2.2.3.1 Analyses qualitatives

Les extraits aqueux et méthanoliques obtenus ont servi à la réalisation d'un screening phytochimique préliminaire, il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en vue de mettre en évidence les grands groupes chimiques. Plusieurs techniques analytiques quantitatives ont été citées dans la littérature pour un criblage phytochimique (**Hegnauer, 1973 ; Wagner H et Blatt S, 2001 ; Bekro *et al.*, 2007**).

#### 2.2.3.1.1 Détection des Alcaloïdes

Pour mettre en évidence les Alcaloïdes, 10 ml de chaque extrait est évaporé à sec. Le résidu obtenu est repris dans 1.5ml d'acide chlorhydrique 2% sous agitation au bain marie à chaud. Après refroidissement et filtration, le filtrat est divisé en 2 volumes égaux : le tube 1 est traité par le réactif de Mayer et le tube 2 est traité par quelques gouttes du réactif de Wagner. La formation d'un précipité blanc et marron, respectivement indique la présence des alcaloïdes (**Majob *et al.*, 2003**).

#### 2.2.3.1.2 Détection des stérols et des polyterpènes

La réaction de Liebermann a permis de mettre en évidence la présence des stérols et les polyterpènes ; une quantité de 1mg de chaque extrait a été dissoute à chaud dans 1ml d'anhydride acétique dans une capsule, puis reprise dans un tube à essai dans lequel nous avons ajouté 0.5 ml d'acide sulfurique concentré. L'apparition d'une coloration violette qui vire au bleu puis au vert indique la présence des stérols et des polyterpènes (**Edeoga *et al.*, 2005**).

#### 2.2.3.1.3 Détection des flavonoïdes

Le test consiste à ajouter à 1ml d'extrait à une solution de NaOH et laisser agir 3 minutes. L'apparition d'une coloration jaune intense implique la présence des flavonoïdes (**Karumi, 2004**). L'ajout de quelques gouttes d'une solution acide diluée permet la persistance de la coloration.

#### 2.2.3.1.4 Détection des Tanins

Pour mettre en évidence les Tanins, 1 ml de chaque extrait est ajouté à 200 µl de FeCl<sub>3</sub> 1%. Leur présence est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu-noire (Karumi, 2004).

#### 2.2.3.1.5 Détection des Quinones

Sur un volume de chacun de nos extraits, quelques gouttes de NaOH 1% sont ajoutées. L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres (Oloyede, 2005).

#### 2.2.3.1.6 Détection des saponines (Test de mousse)

La présence des saponines a été mise en évidence par la mesure de la hauteur de mousse. Dans un tube à essai, 10 ml de chaque extrait a été introduite. Le tube est agité vigoureusement dans le sens de la longueur pendant 15 secondes. La formation d'une mousse persistante de hauteur supérieure à 1cm pendant plus de 15min indique la présence de saponines (N'guessan *et al.*, 2009).

#### 2.2.3.1.7 Anthocyanines (Leucoanthocyanes)

1ml de chaque extrait est ajouté à 1ml d'alcool chlorhydrique et 1ml d'alcool iso-amylque. Le mélange est chauffé pendant 15 min.

##### **Coloration :**

Rouge-cerise violacé : leucoanthocyanes ;

brun-rouge : catéchols.

#### 2.2.3.1.8 Les coumarines

5 ml de chaque extrait est évaporé à sec. Le résidu est dissout dans 2 ml d'eau chaude. Chaque mélange est partagé dans deux tubes. On ajoute à un des tubes 0.5 ml NH<sub>4</sub>OH 25%, ensuite, une goutte de chaque tube est prélevée puis déposée sur un papier filtre et observée

sous U.V à 366 nm. Une fluorescence intense est observée pour le tube contenant le NH<sub>4</sub>OH (Bruneton, 1999).

#### 2.2.3.1.9 Anthraquinones

Pour mettre en évidence les anthraquinones, 10 ml de chaque extrait, est mélangé avec 5ml de NH<sub>4</sub>OH 10% et agité. L'apparition de couleur violette indique un test positif (Oloyede, 2005).

#### 2.2.3.1.10 Composés réducteurs

1 ml de chaque extrait est chauffé dans un bain-marie, puis 200 µl de réactif de Fehling est ajouté au résidu. Un test positif est obtenu par la présence d'un précipité rouge brique (Trease et Evans, 1987).

#### 2.2.3.1.11 Mucilages

Selon la méthode citée par Daoudi *et al.* (2015) ,1 ml de chaque extrait est ajouté à 5 ml d'éthanol absolu. L'apparition d'un précipité floconneux indique la présence des mucilages.

#### 2.2.3.1.12 Glycosides cardiaques

5 ml de chaque extrait est mélangé à 2ml d'acide acétique glacial contenant une goutte de FeCl<sub>3</sub>, puis 1 ml d'acide chlorhydrique concentré est ajouté. La formation d'un anneau marron, violet ou vert à l'interphase indique leur présence (Khan *et al.*, 2011).

#### 2.2.3.1.13 Les amines

On met sur un papier filtre une goutte de chaque extrait. Après séchage à 80°C dans une étuve, le papier est pulvérisé avec une solution de la ninhydrine et séché une 2<sup>ème</sup> fois en étuve à 110°C pendant 5min, la présence des amines est observée sous forme de tâches violettes (Majob *et al.*, 2003).

#### 2.2.3.1.14 Terpénoïdes

5ml de chaque extrait est ajouté à 2ml de chloroforme et 3ml d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau marron-rouge à l'interphase indique la présence des Terpénoïdes (**Khan et al., 2011**).

#### 2.2.4 Analyses quantitatives

##### 2.2.4.1 Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu (**Singleton et Rossi, 1965**), Il s'agit d'une solution d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) dont la réduction par l'action des polyphénols donne un mélange de complexes de sels de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) de couleur bleue. Le contenu polyphénolique total a été déterminé par spectrophotométrie, suivant le protocole appliqué par **Li et al. (2008)**, 200 $\mu$ l de l'extrait dilué est mélangé avec 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10fois dans de l'eau distillée. Après 4 minutes, 800 $\mu$ l de carbonate de sodium à concentration de 7,5% sont ajoutés, puis ajuster le volume à 3 ml avec l'eau distillée. Après une incubation du mélange réactionnel pendant 2 heures à température ambiante et à l'obscurité, L'absorbance est mesurée à 765 nm. La concentration des polyphénols totaux pour chaque extrait est calculée à partir de l'équation de régression d'une gamme d'étalonnage effectuée par l'acide gallique (**Fig.25**), à différentes concentrations, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes de dosage. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide gallique par grammes de matière sèche (mgAG/gMS).

##### 2.2.4.2 Dosage des flavonoïdes totaux

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode colorimétrique de trichlorure d'Aluminium (**Quettier-Deleu et al., 2000**), décrite par **Djeridane et al. (2006)**, dont le principe est de former un complexe entre le groupement hydroxyle (OH) libre en position 5 des flavonoïdes avec le chlorure d'aluminium par chélation de l'ion  $Al^{3+}$  donnant ainsi une couleur jaunâtre qui présente un maximum d'absorbance à 488nm. 1ml d'extrait végétal (1mg/ml) a été mélangé avec 1ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$  2%). Après incubation pendant 10 min à température ambiante, la mesure de l'absorbance a été effectuée à 488 nm. Un blanc a été préparé en mélangeant 1 ml de solution d'extrait avec 1 ml de méthanol

pour chaque extrait. La concentration en flavonoïdes, contenue dans les différents extraits, est calculée par référence à une courbe d'étalonnage (Fig.26), en utilisant la quercétine comme standard et la concentration a été exprimée en mg équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg/EqQr/gMS).

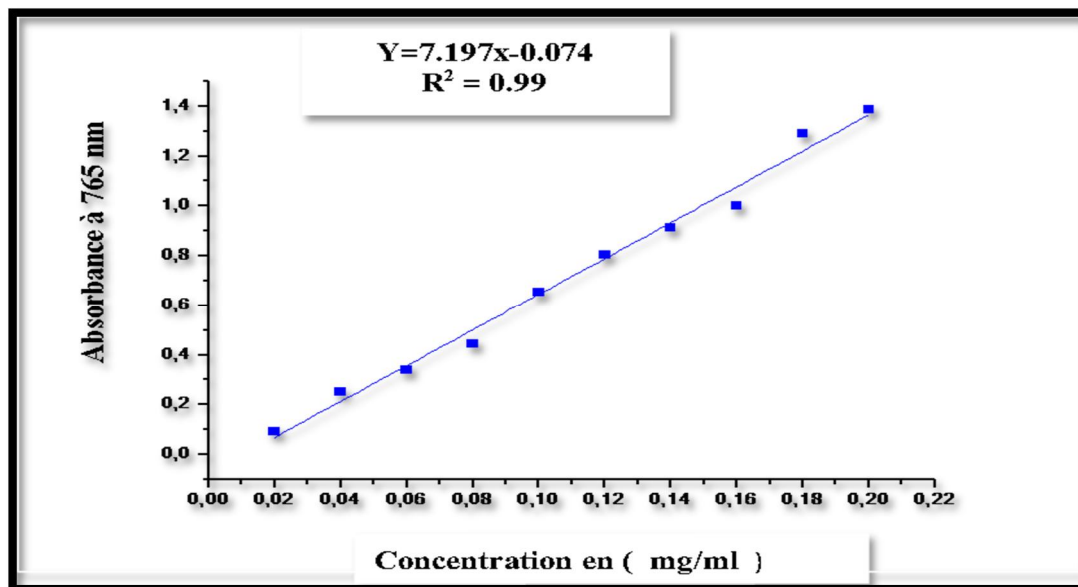


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

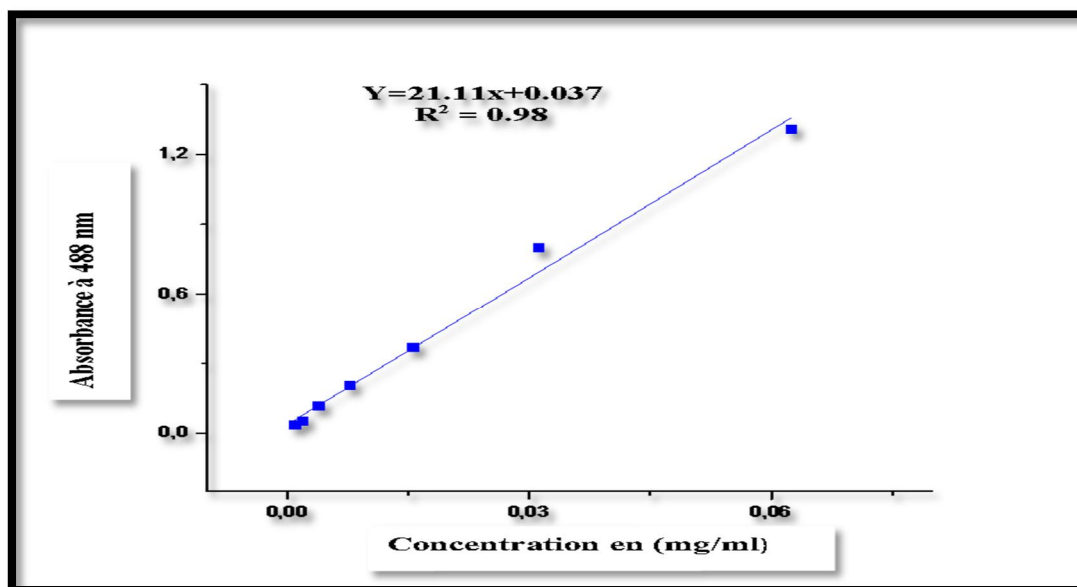


Figure 26 : Courbe d'étalonnage de Quercétine

### 2.2.4.3 Dosage des tanins condensés

La méthode de vanilline avec l'HCl a été adoptée pour le dosage des tanins condensés, cette méthode dépend de la réaction de la vanilline avec le groupement TCs et la formation de complexe rouges (Makkar HPS, 2000 ; Schofield *et al.*, 2001), cela s'explique par la propriété des tanins à se transformer en anthocyanidols de couleur rouge par la réaction de la vanilline (Sun *et al.*, 1998). Le dosage des tanins condensés a été réalisé selon la méthode de la vanilline décrite par Julkunen-Tiitto (1985), Cinquante (50) µl de chaque extrait ont été ajoutés à 1500µl de solution vanilline/méthanol 4%, vigoureusement mélangé, puis 750µl d'acide chlorhydrique concentré (HCl) ont été ajoutés et laissés réagir à température ambiante pendant 20 min. L'absorbance a été mesurée à 550 nm contre un blanc. Différentes concentrations (0 à 1000 mg/ml) préparées à partir d'une solution mère de catéchine ont été utilisées pour tracer la courbe d'étalonnage (Fig.27) et la teneur des tanins a été exprimée en mg équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EqCat/gMS).

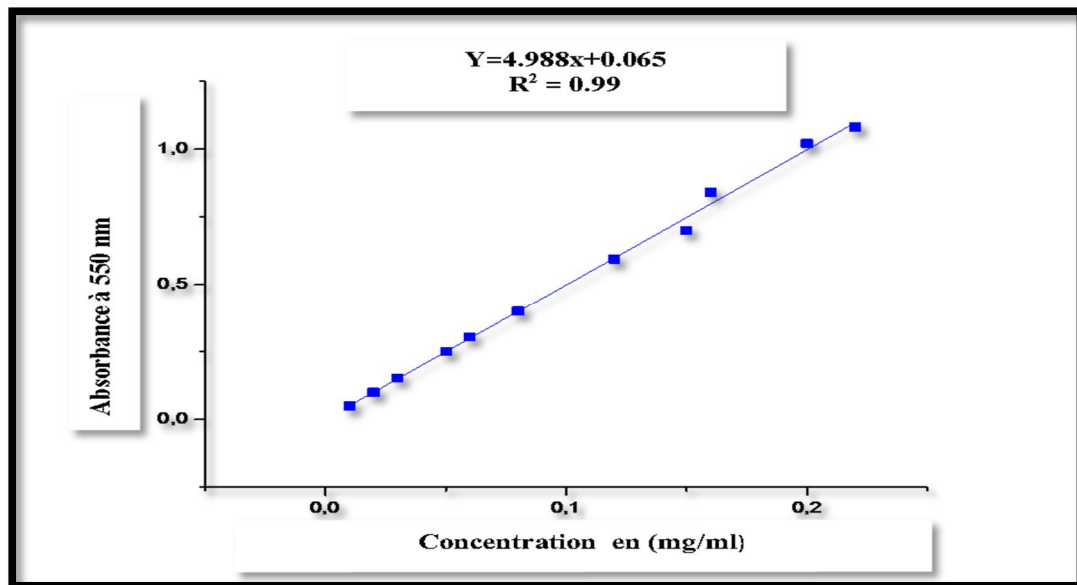


Figure 27 : Courbe d'étalonnage de catéchine

## 2.2.5 Analyse chromatographique

### 2.2.5.1 Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC)

La chromatographie en phase liquide à haute performance est une méthode qui permet la séparation analytique ou la purification de molécules présentes dans un mélange en vue de leur identification et de leur quantification. L'HPLC est parmi les méthodes utilisées pour l'identification, la séparation et la quantification des familles des métabolites secondaires dans les extraits de plantes (**Bobzin *et al.*, 2000 ; Chandra *et al.*, 2001**).

#### 2.2.5.1.1 Principe

Cette technique se base sur le coefficient de répartition des composés de l'échantillon à analyser dans les phases, mobile et stationnaire. Cette phase mobile traverse la colonne filmée de l'intérieur. Les échantillons sont injectés dans la colonne où la phase mobile retient les analytes. La vitesse de séparation varie d'un soluté à un autre, un détecteur se trouve en aval de la colonne est lié à un petit appareil enregistrant les signaux lors de la séparation des constituants donnant des pics dans le chromatogramme. Chaque composé possède un temps de rétention spécifique, défini par le temps mis par ce composé pour traverser la colonne. L'aire du pic obtenu est liée à la concentration du composé analysé injecté (**Gwenola, 2006 ; Snyder *et al.*, 2011**).

#### 2.2.5.1.2 Mode opératoire

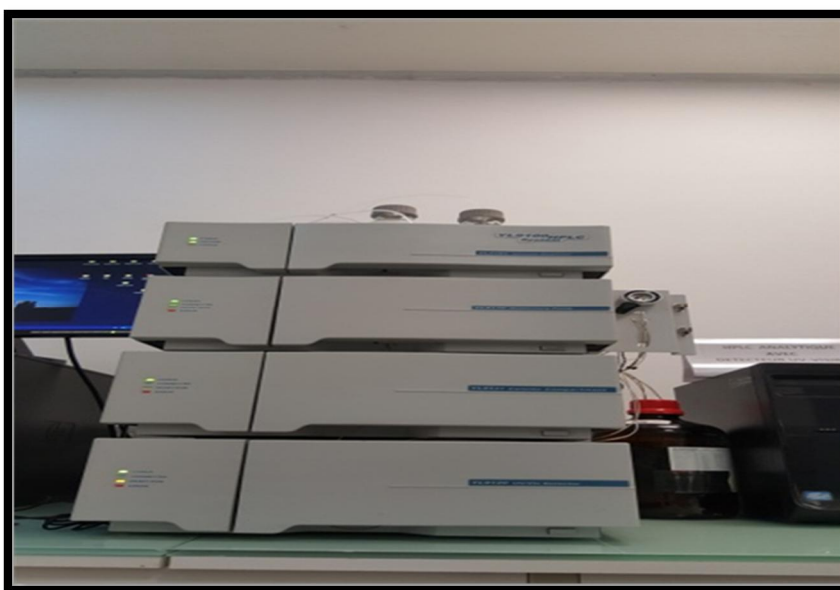
Nous avons utilisé la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) pour la réalisation de nos spectres. Les analyses ont été effectuées au centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimique (CRAPC), à Bou Ismaïl, Tipaza. Le modèle de l'appareil HPLC utilisé était : YL 9100- South Korea (**Fig.28**), cette dernière est équipée d'une pompe de type PERKIN-ELMER mise en mode gradient de concentration, munie aussi d'une vanne d'injection de 20µl, une colonne en silice greffé C18 : 125mm x 4.6mm. La synthèse des graphes est assurée par un double détecteur UV et un intégrateur informatique. La réalisation de nos analyses (échantillons et étalons) a été faite dans les mêmes conditions, susdites ; Phase mobile à gradient binaire : acide acétique 1% et acétonitrile pur, le débit d'injection était 1ml/min à une température de 38°C, détection à 280 nm (channel1) et à 254 nm (Channel



2), Pompe quaternaire Büchi® avec un échantillonneur automatique et un détecteur UV à 210 nm et un collecteur Büchi® de fractions C-660.

### 2.2.5.1.3 Interprétation des résultats

Les chromatogrammes obtenus ont été comparés aux étalons injectés dans les mêmes conditions opératoires que celles des échantillons. Le temps de rétentions  $R_t$  de chaque biomolécule contenue dans nos extraits est déterminé par l'intégrateur qui donne un pic sur le chromatogramme.



**Figure 28.** Appareil HPLC utilisé

# **Chapitre III**

## **Matériel animal**

### *Chapitre III. Matériel animal*

Dans cette partie on s'intéresse à :

- ✓ Inventorier les insectes ravageurs du blé stocké au niveau des magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret.
- ✓ L'identification du matériel entomologique inventorié.
- ✓ Les méthodes d'estimation des pertes dans les échantillons prélevés pour l'inventaire.
- ✓ L'élevage des rats Wistar et des insectes utilisés pour la réalisation de nos tests.

## 3 Matériel animal

### 3.1 Le matériel animal insecte

#### 3.1.1 Inventaire des insectes du blé stocké au niveau des magasins de stockage de la Wilaya

Une quantité d'un kilogramme de blé a été prise mensuellement pendant une période de 6 mois (de Novembre à Mai). Les échantillons de chaque magasin ont été mélangés et recueillis dans un sac de 1 kilogramme pour avoir un échantillonnage homogène et représentatif de chaque magasin. Le tamisage à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre a permis de recueillir les insectes inventoriés et les classer selon leurs familles, ordres et espèces. L'importance de la fréquence (**Tab.12**) de l'insecte a été évaluée en se basant sur les indications établies par **Champ B.R et Dyte C.E (1778)**.

**Tableau 12** : les indications de la fréquence d'insectes établies par **Champ** et **Dyte**.

Quantité de blé	Le nombre d'insectes trouvés		La fréquence	
	Un kilogramme de blé	Plus de 15 insectes		Très fréquent
De 10 à 15 insectes			Assez fréquent	+++
De 5 à 9 insectes			Peu fréquent	++
De 1 à 4 insectes			Rare	+

La méthode de calcul de **Dajoz (1976)**, donne le pourcentage de la fréquence de présence des espèces suivant la formule :

$$C \% = 100P_i / P$$

Dont :  $P_i$  : le nombre du prélèvement où l'espèce est présente ;

$P$  : le nombre total des prélèvements.

La valeur de  $C$  permet de caractériser les insectes inventoriés :

$C = 100\%$  espèce omniprésentes

$C = [100-75]$  : espèce constantes

$C = [75-50]$  : espèce fréquentes

$C = [50-25]$  : espèce communes

$C = [25-5]$  : espèce accessoires

$C \leq 5\%$  espèce rares

### 3.1.1.1 Estimation des pertes dans les échantillons

Pour estimer les dégâts des insectes inventoriés sur les échantillons collectés, 100g de chaque échantillon a été prélevé. Le pourcentage de perte en poids des grains prélevés a été déterminé selon la méthode de comptage et du pesage (MCP). Le pourcentage d'attaque (PA%) et de perte en poids (PPP%) des grains représentent les critères d'appréciation des dégâts les plus utilisés.

### 3.1.1.2 Méthode d'évaluation du pourcentage d'attaque

Le pourcentage de dommage a été donné suivant la formule décrite par **Pointel (1980)**.

$$PD (\%) = \frac{Na}{Ns+Na} \times 100$$

Où :

$Na$  : Nombre de grains attaqués ;

$Ns$  : Nombre de grains sains.

### 3.1.1.3 Méthode d'évaluation du pourcentage de perte en poids

Pour obtenir le pourcentage de perte en poids (PPP), on a adapté la méthode citée par **Karahacane (2015)**.

$$\text{PPP \%} = k \times \text{PA \%}$$

Avec : k : Coefficient de perte spécifique ; PA : pourcentage d'attaque.

Pour calculer le coefficient de perte spécifique k :

$$k = \frac{\text{PS}}{(1000 * \text{PS}) / \text{Ns}}$$

Dont : PS : perte spécifique ; Ns : nombre des grains sains.

La perte spécifique PS :  $\text{PS} = \text{Ps} - \text{Pa}$

Avec : Ps : poids des grains sains ; Pa : poids des grains attaqués.

### 3.1.2 Identification du matériel entomologique

Les insectes sur lesquels on a travaillé ont été obtenus par tamisage du blé dur infesté fourni par les deux sites de prélèvement. Le premier critère de ressemblance morphologique était le critère sur lequel on s'est basé pour la séparation des insectes issus du tamisage et ont été récupérés dans des boîtes étiquetées, puis identifiés sous une loupe binoculaire. L'identification a été faite au niveau du laboratoire d'entomologie au niveau de la faculté SNV. Université de Tiaret à l'aide de Madame Labdeli Fatiha pour classer les insectes en famille, ordre et classe, nous nous sommes aussi inspirés de (**Lepesme, 1944 ; Balachowsky, 1963 ; Chopard. L et al., 1965 ; Delobel, 1993**).

### 3.2 Le choix du matériel animal insecte

Le choix des insectes était basé sur les résultats de l'inventaire. Le matériel biologique animal est représenté par les principaux insectes du blé stocké commençant par le ravageur primaire *Sitophilus granarius* et le ravageur secondaire *Tribolium Castaneum*. Ces derniers ont été inventoriés dans les échantillons de blé prélevés des magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret.

### 3.2.1 Elevages des insectes

#### 3.2.1.1 Elevage de *Sitophilus granarius*

L'élevage a été fait dans une chambre à élevage à une température  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  et humidité relative de  $75 \pm 4\%$  en alternance entre des périodes claires et sombres de 12h, dans des bocaux en verre fermés par un tissu en mousseline pour assurer l'aération, contenant des grains de blé dur qui ont été désinfectés par le froid pour tuer les œufs ou les insectes pouvant être une source de contamination (**fig.29**). Après 10 à 15 jours d'élevage, les adultes sont retirés et placés dans des nouveaux pots après avoir infesté le milieu dans le but d'avoir une nouvelle descendance et assurer l'homogénéité des générations.

#### 3.2.1.2 Elevage de *Tribolium Castaneum*

Une population initiale a été identifiée et destinée à un élevage en masse selon le protocole cité par **Toumnou et al. (2012)** dans des conditions de laboratoire. Le milieu d'élevage utilisé est composé de 95% de farine commerciale et 5% de levure de bière (**Bolet et al., 1979**), ce dernier a été mis dans des bocaux en verre, sur lequel on a relâché 50 insectes de sexes confondus dans chaque bocal. Les bocaux sont bien fermés par un tissu en mousseline et resserrés avec des élastiques pour assurer l'aération et éviter l'échappement des insectes (**fig.29**). L'élevage a été conduit à une température de  $28 \pm 6^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $70 \pm 5\%$ . Après deux semaines d'infestation, nous avons retiré les adultes. 35 jours après l'infestation, on a obtenu la première génération où les adultes ont été mis en élevage dans les mêmes conditions cités, et ainsi de suite.

#### 3.2.1.3 Le sexage des insectes

On avait besoin de sexage pour le ravageur primaire *Sitophilus granarius* afin de tester l'effet des trois poudres. Les adultes, mâles et femelles de ce ravageur, ont été obtenus après tamisage dans un récipient, ses bordures ont été saupoudrées de talc pour empêcher l'échappement des insectes puis placé dans l'obscurité. Après chaque 15 minutes et à l'aide d'une torche, les couples formés ont été isolés dans des bocaux d'expérimentation contenant déjà du blé comme source alimentaire (**Kassemi, 2014**).



**Figure 29.** Elevage des insectes. Photo original

### 3.3 Le matériel rongeur

#### 3.3.1 Le choix du matériel rongeur

Les rats Wistar représentent le matériel rongeur utilisé pour évaluer l'effet raticide des extraits et des poudres des plantes étudiées au niveau du laboratoire. L'espèce *Rattus norvegicus* a été choisie pour évaluer l'effet raticide des poudres des trois plantes au niveau des magasins de stockage, car elle représente l'espèce la plus abondante dans les magasins et les silos de stockage, selon les données de DSA, de plus, leurs effets ont été comparés avec le raticide chimique.

#### 3.3.2 Les rats Albinos Wistar

Pour évaluer l'effet raticide des poudres et des deux extraits ; aqueux et méthanoliques, au niveau du laboratoire, le modèle animal choisis est le rat Albinos Wistar issu de l'institut Pasteur d'Alger. Les mâles et les femelles ont été séparés dans des cages individuelles étiquetées et maintenues dans des conditions de température de 22 à 24°C, d'humidité relative de 60% à 70% et de cycle lumière/obscurité de 12h pendant une période d'adaptation de trois semaines avant d'être expérimentés (**Fig.30**). Ils ont été nourris avec un aliment granulé standard et d'eau potable propre, la litière utilisée est composée de sciure, renouvelée chaque trois jours pour assurer l'hygiène des animaux. Après cette période d'adaptation et avant de commencer les tests, les animaux ont été pesés et répartis en 3 lots pour chaque forme d'extrait végétale de plante ; un lot pour évaluer la toxicité de la poudre, un deuxième pour évaluer la

toxicité de l'extrait méthanolique et un troisième lot pour évaluer la toxicité de l'extrait aqueux, en plus des lots témoins. Le nombre de rats dans chaque lot est en fonction des doses testées pour chaque plante, en sachant que chaque dose a été testée sur un nombre de 12 rats (6 mâles et 6 femelles). Les cages sont munies de creusets et de biberons pour alimenter et abreuver les animaux. Un élevage a été effectué au niveau de l'animalerie de l'institut des vétérinaires, Université de Tiaret (**Fig.31**).

### 3.3.3 Le rat *Rattus norvegicus*

Le rat de stock *Rattus norvegicus* a été ciblé pour évaluer l'effet raticide des poudres végétales au niveau des magasins de stockage selon la méthode de consommation en utilisant les appâts supplémentés par ces dernières.



**Figure 30.** Les animaux d'expérimentation



**Figure 31.** L'élevage des rats Wistar



# **Chapitre IV**

## **Tests biologiques**

## ***Chapitre IV. Tests biologiques***

---

Pour ce volet, notre but était :

- ✓ L'évaluation de l'effet raticide des poudres et des deux extraits aqueux et méthanoliques des trois plantes étudiées.
- ✓ Une étude histopathologique des différents organes des rats Wistar traités après leur mort.
- ✓ L'évaluation de l'effet raticide des trois poudres étudiées et de raticide chimique (RATICIDE 70<sup>®</sup>) contre l'espèce *Rattus norvegicus* au niveau des magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret.

### **4 Evaluation de l'effet raticide**

#### **4.1 Etude de la toxicité aiguë des plantes étudiées**

L'étude de toxicité orale aiguë a été réalisée conformément aux lignes directrices de l'OCDE (OCDE, 2001). La toxicité aiguë est qualitative et quantitative des phénomènes toxiques qui peuvent être rencontrés après ingestion d'une substance active dans un délai de quelques minutes à quelques jours et peut provoquer la mort ou introduire des troubles physiologiques (Ruckebusch, 1981). Pour estimer la toxicité aiguë d'une substance, il faut réaliser une série de tests in-vivo sur les animaux de laboratoire.

##### **4.1.1 Le choix des doses et le principe méthodologique**

Comme le but principal était l'évaluation de la toxicité des plantes étudiées pour leur effet raticide sous forme d'appâts, il était nécessaire de faire des tests préliminaires pour définir les doses létales pour chaque plante. A cet effet, la méthode réside dans l'administration de doses croissantes des poudres et des extraits, aqueux et méthanolique, de chaque plante, aux différents lots de rats répartis de façon homogène et l'observation de tout signe de toxicité. L'étude a été organisée selon un plan expérimental complètement aléatoire avec trois répliques.

##### **4.1.1.1 La plante *Atractylis gummifera***

Les doses : 200 mg/kg, 434 mg/kg, 600 mg/kg, 800 mg/kg sont issues de l'étude préliminaire d'évaluation de la toxicité d'*A. gummifera*. Cent cinquante-six rats d'un poids

moyen de  $300 \pm 5$ g présentent le modèle animal adopté pour tester l'effet raticide de cette Asteraceae, les groupes ont été traités comme suit :

Groupe 1(G1) : le groupe témoin a reçu une alimentation standard non traitée ;

Groupe 2(G2) : a reçu un appât supplémenté par la poudre de rhizome (PRAG) ;

Groupe 3(G3) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait méthanolique de rhizome (EMRAG) ;

Groupe 4(G4) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait aqueux de rhizome (EARAG).

Pour les groupes traités, chaque groupe est formé de 48 rats répartis en 4 groupes de 12 rats (6 mâles et 6 femelles) pour chaque dose. Le groupe témoin est formé de 12 rats (6 mâles et 6 femelles).

Les animaux ont été surveillés toutes les 12 heures pour noter tout signe de toxicité et rapporter le nombre de mortalité.

#### 4.1.1.2 La plante *Thapsia garganica*

Pour évaluer l'effet raticide de la partie aérienne de l'Apiaceae *T. garganica* et selon l'étude préliminaire, les doses testées étaient : 1300 mg/kg, 1800 mg/kg, 2600 mg/kg, 3000 mg/kg et 3900 mg/kg. A cet effet, cent quatre-vingt-douze rats de poids moyen de  $299 \pm 13.22$  g ont été utilisés. On a distribué les rats en 4 groupes :

Groupe 1(G1) : le groupe témoin a reçu une alimentation standard non traitée ;

Groupe 2(G2) : a reçu un appât supplémenté par la poudre de TG (PTG) ;

Groupe 3(G3) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait méthanolique de TG (EMTG) ;

Groupe 4(G4) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait aqueux de TG (EATG) ;

Le nombre total de rats a été répartis en 60 rats pour chaque groupe traité, d'où chaque dose a été testée sur 12 rats (6 mâles et 6 femelles). Le groupe témoin comprend toujours 12 rats (6 mâles et 6 femelles). Les animaux ont été contrôlés toutes les 12h pour enregistrer tout signe clinique et mortalité.

#### 4.1.1.3 La plante *Daphne gnidium*

Les doses : 1800 mg/kg, 2600 mg/kg, 3000 mg/kg, 3900 mg/kg 4200 mg/kg et 4800 mg/kg sont issues de l'étude préliminaire pour tester l'effet raticide de la partie aérienne de la Thymelaeaceae *D. gnidium*. Un nombre de deux cent vingt-huit rats de poids moyen de  $302 \pm 6$  g a été réparti comme suit :

Groupe 1(G1) : le groupe témoin a reçu une alimentation standard non traitée ;

Groupe 2(G2) : a reçu un appât supplémenté par la poudre de TG (PDG) ;

Groupe 3(G3) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait méthanolique de TG (EMDG) ;

Groupe 4(G4) : a reçu un appât supplémenté par l'extrait aqueux de TG (EADG).

Chaque groupe traité a été testé sur un nombre de 72 rats à raison de 12 rats (6 mâles et 6 femelles) pour chaque dose. Le groupe témoin comprend un nombre de 12 rats (6 mâles et 6 femelles). Les animaux ont été contrôlés toutes les 12h pour surveiller l'apparition de tout signe clinique.

#### 4.1.2 Préparation et distribution des appâts empoisonnés

Les appâts distribués aux rats constitués d'un mélange de 65% de grain de blé moulu, 25% de cacahuètes moulues, 5% de graisse ovine, 5% de sucre, plus la poudre et l'extrait aqueux ou l'extrait méthanolique de chaque plante à des doses appropriées. Le mélange a été homogénéisé à l'aide d'un mélangeur électrique. L'appât a été formulé en granulés en utilisant un hachoir à viande en métal Fackelmann 45311(**Fig.32**) et séché avant de les servir aux rats traités. La nourriture standard a été retirée douze heures avant le traitement, chaque rat a reçu 15 grammes/jour d'appât supplémenté par des doses bien définies de chaque plante (poudre, extraits aqueux et méthanolique). Tous les signes de toxicité, de coma et le nombre de décès ont été enregistrés. La mortalité a été corrigée par la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).



**Figure 32.** Préparation d'appâts empoisonnés. Photo originale

#### **4.1.3 Détermination des doses létales $DL_{50}$ et $DL_{90}$**

La  $DL_{50}$  représente la dose létale qui entraîne la mort de 50% de la population traitée, tandis que la  $DL_{90}$  représente celle qui entraîne 90% de l'effectif des rats traités. Pour déterminer ces doses-là, on a adopté la méthode graphique de Miller et Tainter qui consiste à porter directement sur la droite de régression linéaire du pourcentage de mortalité corrigée convertis en unité probit en fonction du log dose injecté (mg/kg) (Miller et Tainter, 1944).

## **4.2 Etude histologique**

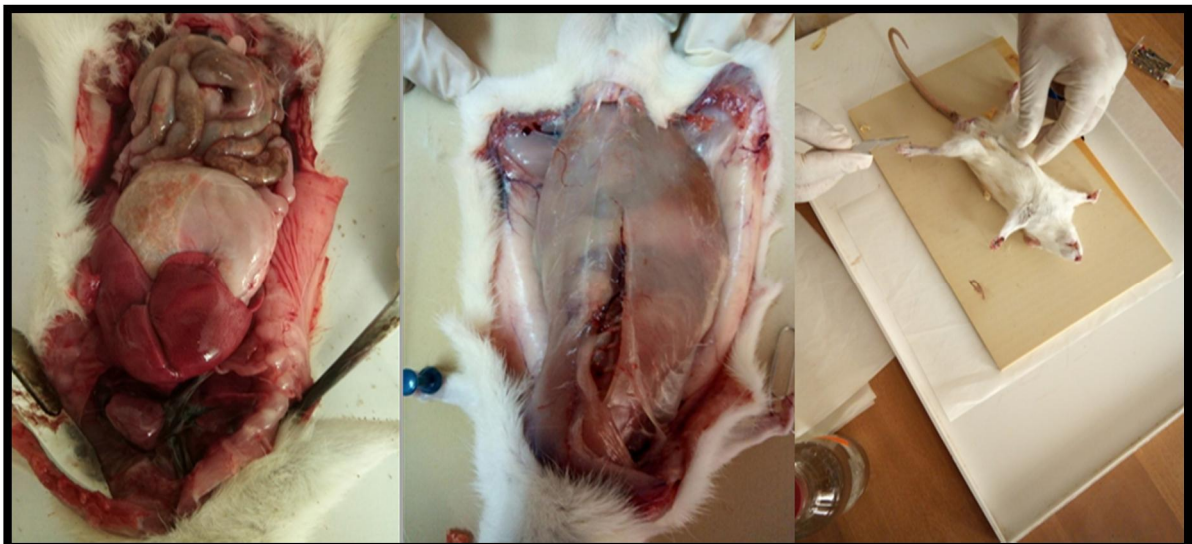
### **4.2.1 Examen macroscopique et prélèvement des organes**

Un examen post-mortem détaillé a été réalisé pour tous les rats morts (Fig.33). Tous les organes ont été examinés macroscopiquement et des fragments du foie, des poumons, des reins et de l'intestin grêle, ont été prélevés et fixés dans du formol à 10%. Les prélèvements ont été ensuite acheminés au laboratoire d'histopathologie animale de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret, pour une étude microscopique ultérieure.

#### 4.2.1.1 Procédure au laboratoire

Les prélèvements ont été traités selon la méthode conventionnelle d'histopathologie décrite par **Suvarna (2018)**. Les organes ont été découpés en de petits fragments et mis dans des cassettes en plastiques puis, placées dans un bocal contenant du formol à 10% pendant 24 à 48 heures afin de mieux fixer les échantillons. Une déshydratation des tissus qui se déroule en une série d'étapes dans un appareil à circulation automatique (LEICA TP 1020) et assurant une agitation continue des paniers contenant les cassettes pendant 16h 30. Après vient l'étape de l'enrobage où les cassettes sont mises dans un appareil (Centre d'enrobage) qui contient de la paraffine à une température de 60°C, une fois les moules refroidis, les blocs sont démoulés. La préparation des coupes a été faite à l'aide d'un appareil, microtome (LEICA RM2145) de 5 à 4µm d'épaisseur puis, sont introduites dans un bain-marie avec un thermostat à 40°C qui permet de faire un bon étalement des coupes sans replis sur les lames.

Après séchage des coupes, elles sont colorées à l'hématoxyline et à l'éosine (H&E), juste après, le montage est fait à l'aide de Baume de Canada entre lame et lamelle et laissées séchées à l'air libre. Les lames sont destinées pour une observation microscopique qui vise essentiellement à décrire les lésions microscopiques. Des photomicrographies de lésions sélectionnées ont été prises à l'aide d'un microscope optique (Zeiss) équipé d'une caméra (AxioCamEPc 5s) (**Annexe III**).



**Figure 33.** Dissection et prélèvement des organes. Photo originale.

### 4.3 Evaluation de l'effet raticide des poudres des plantes

Puisque la poudre des trois plantes a montré un effet raticide très important dans l'étude expérimentale chez les rats Wistar ; une autre étude du même effet a été effectuée contre le rat *Rattus norvegicus* et ceci en comparaison avec un raticide chimique (RATICIDE 70<sup>®</sup>) dans les mêmes conditions de stockage. L'essai a été conduit au niveau des magasins de stockage de blé de la Wilaya de Tiaret, avant de vider le stock. L'estimation de la densité de la population rongeuse ciblée au niveau des magasins a été effectuée selon la méthode de consommation avant et après le traitement décrite par (Dubock, 1982).

#### 4.3.1 Protocole

Comme la méthode adoptée est celle de consommation avant et après le traitement, on a commencé par la préparation de l'alimentation non traitée sous forme de petites boules (65% de grains de blé moulus, 25% de Cacahouètes moulues et 5% de graisse animale, le tout aromatisé à 5% de sucre). 1000 grammes des boules alimentaires non traitées ont été distribués dans trois magasins de stockage pour calculer le taux de consommation avant le traitement (prétraitement) et estimer le nombre de la population de rongeurs pendant trois semaines. Ensuite, on a préparé des boules d'appâts empoisonnées avec la poudre de chaque plante, qui ont été préparées et distribuées selon la même procédure mentionnée (1000g par magasin) pour calculer le taux de consommation après le traitement (post-traitement) à la fin de chaque semaine (Fig.34). La quantité d'appât a été remplacée chaque semaine jusqu'à l'arrêt de la consommation. Le raticide chimique (RATICIDE 70<sup>®</sup>) commercialisé et reconnue par son efficacité, a été testé dans les mêmes conditions et suivant le même protocole. Un magasin a été laissé sans traitement pour servir de témoin. L'étude a été organisée selon un plan expérimental complètement aléatoire avec trois répliques. Le taux de réduction de la population de rongeurs a été calculé pour évaluer l'effet de ces bio-raticides en utilisant la formule suivante :

$$\text{TR en \%} = \frac{(\text{la consommation pré - traitement}) - (\text{la consommation post - traitement})}{\text{la consommation pré - traitement}} \times 100$$

Où : **TR** : Le taux de réduction de la population rongeur.





**Figure 34 :** Effet raticide des poudres végétales au niveau des magasins de stockage. Photo originale.



Dans cette partie on s'intéresse à évaluer :

- ✓ L'effet biocide des HE d'*A. gummifera* et de *T. garganica* contre les deux insectes ravageurs inventoriés ; *S. granarius* et *T. castaneum*.
- ✓ L'effet biocide des extraits aqueux et méthanoliques des trois plantes étudiées contre les deux insectes ravageurs de blé : *S. granarius* et *T. castaneum*.

## 5 Evaluation de l'effet insecticide

### 5.1 Bioessais de toxicité de la poudre des trois plantes

#### 5.1.1 Traitement et conception expérimentale

Plusieurs auteurs ont testé l'efficacité des substances bioactives d'origine végétale telles que les poudres des végétaux (Camara, 2009 ; Asawalam et Onu, 2014 ; Kassemi, 2014 ; Ngamo Tinkeu *et al.*, 2016 ; Tamgno et Tinkeu, 2018). Cette expérience a été réalisée pour simuler la protection des milieux non infestés par ces ravageurs en utilisant les poudres des trois plantes étudiées.

##### 5.1.1.1 Le ravageur *Sitophilus granarius*

Pour tester cet effet biocide contre *S. granarius*, 60 bocaux en verre ont été préparés pour l'ensemble des essais, dont 15 pour chaque poudre de plante ; rhizome d'*Atractylis gummifera* (PAGR), *Daphne gnidium* (PDG) et *Thapsia garganica* (PTG) pour un totale de bocaux de 45 et 15 bocaux servant de témoin. Dans chaque bocal, une quantité de 100g de blé dur a été ajoutée, 5 doses de chaque poudre végétale ; 5, 10, 15, 20, 25g ont été mélangées avec le blé. Les bocaux sont secoués pendant 2 à 4 minutes pour assurer la distribution de la poudre (Fig.35). 10 couples de *S. granarius* âgés de plus de 7 jours, préalablement affamés pendant 48h, ont été utilisés pour infester chaque bocal. Les bocaux témoins ne contiennent que le blé dur et les 10 couples d'insectes. L'ensemble des bocaux ont été entreposés dans la chambre d'élevage à une température ambiante de 28-30°C sur une période de 6 mois d'expérimentation. La température a été surveillée et mesurée à l'aide d'un thermomètre. En période froide, un radiateur a été utilisé pour maintenir la température ambiante. Le taux de mortalité de chaque insecte a été corrigé par la formule d'Abbott. L'expérimentation a été menée dans un dispositif complètement aléatoire avec trois répétitions pour chaque poudre de plante testée.

### 5.1.1.2 Le ravageur *Tribolium castaneum*

Pour évaluer l'efficacité des différentes poudres contre le ravageur *T. castaneum*, 210 bocaux ont été utilisés pour cet effet. 180 bocaux ont été traités (60 pour chaque poudre de plante (PRAG, PAD et PTG) pour chacun des larves et des adultes) et 30 bocaux témoins. Dans chaque bocal, 30g de semoule a été mélangée avec 5, 10, 15, 20, 25g de poudre de chaque plante étudiée et bien secoués pendant 10 minutes pour assurer une distribution uniforme des poudres avec la semoule puis, vingt larves et adultes sont introduits dans les bocaux maintenus à une température ambiante de  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  et une humidité relative de 70 à 75% et mis dans une chambre à élevage (**Fig.36**). Le nombre d'insectes morts a été dénombré quotidiennement après 24h de traitement. Le taux de mortalité a été corrigé par la formule d'Abbott. L'expérimentation a été menée dans un dispositif complètement aléatoire avec six répétitions pour chaque poudre de plante testée.



**Figure 35.** Evaluation de l'effet insecticide des poudres. *S. granarius*.

Photo. Originale



**Figure 36.** Evaluation de l'effet insecticide des poudres. *T. castaneum*  
 . Photo. Originale

## 5.2 Les paramètres biologiques étudiés

### 5.2.1 Mortalité des adultes

La mortalité des adultes a été calculée chaque mois après le lancement du traitement jusqu'au 6<sup>ème</sup> mois. Il existe en fait, dans toute population traitée, une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).

$$Mc = [(Mo - Mt) / (100 - Mt)] * 100$$

Où : Mc : Taux de mortalité corrigées ;

Mo : Taux de mortalité observée dans les bocaux traités ;

Mt : Taux de mortalité observée dans les bocaux témoins.

### 5.2.2 La fécondité

Pour estimer la fécondité chez *S. granarius*, une coloration à la fuschine des grains a été indispensable pour calculer le nombre des trous de ponte. La coloration a été faite par trempage

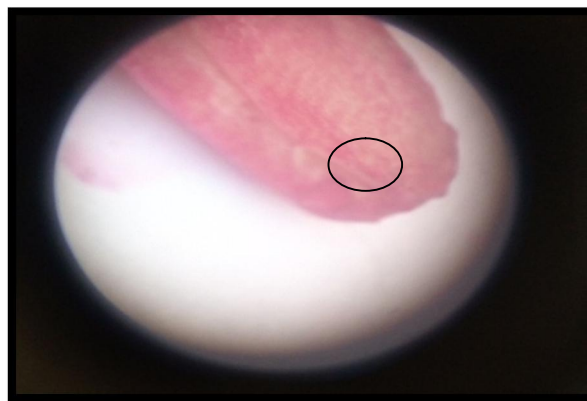
des grains dans un bain d'eau tiède ensuite, immergées dans une solution de fuschine (5% d'acide acétique et 0.5% de fuschine acide dans une solution d'eau distillée), après rinçage des grains, le dénombrement d'œufs pondus a été fait par le comptage des trous de ponte colorés en rose en utilisant un microscope stéréoscopique (**Holloway, 1985**) (**Fig.37**). Le nombre d'œufs pondus par la femelle exprime la fécondité de ces dernières et calculé dans les bocaux traités et non traités dans le but d'estimer le pourcentage de réduction de ponte comme critère d'évaluation de l'efficacité des poudres testés à réduire l'infestation de ce ravageur. Ce nombre a été calculé selon la formule citée par (**Sabbour, 2013**).

$$\text{Taux de reduction}(\%) = \frac{Ntr}{Nt} \times 100$$

Où :

Ntr : Nombre d'œufs déposés (trou de ponte) du lot traité ;

Nt : Nombre d'œufs déposés (trou de ponte) du lot témoin.



**Figure 37.** Trou de ponte. Photo originale

### 5.2.3 Le taux d'émergence

Le calcul des adultes nouvellement émergés a été fait mensuellement selon la méthode décrite par **Odeyemi et Daramola (2000)**, pendant une période de 6 mois pour *S. granarius*, retirés à chaque comptage des bocaux jusqu'à la fin de l'émergence des individus de la dernière ponte :

$$E = N_T - N_I$$

Où : E : le nombre d'insectes émergés ;

$N_T$  : le nombre total d'insectes trouvés dans chaque bocal ;

$N_I$  : le nombre initial d'insectes introduits dans les bocaux.

### 5.3 Les paramètres agronomiques

#### 5.3.1 Le pourcentage de perte en poids des grains

Ce dernier a été calculé après 6 mois de traitement et suivant la formule :

$$PPP (\%) = \frac{\text{poids initiale} - \text{poids finale}}{\text{poids initiale}} \times 100$$

#### 5.3.2 Le pourcentage de dommage des grains

Le nombre des grains sains et attaqués a été calculé après six mois de stockage manuellement et le pourcentage de dommage a été donné suivant la formule décrite par **Pointel (1980)**.

$$PD (\%) = \frac{N_a}{N_s + N_a} \times 100$$

Où :

$N_a$  : Nombre de grains attaqués ;

$N_s$  : Nombre de grains sains.

Le pourcentage d'attaque calculé permet de préciser le degré d'attaque selon **Anonyme (1993)** en se basant sur l'échelle présentée dans le **tableau 13**.

**Tableau 13.** Expression de degré d'attaque aux grains selon le pourcentage d'attaque

Le type d'attaque	Attaque très forte	Attaque forte	Attaque moyenne	Attaque faible
Pourcentage d'attaque	> 33%	16-33%	9-16%	< 8%

### 5.3.3 La faculté germinative des grains traités

Pour estimer la capacité de germination des grains traités, un test a été effectué ; dans des boîtes de pétri contenant deux couches de coton humidifié, on dépose 10 grains de blé de chaque traitement (**fig.38**). Les boîtes sont placées au laboratoire à une température ambiante de  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  et un taux d'humidité de  $70 \pm 2\%$ . Après 12 jours, le pourcentage de germination a été exprimé par le rapport suivant :

$$(\%) \text{ de germination des graines} = \frac{\text{Nombre de graine germée}}{\text{nombre total de graine}} \times 100$$



**Figure 38.** Évaluation de l'activité germinative des grains traités.

Photo originale

## 6 Bioessais de toxicité des deux extraits, aqueux, méthanolique, et l'huile essentielle

### 6.1 Bioessais de toxicité par ingestion

L'objectif de ce mode de traitement est de savoir si les différents traitements provoquent une mortalité de ravageurs par ingestion. Pour cela, le protocole suivi a été inspiré de celui de **Kassemi (2014)**, où 5 ml de chaque extraits de différentes concentrations ; 2, 4, 6, 8, 10% ont été mélangés avec 20g de blé, concassé dans le cas des larves et adultes de *T. castaneum*, ou en grains complets dans le cas de *S. granarius*. Pour les deux HE (de RAG et de TG), les doses testés étaient : 15, 25 et 50  $\mu$ l/ 20g de blé. Les tests ont été réalisés dans des boîtes de pétri stériles dans lesquels 10 larves (cas de *T. castaneum*) et adultes de chaque insectes ont mis sur le blé traité (**Fig.39**). Le comptage des larves et des adultes, des deux insectes, a été fait quotidiennement jusqu'à la mort de toutes les populations traitées. Le taux de mortalité a été toujours corrigé par la formule d'Abbott. L'expérience a été disposée dans une conception complètement aléatoire avec trois réplifications pour les deux HE et six réplifications pour les deux extraits.

### 6.2 Bioessais de toxicité par contact

L'évaluation de la toxicité de différents extraits a été réalisée à l'aide d'un dispositif expérimentale basé sur la technique dite VCE (Ventilated Bioassay Chamber) (**Butt et Goettel, 2000**). Le test de contact a été conçu par pulvérisation directe de 2ml de chaque extrait sur les adultes des deux insectes et les larves de *T. castaneum* dans des boîtes de pétri en raison de 10 insectes par boîte (**Fig.40**), suivant le gradient de concentration (2, 4, 6, 8, 10%). Des quantités de 15, 25 et 50  $\mu$ l de l'HE de RAG et de TG, ont été pulvérisées directement sur les insectes traités. Le taux de mortalité des insectes a été noté selon une échelle chronologique. L'expérience a été disposée dans une conception complètement aléatoire avec six réplifications pour les deux extraits et trois répétitions pour les deux HE.

**N.B.** La reconstitution de l'extrait méthanolique a été faite dans de l'eau distillée en utilisant une quantité minimale de tween 80 (1% v/v), le tout est bien agité pour assurer la solubilité des biomolécules dans l'eau distillée. Les insectes traités par l'eau distillée dans le cas de l'EA et par une solution de l'eau distillée et le Tween 80 à 1% dans le cas de l'EM, servent comme témoins et ont été traités et mis dans les mêmes conditions que les insectes traités (**Mohammedi et al., 2018 ; Silva et al., 2008**).



### 6.3 Analyse statistique

Les données obtenues ont été traitées statistiquement à l'aide du logiciel SPSS v.20 et exprimées comme la moyenne plus ou moins l'erreur standard et étudiées à l'aide d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA), suivie du test post hoc de Dunette pour des comparaisons multiples entre le groupe témoin et le groupe traité. Le *t*-test a été utilisé pour savoir si les moyennes de mortalité des rats mâles et femelles sont significativement différentes au point de vue statistique. Les comparaisons multiples de taux de réduction des grains de blé traités ont été réalisées par le test de Tukey pour déterminer le taux de signification. Les valeurs de  $P < 0,05$  et  $P < 0,01$  ont été considérées comme significatives et hautement significatives différentes, respectivement. La mesure de l'effet de taille (R) pour les deux groupes indépendants selon **Cohen(1988)**, a été faite en fonction de la mortalité causée par la poudre et les différents extraits d'AG, DG et TG et discutée selon son échelle :  $R = 0,8$  (fort),  $R = 0,5$  (moyen),  $R = 0,2$  (faible).



**Figure 39.** Evaluation de l'effet insecticide selon le mode ingestion. Photo originale



**Figure 40.** Evaluation de l'effet insecticide selon le mode contact. Photo originale



# **Partie III**

## **Résultats et discussion**

# **Chapitre I**

## **Matériel végétal**

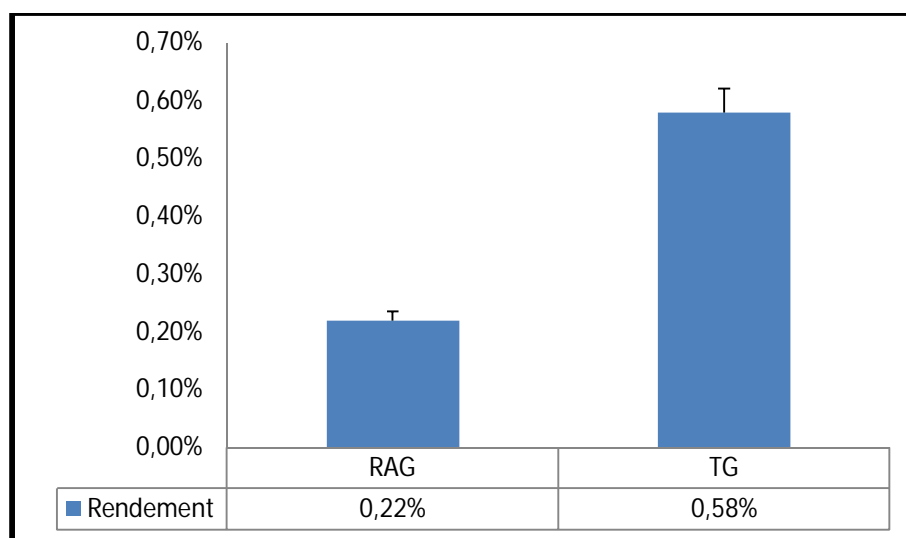
## Troisième partie. Résultats et discussion

### Chapitre I. Matériel végétal

#### 1 Interprétation des résultats d'extraction

##### 1.1 Le rendement de l'huile essentielle

Le calcul du rendement a donné des pourcentages illustrés dans la **figure 41**.



**Figure 41.** Le rendement en HE de RAG et TG

L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation nous a permis d'obtenir un rendement de  $0.22 \pm 0.015$  % et de  $0.58 \pm 0.04$  % de RAG et TG, respectivement. Tandis que des traces d'HE ont été trouvées dans la partie aérienne de *D. gnidium*.

Le rendement en HE est tributaire de plusieurs facteurs tels que la technique d'extraction d'une part, et le cycle végétatif et le temps de séchage d'une autre part (**Gomes et al., 2004**). L'origine de la plante, la température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents, exercent une influence directe sur le rendement en HE (**Boukhatem et al., 2010**).

Nos résultats ont affiché pour le rhizome d'*A. gummifera*, un rendement de 0.22%, mais pour **Lefranc (1866)**, le rhizome de cette plante ne contient que des traces d'huile essentielle, alors que, pour **Belabbes (2018)**, le rendement en HE obtenu à partir du rhizome de cette plante varie au cours des trois stades de croissance (stade végétatif - fin Mars, stade de

floraison - Avril et Mai et stade de plein floraison - Juin), avec un intervalle de rendement de (0.09 à 0.22%). En effet, selon cette étude, une quantité de 0.09% a été produite au début du cycle végétatif et augmente pour atteindre 0.12% en début de floraison et 0.22% en pleine floraison. Le rendement obtenu en plein floraison (0.22%) concorde parfaitement avec nos résultats. Peu de données bibliographiques sont disponibles concernant le rendement d'extraction de l'HE de rhizome d'*A. gummifera*.

Pour la partie aérienne de l'espèce *T. garganica*, un rendement de 0.58% d'HE est obtenu avec la présence de coloration bleue, alors que pour **Casiglia et al. (2016)**, l'hydrodistillation des feuilles de *T. garganica* d'Italie a donné un rendement de 0.12% d'une part, et de 0.03% à partir de l'écorce fraîche des racines, récoltée dans la région de Saïda, (Algérie) d'une autre part, selon **Hachem et al. (2017)**, 0.32g, 0.29g et 0.22g, représentent les quantités d'HE issues de l'hydrodistillation des fleurs, des feuilles et des tiges, respectivement de *T. garganica* (**Ladjet et al., 2011**). La poudre du matériel végétale fraîchement récolté (tiges, feuilles et fleurs) de *T. garganica*, a fourni un rendement de 1.67% d'HE (**Evergetis et Haroutounian, 2014**).




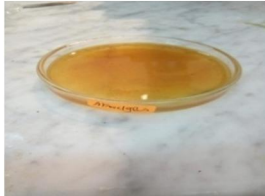


Enfin, pour la partie aérienne de *D. gnidium*, un rendement en HE de 0.015% a été enregistré par **Allal et al. (2019)**, tandis que **Bahadırılı et Türkmen (2020)**, ont obtenu 0.01% à partir des fleurs de *D. sericea vahl*. Par ailleurs, selon **Uysal et al. (2017)**, l'hydrodistillation de la partie aérienne de *D. oleoides*, opérée à Konya (Turquie), a donnée un rendement de 0.39% d'HE. En effet, les Thymelaeaceae ne possèdent pas de poches excrétrices d'HE et ne peuvent être considérées comme des plantes à huiles essentielles. De nombreuses espèces de Thymelaeaceae produisent des fleurs odorantes, tels que les *Daphne*, *Dais*, *Dirca*, *Pimelea*, parallèlement, il y a ceux qui produisent des bois odorants comme les Thymelaeaceae arborescentes d'Asie et sont riches en résine et en HE (**Ferrari, 2002**).

## 1.2 Les extraits aqueux et méthanolique

## 1.3 Caractéristiques des extraits aqueux et méthanolique

Les extraits obtenus des plantes étudiées ont une odeur caractéristique avec des couleurs qui varient entre l'EA et l'EM (**Tab. 14**). Le rendement de chaque extrait est représenté dans la **figure 42**.

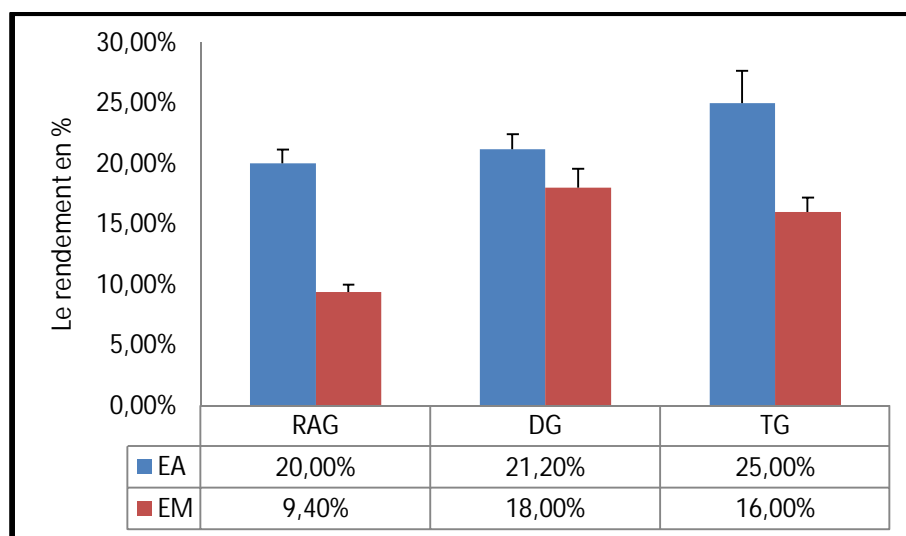
**Tableau 14.** Aspect et couleur des extraits obtenus de chaque partie de plante étudiée.

Extrait	<i>A.gummifera</i>	<i>D. gnidium</i>	<i>T. garganica</i>
Aqueux			
Couleur	Marron	Marron clair	Marron
Méthanolique			
Couleur	Jaune	Jaune verdâtre	Verdâtre

#### 1.4 Rendements des extraits aqueux et méthanolique

Nos résultats révèlent une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) entre les rendements d'extraction aqueuse et méthanolique du rhizome d'AG (**Annexe IV**) avec des valeurs de  $20 \pm 1.15\%$  et de  $9.4 \pm 0.55\%$ , respectivement. Les rendements d'extraction obtenus dans cette étude sont en accord avec ceux rapportés par **Bouabid et al. (2019)** dans une étude in-vivo de l'effet antidiabétique d'extraits aqueux (24.5%) et méthanolique (6.7%) d'*A. gummifera* macéré. De même pour **Sifour et al. (2012)**, qui ont trouvé un rendement de 16.74% à partir de l'extraction aqueuse du rhizome d'AG.

Par ailleurs, les extraits méthanolique et aqueux de la partie aérienne de DG ont donné un rendement de :  $21.2 \pm 1.22\%$  et  $18 \pm 1,53\%$  respectivement, dont l'étude statistique a montré une différence significative ( $P < 0.05$ ) (**Annexe IV**). Des rendements en pourcentage d'extraits organiques à partir des racines de DG ont été enregistrés par **Chaouki et al. (2009)**: 072%, 3%, 7.09% et 18.11%, pour les solvants de l'hexane, dichlorométhane, acétate d'éthyle et du méthanol, respectivement.



**Figure 42.** Le rendement d'extraction des deux extraits aqueux et méthanolique de PRAG, DG et TG

Aussi, un rendement de 21.51% d'extrait éthanolique des feuilles de DG, a été noté par **Bouyahya et al. (2016)** et pour **Zohra et Fawzia (2014)**, ont obtenu un rendement de 9.65% d'extrait méthanolique de la même partie de la plante citée. Concernant, **Ameni et al. (2015)**, avec les solvants suivants : méthanol - chloroforme - acétate d'éthyle et l'eau distillée, ils ont obtenus des rendements de 13.65%, 2.03%, 2.71% et 7.06% de DG, respectivement.

Selon l'analyse d'ANOVA, Une différence hautement significative ( $P < 0.01$ ) (**Annexe IV**) de taux de rendement de l'EA comparé à celui de l'EM a été notée chez l'espèce TG, d'où, un rendement de  $16 \pm 1.15\%$  et de  $25 \pm 2.65\%$  a été obtenu à partir de sa partie aérienne pour le méthanol et l'eau distillée, respectivement. Un rendement de 16.13% d'extrait méthanolique des feuilles de TG a été noté par **Bouimeja et al. (2018)**. Par conséquent, Les pourcentages indiquent que le solvant polaire peut extraire un rendement plus élevé que le solvant non polaire. Par ailleurs, Il est bien connu que plusieurs facteurs affectent le rendement de l'extraction des plantes, tels que : les facteurs climatiques, le stade végétatif, le type du sol, les parties de la plante, le solvant, la durée de séchage, la granulométrie du broyat, le pourcentage d'alcool dans le solvant et la durée et la vitesse d'agitation (**Chemat et Strube, 2015**).

## 1.5 Criblage phytochimique des extraits aqueux et méthanoliques

### 1.5.1 Résultats des Analyses qualitatifs

Le screening phytochimique permet de détecter la présence des métabolites secondaires dans les tissus végétaux des plantes utilisées, en se basant sur des essais de solubilité des constituants, des réactions de précipitation, de turbidité et de changement de couleur ou d'observation sous lumière ultraviolette. Les résultats sont résumés dans le **Tableau 15**.

Les analyses phytochimiques effectuées sur les deux extraits des trois parties des espèces étudiées : *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium*, *Thapsia garganica*, ont démontré la présence d'importants biomolécules comme les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les anthocyanes, les glycosides cardiaques, les coumarines, les amines et les composés réducteurs (**Annexe V**).

Pour le rhizome d'AG, les analyses phytochimiques des deux extraits méthanolique et aqueux ont confirmé la présence de : flavonoïdes, anthocyanines, tanins, stéroïls et terpènes, terpénoïdes, composés réducteurs, mucilages, glycosides cardiaques, amines et de quinones libres avec absence d'alcaloïdes, de coumarines et de saponosides. Ces résultats concordent avec ceux de **Bouabid et al. (2018)**, au cours du criblage phytochimique de la partie souterraine d'AG, qui ont constaté que la poudre de la plante est riche en tanins, flavonoïdes, avec des traces de saponines, des quinones et des stéroïls et absente en anthraquinones, d'alcaloïdes et anthracénosides, tandis que **Benbouziane et Beneddra (2016)**, a révélé dans son étude, la présence des polyphénols, flavonoïdes, des anthocyanes et des tanins catéchiques dans le rhizome d'AG. Nos résultats confirment l'absence des alcaloïdes dans le rhizome d'AG de notre échantillon testée tel que **Bouabid et al. (2018)** ont obtenu.

Nos analyses phytochimiques colorimétriques ont montré la présence de divers métabolites dans la partie aérienne de *Daphne gnidium* : alcaloïdes, flavonoïdes, anthocyanes, tanins catéchiques, stéroïls et triterpènes, saponosides, les composés réducteurs, mucilages, glycosides cardiaques et les amines, et l'absence de coumarines, des terpénoïdes et des anthraquinones.

**Tableau 15.** Mise en évidence de certaines familles de métabolites secondaires dans les extraits méthanoliques et aqueux d'AG, DG et TG.

Métabolites	Plantes					
	<i>A. gummifera</i>		<i>D. gnidium</i>		<i>T. garganica</i>	
	Extraits					
	E.A	E.M	E.A	E.M	E.A	E.M
Alcaloïdes	-	-	+++	+++	+++	+++
Flavonoïdes	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Anthocyanines	+++	+	+	-	-	+
Tanins	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Coumarines	-	-	+	+	-	-
anthraquinones	+	-	-	-	-	-
Stérols et tri terpènes	-	+++	-	+++	-	-
Terpénoïdes	+++	+++	-	-	+++	+++
Saponosides	-	-	++	+	++	++
Composé réducteurs	++	-	+++	-	+++	-
mucilage	+++	-	+++	-	+++	-
Glycosides cardiaques	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Les amines	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Les quinones libres	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+ Présence, ++ présence moyenne, +++ présence forte, - Absence.

Pour **Mohammedi (2013)**, le screening phytochimique réalisé sur les feuilles de DG a révélé la présence de polyphénols, flavonoïdes et des tanins et l'absence des alcaloïdes, tandis que **Boughrara (2016)**, à partir des tests phytochimiques sur les feuilles et l'écorce des rameaux, a démontré la présence des alcaloïdes, cardénolides, coumarines, flavonoïdes, saponines, tanins et des stérols, par contre les anthocyanes et les quinones sont absents. Il a déclaré aussi, que la diversité de la composition chimiques des plantes d'une région à une autre est expliquée par l'influence de multiple facteurs ; le climat, la nature du sol, l'eau, l'altitude....etc.

D'autres part, Le screening phytochimique de la partie aérienne de *Thapsia garganica* a mis en évidence la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, anthocyanes, tanins, terpénoïdes, saponosides, composés réducteurs, glycosides cardiaques, amines et des quinones libres, et l'absence de coumarines, stérols et terpènes et les anthraquinones. La présence des alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, terpènes, coumarines, saponines, anthraquinones a été démontré dans



l'extrait méthanolique des feuilles de TG par **Alghazeer et al. (2012)**. Par ailleurs, **Bouimeja et al. (2018)**, ont approuvé la présence des flavonoïdes, des terpènes et stérols, des tanins catéchétiques, des saponosides et des coumarines, et l'absence des alcaloïdes et des tanins galliques.

Pour leur part, **Elmezogi et al. (2012)**, le test phytochimique de la partie aérienne de TG a révélé la présence des tanins et l'absence des flavonoïdes, Et pour **Bouhrara (2016)**, les résultats de screening phytochimiques des feuilles de TG, a montré que les cardénolides, flavonoïdes, saponines, tanins et les stérols sont présents, par contre, les anthocyanes, les quinones et les coumarines sont absents.

## 1.6 Résultats des analyses phytochimiques quantitatives

Les résultats du dosage des phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés dans les deux extraits des différentes parties des plantes étudiées sont illustrés dans le **Tableau 16**.

### 1.6.1 Les phénols totaux

L'estimation du contenu en phénols totaux des différentes parties des plantes étudiées a été déterminée à partir de la droite de régression de la courbe d'étalonnage (**Fig.25**). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg/ EqAG/gMS).

Les résultats du dosage de la teneur en polyphénols dans la partie aérienne de DG, TG et du rhizome d'AG ont révélé que l'extrait méthanolique présente les quantités les plus élevées en phénols totaux, dont l'EMRAG et l'EMDG ont affiché les teneurs les plus importantes avec des valeurs de  $27.14 \pm 0.01$  et de  $23.02 \pm 2.02$  mg/EqAG/gMS, respectivement. Alors que l'EMTG a enregistré une teneur de  $14.17 \pm 0.56$  mg/EqAG/gMS (**Tab.16**). Tandis que, l'extrait aqueux a noté les valeurs suivantes :  $20.60 \pm 0.01$ ,  $21.22 \pm 1.24$  et de  $10.65 \pm 0.55$  mg/EqAG/gMS pour l'EARAG, l'EADG et l'EATG, respectivement. L'analyse de la variance ANOVA pour le paramètre taux de polyphénols a démontré une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) (**Annexe V**).

### 1.6.2 Les flavonoïdes

La quantité des flavonoïdes a été déterminée à partir de la droite de régression de la courbe d'étalonnage de la quercétine illustrée dans la (**Fig.26**). Les résultats sont exprimés en

milligramme équivalent de quercétine par gramme de matière sèche mg/EqQr/gMS. L'extrait méthanolique du rhizome d'*A. gummifera* a enregistré la teneur la plus élevée en flavonoïdes ( $17.73 \pm 0.04$  mg/EqQr/gMS), puis, viennent les extraits méthanolique de DG et de TG avec des teneurs de  $8.64 \pm 0.87$  et de  $6.56 \pm 0.58$  mg/EqQr/gMS, respectivement. Les extraits aqueux des différentes parties des plantes étudiées ont montré des teneurs faibles comparées à celles de l'EM de  $4.46 \pm 0.46$  mg/EqQr/gMS pour l'EARAG, de  $5.94 \pm 0.19$  mg/EqQr/gMS pour l'EADG et de  $4.05 \pm 0.55$  mg/EqQr/g MS pour l'EATG. L'analyse de la variance ANOVA pour le paramètre teneur en flavonoïdes a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) (**Annexe V**).

En particulier les flavonoïdes représentent les composants majeurs des polyphénols totaux, avec un pourcentage de 65.25% et de 21.65% dans les deux extraits méthanolique et aqueux, respectivement, pour le RAG. Tandis que pour l'EMTG et l'EATG, les résultats ont révélé des pourcentages en flavonoïdes de 46.29% et de 38.02%, respectivement et des pourcentages de 37.53% et de 27.99% ont été enregistrés pour par l'EMDG et l'EADG, respectivement. (**Fig.43**).

**Tableau 16.** Résultats du dosage des teneurs en phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés des différentes parties des plantes étudiées.

		Les composés phénoliques		
Plantes		Phénols totaux mg/Eq AG/g MS.	Flavonoïdes mg/Eq Qr/g MS	Tanins condensés mg /Eq Cat/ g MS
E. M	RAG	$27.14 \pm 0.01$	$17.73 \pm 0.04$	$9.71 \pm 0.01$
	DG	$23.02 \pm 2.02$	$8.64 \pm 0.87$	$6.37 \pm 0.26$
	TG	$14.17 \pm 0.56$	$6.56 \pm 0.58$	$5.40 \pm 0.56$
E. A	RAG	$20.60 \pm 0.01$	$4.46 \pm 0.46$	$11.12 \pm 0.02$
	DG	$21.22 \pm 1.24$	$5.94 \pm 0.19$	$4.14 \pm 0.17$
	TG	$10.65 \pm 0.55$	$4.05 \pm 0.55$	$2 \pm 0.58$

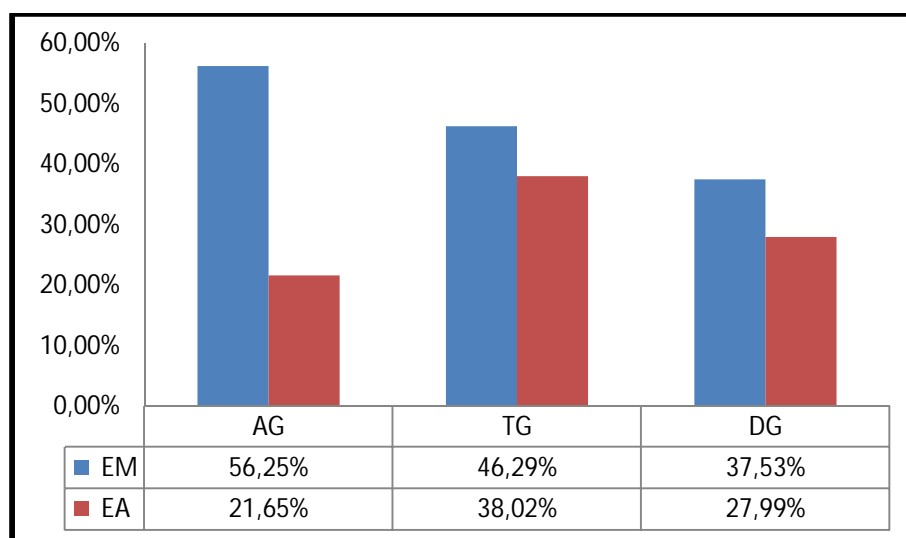
Eq : équivalent ; AG : acide gallique ; Qr : quercétine ; Cat : catéchine ; MS : matière sèche.

### 1.6.3 Les tanins condensés

La détermination de la teneur en tanins condensés dans nos extraits a été faite à partir de la courbe d'étalonnage de la catéchine (**Fig.27**), Les quantités sont exprimées en milligramme d'équivalent Catéchine par gramme de matière sèche (mg/EqCat/gMS).

L'estimation quantitative des deux extraits dans les différentes parties de nos plantes étudiées a révélé que l'EARAG et l'EMRAG présente la quantité la plus importante en tanins condensés avec :  $11.12 \pm 0.02$  et  $9.71 \pm 0.01$  mg/EqCat/gMS, respectivement. Cependant, la teneur moyenne de l'EMDG est de  $6.37 \pm 0.26$  mg/EqCat/gMS et celle de l'EADG est de  $4.14 \pm 0.17$  mg/EqCat/gMS. La plante TG vient en dernière position en vue de sa faible teneur en tanins condensés, pour l'EMTG ( $5.40 \pm 0,56$  mg/EqCat/gMS) et l'EATG ( $2 \pm 0,58$  mg/Eq Cat/gMS). L'analyse de la variance ANOVA pour le paramètre teneur en tanins condensés a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) (Annexe V).

Par ailleurs, les tanins condensés ont représenté des pourcentages importants par rapport aux polyphénols totaux avec l'EMRAG (53,98%), l'EMDG (38,10%) et l'EMTG (27,67%) comparés à ceux enregistrés par l'EARAG (35,77%), l'EADG (18,77%) et l'EATG (17,98%) (Fig.44).



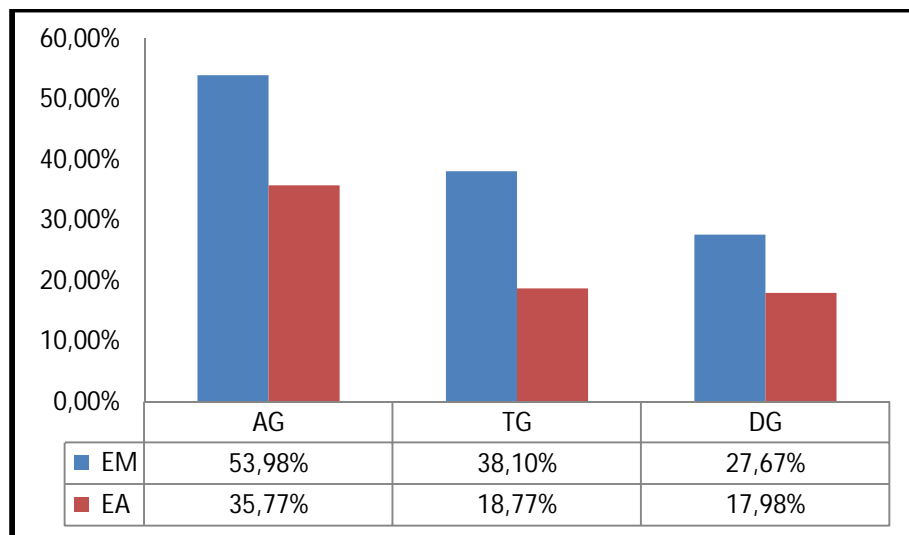
**Figure 43.** Le pourcentage des flavonoïdes par rapport aux polyphénols totaux dans l'EM et L'EA des trois plantes.

Les résultats de cette étude ont montré que les extraits méthanoliques des parties aériennes de DG et TG, ainsi que le rhizome d'AG présentent des quantités importantes en phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés comparés aux ceux des extraits aqueux.

L'extrait méthanolique d'AG semble être plus riche en composés phénoliques et flavonoïdes par rapport à l'extrait aqueux et ces résultats sont étayés par les travaux de plusieurs auteurs dont, **Moure et al. (2001)**, dans leurs travaux sur les coques de *Gevuina avellana*, ont constaté que le rendement d'extraction des polyphénols était plus élevé pour la

plupart des solvants polaires. De même pour **Khadhri et al. (2013)**, le dosage quantitatif des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins condensés dans les deux extraits aqueux et méthanolique du rhizome d'AG a révélé des valeurs différentes; 7 mg/EqAG/gMS, 4 mg/EqAG/gMS, 0.5 mg/EqQr/gMS, 0.7 mg/EqQr/gMS et 1.7 mg/EqCat/gMS, 2.3 mg/EqCat/gMS, pour les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins condensés dans les extraits méthanolique et aqueux, respectivement, tandis que **Sifour et al. (2012)**, ont rapporté que les quantités de polyphénols et de flavonoïdes dans l'extrait aqueux étaient 44.4 mg/ml et 16.74 mg/ml d'extrait. **Bouimeja et al. (2018)**, ont noté que l'extrait méthanolique et aqueux du rhizome macéré contient respectivement un taux de polyphénols totaux de 102.88 mgEqAG/gMS et de 49.59 mg/EqAG/gMS et de flavonoïdes de 17.25 me/EqQr/gMS et de 12.56 mg/EqQr/gMS.

D'après nos résultats obtenus, l'extrait méthanolique de la partie aérienne de DG présente les plus faibles quantités de phénols totaux et flavonoïdes par rapport à ceux obtenus par **Bouyahya et al. (2016)**, qui ont noté des teneur en polyphénols et en flavonoïdes de l'extrait éthanolique des feuilles de DG de  $83.46 \pm 1.12$  mg/EqAG/gMS et de  $17.68 \pm 1.23$  mg/EqQr/gMS, respectivement, alors que des teneurs de 157.47 mg/EqAG/gMS, de 114.57 mg/EqQr/g MS et de 116 mg/EqCat/gMS ont été estimés dans l'extrait méthanolique des feuilles en polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés, respectivement selon **Chaabane et al. (2012)**.



**Figure 44.** Le pourcentage des tanins par rapport aux polyphénols totaux dans l'EM et L'EA des trois plantes.

Du coup, nos résultats concordent avec ceux de **Harizi et al. (2011)**, qui ont obtenus dans l'extrait d'acétate d'éthyle des feuilles de DG ; des teneurs en polyphénols de 22.86 % et en flavonoïdes de 26.60 %, avec une très faible quantité de tanins condensés (0.54 %) comparée au nôtres, méthanolique et aqueux ( $6.37 \pm 0.26$  et  $4.14 \pm 0.17$  mg/EqCat/gMS). Des teneurs de  $48.97 \pm 0.08$ ,  $39.05 \pm 0.05$ ,  $9.8 \pm 0.05$  mg/EqAG/gMS et de  $61.48 \pm 0.01$ ,  $87.57 \pm 0.01$ ,  $45 \pm 0.02$  mg/EqQr/gMS ont été déterminées dans les extraits d'acétate d'éthyle, de butanol et aqueux des feuilles de DG en polyphénols et flavonoïdes, respectivement (**Chaabane et al., 2014**). **Ameni et al. (2015)**, ont obtenu des quantités plus importantes par rapport à nos résultats en polyphénols et flavonoïdes dans les extraits méthanolique ( $137.08 \pm 7.66$  mg/EqAG/gMS et  $22.22 \pm 1.48$  mg/EqQr/gMS), de chloroforme ( $129.65 \pm 4.82$  mg/EqAG/gMS et  $36.55 \pm 1.721$  mg/EqQr/gMS) et d'acétate d'éthyle ( $130.84 \pm 5.99$  mg/EqAG/gMS et  $133.07 \pm 2.84$  mg/EqQr/gMS), de la partie aérienne de DG.

En outre, pour **Dif et al. (2014)**, la teneur en polyphénols de cette plante est positivement corrélée à l'altitude car le taux des polyphénols dans l'extrait méthanolique des feuilles de DG varie de  $139.3 \pm 0.63$  à  $253.9 \pm 0.73$  mg/EqAG/gMS, un intervalle de  $12.3 \pm 0.40$  à  $13.6 \pm 0.04$  mg/EqQr/gMS pour les flavonoïdes et une variation de  $2.3 \pm 0.09$  à  $3.1 \pm 0.03$  mg/EqCat/gMS pour les tanins condensés, où une concentration élevée des composés phénolique a été enregistrée dans les zones sud par rapport aux zones nord de Tessala, Algérie ; ce qui les a conduit à conclure que la teneur en polyphénols dans cette plante est positivement corrélée à l'altitude.

A l'égard de nos résultats concernant le taux des polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés dans la partie aérienne de *T. garganica*, d'autres études ont été conduites dans le même contexte citant : **Bouimeja et al. (2018)**, qui ont noté une quantité importante de polyphénols ( $9.74 \pm 0.15$  mg/EqAG/gMS), de flavonoïdes ( $24.31 \pm 0.3$  mg/EgQr /gMS) et de tanins condensés ( $16.91 \pm 0.32$  mg/EqCat/gMS) dans l'extrait méthanolique de feuilles de *T. garganica*. Aussi, **Athmouni et al. (2015)** ont déterminé des teneurs de polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés dans leur étude dans les extraits méthanolique et aqueux des feuilles de TG de  $10.44 \pm 1.3$  mg/EqAG/gMS,  $2.05 \pm 0.26$  mg/EgQr/gMS,  $2.24 \pm 0.25$  mg /EqCat/gMS et  $3.15 \pm 0.09$  mg/EqAG/gMS,  $1.34 \pm 0.1$  mg/EgQr/gMS,  $3.73 \pm 0.25$  mg/EqCat/gMS, respectivement. Selon **Alghazeer et al. (2012)**, une teneur en polyphénols de ( $28.53 \pm 3.82$  mg/EqAG/gMS) et une teneur en flavonoïdes de ( $13.35 \pm 1.06$  mg/EqQr/gMS) ont été rapportées dans l'extrait méthanolique de TG, alors que

**Rached et al. (2010)**, ont rapporté que les quantités de polyphénols et de flavonoïdes dans l'extrait aqueux des feuilles TG étaient de ( $47.64 \pm 1.43$  mg/EqAG/gMS) et ( $18.13 \pm 0.47$  mg/EqQr/gMS). Dans une étude similaire menée par **Djeridane et al. (2006)**, la teneur quantitative en polyphénols et flavonoïdes dans les parties aériennes de *T. garganica* était de ( $7.63 \pm 0.61$  mg/ EqAG/gMS) et ( $4.04 \pm 0.42$  mg/EqQr/gMS) sachant que le solvant utilisé était l'éthanol.

D'après **Benchikh et al. (2014)**, en raison de l'influence de plusieurs facteurs, tels que : l'origine géographique de l'échantillon étudié, la période de séchage, les conditions de conservation de la matière sèche, le solvant utilisé ainsi que la méthode d'extraction, sur les quantités des biomolécules dans les plantes, il est difficile de comparer les résultats avec d'autres cités dans la bibliographie, d'où notre problème aussi.

### 1.7 Résultats d'analyse chromatographique par HPLC

L'identification des biomolécules des extraits aqueux des différentes parties de plantes étudiées par HPLC a été faite dans deux longueurs d'onde différente, 280nm et 340nm. Les chromatogrammes obtenus représentent les pics et les temps de rétention de chaque molécule. Nos résultats d'analyse ont révélé la présence de 48, 27 et 43 composants pour l'extrait aqueux de : RAG, TG et DG, respectivement. L'identification des biomolécules de nos extraits est basée sur une comparaison entre le temps de rétention ( $R_t$ ) des échantillons analysés et celui des étalons utilisés dans les mêmes conditions expérimentales. Sur ce, on a pu identifier certaines molécules et calculer leurs concentrations (**Tab. 17, 18 et 19**).

Le profil chromatographique de nos échantillons (**Annexe VI, VII, VIII**) nous a permis d'identifier et de quantifier 5 molécules dans l'EARAG et 4 molécules dans les deux extraits ; EADG (**Tab.18**) et EATG (**Tab.19**). Les molécules identifiées dans l'EARAG (**Tab.17**) étaient : Berbérine ( $4.2 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $4.9 \times 10^{-2}$  mg/l), P-coumarique ( $8 \times 10^{-3}$  mg/l), Catéchine ( $1 \times 10^{-3}$  mg/l) et anthrone ( $3 \times 10^{-3}$  mg/l). Cependant, la molécule de Catéchine et d'anthrone étaient absentes dans l'EATG et l'EADG, respectivement. Les quatre molécules identifiés dans l'EATG étaient : Berbérine ( $1.7 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $1.4 \times 10^{-1}$  mg/l), P-coumarique ( $3.4 \times 10^{-2}$  mg/l) et anthrone ( $4 \times 10^{-2}$  mg/l) d'une part, et d'une autre, les molécules trouvés dans l'EADG étaient : Berbérine ( $1.5 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $4.18 \times 10^{-1}$  mg/l), P-coumarique ( $3.5 \times 10^{-2}$  mg/l) et la Catéchine ( $1.06 \times 10^{-1}$  mg/l).

La composition chimique varie selon l'origine géographique, la partie de la plante utilisée, le stade végétatif, les méthodes d'extraction (Dif, 2015). En fait, des facteurs intrinsèques et extrinsèques influent sur la composition chimique des différents métabolites secondaires des plantes, d'où l'origine géographique et les conditions écologiques qui présentent les principaux facteurs extrinsèques (Richter, 1993). Selon van Dam (2009), en sous-sol et en surface, les tissus font face à différentes pressions de sélection biotique et abiotique qui peuvent expliquer les différences des profils phytochimiques en métabolites secondaires entre les organes. Le pouvoir séparateur de la colonne, la vitesse de l'écoulement, la composition de la phase mobile et la température de la colonne, représentent les facteurs influant les résultats d'une analyse chromatographique (Johnson, 2011).

**Tableau 17.** Composés phytochimiques identifiés dans l'EARAG par HPLC

Étalons	Temps de rétention (Rt)		Concentration (mg/l)
	Extrait	Etalon	
Berbérine	27.5	27.6	$4.2 \times 10^{-2}$
benzoïque	24.4	24.1	$4.9 \times 10^{-2}$
P-coumarique	21.6	21.8	$8 \times 10^{-3}$
Catéchine	14.7	14.2	$1 \times 10^{-3}$
anthrone	44.2	43.8	$3 \times 10^{-3}$

**Tableau 18.** Composés phytochimiques identifiés de l'EADG par HPLC

Étalons	Temps de rétention (Rt)		Concentration (mg/l)
	Extrait	Etalon	
Berbérine	27.8	27.6	$1.5 \times 10^{-2}$
benzoïque	23.9	24.1	$4.18 \times 10^{-1}$
P-coumarique	21.4	21.8	$3.5 \times 10^{-2}$
Catéchine	14.9	14.2	$1.06 \times 10^{-1}$
anthrone	ND	43.8	ND

ND : Non Déterminé

**Tableau 19.** Composés phytochimiques identifiés dans de l'EATG par HPLC

Étalons	Temps de rétention (Rt)		Concentration (mg/l)
	Extrait	Etalon	
<b>Berbérine</b>	26.8	27.6	$1.7 \times 10^{-2}$
<b>benzoïque</b>	24.8	24.1	$1.4 \times 10^{-1}$
<b>P-coumarique</b>	22.2	21.8	$3.4 \times 10^{-2}$
<b>Catéchine</b>	ND	14.2	ND
<b>anthrone</b>	44.3	43.8	$4 \times 10^{-4}$

ND : Non Déterminé

Pour la composition chimique de l'EARAG, peu de travaux existent, d'où des données bibliographiques sur la phytochimie d'*A. gummifera* sont rares. Cependant quelques composés phénoliques, triterpénoïdes, flavonoïdes et saponines ont été identifiés (**Daniele et al., 2005**). De sa part **Belabbes (2018)**, a étudié la composition chimique de l'HE de rhizome d'AR pendant trois stades végétatifs différents en utilisant la méthode de CPG-IR et de CPG-SM. Cette étude a révélé la présence de neuf sesquiterpènes hydrocarbonés, six sesquiterpènes oxygénés, 13 monoterpènes hydrocarbonés et oxygénés, 13 composés non-terpénique, 2 composés acétyléniques, 3 diterpènes et une lactone. Une étude phytochimique par chromatographie HPLC a été amenée par **Benbouziane et Beneddra (2016)**, où ils ont montré que l'HPLC n'a pas abouti à des résultats convaincants à cause de l'absence d'étalon interne (attractylate de potassium) mais la chromatographie sur couche mince a montré la présence de l'attractyloside dans l'extrait à reflux de rhizome d'AG. En effet, l'espèce AG était l'objet de nombreuses études dans le but d'isoler les deux hétérosides responsables de sa toxicité ; l'ATR et le CATR avec estimation de leur quantité dans le rhizome de cette dernière par les méthodes chromatographiques (**Larabi et al., 2012 ; Carlier et al., 2014**).

Pour l'EADG et en comparaison de nos résultats avec d'autres, dans le même contexte ; **Dif (2015)**, a noté que le profil chromatographique d'HPLC des feuilles de DG a révélé la présence de cinq composés dans les différentes fractions organiques suivantes : la fraction du chloroforme, d'acétyl méthyl et du N-butanol. Il s'agit de la Naringine, l'Apigénine, la Taxifoline, la Catéchine et la Fisetine. Tandis que la fraction aqueuse ne contient aucun composé qui correspond aux standards utilisés, le composé trouvé a été identifié par la méthode de RMN, c'était la molécule de Kampferolea.



En revanche, **Ameni (2018)**, a signalé que l'extrait de l'acétate d'éthyle des feuilles et tiges de DG semble être le plus riche en substances phénoliques par rapport aux extraits brut et de chloroforme ; les molécules identifiées: méthyl apigénine glucoside, quercétine 3-Oglucoside et lutéoline glucoside sont les composants qui se présentent avec une forte intensité, puis vient la lutéoline glucoside de plus des isomères de dérivé de génistéine, d'acide férulique, d'acide férulique, de l'acide *p*-coumarique, de la quercétine et des acides phénoliques, avec une intensité moins élevée. Ces résultats obtenus ont conduit l'auteur à conclure que la mixture des tiges et feuilles de DG montre une richesse en dérivés d'acide phénoliques (d'acide férulique et d'acide cinnamique) et en flavonoïdes (flavones et flavonoles). Les feuilles de DG sont composées de deux classes majoritaires de métabolites secondaires représentées par les coumarines (daphnine, daphnétine, daphnétine-8-*O*-glucoside et daphnétine-*O*-di-glycoside) et les flavonoïdes (apigénine, lutéoline, apigénine-6,8-di-*C*-glucoside, apigénine-7-*O*-glucoside, genkwanine glycoside, lutéoline-di-*O*-glucoside, lutéoline-3,7-di-*O*-glucoside, lutéoline-7-*O*-glucoside) (**Marques et al., 2009**).

La présence des coumarines (daphnétine, daphnine, acétylumbelliférone et daphnoretine) et des flavonoïdes (lutéoline, orientine, isoorientine, apigénine-7-*O*-glucoside, genkwanine, 5-*O*-β- D-primeverosyl genkwanine, et 2, 5, 7, 4'-tétréhydroxyisoflavanol) dans les tiges de DG a été aussi confirmée par (**Cottigli et al., 2001**).

Cependant, **Deiana et al. (2003)**, ont montré la présence de neuf molécules des flavonoïdes (l'apigénine, la luteoline, la quercétine, orientine, l'isoorientine, la luteoline-7-*O*-glucoside, l'apigénine-7-*O*-glucoside, la genkwanine, la 5-*O*-β-Dprimeverosylgenkwanine et enfin la α-tocophérol) dans les tiges de DG de la région d'Italie. Pour nos résultats d'identification phytochimique de l'EA des feuilles et tiges de DG originaire de Tiaret (Algérie), on a noté des différences sauf pour la molécule de Catéchine et le dérivé de l'acide cinnamique (*p*-coumarique).

Notre chromatogramme de l'EATG a montré la présence de 27 molécules et la plupart des études publiées portent sur la composition chimique de l'EH de TG identifiée par CG/MS. l'isolement et l'identification structurale des composés présents dans les extraits méthanoliques et d'acétate d'éthyle ont révélé la présence de quatre composés purs ; 7-*O*-glucoside de lutéoline, 10b-acetoxy-8a-butyryloxy-11a-hydroxy-2b-((2-méthylbutanoyl)oxy)-1bH,6aH, 7aH, 11bH-guaian-3-en-12,6-olide, thapsigargin et apigénine-7-*O*-glucoside (**Jmii et al., 2020**).

Pour leur part, **Hassen *et al.* (2015)**, ont noté que l'identification chimique de l'EH des racines, des feuilles, des fleurs et des tiges a révélé la présence de 132 composés, dont les hydrocarbures sesquiterpéniques et les monoterpènes oxygénés.

Enfin, et d'après plusieurs chercheurs la composition chimique des plantes peut être influencée par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques au niveau des différents organes de la même plante et aussi entre les plantes de la même famille, sans négliger les méthodes d'extraction et de dosage appliquées pour identifier les différentes biomolécules ; la raison pour laquelle les résultats obtenus nécessitent des études plus approfondies et qui viennent s'ajouter aux autres recherches déjà publiés.

# **Chapitre II**

## **Matériel animal**

## *Chapitre II. Matériel animal*

### 2 Résultats d'inventaire des insectes

Les résultats d'inventaires des insectes rencontrés et la fréquence de leur apparition sont issus d'échantillons du blé stocké prélevés mensuellement de deux magasins de stockage au niveau de la Wilaya de Tiaret, pendant une période de 6 mois (**Tab.20**).

**Tableau 20.** Inventaire des insectes des deux magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret

Espèces	Ordre	Famille	Fréquence
<b>Magasin 01</b>			
<i>Trogoderma granarium</i> L	Coléoptère	Dermestidae	Très fréquent (++++)
<i>Rhyzoperta dominica</i> F	Coléoptère	Bostrichydae	Rare (+)
<i>Tribolium castaneum</i> H	Coléoptère	Tenebrionida	Très fréquent (++++)
<i>Sitophilus granarius</i> L	Coléoptère	Curculionidae	Très fréquent (++++)
<i>Sitophilus oryzae</i> L	Coléoptère	Curculionidae	Rare (+)
<b>Magasin 02</b>			
<i>Trogoderma granarium</i> L	Coléoptère	Dermestidae	Très fréquent (++++)
<i>Rhyzoperta dominica</i> F	Coléoptère	Bostrichydae	Rare (+)
<i>Tribolium castaneum</i> H	Coléoptère	Tenebrionidae	Très fréquent (++++)
<i>Sitophilus granarius</i> L	Coléoptère	Curculionidae	Très fréquent (++++)
<i>Ephestia kuehniella</i> Z	Lépidoptère	Pyralidae	Rare (+)

D'après les résultats d'inventaire (**Tab.20**), 5 espèces de l'ordre des coléoptères ont été rencontrées dans le premier site et seulement 4 espèces dans le deuxième, du même ordre. L'identification des insectes au niveau du laboratoire de zoologie, faculté SNV, université de Tiaret a permis de reconnaître ; *Sitophilus granarius*, *T. granarium* et *T. castaneum*, comme les espèces les plus fréquentes dans les deux sites et pendant les six mois de prélèvement. Viennent ensuite, les espèces *R. dominica* et *E. kuehniella* moins fréquentes et enfin *S. oryzae* de rare à absente.

Les données des deux tableaux (**Tab. 20 et 21**) montrent que les trois espèces *Sitophilus granarius*, *T. granarium* et *T. castaneum* sont omniprésentes dans les deux sites d'échantillonnage. L'espèce *E. kuehniella* semble être commune au niveau de premier site et accessoire au niveau du deuxième site, tandis que *S. oryzae* est fréquente. La fréquence des espèces recensées est plus importante dans les mois chauds que les mois froids, avec une augmentation marquée à partir du mois de Mars dans les deux stations de prélèvement.

**Tableau 21.** La fréquence mensuelle des insectes dans les deux sites

Espèces	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	FM/ espèce
<b>Magasin 01</b>								
<i>T. granarium</i>	20	25	48	67	81	79	100	60
<i>R. dominica</i>	1	3	3	5	5	4	6	3.86
<i>T. castaneum</i>	19	31	58	55	74	90	82	58.43
<i>S. granarius</i>	5	8	10	12	22	28	40	17.86
<i>S. oryzae</i>	0	0	0	1	2	2	1	0.86
<i>E. kuehniella</i>	0	0	1	0	2	0	0	0.43
<b>FM/ mois</b>	7.5	11.17	20	23.33	31	33.83	38.17	23.57
<b>Magasin 02</b>								
<i>T. granarium</i>	18	22	53	73	68	78	90	57.43
<i>R. dominica</i>	0	0	5	6	4	6	5	3.71
<i>T. castaneum</i>	21	18	38	43	50	64	52	40.86
<i>S. granarius</i>	3	6	15	18	25	28	36	18.71
<i>E. kuehniella</i>	1	0	0	0	0	0	0	0.14
<b>FM/ mois</b>	8.6	9.2	22.2	28	29.4	35.2	36.6	24.17

FM : fréquence moyenne

**Tableau 22.** Fréquence mensuelle en pourcentage des insectes rencontrés dans les deux sites

Espèces	Fréquence en %	Niveau de constance
<b>Magasin 01</b>		
<i>T. granarium</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>R. dominica</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>T. castaneum</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>S. granarius</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>S. oryzae</i>	57.14	<b>fréquentes</b>
<i>E. kuehniella</i>	28.57	<b>communes</b>
<b>Magasin 02</b>		
<i>T. granarium</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>R. dominica</i>	71.43	<b>constantes</b>
<i>T. castaneum</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>S. granarius</i>	100	<b>omniprésentes</b>
<i>E. kuehniella</i>	14.29	<b>accessoires</b>

Les céréales sont connues par leur richesse en substances nutritionnelles, notamment en amidon et protéines, la raison pour laquelle ils sont des substrats naturels favorables pour le développement des insectes et moisissures (**Kumar et Kalita, 2017**). Dans une étude d'**Aoues et al. (2017)**, les coléoptères étaient les insectes majoritaires inventoriés sur le blé stocké dans douze Wilayas, dont la Wilaya de Tiaret, avec principalement cinq espèces réparties dans cinq familles (*Trogoderma granarium L* ; *Rhyzoperta dominica L* ; *Tribolium castaneum L* ; *Sitophilus oryzae L* ; *Oryzaephilus surinamensis*).

Par ailleurs, **Karahacane (2015)**, a estimé, à partir d'un inventaire d'insectes ravageurs du blé stocké au niveau des silos de stockage de Khemis-Miliana et Ténès, que six espèces d'insectes ont été recensées ; cinq espèces sont des coléoptères représentées par : *Trogoderma granarium L* ; *Rhyzoperta dominica L* ; *Tribolium castaneum L* ; *Sitophilus granarius L* ; *Cryptolestes ferrugineus L* et les lépidoptères représentés par : *Ephestia Kuhniella*.

Les espèces ravageurs inventoriés dans les stocks de blé dans la région de Sétif durant la campagne agricole 2004/2005 sont : *Sitophilus granarius* ; *Rhyzopertha dominica* ; *Tribolium castaneum* et *Ephestia Kuhniella*, avec une fréquence plus importante de *S. granarius* (18.77%), vient par la suite *Rhyzopertha dominica* ; *Tribolium castaneum* et *Ephestia Kuhniella* avec des fréquences de 12.22, 8.66 et 2.89%, respectivement d'où on peut expliquer la différence de fréquence entre les insectes par la présence des insectes primaires et secondaires, plus d'une compétition interspécifique dans le milieu infesté . De plus un pourcentage d'attaque est plus remarquable dans les mois de Juillet (16.70%) et Août (19.60%) a été enregistré, ce dernier n'est pas toujours dû aux insectes mais aussi aux micr-oorganismes tels que les moisissures et les bactéries, aux acariens, aux oiseaux et aux rongeurs (**Benlameur, 2016**). Egalement, *Tribolium confusum* ; *Rhyzoperta dominica* ; *Oryzaephilus surinamensis*, représentent les principaux insectes ravageurs recensés sur le blé (**Mebarkia, 2010**).

Par ailleurs, nos résultats ont démontrés que la présence des insectes est plus importante durant les mois les plus chauds en comparaison avec les mois frais. Ces résultats concordent avec ceux montrés par **Karahacane (2015)**.

Les résultats du pourcentage d'attaque et la perte en poids issus des activités des ravageurs primaires et secondaires dans les stocks du blé, ont été obtenus, mensuellement, durant un échantillonnage de sept mois (**Tab.23 et 24**). En effet, Il ressort de l'analyse de **tableau. 23** que le pourcentage d'attaque est fortement marqué durant les mois les plus chauds que les mois froids avec 6% jusqu'à 16% au niveau du premier magasin, tandis que, ce pourcentage évolue de 4.5% jusqu'à 14.8% au niveau du deuxième magasin.

L'analyse du tableau qui porte les données de pourcentage de perte en poids (**Tab.24**) montre que celui-ci évolue progressivement suivant l'évolution de température d'un mois à un autre durant toute la période d'échantillonnage. Le pourcentage le plus élevé a été enregistré au niveau du premier magasin (13.44%), par ailleurs un pourcentage de 12.61% a été noté au niveau du deuxième magasin. En effet, les deux paramètres d'évaluation des pertes causés par les insectes ravageurs, inventoriés au niveau des deux sites d'échantillonnage, présentent d'important pourcentage durant les mois chauds que les mois froids. La température joue un rôle primordial dans la conservation des grains, elle représente le facteur responsable sur la dégradation de la qualité des grains stockés (**Cruz et al., 2002**). Enfin, la température et le

taux d'humidité sont les deux facteurs en-tête de la liste, comme impact sur le stockage des céréales (Jayas et White, 2003).

Comparativement aux travaux de Benlameur (2016), nos résultats y sont similaires ; le pourcentage d'attaque et de perte en poids sont plus importants durant les mois chauds que les mois froids de stockage. Aussi, il a porté que, ces deux paramètres d'infestation des céréales stocké, notamment le blé, sont plus importants dans le cas d'introduction d'autres ennemis tels que les champignons et les acariens. Cependant, Rehman (2006), a noté qu'un taux d'humidité élevé et une température comprise entre 20 et 40°C, sont les deux facteurs responsables sur la prolifération des micro-organismes durant le stockage.

**Tableau 23.** Pourcentage d'attaque des grains par les insectes inventoriés dans les deux sites.

Mois paramètres	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	M
	<b>Magasin 01</b>							
Grains sains (Ns)	940	930	918	910	895	870	840	900.43
Grains attaqués (Na)	60	70	82	90	105	130	160	99.57
Pourcentage d'attaque(PA)	6	7	8.20	9	10.5	13	16	9.96
Degré d'attaque	A .f	A .f	A .f	A. m	A. m	A.m	A. f	-
	<b>Magasin 02</b>							
Grains sains (Ns)	955	948	933	908	887	875	852	908.29
Grains attaqués (Na)	45	52	67	92	113	125	148	91.71
Pourcentage d'attaque (PA)	4.5	5.2	6.7	9.2	11.3	12.5	14.8	9.17
Degré d'attaque	A .f	A .f	A .f	A. m	A. m	A.m	A. m	

A.m : attaque moyenne ; A.f : attaque faible ; M : Moyenne.



**Tableau 24.** Pourcentage de perte de poids dû aux insectes inventoriés dans les deux sites

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Total	M
<b>Paramètres</b>									
<b>Magasin 01</b>									
Pourcentage d'attaque PA(%)	6	7	8.20	9	10.5	13	16	116.5	9.96
Poids des grains sains (ps)	55	54.8	52.1	50.3	48.6	40.2	37.4	338.4	48.34
Poids des grains attaqués (pa)	14	14.4	14.8	15.2	17.1	19	22	116.5	16.64
Perte spécifique PS	41	40.4	37.3	35.1	31.5	21.2	15.4	221.9	55.48
Coefficient de perte spécifique (K)	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.87	0.84	6.30	1.58
Pourcentage de perte en poids (ppp)	5.64	6.51	7.53	8.19	9.40	11.31	13.44	62.02	15.50
<b>Magasin 02</b>									
Pourcentage d'attaque PA(%)	4.5	5.2	6.7	9.2	11.3	12.5	14.8	64.2	9.17
Poids des grains sains (ps)	57.2	56.1	53.4	48.5	44.8	42.9	40.2	343.1	49.01
Poids des grains attaqués (pa)	12.7	13.9	14	14.6	16.2	17.6	19.2	108.2	15.46
Perte spécifique (PS)	44.5	42.2	39.4	33.9	28.6	25.3	21	234.9	33.56
Coefficient de perte spécifique (K)	0.96	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	0.85	6.36	0.91
Pourcentage de perte en poids (ppp)	4.3	4.93	6.25	8.35	10.02	10.94	12.61	57.40	8.20

M : moyenne

# **Chapitre III**

## **Tests biologiques**

### 3 Résultats de l'étude de toxicité aiguë des trois plantes

Les rats du groupe témoin n'ont manifesté aucun signe clinique tout au long de la période expérimentale et aucune mortalité n'a été enregistrée. Tous les rats des groupes traités ont montré des signes cliniques de toxicité aiguë (digestifs, respiratoires et nerveux) dont la sévérité était fortement liée à la forme végétale de la plante et dose-dépendante. Les appâts supplémentés par la poudre ont induit des signes cliniques sévères associés à des taux de mortalité très élevés par rapport aux extraits aqueux et méthanolique, principalement chez les mâles que chez les femelles. L'étude histopathologique des organes des rats a révélé des lésions tissulaires sévères compatibles avec une toxicité aiguë.

#### 3.1 Le rhizome d'*Atractylis gummifera*

##### 3.1.1 Signes cliniques

Des troubles de mobilité ont été observés quelques heures après la distribution des appâts chez tous les rats (groupes d'essai), allant jusqu'à l'immobilité dans les groupes de forte dose (800 mg/kg). Les signes digestifs ont été observés dans tous les groupes de différentes doses à partir de 12 heures, caractérisés principalement par une hypersalivation, vomissements et diarrhées. Les rats traités ont présenté une tachycardie, une hyperpnée et une hypothermie (de 31 à 35°C), finissant par un état de coma suivi de mort. L'épistaxis a été observée seulement chez les animaux qui ont reçu un appât supplémentés par la poudre.

##### 3.1.2 Taux de mortalité

Aucune mortalité n'a été enregistrée dans les groupes de faible dose (200 mg/kg/j). La mortalité des rats ayant reçu des appâts supplémentés par les différentes formes d'extraits végétaux d'*A. gummifera* se diffère d'une forme à une autre.

###### 3.1.2.1 La poudre

Les résultats ont montré une augmentation hautement significative ( $P < 0,01$ ) du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les deux sexes par rapport au groupe témoin. Un taux de mortalité de 100% a été noté dans les groupes de dose élevée de 800 mg/kg/jour, 36 heures après ingestion des appâts. Pour le groupe de dose de 600 mg/kg/jour, la mortalité étaient d'une moyenne de  $100 \pm 00$  pour les mâles en comparaison avec celle enregistrée chez les femelles

( $50 \pm 00$ ), après 36 heures de traitement. Une mortalité moyenne de  $50 \pm 9.62$  et de  $20 \pm 00$  ont été enregistrées dans les groupes de dose de 434 mg/kg/j pour les mâles et les femelles, respectivement (**Tab.25 et 26**).

### 3.1.3 L'extrait méthanolique

D'après les résultats obtenus, l'appât supplémentés par l'extrait méthanolique a montré une toxicité hautement significative ( $P < 0,01$ ) en fonction de la dose et de la durée du traitement par rapport au groupe témoin dans les intervalles de 12 à 24h et de 24 à 36h. Les taux moyens de mortalité enregistrés dans les 36 heures étaient de  $33,33 \pm 9,62$  et  $16,67 \pm 9,62$  à la dose de 434 mg/kg/j,  $50 \pm 9,62$  et  $33,33 \pm 9,62$  à la dose de 600 mg/kg/j et  $83,33 \pm 9,62$  et  $66,33 \pm 9,62$  à la dose 800 mg/kg/j pour les mâles et les femelles, respectivement (**Tab.25 et 26**)

### 3.1.4 L'extrait aqueux

Les appâts supplémentés par l'EARAG ont montré une mortalité moyenne de  $66.67 \pm 00$  et  $50 \pm 9.62$  chez les rats traités à la dose la plus élevée 800 mg/kg/j,  $33.33 \pm 00$  et  $16.66 \pm 9.62$  à la dose de 600 mg/kg/j, après 36 heures de traitement chez les mâles et les femelles, respectivement. Par ailleurs, une moyenne de  $16.66 \pm 9.62$  a été enregistrée chez les deux sexes à la dose de 434 mg/kg/j (**Tab.25 et 26**). Il y avait une augmentation hautement significative ( $P < 0,01$ ) du taux de mortalité causée par EARAG, en fonction de la dose et de la durée du traitement à l'intervalle de 12-36h par rapport au groupe témoin chez les mâles et à l'intervalle de 24-36 h chez les femelles.

Les résultats du *t*-test (**Tab.27**), ont indiqué une augmentation hautement significative ( $P < 0,01$ ) du taux de mortalité chez les mâles ( $33.33 \pm 9.12$ ) que les femelles ( $6.66 \pm 3.33$ ) dans le groupe des rats qui ont reçu des appâts supplémentés par PRAG à une doses de 434 mg/kg/j ( $t = 2.72$  \*\*). Alors qu'une différence significative ( $P < 0.05$ ) du taux de mortalité a été enregistrée à la dose de 800 mg/kg/j ( $t = 3.05$  \*), avec une mortalité moyenne de  $100 \pm 0.00$  et de  $61.11 \pm 12.72$  chez les mâles et les femelles, respectivement. Aucune différence significative de mortalité liée au sexe n'a été notée dans les groupes des rats qui ont reçu des appâts supplémentés par EMRAG et EARAG, sauf le groupe de 600 mg/kg/j d'EMRAG ( $t = 1.75$  \*), qui a montré une différence significative ( $P < 0.05$ ) avec un taux moyen plus important chez les mâles ( $30 \pm 8.78$ ) que chez les femelles ( $11.11 \pm 6.21$ ).

**Tableau 25.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.

Dose (mg/kg/j)	Mortalité corrigée ± SE (%)		
	0-12h	12-24h	24-36h
<b>PRAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AC</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AC</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>
800	100.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>
Valeur F	-	13389**	134.94**
Valeur P	-	P<0.01	P<0.01
R	-	0.99	0.99
<b>EMRAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AC</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	40.00 ± 11.54 <sup>AD</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AD</sup>
800	50.00 ± 9.62 <sup>AD</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>	83.33 ± 9.62 <sup>AE</sup>
Valeur F	30.15**	9.62**	26.46**
Valeur P	P<0.01	P<0.01	P<0.01
R	0.95	0.88	0.95
<b>EARAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AD</sup>
800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>
Valeur F	-	30.02**	24.36**
Valeur P	-	P<0.01	P<0.01
R	-	0.95	0.94

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, P<0.05) ; GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 26.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.

Dose (mg/kg/d)	Mortalité corrigée ± SE (%)		
	0-12	12-24	24-36
<b>PRAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	20.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AD</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>DA</sup>
800	16.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>
Valeur F	3.35*	32.61**	82060.68**
Valeur P	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
R	0.74	0.96	0.99
<b>EMRAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AD</sup>
800	44.44 ± 5.55 <sup>AE</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>	66.33 ± 9.62 <sup>AE</sup>
Valeur F	71.46**	30.02**	16.24**
Valeur P	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
R	0.98	0.95	0.92
<b>EARAG</b>			
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
434	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>
600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>
800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	13.33 ± 13.33 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>
Valeur F	-	1.10**	8,68**
Valeur P	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
R	-	0.53	0.87

Les moyens suivis des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* < 0.05) ;

GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

3.1.4.1 L'effet de taille (R)

L'effet de taille de Cohen a révélé une valeur de R de : 0.99, 0.95, 0.94 chez les mâles et de 0.99, 0.92, 0.87 chez les femelles pour PRAG, EMRAG et AERAG, respectivement (Tab.25 et 26). Selon son échelle, les trois formes d'extraits végétaux sont efficaces avec un effet remarquable de la poudre de rhizome d'*A. gummifera* (R = 0.99) et qui pourrait être comparée aux raticides chimiques au niveau des magasins de stockage des céréales contre le rat *R. norvegicus*.

**Tableau 27.** Taux de mortalité selon le *t*-test pour des échantillons indépendants chez les rats Wistar, mâles et femelles traités par PRAG, EMRAG et EARAG pendant 36h.

Doses (mg/ kg/j)	M de mortalité corrigé ± ES (%)				
	Mâles	Femelles	Valeur de <i>t</i>	dl	Valeur de P
<b>PRAG</b>					
GT	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08	873	19	0.393
200	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
434	33.33 ± 9.21	6.66 ± 3.33	2.722**	10.05	0.021
600	66.66 ± 16.66	33.33 ± 8.78	1.769	12.13	0.102
800	100.00 ± 0.00	61.11 ± 12.72	3.055*	8	0.016
<b>EMRAG</b>					
GT	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08	0.00	22	1.000
200	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
434	16.66 ± 6.21	5.55 ± 3.92	1.512	16	0.150
600	30.00 ± 8.78	11.11 ± 6.21	1.756*	16	0.098
800	61.11 ± 7.34	53.70 ± 5.39	0.812	16	0.429
<b>EARAG</b>					
GT	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08	0.00	22	1.000
200	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
434	5.55 ± 3.92	5.55 ± 3.92	0.000	16	1.000
600	7.40 ± 4.89	5.55 ± 3.92	0.295	16	0.772
800	38.88 ± 10.75	21.11 ± 8.85	1.276	16	0.220

M = moyenne. ES = Erreur standard. GT= groupe témoin. \* et \*\* indiquent une valeur significative à  $p < 0.05$  et hautement significative à  $p < 0.01$  respectivement. La mortalité corrigée est calculée par la formule d'Abbott. df : degré de liberté.

\* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

### 3.1.5 Détermination de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>

Les valeurs DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> obtenues à partir de la courbe de régression de log-dose et le pourcentage de mortalité corrigé (MC%) converti en unité probit, sont présentées dans le **tableau. 28**. La poudre d'*A. gummifera* (AGRP) a enregistré des valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> de 417, 513 mg/kg/j et de 500, 613 mg/kg/j chez les mâles et les femelles, respectivement. Pour les deux extraits ; méthanolique (EMRAG) et aqueux (EARAG), les valeurs de DL<sub>50</sub> chez les mâles étaient de 575 et de 676 mg/kg/j, alors que chez les femelles, des valeurs de 646 et de 708 mg/kg/j ont été enregistrés, respectivement. Une DL<sub>90</sub> de 776 mg/kg/j a été calculée pour l'EMRAG chez les mâles.

**Tableau 28.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> enregistrées par PRAG, EMRAG et EARA chez les rats Wistar mâles et femelles après 36h de traitement.

Valeur de DL (mg/kg/j)	Sexe		Equation	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
<b>PRAG</b>				
DL <sub>50</sub>	417	500	Y=14.48x - 33.08	Y=12.70x-29.36
DL <sub>90</sub>	513	613		
<b>EMRAG</b>				
DL <sub>50</sub>	575	646	Y=9.954x-22.50	Y=9.140x-20.70
DL <sub>90</sub>	776	ND		
<b>EARAG</b>				
DL <sub>50</sub>	676	708	Y=8.833x -20.02	Y=8.283x-18.67
DL <sub>90</sub>	ND	ND		

ND : non déterminé

### 3.1.6 Résultats de l'effet raticide de PRAG dans les magasins de stockage

Le but de la comparaison des effets de la PRAG et du raticide chimique contre *R. norvegicus* au niveau des magasins de stockage des céréales était de trouver une alternative naturelle simple et facile à utiliser aux raticides chimiques afin de protéger les denrées stockés. L'essai au niveau des magasins de stockage de blé a montré que l'appât supplémenté par la PRAG induisait une réduction hautement significative ( $P<0.01$ ) de la population des rats *R. norvegicus* sur trois sites de stockage, selon la méthode de consommation avec un pourcentage de réduction de



60%, comparé à 75% induit par le raticide chimique (**Tab.29**), ce qui affirme l'efficacité du produit végétal testé.

### 3.1.7 Résultats de l'examen macroscopique des organes

Un examen macroscopique complet des organes des rats morts a été réalisé dans le but de détecter les pathologies occasionnées par les trois formes d'extraits végétales du rhizome d'*A. gummifera* chez les rats Wistar traités au niveau du laboratoire. L'examen a montré : une hypertrophie légère à modérée des reins et une congestion avec hémorragie dans la cavité nasale des poumons et du foie des rats morts dans les groupes traités (**Annexe IX**).

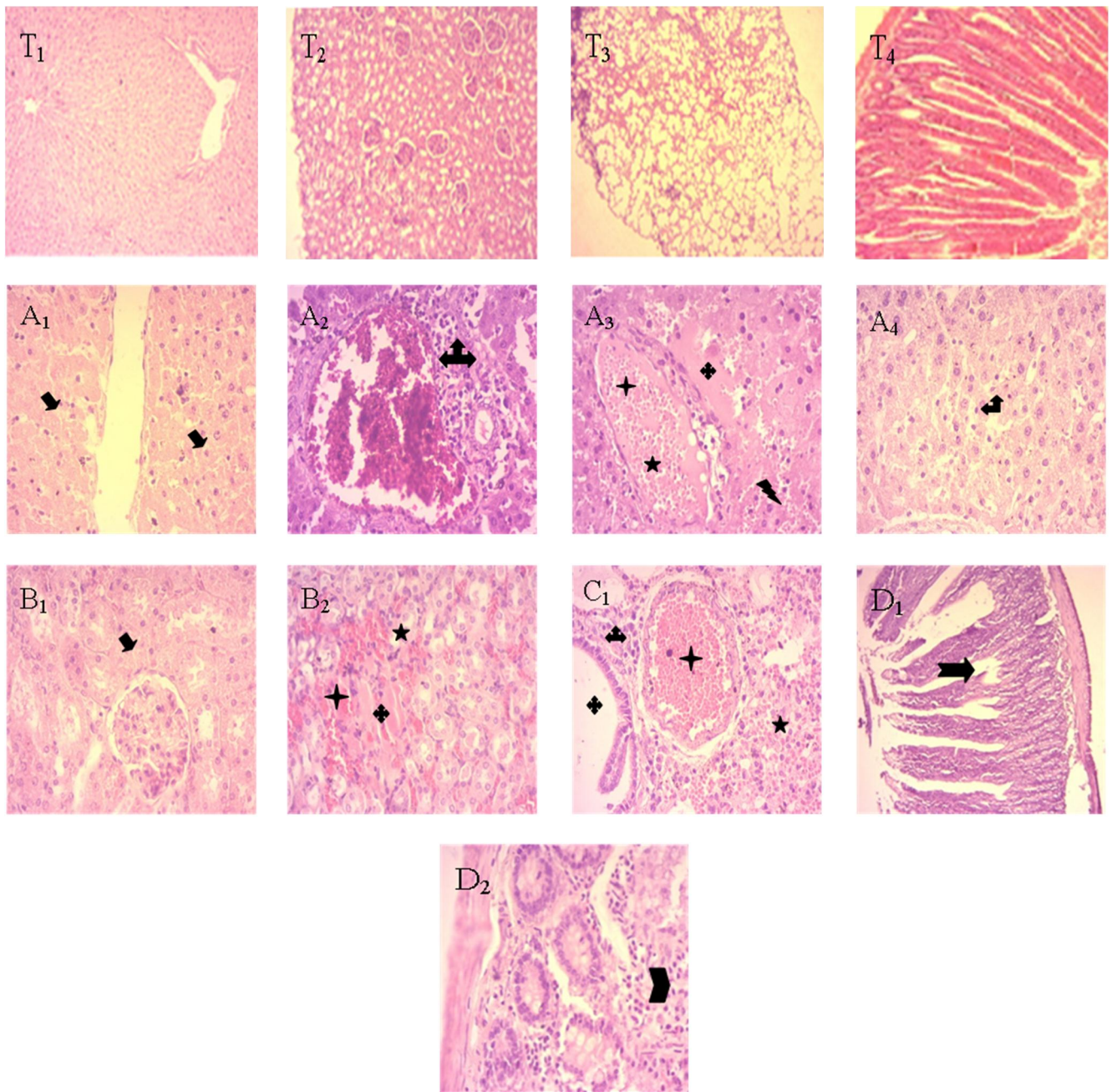
### 3.1.8 Résultats de l'examen histopathologique des organes

Aucun changement microscopique n'a été observé dans les organes des animaux témoins. Des lésions induites par PRAG, EMRAG E et EARAG ont été observées dans les coupes du foie, des poumons, des reins et de l'intestin grêle des rats mâles et femelles traités. Une congestion sévère et une hémorragie accompagnée d'une hémossidérose légère étaient les principales lésions observées dans tous les organes de tous les rats traités. Des coupes histologiques du foie des rats (mâles et femelles) ont montré une dégénérescence hépatocytaire, une vacuolisation cytoplasmique, une nécrose centrolobulaire et une prolifération des cellules de Kupffer. Au niveau des reins, l'examen histologique a révélé une dégénérescence légère à modérée de l'épithélium des tubes rénaux. Une pneumonie interstitielle diffuse et un œdème ont été observés dans les poumons des rats. L'examen microscopique des coupes d'intestins des rats traités a montré une entérite sévère, une desquamation de l'épithélium des villosités et une hyperplasie des cellules caliciformes. Bien que de nombreux organes aient présenté des changements pathologiques liés à la toxicité de RAG, le foie était l'organe le plus affecté chez les rats des deux sexes (**Fig.45, 46, 47**).

**Tableau 29.** Evaluation de l'effet de PRAG, PTG, PDG et le raticide chimique au niveau des magasins de stockage contre *Rattus norvegicus*.

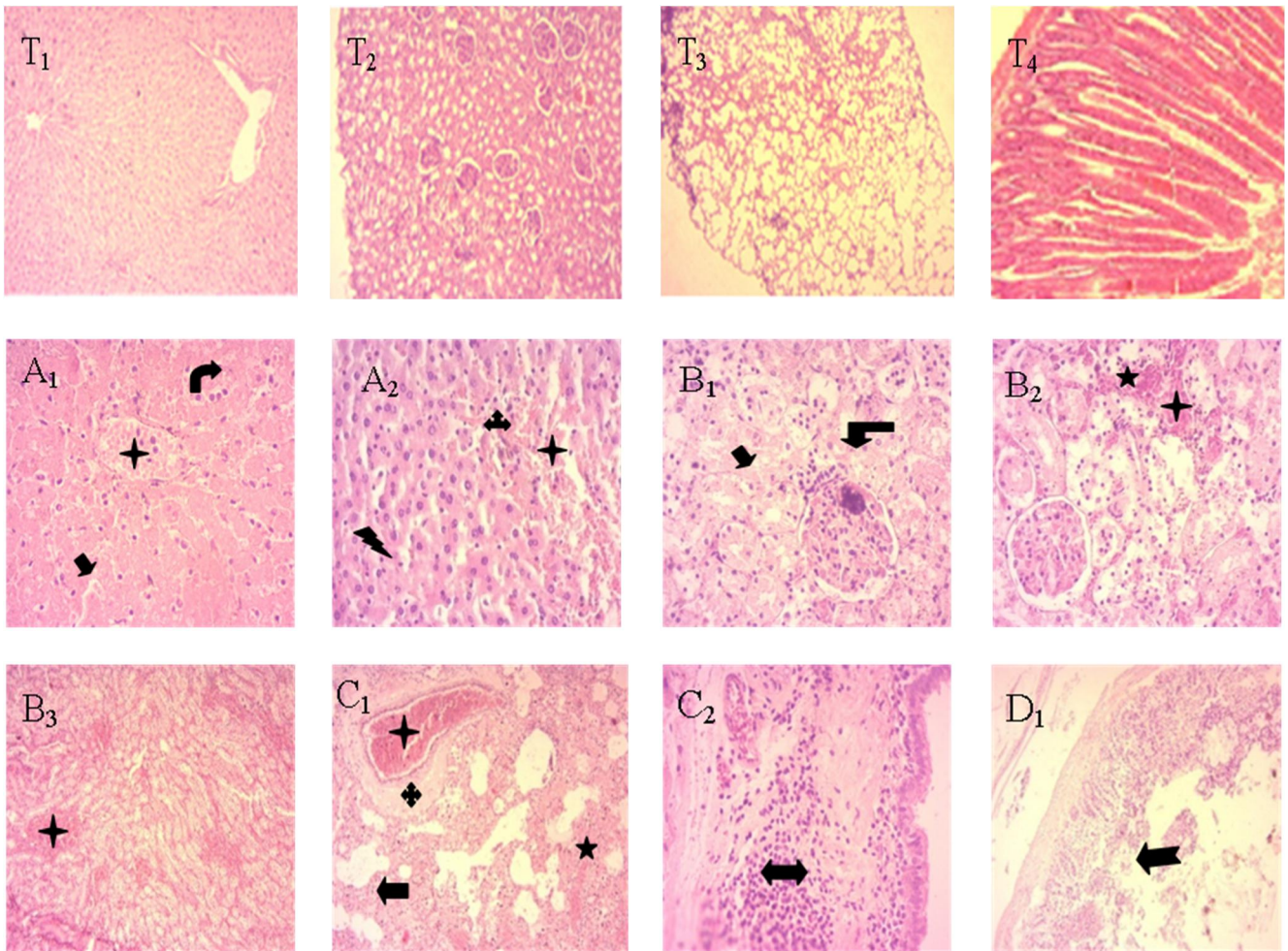
Groups	Consommation en G/silos		Réduction de la population de rongeurs (%)	valeur F
	Pré -traitement	post-traitement		
Silos témoin	1000	1000 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0 %	-
PRAG	1000	400 ± 52.94 <sup>AB</sup>	60%	161.17**
PTG	1000	450 ± 07.45 <sup>AB</sup>	55%	2506.145**
PDG	1000	530 ± 10.80 <sup>AB</sup>	53%	1783.034**
Raticide chimique (RATICIDE 70 <sup>®</sup> )	1000	250 ± 11.18 <sup>AC</sup>	75%	-

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett,  $P < 0.05$ ).

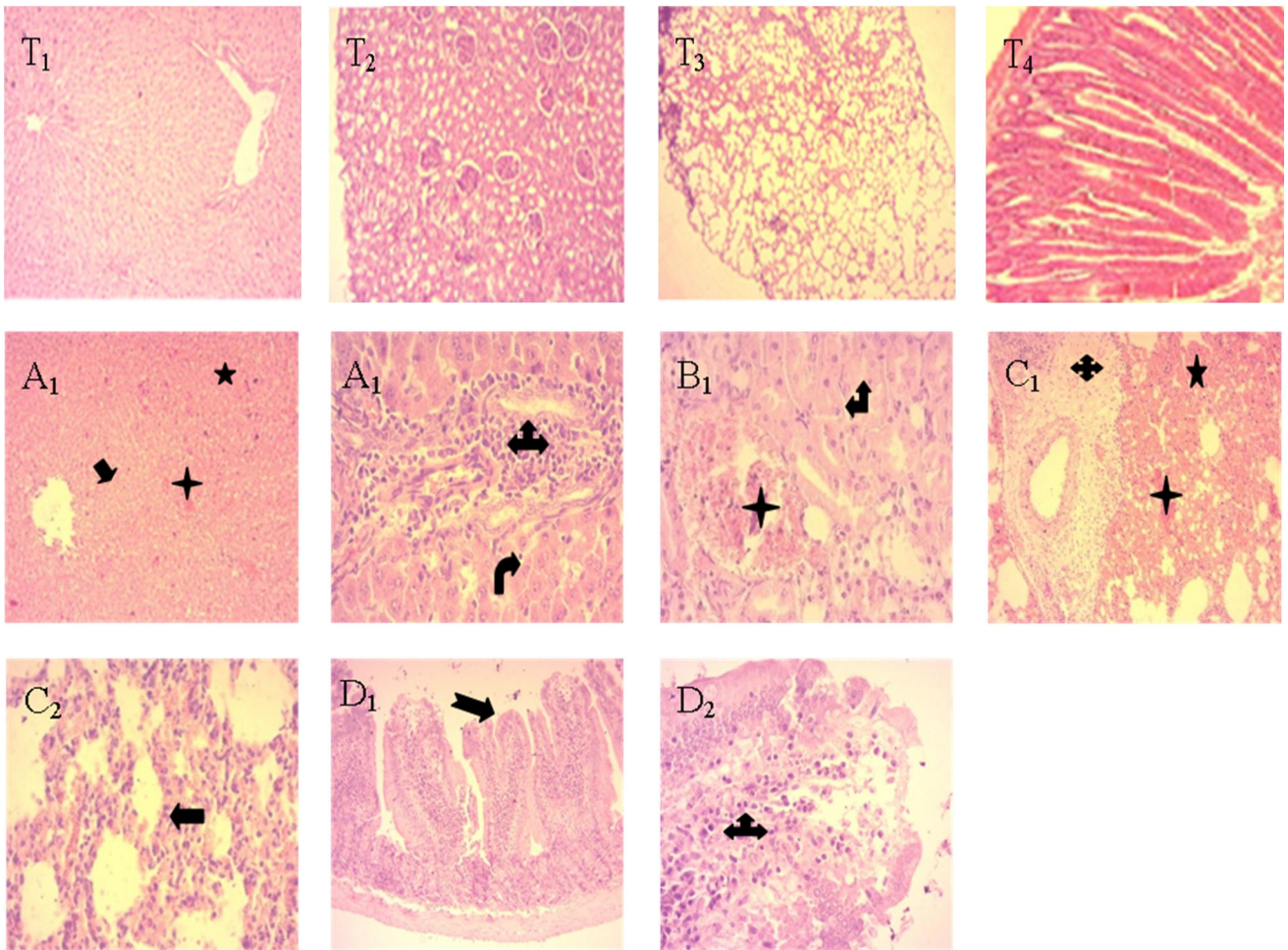


**Figure.45.** Aspect microscopique du : foie T<sub>1</sub> ; rein T<sub>2</sub> ; poumons T<sub>3</sub> et intestin T<sub>4</sub>, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par PRAG H&E au niveau du foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>) : A<sub>1</sub> (x40): Nécrose centrolobulaire sévère (■); A<sub>2</sub> (x 40): infiltration sévère de cellules inflammatoires périportales (cholangite) (◄►); A<sub>3</sub> (x40): œdème (◄), congestion (✦) et hémorragie (★) avec prolifération de cellules de Kupffer (◄); A<sub>4</sub> (x 40): dégénérescence des cellules hépatiques (◄); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>) : B<sub>1</sub> (x40): dégénérescence et nécrose des cellules tubulaires (■); B<sub>2</sub> (x10): congestion sévère (✦), œdème (◄) et hémorragie (★); des poumons (C<sub>1</sub>) : C<sub>1</sub> (x 40): congestion diffuse sévère (✦), œdème (◄) et hémorragie avec une légère infiltration du parenchyme pulmonaire par des cellules inflammatoires (◄); et de l'intestin (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) : D<sub>1</sub> (x10): Entérite sévère avec érosion de l'épithélium des villosités (►); D<sub>2</sub> (x40): Infiltration de la lamina propria par des éosinophiles (►).





**Figure. 46.** Aspect microscopique du : foie T<sub>1</sub>; rein T<sub>2</sub>; = poumons T<sub>3</sub> et intestin T<sub>4</sub>, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EMRAG, H&E, au niveau du foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>): A<sub>1</sub> (x40): Nécrose centrolobulaire diffuse ( ▾ ), vacuolisation des hépatocytes ( ↷ ) et congestion sévère ( ✦ ); A<sub>2</sub> (x40): légère infiltration par des cellules inflammatoires ( ⚡ ), hémorragie modérée ( ★ ) avec hyperplasie des cellules de Kupffer ( ⚡ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>): B<sub>1</sub> (x40): nécrose sévère de l'épithélium tubulaire ( ▾ ) et dilatation des glomérules ( ⚡ ); B<sub>2</sub> (x40): congestion diffuse ( ✦ ) et hémorragie ( ★ ) au niveau du cortex ; B<sub>3</sub> (x10): congestion diffuse au niveau de la médullaire ( ✦ ); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>): C<sub>1</sub> (x10): pneumonie interstitielle modérée ( ⚡ ) congestion diffuse sévère ( ✦ ), œdème ( ⚡ ) et hémorragie ( ★ ); C<sub>2</sub> (x40): broncho-pneumonie diffuse sévère ( ⚡ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>): D<sub>1</sub> (x10): entérite aiguë sévère avec destruction diffuse des villosités ( ⚡ ).



**Figure.47.** Aspect microscopique du : foieT<sub>1</sub>; reinT<sub>2</sub>; poumons T<sub>3</sub>et intestinT<sub>4</sub>, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EARAG, H&E, au niveau du foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) : A<sub>1</sub> (x40): nécrose focale ( ⚓ ) avec congestion ( ✦ ) et une légère hémorragie périportale ( ★ );A<sub>2</sub> (x40): infiltration inflammatoire périportale ( ⬅➡ ) avec hypertrophie et vacuolisation des hépatocytes ( ↷ ); des reins (B<sub>1</sub>) : B<sub>1</sub> (x40): dégénérescence de l'épithélium tubulaire ( ⬆➡ ) et congestion ( ✦ ); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) : C<sub>1</sub> (x10): congestion sévère ( ⬆➡ ), œdème( ✦ ) et hémorragie ( ★ ); C<sub>2</sub>(x40): pneumonie interstitielle sévère( ⬅ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) : D<sub>1</sub>(x10): entérite aiguë sévère avec érosion de l'épithélium des villosités ( ➡ ); D<sub>2</sub>(x40): Infiltration des cellules inflammatoires polynucléaires avec éosinophilie ( ⬆➡ ).

## 3.2 La partie aérienne de *Thapsia garganica*

### 3.2.1 Signes Cliniques

Aucun signe clinique n'a été observé dans le groupe témoin. Cependant, les rats traités ont présenté des troubles de mobilité variables selon la dose et le temps. En outre, une anorexie, des vomissements, une diarrhée et des vertiges ont été observés. Chez le groupe recevant la dose la plus élevée (3900 mg/kg/j), une hyperpnée, une tachycardie sévère, une hypothermie (31 à 32°C) avec une paralysie des pattes antérieures et du cou, ont été constatés 60 heures après le traitement. Habituellement, les rats gravement atteints entrent dans un état de coma qui précède la mort.

### 3.2.2 Taux de mortalité

D'après les résultats, il a été constaté que chaque forme d'extrait végétal de la plante de TG (PTG, EMTG et EATG) a enregistré un taux de mortalité positivement corrélé à la dose administrée, le temps d'exposition et le sexe alors que, les appâts supplémentés par la dose 1300 mg/kg/j des deux extraits n'ont pas engendrés de mortalité chez les rats.

#### 3.2.2.1 La Poudre

Les données montrent que le taux de mortalité augmente de manière hautement significative ( $P < 0.01$ ) chez les rats qui ont reçu des appâts supplémentés par différentes concentrations de PTG (**Tab.30 et 31**). Aucune mortalité n'a été observée entre 12 et 24h. Les doses de 1800 mg/kg/j et de 2600 mg/kg/j ont entraîné une mortalité moyenne de  $50.00 \pm 9.62$  (pour les deux doses) chez les mâles, et de  $33.33 \pm 9.62$  et  $50.00 \pm 0.00$  chez les femelles, respectivement. D'autre part, un taux de mortalité de 100% a été noté chez les mâles à la dose de 3000 mg/kg/j 48 heures après le traitement et à 3900 mg/kg/j 60 heures après le traitement chez les femelles.

#### 3.2.2.2 L'extrait méthanolique

Une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de mortalité a été notée après 60 heures de distribution d'appât (**Tab.30 et 31**). La dose de 1800 mg/kg/j a enregistré des mortalités moyennes de  $33.33 \pm 9.62$  chez les mâles et de  $16.67 \pm 0.00$  chez les femelles. Une mortalité moyenne de  $50.00 \pm 9.62$  a été enregistrée à la dose de 2600 mg/kg/j chez les mâles et



à la dose de 3000 mg/kg/j chez les femelles. La dose de 3900 mg/kg/j a provoqué une mortalité moyenne de  $83.33 \pm 0.00$  et de  $66.67 \pm 0.00$  chez les mâles et les femelles, respectivement.

### 3.2.2.3 L'extrait aqueux

La supplémentation des appâts par différentes concentrations d'EATG a provoqué une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de la mortalité des rats après 60 heures de traitement. Par conséquent, une mortalité moyenne de  $16.67 \pm 0.00$  a été enregistrée chez les deux sexes à la dose de 1800 mg/kg/j, de  $33.33 \pm 0.00$  et  $16.66 \pm 9.62$  à la dose de 2600 mg/kg/j chez les mâles et les femelles, respectivement. La dose de 3000 mg/kg/j a entraîné une mortalité moyenne de  $50.00 \pm 9.62$  chez les mâles et de  $33.33 \pm 9.62$  chez les femelles, alors que la dose de 3900 mg/kg /j a induit une mortalité moyenne de  $50.00 \pm 9.62$  chez les deux sexes après 60h de traitement (**Tab.30** et **31**).

Selon les résultats de comparaison de deux groupes indépendants ( $t$ -test), il est important de mentionner que les rats femelles ont montré plus de résistance aux appâts empoisonnés que les mâles, il a été constaté, ainsi, que le taux de mortalité dans le groupe des rats qui ont reçu des appâts supplémentés par 1800 mg/kg/j de PTG augmentait significativement ( $t = 2.15^*$ ,  $P < 0.05$ ) chez les mâles ( $29.16 \pm 5.84$ ) que chez les femelles ( $12.50 \pm 5.07$ ). Cependant, aucune différence significative ( $P < 0.05$ ) entre les deux sexes n'a été observée aux niveaux des doses 1300 ( $t = 1.39$ ), 2600 ( $t = 0.94$ ), 3000 ( $t = 1.44$ ), 3900 ( $t = 0.46$ ) mg/kg/j de PTG. Les deux extraits (EMTG et EATG) ont montré des mortalités moyennes plus importantes chez les mâles que chez les femelles mais qui ne sont pas statistiquement significative ( $P > 0.05$ ) (**Tab.32**).

### 3.2.2.4 L'effet de taille (R)

À la base des valeurs de l'effet de taille R, des moyennes de 0.73, 0.69, 0.67 et de 0.73, 0.68, 0.22 ont été enregistrés 60h après le traitement par PTG, EMTG, EATG chez les rats mâles et femelles, respectivement (**Tab.30** et **31**). Ces résultats ont permis le choix de la PTG pour effectuer des essais de l'effet raticide contre l'espèce *R. norvegicus* au niveau des magasins de stockage.

**Tableau 30.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.

Dose (mg/kg/j)	Mortalité corrigée ± ES (%)			
	12-24h	24-36h	36-48h	48-60h
<b>PTG</b>				
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1300	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AB</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AB</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AC</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AC</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AC</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AD</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>	83.33 ± 9.62 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	38.158**	66.479**	71.393**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.96	0.97	0.98
<b>EMTG</b>				
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1300	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AC</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 16.66 <sup>AD</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AD</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AC</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	83.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	15.330**	10.795**	51.654**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.91	0.89	0.97
<b>EATG</b>				
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1300	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AC</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AD</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AD</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	5.882**	15.121**	22.775**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.82	0.91	0.94

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.  
 Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05); GT : groupe témoin; R : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.



**Tableau 31.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.

Dose (mg/kg/j)	Mortalité corrigée ± ES (%)			
	12-24h	24-36h	36-48h	48-60h
<b>PTG</b>				
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
<b>1300</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AB</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AB</sup>
<b>1800</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AC</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AC</sup>
<b>2600</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AD</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AD</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>
<b>3000</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AE</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>
<b>3900</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	57.34**	60.07**	57.97**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.97	0.97	0.97
<b>EMTG</b>				
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
<b>1300</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
<b>1800</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AC</sup>
<b>2600</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AD</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AD</sup>
<b>3000</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 0.00 <sup>AE</sup>	16.66 ± 0.00 <sup>AE</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AE</sup>
<b>3900</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AF</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	5.88**	30.43**	31.49**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.82	0.95	0.95
<b>EATG</b>				
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
<b>1300</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
<b>1800</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16,67 ± 0,00 <sup>AA</sup>
<b>2600</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16,67 ± 0,00 <sup>AA</sup>	16,66 ± 9,62 <sup>AA</sup>
<b>3000</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16,67 ± 0,00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AE</sup>
<b>3900</b>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AF</sup>
<i>F value</i>	-	-	-	10.71**
<i>P value</i>	-	-	-	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	-	-	0.89

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05); GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 32.** Taux de mortalité selon le *t*-test pour des échantillons indépendants chez les mâles et les femelles des rats Wistar traités avec PTG, EMTG et EATG pendant 60h.

Doses (mg/kg/d)	Mortalité corrigée ± ES (%)		Valeur de t	dl	Valeur de P
	Mâles	Femelles			
<b>PTG</b>					
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00	0.00± 0.00	-	-	-
<b>1300</b>	16.66 ± 5.02	8.33 ± 3.24	1.39	22	0.177
<b>1800</b>	29.16 ± 5.84	12.50 ± 5.07	2.15*	22	0.043
<b>2600</b>	33.33 ± 6.48	25.00 ± 5.98	0.94	22	0.355
<b>3000</b>	62.50 ± 11.80	41.66 ± 8.33	1.44	22	0.164
<b>3900</b>	75.00 ± 13.05	66.66 ± 12.47	0.46	22	0.649
<b>EMTG</b>					
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00	0.00± 0.00	-	-	-
<b>1300</b>	0.00 ± 0.00	0.00± 0.00	-	-	-
<b>1800</b>	12.50 ± 4.46	4.16 ± 2.17	1.62	15.60	0.124
<b>2600</b>	20.83 ± 7.71	12.50 ± 4.64	0.92	18.05	0.367
<b>3000</b>	29.16 ± 7.97	20.83 ± 5.84	0.84	22	0.409
<b>3900</b>	45.83 ± 9.86	33.33 ± 8.45	0.96	22	0.347
<b>EATG</b>					
<b>GT</b>	0.00 ± 0.00	0.00± 0.00	-	-	-
<b>1300</b>	0.00 ± 0.00	0.00± 0.00	-	-	-
<b>1800</b>	4.16 ± 2.17	4.16 ± 2.17	0.00	22	1.000
<b>2600</b>	12.49 ± 4.64	8.33 ± 3.24	0.73	19.67	0.471
<b>3000</b>	20.83 ± 5.84	12.50± 4.64	1.11	22	0.276
<b>3900</b>	24.99 ± 6.32	20.83± 6.84	0.44	22	0.659

M = moyenne. ES = Erreur standard. \* et \*\* indiquent une valeur significative à  $P < 0.05$  et hautement significative à  $P < 0.01$  respectivement. La mortalité corrigée est calculée par la formule d'Abbott. dl : degré de liberté ; GT : groupe témoin.

### 3.2.3 Détermination de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>

La méthode de Tainter et Miller (1944) a été utilisée pour calculer les valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>, à partir de la courbe de régression de log-dose et le pourcentage de mortalité corrigée (CM%) en unité probit. Les résultats montrent que les appâts supplémentés par la PTG ont enregistré des valeurs de DL<sub>50</sub> de 1660 mg/kg/j et 2042 mg/kg/j et des valeurs de DL<sub>90</sub> de 2399 mg/kg/j et de 3090 mg/kg/j chez les mâles et les femelles, respectivement. Chez les mâles, les valeurs de DL<sub>50</sub> enregistrées avec les deux extraits méthanolique et aqueux étaient de : 2754 et de 3162 mg/kg/j, respectivement, alors que pour chez les femelles, les valeurs de DL<sub>50</sub> étaient de 3020 et de 3388 mg/kg/j, respectivement. Une DL<sub>90</sub> de 3631 mg/kg/j a été calculée chez les mâles recevant des appâts supplémentés par EMTG, d'où aucune valeur n'a été enregistrée chez les femelles et chez les deux sexes avec EATG. (**Tab.33**).

**Tableau 33.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> enregistrés chez les rats Wistar 60h après traitement avec PTG, EMTG et EATG.

Valeur de DL (mg/kg/j)	Sexe		Equation	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
<b>PTG</b>				
DL <sub>50</sub>	1660	2042	Y=7.997x - 20.80	Y=7.2.18x -18.89
DL <sub>90</sub>	2399	3090		
<b>EMTG</b>				
DL <sub>50</sub>	2754	3020	Y=11.27x-33.82	Y=10.46x-31.45
DL <sub>90</sub>	3631	ND		
<b>EATG</b>				
DL <sub>50</sub>	3162	3388	Y=9.780x -29.23	Y=9.295x-27.79
DL <sub>90</sub>	ND	ND		

ND : Non Déterminé

### 3.2.4 Résultats de l'effet raticide de la PTG au niveau des magasins de stockage

Des essais pour évaluation de l'effet raticide de la PTG et du raticide chimique (RATICIDE 70®) ont été menés au niveau des magasins de stockage de blé contre le *R. norvegicus*. Un taux de réduction moyen de 55% de la population de *R. norvegicus*, hautement significative ( $P<0.01$ ), a été induit par la PTG, en comparaison avec le raticide chimique qui a entraîné une réduction de 75% (**Tab.29**). La PTG semble être efficace pour

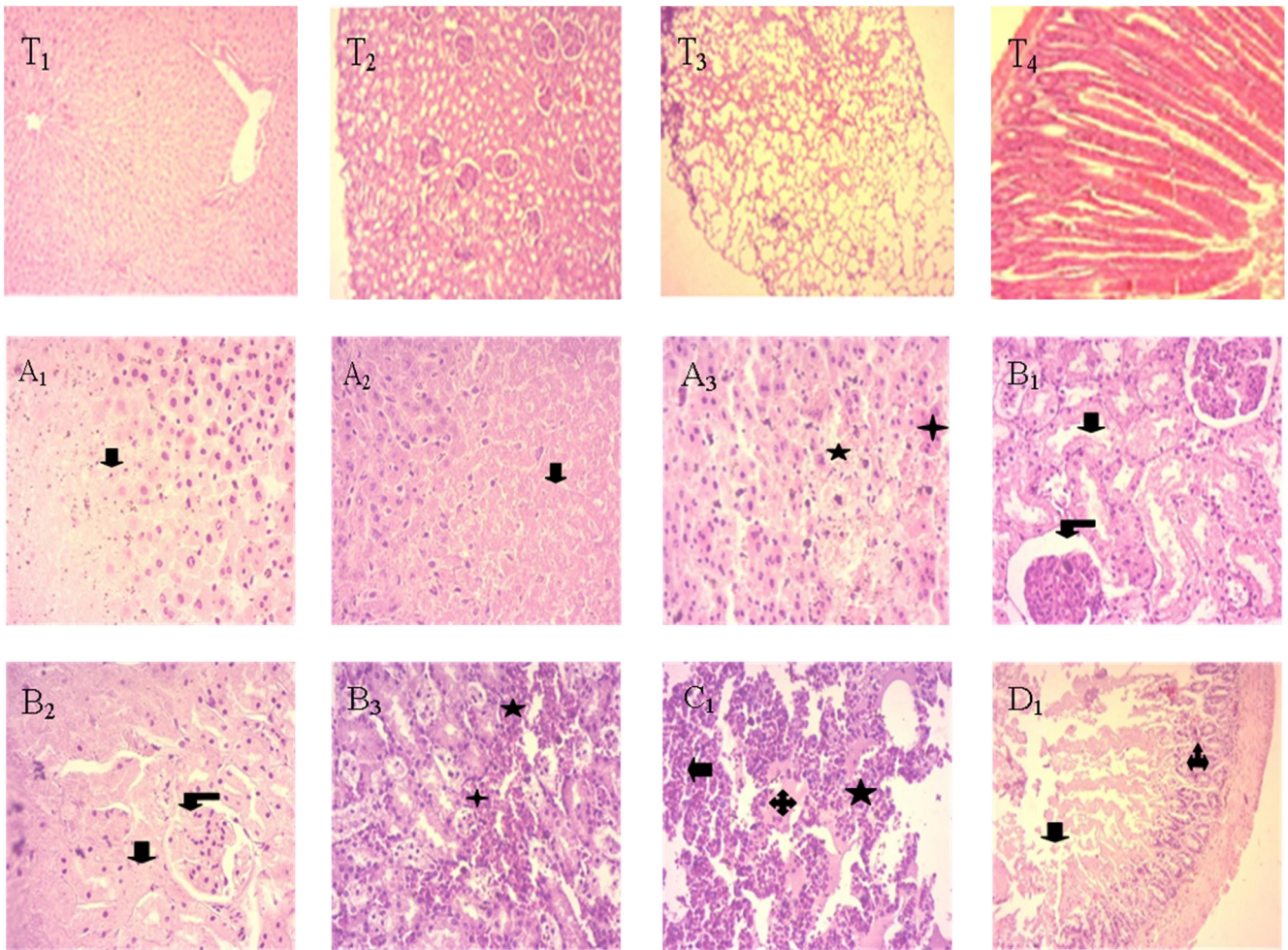
réduire la population de *R. norvegicus*, ce qui conduit à conclure que cet extrait végétal est prêt pour être testé et utilisé au niveau des magasins de stockage des céréales comme raticide.

### **3.2.5 Résultats de l'examen macroscopique des organes**

L'examen macroscopique des cadavres de rats a révélé la présence d'une atrophie des poumons, une hypertrophie des reins et une congestion avec hémorragie au niveau hépatique (**Annexe IX**).

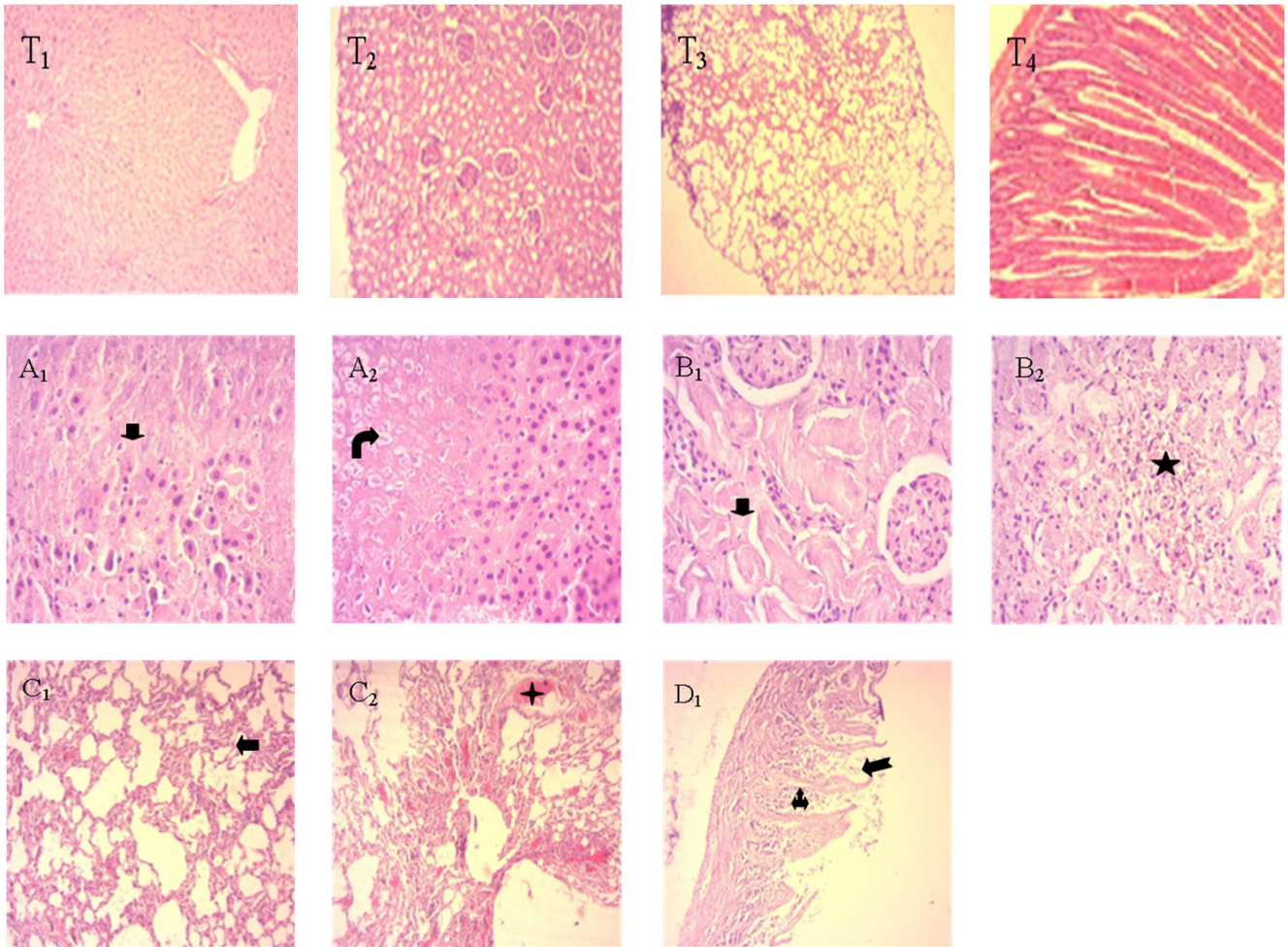
### **3.2.6 Résultats de l'examen histopathologique des organes**

Les organes des rats du groupe témoin n'ont montré aucune lésion. Pratiquement les mêmes changements microscopiques ont été observés chez les rats des groupes traités. L'examen microscopique a révélé une congestion sévère et une hémorragie avec hémosidérose au niveau du foie, des poumons et des reins. Par ailleurs, les poumons présentent un œdème sévère, une pneumonie interstitielle aiguë associés à une nécrose. Le parenchyme hépatique a montré des lésions plus sévères d'œdème et de nécrose cellulaire. Au niveau de l'intestin, une entérite sévère avec perte totale des villosités et une érosion importante de la muqueuse, une dégénérescence des cryptes et une infiltration éosinophile ont été observées. Les reins ont montré une nécrose de coagulation et une dilatation des tubes rénaux avec une hypertrophie glomérulaire dans tous les groupes de rats traités (**Fig. 48, 49 et 50**).

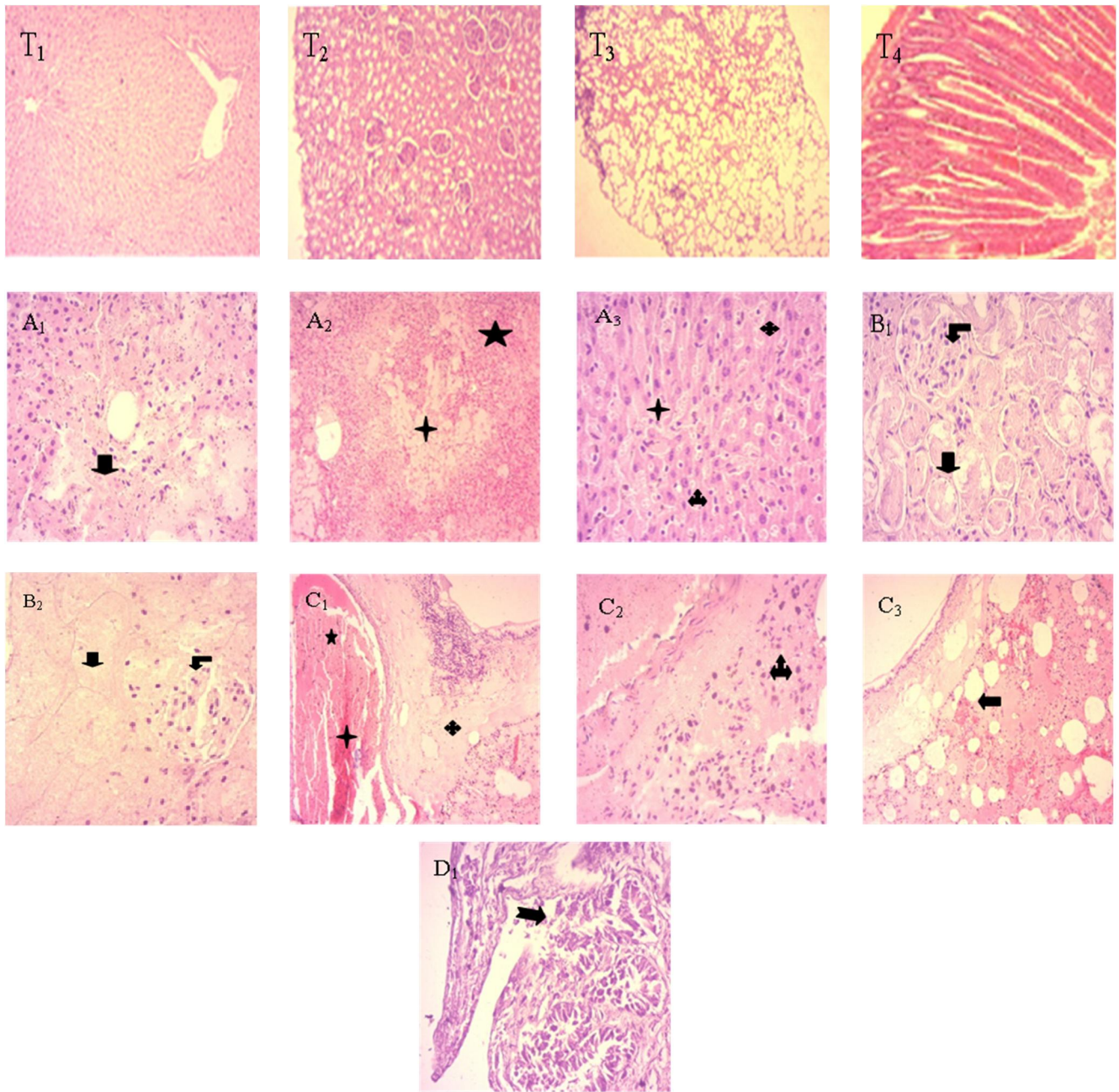


**Figure. 48.** Aspect microscopique du : foie T<sub>1</sub>, rein T<sub>2</sub>, poumons T<sub>3</sub> et intestin T<sub>4</sub>, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par PTG, H&E, du foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) : A<sub>1</sub> & A<sub>2</sub> (40 x) : nécrose hépatocytaire sévère ( ⬇ ); A<sub>3</sub> (x4) : hémorragie ( ★ ) et congestion ( ✦ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>) : B<sub>1</sub> & B<sub>2</sub> (x 40) : nécrose épithéliale tubulaire sévère diffuse ( ⬇ ) avec hypertrophie des glomérules ( ⬇ ); B<sub>3</sub> (x 40) : congestion ( ✦ ) et hémorragie ( ★ ) de la médullaire ; des poumons (C<sub>1</sub>) C<sub>1</sub> (x 40) : pneumonie interstitielle sévère diffuse avec infiltration des cellules inflammatoires ( ⬅ ), hémorragie ( ★ ), œdème ( ⬇ ) et de l'intestin (D<sub>1</sub>) ; D<sub>1</sub> (x 10) : nécrose sévère et desquamation de l'épithélium des villosités ( ⬇ ) et infiltration de la muqueuse intestinale par des cellules inflammatoires ( ⬇ ).





**Figure. 49.** Aspect microscopique du : foieT1, reinT2, poumons T3 et intestinT4, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EMTG, **H&E**, au niveau du : foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) : **A** (x 40): nécrose hépatocytaire sévère ( ↓ ); A<sub>2</sub> (x 40): vacuolisation cytoplasmique et altérations nucléaires proéminentes ( ↷ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>): **B**<sub>1</sub> (x 40): nécrose tubulaire sévère diffuse avec effacement de lumière tubulaire ( ↓ ); **B**<sub>2</sub> (x 40): hémorragie sévère au niveau de la médullaire ( ★ ); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) : C<sub>1</sub> (x 10): pneumonie interstitielle légère ( ◀ ); C<sub>2</sub> (x 10): congestion sévère ( ✦ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>):**D**<sub>1</sub>(x 10): villosités totalement dénudées ( ➡ ) avec infiltration légère des cellules inflammatoires ( ⇄ ).



**Figure.50.** Aspect microscopique du : foieT1 ; reinT2 ; poumons T3et intestinT4, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EATG, H&E, au niveau du : foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) : A<sub>1</sub> (x 40): nécrose centrolobulaire sévère( ▾), A<sub>2</sub> : œdème important ( ⇄) hémorragie sévère ( ★; A<sub>3</sub> (x 10) : congestion des sinusoides( ✦, œdème ( ⇄), infiltration des cellules inflammatoires ( ⇄);des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>) :B<sub>1</sub> (x 10) &B<sub>2</sub> (x 40): nécrose tubulaire diffuse sévère ( ▾) avec hypertrophie glomérulaire et effacement de la lumière tubulaire et glomérulaire ( ▾); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>) :C<sub>1</sub> (x 40): œdème pulmonaire sévère ( ⇄), congestion ( ✦, hémorragie ( ★) C<sub>2</sub> (x 40) infiltration de cellules inflammatoires ( ⇄); C<sub>3</sub> (x 40): pneumonie interstitielle sévère ( ▮); et de l'intestin (D<sub>1</sub>) :D<sub>1</sub> (x 10): destruction totale de l'épithélium intestinal avec des villosités complètement érodées ( ▸).



### 3.3 La partie aérienne de *Daphne gnidium*

#### 3.3.1 Signes Cliniques

Les rats du groupe témoin n'ont présenté aucun signe clinique de toxicité. Après la distribution des appâts supplémentés par les différents extraits végétaux de la plante, des signes cliniques sont survenus suite à la toxicité par ces derniers de gravité variant en fonction de la dose et du temps, où il est nécessaire de noter que la mobilité des rats traités saute d'une faible à une très faible mobilité à la dose la plus élevée (4800 mg/kg/j) après 72h de traitement, avec l'apparition de vertiges. Les signes cliniques digestifs ont été caractérisés par la présence d'une anorexie chez les sujets traités, des vomissements et des diarrhées. De même, les rats intoxiqués entrent dans un état comateux juste avant leur mort avec apparition d'une hypothermie (30 à 33°C), une hyperpnée et une tachycardie d'une importance plus remarquable aux doses 4200 et 4800 mg/kg/j à l'intervalle du temps de 60h à 72h. La paralysie des pattes présente des troubles nerveux chez les rats traités.

#### 3.3.2 Taux de mortalité

Notre expérimentation nous a conduit à déduire que la partie aérienne de *D. gnidium* a approuvé sa toxicité avec une efficacité plus remarquable de la poudre causant un taux de mortalité important par rapport aux deux extraits, dépendant à la dose administrée, le temps d'exposition et le sexe. Les résultats obtenus révèlent que les doses 1800, 2600 et 3000 mg/kg/j ne causent aucune mortalité chez les rats traités par EADG. Alors que les appâts supplémentés par EMDG, seule la dose 1800 mg/kg/j n'introduit aucune mortalité.

##### 3.3.2.1 La poudre

Une augmentation hautement significative de mortalité ( $P < 0.01$ ) a été enregistrée chez les rats ayant reçu des appâts supplémentés par la poudre de *D. gnidium*, avec des mortalités moyennes plus élevées chez les mâles que les femelles. Cependant, les mâles ont présentés des taux de  $16.67 \pm 0.00$ ,  $33.33 \pm 9.62$ ,  $50.00 \pm 0.00$ ,  $66.66 \pm 9.62$  et  $83.33 \pm 0.00$  aux doses 1800, 2600, 3000, 3900 et 4200 mg/kg/j, respectivement, tandis que chez les femelles, les mêmes doses ont donnés des mortalités moyennes de  $16.67 \pm 0.00$ ,  $16.66 \pm 9.62$ ,  $33.33 \pm 9.62$ ,  $50.00 \pm 0.00$ ,  $66.66 \pm 9.62$ , respectivement après 72h de traitement, alors qu'à l'intervalle de temps de 48-60h et à la dose 4800 mg/kg/j ; une mortalité moyenne de  $100 \pm 00$  chez les mâles



et de  $83.33 \pm 9.62$  chez les femelles ont été observés, où elle atteint 100% de mortalité après 72h (**Tab.34 et 35**).

#### 3.3.2.1.1 L'extrait méthanolique

Les groupes des rats traités avec les appâts supplémentés par EMDG ont enregistré une augmentation de mortalité hautement significative ( $P < 0.01$ ). Aucune mortalité n'a été notée à l'intervalle de temps 0-24h et de 24-48h chez tous les rats d'expérimentation et avec toutes les doses testées. Après 72h de distribution des appâts, les doses : 2600, 3000, 4200, 3900 et 4800 mg/kg/j ont causés des mortalités moyennes de  $16.67 \pm 0.00$ ,  $33.33 \pm 0.00$ ,  $50.00 \pm 9.62$ ,  $66.66 \pm 9.62$  et  $83.33 \pm 0.00$  chez les mâles, cependant, les doses 2600 et 1800 n'ont causé aucune mortalité chez les femelles, tandis que, les doses 3000, 3900, 4200 et 4800 mg/kg/j ont enregistré des mortalités moyennes de  $16.66 \pm 9.62$ ,  $16.66 \pm 9.62$ ,  $33.33 \pm 9.62$  et de  $66.67 \pm 0.00$ , respectivement (**Tab.34 et 35**).

#### 3.3.2.1.2 L'extrait aqueux

Les appâts supplémentés par EADG ont noté les moyennes de mortalité les plus faibles chez les deux sexes comparées aux celles obtenues par PDG et EMDG. Une augmentation hautement significative ( $P < 0,01$ ) de mortalité a été enregistrée aux deux intervalles de temps : 48-60h et 60-72h chez les mâles, et seulement à l'intervalle 48-60h chez les femelles. Les doses 1800, 2600, 3000 mg/kg/j n'ont entraînés aucunes mortalités chez les deux sexes. La dose 3900 mg/kg/j a noté une moyenne de mortalité de  $16.67 \pm 0.00$  chez les rats mâles, tandis qu'aucune mortalité n'a été portée chez les femelles. Après 72h de traitement, les doses : 4200 et 4800 mg/kg/j ont causés des moyennes de mortalité de  $33.33 \pm 0.00$  et de  $66.67 \pm 0.00$  chez les mâles, et de  $33.33 \pm 0.00$  et de  $50.00 \pm 0.00$  chez les femelles (**Tab.34 et 35**).

Selon les résultats du *t*-test, aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) du taux de mortalité n'a été enregistrée aux différentes doses de la poudre, extrait méthanolique et aqueux de *D. gnidium* chez les rats traités des deux sexes (**Tab.36**). A la dose 4800mg/kg/j, des mortalités moyennes de  $63.33 \pm 10.18$ ,  $36.66 \pm 8.63$  et  $20.66 \pm 7.41$  ont été notées chez les mâles, et de  $53.33 \pm 9.78$ ,  $30.00 \pm 7.31$  et  $20.00 \pm 5.68$  chez les femelles, 72h après la distribution des appâts supplémentés par la poudre et les deux extraits méthanolique et aqueux, respectivement.

### 3.3.2.2 L'effet de taille (R)

La mesure de l'effet de taille indiquée, nous a permis de comparer l'efficacité de la poudre et des deux extraits de *D. gnidium* comme raticides selon le taux de mortalité entraîné par ces derniers. La poudre de *D. gnidium*, EMDG et EADG ont enregistré des moyennes de R de 0.77, 0.58, 0.39 et de 0.57, 0.38, 0.33 chez les mâles et les femelles, respectivement après 72h de traitement (**Tab.34** et**35**). Les résultats montrent que la PDG a une efficacité plus importante qu'EMDG et EADG, ce qui conduit à la tester comme raticide contre *R. norvegicus* au niveau des magasins de stockage de blé.

### 3.3.3 Détermination de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>

La méthode de Tainter et Miller (1944), était la méthode adoptée pour calculer les doses létales en fonction des pourcentages de mortalités convertis en unité probit. D'après le **tableau.37**, le groupe des mâles et des femelles qui ont été alimenté avec des appâts supplémentés par la PDG, EMDG et EADG ont enregistré des valeurs de DL<sub>50</sub> de : 2754, 4169 et 4786 et de : 3020, 4467 et 4800, respectivement. Cependant, aucune valeur de DL<sub>90</sub> n'a été enregistrée chez tous les groupes des rats qui ont reçu des appâts supplémentés par EMDG et EADG, alors que la PDG a donné des valeurs de DL<sub>90</sub> de 3981 chez les mâles et de 4365 chez les femelles (**Tab.37**).

### 3.3.4 Résultats de l'effet de PDG et le raticide chimique au niveau des magasins de stockage

Les résultats d'évaluation de l'effet raticide de PDG contre *R. norvegicus* ont montré un taux de réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) de 53% de la population selon la méthode de consommation utilisée. Sous le titre d'une comparaison avec le raticide chimique qui a enregistré un taux de réduction de 75% de la population, l'effet raticide de la poudre de *D. gnidium* est important et doit être pris en considération pour être investi dans le domaine de lutte contre les populations de rongeurs de stock (**Tab.29**).

**Tableau 34.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats mâles traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 72h.

Dose (mg/kg/d)	Mortalité corrigée ± ES (%)				
	12-24h	24-36h	36-48h	48-60h	60-72h
<b>PDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AB</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AC</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AD</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AD</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AD</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AE</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>	83.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AG</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AG</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F value</i>	-	15.477**	54.618**	38.152**	66.967**
<i>P value</i>	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	0.92	0.97	0.96	0.98
<b>EMDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AC</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AD</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AD</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AE</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AE</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 9.62 <sup>AF</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AF</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>	83.33 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F value</i>	-	-	31.659**	38.615**	84.828**
<i>P value</i>	-	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	-	0.96	0.96	0.98
<b>EADG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AF</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AF</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AG</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F valeur</i>	-	-	-	31.640**	58.452**
<i>P valeur</i>	-	-	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	-	-	0.96	0.97

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05) ;GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 35.** Variations du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps chez les rats femelles traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 72h.

Dose (mg/kg/d)	Mortalité corrigée ± ES (%)				
	12-24h	24-36h	36-48h	48-60h	60-72h
<b>PDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AB</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AA</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AE</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AE</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>	66.66 ± 9.62 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AG</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AG</sup>	83.33 ± 9.62 <sup>AG</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F value</i>	-	-	37.201**	25.628**	39.080**
<i>P value</i>	-	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	-	0.96	0.95	0.96
<b>EMDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AD</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AE</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AF</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AA</sup>	50.00 ± 9.62 <sup>AG</sup>	66.67 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F valeur</i>	-	-	-	18.607**	27.312**
<i>P valeur</i>	-	-	-	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	-	-	-	0.93	0.95
<b>EADG</b>					
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
1800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
2600	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
3000	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
3900	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>
4200	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.67 ± 0.00 <sup>AF</sup>	33.33 ± 0.00 <sup>AF</sup>
4800	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	16.66 ± 9.62 <sup>AG</sup>	33.33 ± 9.62 <sup>AG</sup>	50.00 ± 0.00 <sup>AG</sup>
<i>F valeur</i>	-	-	3.479*	15.308**	-
<i>P valeur</i>	-	-	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.01	-
<i>R</i>	-	-	0.75	0.92	-

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05). D : dose ; GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet.\* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 36.** Taux de mortalité selon le *t*-test pour des échantillons indépendants chez les mâles et les femelles des rats Wistar traités avec PDG, EMDG et EADG pendant 60h.

Doses (mg/kg/j)	M de mortalité corrigée ± ES (%)		Valeur de <i>t</i>	dl	Valeur de P
	Mâles	Femelles			
<b>PDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
1800	6.66 ± 2.18	3.33 ± 1.78	1.18	26.92	0.247
2600	10.00 ± 4.24	6.66 ± 3.17	0.62	28	0.534
3000	20.00 ± 5.44	10.00 ± 3.91	1.49	28	0.147
3900	26.66 ± 6.25	20.00 ± 5.44	0.84	28	0.428
4200	39.99 ± 8.57	26.66 ± 6.86	1.24	28	0.235
4800	63.33 ± 10.18	53.33 ± 9.78	0.70	28	0.485
<b>MEDG</b>					
GT	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
1800	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
2600	3.33 ± 1.78	0.00 ± 0.00	1.87	14	0.082
3000	6.66 ± 2.18	3.33 ± 2.41	1.02	28	0.314
3900	13.33 ± 4.36	6.66 ± 2.18	1.36	28	0.183
4200	20.00 ± 5.90	16.66 ± 4.60	0.44	28	0.660
4800	36.66 ± 8.63	30.00 ± 7.31	0.58	28	0.561
<b>EADG</b>					
GT	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
1800	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
2600	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
3000	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-	-
3900	3.33 ± 1.78	3.33 ± 1.78	-	-	-
4200	10.00 ± 3.91	10.00 ± 3.56	-	-	-
4800	20.66 ± 7.41	20.00 ± 5.68	0.71	28	0.481

M = moyenne. ES = Erreur standard. \* et \*\* indiquent une valeur significative à  $P < 0.05$  et hautement significative à  $P < 0.01$ , respectivement. La mortalité corrigée est calculée par la formule d'Abbott ; dl : degré de liberté ; GT : groupe témoin. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

### 3.3.4.1 Résultats de l'examen macroscopique des organes

L'examen macroscopique des organes des rats morts a montré une atrophie du foie et des poumons, plus remarquable chez les sujets traités par PDG. Les reins se caractérisent par une hypertrophie. Cependant, l'hémorragie et la congestion étaient parmi les observations macroscopiques enregistrées (**Annexe IX**).

**Tableau 37.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> pour PDG, EMDG et EADG chez les rats Wistar après 72h de traitement.

Valeur de DL (mg/kg/j)	Sexe		Equation	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
<b>PDG</b>				
DL <sub>50</sub>	2754	3020	Y=7.896x - 22.18	Y=7.648x - 21.62
DL <sub>90</sub>	3981	4365		
<b>EMDG</b>				
DL <sub>50</sub>	4169	4467	Y=15.44x - 50.90	Y=13.99x - 46.04
DL <sub>90</sub>	ND	ND		
<b>EADG</b>				
DL <sub>50</sub>	4786	4800	Y=14.88x -49.85	Y=14.25x - 47.71
DL <sub>90</sub>	ND	ND		

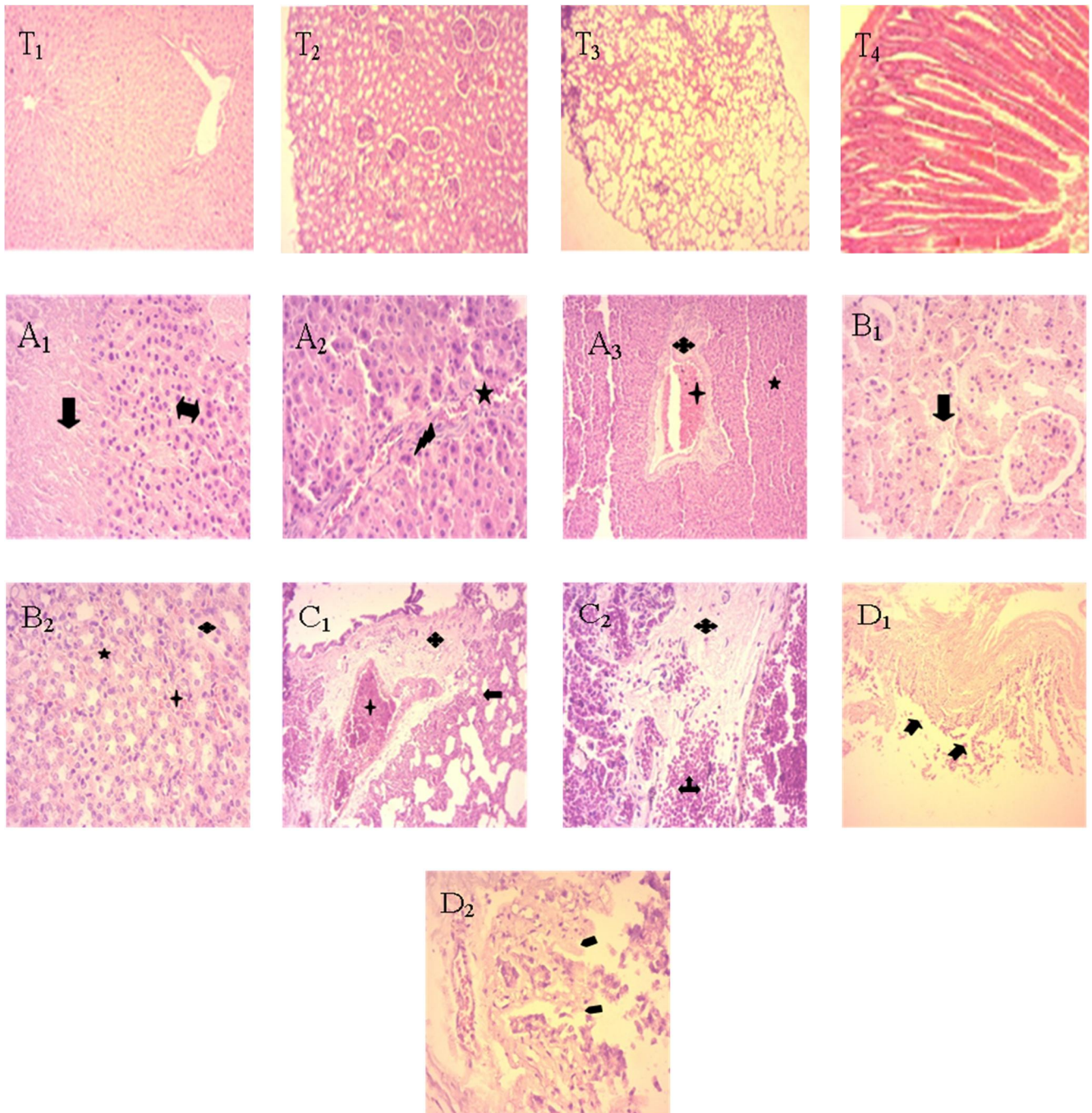
ND : Non Déterminée.

### 3.3.4.2 Résultats de l'examen histopathologique des organes

Le foie, les poumons, les reins et l'intestin grêle étaient les organes qui présentaient des anomalies tissulaires de tous les groupes traités, tandis qu'ils ne présentent aucune anomalie chez les témoins (**Fig.51, 52 et 53**). Les différentes formes d'extrait végétal de la plante (poudre, extrait aqueux et méthanolique), dans la plupart des cas, ont entraînés les mêmes lésions. L'hémorragie, la congestion et l'œdème étaient détectés au niveau de tous les tissus du foie, des reins et des poumons. Cependant, une dégénérescence des hépatocytes, vasodilatation des sinusoides, hyperplasie des cellules de kupffer et la nécrose cellulaire (pynose) étaient les résultats de l'examen microscopique du foie. Une pneumonie interstitielle avec présence des cellules inflammatoires, une hyperplasie du BALT, une embolie et une bronchite ont caractérisé les anomalies tissulaires observées au niveau des poumons. Par ailleurs, les reins montrent une

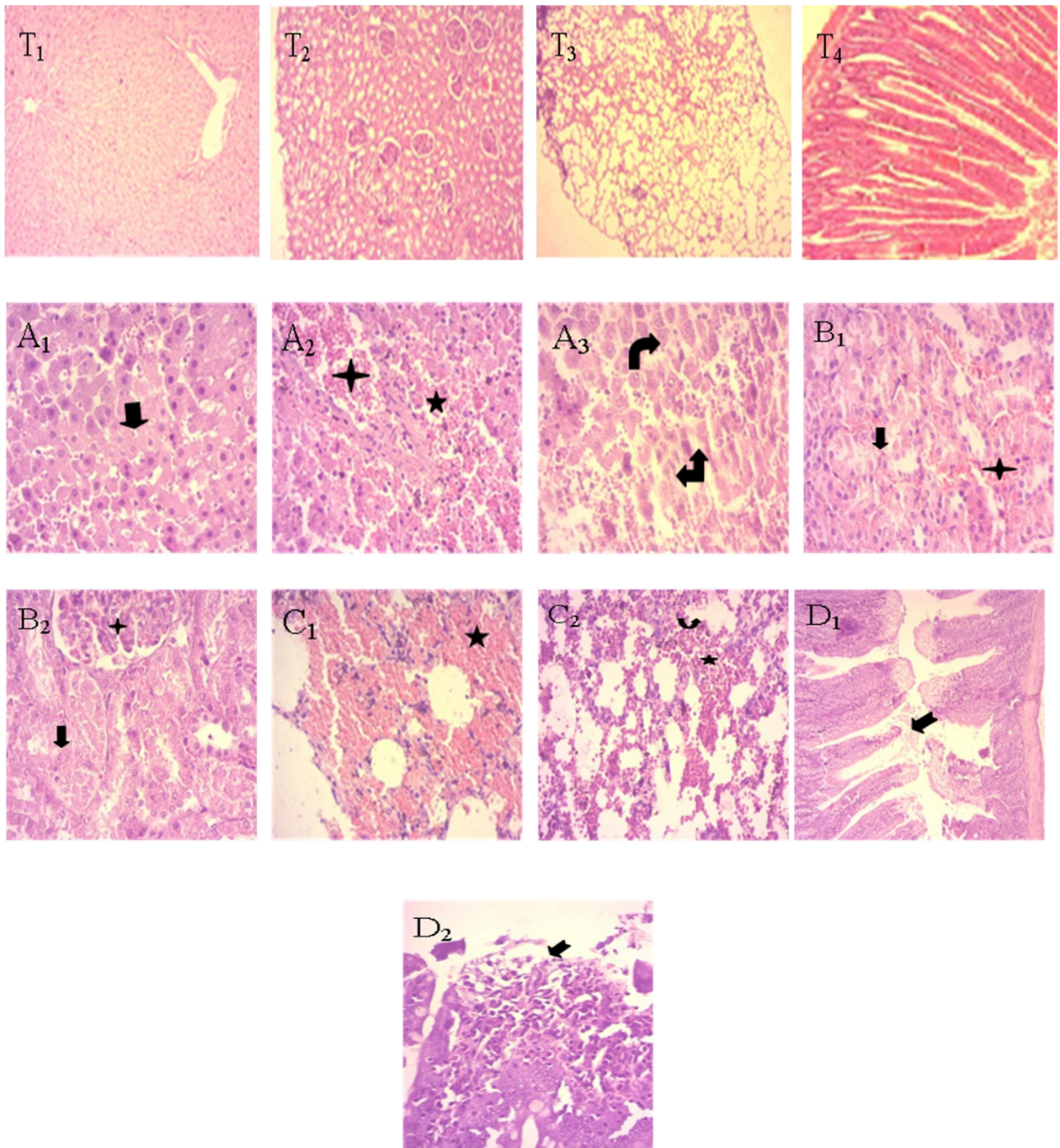
nécrose médullaire et tubulaire avec présence d'une réaction inflammatoire en plus de la congestion, l'œdème et de l'hémorragie médullaire sévère. En revanche, une entérite avec perte totale des villosités et une desquamation de l'épithélium au niveau de l'apex de ces derniers plus d'une infiltration des cellules inflammatoires ont été notés au niveau des tissus intestinaux.





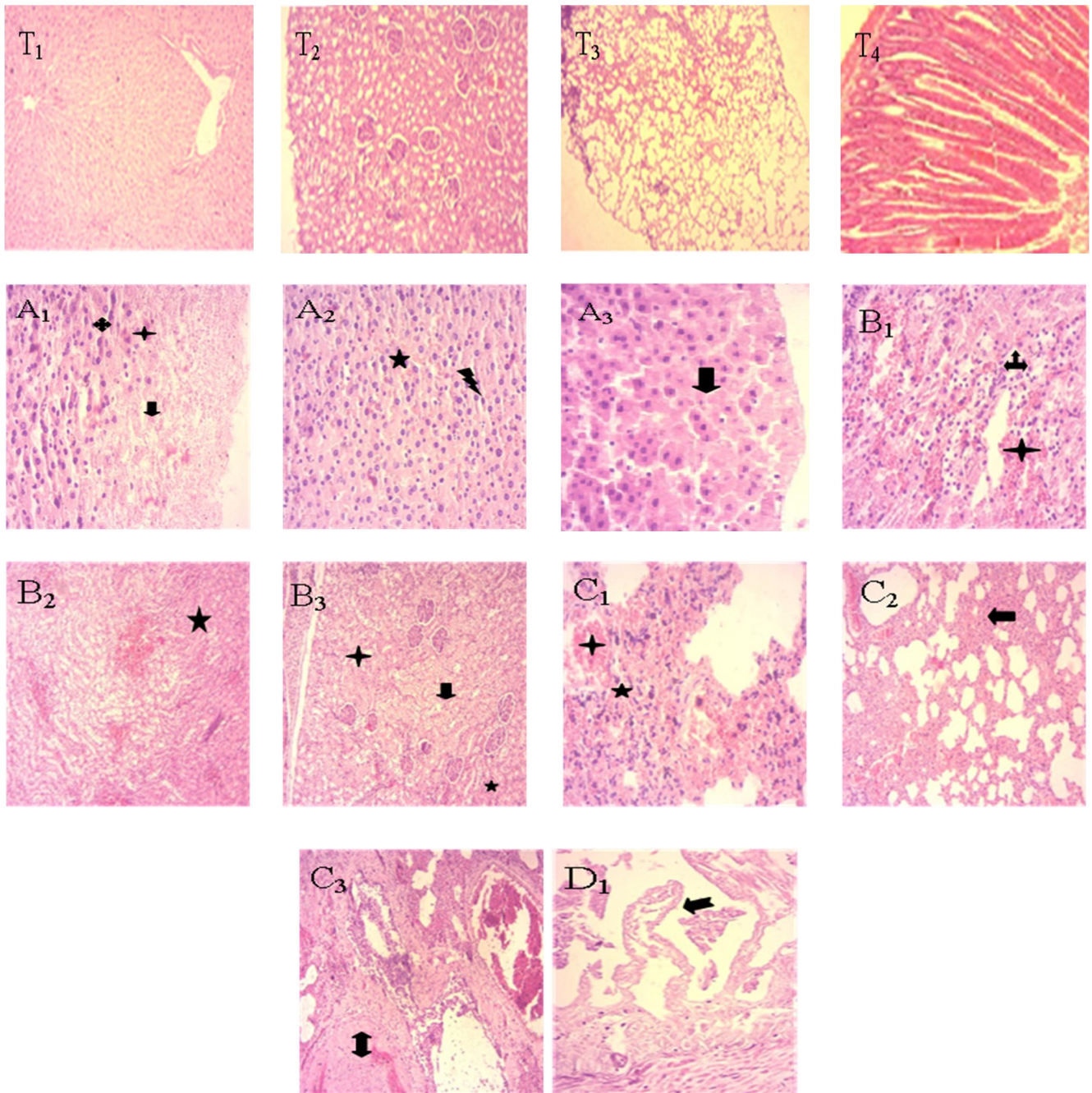
**Figure.51.** Aspect microscopique du : foieT1 ; reinT2 ; poumons T3et intestinT4, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par PDG , H&E, au niveau du : foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) : A<sub>1</sub> (x40) : nécrose ( ↓ ), pycnose ( ⇨ ); A<sub>2</sub> (x40) : hyperplasie cellulaire ( ↘ ), hémorragie ( ★ ); A<sub>3</sub>(x40) : congestion ( ↗ ), œdème péri vasculaire ( ⇨ ), hémorragie( ★ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>) :B<sub>1</sub> (x40) : nécrose tubulaire ( ↓ ); B<sub>2</sub> (x40) : œdème ( ⇨ ), congestion au niveau de la médullaire ( ↗ ), hémorragie médullaire ( ★ ); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) :C<sub>1</sub> ( x40) : pneumonie interstitielle ( ⇨ ), œdème ( ⇨ ), congestion ( ↗ ), hémorragie ( ★ ); C<sub>2</sub>( x10) : présence des cellules inflammatoires ( ⇨ ), plages d'œdème ( ⇨ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) :D<sub>1</sub>(x10) : perte totale des villosité ( ⇨ ), D<sub>2</sub>(x40) : destruction totale de la muqueuse intestinale( ⇨).





**Figure.52.** Aspect microscopique du : foie T1 ; rein T2 ; poumons T3et intestin T4, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EMDG, H&E, au niveau du : foie (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) A<sub>1</sub> (x40) : nécrose ( ↓ ); A<sub>2</sub> (x10) : hémorragie ( ★ ), congestion( ✦ ); A<sub>3</sub>(x40) : dilatation des capillaires sinusoides ( ↶ ↷ ) et dégénérescence des hépatocytes ( ↷ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>) :B<sub>1</sub>(x40) : nécrose tubulaire ( ↓ ), congestion sévère ( ✦ ) ; B<sub>2</sub>(x40) :nécrose tubulaire corticale ( ↓ ), congestion ( ✦ ) ; des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) :C<sub>1</sub>( x40) : hémorragie sévère ( ★ ) , ; C<sub>2</sub>( x10) :hémorragie sévère( ★ ), hémosidérose ( ↷ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) :D<sub>1</sub>(x4)&D<sub>2</sub>(x40) : entérite sévère ( ↷ ) et détachement de l'épithélium au niveau de l'apex des villosités ( ↷ ),





**Figure.53.**Aspect microscopique du : foie T1 ; rein T2 ; poumons T3et intestin T4, des rats du groupe témoin. Lésions microscopiques induites par EADG , H&E, au niveau du foie(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) : A<sub>1</sub> (x40) : nécrose ( ⬇ ), congestion( ⚡ ), œdème ( ⚡ ); A<sub>2</sub>(x40) : hémorragie ( ★ ), hyperplasie des cellules de kupffer( ⚡ ); A<sub>3</sub>(x40) : nécrose et dégénérescence des hépatocytes ( ⬇ ); des reins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>) :B<sub>1</sub> (x40) : congestion sévère( ⚡ ) , réaction inflammatoire( ⚡ ); B<sub>2</sub> (x40) : hémorragie sévère au niveau de la médullaire ( ★ ); B<sub>3</sub> ( x10) : congestion( ⚡ ), nécrose tubulaire ( ⬇ ); des poumons (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>) :C<sub>1</sub>( x40) : hémorragie sévère( ★ ), congestion ( ⚡ ); C<sub>2</sub>(x10) : pneumonie interstitielle ( ⬅ ); C<sub>3</sub>(x40) : embolie ( ⬇ ); et de l'intestin (D<sub>1</sub>) : D<sub>1</sub>(x10) : destruction et perte totale de l'épithélium des villosités ( ➡ ).

D'après les résultats obtenus, les trois plantes présentent un bon effet raticide non négligeable, expliqué par les signes clinique de l'intoxication par ces substances naturelles, le taux de mortalité des rats Wistar au niveau de laboratoire ainsi que les anomalies observées au niveau des organes lors des examens microscopiques. Le taux de réduction de la population rongeur de *R. norvegicus* entraîné par la poudre des trois espèces de plantes étudiées était aussi important. Le rhizome d'*A. gummifera* semble être le plus efficace.

L'application d'un mélange d'odeurs de différents métabolites secondaires des plantes est un moyen de contrôle des rongeurs, en raison de leur effet qui les maintient loin de nourrir les cultures ou de causer leur détérioration. Au cours des 15 dernières années, l'objectif scientifique d'utiliser des métabolites secondaires des plantes dans la gestion des rongeurs a été développé comme alternatif naturel (**Hansen et al., 2016**).

Notre étude a enregistré l'apparition de signes cliniques caractérisés par des troubles digestifs, neurologiques, respiratoires et cardiaques suite à la toxicité par RAG, TG et DG, leur intensité a conduit les rats à un état de coma après 36, 60 et 72h de traitement, respectivement avant leur mort. Les intoxications causées par les molécules végétales affectent le système nerveux de diverses manières, notamment stimulation, dépression, tremblements, convulsions, paralysie et comportement anormal (**Botha et Penrith, 2008**). Selon **Hammiche et al. (2013)**, des signes cliniques similaires ont été signalés chez l'homme empoisonné par *A. gummifera* après une période de latence de quelques heures allant de 8 à 12h. Les premiers signes comprenant des troubles digestifs importants se caractérisent, principalement, par des vomissements hémorragiques, suivis par de signes neurologiques (coma avec signes neurovégétatifs) et des troubles respiratoires.

L'empoisonnement par *A. gummifera* comporte deux phases : une phase de latence, de six à vingt-quatre heures jusqu'à même trente-six heures ; des troubles gastro-hépatiques représentés par des nausées et des vomissements sont observés dans la seconde phase symptomatique (**Skalli et al., 2002**). Certaines complications citées par **Ahid et al. (2012)** suite à l'intoxication par *A. gummifera* ; incluent des troubles respiratoires avec congestion, dyspnée, asphyxie et des troubles cardiovasculaires avec tachycardie. Dans une étude amenée par **De Oliveira et al. (2011)**, sur l'effet toxique d'une Asteraceae *Smallanthu sonchifolius*

chez les rats, des signes cliniques de toxicité rénale et des troubles respiratoires présentés essentiellement par difficulté ou même arrêt respiratoire après l'administration orale de l'extrait de rinçage des feuilles et de l'extrait aqueux de *S. sonchifolius* aux doses de 10 mg/kg et 100 mg/kg, respectivement, ont été enregistrés. En conséquence, dans la présente étude, les rats traités étaient en détresse respiratoire avant la mort, ce qui confirme la toxicité de la plante même si son mécanisme n'est pas vraiment clair.

**Gome et al. (2011)**, dans leur étude, intitulée : "Étude de la toxicité aiguë et subchronique de l'extrait aqueux de *Passiflora foetida* Linn (Passifloraceae) chez les rats et les souris", des signes cliniques sont survenus chez les rats et les souris suite à l'administration de l'extrait aqueux de la plante étudiée et sont résumés en une diminution de la mobilité, des difficultés respiratoires, anorexie, des diarrhées avec l'apparition des contorsions de la musculature dorsoventrale et des pattes postérieurs chez les rats, en signalant que la gravité de ces signes augmente en fonction de dose. L'administration de la dose 3000 mg/kg de l'extrait aqueux de l'écorce de *Musanga cecropioides* n'a causé aucune mortalité mais a entraîné l'apparition de certains signes cliniques de toxicité comme l'anorexie et une tachypnée (**Adeneye et al., 2006**). Chez des souris d'expérimentation, une piloérection, des vertiges, une hyperventilation et une anorexie étaient les signes cliniques portés suite au traitement avec l'extrait aqueux d'*Artemisia afra* par voie intra-péritonéale tandis que, le même traitement chez les rats a entraîné une diarrhée intermittente, une salivation et une hypoactivité partielle (**Mukinda et Syce, 2007**).

Les signes cliniques expliquent la toxicité de ces biomolécules en affectant le mécanisme physiologique des organes après leur ingestion. En revanche, **Zheng et Navarro (2015)**, ont résumé les signes d'hépatotoxicité dans la fatigue, les nausées, les vomissements, l'anorexie, les démangeaisons et les urines foncées. Selon **Teshome et al. (2010)**, la poudre du bulbe de *D. altissima* évaluée contre le rat des champs *A. abyssinicus* en Ethiopie, a approuvé ses propriétés rodenticides dont la toxicité et l'appétence. Le bulbe de la plante contient des glycosides cardiaques aigus appelés bufadiénolides (**Louw et al., 2002**) et des biomolécules qui affectent le système cardiaque, gastro-intestinal, respiratoire et nerveux (**Botha et Penrith, 2008**).

TG et DG sont des plantes connues par leur richesse en métabolites secondaires responsables de plusieurs activités biologiques, notamment la toxicité, dont les alcaloïdes font partie, qui sont des composés hétérocycliques de nature azotée, ayant des effets sur le système nerveux des animaux et peuvent conduire à la mort (**Badshah et al., 2004**). Certains coumarines chez les Apiaceae comme ceux trouvés dans la fêrulle (*ferula sp*) qui contiennent des gommes et des résines d'hydroxy coumarines caractérisés par des propriétés anticoagulantes conduisant à des signes de toxicité comme des diarrhées hémorragiques et des dyspnées qui peuvent provoquer la mort (**Filliat, 2012**). **Drew et al. (2009)**, ont noté que la thapsigargarine et la thapsigargicine présentent les deux molécules majoritaires de TG qui possèdent des propriétés biologiques importantes dont la toxicité cellulaire. La phytotoxicité de la poudre de TG peut être due à la présence d'apigénine 7-O-glucoside (**Jmii et al., 2020**).

La Thymelaeaceae DG a approuvé sa toxicité contre les animaux de laboratoire comme raticide. Selon **Borris et al. (1988)**, les Thymelaeaceae sont connus par leur toxicité, notamment chez l'homme et l'animal, du fait que l'ingestion de ces derniers conduit à la mort de plusieurs espèces de ruminants, en provoquant des troubles gastriques majeurs. De plus le contact de ces derniers avec la peau se caractérise par une réaction inflammatoire sévère. D'après la littérature, l'espèce DG est conseillée pour une utilisation externe à cause de sa toxicité.

**El Fennoui (2012)**, a noté que suite à l'ingestion d'une quantité des fruits de DG, des signes cliniques primaires de toxicité se manifestent : caractérisés par une inflammation de la bouche, tuméfaction des lèvres et de la langue, avec des vomissements et un ptyalisme. Les signes secondaires représentés par une diarrhée pouvant être hémorragique avec coliques. L'intensité de ces signes peut conduire à une ataxie, convulsion, albuminurie, hématurie et dyspnée. Une prolifération d'un œdème pulmonaire et une néphrite avec diminution du rythme cardiaque peuvent survenir dans les cas les plus graves. Il a aussi jugé la toxicité de la plante par la présence de diterpènes représentés par les deux molécules suivantes : la daphnétoxine et la mézéréine, qui se trouvent au niveau de l'écorce et les grains de DG, respectivement.

Les résultats obtenus ont montré que les mâles sont plus sensibles que les femelles en réponse aux divers traitements par RAG, TG et DG. Le taux de mortalité des rats mâles a été reflété par leur grande attraction comparée à celle des femelles envers l'odeur de disulfure de carbone en présence d'appâts de zinc de phosphore, ce qui conduit à conclure que les mâles



sont plus sensibles que les femelles (**Shumake et Hakim, 2000**). Cependant, Les raisons de différence entre les deux sexes sont inconnus, d'une autre part, la réaction des femelles aux métabolites secondaires des végétaux est différente à celle des mâles (**Shumake et Hakim, 2000 ; Hansen et al., 2016**). De plus, l'administration de la plante *Teucrium poliumest* est influencée par la nature du sexe (**Capasso et al., 1984 ; Al-Ashban et al., 2006 ; Hasani, 2007 ; Rasekh et al., 2010**).

La PRAG semble être plus efficace, avec des DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> différentes chez les deux sexes. Aussi, **Luciani et al. (1978)**, a apporté que les doses toxiques d'atractyloside se diffèrent entre les rats albinos et les rats Wistar, où la dose 200 mg/kg n'est pas toxique pour les rats albinos, tandis que seulement 60 mg/kg peut entraîner la mort chez les souches Wistar. Nos résultats montrent que la poudre provoque une toxicité significative avec une DL<sub>50</sub> de 417 et 500 mg/kg/j chez les rats Wistar mâles et femelles, respectivement. Selon **Dahamna (2018)** l'étude de la toxicité de RAG chez les rats Wistar à partir des études biochimiques et histologiques ont montré la présence d'une nécrose hépatocellulaire et une congestion péri centrolobulaire étendue des sinus ce qui confirme sa haute hépatotoxicité avec une altération des tissus rénaux.

**Benbouziane et Beneddra (2016); Bouabid et al. (2018)**, ont signalé que la toxicité de la plante AG n'est pas due aux alcaloïdes mais plutôt aux glycosides: l'atractyloside (ATR) et le carboxyatractyloside (CATR). De plus, ces deux principes actifs ont approuvé la toxicité de la plante en inhibant le transport des nucléotides phosphorylés à travers la membrane mitochondriale, ce qui empêche la phosphorylation oxydative et perturbe la respiration des tissus en bloquant le cycle de Krebs (**Obatomi et Bach, 1998 ; Hamouda, 2004**). **Ahid et al. (2012)**, ont déclaré que le rôle métabolique de l'ATR n'est pas clair, mais il est évident que l'ATR interagit avec la biotransformation du système hépatique. Cependant, Le foie est le principal organe cible pour les substances actives telles que ATR et CATR qui provoquent une insuffisance hépatique sévère et une nécrose hépato lobulaire.

L'action toxique de L'ATR s'exerce en particulier dans les cellules riches en mitochondries telles que les hépatocytes (**Daniele et al., 2005**). Dans une étude sur les rats amenée par **Hopps et al. (1997)** et afin de décrire les effets de l'ATR et de certains de ses dérivés sur la fonction rénale, il a été démontré que l'ATR était hautement toxique pour les reins, comme le montre l'enzymurie et la réduction de taux de créatinine. En revanche, la

toxicité de l'ATR est liée à sa structure chimique et augmente lorsque les groupes hydroxyle en C<sub>4</sub> sont estérifiés avec l'acide isovalérique ou lorsque les groupes hydroxyles en C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont estérifiés avec l'acide sulfurique. La nécrose hépatique et l'insuffisance rénale représentent les résultats d'une inhibition de la phosphorylation oxydative chez l'homme et les animaux. La toxicité de l'ATR est en fonction de l'espèce d'animal et la voie d'administration, d'où le chien présente la toxicité la plus élevée, vient par la suite la souris et le rat, ce qui suggère une toxicité encore plus importante chez l'homme (**Luciani et al., 1978**).

Selon **Stambouli et Amrani (2015)**, le contact avec la plante *T. garganica* a conduit à l'apparition d'un œdème bilatérale facial et génital chez l'homme. **Mirghazanfari et al. (2012)**, ont noté dans leur étude sur la toxicité d'une Apiaceae (*Echinophora platyloba*) contre les rats Wistar, que le poids des poumons mesurés à l'autopsie a montré une augmentation chez les femelles traités à la dose 500 mg/kg, en plus leurs examens histopathologiques ont enregistré une hémorragie intra-alvéolaire chez les rats mâles, alors que chez les femelles, une congestion des capillaires alvéolaires et une nécrose hépatique ont été significativement augmentées par rapport aux groupes témoins. Selon un diagramme de répartition des composés toxiques par famille de plantes, **Kharchoufa et al. (2018)**, ont noté que la famille des Apiaceae contient la plupart des substances toxiques avec un pourcentage de 18%, alors que les Thymelaeaceae et les Asteraceae ne contiennent que 5 % de ces biomolécules toxiques, où ils ont classé les substances toxiques comme suit : les alcaloïdes avec une abondance (44%), les glucosides (20%), les terpénoïdes (16%) et les composés phénoliques (9%).

**Peixoto et al. (2004)**, ont conclu que la daphnétoxine extraite des tiges de *D. gnidium*, agit comme découpeur classique de la phosphorylation oxydative et induit une perméabilité non spécifique de la membrane mitochondriale interne chargée en  $Ca^{+2}$ . Ces propriétés peuvent aider à expliquer certains décès d'animaux, de plus, une grande partie de la toxicité attribuée à la daphnétoxine pourrait être le résultat d'un effet sur les mitochondries dans lesquelles un contrôle homéostatique cellulaire réduit rend les cellules non viables. La daphnoretin est un dérivé de la bis-coumarine présent principalement dans les Thymelaeaceae, bien que beaucoup d'études aient montré que ce dernier présente une cytotoxicité contre les cellules tumorales et les lignées cellulaires non tumorales. Cette toxicité peut en fait, être due à des interactions mitochondriales, puisque les mitochondries sont responsables sur la régulation de l'énergie cellulaire, elles entraînent aussi la mort cellulaire (**Keeble et Gilmore, 2007**).

En outre, **Diogo et al. (2009)**, ont signalé que la daphnétoxine (orthoester diterpène) et la daphnorétine (dérivé de la bis-coumarine) qu'on trouve exclusivement dans les plantes de la famille des Thymelaeaceae sont toxiques pour les cellules hépatiques en provoquant des troubles au niveau des mitochondries des cellules du foie. Cependant, l'ingestion des tiges de *D. gnidium*, conduit à l'apparition des troubles digestifs, respiratoires et à l'inhibition de la chaîne respiratoire au niveau des mitochondries suite à la transition de la perméabilité mitochondriales (**Boukhira et al., 2013 ; Jamila et Mostafa, 2014**).

L'examen microscopique des organes des rats traités a révélé la présence d'une atrophie des poumons et du foie, une hypertrophie des reins. La congestion et l'hémorragie étaient présentes chez tous les sujets traités par la poudre et les extraits des trois plantes. Selon **Jothy et al. (2011)**, le cœur, le foie, les reins, la rate et les poumons sont les premiers organes signalés par l'altération de leur masse relative qui reflète la toxicité d'une substance administrée, expliquée par une réaction métabolique provoquée par cette dernière. Une décoloration sombre au foie a été notée par suite à un traitement des rats avec l'extrait ethanologique d'Oshar (**Abou-Hashem, 2013**).

L'histopathologie est considérée comme une méthode fréquemment utilisée pour identifier les anomalies causées par les substances toxiques au niveau des tissus des organes. L'étude post-mortem des rats traités indique la présence des anomalies au niveau des poumons, foie, reins et l'intestin grêle, dont l'hémorragie aiguë, l'œdème, la congestion, l'hémosidérose et la nécrose cellulaire ont été enregistré chez tous les rats traités et avec les trois plantes étudiées. Une entérite avec perte totale des villosités a été notée avec tous les extraits des plantes testées.

En revanche, les deux extraits ethanologique et aqueux ainsi que la poudre des feuilles d'Argel (*Gomphocarpus sinaicus*) administrés au rat *Rattus norvegicus*, ont provoqué une hémorragie sévère dans les poumons, une congestion et une atrophie remarquable dans les reins traités par rapport au témoin, où le taux de mortalité le plus important a été porté par la poudre et l'extrait éthanologique (**Abou-Hashem, 2013**). L'administration du latex de *C. procera* a entraîné au niveau des reins un œdème périvasculaire avec infiltration des cellules inflammatoires et une congestion avec atrophie de la touffe glomérulaire tout en sachant que ces anomalies s'aggravent en fonction de la période du traitement tandis que, la plus forte dose



d'extrait éthanolique provoque une nécrose focale avec épaissement de l'espace de Bowman et un œdème (**Fahim et al., 2016**).

Les ingrédients contenus dans les extraits de plantes s'accumulent dans les reins en perturbant les cellules épithéliales tubulaires rénales, en effet, les saponines endommagent les membranes cellulaires (**Osborn, 1996**). Des dommages importants des tissus du foie, des reins et des poumons ont été portés par **Dapar et al. (2007)**, suite à l'administration de l'extrait de *Securidaca longepedunculata*, caractérisés par une hémorragie, une nécrose tubulaire aiguë, une dégénérescence des hépatocytes et des dommages massifs des alvéoles et l'épithélium bronchiolaire. Des lésions rénales similaires à nos résultats ont été noté suite au traitement des rats par l'extrait aqueux de *Smallanthus sonchifolius* et l'extrait éthanolique de *Tithonia diversifolia* (**Elufioye et al., 2009 ; De Oliveira et al., 2011**).

Une nécrose au niveau d'estomac, intestin, foie et reins avec présence de congestion, dilatation, dégénérescence, sont les anomalies survenant suite à l'intoxication par *Carica papaya* (**Madinah et al., 2015 ; Pramestuti et al., 2019**). La nécrose des hépatocytes peut se produire suite à une réaction immunitaire secondaire (**De Berardinis et al., 2000**), tandis que la cytotoxicité peut entraîner des lésions hépatiques mais ce n'est pas toujours le cas car l'intervention d'une immunogénicité avec une cytotoxicité peut s'inclure (**Ingwale, 2009**).

L'hémorragie a été présente chez tous les sujets traités par les différentes formes d'extrait végétal de RAG, TG et DG au niveau des poumons, du foie et des reins ce qui est exprimé par une hypocoagulabilité, donc il semblent être similaire aux rodenticides anticoagulants. Les raticides anticoagulants empêchent la régénération de la vitamine K, la coagulation sanguine est inhibée après 24h d'intoxication où le risque d'hémorragie peut être impliqué après 48 à 72h d'administration (**Gamelin et Harry, 2005**).

En général, d'une plante à une autre, la dose qui peut causer des dommages varie selon la composition chimique de la plante et la quantité de ces composants. Il a été démontré que la toxicité d'une plante donnée dépend de divers paramètres, y compris la quantité consommée, la force des métabolites secondaires, le temps d'exposition, la parties de la plante utilisée (racine, huile, feuilles, écorce de tige et grains), le climat et le sol de la plante, les différences génétiques au sein de l'espèce ainsi que la nature du solvant utilisé pour extraction (**Celik, 2012**). Les composés végétaux, connus pour leur hépatotoxicité et leurs dommages à

l'ADN des hépatocytes comme certaines plantes médicinales telles que *Chenopodium ambrosioides L.*, *Cannabis sativa L.*, *Rubia tinctorum L.*, *Citrullus colocynthis L.*, qui causent des lésions hépatiques (**Rakba et al., 2000**). Les reins et la vessie sont la principale voie d'élimination des métabolites toxiques hydrophiles ; par conséquent, le système urinaire est vulnérable à la toxicité (**Manahan, 2003**).

Les appâts empoisonnés par le raticide chimique et les poudres des feuilles de RAG, DG et TG ont été testés contre le rat des stocks *Rattus norvegicus* sous les conditions des magasins de stockage des céréales, dans le but d'une comparaison de leur efficacité. Le raticide chimique a entraîné le taux de réduction de la population de rongeurs le plus élevé (75%) suivi par PRAG, PTG et PDG avec des pourcentages de réduction de 65%, 55% et 53%, respectivement (**Tab.29**). Cette réduction significative peut démontrer l'efficacité de ces poudres végétales, ce qui nous a poussé de les proposer comme une alternative naturelle aux rodenticides chimiques.

Plusieurs travaux ont été conduits dans le même contexte que notre étude, citons les travaux de **El-Deeb et al. (2011)**, qui a noté que les extraits des grains de *Cassia fistula* en utilisant les solvants suivants : éthanol, hexane, éther de pétrole et l'eau ont entraînés des pourcentages de réduction de la population du rat noir *Rattus rattus* de : 96.5%, 40.5%, 16.4% et 9.7%, respectivement. Sous les conditions de terrain de la gouvernante de Menoufia, Egypte, des taux de réduction de 67.7%, 64.8% et 42.7% ont été enregistrés par les extraits éthanoliques d'*Eucalyptus globulus*, de *Rhus succedanea* et de *Calendula aegyptiaca*, respectivement (**Abou-Hashem, 2012**).

Dans une comparaison entre l'efficacité de phosphore de zinc et l'extrait d'Oshar, des pourcentages de réduction de la population de *Rattus norvegicus* de 78.4% et de 66% ont été notés, respectivement sous les conditions de champ dans la région de Qaha, gouvernante de Qalyubia, Egypte (**Eisa et Yassin, 2016**). Une réduction de population du rat de Norvège, *Rattus norvegicus* a été portée par **Khidr et al. (2018)**, avec des pourcentages de 68%, 37.7% et 19% des extraits de solvants : éthanol, hexane et l'huile d'éther de l'usine de la plante *Gomphocarpus sinaicue Bioss*, respectivement. Il est clair que PRAG, PTG et PDG se sont avérés être efficaces pour réduire la population rongeurs donc il est nécessaire d'isoler et d'étudier les principes toxiques de ces poudres pour les développer comme des raticides naturels, alternatives aux raticides chimiques.

## 4 Résultats d'évaluation de l'effet biocide

### 4.1 Résultats des Bioessais de la toxicité de la poudre des trois plantes

#### 4.1.1 Contre *Sitophilus granarius*

##### 4.1.1.1 Les paramètres biologiques

###### 4.1.1.1.1 Le taux de Mortalité

Nos résultats montrent que les trois poudres affectent le taux de mortalité et confirment leurs propriétés entomocides de manière hautement significative ( $P < 0.01$ ) par le biais de la dose et la durée du traitement en comparaison avec le témoin (**Tab.38**) où les mortalités moyennes qui ont été enregistrés par PRAG, PDG et PTG dès le troisième mois et à la plus forte dose sont  $90 \pm 2.88$ ,  $70 \pm 2.88$  et  $65 \pm 00$ , respectivement. Cette toxicité persiste et augmente pendant toute la durée du stockage pour atteindre une mortalité moyenne de  $100 \pm 00$  dans les bocal traités avec PRAG et PDG, mais seulement de  $90 \pm 2.88$  est affichée par PTGP dans les mêmes conditions. Par ailleurs, selon l'échelle de taille d'effet de Cohen, nos poudres végétales démontrent une efficacité importante contre *S. granarius* avec  $R = 0.99$ .

###### 4.1.1.1.2 Les valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>

Les valeurs de DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub> ont été déterminées par la méthode de Tainter et Miller. Les doses létales sont déterminées à partir de la droite exprimant le taux de mortalité des insectes converti en unité probit en fonction du logarithme des doses administrées. Selon les résultats portés dans le **tableau.39**, les trois poudres végétales ont enregistrés des valeurs de DL<sub>50</sub> de 7.24, 8.51, 10.71 g/100g de blé pour AGRP, DGP, TGP, respectivement. Des valeurs de DL<sub>90</sub> ont été notés par AGRP (12.88 g/100g de blé) et par PDG (15.48 g/100g de blé), tandis que aucune valeurs n'a été enregistré par PTG.

###### 4.1.1.1.3 Le taux de fécondité :

De même que pour l'effet sur la mortalité, nos trois poudres testées provoquent une réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) de nombre d'œufs pondus en fonction de la dose et la durée du traitement en comparaison avec le témoin (**Tab.40**). Après six mois de conservation, les moyennes les plus faibles ont été enregistrées à la dose 25g/100g de blé avec

$5 \pm 2$ ,  $10 \pm 2.6$  et  $16 \pm 2$  dans les bocaux traités par PRAG, PDG et PTG, respectivement, cette diminution de ponte a été exprimée par une diminution de fécondité des femelles où on a noté  $0.5 \pm 0.11$ ,  $1 \pm 0.15$  et  $1.6 \pm 0.11$  chez les insectes traités par PRAG, PDG et PTG dans les mêmes conditions.

#### 4.1.1.1.4 Effet sur le pourcentage de réduction de ponte :

Le pourcentage de réduction du nombre d'œufs pondus après 180 jours a montré une diminution hautement significative ( $P < 0.01$ ) (**Tab.40**), avec des moyennes de  $3.34 \pm 0.79$ , de  $7.12 \pm 1$  et de  $10.99 \pm 0.64$ , respectivement pour PRAG, PDG et PTG, ce qui nous a conduit à dire que les poudres testées assurent une dissuasion de ponte prometteuse et une diminution de descendance du *S. granarius* exprimée par une protection et une persistance pendant le stockage. Selon l'échelle de Cohen (1988), les trois poudres affichent un grand effet régressif de la fécondité exprimée par un abaissement du nombre d'œufs pondus avec R compris entre 0.97 et 0.99.

#### 4.1.1.1.5 Effet sur le taux d'émergence

Le nombre des adultes émergés sur les grains traités par les trois poudres a indiqué une diminution hautement significative ( $P < 0.01$ ) selon la dose et le temps de stockage comparé au témoin (**Tab.41**). Une inhibition totale d'émergence a été signalée avec PRAG ( $00 \pm 00$ ) après 150 jrs de stockage, suivie par PDG ( $00 \pm 00$ ) et PTG ( $1 \pm 0.57$ ) après 180 jrs de stockage par rapport au témoin ( $17.80 \pm 0.37$ ).

Les résultats obtenus ont révélés que les poudres ont la capacité de freiner le cycle biologique de l'insecte exprimés par une absence totale de nouvelle descendance à la plus forte dose (25g/100g de blé) et cet effet diffère d'une plante à une autre selon la dose et le temps où une forte activité était affichée par PRAG. Dans ce cas, la nouvelle génération est totalement annihilé dans les grains traités à 25g/100g de blé. L'effet de taille des trois poudres démontre une grande efficacité de ces dernières dans la suppression d'une nouvelle génération d'insecte avec un R égale à 0.99.

**Tableau 38.** Effet de différentes doses de PRAG, PDG et de PTG sur la mortalité de *S. granarius*.

Doses (g/100g de blé)	Temps de stockage (jours)					
	30jrs	60jrs	90jrs	120jrs	150jrs	180jrs
<b>PRAG</b>						
G.T	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>
5	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	5.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	20.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>	25.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>	26.31 ± 3.03 <sup>BA</sup>	40.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>
10	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	10.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	25.00 ± 5.00 <sup>CA</sup>	40.00 ± 5.77 <sup>CA</sup>	45.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>	50.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>
15	25.00 ± 5.77 <sup>DA</sup>	40.00 ± 2.88 <sup>DA</sup>	50.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	60.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	70.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	75.00 ± 2.88 <sup>DA</sup>
20	36.84 ± 3.03 <sup>EA</sup>	45.00 ± 2.88 <sup>EA</sup>	65.00 ± 7.63 <sup>EA</sup>	80.00 ± 2.88 <sup>EA</sup>	90.00 ± 5.00 <sup>EA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>
25	40.00 ± 5.77 <sup>FA</sup>	60.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	90.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	95.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	28.86**	88.80**	52.16**	90.00**	130.187**	356.16**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.96	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99
<b>PDG</b>						
G.T	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>
5	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	5.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	15.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	15.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	25.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	30.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>
10	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	5.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	20.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>	35.00 ± 5.00 <sup>BA</sup>	35.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>	40.00 ± 5.00 <sup>BA</sup>
15	15.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	25.00 ± 5.00 <sup>AA</sup>	40.00 ± 5.00 <sup>BA</sup>	55.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	65.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	68.41 ± 5.26 <sup>DA</sup>
20	30.00 ± 5.77 <sup>DA</sup>	45.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	60.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>	75.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>	82.81 ± 6.08 <sup>DA</sup>	95.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>
25	35.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>	50.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>	70.00 ± 2.88 <sup>DA</sup>	85.00 ± 5.00 <sup>EA</sup>	95.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	30.80**	38.13**	75.38**	66.57**	92.01**	131.21**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99
<b>PTG</b>						
GT	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>AA</sup>
5	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	5.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	10.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	15.00 ± 0.00 <sup>BA</sup>	20.00 ± 2.88 <sup>BA</sup>
10	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	5.26 ± 3.03 <sup>AA</sup>	25.00 ± 5.77 <sup>CA</sup>	30.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>	35.00 ± 2.88 <sup>CA</sup>
15	5.00 ± 2.88 <sup>AA</sup>	25.00 ± 2.88 <sup>DA</sup>	26.31 ± 6.07 <sup>DA</sup>	45.00 ± 2.88 <sup>DA</sup>	50.00 ± 5.77 <sup>DA</sup>	60.00 ± 5.00 <sup>DA</sup>
20	25.00 ± 2.88 <sup>EA</sup>	40.00 ± 2.88 <sup>EA</sup>	60.00 ± 5.00 <sup>EA</sup>	65.00 ± 5.77 <sup>EA</sup>	68.42 ± 3.03 <sup>EA</sup>	85.00 ± 5.00 <sup>EA</sup>
25	20.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	30.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	65.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	80.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>	89.47 ± 0.00 <sup>FA</sup>	90.00 ± 2.88 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	45.60**	76.56**	70.39**	63.82**	131.64**	103.25**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.  
 Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* < 0.05). GT : groupe témoin ; *F val* : valeur de *F* ; *P val* : valeur de *P* ; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 39** : Valeur de  $DL_{50}$  et de  $DL_{90}$  chez l'adulte de *S. granarius* traités par la poudre de PRAG, PTG et PDG.

Poudre	$DL_{50}$ (g)	$DL_{90}$ (g)	Equation
PRAG	7.24	12.88	$Y = 5.251x + 0.443$
PDG	8.51	15.48	$Y = 4.767x + 0.565$
PTG	10.71	ND	$Y = 3.164x + 1.736$

#### 4.1.1.2 Les paramètres agronomiques

##### 4.1.1.2.1 Pourcentage de perte en poids des grains

Selon, le **Tableau.42**, on constate une réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) de la perte en poids des grains traités avec les trois poudres végétales à différentes doses. On signale pour PRAG une moyenne de perte de  $8 \pm 0.57$  à la dose de 25 g/100g de blé, alors que PDG et PTG ont enregistrées des moyennes respectives de  $15 \pm 1.15$  et  $28 \pm 2.30$  dans les mêmes conditions de traitement par rapport au témoin ( $74.93 \pm 1.43 / 74.53 \pm 1.18$ ). Par conséquent, ces résultats démontrent que l'effet de taille de ces biopesticides est très important selon l'échelle de Cohen avec  $R = 0.99$ , ce qui confirme leur efficacité.

##### 4.1.1.3 Le pourcentage d'attaque aux grains

Les résultats montrent que les trois poudres ont été très efficaces pour préserver les grains contre les attaques de l'insecte où on a noté que le nombre moyen des grains perforés dans les différents pots traités présentaient une réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) par rapport aux témoins (**Tab.42**) avec des moyennes de  $9.27 \pm 0.05$ ,  $11.27 \pm 0.15$  et de  $14.54 \pm 0.05$ , respectivement, chez PRAG, PDG et PTG. Selon l'échelle présentée par **Anonyme (1993)**, le degré d'attaque affiché par *S. granarius* dans les bocal traités par les trois poudres est classé en degré d'attaque moyenne devant une très forte attaque enregistrée par les bocal témoins avec des moyennes allant de  $58.85 \pm 1.21$  jusqu'à  $68.79 \pm 1.94$ . Les composants de ces poudres peuvent être responsables de cette efficacité et leur attribuent ces propriétés insecticides avec un effet de taille de  $R = 0.99$ .

**4.1.1.4 La faculté germinative des grains**

D'après le **Tableau.42**, on constate que PRAG a enregistré le pourcentage de germination le plus élevé avec une moyenne de  $96.66 \pm 3.33$ , suivis par PDG avec  $93.33 \pm 5.05$  de moyenne puis PTG avec une moyenne de  $90 \pm 5.77$ , ce qui montre que le taux de germination a augmenté de manière hautement significative ( $P < 0.01$ ) par rapport aux témoins qui présente le taux le plus faible. Par ailleurs, les poudres testées ont une incidence positive sur la germination des grains de blé stockées démontrée par leur capacité de protéger le pouvoir germinatif des grains avec une forte action exprimée par une grande taille d'effet égale à  $R = 0.99$ .

**Tableau 40.** Effet de différentes doses de PRAG, de PDG et de PTG sur la fécondité et le pourcentage de réduction (PR) chez *Sitophilus granarius*.

Doses (g/100g de blé)								
	G.T	5	10	15	20	25	F val	R
<b>PRAG</b>								
<b>Fertilité</b>	$14.72 \pm 0.26^{AA}$	$3.00 \pm 0.11^{BA}$	$2.80 \pm 0.17^{CA}$	$1.80 \pm 0.17^{DA}$	$1.00 \pm 0.11^{EA}$	$0.50 \pm 0.11^{FA}$	890.118**	0.99
<b>PR</b>	ND	$20.26 \pm 0.63^A$	$20.26 \pm 0.92^A$	$12.31 \pm 1.08^B$	$6.48 \pm 0.71^C$	$3.34 \pm 0.79^D$	83.89**	0.98
<b>PDG</b>								
<b>Fertilité</b>	$13.98 \pm 0.33^{AA}$	$3.50 \pm 0.05^{BA}$	$3.10 \pm 0.15^{CA}$	$2.40 \pm 0.20^{DA}$	$1.40 \pm 0.11^{EA}$	$1.00 \pm 0.15^{FA}$	510.152**	0.99
<b>PR</b>	ND	$25.93 \pm 0.57^A$	$23.57 \pm 0.68^A$	$16.89 \pm 1.33^B$	$9.26 \pm 0.69^C$	$7.12 \pm 1.00^C$	85.403**	0.98
<b>PTG</b>								
<b>Fertilité</b>	$13.92 \pm 0.44^{AA}$	$5.00 \pm 0.20^{BA}$	$4.50 \pm 0.05^{CA}$	$3.00 \pm 0.15^{DA}$	$2.00 \pm 0.11^{EA}$	$1.60 \pm 0.11^{FA}$	281.023**	0.99
<b>PR</b>	ND	$38.43 \pm 1.16^A$	$35.00 \pm 1.00^B$	$21.40 \pm 0.78^C$	$13.14 \pm 0.58^D$	$10.99 \pm 0.64^D$	208.453**	0.99

.Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett,  $P < 0.05$ ). F val : valeur de F ; PR : pourcentage de réduction ; GT : groupe témoin ; R : la taille d'effet ; ND : non déterminé. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 41.** Effet des différentes poudres de PRAG, de PDG et de PTG sur l'émergence de *S. granarius*.

Doses (g/100 g de blé)	Temps de stockage (par jour)					
	30 jrs	60 jrs	90 jrs	120 jrs	150 jrs	180 jrs
<b>PRAG</b>						
<b>G.T</b>	16.80 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.60 <sup>AA</sup>	17.80 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.80 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.80 ± 0.37 <sup>AA</sup>
<b>5</b>	11.40 ± 0.57 <sup>BA</sup>	9.00 ± 1.00 <sup>BA</sup>	9.00 ± 0.00 <sup>BA</sup>	8.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	6.00 ± 1.00 <sup>BA</sup>	5.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>
<b>10</b>	10.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	8.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>	8.00 ± 1.00 <sup>CA</sup>	6.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	6.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>	4.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>
<b>15</b>	7.00 ± 1.15 <sup>DA</sup>	7.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	5.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	4.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	4.00 ± 0.00 <sup>DA</sup>	3.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>
<b>20</b>	5.00 ± 1.15 <sup>EA</sup>	4.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>	3.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>	3.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	1.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>
<b>25</b>	4.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	3.00 ± 1.00 <sup>FA</sup>	2.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>
<b>F val</b>	50.091**	89.025**	131.020**	182.972**	209.417**	303.211**
<b>P val</b>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<b>R</b>	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
<b>PDG</b>						
<b>G.T</b>	17.20 ± 0.58 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.40 ± 0.24 <sup>AA</sup>	17.80 ± 0.44 <sup>AA</sup>	18.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>
<b>5</b>	12.40 ± 0.57 <sup>BA</sup>	10.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	11.00 ± 1.00 <sup>BA</sup>	9.00 ± 1.15 <sup>BA</sup>	7.00 ± 1.15 <sup>BA</sup>	6.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>
<b>10</b>	11.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	10.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	9.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	8.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>	7.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>	6.00 ± 1.00 <sup>CA</sup>
<b>15</b>	9.00 ± 1.00 <sup>DA</sup>	8.00 ± 1.00 <sup>DA</sup>	8.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	7.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	5.00 ± 0.00 <sup>DA</sup>	4.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>
<b>20</b>	6.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	5.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	4.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	3.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>	2.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	1.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>
<b>25</b>	5.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	5.00 ± 1.00 <sup>FA</sup>	3.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>
<b>F val</b>	63.894**	56.700**	88.025**	155.250**	146.160**	173.108**
<b>P val</b>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<b>R</b>	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99
<b>PTG</b>						
<b>G.T</b>	16.80 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.00 ± 0.44 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	17.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>	18.20 ± 0.37 <sup>AA</sup>
<b>5</b>	14.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	13.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	13.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	12.00 ± 1.15 <sup>BA</sup>	12.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>	11.00 ± 0.57 <sup>BA</sup>
<b>10</b>	13.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	11.00 ± 1.15 <sup>CA</sup>	10.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	10.00 ± 0.00 <sup>CA</sup>	9.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>	8.00 ± 0.57 <sup>CA</sup>
<b>15</b>	11.00 ± 1.15 <sup>DA</sup>	11.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	9.00 ± 1.00 <sup>DA</sup>	8.00 ± 1.00 <sup>DA</sup>	7.00 ± 1.15 <sup>DA</sup>	6.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>
<b>20</b>	8.00 ± 1.15 <sup>EA</sup>	7.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	5.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	5.00 ± 1.00 <sup>EA</sup>	3.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>
<b>25</b>	6.00 ± 1.00 <sup>FA</sup>	6.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	3.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	2.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>FA</sup>	1.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>
<b>F val</b>	35.365**	47.987**	80.400**	58.817**	95.387**	198.528**
<b>P val</b>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<b>R</b>	0.96	0.97	0.98	0.97	0.98	0.99

Les moyens suivis des mêmes lettres ne sont pas significativement différents de celles du groupe témoin.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* < 0.05). GT : groupe témoin ; *F* val : Valeur de *F* ; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.



**Tableau 42.** Effet des différentes poudres de PRAG, de PDG et de PTG sur le pourcentage de dommage, de germination et de perte en poids chez *S. granarius*.

Doses (g/100g de blé)	Paramètres		
	PPP	PD	PG
<b>PRAG</b>			
G.T	72.80 ± 1.99 <sup>AA</sup>	58.85 ± 1.21 <sup>AA</sup>	50.66 ± 1.94 <sup>AA</sup>
5	22.00 ± 1.15 <sup>BA</sup>	13.63 ± 0.26 <sup>BA</sup>	83.33 ± 3.33 <sup>BA</sup>
10	17.00 ± 1.52 <sup>CA</sup>	12.91 ± 0.20 <sup>CA</sup>	86.66 ± 3.33 <sup>CA</sup>
15	12.00 ± 0.57 <sup>DA</sup>	11.54 ± 0.10 <sup>DA</sup>	90.00 ± 0.00 <sup>DA</sup>
20	10.00 ± 1.15 <sup>EA</sup>	10.18 ± 0.21 <sup>EA</sup>	93.33 ± 3.33 <sup>EA</sup>
25	8.00 ± 0.57 <sup>FA</sup>	9.27 ± 0.05 <sup>FA</sup>	96.66 ± 3.33 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	332.311**	777.055**	50.195**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.97
<b>PDG</b>			
G.T	74.93 ± 1.43 <sup>AA</sup>	65.34 ± 1.59 <sup>AA</sup>	45.33 ± 2.26 <sup>AA</sup>
5	30.00 ± 1.15 <sup>BA</sup>	18.18 ± 0.10 <sup>BA</sup>	80.10 ± 5.75 <sup>BA</sup>
10	24.93 ± 1.15 <sup>CA</sup>	16.54 ± 0.15 <sup>CA</sup>	83.33 ± 3.33 <sup>CA</sup>
15	20.00 ± 1.73 <sup>DA</sup>	14.54 ± 0.10 <sup>DA</sup>	86.66 ± 3.33 <sup>DA</sup>
20	17.00 ± 0.57 <sup>EA</sup>	12.91 ± 0.15 <sup>EA</sup>	90.00 ± 0.00 <sup>EA</sup>
25	15.00 ± 1.15 <sup>FA</sup>	11.27 ± 0.15 <sup>FA</sup>	93.33 ± 5.05 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	370.675**	528.122**	37.581**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.96
<b>PTG</b>			
G.T	74.53 ± 1.18 <sup>AA</sup>	68.79 ± 1.94 <sup>AA</sup>	50.00 ± 1.05 <sup>AA</sup>
5	45.00 ± 1.73 <sup>AA</sup>	23.63 ± 0.10 <sup>BA</sup>	73.00 ± 3.33 <sup>BA</sup>
10	41.00 ± 2.30 <sup>AA</sup>	20.45 ± 0.15 <sup>CA</sup>	76.66 ± 3.33 <sup>CA</sup>
15	36.00 ± 1.73 <sup>AA</sup>	19.54 ± 0.10 <sup>DA</sup>	83.33 ± 3.33 <sup>DA</sup>
20	32.00 ± 1.73 <sup>AA</sup>	16.82 ± 0.10 <sup>EA</sup>	86.66 ± 3.33 <sup>EA</sup>
25	28.00 ± 2.30 <sup>AA</sup>	14.54 ± 0.05 <sup>FA</sup>	90.00 ± 5.77 <sup>FA</sup>
<i>F val</i>	115.097**	349.543**	25.279**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.98	0.99	0.94

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes de celles du groupe témoin. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P*<0.05). Pourcentage de dommages (PD), le pourcentage de germination (PG) et le pourcentage de perte en poids (PPP). *F val* : valeur de *F*; GT: groupe témoin; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

#### 4.1.2 Contre *Tribolium castaneum*

Du fait que la mortalité présente le premier critère de jugement de l'efficacité d'un produit, on a testé l'effet insecticide des poudres des trois plantes sur les larves et les adultes de *T. castaneum* pour estimer le taux de mortalité.

##### 4.1.2.1 Effet de la poudre de rhizome d'*A. gummifera*

En se basant sur les résultats présentés dans le **Tableau 43**, Il a été noté que le taux de mortalité entraînée par PRAG chez les larves et les adultes de *T. castaneum* varie en fonction de la dose et du temps d'exposition. Une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de mortalité a été observée chez les deux stades larvaire et adulte. Une mortalité totale a été enregistrée avec une moyenne de  $100 \pm 00$  à la dose 25 g/100g de blé chez les larves après 24h de traitement et chez les adultes 48h après le traitement. Les valeurs de mortalité rapportées pour le groupe témoin ( $3.33 \pm 1.82$ ) sont plus faibles que celle notées pour les lots traités. Les mortalités moyennes les plus importantes ont été rapportées après 5 jours (120h) de traitement chez les adultes et les larves, d'où, les doses 5, 10, 15 et 20g/100g de blé ont provoqués une mortalité moyenne de  $40.00 \pm 0.85$ ,  $56.66 \pm 1.92$ ,  $83.33 \pm 1.21$  et de  $96.66 \pm 1.21$  chez les adultes et de  $43.88 \pm 1.33$ ,  $60.00 \pm 0.00$ ,  $96.66 \pm 1.21$  et de  $100.00 \pm 0.00$  chez les larves, respectivement. L'effet insecticide de la poudre d'*A. gummifera* contre les deux stades de *T. castaneum* a été confirmé par le taux de mortalité provoqué avec une taille d'effet de  $R=0.99$ .

##### 4.1.2.2 Effet de poudre de *Daphne gnidium*

A la lumière des résultats présentés dans le **Tableau 44**, la mortalité des larves et des adultes de *T. castaneum* entraînée par les différentes doses a démontré l'efficacité de la poudre de *D. gnidium* avec une taille d'effet de 0.99. Selon la dose et le temps de traitement, une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité a été notée. La dose de 25g/100g de blé a enregistré une mortalité moyenne de  $100.00 \pm 0.00$  après 96h chez les adultes et 24h chez les larves. Les mortalités moyennes les plus élevées :  $36.66 \pm 1.21$ ,  $50.00 \pm 1.21$ ,  $80.00 \pm 1.21$  et  $93.33 \pm 1.92$  chez les adultes et  $40.00 \pm 1.21$ ,  $56.66 \pm 2.72$ ,  $90.00 \pm 1.92$  et  $100.00 \pm 0.00$  chez les larves, ont été données par les doses 5, 10, 15 et 20g/100g de blé après 6 jours (144h) de traitement, respectivement. Comme il a été cité, préalablement, le taux de mortalité du groupe témoin ( $2 \pm 1.33$ ) était le plus faible.

#### 4.1.2.3 Effet de poudre de *Thapsia garganica*

Les données de taux de mortalité causée par la poudre de *T. garganica* sont présentées dans le **tableau 45**. Les résultats ont indiqué que tous les doses ont montré une efficacité sur les larves et les adultes de *T. castaneum* qui varie en fonction du temps d'exposition et du stade du cycle de l'insecte. En outre, PTG a enregistré un effet hautement significatif ( $P < 0.01$ ) sur la suppression totale ( $100 \pm 0.00$ ) de la population de *T. castaneum* à la dose 25g/100g de blé et après 6 jours et 4 jours de traitement chez les adultes et les larves, respectivement par rapport au groupe témoin ( $1.99 \pm 0.18$ ) avec une taille d'effet de  $R = 0.99$ . Le temps de 144h semble être la durée nécessaire pour atteindre le taux de mortalité le plus important aux doses : 5, 10, 15 et 20g/100g de blé avec des moyennes de :  $30.00 \pm 1.72$ ,  $43.33 \pm 1.72$ ,  $73.33 \pm 1.92$  et de  $86.66 \pm 1.92$  chez les adultes et de :  $33.33 \pm 1.92$ ,  $50.00 \pm 1.92$ ,  $83.33 \pm 1.92$  et de  $96.66 \pm 1.21$  chez les larves, respectivement.

Dans l'ensemble, la taille d'effet obtenu avec les trois poudres testées ( $R = 0.99$ ) confirme l'activité insecticide de ces dernières sur les adultes et les larves de *T. castaneum* selon la dose utilisée et le temps d'exposition, avec une efficacité plus remarquable chez PRAG, vient par la suite PDG et enfin PTG. Cet important effet est dû à leur richesse en biomolécules responsables de plusieurs activités biologiques, dont l'effet insecticide, comme indiqué dans la littérature et approuvé dans nos résultats de phytochimie qualitative et quantitative.

#### 4.1.2.4 Les valeurs de $DL_{50}$ et $DL_{90}$

A la lumière des résultats obtenus, les valeurs de  $DL_{50}$  et  $DL_{90}$  (**Tab.46**) varient en fonction de mortalité provoquée par les différentes poudres végétales et aussi selon le stade larvaire ou adulte de l'insecte. La  $DL_{50}$  a affiché des valeurs de : 6.3, 7 et 8 g/100g de blé chez les larves et des valeurs de : 7.5, 7.8 et 9 g/100g de blé chez les adultes pour PRAG, PDG, PTG, respectivement. Tandis que, les valeurs de  $DL_{90}$  enregistrées chez les larves étaient de 10, 12 et 14.5 g/100g de blé et ceux notés chez les adultes étaient de 13.8, 15.14 et 17 pour les trois poudres végétales (PRAG, PDG, PTG), respectivement.

**Tableau 43.** Le taux de mortalité entraîné par PRAG chez les adultes et les larves de *T. castaneum*

Dose (g/100g de blé)	Le temps d'exposition par heure				
	24h	48h	72h	96h	120h
<b>Adulte</b>					
G.T	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	2.66 ± 1.63 <sup>AA</sup>	3.33 ± 1.82 <sup>AA</sup>	3.33 ± 1.82 <sup>AA</sup>
5	10.00 ± 0.85 <sup>Ab</sup>	20.00 ± 1.92 <sup>AB</sup>	28.57 ± 2.06 <sup>AB</sup>	37.93 ± 1.78 <sup>AB</sup>	40.00 ± 0.85 <sup>AB</sup>
10	27.58 ± 1.99 <sup>AC</sup>	37.03 ± 1.91 <sup>AC</sup>	48.33 ± 1.13 <sup>AC</sup>	51.66 ± 1.13 <sup>AC</sup>	56.66 ± 1.92 <sup>AC</sup>
15	51.72 ± 1.99 <sup>AD</sup>	55.17 ± 1.25 <sup>AD</sup>	75.00 ± 1.84 <sup>AD</sup>	80.00 ± 0.85 <sup>AD</sup>	83.33 ± 1.21 <sup>AD</sup>
20	78.57 ± 2.06 <sup>AE</sup>	89.65 ± 1.99 <sup>AE</sup>	93.33 ± 1.21 <sup>AE</sup>	93.33 ± 1.92 <sup>AE</sup>	96.66 ± 1.21 <sup>AE</sup>
25	93.10 ± 1.78 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F val</i>	445.576**	533.008**	646.032**	827.615**	1061.343**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<b>Larve</b>					
G.T	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	2.66 ± 1.63 <sup>AA</sup>	3.33 ± 1.82 <sup>AA</sup>	3.33 ± 1.82 <sup>AA</sup>
5	13.79 ± 1.99 <sup>AB</sup>	24.13 ± 1.99 <sup>AB</sup>	39.50 ± 1.03 <sup>AB</sup>	41.70 ± 0.94 <sup>AB</sup>	43.88 ± 1.33 <sup>AB</sup>
10	32.14 ± 2.06 <sup>AC</sup>	44.83 ± 1.25 <sup>AC</sup>	54.54 ± 1.85 <sup>AC</sup>	59.08 ± 0.29 <sup>AC</sup>	60.00 ± 0.00 <sup>AC</sup>
15	56.66 ± 2.98 <sup>AD</sup>	59.44 ± 2.18 <sup>AD</sup>	82.75 ± 2.81 <sup>AD</sup>	85.71 ± 2.91 <sup>AD</sup>	96.66 ± 1.21 <sup>AD</sup>
20	92.98 ± 0.90 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>
25	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F val</i>	494.982**	804.120**	636.404**	735.946**	2610.147**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes de celles du groupe témoin.  
 Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P*<0.05). *F val* : valeur de *F* ; *P val* : valeur de *P* ; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 44.** Le taux de mortalité entraînée par PDG chez les adultes et les larves de *T. castaneum*

Dose (g/100g de blé)	Le temps par heure					
	24h	48h	72h	96h	120h	144h
<b>Adulte</b>						
<b>G.T</b>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	1.66 ± 1.63 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.81 <sup>AA</sup>	2 ± 1.33 <sup>AA</sup>	2 ± 1.33 <sup>AA</sup>
<b>5</b>	6.66 ± 0.86 <sup>AA</sup>	10.34 ± 1.25 <sup>AB</sup>	25.00 ± 0.00 <sup>AB</sup>	27.59 ± 0.00 <sup>AB</sup>	33.33 ± 1.21 <sup>AB</sup>	36.66 ± 1.21 <sup>AB</sup>
<b>10</b>	14.28 ± 2.06 <sup>AC</sup>	30.00 ± 1.92 <sup>AC</sup>	41.38 ± 0.89 <sup>AC</sup>	43.00 ± 0.92 <sup>AC</sup>	45.15 ± 1.11 <sup>AC</sup>	50.00 ± 1.21 <sup>AC</sup>
<b>15</b>	44.83 ± 0.89 <sup>AD</sup>	50.00 ± 1.21 <sup>AD</sup>	69.44 ± 2.18 <sup>AD</sup>	75.86 ± 0.89 <sup>AD</sup>	76.66 ± 0.86 <sup>AD</sup>	80.00 ± 1.21 <sup>AD</sup>
<b>20</b>	78.57 ± 1.30 <sup>AE</sup>	83.17 ± 1.30 <sup>AE</sup>	85.87 ± 0.93 <sup>AE</sup>	86.66 ± 0.86 <sup>AE</sup>	89.65 ± 0.88 <sup>AE</sup>	93.33 ± 1.92 <sup>AE</sup>
<b>25</b>	89.65 ± 1.25 <sup>AF</sup>	90.00 ± 1.21 <sup>AF</sup>	96.66 ± 1.21 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<b>F val</b>	783.169**	774.971**	750.039**	2736.267**	1616.528**	959.915**
<b>P val</b>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<b>R</b>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<b>Larve</b>						
<b>G.T</b>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	1.66 ± 1.63 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.81 <sup>AA</sup>	2 ± 1.33 <sup>AA</sup>	2 ± 1.33 <sup>AA</sup>
<b>5</b>	10.00 ± 1.21 <sup>AB</sup>	20.00 ± 1.21 <sup>AB</sup>	28.57 ± 1.30 <sup>AB</sup>	34.48 ± 0.89 <sup>AB</sup>	36.66 ± 0.86 <sup>AB</sup>	40.00 ± 1.21 <sup>AB</sup>
<b>10</b>	27.58 ± 2.51 <sup>AC</sup>	40.00 ± 1.92 <sup>AC</sup>	46.66 ± 1.21 <sup>AC</sup>	52.77 ± 2.18 <sup>AC</sup>	53.88 ± 2.17 <sup>AC</sup>	56.66 ± 2.72 <sup>AC</sup>
<b>15</b>	46.66 ± 2.43 <sup>AD</sup>	58.62 ± 2.81 <sup>AD</sup>	75.86 ± 1.99 <sup>AD</sup>	83.33 ± 1.92 <sup>AD</sup>	86.66 ± 1.92 <sup>AD</sup>	90.00 ± 1.92 <sup>AD</sup>
<b>20</b>	86.20 ± 2.81 <sup>AE</sup>	86.66 ± 2.72 <sup>AE</sup>	93.33 ± 1.92 <sup>AE</sup>	96.66 ± 0.86 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AE</sup>
<b>25</b>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<b>F val</b>	408.100**	379.344**	667.911**	797.345**	929.307**	670.711**
<b>P val</b>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<b>R</b>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes de celles du groupe témoin.  
 Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05). *F val* : valeur de *F* ; *P val* : valeur de *P* ; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 45.** Le taux de mortalité entraînée par PTG chez les adultes et les larves de *T. castaneum*

Dose (g/100 g de blé)	Temps par heure					
	24h	48h	72h	96h	120h	144h
<b>Adulte</b>						
G.T	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	1.33 ± 1.33 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.81 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.18 <sup>AA</sup>
5	0.00 ± 0.00 <sup>AA</sup>	6.91 ± 1.26 <sup>AA</sup>	17.24 ± 1.99 <sup>AB</sup>	23.33 ± 1.92 <sup>AB</sup>	26.66 ± 1.72 <sup>AB</sup>	30.00 ± 1.72 <sup>AB</sup>
10	10.00 ± 1.72 <sup>AC</sup>	20.00 ± 2.72 <sup>AC</sup>	30.00 ± 1.92 <sup>AC</sup>	36.66 ± 1.92 <sup>AC</sup>	41.38 ± 1.78 <sup>AC</sup>	43.33 ± 1.72 <sup>AC</sup>
15	31.03 ± 1.99 <sup>AD</sup>	43.33 ± 2.27 <sup>AD</sup>	50.00 ± 1.92 <sup>AD</sup>	63.33 ± 1.21 <sup>AD</sup>	68.96 ± 1.99 <sup>AD</sup>	73.33 ± 1.92 <sup>AD</sup>
20	73.33 ± 1.92 <sup>AE</sup>	76.66 ± 1.92 <sup>AE</sup>	80.55 ± 1.80 <sup>AE</sup>	83.33 ± 1.92 <sup>AE</sup>	86.20 ± 1.99 <sup>AE</sup>	86.66 ± 1.92 <sup>AE</sup>
25	83.33 ± 1.92 <sup>AF</sup>	86.66 ± 1.21 <sup>AF</sup>	90.00 ± 1.21 <sup>AF</sup>	96.43 ± 1.30 <sup>AF</sup>	96.66 ± 1.21 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F val</i>	527.153**	372.469**	419.609**	470.684**	452.393**	575.861**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<b>Larve</b>						
G.T	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	0.66 ± 0.66 <sup>AA</sup>	1.33 ± 1.33 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.18 <sup>AA</sup>	1.99 ± 0.18 <sup>AA</sup>
5	0.33 ± 0.86 <sup>AB</sup>	11.66 ± 1.42 <sup>AB</sup>	26.60 ± 1.92 <sup>AB</sup>	27.58 ± 1.99 <sup>AB</sup>	31.03 ± 1.99 <sup>AB</sup>	33.33 ± 1.92 <sup>AB</sup>
10	23.33 ± 1.92 <sup>AC</sup>	33.33 ± 1.92 <sup>AC</sup>	36.66 ± 1.92 <sup>AC</sup>	42.85 ± 2.06 <sup>AC</sup>	46.66 ± 1.92 <sup>AC</sup>	50.00 ± 1.92 <sup>AC</sup>
15	43.33 ± 1.21 <sup>AD</sup>	51.72 ± 2.81 <sup>AD</sup>	62.77 ± 1.59 <sup>AD</sup>	67.22 ± 2.34 <sup>AD</sup>	76.66 ± 1.92 <sup>AD</sup>	83.33 ± 1.92 <sup>AD</sup>
20	79.31 ± 1.99 <sup>AE</sup>	80.00 ± 1.92 <sup>AE</sup>	86.21 ± 1.25 <sup>AE</sup>	86.66 ± 1.21 <sup>AE</sup>	95.00 ± 1.42 <sup>AE</sup>	96.66 ± 1.21 <sup>AE</sup>
25	89.65 ± 1.25 <sup>AF</sup>	93.33 ± 1.21 <sup>AF</sup>	96.66 ± 0.86 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>	100.00 ± 0.00 <sup>AF</sup>
<i>F val</i>	669.748**	392.555**	586.359**	454.135**	597.188**	669.572**
<i>P val</i>	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01	<i>P</i> <0.01
<i>R</i>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes de celles du groupe témoin.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes de celles du groupe témoin (test de Dunnett, *P* <0.05). *F val* : valeur de *F* ; *P val* : valeur de *P* ; *R* : la taille d'effet. \* : significative ; \*\* : hautement significative ; \*\*\* : très hautement significative.

**Tableau 46.** Valeurs de  $DL_{50}$  et de  $DL_{90}$  chez les larves et les adultes de *T. castaneum* traités par la poudre de PRAG, PTG et PDG.

Stade de l'insecte	Poudre végétale	$DL_{50}$ (g)	$DL_{90}$ (g)	Equation
Larves	PRAG	6.3	10	$Y = 5.284x + 0.728$
	PDG	7	12	$Y = 5.280x + 0.585$
	PTG	8	14.5	$Y = 4.802x + 0.730$
Adultes	PRAG	7.5	13.80	$Y = 4.475x + 1.169$
	PDG	7.8	15.14	$Y = 4.502x + 0.955$
	PTG	9	17	$Y = 4.456x + 0.846$

## 4.2 Résultats des Bioessais de la toxicité d'HE de RAG et TG.

### 4.2.1 Résultats de toxicité par ingestion des deux huiles

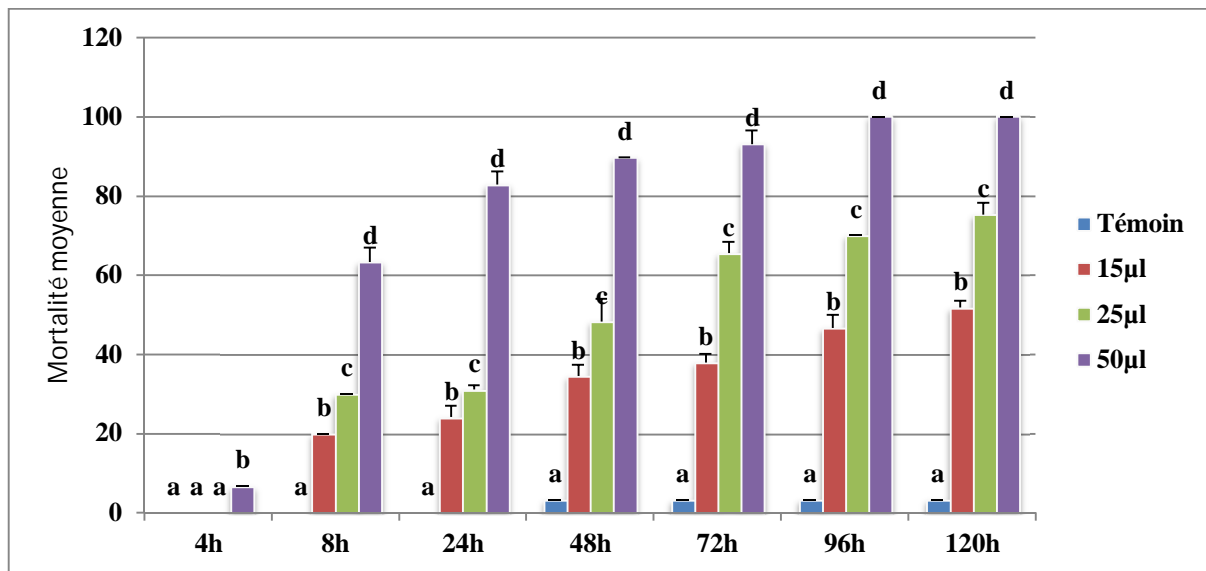
#### 4.2.1.1 Contre *S. granarius*

Les résultats montrent que l'huile essentielle d'AG et de TG ont provoqué des pourcentages de mortalité qui sont hautement significativement ( $P < 0.01$ ) augmentés en fonction du temps et de la dose par rapport aux groupes témoins (**Fig.54 et 55**), en revanche, des mortalités moyennes allant de  $51.85 \pm 1.85$ ,  $75.92 \pm 3.03$  à  $100 \pm 00$  pour AG, et de  $48.14 \pm 1.85$ ,  $72.22 \pm 4.00$  à  $96.66 \pm 3.33$  pour TG ont été enregistrés aux doses 15, 25, 50  $\mu$ l, respectivement, au bout de 120 jours d'exposition, comparées à celle des témoins ( $3.33 \pm 00$ ).

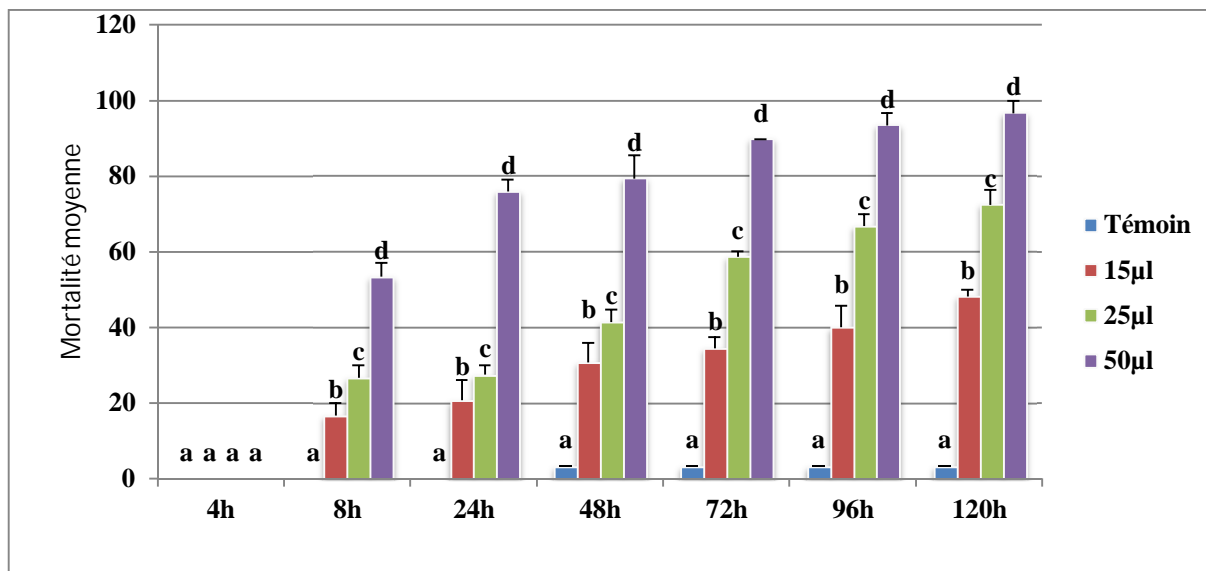
#### 4.2.1.2 Contre *T. castaneum*

L'examen des résultats montre que les huiles essentielles d'AG et TG testées possèdent des propriétés insecticides sur les larves et les adultes de *T. castaneum*. En effet, nous remarquons une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité des larves et des adultes comparée à ceux des témoins (**Fig.56, 57, 58 et 59**) en fonction de la dose d'HE utilisée ainsi que le temps d'exposition. Par ailleurs, si nous comparons les valeurs obtenues pour l'HE des deux plantes, nous remarquons que le taux de mortalité obtenu pour l'HE d'*A. gummifera* est plus élevé avec des mortalités moyennes de  $55.55 \pm 11.11$ ,  $92.59 \pm 3.70$  et

de  $100 \pm 00$  chez les adultes et de  $96.29 \pm 3.7$ ,  $100 \pm 00$  et de  $100 \pm 00$  chez les larves aux doses 15, 25,  $50 \mu\text{l}$ , respectivement après 72h d'exposition, tandis que *T. garganica* à enregistré des mortalités moyennes de  $51.85 \pm 3.7$ ,  $77.78 \pm 6.41$  et  $100 \pm 00$  chez les adultes et de  $92.59 \pm 3.7$ ,  $100 \pm 00$  et  $100 \pm 00$  chez les larves aux mêmes doses, respectivement au bout de 72h de traitement.

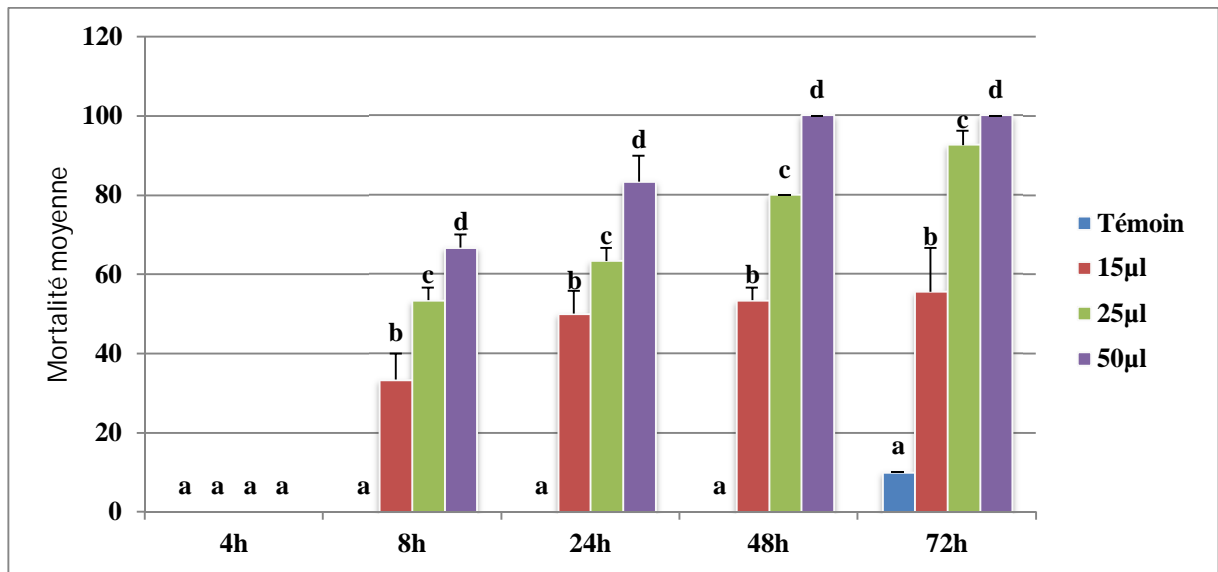


**Figure 54.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion.

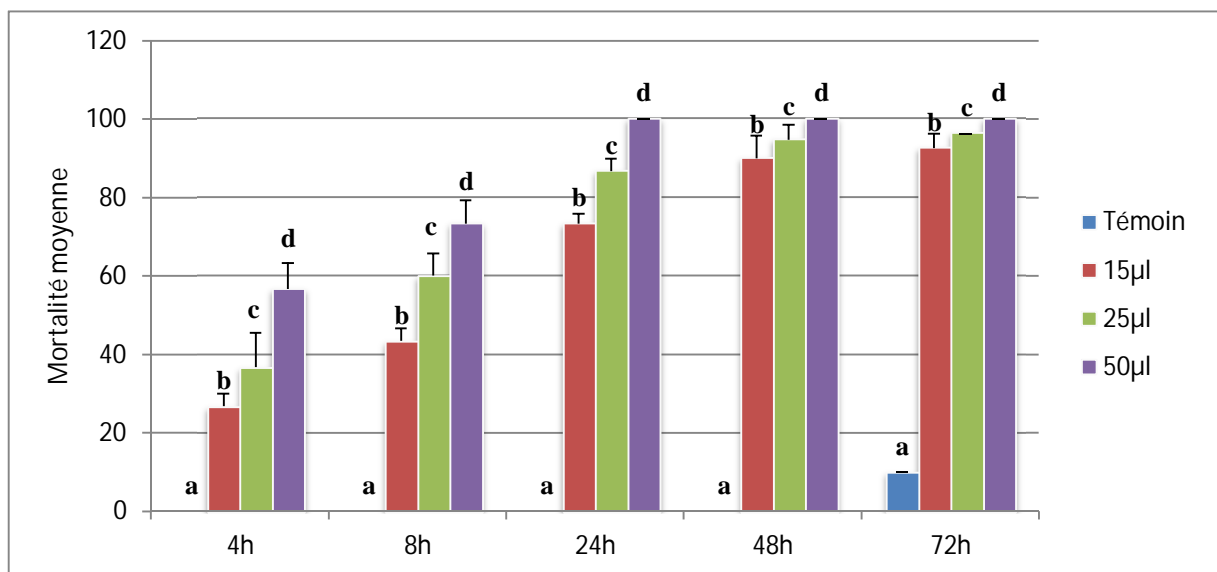


**Figure 55.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'HE de TG selon le mode ingestion.

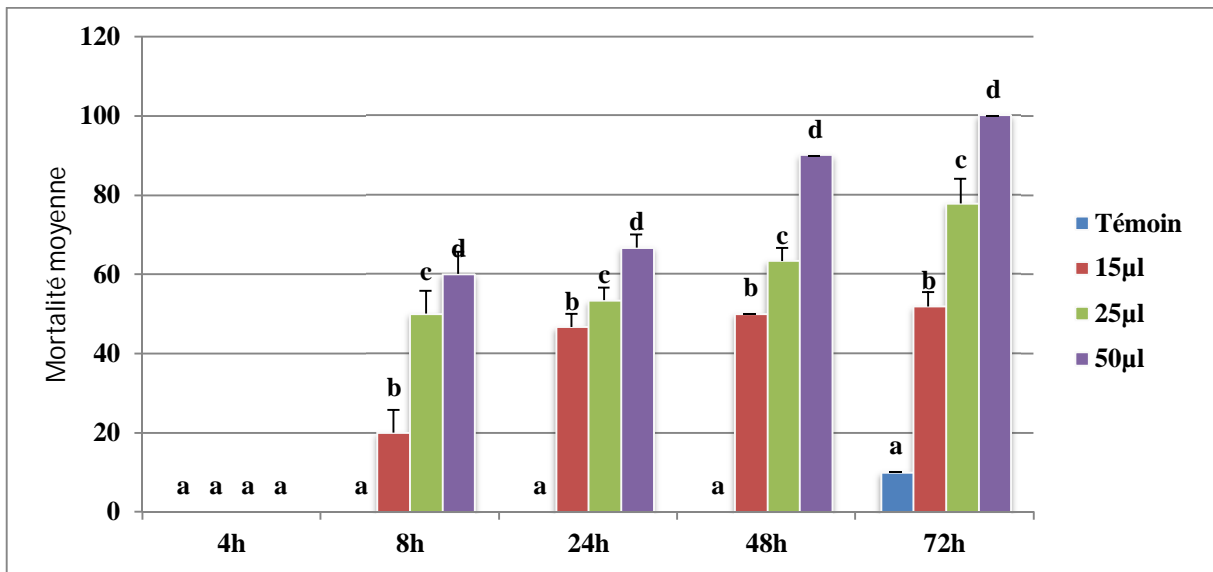




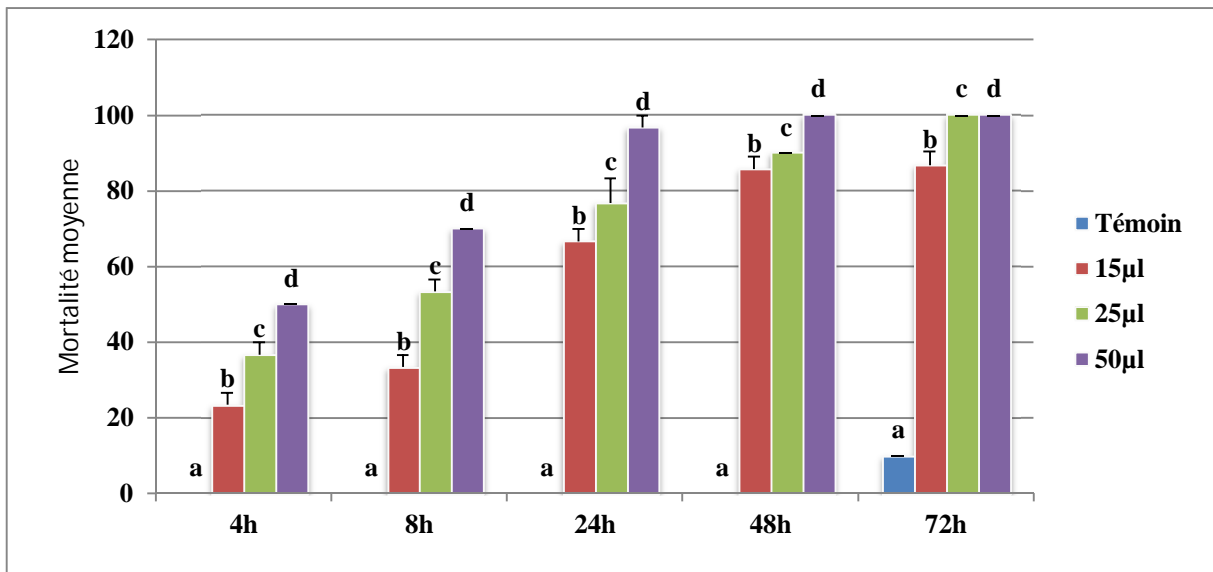
**Figure 56.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion



**Figure 57.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de *T. castaneum* traités par l'HE de RAG selon le mode ingestion



**Figure 58.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'HE de TG selon le mode ingestion



**Figure 59.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de *T. castaneum* traités par l'HE de TG selon le mode ingestion

## 4.2.2 Résultats de toxicité par contact des deux huiles

### 4.2.2.1 Contre *Sitophilus granarius*

Les résultats obtenus montrent que l'HE d'*A. gummifera* et de *T. garganica* sont efficaces sur les adultes de *S. granarius* selon le mode d'administration contact. Elles ont engendré un taux de mortalité de 100% après 36h d'exposition pour la dose 50 $\mu$ l, tandis que, des mortalités moyennes de  $80 \pm 5.77$ ,  $96.66 \pm 3.33$  et de  $63.33 \pm 3.3$ ,  $83.33 \pm 3.33$  ont été enregistrés avec les doses 15 et 25 $\mu$ l, respectivement par l'HE d'AG et de TG. Il est nécessaire d'indiquer qu'une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) a été enregistrée pour les deux HE en fonction de la dose et du temps d'exposition par rapport aux groupes témoins (**Fig.60 et 61**).

### 4.2.2.2 Contre *T. castaneum*

Basé sur les résultats obtenus, le mode contact était plus efficace que le mode ingestion, avec une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité en fonction de la dose et du temps pour les deux HE testées comparé à ceux des témoins. Cependant, pour la population de *T. castaneum* traitée par l'HE d'AG, les mortalités moyennes les plus importantes ont été enregistrée après 24h de traitement, dont les moyennes étaient ;  $89.63 \pm 5.78$ ,  $92.59 \pm 3.7$  et  $100 \pm 00$  chez les adultes aux doses : 15, 25, 50 $\mu$ l, respectivement. Une mortalité moyenne de  $100 \pm 00$  a été notée chez les larves avec les trois doses testées et après 24h d'exposition, alors que, l'HE de TG a entraînée des mortalités moyennes de  $82.22 \pm 3.39$ ,  $85.92 \pm 2.26$  chez les adultes et de  $89.26 \pm 0.37$ ,  $92.59 \pm 3.70$  chez les larves, après 24h de traitement aux doses 15 $\mu$ l et 25 $\mu$ l respectivement. Cependant, la mortalité a continué d'augmenter pour atteindre un taux de 100% chez les larves et les adultes à la dose 50 $\mu$ l après 24h d'exposition (**Fig.62, 63, 64 et 65**).

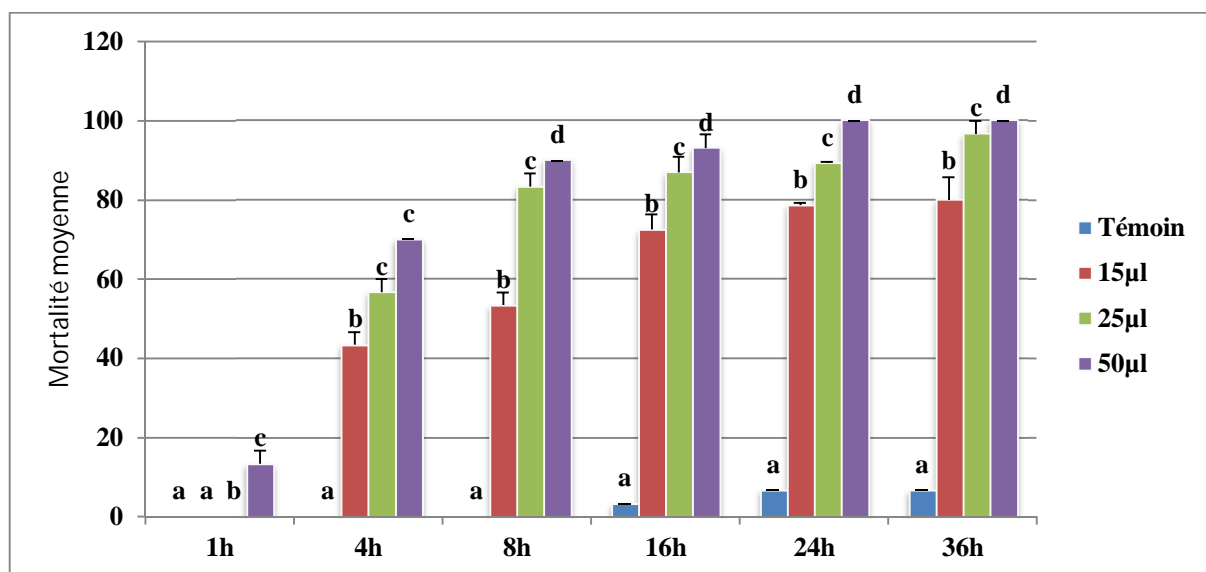
Selon la taille d'effet R, les deux HE (de RAG et de TG) semblent être efficaces pour limiter la manifestation des stades du cycle biologique des deux insectes.

## 4.2.3 Les valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> enregistrées par l'HE de RAG et de TG

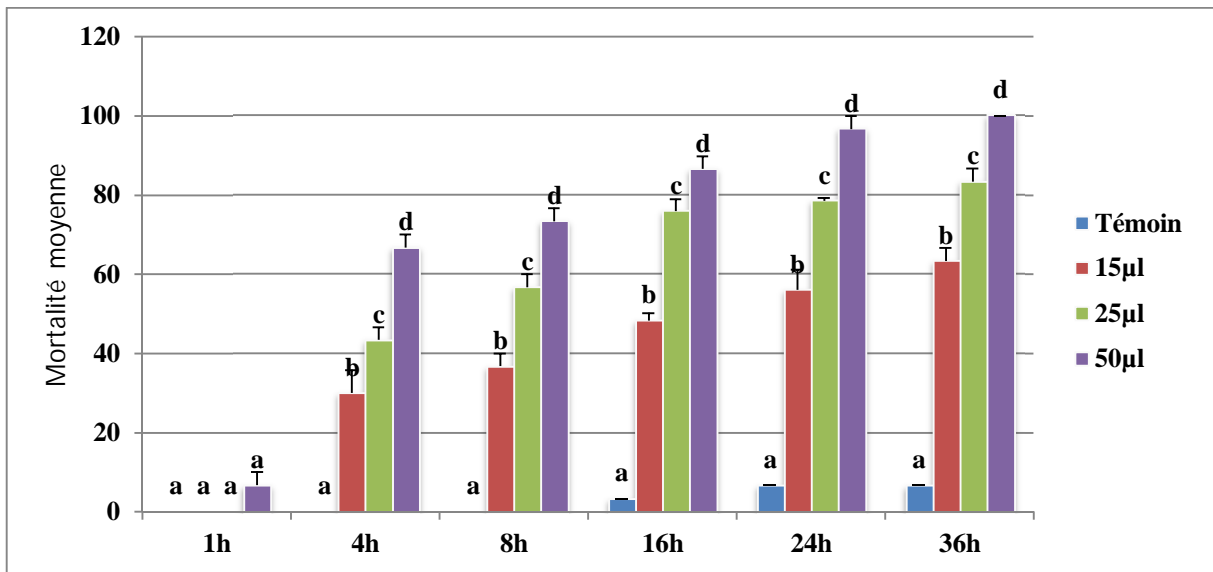
D'après le **tableau 47**, les valeurs obtenus par les deux HE (RAG et TG) varient d'un insecte à un autre et d'une plante à une autre selon les deux modes d'action ; contact et ingestion.

Les HE testés ont approuvé leur efficacité contre l'adulte de *S. granarius* avec des valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> de : 2.24 µl et de 9.1 µl pour l'HE de RAG et de 4.8 µl et de 15.8 µl pour l'HE de TG, selon le mode contact. En revanche, le mode ingestion a noté des valeurs de DL<sub>50</sub> de : 16.2 µl et 32 µl et des valeurs de DL<sub>90</sub> de : 27 µl et 40 µl, pour l'HE de RAG et TG, respectivement.

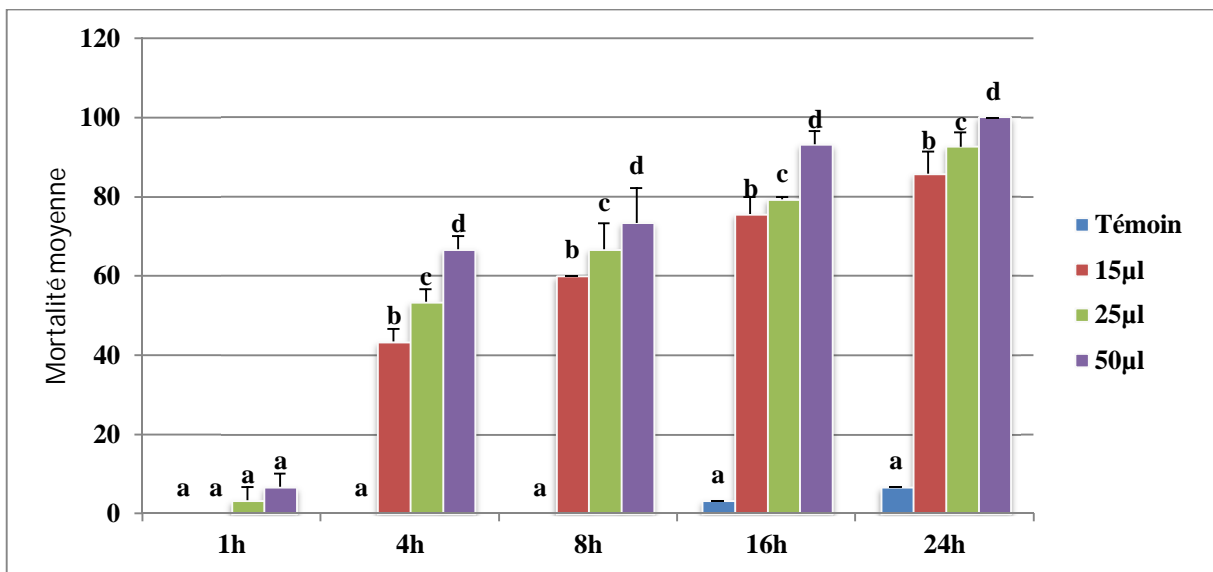
Pour le ravageur *T. castaneum*, l'effet larvicide et adulticide de l'HE de RAG et de TG, respectivement, selon le mode d'action contact, a montré des valeurs de DL<sub>50</sub> de : 1.4 µl et de 1.2 µl chez les larves et de 1.5 µl et de 2.6µl chez les adultes, tandis que les valeurs de DL<sub>90</sub> étaient plus importants chez les adultes (5.2µl et 7.4µl) que chez les larves (8.5 µl et 11.7 µl), pour l'HE de RAG et TG, respectivement. Cependant, l'HE de RAG a enregistré, respectivement selon le mode ingestion des valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> chez les larves de : 6.3 µl et de 15.1 µl et chez les adultes de : 14.1µl et de 25.1µl, alors que l'HE de TG, a induit des valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> plus faibles chez les larves (9.3µl et de 19.5µl) que chez les adultes (16µl et de 26.3µl).



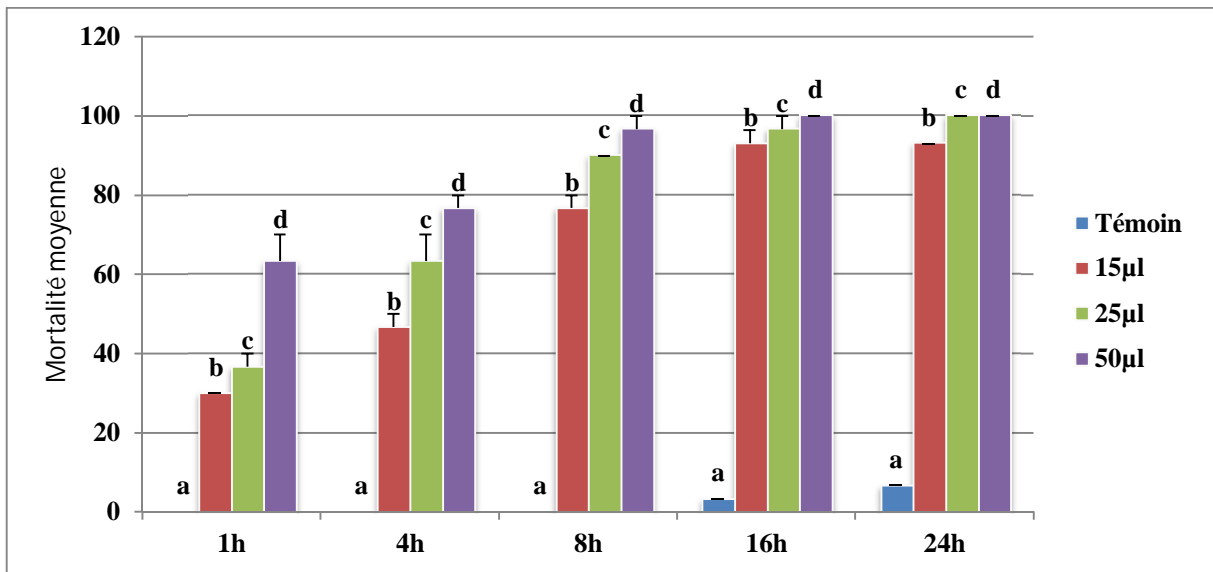
**Figure 60.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'HE de RAG selon le mode contact.



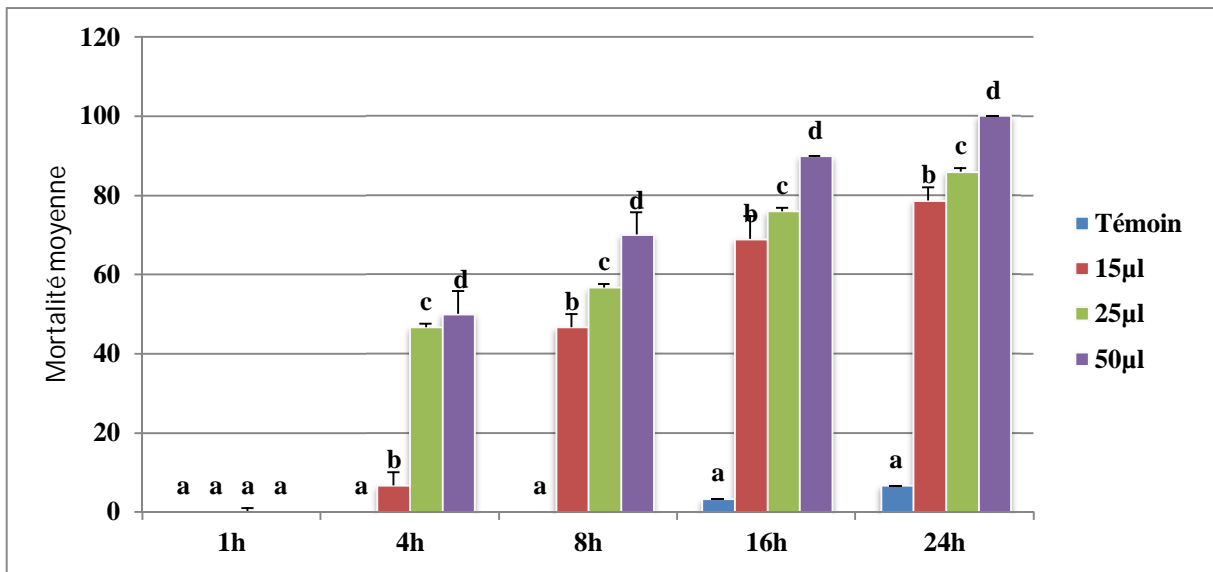
**Figure 61.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'HE de TG selon le mode contact.



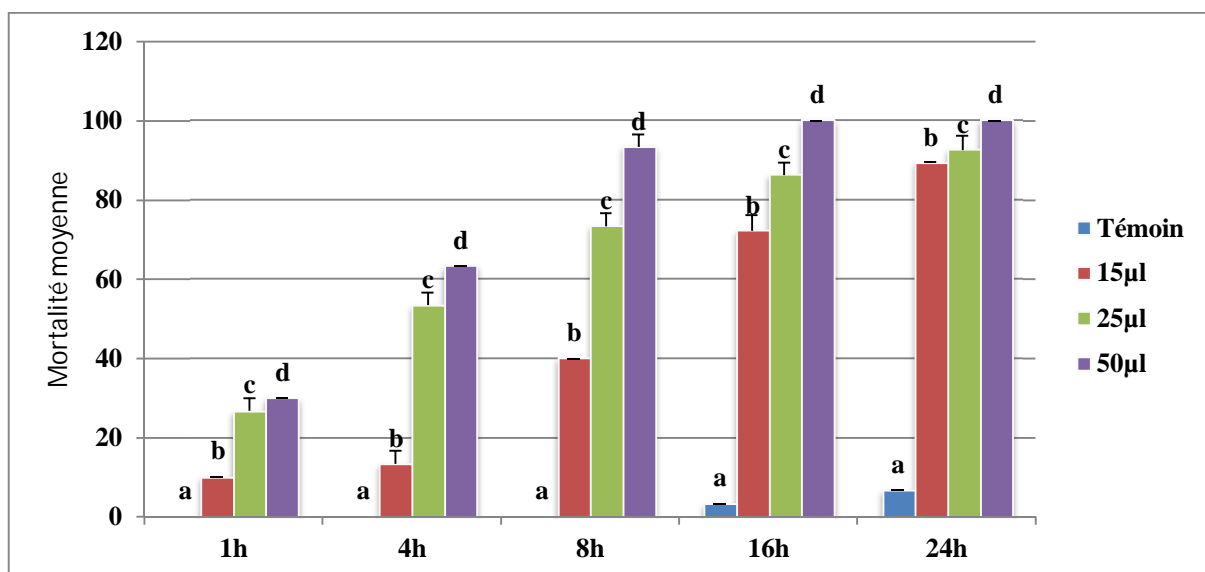
**Figure 62.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'HE de RAG selon le mode contact



**Figure 63.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de *T. castaneum* traités par l'HE de RAG selon le mode contact



**Figure 64.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'HE de TG selon le mode contact.



**Figure 65.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des larves de *T. castaneum* traitées par l'HE de TG selon le mode contact.

**Tableau 47.** Valeur de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> enregistrées chez le ravageur *S. granarius* et *T. castaneum* traités par l'HE de RAG et de TG.

l'insecte	Huile	Le mode contact			Le mode ingestion		
		DL <sub>50</sub> (g)	DL <sub>90</sub> (g)	Equation	DL <sub>50</sub> (g)	DL <sub>90</sub> (g)	Equation
<i>T. castaneum</i>							
Larves	RAG	1.4µl	5.2µl	Y=1.468x + 5.223	6.3µl	15.1 µl	Y=3.303x + 2.370
	TG	1,2µl	7.4µl	Y=1.575x + 4.913	9.3µl	19.5µl	Y=4.053x + 1.040
Adultes	RAG	1.5µl	8.5µl	Y=1.737x + 4.659	14.1µl	25.1µl	Y=5.650x - 1.511
	TG	2.6µl	11.7µl	Y=1.944x + 4.197	16µl	26.3µl	Y=5.956x - 2.195
<i>S. granarius</i>							
Adultes	RAG	2,24µl	9.1µl	Y=2.114x + 4.258	16.2µl	27 µl	Y=5.968x - 2.232
	TG	4.8µl	15.8µl	Y=2.441x + 3.347	32 µl	40 µl	Y=3.748x + 0.456

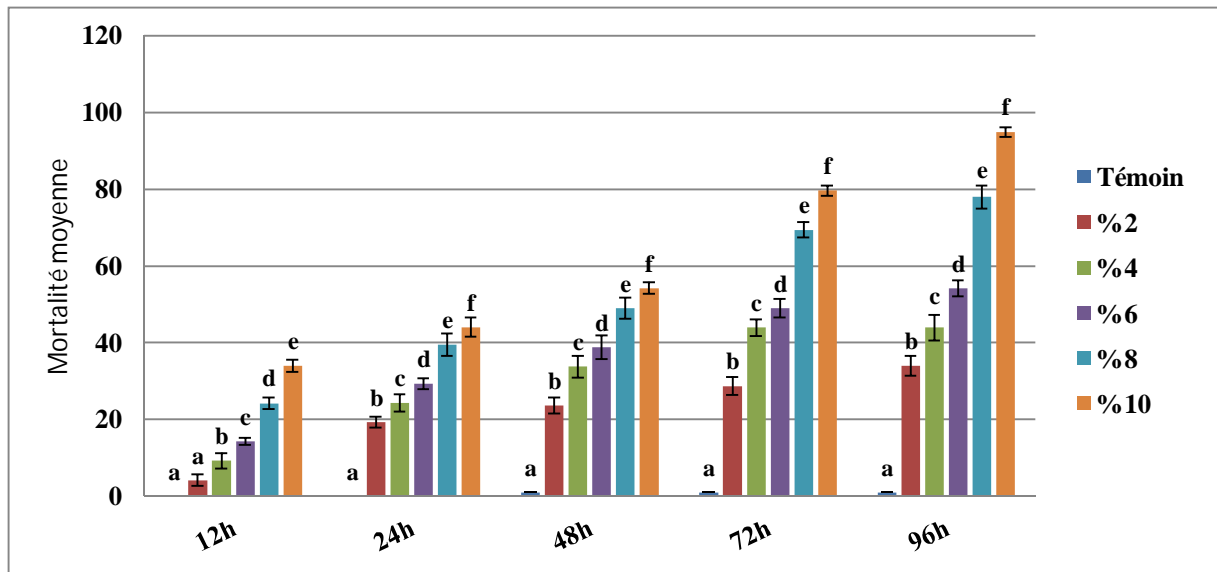
### 4.3 Résultats des Bioessais de la toxicité de l'EM et l'EA de RAG, DG et de TG.

#### 4.3.1 Résultats de toxicité par ingestion

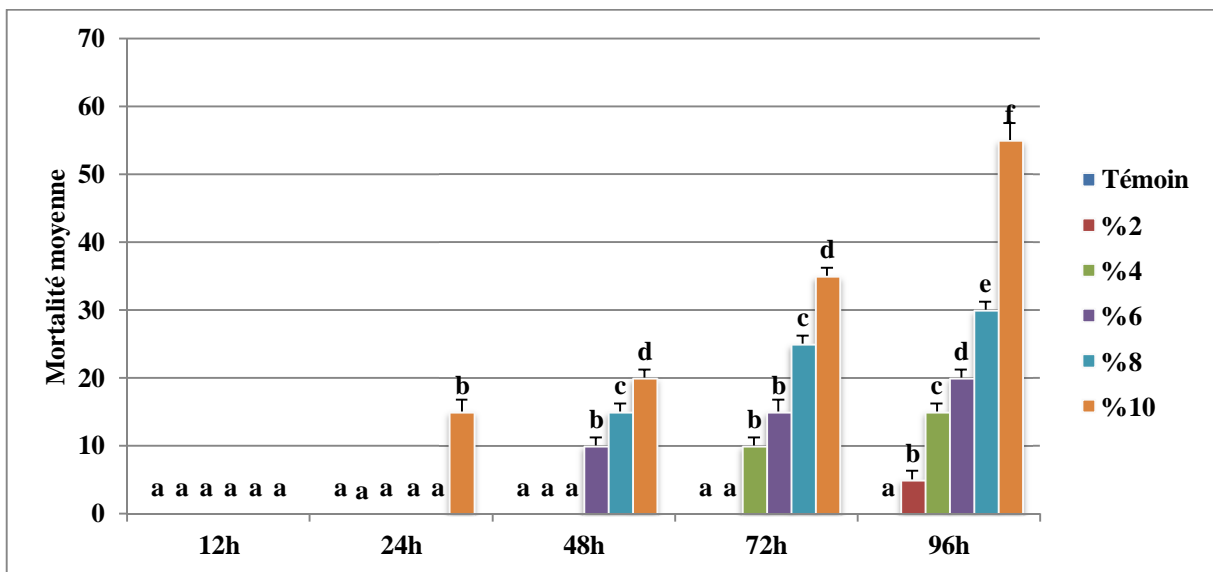
##### 4.3.1.1 Contre *S. granarius*

Les résultats de l'effet toxiques des deux extraits ont été estimés par rapport à des témoins sur un blé non traité. Une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité a été notée tout dépend du temps, de la dose et de la nature d'extrait de la plante utilisée. L'EMRAG et l'EARAG montrent une prédominance en terme de taux de mortalité à la dose 10% (**Fig.66** et **67**), avec des mortalités moyennes de  $94.92 \pm 1.29$  et de  $84.75 \pm 1.78$ , respectivement 96h après le traitement, tandis que, des mortalités moyennes de :  $33.94 \pm 2.16$ ,  $44.07 \pm 3.32$ ,  $54.16 \pm 2.11$ ,  $79.66 \pm 3$  et de :  $18.64 \pm 1.57$ ,  $33.90 \pm 1.83$ ,  $43.99 \pm 1.77$ ,  $69.49 \pm 1.73$  ont été constatées avec les doses 2, 4, 6, 8%, respectivement pour l'EMRAG et l'EARAG. Cependant, à la même dose et 144h après le traitement, des mortalités moyennes ont été affichés par l'EMDG et l'EATG de :  $89.66 \pm 1.85$  et de  $79.31 \pm 1.47$ , respectivement (**Fig.68** et **69**), alors que les doses 2, 4, 6 et 8% ont enregistré des mortalités moyennes d'une part avec l'EMDG de  $27.95 \pm 2.57$ ,  $43.10 \pm 1.48$ ,  $53.45 \pm 1.93$  et de  $68.97 \pm 1.15$  et d'une autre part avec l'EADG de :  $22.41 \pm 1.95$ ,  $32.76 \pm 2.3$ ,  $43.10 \pm 2.23$  et de  $58.62 \pm 3.17$  au bout de 6 jours d'exposition. Les mortalités moyennes obtenues avec le blé traité par l'EMTG ( $89.74 \pm 1.78$ ) et par l'EATG ( $76.92 \pm 1.38$ ) à la dose 10%, ont été enregistrés 192h après le traitement (**Fig.70** et **71**). Cependant, les mortalités moyennes engendrées par l'EMTG et par l'EATG, respectivement se sont échelonnées en fonction des doses : 2% ( $23.08 \pm 1.97$  et  $17.95 \pm 2.10$ ), 4% ( $38.46 \pm 1.08$  et  $33.33 \pm 2.12$ ), 6% ( $48.72 \pm 2.37$  et  $38.46 \pm 2.24$ ) et 8% ( $64.10 \pm 2.22$  et  $53.85 \pm 1.95$ ), 8 jours après le traitement. Selon le taux de mortalité, l'EM a entraîné une mortalité importante comparée à celle causée par l'EA.





**Figure 66.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMRAG selon le mode ingestion.



**Figure 67.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EARAG selon le mode ingestion.

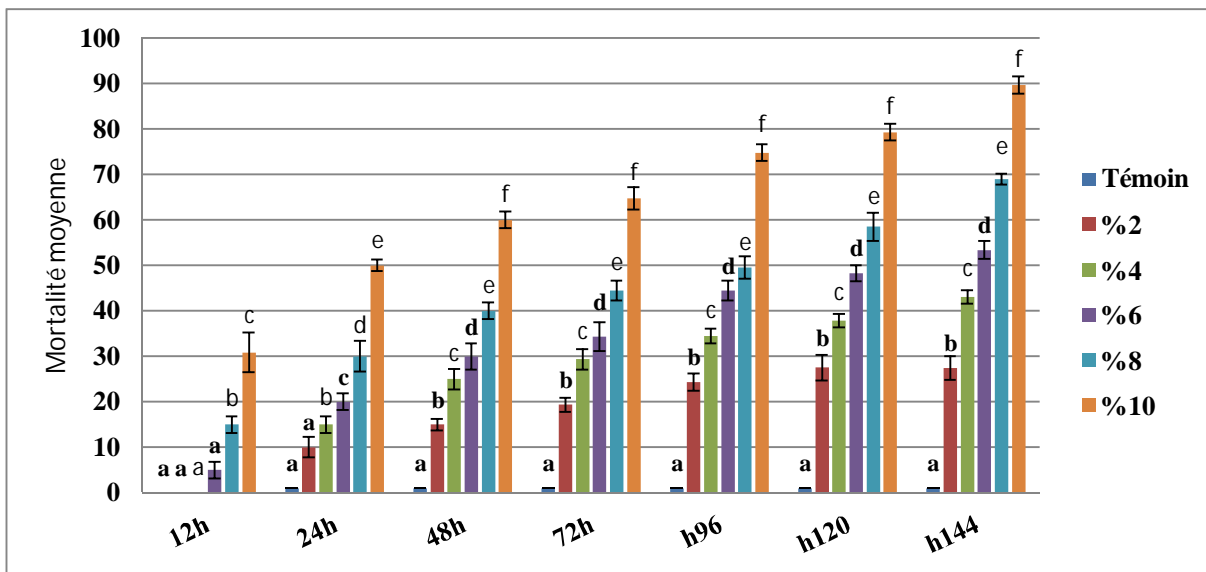


Figure 68. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMDG selon le mode ingestion.

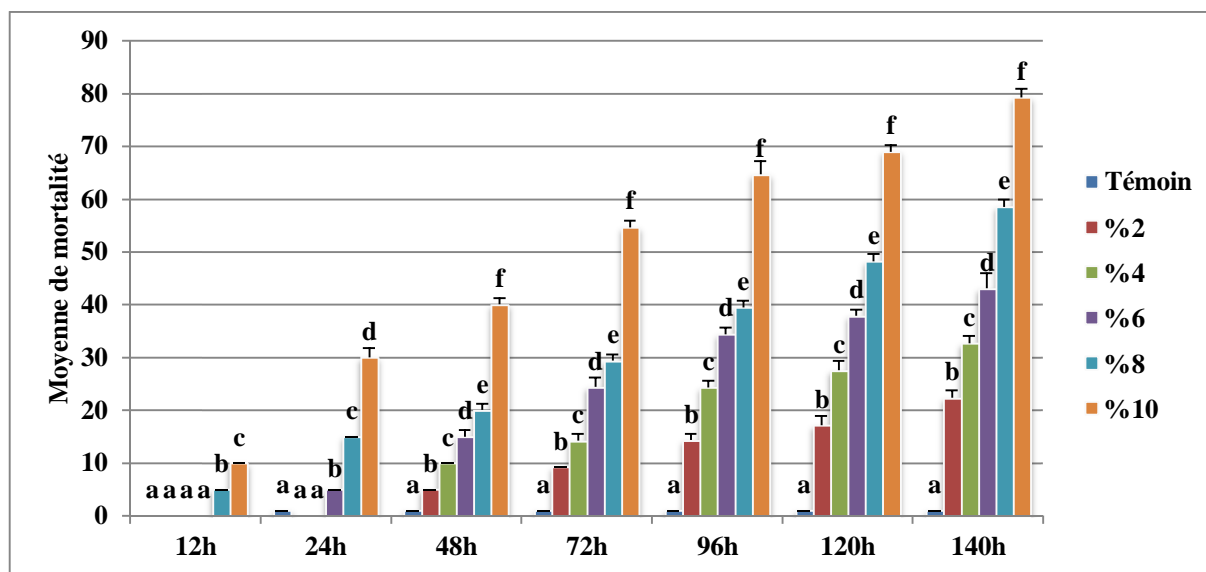
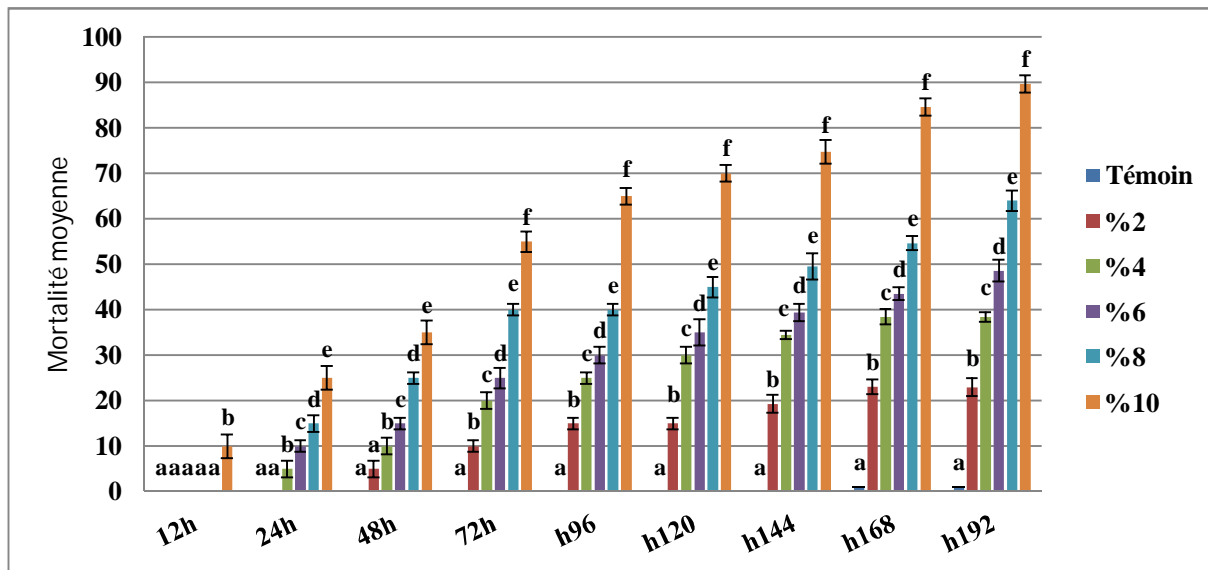
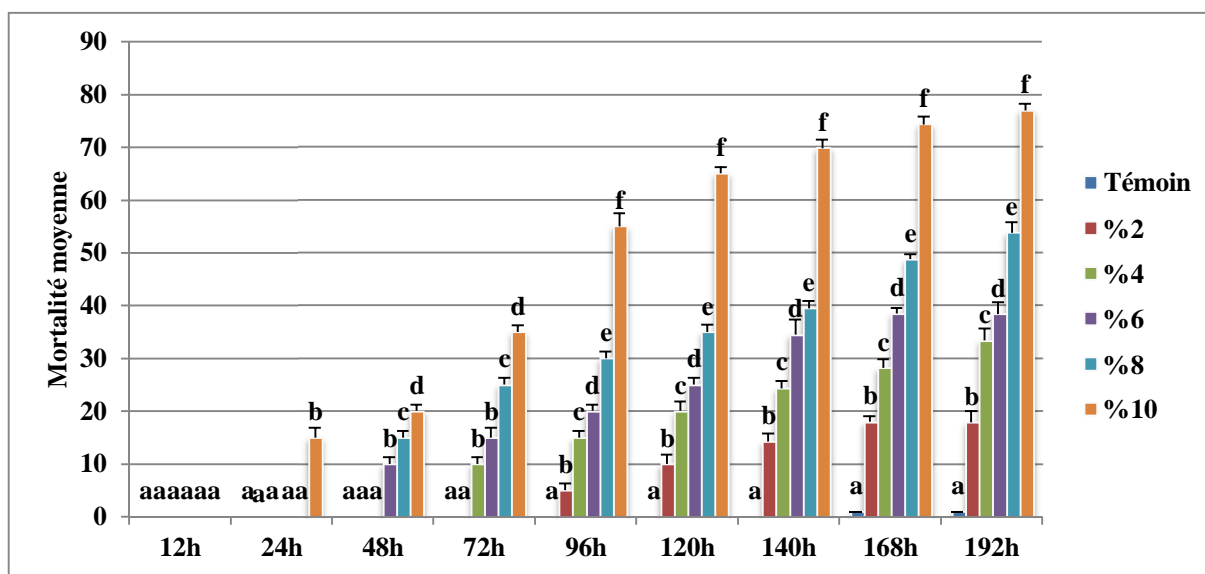


Figure 69. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EADG selon le mode ingestion.



**Figure 70.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMTG selon le mode ingestion.



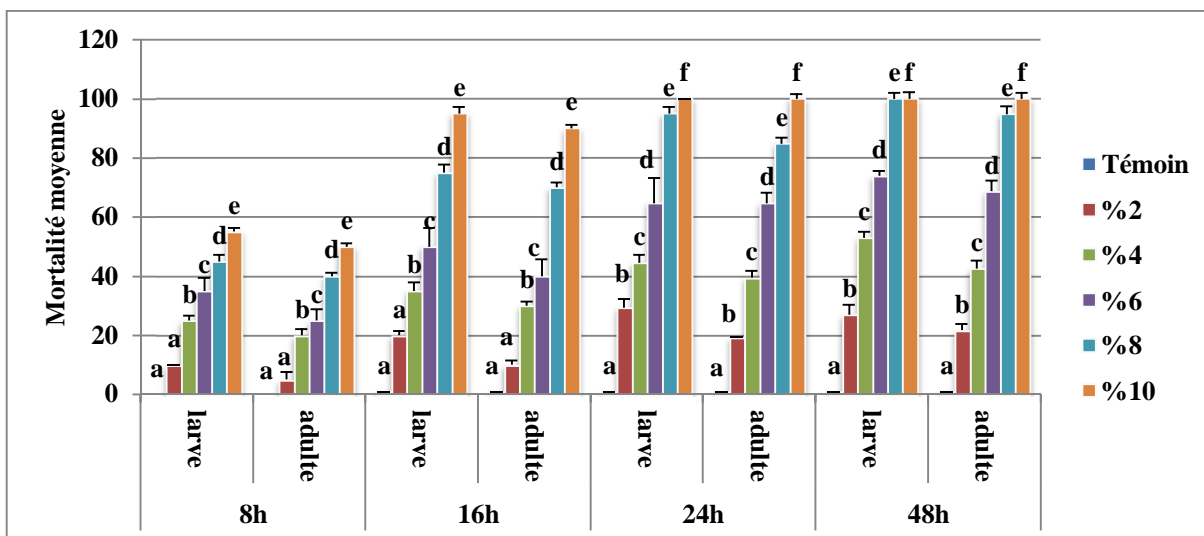
**Figure 71.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EATG selon le mode ingestion.

#### 4.3.1.2 Contre *T. castaneum*

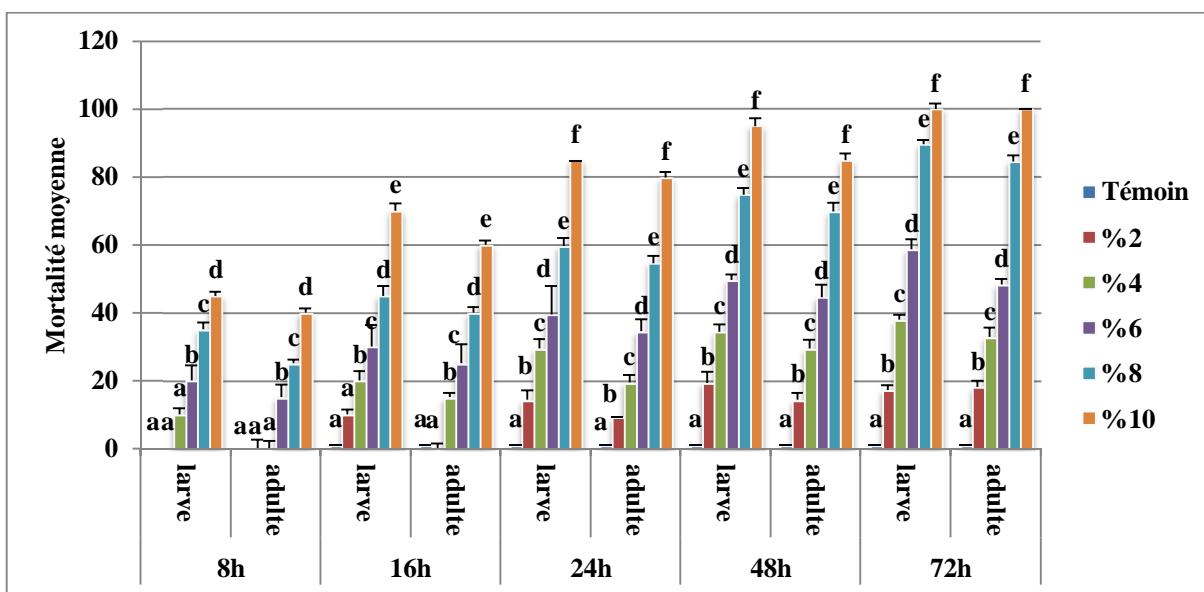
Selon le test de Dunnett, qui a permis une comparaison multiple des moyennes des groupes témoins et des groupes traités, les résultats d'évaluation de l'effet insecticide de l'EM et l'EA des trois plantes étudiées contre les larves et les adultes de *T. castaneum* ont révélé un taux de mortalité hautement significativement ( $P < 0.01$ ) important par rapport aux témoins. La dose de l'EMRAG et de l'EARAG qui provoque le maximum de mortalité (100%) chez les larves et les adultes se situe à 10%, 48h et 72h, respectivement après le traitement, alors que l'EMRAG a enregistré des mortalités moyennes qui varient selon les différentes doses chez les larves et les adultes, respectivement : 2% ( $26.96 \pm 2.05$  et  $21.74 \pm 2.53$ ), 4% ( $53.04 \pm 3.17$  et  $42.61 \pm 1.69$ ), 6% ( $73.91 \pm 2.61$  et  $68.70 \pm 2.02$ ) et 8% ( $100 \pm 00$  et  $94.78 \pm 1.87$ ) tandis que, l'EARAG a entraîné des mortalités moyennes de :  $20.69 \pm 2.86$ ,  $37.93 \pm 2.76$ ,  $58.62 \pm 8.49$ ,  $89.66 \pm 2.37$  chez les larves et de  $18.10 \pm 1.81$ ,  $32.76 \pm 2.98$ ,  $48.28 \pm 1.77$ ,  $84.48 \pm 1.88$  chez les adultes aux doses : 2, 4, 6 et 8%, respectivement (**Fig.72 et 73**).

Une mortalité larvaire de 100% et des adultes de  $99.41 \pm 3.28$  et de  $94.87 \pm 1.29$ , ont été enregistrées par l'EMDG et l'EADG, respectivement 96h et 120h après le traitement à la plus forte dose (10%). Cependant, l'EMDG et l'EADG, ont induit, respectivement des mortalités moyennes plus importantes chez les larves ( $27.59 \pm 2.33$ ,  $37.93 \pm 1.72$ ,  $63.79 \pm 2.93$ ,  $89.66 \pm 2$  et de :  $18.80 \pm 2.36$ ,  $35.90 \pm 1.09$ ,  $55.56 \pm 1.91$ ,  $79.49 \pm 1.31$ ) que les adultes ( $22.41 \pm 3.28$ ,  $32.76 \pm 2.19$ ,  $48.28 \pm 2.51$ ,  $79.31 \pm 2$  et de  $17.95 \pm 2.82$ ,  $30.77 \pm 1.77$ ,  $51.28 \pm 1.64$ ,  $74.36 \pm 1.51$ ) pour les doses : 2, 4, 6 et 8%, respectivement (**Fig.74 et 75**).

Les résultats illustrés dans les **Figures 76 et 77**, montrent que la forte dose (10%) produit une mortalité moyenne de :  $94.83 \pm 2.35$  et  $89.74 \pm 1.97$  chez les larves et de :  $90.52 \pm 1.87$  et  $84.86 \pm 1.23$  chez les adultes, avec l'EMTG et l'EATG, respectivement, ce qui nous a conduit à dire qu'aucune mortalité de 100% n'a été notée avec les deux extraits. Cependant, les mortalités les plus faibles ont été provoquées par l'EATG comparées à la fraction méthanolique, avec l'EMTG et l'EATG, les adultes ont enregistré des mortalités moyennes de :  $12.07 \pm 2.04$ ,  $22.41 \pm 1.83$ ,  $43.10 \pm 2.75$ ,  $74.14 \pm 2.73$  et de  $10.26 \pm 1.1$ ,  $16.24 \pm 1.58$ ,  $38.46 \pm 1.08$ ,  $64.10 \pm 2.31$ , comparées aux celles provoquées par les larves ( $22.41 \pm 1.53$ ,  $27.59 \pm 1.50$ ,  $53.45 \pm 3.21$ ,  $84.48 \pm 1.30$  et de :  $15.38 \pm 2.02$ ,  $21.37 \pm 2.27$ ,  $41.88 \pm 1.73$ ,  $69.23 \pm 1.15$ ) aux doses : 2, 4, 6 et 8%, 96h et 120h après le traitement, respectivement.



**Figure 72.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EMRAG selon le mode ingestion.



**Figure 73.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EARAG selon le mode ingestion.

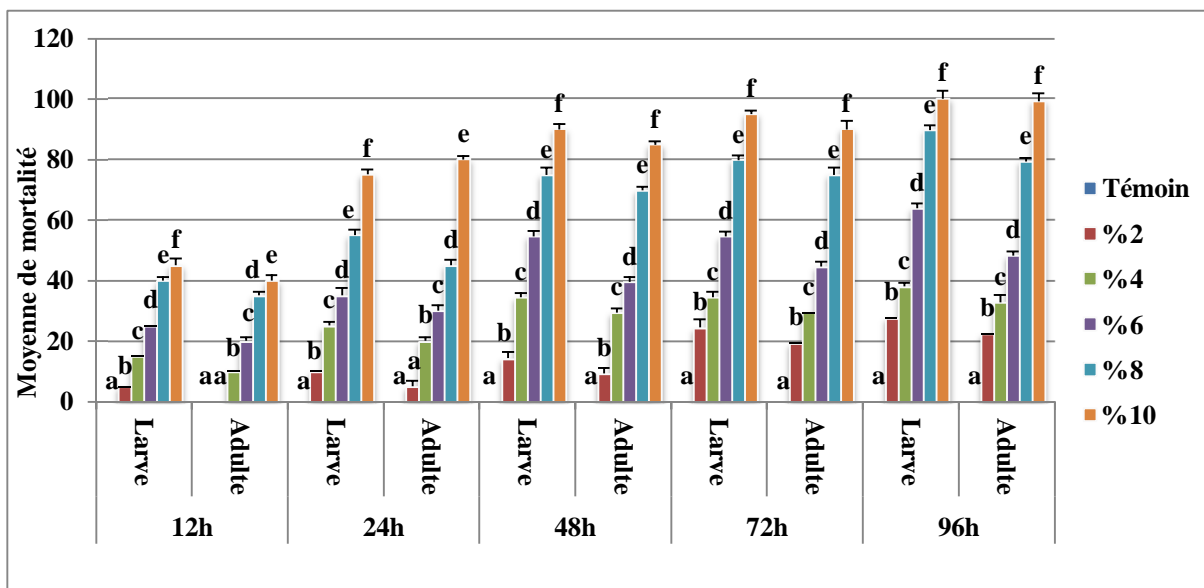


Figure 74. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EMDG selon le mode ingestion.

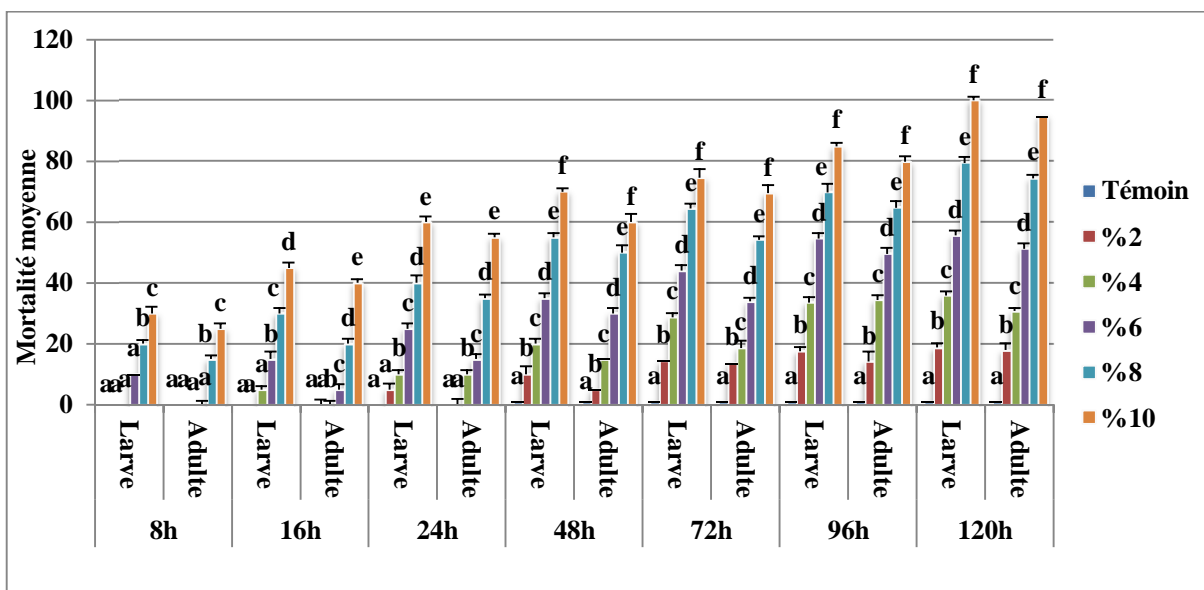


Figure 75. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EADG selon le mode ingestion.

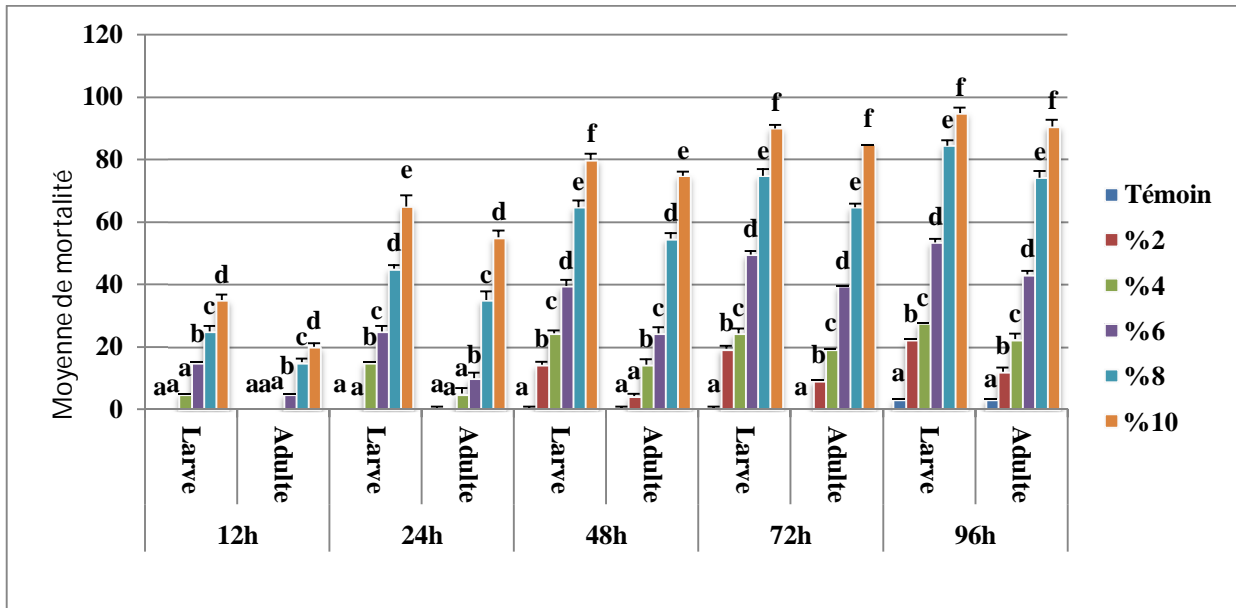


Figure 76. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EMTG selon le mode ingestion.

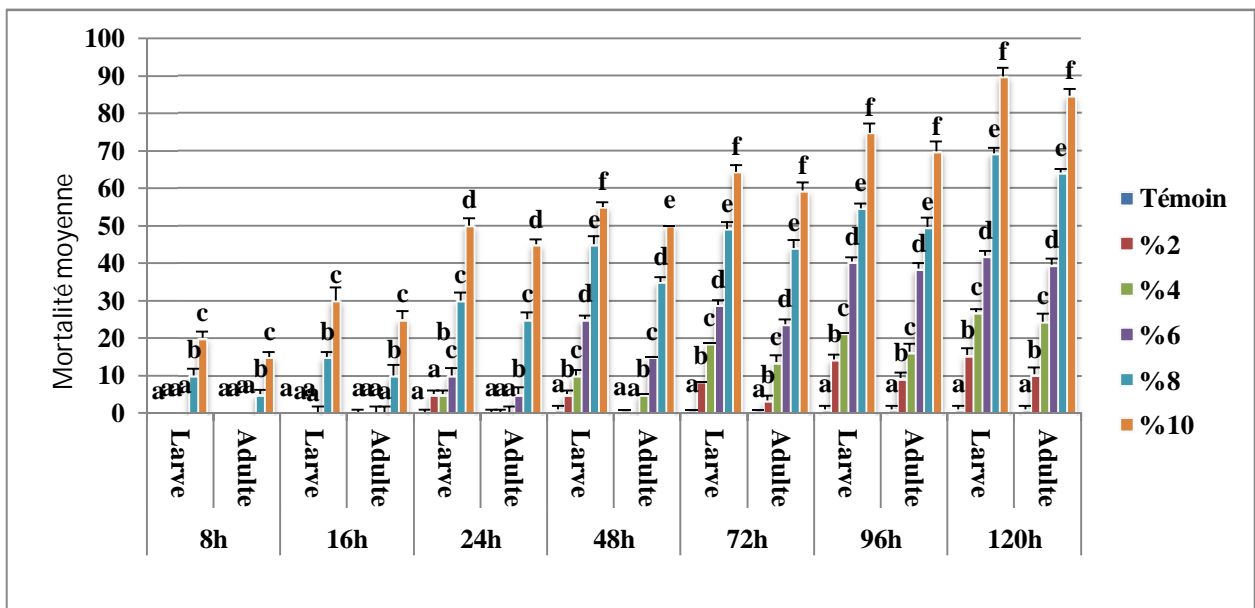


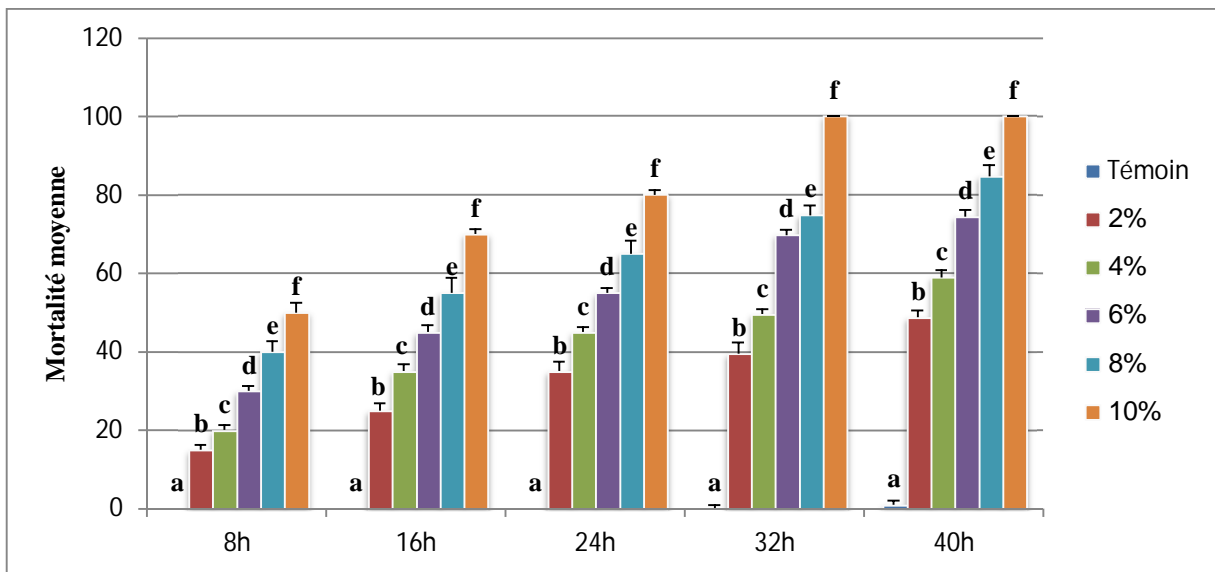
Figure 77. Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes et des larves de *T. castaneum* traités par l'EATG selon le mode ingestion.

### 4.3.2 Résultats de toxicité par contact des deux extraits

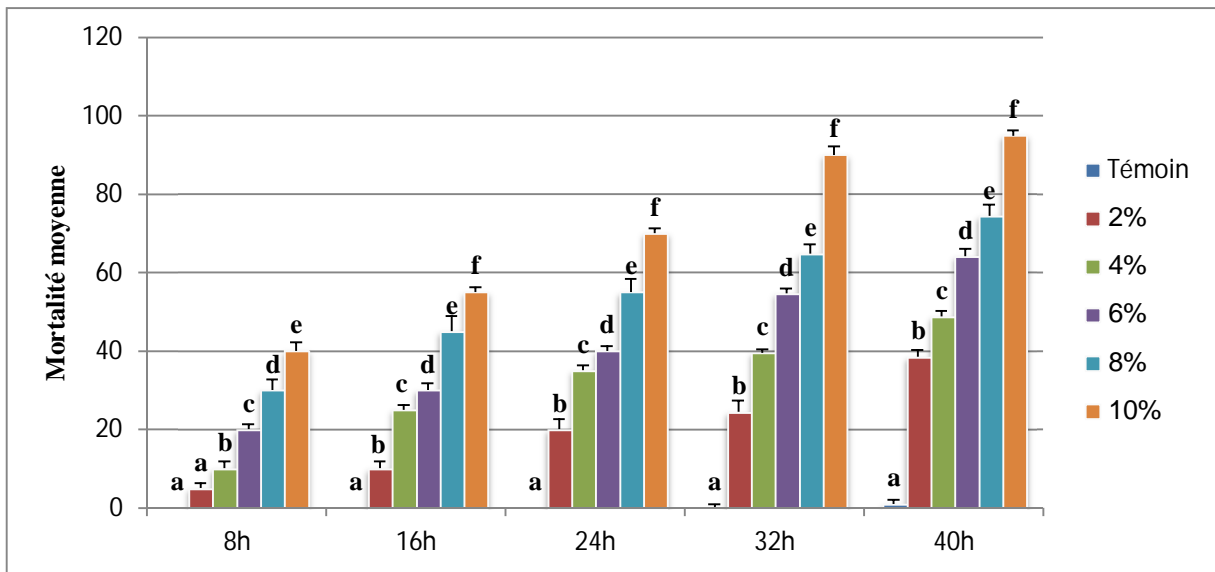
#### 4.3.2.1 Contre *Sitophilus granarius*

D'après les résultats obtenus, le mode d'action contact des extraits testés comme bio-insecticide est révélé plus efficace que le mode ingestion, avec une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité par rapport aux groupes témoins. Par ailleurs, si nous comparons les mortalités moyennes des deux extraits (EM et EA) des plantes étudiées, nous constatons que le RAG et DG ont une activité insecticide plus importante comparée à celle de TG. De cet effet, l'EMRAG a enregistré un taux de mortalité de 100%, 40h après le traitement à la plus forte dose (10%) alors que l'EARAG a noté une mortalité moyenne de  $94.82 \pm 1.36$  à la même dose (**Fig.78 et 79**). Le facteur dose et le temps influent sur le taux de mortalité. Les mortalités moyennes entraînés, respectivement par les doses : 2, 4, 6, 8% avec l'EMRAG étaient:  $48.72 \pm 2.74$ ,  $58.97 \pm 2.72$ ,  $74.36 \pm 1.89$ ,  $84.62 \pm 1.30$  et avec l'EARAG :  $38.46 \pm 1.82$ ,  $48.72 \pm 1.74$ ,  $64.10 \pm 1.91$ ,  $74.36 \pm 2.97$ . Les résultats révèlent ainsi l'atteinte d'un taux de mortalité de 100% provoqué par l'EMDG à la plus forte dose (10%), 72h après le traitement, alors que, l'EADG a noté une mortalité moyenne de  $89.73 \pm 1.36$  à la même dose. La partie aérienne de DG a approuvé son efficacité contre le ravageur *S. granarius*, où elle a enregistré une mortalité moyenne plus importante avec l'EMDG ( $43.59 \pm 1.98$ ,  $58.97 \pm 2.49$ ,  $69.23 \pm 1.59$ , et  $79.49 \pm 2.62$ ) que l'EADG ( $37.39 \pm 1.08$ ,  $47.83 \pm 1.09$ ,  $63.48 \pm 1.91$  et  $73.91 \pm 1.74$ ) aux doses : 2, 4, 6, et 8 %, respectivement au bout de trois jours de traitement (**Fig.80 et 81**). En revanche, la plante TG a noté le taux de mortalité le plus faible par rapport au RAG et TG, avec des mortalités moyennes entraînés par l'EMTG de :  $39.50 \pm 1.61$ ,  $54.62 \pm 1.35$ ,  $64.71 \pm 1.85$ ,  $74.79 \pm 1.30$  et de  $94.96 \pm 1.29$ , et par l'EATG de :  $34.45 \pm 2.22$ ,  $44.54 \pm 1.89$ ,  $59.66 \pm 1.07$ ,  $69.75 \pm 1.12$  et de  $84.87 \pm 1.43$ , aux doses : 2, 4, 6, 8 et 10%, respectivement, 96h d'exposition au traitement (**Fig.82 et 83**).

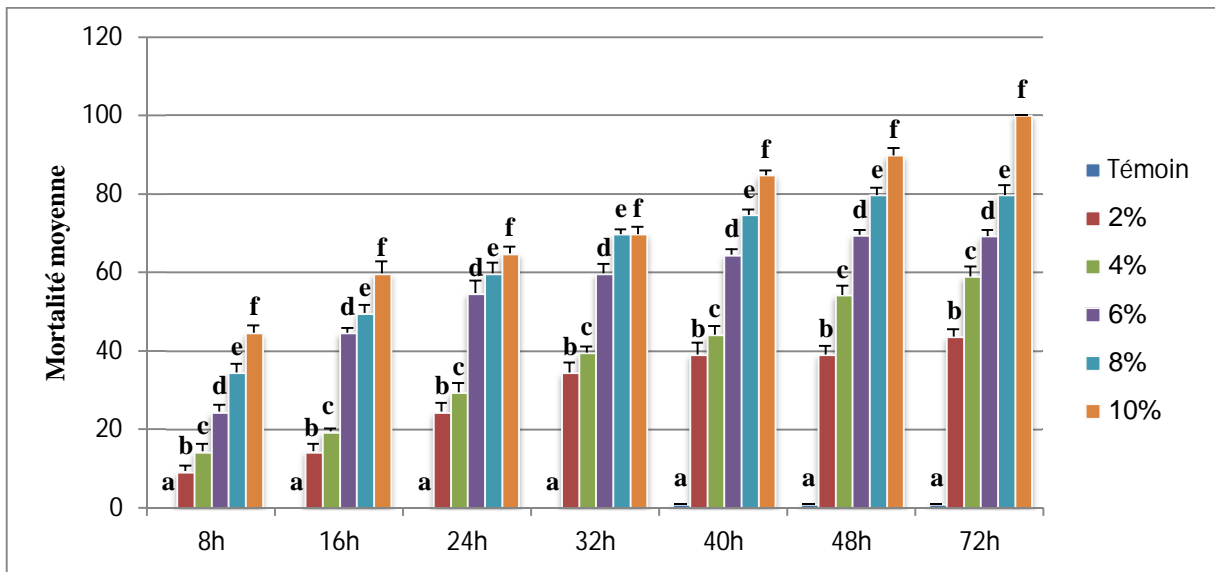




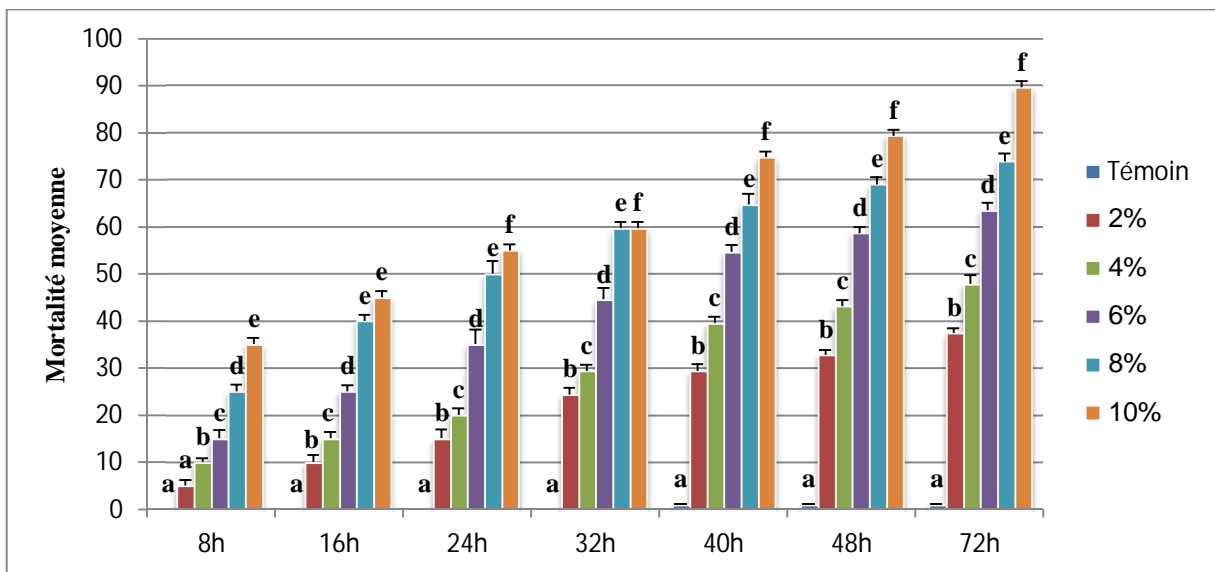
**Figure 78.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMRAG selon le mode contact.



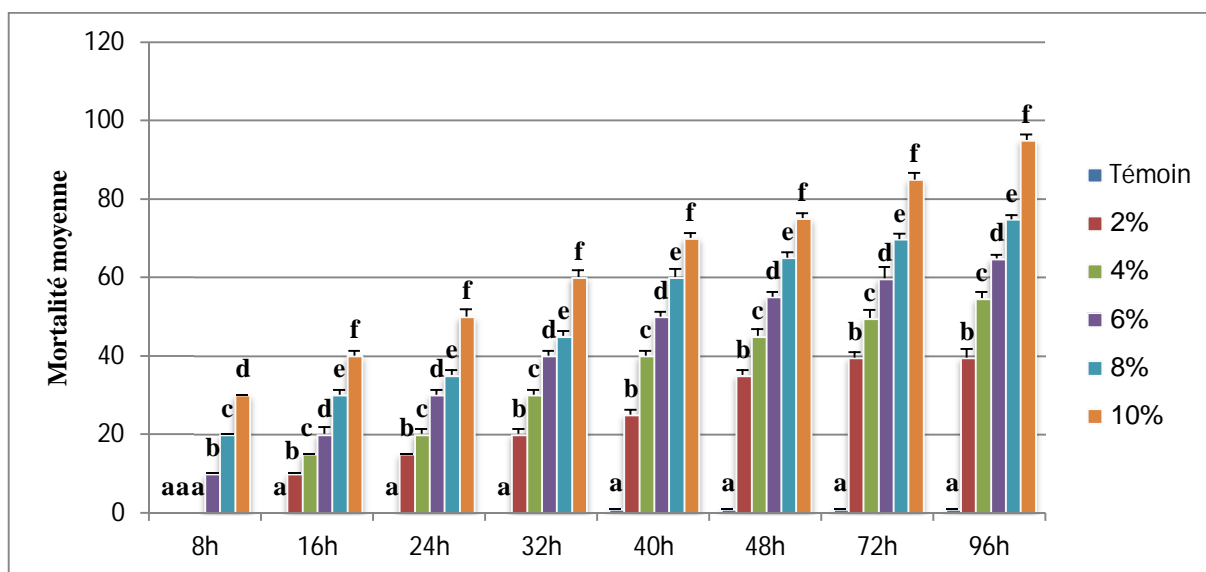
**Figure 79.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EARAG selon le mode contact.



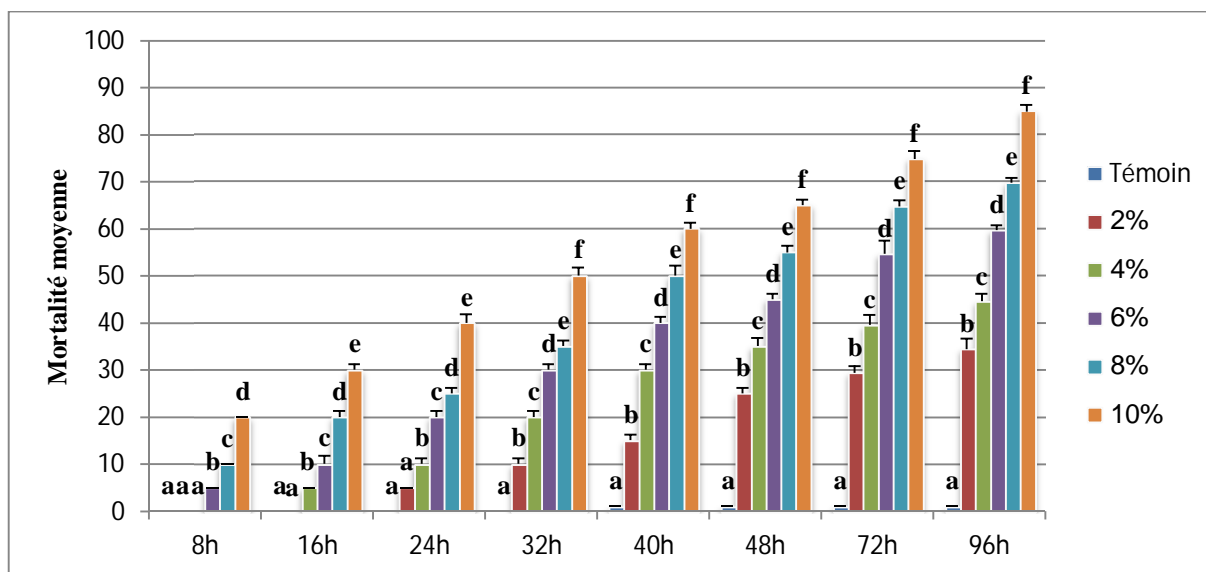
**Figure 80.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMDG selon le mode contact.



**Figure 81.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EADG selon le mode contact.



**Figure 82.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EMTG selon le mode contact.



**Figure 83.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *S. granarius* traités par l'EATG selon le mode contact.

#### 4.3.2.2 Contre *T. castaneum*

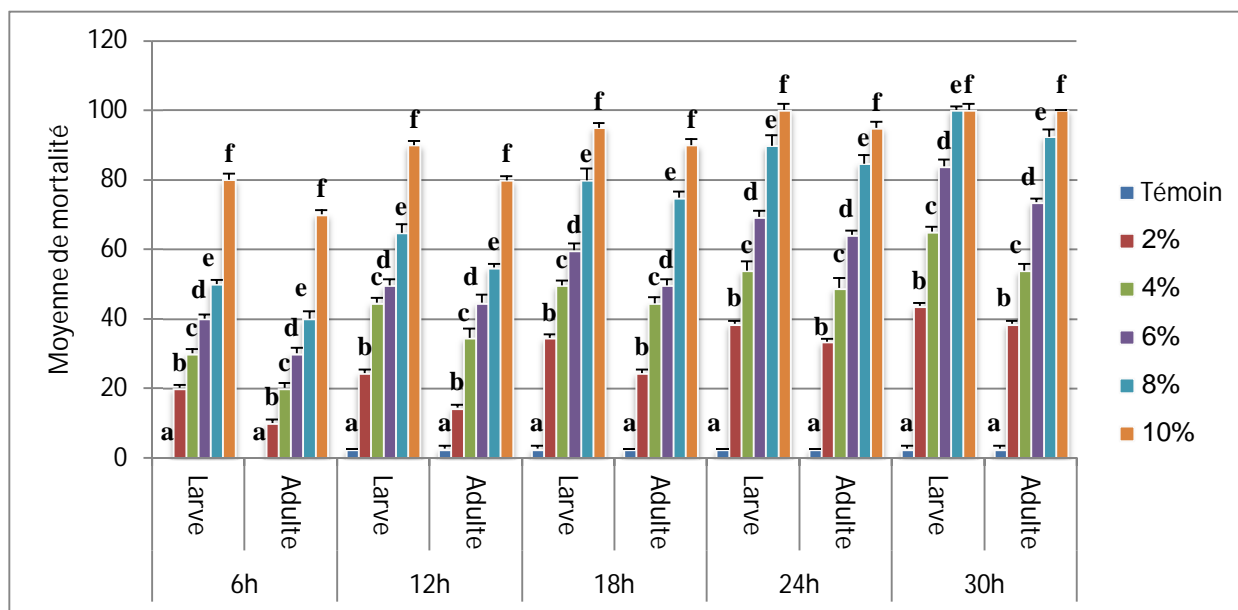
Les figures.84, 85, 86, 87, 88 et 89 récapitulent le niveau de mortalité des larves et des adultes de *T. castaneum* entraînées par l'EMRAG, l'EARAG, l'EMDG, l'EADG, l'EMTG et l'EATG, respectivement, aux différentes doses selon le mode contact et des témoins.

L'analyse des résultats révèle que les deux extraits des trois plantes exercent un effet biocide avec une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de taux de mortalité par rapport aux témoins, échelonné en fonction des différentes concentrations et selon le temps d'exposition au traitement. Cependant, L'EMRAG induit un taux de mortalité de 100% chez les larves et les adultes tandis que, l'EARAG a noté le même taux de mortalité chez les larves et une mortalité moyenne de  $99.15 \pm 1.36$  chez les adultes, 30h après le traitement à la plus forte dose (10%). De plus, l'EMRAG a enregistré des mortalités moyennes de :  $43.59 \pm 2.23$ ,  $64.96 \pm 2.49$ ,  $83.76 \pm 2.03$  et de  $100 \pm 00$  chez les larves et de :  $38.46 \pm 1.08$ ,  $53.85 \pm 2.48$ ,  $73.50 \pm 1.33$  et de  $92.31 \pm 1.29$  chez les adultes, respectivement aux doses : 2, 4, 6 et 8%, comparées à celles de l'EARAG qui a noté des mortalités moyennes chez les larves de :  $41.88 \pm 2.84$ ,  $54.70 \pm 1.96$ ,  $69.23 \pm 1.15$ ,  $95.73 \pm 2.19$  et les adultes de :  $36.75 \pm 2.48$ ,  $50.43 \pm 1.39$ ,  $66.67 \pm 2.14$ ,  $89.74 \pm 3.42$ , aux mêmes doses, respectivement.

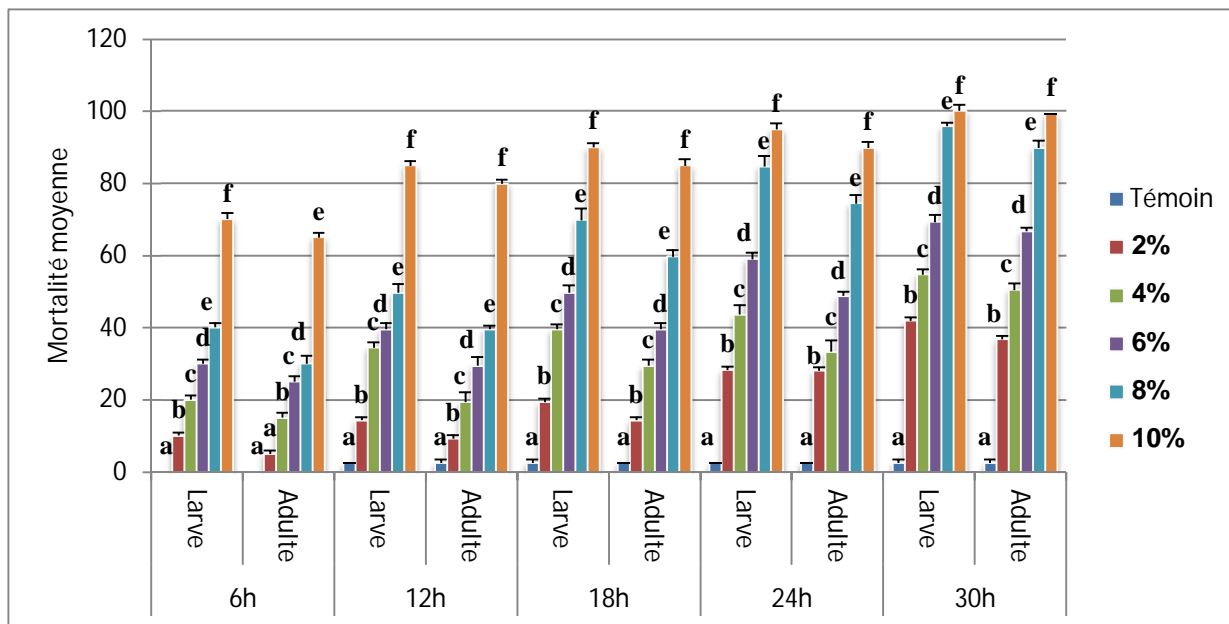
Par ailleurs, le taux de mortalité le plus élevé (100%) a été obtenue par l'EMDG chez les larves et les adultes à la dose 10%, 36h après le traitement, aux mêmes conditions expérimentales, l'EADG a provoqués des moyennes de mortalité de  $98.32 \pm 1.90$  chez les larves et de  $94.12 \pm 1.29$  chez les adultes. Selon le gradient de concentration, l'EMDG a enregistré les mortalités moyennes les plus dominantes chez les larves ( $44.54 \pm 1.73$ ,  $54.62 \pm 2.09$ ,  $69.75 \pm 1.71$  et  $84.87 \pm 2.54$ ) et chez les adultes ( $34.45 \pm 1.91$ ,  $44.54 \pm 2.62$ ,  $64.71 \pm 1.71$  et  $79.83 \pm 2.54$ ) par rapport à l'EADG chez les larves ( $27.73 \pm 0.92$ ,  $41.18 \pm 0.96$ ,  $58.82 \pm 2.91$  et  $78.99 \pm 2.11$ ) et les adultes ( $24.37 \pm 2.11$ ,  $34.45 \pm 2.73$ ,  $49.58 \pm 1.64$  et  $74.79 \pm 2.14$ ), respectivement, aux doses : 2, 4, 6 et 8% , après 36h d'exposition au traitement.

Les niveaux de mortalités larvaires et adultes induit par l'EMTG à la plus forte dose (10%), sont de : 100% et de  $98.31 \pm 1.82$ , respectivement, 48h après le traitement, tandis que, l'EATG à la même dose et après la même durée de traitement, a entraîné une mortalité moyenne de  $95.76 \pm 1.29$  chez les larves et de  $86.44 \pm 2.07$  chez les adultes. Au vu des résultats obtenus, l'action insecticide des deux extraits de TG dépend également de la dose administrée, où

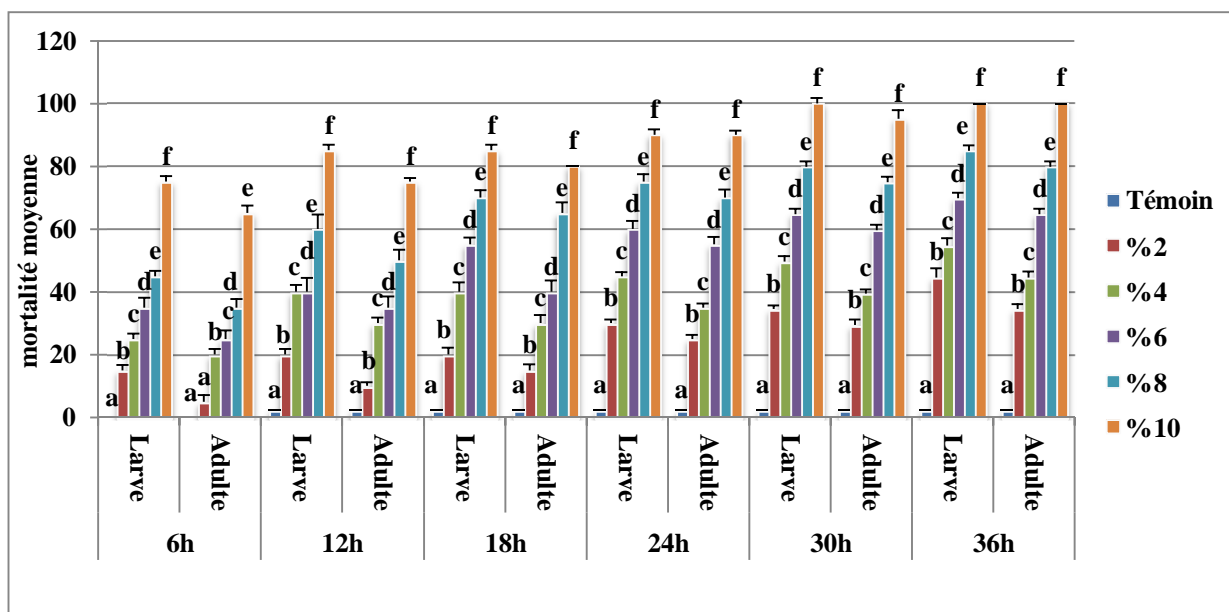
l'EMTG a induit des mortalités moyennes chez les larves de :  $28.81 \pm 2.07$ ,  $42.37 \pm 1.98$ ,  $61.02 \pm 2.05$ ,  $76.27 \pm 1.59$ , et chez les adultes de :  $23.73 \pm 2.73$ ,  $38.98 \pm 2.27$ ,  $60.17 \pm 1.85$ ,  $70.34 \pm 1.41$ , respectivement, aux doses : 2, 4, 6 et 8%. Cependant, la fraction aqueuse de TG a provoqué des mortalités moyennes de :  $20.34 \pm 1.51$ ,  $36.44 \pm 1.81$ ,  $55.08 \pm 1.87$  et  $72.03 \pm 1.17$  chez les larves et de :  $16.10 \pm 1.65$ ,  $30.51 \pm 1.04$ ,  $39.83 \pm 1.67$  et  $66.95 \pm 1.59$  chez les adultes, respectivement aux mêmes doses.



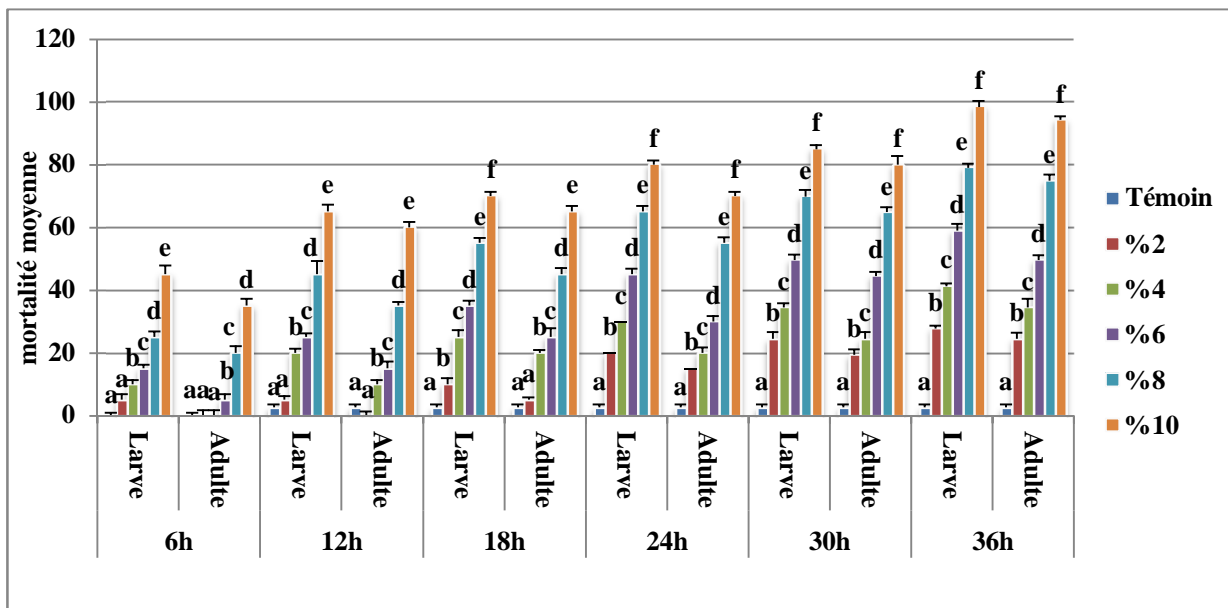
**Figure 84.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EMRAG selon le mode contact.



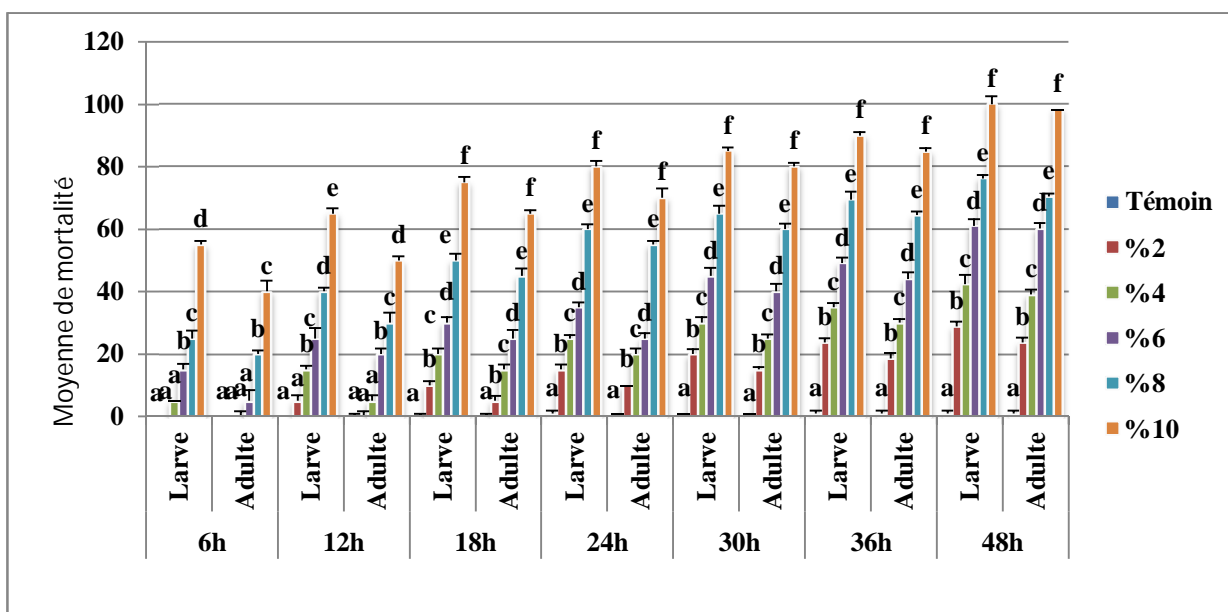
**Figure 85.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EARAG selon le mode contact.



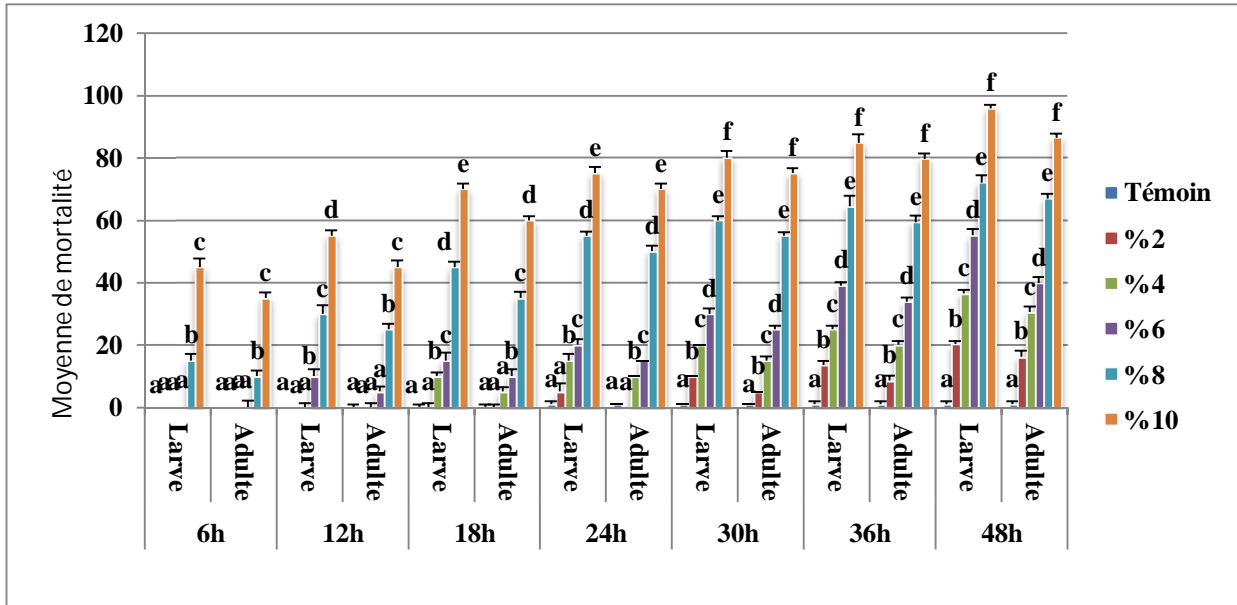
**Figure 86.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EMDG selon le mode contact.



**Figure 87.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EADG selon le mode contact.



**Figure 88.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EMTG selon le mode contact.



**Figure 89.** Evolution de la variation du pourcentage de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'EATG selon le mode contact.

#### 4.3.3 Valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> enregistrées par l'EM et l'EA de RAG, DG et de TG

Chez l'adulte de *S. granarius* et selon le mode contact, des valeurs de DL<sub>50</sub> de : 4%, 4.3%, 5% et de 3.3%, 3.5% et 3.8% ont été enregistrées par l'EMRAG, l'EMDG, l'EMTG et l'EARAG, l'EADG et l'EATG, respectivement, alors que, suivant le mode ingestion, l'EMRAG (4%), l'EMDG (4.3%) et l'EMTG (5%), ont noté des valeurs de DL<sub>50</sub> autres que celles induites par l'EARAG (5.4%), l'EADG (6%) et l'EATG (6.2%). Aucune valeur de DL<sub>90</sub> n'a été enregistrée par l'EA des trois plantes selon les deux modes, seulement, l'EMRAG a enregistré des valeurs de DL<sub>90</sub> de 6.3% et de 10% en mode contact et ingestion, respectivement, où une valeur de DL<sub>90</sub> a été rapportée par l'EMDG (7%) suivant le mode contact (Tab.48 et 49).

Concernant le ravageur secondaire ; *T. castaneum*, les valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> enregistrées, respectivement chez les larves selon le mode contact sont : 2.6% et 4.8% avec l'EMRAG et de 2.9% et 5.8% avec l'EARAG, tandis que le mode ingestion a noté les valeurs de 3.06%, 5% et de 3.7, 6.8% pour l'EMARG et l'EARAG, respectivement. Cependant, chez les adultes, l'EMRAG (3.06%, 6.3% et 3.10%, 7%) et l'EARAG (3.4%, 6.2% et 4%, 7.2%) ont



induit des valeurs de  $DL_{50}$  et de  $DL_{90}$ , respectivement plus important que chez les larves (**Tab.50**).

Les deux extraits ; EMDG et EADG ont montré, respectivement une bonne activité larvicide et adulticide, avec des  $DL_{50}$  chez les larves (3%, 3.7% et de 3.5%, 3.9%) et chez les adultes (3.4%, 4.4% et de 4.05%, 4.5%) étant faibles comparées aux  $DL_{90}$  obtenues chez les larves (6.5%, 9.1% et de 6.6%, 7.4%) et les adultes (7.08%, 10% et de 8.9%, 10%), respectivement, selon le mode contact et ingestion (**Tab.51**).

Il est important de noter qu'aucune  $DL_{90}$  n'a été obtenus avec l'EATG selon les deux modes, chez les larves et les adultes de *T. castaneum*. Par ailleurs, des valeurs de  $DL_{90}$  ont été enregistrées avec l'EMTG chez larves selon le mode contact (7.9%) et ingestion (10%), tandis que, chez les adultes seulement une valeur de 9.5% a été obtenue selon le mode contact. En revanche, l'EMTG et l'EATG ont donné, respectivement des  $DL_{50}$  avec le mode contact de : 3.6% et 4.3% chez les larves et de 4.1% et 4.6% chez les adultes, alors que, les  $DL_{50}$  notées par les deux extraits, respectivement suivant le mode ingestion sont de : 4.4% et 5.1% chez les larves et de 5.4% et 6% chez les adultes (**Tab.52**).

**Tableau 48.** Valeurs de  $DL_{50}$  et de  $DL_{90}$  enregistrées chez les adultes de *S. granarius* traités par l'EM selon le mode ingestion et contact.

Extrait	Extrait méthanolique					
	Ingestion		Equation	Contact		Equation
	DL50%	DL90%		DL50%	DL90%	
<b>RAG</b>	4	10	$Y=2.710x + 3.754$	2.7	6.3	$Y=3.591x + 3.422$
<b>DG</b>	4.3	ND	$Y= 2.362x + 3.522$	3	7	$Y=3.586x + 3.328$
<b>TG</b>	5	ND	$Y=2.529x + 3.301$	3.1	ND	$Y=2.303x + 3.866$

ND : Non Déterminée

**Tableau 49.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> enregistrées chez les adultes de *S. granarius* traités par l'EA selon le mode ingestion et contact.

Extrait	Extrait aqueux					
	Ingestion		Equation	Contact		Equation
Plante	DL50%	DL90%		DL50%	DL90%	
<b>RAG</b>	5.4	ND	$Y=3.220x + 2.621$	3.3	ND	$Y=2.422x + 3.725$
<b>DG</b>	6	ND	$Y=2.027x + 3.644$	3.5	ND	$Y=2.111x + 3.858$
<b>TG</b>	6.2	ND	$Y=2.105x + 3.326$	3.8	ND	$Y=1.942x + 3.868$

ND : Non Déterminée

**Tableau 50.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> chez les larves et les adultes de *T. castaneum* traités par EMRAG et EARAG selon le mode contact et ingestion.

Stade de l'insecte	Mode d'action	Extrait	DL <sub>50</sub>	DL <sub>90</sub>	Equation
Larves	Contact	E.M	2.6	4.8	$Y=5.003x + 2.899$
		E.A	2.9	5.8	$Y=4.259x + 3.004$
	Ingestion	E.M	3.06	5	$Y=5.686x + 2.180$
		E.A	3.7	6.8	$Y=4.918x + 2.174$
Adultes	Contact	E.M	3.09	6.3	$Y=4.165x + 2.953$
		E.A	3.10	7	$Y=3.461x + 3.275$
	Ingestion	E.M	3.4	6.2	$Y=5.075x + 2.209$
		E.A	4	7.2	$Y=4.884x + 2.036$

**Tableau 51.** Valeurs de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> chez les larves et les adultes de *T. castaneum* traités par les EMDG et EADG selon le mode contact et ingestion.

Stade de l'insecte	Mode d'action	Extrait	DL <sub>50</sub>	DL <sub>90</sub>	Equation
Larve	Contact	E.M	3	6.5	Y= 3.740x + 3.252
		E.A	3.7	9.1	Y= 3.323x + 3.076
	Ingestion	E.M	3.5	6.6	Y= 4.632x + 2.451
		E.A	3.9	7.4	Y= 4.732x + 2.173
Adulte	Contact	E.M	3.4	7.08	Y= 4.072x + 2.839
		E.A	4.4	10	Y= 2.970x + 3.093
	Ingestion	E.M	4.07	8.9	Y= 3.822x + 2.644
		E.A	4.5	10	Y= 3.363x + 2.77

**Tableau 52.** Valeur de DL<sub>50</sub> et de DL<sub>90</sub> chez les larves et les adultes de *T. castaneum* traités par les EMTG et EATG selon le mode contact et ingestion.

Stade de l'insecte	Mode d'action	Extrait	DL <sub>50</sub>	DL <sub>90</sub>	Equation
Larve	Contact	E.M	3.6	7.9	Y=4.188x + 2.666
		E.A	4.3	ND	Y=3.288x + 2.897
	Ingestion	E.M	4.4	10	Y= 3.404x + 2.828
		E.A	5.1	ND	Y= 3.176x + 2.671
Adulte	Contact	E.M	4.1	9.5	Y= 3.348x + 2.968
		E.A	4.6	ND	Y= 2.415x + 3.406
	Ingestion	E.M	5.4	ND	Y= 3.441x + 2.494
		E.A	6	ND	Y= 2.881x + 2.813

ND : Non Déterminée

Dans cette étude, les résultats obtenus démontrent que les trois poudres des plantes étudiées (PRAG, PDG, PTG) ont un effet entomotoxiques contre *S. granarius* et *T. castaneum* non négligeable avec une toxicité qui varie selon plusieurs facteurs dont la plante, la dose, le temps d'exposition et le stade biologique de l'insecte. D'autre part, les résultats des tests contre *S. granarius* comme ravageur primaire, ont montré que la poudre de rhizome d'*Atractylis gummifera* semble être le seul matériel végétal qui a entraîné une mortalité de 100% à la dose 20g/100g de blé dur pour une durée de 150 jours, tandis que *D. gnidium* a noté le même pourcentage après 180 jours à la dose 25g/100g de blé, alors que *T. garganica* a provoqué une mortalité de 90% dans les mêmes conditions.

Cependant, les trois poudres ont provoqué une mortalité totale des larves et des adultes de *T. castaneum* plus marquée à la dose 20 et 25g/100g de blé après 5 et 6 jours de traitement, respectivement. Par conséquent, ces résultats suggèrent l'application possible de ces dernières comme une alternative de lutte contre les insectes ravageurs des céréales stockées notamment *S. granarius* et *T. castaneum*. Cependant, l'HE de RAG et de TG, ainsi que les trois extraits aqueux et méthanoliques des trois parties de nos plantes étudiées se sont révélés toxiques contre les deux insectes ravageurs des céréales stockés.

Dans les pays Africains, y compris l'Algérie, l'utilisation des produits végétaux comme entomocides est une pratique courante, ce qui a incité de nombreux chercheurs et scientifiques d'étudier de nombreuses plantes pour leurs propriétés biologiques et en particulier des plantes à propriétés insecticides contre les insectes ravageurs des denrées stockées. Les poudres des plantes sont toujours traditionnellement utilisées dans les pays africains, certains pays d'Amérique latine, du sud-est, pays asiatiques comme insecticide pour la protection des produits stockés (Tapondjou *et al.*, 2002 ; Boeke *et al.*, 2004).

Des résultats similaires sont présentés par Obeng-Ofori *et al.* (1997), dans une étude sur les effets toxiques des poudres des trois plantes médicinales : *Ocimum kilimetscharicum*, *O. suaveet* *O.keneyense* contre les insectes des produits stockés pendant six mois de stockage, où ils ont démontré que les trois composés : camphre, eugénol et 1,8 cinéol ont été révélés très toxiques pour les coléoptères de stock comme *S. granarius* et *S. zeamais*. Aussi, l'effet protecteur de la poudre des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* à une dose de 6.4% a permis un contrôle complet de *S. granarius* (Tapondjou *et al.*, 2002).

Pour leur part **Gbayer et al. (2015)**, ont rapporté aussi que la poudre d'*E. Aromatica* provoque une mortalité de 100%, alors que la poudre de *P. guineense* provoque une mortalité de 90% chez *S. oryzae*. Des concentrations élevées des deux poudres de *Piper guineense* et de *Zingiber officinale* augmentent la mortalité de charançon du riz (**Akunne et al., 2014**). De même **Akob et Ewete (2007)**, ont démontrés que la cendre des feuilles d'*Eucalyptus grandis* a un bon effet sur *S. zeamais* à une dose de 20g/ 2kg. Aussi, la poudre de *P. guineense* a approuvé son efficacité contre les adultes et les larves de *S. oryzae* **Esther et al.(2019)**. La poudre des feuilles de sauge sauvage *Lippia geminata* a un effet répulsif contre *S. cerealella* qui peut durer neuf mois en Inde (**Prakash et Rao, 1984**).

Cependant, La poudre de *C. papaya* utilisée comme insecticide pour la protection des grains de maïs contre *S. zeamais* était toxique avec diminution de la ponte et de la population de l'insecte ce qui confirme qu'elle possède des ingrédients de toxicité contre *S. zeamais*, aussi, elle a réduit la perte en poids des grains traités par rapport au témoin avec un pourcentage qui peut aller de 2 à 1.4% (**Adenekan et al., 2019**). Les espèces : *Imperata cylindrique*, *Sida acuta*, *Chromolaena odorata* et *Gmelina arborea* présentent un effet insecticide contre *S. zeamais* (**Ehisianya et Ikpi, 2018**).

Pour l'Asteraceae ; *A. gummifera* (RAG), il est bien connu que la partie souterraine est riche en métabolites secondaires ; telles que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins catéchiques et les anthocyanes, qui ont des activités biologiques importantes en absence d'alcaloïdes (**Benbouziane et Beneddra, 2016**). Il semble que la toxicité d'*A. gummifera* n'est pas due aux alcaloïdes mais plutôt aux deux glycosides: l'atractyloside (ATR) et le carboxyatractyloside (CATR) (**Bouabid et al., 2018**). Par ailleurs, l'utilité d'*A. gummifera* a été signalée depuis 1943 d'après **Tattersfield et al. (1948)**, qui ont noté que la plante a été utilisée au Maroc comme remède contre le paludisme et aussi comme insecticide.

Des observations similaires ont été portées sur la poudre de certains Asteraceae contre les insectes des céréales stockés tels que les résultats rapportés par **Nenaah (2014)**, qui a montré que la mortalité des insectes sur les grains mélangés avec les poudres des trois Asteraceae égyptiennes ; *Achillea bibersteinii*, *A. fragrantissima* et *Ageratum conyzoides* augmente en fonction de la dose et du temps contre *S. oryzae* pour atteindre des pourcentages de 88.2, 73.6 et 64.4%, respectivement, à une dose de 20g/kg. Aussi **Glitho (2002)**, a noté que les espèces Asteraceae : *Laggera alata*, *L. pterodonta*, *Tagetes erecta*, *Tridax procumbens* et *Piper*

*guineense* ont été signalées pour leur effet insecticide contre les bruches dans les régions tropicales.

D'après nos résultats, la Thymelaeaceae : *Daphne gnidium* vient en deuxième position en termes de toxicité contre *S. granarius* et *T. castaneum*. De sa part, **Bruneton (1999)**, a porté que Les Thymelaeaceae sont connus par leur toxicité en raison de leur contenu en esters diterpéniques de type tigliane ou daphnane et leurs propriétés fongicides, bactéricides, molluscides et surtout larvicides. Tandis que l'effet toxique de *D. gnidium* vis-à-vis des insectes, tel que la réduction de la fécondité et de l'éclosion des œufs, pourrait être dû aux flavonoïdes (**Mohammedi, 2013**) ou à une résine composée d'esters diterpéniques contenue dans l'écorce (**Bellakhdar, 1997**).

Le pouvoir insecticide de *D. gnidium* a été démontré par plusieurs auteurs, comme **Zineb (2017)**, qui a noté que l'extrait aqueux des feuilles de *D. gnidium* contre *Culex pipiens* s'est avéré très toxique car il a réduit l'activité de quatre stades larvaires de l'insecte suivie par la mort des spécimens avec les différentes concentrations. Dans une étude menée par **Benhissen et al. (2015)**, sur l'effet larvicide et la performance de reproduction de *Culex pipiens* en présence d'une concentration de 100g/l d'extrait aqueux des feuilles de *D. gnidium*, qui a entraînée une mortalité larvaire de 84.26%, avec diminution de fertilité des femelles de 50% par rapport aux témoins où il atteint 80%.

**Kosini et Nukenine(2017)**, ont démontré l'effet toxique et protecteur des grains d'une Thymelaeaceae : *Gnidia kaussiana* contre *Callosobruchus maculatus* avec suppression totale de l'émergence de la descendance et ainsi signalé que cet effet de protection peut durer au moins deux mois.

Pour sa part, l'Apiaceae : *Thapsia garganica* s'est révélée remarquablement toxique contre *S. granarius* et *T. castaneum*. D'autre part, l'étude phytochimique de *Thapsia garganica* a dévoilé la présence des métabolites secondaires responsables de différentes activités biologiques. En effet, **Bouimeja et al. (2018)**, ont démontré la présence des flavonoïdes, saponines, tanins, coumarines, terpènes et l'absence d'alcaloïdes dans les feuilles de *T. garganica* au Maroc. Par contre, **Alhazeer et al. (2012)**, ont noté la présence des alcaloïdes et des anthraquinones, en plus des métabolites cités dans les feuilles de *T. garganica* de Lybie, ce

qui confirme que la composition chimique des plantes diffère d'une région à une autre (Casiglia *et al.*, 2016).

Par ailleurs, les principales biomolécules synthétisées par *T. garganica* sont les thapsivillosines, les thapsigargine, les thapsigargicine et le notrilobolide (Makunga *et al.*, 2003 ; Andersen *et al.*, 2015) où La thapsigargarine et la thapsigargicine sont les deux composés majoritaires de *T. garganica*, ils possèdent des propriétés biologiques importantes dont la toxicité cellulaire fait partie de ces propriétés (Drew *et al.*, 2009).

L'activité insecticide de notre Apiaceae peut être jugée par l'effet toxique d'autres espèces Apiaceae sur les insectes de denrées stockées telles que l'étude de Ziaee et Moharramipour (2013), qui ont signalé que la poudre des deux Apiaceae : *Cuminum cyminum* et *Curum copticum* était toxique pour *S. granarius* en fonction de la concentration et du temps d'exposition, alors que l'application de l'huile essentielle d'*Azilia eryngioides* était toxique pour *T. castaneum* et *S. granarius* (Ebadollahi et Mahboubi, 2011). La poudre des feuilles de *T. garganica* incorporée dans le sol sert à un bon herbicide à cause de leur phytotoxicité contre les mauvaises herbes de la laitue, donc ces derniers peuvent être une source de produits à exploiter dans le domaine de la bio-agriculture herbicide. Cette activité inhibitrice pourrait être due à la présence d'apigénine 7-O-glucoside (Jmii *et al.*, 2020).

Les propriétés agronomiques des grains de blé traités par la poudre des trois plantes testées ont été étudiées dans le but de chercher l'efficacité de ces dernière dans la protection du blé stocké en préservant les caractéristiques des grains sans perte de poids, ni dommage et avec capacité de germination. Or, nos résultats démontrent une réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) de perte en poids par rapport aux témoins en fonction de la dose et du temps de stockage avec, notamment, une faible perte chez PRAG aux doses de 5, 10, 15, 20, 25g/100g de blé après 6 mois de stockage générant des pourcentage respectifs de 22, 17, 12, 10 et de 8%, suivit par la PDG notant des pertes de 30, 24.93, 20, 17 et 15% et enfin la PTG en dernière position qui a affichée des pertes de 45, 41, 36, 32 et 28 dans les mêmes conditions et avec des pourcentages de germination de  $96,66 \pm 3.33$ ,  $93,33 \pm 5,05$  et  $90,00 \pm 5.77$  de PRAG, PDG, PTG, respectivement.

Les extraits des plantes comme la poudre des végétaux ont un effet remarquable dans la réduction des pertes en poids des grains traités par rapport aux témoins (Asawalam et Igwe,

2011 ; Asawalam et Onu, 2014 ; Islam *et al.*, 2016). Durant l'application de deux poudres de *P. guineense* et *Z. officinale*, un faible pourcentage de perte en poids et des grains attaqués a été noté avec une inhibition d'émergence, ce qui confirme une protection absolue des grains de maïs contre *S. zeamais*, après 45 jours de traitement. Chougourou *et al.* (2016) ; Onuminya *et al.* (2018), ont rapporté que la poudre de *Nicotiana tabacum* a été la plus efficace parmi les autres poudres des plantes testées sur la mortalité et la progéniture F1 de *S. zeamais* où elle a affichée de faibles dommages des grains exprimés par un faible pourcentage de perte pendant trois mois de stockage. Popoola *et al.* (2017), ont noté que *C. sinensis* apparait toxique contre *R. domonica* où a freiné l'apparition de nouvelles émergences avec diminution de perte en poids des grains traités, de même, il a été signalé qu'elle a provoqué une réduction de la descendance de *Z. subfasciatus* (Zewde et Jembere, 2010).

Les poudres de *M. olifera* et de *A. sativum* ont été soulignées pour leur fort potentiel de conservation des grains d'arachide sans affecter leur pouvoir germinatif (Musa, 2013). Une importante mortalité a été enregistrée après l'utilisation des poudres de *Z. officinale*, *G. kola* et *F. exasperata* comme biopesticides contre *T. granarium* sans endommager les grains ni leur pouvoir germinatif et avec un faible pourcentage de perte (Asawalam et Onu, 2014). Durant l'application des deux poudres de *P. guineense* et *Z. officinale*, un faible pourcentage de perte en poids et des grains attaqués a été noté avec une inhibition d'émergence, ce qui confirme une protection absolue des grains de maïs contre *S. zeamais* après 45 jours de traitement (Chougourou *et al.*, 2016). Les poudres des feuilles de *C. sinensis* et *J. curcas* ont été signalée comme toxique pour l'adulte de *S. oryzae* avec un effet remarquable de *J. curcas* où sa présence en mélange avec les grains de sorgho a anéanti les dommages à 0% de pourcentage d'attaque sans altérer les caractéristiques organoleptiques des grains (Suleiman *et al.*, 2013).

Les résultats obtenus montrent que les deux HE (de RAG et de TG) testées présentent une bonne activité larvicide et adulticide contre les deux insectes ravageurs des céréales stockés ; *S. granarius* et *T. castaneum*, plus remarquable en mode d'action contact que par ingestion. L'HE de RAG et de TG ont provoqués un taux de mortalité de 100% chez les larves et les adultes de *T. castaneum* ainsi que de *S. granarius*, respectivement, 24h et 36h après l'application, suivant le mode contact à la plus forte dose (50µl).

Plusieurs recherches ont approuvé l'efficacité des HE de différentes plantes contre les insectes de stock, notamment *S. granarius* et *T. castaneum*. L'huile essentielle de *W. trilobata*



semble être plus efficace que celle de *M. officinalis* contre les larves de *T. castaneum*, 24h après le traitement, avec une  $CL_{50}$  de 6.2 et 16.4%, respectivement (**Khater et El-Shafiey, 2015**).

Les HE obtenues à partir des plantes d'ombellifères (Apiaceae) ont été approuvées pour leurs activités insecticides contre certains types d'insectes. Par exemple, l'HE d'*Heracleum persicum* a montré une toxicité par fumigation contre *C. maculatus* (**Izakhmehri K, 2013**), celle de *Pimpinella anisum* a également montré une forte toxicité contre *E. kuehniella* et *S. oryzae* par le même mode d'action (**Park et al., 2006**) et celle de *Ferula asafetidaa* noté une forte activité répulsive contre *T. castaneum* (**Kim et Ahn, 2001**).

Selon le mode d'action contact, L'HE de *M. pulegium* a entraîné chez *S. granarius*, une mortalité moyenne de  $89,74 \pm 2,35$  à la dose 10 $\mu$ l HE/ml d'acétone, après 7 jours d'exposition, tandis que, les doses : 20 $\mu$ l et 40 $\mu$ l HE/ml d'acétone ont causées un taux de mortalité de 100%, 4 et 1 jours, respectivement, après le traitement. En revanche, le mode ingestion, a enregistré une mortalité de 100% aux doses : 10, 20,40 $\mu$ l HE/ml d'acétone, 24h après l'application (**Abdelli et al., 2016**). Après une période de douze jours d'exposition des adultes de *T. castaneum* sur des grains de blé traités avec l'HE de *Pimpinella anisum* à une concentration de 10%, une augmentation de taux de mortalité (81.33%) a été enregistrée avec une réduction du nombre de la descendance et de perte en poids (**Hashem et al., 2018**). Toutes les concentrations d'huile des racines (0.5, 1.0, 1.5 et 2.0 ml) de *Moringa oleifera* ont réduit la ponte et provoqué une forte mortalité des adultes de *C. maculatus* par le test de contact et fumigation, avec réduction de l'émergence des adultes et du nombre des grains endommagés (**Alabi et Adewole, 2017**).

Cependant, Les huiles d'échinacée et de basilic ont montré une toxicité élevée contre *S. granarius* selon le mode contact, avec un taux de mortalité causé par l'huile de basilic de 99,59 %, 24h après l'application, tandis que l'huile d'échinacée a induit le même pourcentage, 72h après le traitement, alors que l'huile de fenouil a indiqué une toxicité par fumigation avec une mortalité de 100 % contre *T. castaneum* (**Teke et Mutlu, 2021**). Dans une étude amenée par **Demeter et al. (2021)**, sur un nombre de 25 huiles essentielles testées pour leur activité insecticide contre *S. granarius* ; Seize de celles-ci se sont avérées avoir une activité insecticide intéressante, où *A. sativum*, *G. procumbens*, *O. sanctum*, *M. arvensis*, *T. vulgaris* et *E. dives* peuvent être considérées comme alternatives aux pesticides chimiques, actuellement utilisés pour lutter contre les charançons des céréales.

L'HE de *P. terebinthaceum* a montré une toxicité par contact contre trois insectes de stock y compris *T. castaneum*, avec une DL<sub>50</sub> de 13.48 µg/adulte ; cette activité insecticide peut être due à l'existence de ces composants : du β-myrcène et le caryophyllène (**Sun et al., 2020**). Les résultats du traitement par contact ont montré une mortalité totale de *Sitophilus oryzae* traité par les huiles essentielles des fleurs et des racines de *Thapsia transtagana*, dès le 2ème jour tandis que, les huiles essentielles des feuilles et des tiges exercent une activité insecticide contre *Sitophilus oryzae* 4 jours après le traitement. Cependant, les HE des racines, des fleurs, des tiges et des feuilles de *T. transtagana* ont provoqué une mortalité de 100% dès le 2ème, 3ème et 4ème jours, respectivement (**Hakim et Mohamed, 2021**).

Les résultats de l'évaluation de l'effet insecticide des deux extraits : aqueux et méthanoliques contre *S. granarius* et *T. castaneum*, nous permettent de dire que l'EM est plus efficace que l'EA selon le mode contact par rapport au mode ingestion. Par ailleurs, il faut noter aussi que pour ces deux extraits, les taux de mortalité des insectes traités les plus élevés ont été obtenus avec la plus forte dose (10%) pour les deux extraits, dont le temps d'exposition nécessaire pour atteindre une mortalité élevée varie d'un extrait à un autre et d'une plante à une autre. Il est important de signaler que le taux de mortalité larvaire est plus important que celui des adultes chez l'espèce *T. castaneum*. Les travaux de **Jbilou et al. (2008)**, ont démontré que les extraits méthanoliques de sept plantes couramment utilisées en médecine traditionnelle au Maroc ; *Peganum harmala*, *Centaurium erythraea*, *Launaea arborescens*, *Ajuga iva*, *Raphanus raphanistrum*, *Aristolochia baetica* et *Pteridium aquilinum*, présentent un effet larvicide remarquable chez *T. castaneum*, en affectant l'émergence et provoquant la suppression de la descendance F1.

Les activités biologiques des plantes telles que la toxicité, l'inhibition de la croissance, la persistance et la capacité de protection des grains contre les insectes ravageurs sont dues aux composés insecticides chimiques extraits de ces derniers (**Adler et al., 2000 ; Isman, 2008**). Les extraits des plantes peuvent freiner le développement des œufs à l'intérieur de la graine (**Boeke et al., 2004**). Les alcaloïdes peuvent exercer un effet inhibiteur sur le développement larvaire des ravageurs de stock tels que le *T. Castaneum* (**Ngamo Tinkeu et al., 2016**), tandis que, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins agissent sur la digestion et la reproduction des insectes en affectant ou inhibant la fécondité (**Seri-Kouassiet al., 2004 ; Thiaw et Sembène, 2010**).

Les biomolécules comme les monoterpènes (1-8 cinéole, l'eugénol et le camphor) sont les substances chimiques responsables de l'effet insecticides contre les ravageurs de stock, notamment sur la survie de *C. maculatus* et de *S. zeamais* (**Kouninki et al., 2007 ; Noudogbessi et al., 2009**). L'effet ovicide et adulticide des extraits de fruits de *C. frutescens* sont dus aux alcaloïdes, saponines et flavonoïdes (**Kellouche et Soltani, 2004 ; Bouchelta et al., 2005**). Les triterpènes, les saponines et les stérols inhibent le développement de l'œuf en provoquant la lyse cellulaire par influence sur la perméabilité de celle-ci (**Kiendrebeogo et al., 2006**).

**Kemassi et al. (2019)**, ont démontré que les extraits aqueux des racines et de la partie aérienne d'*Euphorbia guyoniana* présentent une toxicité particulière vis-à-vis des imagos de *T. castaneum*, où ils entraînent une mortalité de 100% des adultes traités par ces derniers. Les produits naturels ont tendance à contrôler la population de *T. castaneum* dans les produits stockés. Le gingembre et l'ail se sont avérés efficaces comme produits insecticide contre *T. castaneum* et *S. zeamais* (**Epidi et Odili, 2009 ; Ahmad et al., 2019**). L'utilisation de la poudre et de l'extrait éthanolique des espèces suivantes : *Citrus reticulata* et *Psidium guajava* a enregistré des effets significatifs sur l'inhibition de la population ravageuse de *T. castaneum* après 21 jours de traitement, le taux de mortalité a significativement augmenté en fonction de la dose et du temps d'exposition au traitement (**Iram et al., 2013**).

Pour sa part, **Jawalkar et Zambare (2020)**, ont testé l'effet de Cinq extraits organiques de *Vitex negundo* sur les larves et les adultes de *S. granarius* et ont constaté que tous les extraits présentent une efficacité contre la fécondité de l'insecte, le taux d'émergence avec augmentation de mortalité jusqu'à 100% chez les larves après 96h et diminution du taux des grains attaqués, dépendant de la concentration et du temps d'exposition, cette absence d'émergence est due à la bioactivité des métabolites secondaires de la plante. Les extraits de *L. camara* ont provoqué un taux élevé de mortalité larvaire avec réduction de fécondité et prolongement de la période de développement de *R. dominica* (**Jagadiswari et Anet, 2002**). Une diminution de ponte avec augmentation de mortalité larvaire causés par les extraits de *Tithonia diversifolia* contre *S. cerealella* a été noté (**Fouad et al., 2014**). Dans une étude amenée par **Thein et al. (2013)**, les extraits d'*Alpinia pyramidata* inhibent complètement l'émergence de la descendance F1 des espèces du genre *Sitophilus*.

Un autre travail a également évalué le potentiel insecticide de *Tagetes erecta*, où l'extrait éthanolique de ses fleurs a été testé contre les larves du premier stade et les adultes de *T. castaneum* avec des CL<sub>50</sub> de 31,86 µg/cm<sup>2</sup> et de 149,34 µg/cm<sup>2</sup>, 72h après l'application (Nikkon *et al.*, 2009). La toxicité de l'extrait aqueux d'*Allium sativum* contre les adultes et les larves de *T. castaneum* ont été évaluées (Mobki *et al.*, 2014).

Dans une étude faite par Ilke *et al.* (2020), les extraits éthanoliques des feuilles de quatre plantes ; *Acanthus montanus*, *Acanthospermum hispidum*, *Argyreia nervosa* et *Alchornea laxiflora*, se sont avérés toxiques contre l'adulte de *S. zeamais* selon le mode d'action contact à une concentration de 3%/20 g de grains de maïs, 24h après le traitement. Les résultats obtenus ont montré que l'extrait des feuilles d'*Acanthus montanus*, était le plus puissant en causant une mortalité de 80% des adultes de *S. zeamais*, suivi par l'extrait des feuilles d'*Argyreia nervosa* qui a provoqué une mortalité de 67,5%. Le moins toxique pour *S. zeamais* était l'extrait d'*Acanthospermum hispidum* en entraînant une mortalité de 50%. Une tendance similaire des résultats a été enregistrée après le 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> jour de traitement, seul l'extrait des feuilles d'*Acanthus montanus* a noté une mortalité de 100% de *S. zeamais*, après le 2<sup>ème</sup> jour d'application. Cependant, les quatre extraits testés ont inhibé avec succès le potentiel de ponte du charançon du maïs, avec empêchement totale des dommages et de perte en poids des grains traités.

Les poudres, les extraits et les huiles essentielles des plantes sont constitués de mélanges complexes de monoterpènes, de sesquiterpènes et de phénols bio-génétiquement alliés. Le mode d'action de ces mélanges complexes contre les insectes ravageurs des produits stockés passe par un mode d'action neurotoxique (Trivedi *et al.*, 2018). Il a été rapporté que les terpénoïdes et les composés aromatiques se sont avérés d'excellentes bioactivité contre différents insectes nuisibles aux produits stockés (You *et al.*, 2014). Par ailleurs, les sesquiterpéniques présentent les métabolites secondaires les plus importants et les plus répandues dans les espèces végétales de la famille des Asteraceae (Chadwick *et al.*, 2013), connues par leurs activités biologiques, où elles montrent une toxicité, surtout par contact, contre les insectes ravageurs de denrées stockés, avec une activité ovicide et larvicide remarquable, en inhibant la reproduction et la croissance de ces derniers, une activité répulsive a été aussi notée (Russo *et al.*, 2015 ; Wei *et al.*, 2018). Cependant, L'extrait n-hexane des feuilles et des fleurs d'une Asteraceae ; *Dittrichia viscosas* semble être efficace pour limiter la

manifestation de *S. granarius* suivant le mode d'action contact. Cette toxicité est due à la présence de l'acide costique, spécifiquement les isomères  $\alpha$ - et  $\gamma$ -, identifiés après une analyse par GC-MS (**Rotundo et al., 2019**).

En conclusion, nous pouvons dire que les différentes formes d'extraits végétales des plantes étudiées (poudre, HE, EM et EA) induisent des effets insecticides remarquables sur les deux insectes ravageurs des céréales stockés aux différentes doses testées. En effet, nos résultats sont encourageants pour penser à proposer des programmes d'amélioration et de valorisation de ces produits naturels à l'échelle nationale pour viser leur commercialisation dans un cadre économique rentable.

Il est souhaitable de réduire la dépendance de l'agriculture vis-à-vis des pesticides chimiques, en raison de leurs dangers signalés. Par exemple, le malathion et le diazinon, sont deux produits chimiques de synthèse récemment introduits, classés comme cancérigènes par le CIRC et l'OMS.

# **Conclusion générale et perspectives**

## *Conclusion générale*

---

Les propriétés biologiques des extraits des plantes, notamment antiparasitaires, insecticides, fongiques et antivirales, font actuellement l'objet de nombreuses recherches pour répondre aux exigences de l'agriculture biologique telle que l'élaboration des biopesticides à base de molécules naturelles issues des plantes dites aromatiques et médicinales.

Ces biopesticides ayant montrés leur efficacité contre les bio-agresseurs des cultures et des denrées stockées seront l'alternative pour remplacer les pesticides chimiques qui se sont avérés des produits de synthèse néfastes pour l'environnement et la santé humaine.

Le présent travail porte sur la protection de denrées stockées contre les attaques des insectes ravageurs des céréales, principalement le blé stocké et les rongeurs de stock d'une part, et la valorisation des plantes aromatiques endémiques de la région de Tiaret d'une autre part. Dans cette optique, la poudre, l'huile essentielle et les deux extraits aqueux et méthanolique des plantes suivantes : *Atractylis gummifera*, *Daphne gnidium* et *Thapsia garganica* ont été évalués pour leur effet raticide et insecticide, après l'étude de leur profils phytochimiques.

Les résultats d'extraction d'HE révèlent un rendement qui varie d'une plante à une autre avec 0.22% pour le rhizome d'AG et 0.58% pour la partie aérienne de TG, tandis que la plante de DG ne contient que des traces d'HE. Alors que le rendement d'extraction diffèrent d'un extrait à un autre et d'une plante à une autre, où l'extrait aqueux de différentes parties des plantes étudiées a donné le rendement le plus élevé avec des pourcentages de : 20%, 21.20% et 25% pour AG, DG et TG respectivement, suivi l'extrait méthanolique avec 9.40% pour AG, 18% pour DG et 16% pour TG.

La variation de ce rendement dépend de la génétique de la plante, la technique d'extraction, la nature du solvant, la période de cueillette, le cycle végétatif et l'environnement car les métabolites secondaires qui composent les différents extraits des plantes ont un rôle dans la vie de la plante et sa relation avec son environnement, en particulier dans sa défense contre les agressions et sa protection face aux différents stress, biotiques et abiotiques.

Par ailleurs, les résultats de l'étude phytochimique qualitative montrent que nos espèces végétales étudiées sont riches en métabolites secondaires, dont la présence des alcaloïdes, des

flavonoïdes, des tanins, des anthocyanes, des glycosides cardiaques, des coumarines, des amines et des composés réducteurs a été confirmée par les tests colorimétriques.

Les différentes analyses phytochimiques quantitatives effectuées sur les deux extraits aqueux et méthanoliques des différentes parties de nos plantes indiquent qu'il ya une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) en teneur de polyphénols, d'où nos résultats montrent que les teneurs enregistrés dans l'EM étaient de :  $23.02 \pm 2.02$  et de  $14.17 \pm 0.56$  mg/EqAG/gMS, respectivement pour DG et TG, alors que l'EMRAG a enregistré une teneur de  $27.14 \pm 0.01$  mg/EqAG/gMS, tandis que, l'extrait aqueux a noté des quantités faibles par rapport à l'extrait méthanolique de  $20.60 \pm 0.01$ ,  $21.22 \pm 1.24$  et de  $10.65 \pm 0.55$  mg/EqAG/gMS pour AG, DG et TG, respectivement. Une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) des taux des flavonoïdes a été notée avec des teneurs de :  $17.73 \pm 0.04$ ,  $8.64 \pm 0.87$  et de  $6.56 \pm 0.58$  mg/EqQr/gMS pour le rhizome d'AG, DG et TG respectivement, alors que, l'extrait aqueux des différentes parties des plantes étudiées montre les teneurs les plus faibles en flavonoïdes, dont AG ( $4.46 \pm 0.46$  mg/Eq Qr/g MS) et TG ( $4.05 \pm 0.55$  mg/Eq Qr/g MS) ont noté des quantités presque similaires. Une teneur de  $5.94 \pm 0.19$  mg/EqQr/gMS, a été enregistrée par DG.

L'estimation quantitative des tanins a montré une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) dans les extraits étudiés et a révélé que l'extrait aqueux et méthanolique du rhizome d'*A. gummifera* présente la quantité la plus importante en tanins condensés avec une teneur de :  $11.12 \pm 0.02$  et de  $9.71 \pm 0.01$  mg/EqCat/gMS, respectivement. Des quantités plus ou moins modérées dans l'EA ( $4.14 \pm 0.17$  mg/EqCat/gMS) et dans l'EM ( $6.37 \pm 0.26$  mg/EqCat/gMS) de DG ont été enregistrée. L'EM de TG contient un taux plus élevé ( $5.40 \pm 0.56$  mg/EqCat/gMS) que l'EA ( $2 \pm 0,58$  mg/EqCat/gMS).

Les chromatogrammes obtenus lors de l'analyse phytochimique par HPLC de nos extraits aqueux des plantes étudiées, démontrent la présence de 48, 27 et 43 composants pour *A. gummifera*, *T. garganica* et *D. gnidium*, respectivement. L'identification et la quantification des biomolécules par rapport aux étalons utilisés a révélé la présence de cinq molécules dans l'EARAG d' *A. gummifera* ; Berbérine ( $4.2 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $4.9 \times 10^{-2}$  mg/l), P-coumarique ( $8 \times 10^{-3}$  mg/l), Catéchine ( $1 \times 10^{-3}$  mg/l) et anthrone ( $3 \times 10^{-3}$  mg/l)), quatre molécules dans l'EATG ; Berbérine ( $1.7 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $1.4 \times 10^{-1}$  mg/l),



P-coumarique ( $3.4 \times 10^{-2}$  mg/l), et anthrone ( $4 \times 10^{-2}$  mg/l) et dans l'EADG ; Berbérine ( $1.5 \times 10^{-2}$  mg/l), benzoïque ( $4.18 \times 10^{-1}$  mg/l), P-coumarique ( $3.5 \times 10^{-2}$  mg/l) et la Catéchine ( $1.06 \times 10^{-1}$  mg/l). Par conséquent, la richesse de nos plantes en biomolécules peut expliquer leurs activités biologiques, dont l'activité raticide et insecticide.

Dans le but de tester l'effet raticide de la poudre végétale et des deux extraits des plantes étudiées, des essais de toxicité aiguë ont été effectués sur les rats Wistar au niveau du laboratoire en utilisant les appâts empoisonnés, ce qui nous a permis d'enregistrer une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) de la mortalité en fonction de la dose, du temps, du sexe ainsi que la plante utilisée, et de déterminer la  $DL_{50}$  et  $DL_{90}$ .

En outre, les résultats obtenus ont révélés la présence des signes cliniques chez tous les rats testés tels que l'apparition des troubles digestifs, respiratoires et nerveux en fonction de la dose attribuée et la forme de l'extrait végétal de la plante utilisée. Toutefois, il est important de signaler que l'appât à base de poudre végétale a induit des signes cliniques sévères et un taux de mortalité élevé par rapport à l'extrait aqueux et méthanolique, plus remarquable chez les mâles que chez les femelles.

Un examen macroscopique des organes des rats morts a révélé la présence d'une atrophie du foie et des poumons et une hypertrophie des reins. L'étude histopathologique des tissus des sujets traités a décelé des lésions tissulaires sévères compatibles avec une toxicité aiguë, dont l'hémorragie, la congestion, l'hémosidérose, l'œdème, la nécrose, la pneumonie interstitielle et l'entérite intestinale étaient les lésions tissulaires observées au niveau du foie, des poumons, des reins et de l'intestin grêle chez tous les rats traités avec la poudre végétale et les deux extraits végétaux.

Après, les tests d'efficacité au laboratoire qui ont démontrés un bon effet raticide, des tests in-situ (dans les sites de stockage des céréales) de la poudre végétale des trois plantes étudiées et du raticide chimique (RATICIDE 70<sup>®</sup>) ont été faites contre l'espèce de rongeur domestique la plus abondante *Rattus norvegicus*, où les résultats ont révélé que les poudres végétales d'*Atractylis gummifera*, *Thapsia garganica* et *Daphne gnidium*, ont entraînés un taux de réduction hautement significative ( $P < 0.01$ ) de la population de *R. norvegicus*, avec des pourcentages respectifs de 60%, 55% et 53%, selon la méthode de consommation utilisée. En parallèle, le raticide chimique a noté un taux de réduction de 70%.

A la lumière des résultats obtenus au niveau des magasins de stockage, les trois poudres végétales ont prouvé leur efficacité significative dans la réduction de la population de *R. norvegicus* par rapport au raticide chimique, ce qui nous a conduits à déduire que ces poudres végétales peuvent être une bonne alternative aux raticides chimiques.

Concernant l'étude de l'efficacité insecticide, on a d'abord recensé et identifié les insectes ravageurs du blé stocké au niveau de deux magasins de stockage de la Wilaya de Tiaret, le résultat de la collecte qui a duré six mois a mis en exergue la présence de cinq espèces de l'ordre des coléoptères dans le premier site, et seulement quatre espèces du même ordre dans le deuxième site. Par ailleurs, la fréquence des espèces recensées est plus importante dans les mois chauds que les mois froids. *Sitophilus granarius*, *T. granarium* et *T. castaneum* sont les plus fréquentes puis viennent les espèces *R. dominica* et *E. kuehniella* et enfin l'espèce *S. oryzae*, rare au niveau du premier site et absente dans le deuxième.

Parmi les insectes ravageurs redoutables des denrées stockés, on compte *Sitophilus granarius* comme ravageur primaire et *Tribolium castaneum* comme ravageur secondaire. C'est ainsi que ce travail a été réalisé afin d'évaluer l'effet insecticide de l'HE d'*Atractylis gummifera* et de *Thapsia garganica*, la poudre végétale et les extraits aqueux et méthanoliques d'*A. gummifera*, *T. garganica* et de *Daphne gnidium*, sur ces deux ravageurs.

Nos résultats ont révélé que les trois poudres végétales sont très efficaces pour réduire la nuisibilité de *S. granarius* sur les grains de blé stockés avec une persistance d'action de ces dernières en fonction du temps, de la dose appliquée et de la plante utilisée. Les doses 20 et 25g/100g de blé sont les doses optimales ayant enregistrées une hausse du taux de mortalité hautement significative ( $P < 0.01$ ) avec une réduction de fécondité des femelles et une inhibition totale d'émergence des nouveaux adultes sans altérer le pouvoir germinatif des grains de blé en réduisant les dommages causés par l'insecte comparé aux témoins.

De même, ces poudres ont montré une action insecticide contre les larves et les adultes de *T. castaneum* avec une augmentation hautement significative ( $P < 0.01$ ) du taux de mortalité en fonction de la dose et du temps d'exposition. Des  $DL_{50}$  et des  $DL_{90}$  ont été déterminées selon la mortalité enregistrée. Depuis les résultats obtenus, on a conclu que les poudres sont une alternative certaine comme bio-insecticide contre les insecticides chimiques.

D'autre part, les HE d'*A. gummifera* et de *T. garganica* se sont avérés toxiques contre *S. granarius* et les adultes et les larves de *T. castaneum* où le mode contact est apparu plus efficace que le mode ingestion, en enregistrant un taux de mortalité hautement significatif ( $P < 0.01$ ) selon la dose, le temps de traitement et le mode d'administration. D'un autre côté, les deux extraits aqueux et méthanoliques des trois plantes testées montrent une bonne action réductrice des populations des deux insectes nuisibles du blé stockés. La forte mortalité entraînée par ces deux extraits est hautement significative ( $P < 0.01$ ) en fonction de la dose et du temps dépendant du type d'extrait et de la plante utilisée. Pour l'ensemble des tests effectués, afin d'évaluer l'effet insecticide des HE et des deux extraits, des  $DL_{50}$  et des  $DL_{90}$  ont été déterminées et ont démontrées que les larves de *T. castaneum* sont plus sensibles que les adultes qui présentent une résistance temporaire au début du traitement.

Par ailleurs, nos résultats indiquent que le Rhizome d'*A. gummifera* s'est avéré le plus efficace comme raticide et insecticide sous toutes les formes d'extraits végétaux utilisées dans nos tests, tandis que la partie aérienne de *Daphne gnidium* exerce une forte action insecticide comparée à celle de *T. garganica* qui a enregistrée un effet raticide plus important. De plus, le mode d'action contact des HE et des extraits testés est plus efficace que le mode ingestion.

En conclusion, nous pouvons dire que les différentes formes d'extraits végétaux des plantes étudiées induisent des effets insecticides et raticides remarquables où il ressort que, les trois plantes étudiées sont prometteuses comme source de biopesticides en se prêtant bien aux investigations dans le domaine de la protection des cultures et de la lutte biologique et se présentent comme alternatives aux produits chimiques utilisés à outrance avec moins de risque de pollution sur l'environnement et la préservation de la santé humaine.

Une identification plus précise des biomolécules reste importante pour mieux comprendre les différents phénomènes de toxicité de ces dernières et rendre leurs activités insecticides et raticides plus spécifiques, où les résultats d'identification phytochimiques notés dans la présente étude viennent s'ajouter aux travaux publiés afin d'encourager, standardiser et améliorer l'investigation de ces plantes dans le domaine de la phytoprotection et arriver à la formulation d'un biopesticide.

Par conséquent, la recherche de biopesticides à partir des plantes spontanées locales et le développement socio-économique de cette recherche serait une alternative indispensable aux pesticides chimiques utilisés actuellement.

Cependant, les résultats obtenus n'empêchent pas que l'utilisation de ces biopesticides reste limitée, d'où la nécessité de faire des études plus avancées sur la probabilité de présence des effets non attendus est indispensable avant de préconiser leur emploi systématique en protection des denrées stockés contre les insectes ravageurs et les rongeurs de stock.

## *Perspectives*

---

En perspectives, nous espérons entamer d'autres volets pour enrichir cette initiation de recherche, dont les plus importants sont :

- ✓ Le rendement d'extraction reste très important, notamment du point de vue économique, ce qui impose la recherche des méthodes d'extraction rentables et qui n'influent pas la qualité des extraits ainsi que leurs compositions chimiques, que ce soit pour les HE ou les extraits à base des solvants, dont le type est très important.
- ✓ L'isolement et l'identification structurale de différents biomolécules contenues dans nos échantillons de plantes étudiées restent indispensables.
- ✓ L'étude phytochimique et toxicologique de toutes les parties de nos plantes et à des stades végétatifs différents fait l'objet d'une recherche afin de ressortir la partie la plus riche en biomolécules ainsi que le stade végétatif le plus convenable à la récolte.
- ✓ Du fait que le rhizome de la plante *A. gummifera* a donné de bons résultats, il est nécessaire d'isoler ses deux principes actifs : l'atractyloside et le carboxyatractyloside et d'étudier leurs effets toxiques sur les rats de stock et les insectes ravageurs des céréales.
- ✓ Améliorer une formulation de raticide naturel à base d'atractyloside et de carboxyatractyloside.
- ✓ La plantation de la plante AG autour des silos et des magasins de stockage reste une proposition pour contrôler les rongeurs de stock.
- ✓ Pour déterminer les doses létales des poudres végétales et des deux extraits des plantes étudiées contre l'espèce *R. norvegicus*, une étude *in-vivo* est indispensable.
- ✓ Penser à utiliser ces extraits pour désinfecter et nettoyer les locaux de stockage afin d'éviter leur utilisation directe sur les grains dans le but de ne pas influencer leurs qualités organoleptiques et nutritionnelles.
- ✓ Il serait souhaitable de renforcer les résultats de l'effet biocides de nos poudres végétales par des essais au niveau des magasins de stockage des céréales et même chez les agriculteurs, du fait qu'ils sont faciles à obtenir et à utiliser, après avoir évalué leurs risques toxiques sur les grains traités, sur le consommateur, que se soit pour l'homme ou pour l'animal.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

**Abbott, W. S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of economic Entomology*, 18,p.265-267.

**Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A. & Maachi, R., 2016.** Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal et antioxidant activities. *Industrial Crops et Products*, 94,p.197-205.

**Abou-Hashem, A., 2012.** Evaluation of the rodenticidal effects of some plant extracts under laboratory et field conditions. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 65, 282-288.

**Abou-Hashem, A., 2013.** Rodenticidal effect of Argel (*Gomphocarpus sinaicus* Boiss) leaves on the Norway rat (Albino), *Rattus norvegicus*, Berkenhout under laboratory conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 9,p.1690-1695.

**Abramson D., D. C. J., Fields P.G., Jayas D.S., Mills J.T.,William E., Muir W.E., Timlick B., et White N.D.G., 2001.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. *Agriculture et Agroalimentaire Canada*, Publication 1851/F.

**Adamou.Djerbaoui,M., F.Labelli.,Y. Djelaili.,K.Oulbachir.,M.S.Adamou., 2015.** Inventaire des rongeurs dans la région de Tiaret (Algérie). *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Générale*, N° 8,p.105-112.

**Adenekan, M., Onasanya, R. & Owolade, E., 2019.** Assessment of the toxicity of *Carica papaya* plant powders against *Sitophilus zeamais* (Mots)(Coleoptera: Curculionidae) on maize seeds during storage. *Journal of Bioscience et Biotechnology Discovery*, 4,p.108-113.

**Adeneye, A., Ajagbonna, O., Adeleke, T. & Bello, S., 2006.** Preliminary toxicity et phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of *Musanga cecropioides* in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 105,p.374-379.

**Adesuyi, S., A., 1966.** Control of rodents in the ground nut storage dite in Kano (Nigeria). *Nigerian stored products. Pes. Inst. Ann. Rep*, P.25.

**Adler, C., Ojimelukwe, P. & Tapondjou, A., 2000.** Utilisation of phytochemicals against stored product insects. *International Organization for Biological Control (IOBC) Working Party on Scientific Issues of Reactor Systems (Wprs) Bulletin*, 23,p.169-176.

**Afnor., 1986.** *Céréales et produit céréaliers. Recueil de normes françaises.* TEC & DOC, Paris : Lavoisier, 2, p. 250-263.

**Aharoni, A., Jongsma, M. A. & Bouwmeester, H. J., 2005.** Volatile science. Metabolic engineering of terpenoids in plants. *Trends in plant science*, 10,p.594-602.

**Ahid, S., El Cadi, M. A., Meddah, B. & Cherrah, Y., 2012.** *Atractylis gummifera*: de l'intoxication aux méthodes analytiques. *Annales de Biologie Clinique*,p.263-268.

**Ahmad, F., Iqbal, N., Zaka, S. M., Qureshi, M. K., Saeed, Q., Khan, K. A., Ghramh, H. A., Ansari, M. J., Jaleel, W. & Aasim, M., 2019.** Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Saudi journal of biological sciences*, 26(7),p.1804-1808.

**Ahmed, S. & Din, N., 2009.** Leaf Powders of basil (*Ocimum basilicum* L.), lantana (*Lantana camara* L.) et gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) affect biology of *Callosobruchus chinensis* L.(Coleoptera: Bruchidae). *Pakistan. Entomologist*, 31,p.5-9.

**Aït Youssef M., 2006.** *Plantes médicinales de Kabylie*.ISBN: 2-910728-57-9.Paris:Edition Ibis Press..

**Ajayi, F. & Rahman, S., 2006.** Susceptibility of some staple processed meals to red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9,p.1744-1748.

**Akob, C. A. & Ewete, F. K., 2007.** The efficacy of ashes of four locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*, 27,p.21-26.

**Akunne, C., Ononye, B., Mogbo, T. & Ngenegbo, U., 2014.** Evaluation of *Zingiber officinale* (Schum et Thonn) et *Piper guineense* (Roscoe) Powders for the Control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *American Journal of Life Science Researches* 2,p.342-348.

**Al-Ashban, R., Barrett, D. & Shah, A., 2006.** Effects of chronic treatment with ethanolic extract of *Teucrium polium* in mice. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 11, p.27-36.

**Alabi, O. & Adewole, M., 2017.** Essential oil extract from *Moringa oleifera* roots as cowpea seed protectant against cowpea beetle. *African Crop Science Journal*, 25,p.71-81.

**Alghazeer, R., El-Saltani, H., Saleh, N., Al-Najjar, A. & Hebail, F., 2012.** Antioxidant et antimicrobial properties of five medicinal Libyan plants extracts. *Natural Science*, 4,p.324-335.

**Ali, H., Christensen, S. B., Foreman, J., Pearce, F., Piotrowski, W. & Thastrup, O., 1985.** The ability of thapsigargin et thapsigargin to activate cells involved in the inflammatory response. *British journal of pharmacology*, 85,p.705.

**Allal, A., Bellifa, S., Benmansour, N., Selles, C., Semaoui, M., Hassaine, H. & Muselli, A., 2019.** Essential Oil et Hydrosol Extract Chemical Profile, Antioxidant et Antimicrobial Potential of *Daphne gnidium* L. from Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22,p.1277-1288.

**Ameni, D., 2018.** *Effets antioxydants des extraits de la plante médicinale daphne gnidium L. utilisée en Algérie*. Doctoral dissertation. Université Ferhat Abbas.

**Ameni, D., Baghiani, A., Boumerfeg, S., Dahamna, S., Khennouf, S., Zarga, M. & ARRAR, L., 2015.** Phytochemical profiles, antioxidant capacity et protective effect against AAPH-induced mouse erythrocyte damage by *Daphne gnidium* L. Shoots extracts. *International Journal of Pharmacy et Pharmaceutical Science*,7,p.148-156.



- Andersen, T. B., López, C. Q., Manczak, T., Martinez, K. & Simonsen, H. T., 2015.** Thapsigargin—from Thapsia L. to mipsagargin. *Molecules*, 20,p.6113-6127.
- Anjarwalla, P., Belmain, S., Ofori, D., Sola, P., Jamnadass, R. & Stevenson, P., 2016.** Hetbook on pesticidal plants. *World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya*,p.64.
- Anonyme., 2006.** *Les jardins potagers et la lutte biologique*.France : Edition S. C y, p.45.
- Anonyme., 1993.** *Enquête sur les insectes des denrées stockées des céréales et des légumes secs en Algérie*. El-Harrach. Alger : Edition InstitutNational de Protection desVégétaux, P.5-7.
- Anonyme., 2011.** *Guide de bonnes pratiques d'hygiène pour la collecte, le stockage, la commercialisation et le transport de céréales, d'oléagineux et de protéagineux*.Direction de l'information légale et administrative. France. ,p.121.
- Anonyme., 2014.** *Granary weevil (Sitophilud granarius L)*. ED.OZ. Animals, Australian wildlife, USDA-ARS-GMPRC Image Database.
- Aoues, K., Boutoumi, H. & Benrima, A., 2017.** État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*, 7,p.286-296.
- Arthur, F. H., 1996.** Grain protectants: current status et prospects for the future. *Journal of stored products research*, 32,p.293-302.
- Asare-Bediako E., Addo-Quaye, A.A. et Mohammed, A., 2010.** Control of diamondback moth (*Plutella xylostella*)on cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*) usingintercropping with non-host crops.*American Journal of Food Technoogy*,4,p.269-274.
- Asawalam, E. & Igwe, U., 2011.** Potentials of *Cucuma longa* et *Cymbopogon citratus* extracts against Khapra beetle,(*Trogodema granarium* Everts) on stored groundnut. *Agricultural Science Research Journal*, 38,p.44-51.
- Asawalam, E. & Onu, L., 2014.** Evaluation of some plant powders against Khapra beetle (*Trogoderma granarium* Everts)(*Coleoptera: Dermestidae*) on stored groundnut. *Advancement in Medicinal Plant Research*, 2,p.27-33.
- Athmouni, K., Belghith, T., Bellassouad, K. & EL, A., 2015.** Effect of solvent polarity on the content of biomolecules et antioxidant activity of *Thapsia garganica* (*Apiaceae*).*Algerian Journal of Natural Products*, 3,p.194-208.
- Attia, F., 2007.** *Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénolique de la vigne Vitis vinifera L: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées*.Doctoral dissertaton.
- Avato, P. & Rosito, I., 2002.** Essential Oils from the Roots of *Thapsia garganica* L. *Journal of Essential Oil Research*, 14,p.20-22.
- Badou, B. V., 2002.** *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso*. Doctoral dissertaton. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université de Laval/Québec,p.197.

**Badshah, H., Salihah, Z., Saljoqi, A. & Shakur, M., 2004.** Toxic effects of AK (*Calotropis procera*) plant extracts against termites (*Heterotermes indicola* et *Coptotermes heimi*) Isoptera: Rhinotermitidae. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*.

**Bagnouls, F., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 88,p.193-239.

**Bahadırılı, N. P. & Türkmen, M., 2020.** Essential oil compositions of *Daphne sericea* vahl. flowers with hydrodistillation method. *American Journal of Essential Oils et Natural Products*, 8,p.06-09.

**Balachowsky, A., 1963.** *Entomology applied to agriculture*. Tome I. Coleoptera. Second volume.

**Balachowsky et Mensil., 1936.** *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, et leur destruction*. Ed. Etablissement. Busson, Tome II., Paris, p.1722-1724.

**Balaid D., 1986.** *Aspects de la céréaliculture Algérienne*. Edition Alger,p. 4-6.

**Bammi, J. & Douira, A., 2002.** Medicinal plants in the forest of Achach (central plateau, Morocco). *Journal of Acta Botanica Malacitana*, 27,p.131-145.

**Bary Langer A., Evrard R. & Gathy p., 1979.** *La forêt*. Liège; Vaillant Carmaii 5., 61 Ip.

**Beddiaf, R., Sekour, M., Bissati-Bouafia, S. & Souttou, K., 2013.** Inventaire des Rongeurs Par Piégeage Direct dans la Region de Djanet (Tassili N'ajjer-Sahara Central). *Revue des BioRessources*, 257,p.1-17.

**Bekro, Y.-A., Mamyrbekova, J., Boua, B. B., Bi, F. T. & Ehile, E. E., 2007.** Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpinaceae). *Sciences & Nature*, 4,p.217-225.

**Belabbes, R., 2018.** *Recherche de nouveaux principes actifs présents dans cinq plantes de la famille des astéracées*. Doctoral dissertation. Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid.

**Belbah, H., 2018.** *Étude de l'effet des polyphénols du *Daphne gnidium* L. sur les propriétés des dépôts électrolytiques de nickel*. Doctoral dissertation. Université de Guelma.

**Bell A., 2000.** *Lutte contre les insectes des denrées stockées au Sénégal*. Ed .Biotech. Agron., Soc, p.60-61.

**Bellakhdar, J., 1997.** *La pharmacopée marocaine traditionnelle.Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*.Edition Ibis Press, p.189

**Belsito, E. L., Carbone, C., Di Gioia, M. L., Leggio, A., Liguori, A., Perri, F., Siciliano, C. & Viscomi, M. C., 2007.** Comparison of the volatile constituents in cold-pressed bergamot oil et a volatile oil isolated by vacuum distillation. *Journal of Agricultural et Food Chemistry*, 55,p.7847-7851.

**Benbouziane, F. Z. & Beneddra, M., 2016.** *Contribution à une étude botanique et chimique du chardon à glu, Atractylis gummifera L., famille des Asteraceae.* Doctoral dissertation, Université Aboubekr Belkaid. Faculté de médecine.

**Benchikh, Y., Louaileche, H., George, B. & Merlin, A., 2014.** Changes in bioactive phytochemical content et in vitro antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua L.*) as influenced by fruit ripening. *Industrial Crops et Products*, 60,p.298-303.

**Benhamou, N., 2009.** *La résistance chez les plantes: principes de la stratégie défensive et applications agronomiques.* Paris :Lavoisier,p.376.

**Benhissen, S., Habbachi, W., Mecheri, H., Masna, F., Ouakid, M. & Bairi, A., 2015.** Effects of Aqueous Extracts of *Daphne gnidium* (Thymelaeaceae) Leaves on Larval Mortality et Reproductive Performance of Adult *Culex pipiens* (Diptera; Culicidae). *PhytoChemistry & Bioactives Substances Journal*, 9,p.34-38.

**Benlameur, Z., 2016.** *Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine.* Doctoral dissertation. ENSA, El-Harrache.

**Berny, P., Caloni, F., Croubels, S., Sachana, M., Vetenbroucke, V., Davanzo, F. & Guitart, R., 2010.** Animal poisoning in Europe. Part 2: companion animals. *The Veterinary Journal*, 183,p.255-259.

**Bessaoud, O., 2018.** L'Algérie et le marché des céréales [ou] La question céréalière en Algérie et les marchés mondiaux. *Géostratégie Alimentaire en Méditerranée: l'Enjeu Céréalière*, Vol.104, N°.2,p.1-26.

**Bessaoud, O., Pellissier, J.-P., Rollet, J.-P. & Khechimi, W., 2019.** *Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie.* Doctoral dissertation, Montpellier : CIHEAM-IAMM.

**Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A. & Ziyat, A., 2002.** Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. *International Journal of Diabetes & Metabolism*, 10,p.33-50.

**Bobzin, S. C., Yang, S. & Kasten, T. P., 2000.** Application of liquid chromatography–nuclear magnetic resonance spectroscopy to the identification of natural products. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences et Applications*, 748,p.259-267.

**Boeke, S., Baumgart, I., Van Loon, J., Van Huis, A., Dicke, M. & Kossou, D., 2004.** Toxicity et repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *Journal of stored products research*, 40,p.423-438.

**Bolet, G., Gallego, A. & Orozco, F., 1979.** Déterminisme génétique de la ponte de femelles vierges de *Tribolium castaneum* en milieu stérile et en milieu dégradé. *Annales de génétique et de sélection animale*, EDP Sciences, vol.11, N°. 3, p.251-266.

**Borris, R. P., Blaskó, G. & Cordell, G. A., 1988.** Ethnopharmacologic et phytochemical studies of the Thymelaeaceae. *Journal of ethnopharmacology*, 24, p.41-91.

**Botha, C. & Penrith, M.-L., 2008.** Poisonous plants of veterinary et human importance in southern Africa. *Journal of ethnopharmacology*, 119, p.549-558.

**Botineau, M., 2015.** *Guide des plantes à fruits charnus comestibles et toxiques*. Paris : Lavoisier.

**Bouabid, K., Lamchouri, F., Toufik, H., Boulfia, M., Senhaji, S. & Faouzi, M. E. A., 2019.** In vivo anti-diabetic effect of aqueous et methanolic macerated extracts of *Atractylis gummifera*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 14, p.67-73.

**Bouabid, K., Lamchouri, F., Toufik, H., Sayah, K., Cherrah, Y. & Faouzi, M. E. A., 2018.** Phytochemical screening et in vitro evaluation of alpha amylase, alpha glucosidase et beta galactosidase inhibition by aqueous et organic *Atractylis gummifera* L. extracts. *Plant Science Today*, 5, p.103-112.

**Bouchelta, A., Boughdad, A. & Blenzar, A., 2005.** Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L.(Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae). *Base, Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 9, p.259-269.

**Boucher, C., Doux, Y., 2011.** *Daphné*. In: *Guide des arbres et arbustes de méditerranée*. Paris : Delachaux et Niestlé, p.208-209.

**Bouhrara, B., 2016.** *Inventaire et étude ethnobotanique et chimique des plantes à intérêt thérapeutiques et nutritif de parc nationale El-kala*. Doctoral dissertation: phytochimie. Université de Badji Mokhtar- Annaba, p.179.

**Bouharb, H., El Badaoui, K., Zair, T., Chakir, S. & Alaoui, T., 2014.** Sélection de quelques plantes médicinales du Zerhoun (Maroc centrale) pour l'activité antibactérienne contre *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Biosciences*, 78, p.6685-6693.

**Bouimeja, B., El Hidan, M. A., Touloun, O., Laaradia, M. A., Dra, L. A., El Khoudri, N., Chait, A. & Boumezzough, A., 2018.** Anti-scorpion venom activity of *Thapsia garganica* methanolic extract: Histopathological et biochemical evidences. *Journal of ethnopharmacology*, 211, p.340-347.

**Boukhatem, M. N., Hamaidi, M. S., Saidi, F. & Hakim, Y., 2010.** Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du *Géranium Rosat* (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). *Nature & Technology*, p.37.

**Boukhira, S., Mansouri, L. E. & Bousta, D., 2013.** Ethnobotanical studies of some medicinal et cosmetic plants used in the province of Sefrou, Middle Atlas of Morocco. *The Journal of Ethnobiology et Traditional Medicine Photon*, 120, p.661-70.

**Bourgaud, F., Hehn, A., Larbat, R., Doerper, S., Gontier, E., Kellner, S. & Matern, U., 2006.** Biosynthesis of coumarins in plants: a major pathway still to be unravelled for cytochrome P450 enzymes. *Phytochemistry Reviews*, 5, p.293-308.

**Bouyahya, A., Abrini, J., El-Baabou, A., Bakri, Y. & Dakka, N., 2016.** Determination of phenol content et antibacterial activity of five medicinal plants ethanolic extracts from North-West of Morocco. *Journal of Plant Pathology et Microbiology*, 7, p.2.

**Bovy, A., Schijlen, E. & Hall, R. D., 2007.** Metabolic engineering of flavonoids in tomato (*Solanum lycopersicum*): the potential for metabolomics. *Metabolomics*, 3,p.399.

**Bowser, D. N., Petrou, S., Panchal, R. G., Smart, M. L. & Williams, D. A., 2002.** Release of mitochondrial Ca<sup>2+</sup> via the permeability transition activates endoplasmic reticulum Ca<sup>2+</sup> uptake. *The FASEB journal*, 16, p.1105-1107.

**Bridier, E., Aure, F., Mottier, F., Nivet, A., Lai-Man, G. & Boyer, N., 2006.** Les rongeurs à la réunion, source de nombreux fléaux. *Phytoma-La Défense des végétaux*, p.9-12.

**Brown, P. D., Tokuhisa, J. G., Reichelt, M. & Gershenzon, J., 2003.** Variation of glucosinolate accumulation among different organs et developmental stages of *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*, 62, p.471-481.

**Brud W.S., 2010.** Industrial uses of essential oils. *Hetbook of Essential Oils:Science, Technology, et Applications*. Can Başer K. H. etBuchbauer G.Florida: USA, CRC Press, p.843-853.

**Bruneton,J.,1999.** *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales*.3ème édition. Technique & Documentation, Paris: Lavoisier, p.101-120.

**Bruneton , J., 2015.** *Pharmacognosie*. (5<sup>ème</sup> Édition) Phytochimie - Plantes médicinales, Technique & Documentation,Paris : Lavoisier, p.1504.

**Bruneton , J., 2008.** *Pharmacognosie*.(4<sup>o</sup> Éd.) Phytochimie - Plantes médicinales, Technique & Documentation,Paris : Lavoisier, p.1269.

**Bruneton J., 2005.** *Plantes toxique pour l'Homme et les animmaux*. 3ème Edition,Lavoisier, p.111-112.

**Buchelos, C. T. & Athanassiou, C., 1999.** Unbaited probe traps et grain trier: a comparison of the two methods for sampling Coleoptera in stored barley. *Journal of stored products research*, 35, p.397-404.

**Burt, S., 2004.** Essential oils: their antibacterial properties et potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94, p.223-253.

**Butt, T. & Goettel, M., 2000.** Bioassays of entomogenous fungi. *Bioassays of entomopathogenic microbes et nematodes*, p.141-195.

**C. N. I. S (Centre National de l'Information Statistique), 2018.** Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche. *Bilan du commerce extérieur algérien des céréales*.

**Camara, A., 2009.** *Lutte contre Sitophilus oryzae L.(Coleoptera: Curculionidae) et Tribolium castaneum Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique*



*d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales*. Doctoral dissertation. Université de Québec, Montréal, p.142

**Campbell, J. & Runnion, C., 2003.** Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. *Journal of Insect Science*, p.3.

**Capasso, F., De Fusco, R., Fasulo, M., Lembo, M., Mascolo, N. & Menghini, A., 1984.** Antipyretic et antibacterial actions of *Teucrium polium* (L.). *Pharmacological research communications*, 16, p.21-29.

**Carlier, J., Romeuf, L., Guitton, J. m., Priez-Barallon, C., Bevalot, F., Fanton, L. & Gaillard, Y., 2014.** A validated method for quantifying atractyloside et carboxyatractyloside in blood by HPLC-HRMS/MS, a non-fatal case of intoxication with *Atractylis gummifera* L. *Journal of analytical toxicology*, 38, p.619-627.

**Casiglia, S., Riccobono, L., Bruno, M., Rosselli, S., Senatore, F. & Senatore, F., 2016.** Chemical composition of the essential oil from *Thapsia garganica* L.(Apiaceae) grown wild in Sicily et its antimicrobial activity. *Natural product research*, 30, p.1042-1052.

**Celik, T. A. 2012.** Potential genotoxic et cytotoxic effects of plant extracts. *A compendium of essays on alternative therapy*, p.233-250.

**Chaabane, F., Boubaker, J., Loussaif, A., Neffati, A., Kilani-Jaziri, S., Ghedira, K. & Chekir-Ghedira, L., 2012.** Antioxidant, genotoxic et antigenotoxic activities of daphne gnidium leaf extracts. *BMC complementary et alternative medicine*, 12, p.1-10.

**Chaabane, F., Krifa, M., Matera, E., Loussaief, A., Dijoux-Franca, M.-G., Ghedira, K., Dumontet, C. & Chekir-Ghedira, L., 2014.** In vitro antileukaemic activity of extracts from *Daphne gnidium* leaves against sensitive et multidrug resistant K562/R7 cells. *Tumor Biology*, 35, p.8991-8998.

**Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F. & Wagstaff, C., 2013.** Sesquiterpenoids lactones: benefits to plants et people. *International Journal of Molecular Sciences*, 14, p.12780-12805.

**Champ B.R. et Dyte C.E., 1778.** Report of the FAO global Survy of pesticide susceptipbility of stored grain pests. FAO Plant Production et Protection .Serie n° 5. Rome.Italy .Food et Agriculture Organization of the United nations, p.374.

**Chandra, A., Rana, J. & Li, Y., 2001.** Separation, identification, quantification, et method validation of anthocyanins in botanical supplement raw materials by HPLC et HPLC– MS. *Journal of agricultural et food chemistry*, 49, p.3515-3521.

**Chanforan, C., 2010.** *Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate*. Doctoral dissertation. Université d'Avignon.

**Chaouki, W., Leger, D., Liagre, B., Cherrah, Y., Beneytout, J. & Hmamouchi, M., 2009.** Roots of *Daphne gnidium* L. inhibit cell proliferation et induce apoptosis in the human breast

cancer cell line MCF-7. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 64, p.542-546.

**Chehat, F., 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. *Projet PAMLM «Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation»* Alger, p.7-9.

**Chemat, F. & Strube, J., 2015.** *Green extraction of natural products: theory et practice*, John Wiley & Sons.

**Chiasson, H. & Beloin, N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre. *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec*, 14, p.3-6.

**Chiasson, H., Bostanian, N. & Vincent, C., 2004.** Acaricidal properties of a Chenopodium-based botanical. *Journal of economic entomology*, 97, p.1373-1377.

**Chomchalow, N., 2003.** Protection of stored products with special reference to Thailent. *Assumption University Journal of Technology*, 7, p.31-47.

**Chougourou, D. C., Zoclanclounon, Y. A. B., Agossa, C. H., Sakiti, S. E. D. & Agbaka, A., 2016.** Efficacy of mixed powders of Piper guineense et Zingiber officinale as maize grain protectants against Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of biological et chemical sciences*, 10, p.1961-1968.

**Christine, B., 2001.** *Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. guide pratique.* 2<sup>ème</sup> Edition, p.124-154.

**Clément, L., 2018.** *Modélisation thermomécanique de la paroi des greniers de stockage de céréales en banco.* *Science des matériaux [cond-mat.mtrl-sci]*. Doctoral dissertation.Université de Lorraine; Université d'AbomeyCalavi (Bénin), p139.

**C.N.I.S (Centre Nationale de l'Information Statistiques)(2005),**«Agriculture algérienne.Les statistiques», Available at: <http://www.douanes.cnis.dz>.

**Coeurdassier, M., Riols, R., Decors, A., Mionnet, A., David, F., Quintaine, T., Truchetet, D., Scheifler, R. & Giraudoux, P., 2014.** Unintentional wildlife poisoning et proposals for sustainable management of rodents. *Conservation Biology*, 28, p.315-321.

**Cottigli, F., Loy, G., Garau, D., Floris, C., Caus, M., Pompei, R. & Bonsignore, L., 2001.** Antimicrobial evaluation of coumarins et flavonoids from the stems of Daphne gnidium L. *Phytomedicine*, 8, p.302-305.

**Cruz, J.-F., Dimanche, P., Ducamp-Collin, M.-N., Fliedel, G., Joas, J., Marchand, J.-L., Mestres, C. & Troude, F., 2002.** *Agriculture générale. Modifier les itinéraires techniques: la récolte, le stockage et la première transformation. Mémento de l'agronome.* CIRAD-GRET. Edition Quae, Paris. , p.717-746.

**Cruz, J.-F., Hounhouigan, J. D. & Fleurat-Lessard, F., 2016.** *La conservation des grains après récolte.*Gembloux : Editions Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux.

**Cruz J., 1988.** *Conservation des grains en régions chaudes*. 2<sup>ème</sup> Edition, Technique & Documentation, Apria, p.41-54.

**Dahamna, S., 2018.** *Biochemical et histological indicators of atractylis gummifera (L.) Toxicity*. Doctoral thesis. Ferhat Abbess University.

**Dajoz, R., 1976.** *Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliqué* Paris : Edition Dunod, P.195.

**Dal Bello, G., Padin, S., Lastra, C. L. & Fabrizio, M., 2000.** Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of stored products research*, 37, p.77-84.

**Damin-Pernik, M., Espana, B., Lefebvre, S., Fourel, I., Caruel, H., Benoit, E. & Lattard, V., 2017.** Management of rodent populations by anticoagulant rodenticides: toward third-generation anticoagulant rodenticides. *Drug Metabolism et Disposition*, 45, p.160-165.

**Daniele, C., Dahamna, S., Firuzi, O., Sekfali, N., Saso, L. & Mazzanti, G., 2005.** *Atractylis gummifera* L. poisoning: an ethnopharmacological review. *Journal of ethnopharmacology*, 97, p.175-181.

**Daoudi, A., Sabiri, M., Bammou, M., Zair, T., Ibijbijen, J. & Nassiri, L., 2015.** Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens* L., *Urtica membranacea* Poiret et *Urtica pilulifera* L. *Journal of Applied Biosciences*, 87, p.8094-8104.

**Dapar, L., Aguiyi, C., Wannang, N. N., Gyang, S. & Tanko, M., 2007.** The histopathologic effects of *Securidaca longepedunculata* on heart, liver, kidney et lungs of rats. *African journal of biotechnology*, 6, p.591-595.

**Dave A., C. J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001.** *Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures*. Canada: Manitoba, p.59.

**De Berardinis, V., Moulis, C., Maurice, M., Beaune, P., Pessayre, D., Pompon, D. & Loeper, J., 2000.** Human microsomal epoxide hydrolase is the target of germeter-induced autoantibodies on the surface of human hepatocytes. *Molecular Pharmacology*, 58, p.542-551.

**de Groot, I., 2004.** *Protection des céréales et des légumineuses stockées*. Agrodok 18, Edition Wageningen: Fondation Agromisa, p. 9–12.

**De Oliveira, R. B., De Paula, D. A. C., Rocha, B. A., Franco, J. J., Gobbo-Neto, L., Uyemura, S. A., Dos Santos, W. F. & Da Costa, F. B., 2011.** Renal toxicity caused by oral use of medicinal plants: the yacon example. *Journal of ethnopharmacology*, 133, p.434-441.

**Deiana, M., Rosa, A., Casu, V., Cottiglia, F., Bonsignore, L. & Dessi, M., 2003.** Chemical composition et antioxidant activity of extracts from *Daphne gnidium* L. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, p.65-70.

**Delattre, P. & Giraudoux, P., 2009.** *Le campagnol terrestre: prévention et contrôle des populations*, Edition Quae, p.304.



**Delille, L., 2007.** *les plantes médicinales d'Algérie*. Alger : Édition BERTI, p.122.

**Delobel, A., et Tran, M., 1993.** *Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*. IRD Editions, p : 275-280 et p.345-346.

**Demeter, S., Lebbe, O., Hecq, F., Nicolis, S. C., Kenne Kemene, T., Martin, H., Fauconnier, M.-L. & Hance, T., 2021.** Insecticidal Activity of 25 Essential Oils on the Stored Product Pest, *Sitophilus granarius*. *Foods*, 10, p.200.

**Denmeade, S. R., Mhaka, A. M., Rosen, D. M., Brennen, W. N., Dalrymple, S., Dach, I., Olesen, C., Gurel, B., DeMarzo, A. M. & Wilding, G., 2012.** Engineering a prostate-specific membrane antigen-activated tumor endothelial cell prodrug for cancer therapy. *Science translational medicine*, 4, p.140.

**Derradji- Heffaf, F., 2013.** *Composition chimique et activité insecticide de trois extraits végétaux à l'égard de Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae)*. Doctoral dissertation. E.N.S.A. El-Harrache.

**Dif, M. M., 2015.** *Etude écologique, phytochimique et valorisation des plantes médicinales des monts de Tessala (sidi bel abbes, Algérie NW): Cas de Daphne gnidium*. Doctoral dissertation. Université de Djillali Liabès. Sidi Bel Abbès.

**Dif, M. M., Toumi, F. B., Benyahia, M., Bouzid, K., Rahmani, M. & Sellam, F., 2014.** First determination of polyphenol variation in *Daphne gnidium* l. leaves depending on altitude et slope at tessala mounts (north-West algeria). *Revue d'écologie*, Vol.69, n° 3-4, p.338-344.

**Diogo, C. V., Félix, L., Vilela, S., Burgeiro, A., Barbosa, I. A., Carvalho, M. J., Oliveira, P. J. & Peixoto, F. P., 2009.** Mitochondrial toxicity of the phytochemicals daphnetoxin et daphnoretin—Relevance for possible anti-cancer application. *Toxicology in Vitro*, 23, p.772-779.

**Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. & Vidal, N., 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97, p.654-660.

**Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Vidal, N., Lesgards, J. & Stocker, P., 2007.** Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds et their antioxidant activity. *European Food Research et Technology*, 224, p.801-809.

**Djermoun, A., 2009.** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, 1, p.45-53.

**Djermouni, K. N., B., 2004.** *100 plantes médicinales d'Algérie*. Edition palais de livre.

**Doan, N. T. Q., Paulsen, E. S., Sehgal, P., Møller, J. V., Nissen, P., Denmeade, S. R., Isaacs, J. T., Dionne, C. A. & Christensen, S. B., 2015.** Targeting thapsigargin towards tumors. *Steroids*, 97, p.2-7.

**Dobigny, G., 2009.** Inventaire et Biogéographie des rongeurs du Niger: nuisance aux cultures, implications dans certains problèmes de santé publique et vétérinaire. Archive ouverte des

publications scientifiques. *Rapport de Coopération pour le Service National septembre 1999 - décembre 2000*, HAL, p.2000.

**Domínguez Umpiérrez, J. & Marrero Artabe, L., 2010.** Catalogue of the insect fauna associated with food stores in the province of Matanzas. *Fitosanidad*, 14, p.75-82.

**Doumandji A., D. S. e. D. B., 2003.** *Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock (Cours de technologie des céréales)*. Alger : Edition Office publications universitaires, p.68.

**Drew, D. P., Krichau, N., Reichwald, K. & Simonsen, H. T., 2009.** Guaianolides in Apiaceae: perspectives on pharmacology et biosynthesis. *Phytochemistry Reviews*, 8, p.581-599.

**Drouai, H., 2018.** *Biodiversité des populations de Rongeurs Muridés (Rodentia: Mammalia) dans la région des Aurès et des Ziban: Approche biométrique et analytique*. Doctoral dissertation. Université de mohamed kheider-biskra.

**Dubock, A. C., 1982.** Pulsed baiting--a new technique for high potency, slow acting rodenticides. *Proceeding of the Vertebrate Pest Conference*, 10: p.123-136.

**Duplantier, J.-M., Catalan, J., Orth, A., Grolleau, B. & Britton-Davidian, J., 2003.** Systematics of the black rat in Madagascar: consequences for the transmission et distribution of plague. *Biological Journal of the Linnean Society*, 78, p.335-341.

**Dupont F., G. J. B., 2015.** *Les familles de plantes*. 16<sup>ème</sup> édition ELSEVIER MASSON;(XV-388 (Abrégés de pharmacie). ISBN: 9782294741173, 1.

**E. Birch, A. N., Begg, G. S. & Squire, G. R., 2011.** How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM et pesticide reduction policies for global crop production systems. *Journal of experimental botany*, 62, p.3251-3261.

**Ebadollahi, A. & Mahboubi, M., 2011.** Insecticidal activity of the essential oil isolated from *Azilia eryngioides* (PAU) hedge et lamond against two beetle pests. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71, p.406-411.

**Eberhard T, R. A., Annelise L., 2005.** *Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles*. Technique & Documentation Paris (France) : Lavoisier.

**Edeoga, H. O., Okwu, D. & Mbaebie, B., 2005.** Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 4, p.685-688.

**Edris, A. E., 2007.** Pharmaceutical et therapeutic potentials of essential oils et their individual volatile constituents: a review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological et Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21, p.308-323.

**Ehisianya, C. & Ikpi, P., 2018.** Effectiveness of *Imperata cylindrica*, *Sida acuta*, *Chromolaena odorata* et *Gmelina arborea* against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855)(Coleoptera: Curculionidae). *Sri Lankan Journal of Biology*, 3.

**Eisa, Y. & Yassin, E., 2016.** Comparative Studies Between Zinc Phosphide et Oshar Leaves Extract As A Rodenticide Against Norway Rat *Rattus Norvegicus* (Berkenhout) Under Laboratory et Field Conditions. *Journal of Plant Protection et Pathology*, 7, p.233-236.

**El-Deeb, H., Ibrahim, I., Khidr, F. K. & Abo-Hashem, A., 2011.** Comparartive studies between zinc phosphide et Golden Ahower crude seeds plant extract as a rodenticide under laboratory et field conditions. *Journal of Plant Protection et Pathology*, 2, p.421-428.

**El Fennouni, M., 2012.** *Les plantes réputées abortives dans les pratiques traditionnelles d'avortement au Maroc.* Doctoral dissertation., Université de Mohammed V, Rabat.

**Elmezogi, J., Zetrini, A., Ben-Hussein, G., Anwair, M., Gbaj, A., El-Ashheb, M., Nahar, L. & Sarker, S. D., 2012.** Evaluation of anti-inflammatory activity of some Libyan medicinal plants in experimental animals. *Archives of Biological Sciences*, 64, p.1059-1063.

**Elufioye, T., Alatise, O., Fakoya, F., Agbedahunsi, J. & Houghton, P., 2009.** Toxicity studies of *Tithonia diversifolia* A. Gray (Asteraceae) in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 122, p.410-415.

**Emberger, L., 1955.** Une classrficatt'on biogéographique des clz 'mats' Rec. *Trav. Labor. Bot. Géol. Zoo]. Fae. Sci. Université. Montpellier (ser. bot)*, 7, p.3-43.

**Epidi, T. & 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 et Technology*, 3, p.001-005.

**EPPO (European et mediterranean plant protection organization), "Global Database"**, available at: <https://gd.eppo.int/taxon/CALAGR> (accessed 11.01.2021).

**EPPO (European et mediterranean plant protection organization)"Global Database"**, available at: <https://gd.eppo.int/taxon/TRIBCA> (accessed 14.01.2021).

**Esther, P., Gwladys, D. & Bokonon-Ganta, A., 2019.** Effet de la Poudre de Piper guineense Schumach & Thonn., 1827 (Piperaceae) sur les Paramètres Semenciers et la Mortalité de *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera Curculionidae) dans les Stocks des Semences de Riz. *European Scientific Journal*, 15, p.190-205.

**European Pharmacopoeia., 2004.** *5th edition, Council of Europe, Strasbourg Cedex, France.* 2.8.12, p. 217-218.

**Evergetis, E. & Haroutounian, S. A., 2014.** Exploitation of apiaceae family plants as valuable renewable source of essential oils containing crops for the production of fine chemicals. *Industrial Crops et Products*, 54, p.70-77.

**Fahim, H., Ahmed, O. M., Boules, M. W. & Ahmed, H. Y., 2016.** Nephrotoxic effects of abamectin et *Calotropis procera* latex et leaf extract in male albino rats. *American Journal of the Medical Sciences*, 6, p.73-86.

**FAO., 2014.** Afrique classement des pays producteurs de matières premières, p.2.

**FAO (2017)**, Available at:<http://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed 23 January 2017).

**FAO (2020)**, “Perspectives de l’alimentation ; Les marchés en bref”, Available at:<http://www.fao.org/worldfoodsituation/fr/> (accessed 3/12/2020) .

**Farhat, A., 2010.** *Vapo-diffusion assistée par micro-ondes: conception, optimisation et application*. Doctoral dissertation. Université d’Avignon et des Pays de Vaucluse (France) & Ecole Nationale d’Ingénieurs de Gabès (Tunisie).

**Feillet, P., 2000.** *Le grain de blé (composition et utilisation)*. Paris: Edition INRA, p.308.

**Ferhat, M.-A., Boukhatem, M., Hazzit, M. & Chemat, F., 2016.** Rapid extraction of volatile compounds from Citrus fruits using a microwave dry distillation. *Journal of Fundamental et Applied Sciences*, 8, p.753-781.

**Ferrari, J., 2002.** *Contribution à la connaissance du métabolisme secondaire des Thymelaeaceae et investigation phytochimique de l'une d'elles: "Gnidia involucrata" Steud. ex A. Rich.* Doctoral dissertation. Université de Lausanne, Faculté des sciences.

**Filliat, P., 2012.** *Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs*. Doctoral dissertation. université de Joseph Fourier Grenoble, p.139.

**Fleurat- lessard F., 1994.** *Les traitements thermiques de désinfection des céréales et des productions céréaliers*. pont de la maye :Edition Bul.Eppo, p.109-118.

**Fleurat-Lessard, F., 2015.** *Résidus de pesticides dans les céréales alimentaires: Origine, devenir et gestion raisonnée*, Quae éditions.

**Fouad, H. A., Faroni, L. R. D. A., de Souza Tavares, W., Ribeiro, R. C., de Sousa Freitas, S. & Zanuncio, J. C., 2014.** Botanical extracts of plants from the Brazilian Cerrado for the integrated management of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored grain. *Journal of stored products research*, 57, p.6-11.

**Gamelin, L. & Harry, P., 2005.** Rodenticides. *EMC-Toxicologie-Pathologie*, 2, p.89-97.

**Gbaye, O. A., Oyeniyi, E. A. & Adekanmbi, F., 2015.** The efficacy of three plant powders as an entomocide against *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) infesting rice grains in Nigeria. *International Journal of Research Studies in Zoology*, 1, p.30-35.

**Genevieve Botti (2013)**, “Thapsia garganica L Tela- botanica”, Available at: <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-84441-illustrations>.

**Gershenson, J. & Dudareva, N., 2007.** The function of terpene natural products in the natural world. *Nature chemical biology*, 3, p.408-414.

**Giban, M., 1972.** L’emploi des appâts empoisonnés au chlorophacinone pour la destruction du rat musqué. *Bulletin Français de Pisciculture*, p.127-133.

**Glitho, I., 2002.** Annexe: post-récoltes et biopesticides en Afrique. Regnault-Roger C., Philogène BJR & Vincent C., coord. Biopesticides d'origine végétale. Technique & Documentation, Paris: Lavoisier, P.314-321.

**Gome, M. B., Kouakou, K., Toure, A. & Traore, F., 2011.** Étude de la toxicité aiguë et subchronique de l'extrait aqueux de *Passiflora foetida* Linn.(Passifloraceae) chez les rats et les souris. *International Journal of biological et chemical sciences*, 5, p.1777-1789.

**Gomes, P. B., Mata, V. G. & Rodrigues, A., 2004.** Characterization of Portuguese-grown geranium oil (*Pelargonium* sp.). *Journal of Essential Oil Research*, 16, p.490-495.

**Gomez, F. L. M., 2007.** *Sintesis de analogos de las taspigarginas*. Doctoral dissertation. Université de Cádiz, Puerto Real, Espagne.

**Goncalves Da Cruz I., 2007.** *Contribution à l'étude du portage zoonotique chez des rats de terrain*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Lyon, p.92.

**Gorham, J., 1991.** *Insect et mite pests in food An illustrated key* (Vol. 655). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

**Granjon, L. & Duplantier, J., 2009.** Les rongeurs Sahélosoudaniens. *Institut de Recherche pour le Développement, Marseille, France*.

**Guèye, A., Diome, T., Thiaw, C., Ndong, A., Gueye, A. N. & Sembène, M., 2012.** Capacity of biodemographic development of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae) et *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae) in stored cereals in Senegal. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 2, p.108-117.

**Gueye, A. C., Diome, T., Thiaw, C. & Sembene, M., 2015.** Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H.(Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.). *Journal of Applied Biosciences*, 90, p.8361-8376.

**Guèye, M. T., Seck, D., Wathelet, J.-P. & Lognay, G., 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse bibliographique. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15, p.183-194.

**Guyot, G., 1997.** *Climatologie de l'environnement. De la plante aux écosystèmes*. Masson, Coll. SV, Paris, p.505.

**Gwenola, B., 2006.** *Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications*. Editions Lavoisier, ISBN 2-7430-0576-9.

**Gwinner, J., Harnisch, R. & Muck, O., 1996.** *Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte*. Alemania :Deutsche Gesellschaft for Technische Zusammenarbeit, Eschborn.

**Hachem, K., Mébarki, M., Hartani, A., Benabdesslem, Y. & Kaid-Harche, M., 2017.** Essential Oil Composition of the Root Bark of *Thapsia garganica* (L.) Growing in Northwestern Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20, p.860-863.



**Haines, C. P., 1981.** *Insects et arachnids from stored products: a report on specimens received by the Tropical*. Stored Products Centre, p.1973-77.

**Hakim, A. & Mohamed, A., 2021.** Chemical composition, antibacterial, antioxidant et insecticidal activities of Moroccan *Thapsia transtagana* essential oil. *Saudi journal of biological sciences*.

**Hakim, B., Zaghouane, O., El-Mourid, M., Rezguis., 2007.** Guide pratique de la conduite de céréales (Blé et orge) dans le maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). *TIGC, INRA, ICARDA, Algérie*, p. 171-176.

**Halda, J., 1998.** Some taxonomic problems in the genus *Daphne* L. *Acta Mus. Richnov. Sect. Nat.*, 5, p.133-160.

**Hammiche, V., Merad, R. & Azzouz, M., 2013.** *Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen* Paris : Springer.

**Hamouda, C., 2004.** A review of acute poisoning from *Atractylis gummifera* L. *The Journal of Emergency Actors*, 3, p.23-26.

**Han, X., Shen, T. & Lou, H., 2007.** Dietary polyphenols et their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8, p.950-988.

**Hansen, S. C., Stolter, C., Imholt, C. & Jacob, J., 2016.** Plant secondary metabolites as rodent repellents: a systematic review. *Journal of Chemical Ecology*, 42, p.970-983.

**Harborne, J. B., 1982.** *Introduction to Ecological biochemistry* London: Academic Press.

**Harizi, H., Chaabane, F., Ghedira, K. & Chekir-Ghedira, L., 2011.** Inhibition of proinflammatory macrophage responses et lymphocyte proliferation in vitro by ethyl acetate leaf extract from *Daphne gnidium*. *Cellular Immunology*, 267, p.94-101.

**Hasani, P., Y. N., Vosough-Ghanbari, S., Mohammadi, A., Dehghan, G., et Abdollahi, M., 2007.** In vivo antioxidant potential of *Teucrium polium*, as compared to  $\alpha$ -tocopherol. *Acta Pharmaceutica*, 57, p.123-129.

**Hashem, A. S., Awadalla, S. S., Zayed, G. M., Maggi, F. & Benelli, G., 2018.** *Pimpinella anisum* essential oil nanoemulsions against *Tribolium castaneum*—insecticidal activity et mode of action. *Environmental Science et Pollution Research*, 25, p.18802-18812.

**Hassen, I., M'Rabet, Y., Belgacem, C., Kesraoui, O., Casabianca, H. & Hosni, K., 2015.** Chemodiversity of volatile oils in *Thapsia garganica* L.(Apiaceae). *Chemistry & biodiversity*, 12, p.637-651.

**Hebert, F., Bulliot, C., 2014.** *Guide de pratique de médecine interne chien, chat et NAC*. 4ème édition, Paris : Med'Com, p.812.

**Hegnauer, R., 1973.** Chemotaxonomie der Pflanzen—Birkhauser Verlag. *Basel und Stuttgart*, 6, p.259-261.

**Hennebelle, T., Sahpaz, S. & Bailleul, F., 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2, p.3-6.

**Heroldová, M., MICHALKO, Radek, SUCHOMEL, Josef et ZEJDA, Jan., 2018.** Influence of no-tillage versus tillage system on common vole (*Microtus arvalis*) population density. In : *Pest Management Science*, 74, p.1346-1350.

**Hirsch, B. T., Kays, R., Pereira, V. E. & Jansen, P. A., 2012.** Directed seed dispersal towards areas with low conspecific tree density by a scatter-hoarding rodent. *Ecology Letters*, 15, p.1423-1429.

**Hodek, P., Trefil, P. & Stiborová, M., 2002.** Flavonoids-potent et versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chemico-biological interactions*, 139, p.1-21.

**Hodroge, A., 2011.** *Les mutations spontanées du gène Vkor1 chez l'homme et le rat: réalité de la résistance.* Doctoral dissertation. Université Claude Bernard-Lyon I.

**Holloway, G. J., 1985.** The effect of increased grain moisture content on some life history characters of *Sitophilus oryzae* (L.) after staining egg plugs with acid fuchsin. *Journal of stored products research*, 21, p.165-169.

**Hopps, V., Vetri, P., Biondi, F., Fontana, G. & Mantia, G., 1997.** Effects of atractyligenin et some of its natural derivatives on renal function. *Fitoterapia (Milano)*, 68, p.29-34.

**Houël, E., 2011.** *Etude de substances bioactives issues de la flore Amazonienne. Analyse de préparations phytothérapeutiques à base de Quassia amara L.(Simaroubaceae) et de Psidium acutangulum DC.(Myrtaceae) utilisées en Guyane française pour une indication antipaludique. Identification et analyse métabolomique d'huiles essentielles à activité antifongique.* Doctoral dissertation, Université des Antilles-Guyane.

**Howe, R. & Hole, B., 1968.** The susceptibility of developmental stages of *Sitophilus granarius* (L.)(Coleoptera, Curculionidae) to moderately low temperatures. *Journal of stored products research*, 4, p.147-156.

**Hubert, B (1980),** «Les rongeurs et les problèmes qu'ils posent aux cultures et aux stocks»..  
Aviable at : <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:15841>. ACCT, P.85-102.

**Hubert, J., Stejskal, V., Munzbergova, Z., Kubatova, A., Váňová, M. & Žd'árková, E., 2004.** Mites et fungi in heavily infested stores in the Czech Republic. *Journal of economic entomology*, 97, p.2144-2153.

**Hubert, R., 1992.** *Epices et aromates.* Edition Technique & Documentation, France : Lavoisier.

**Ibrahim, M., Kainulainen, P., & Aflatuni, A., 2001.** Insecticidal, repellent, antimicrobial activity, et phytotoxicity of essential oils; with special reference to limonene et its suitability for control insect pest. *Agricultural et food science in Finlet*, 10, p.243-259.

**Ignat, I., Volf, I. & Popa, V. I., 2011.** A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits et vegetables. *Food chemistry*, 126, p.1821-1835.

- Ileke, K. D., Idoko, J. E., Ojo, D. O. & Adesina, B. C., 2020.** Evaluation of botanical powders et extracts from Nigerian plants as protectants of maize grains against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)[Coleoptera: Curculionidae]. *Biocatalysis et agricultural biotechnology*, 27, p.101702.
- Ingwale, D., Kshirsagar, A., Ashok, P., Vyawahare, N., 2009.** Role of antioxidant in the management of hepatic complications. *Pharmacology Online*, 1, p.238-253.
- Iram, N., Arshad, M. & Akhter, N., 2013.** Evaluation of botanical et synthetic insecticide for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Bio Assay*, 8, p.1-10.
- Iserin, P., Masson, M. et Restellini, J.P. eds., 2007.** *Larousse des plantes médicinales. Identification, préparation, Soins*. Edition Larousse, p.14.
- Islam, W., Nazir, I., Noman, A., Zaynab, M. & Wu, Z., 2016.** Inhibitory effect of different plant extracts on *Trogoderma granarium* (everts)(coleoptera: dermestidae). *International Journal of Agricultural et Environmental Research*, 3, p.121-130.
- Isman, M. B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, et repellents in modern agriculture et an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, p.45-66.
- Isman, M. B., 2008.** Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64, p.8-11.
- Izakmehri, K., M. S., A. Mehrvar., M. B. Hassanpouraghdam., S. Vojoudi., 2013.** Lethal et sublethal effects of essential oils rom *Eucalyptus camaldulensis* et *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*, *Journal of Insect Science*, vol. 13, article no. p.152.
- Jaafreh, M., Khleifat, K., Qaralleh, H. & Al-limoun, M., 2019.** Antibacterial et Antioxi-dant Activities of *Centeurea damascena* Methanolic Extract. *arXiv preprint arXiv:1911.02243*.
- Jacob, J., Manson, P., Barfknecht, R. & Fredricks, T., 2014.** Common vole (*Microtus arvalis*) ecology et management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest management science*, 70, p.869-878.
- Jacquel, T., 2017.** *État des lieux et analyse critique des techniques d'étude et de caractérisation de la résistance de rattus sp. aux raticides anti-vitamine k: sous la direction de Étienne Benoît*. Doctoral dissertation.
- Jafar, M., Farooq, M., Cheema, M., Afzal, I., Basra, S., Wahid, M., Aziz, T. & Shahid, M., 2012.** Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. *Journal of Agronomy et Crop Science*, 198, p.38-45.
- Jagadiswari, R. & Anet, P., 2002.** Evaluation of new botanicals as paddy grain protectants against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* Fabr. *Journal of Applied Zoological Researches*, 13, p.258-259.



**Jamila, F. & Mostafa, E., 2014.** Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments. *Journal of ethnopharmacology*, 154, p.76-87.

**Jawalkar, N. & Zambare, S., 2020.** Bioinsecticidal activity of *Vitex negundo* L.(Family: Verbenaceae) leaf extracts against *Sitophilus granarius* L. in stored maize grains. *Journal of Entomology et Zoology Studies*, 8, p.1532-1538.

**Jayas, D. S. & White, N. D., 2003.** Storage et drying of grain in Canada: low cost approaches. *Food control*, 14, p.255-261.

**Jbilou, R., Amri, H., Bouayad, N., Ghailani, N., Ennabili, A. & Sayah, F., 2008.** Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development,  $\alpha$ -amylase activity et offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst)(Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). *Bioresource technology*, 99, p.959-964.

**Jean, B., 2009.** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 4<sup>ème</sup> Edition Lavoisier.

**Jean louis guignard., 2000.** *Biochimie végétal*.paris : 2<sup>ème</sup> Edition de l'abrégé Dunod, p.203.

**Jmii, G., Molinillo, J. M., Zorrilla, J. G. & Haouala, R., 2020.** Allelopathic activity of *Thapsia garganica* L. leaves on lettuce et weeds, et identification of the active principles. *South African Journal of Botany*, 131, p.188-194.

**Johnson, R., Vitha, M. F., 2011.** Chromatography selectivity triangle. *Journal Of Chromatography.*, 4, p.559-560.

**Jood, S., Kapoor, A. & Singh, R., 1993.** Biological evaluation of protein quality of sorghum as affected by insect infestation. *Plant foods for human nutrition*, 43, p.105-114.

**Jothy, S. L., Zakaria, Z., Chen, Y., Lau, Y. L., Latha, L. Y. & Sasidharan, S., 2011.** Acute oral toxicity of methanolic seed extract of *Cassia fistula* in mice. *Molecules*, 16, p.5268-5282.

**Jouanneau, M., 2013.** *Nouvelle approche vers la synthèse de la thapsigargine (guaianolides) par réaction de métathèse ényne cyclisante*. Doctoral dissertation. Université Paris, Sud - Paris XI.

**Julkunen-Tiitto, R., 1985.** Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of agricultural et food chemistry*, 33, p.213-217.

**Junthip, R., Amornlerdpison, D. & Chimsook, T., 2013.** Phytochemical Screening, Antioxidant Activity et Total Phenolic Content of *Spirogyra* spp. *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publ, p.693-697.

**Karahacane, T., 2015.** *Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte*. Doctoral dissertation. ENSA. El-Harrache.

**Karumi, Y., 2004.** Identification of Active Principles of *M. balsamina* (Balsam Apple) Leaf Extract Y. Karumi," PA. Onyeyili et "VO Ogugbuaja. *Journal of Medical. Sciences*, 4, p.179-182.

- Kassemi, N., 2014.** *Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes (Pseudocytisus integrifolius Salib et Nepeta nepetella L) sur les ravageurs du blé et des légumes secs.* Doctoral dissertation. Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid.
- Keeble, J. A. & Gilmore, A. P., 2007.** Apoptosis commitment–translating survival signals into decisions on mitochondria. *Cell research*, 17, p.976-984.
- Kellouche, A., 2005.** *Etude la bruche du pois-chiche, callosobruchies maculatus (coleoptera: Bruchidae): biologie, physiologie, reproduction et lutte.* Doctoral dissertation. Université de Tizi Ouzou-Mouloud Mammeri.
- Kellouche, A. & Soltani, N., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur Callosobruchus maculatus (F.). *International Journal of Tropical Insect Science*, 24, p.184-191.
- Kemassi, A., Herouini, A., Hadj, S., Cherif, R. & Elhadj, M. O., 2019.** Effet insecticide des extraits aqueux d'Euphorbia guyoniana (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) sur le Tribolium castaneum. *Lebanese Science Journal*, 20, p.55.
- Keskin, S. & Ozkaya, H., 2013.** Effect of storage et insect infestation on the mineral et vitamin contents of wheat grain et flour. *Journal of economic entomology*, 106, p.1058-1063.
- Khadhri, A., El Mokni, R. & Smiti, S., 2013.** Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu: Atractylis gummifera. *Revue Social Science Naturel de Tunisie*, 39, p.44-52.
- Khan, A. M., Qureshi, R. A., Ullah, F., Gilani, S. A., Nosheen, A., Sahreen, S., Laghari, M. K., Laghari, M. Y., Hussain, I. & Murad, W., 2011.** Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills et surroundings. *Journal of medicinal plants research*, 5, p.6055-6060.
- Kharchoufa, L., Merrouni, I. A., Yamani, A. & Elachouri, M., 2018.** Profile on medicinal plants used by the people of North Eastern Morocco: toxicity concerns. *Toxicon*, 154, p.90-113.
- Khater, K. S. & El-Shafiey, S. N., 2015.** Insecticidal effect of essential oils from two aromatic plants against Tribolium castaneum (Herbst),(Coleoptera: Tenebrionidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25, p.129.
- Khidr, F. K., Abo-Hashem, A. & Mortada, M., 2018.** Zinc Phosphide et Argel (Gomphocarpus sinaicus Boiss) leaves as a rodenticide on the Norway rat, Rattus norvegicus Comparative Studies under Laboratory et Field Conditions. *Journal of Plant Protection et Pathology*, 9, p.909-912.
- Kiendrebeogo, M., Ouedraogo, A. P. & Nacoulma, O. G., 2006.** Activités insecticides de Striga hermonthica (Del.) Benth (Scrophulariaceae) sur Callosobruchus maculatus (Fab.)(Coleoptera: Bruchidae). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 10, p.17-23.

**Kim, D. H. & Ahn, Y. J., 2001.** Contact et fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 57, p.301-306.

**Kim, S.-I., Roh, J.-Y., Kim, D.-H., Lee, H.-S. & Ahn, Y. J., 2003.** Insecticidal activities of aromatic plant extracts et essential oils against *Sitophilus oryzae* et *Callosobruchus chinensis*. *Journal of stored products research*, 39, p.293-303.

**König C., 2013.** Les ravageurs, menace pour nos céréales. *revue, Futura Science*.

**Kosini, D. & Nukenine, E., 2017.** Bioactivity of novel botanical insecticide from *Gnidia kaussiana* (Thymeleaceae) against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in stored *Vigna subterranea* (Fabaceae) grains. *Journal of Insect Science*, 17.

**Kouahou, F.-B., Michel, P., Ruben, M., Parmentier, M., Nazaire, L., Jean-Claude, V. et Jean-Claude, D., 1989.** Céréales en régions chaudes: conservation et transformation. *Colloque international de technologie, Centre universitaire de N'Gaoundéré, Cameroun*. Paris : John Libbey Eurotext, p.22-26.

**Kouninki, H., Hance, T., Noudjou, F. A., Lognay, G., Malaisse, F., Ngassoum, M., Mapongmetsem, P. M., Ngamo, L. S. & Haubruge, E., 2007.** Toxicity of some terpenoids of essential oils of *Xylopia aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Journal of Applied Entomology*, 131, p.269-274.

**Kowalski, K. e. R.-K., B., 1991.** The mammals of Algeria. *Zaklad Narodowy Imienia Ossolinskich Wydawnictowo Polskiej Akademii Nauk Wroclaw, Polet*, p.370.

**Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C. & Abdelly, C., 2007.** Salinity effects on polyphenol content et antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant Physiology et Biochemistry*, 45, p.244-249.

**Kumar, D. & Kalita, P., 2017.** Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6, 8.

**L. Chopard, R. D., R. Despax, P.-P. G. & R. Jeannel, R. P., 1965.** *Traite de Zoologie. Anatomie, Systematique, Biologie. Insectes. Paleontologie, Geonomie, Apterygotes, Ephemeropteres, Odonatopteres, Blattopteroides, Orthopteroides, Dermapteroides, Coleopteres. Tome IX.* Paris : Edition Masson et Cie, Germain.

**Lacaille-Dubois, M., Delaude, C. & Mitaine-Offer, A., 2013.** Triterpenoid Saponins: a focus on Polygalaceae. *Natural Products*, p.3205-3223.

**Lacaille-Dubois, M. & Wagner, H., 2000.** Bioactive saponins from plants: an update. *Studies in natural products chemistry*. Elsevier.

**Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. & Vail, P., 2001.** Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? *Biological control*, 21, p.230-248.

**Ladjel, S., Zellagui, A. & Gherraf, N., 2011.** Reinvestigation of essential oil content of *Thapsia garganica* grown in the east of Algeria. *Journal of Fundamental et Applied Sciences*, 3, p.165-168.

**Laouini, S. E., 2014.** *Etude phytochimique et activité biologique d'extrait de des feuilles de Phoenix dactylifera L dans la région du Sud d'Algérie (la région d'Oued Souf)*. Doctoral dissertation. Université Mohamed Khider Biskra.

**Larabi, I. A., Azzouz, M., Abtroun, R., Reggabi, M. & Alamir, B., 2012.** Déterminations des teneurs en atractyloside dans les racines d'*Atractylis gummifera* L. provenant de six régions d'Algérie. In *Annales de toxicologie analytique*, Vol. 24, N° 2, EDP Sciences, p. 81-86.

**Le Louarn H. & Quéré J.P., 2003.** *Les rongeurs de France*. Institut National de Recherche Agronomique, Paris, France, p.1-256.

**Le Louarn, H. e. Q., Jean-Pierre., 2011.** *Les rongeurs de France*. Faunistique et biologie revue et augmentée, 3<sup>ème</sup> Editions Quae, ISBN 978-2-7592-1033-6. Available at : <http://univtoulouse.scholarvox.com/book/88805810> (accessed 16 mai 2019).

**Leclerc, H., 1999.** *Essai de la thérapeutique par les plantes française. In précis de la phytothérapie*. 5<sup>ème</sup> Edition. Paris: Elsevier Masson, p. 270.

**Lecompte, E., Fichet-Calvet, E., Daffis, S., Koulemou, K., Kourouma, F., Doré, A., Soropogui, B., Aniskine, V., Allali, B., Kouassi Kan, S., Lalis, A., Günther, S., Koivogui, L., Denys, C., Ter Meulen, J., 2006.** *Mastomys natalensis* et Lassa fever, West Africa. *Em. Infectious Diseases*, 12, p.1971-1974.

**Lee, J.-H., Kim, Y.-G., Cho, H. S., Ryu, S. Y., Cho, M. H. & Lee, J., 2014.** Coumarins reduce biofilm formation et the virulence of *Escherichia coli* O157: H7. *Phytomedicine*, 21, p.1037-1042.

**Lefebvre, S., Fourel, I., Queffélec, S., Vodovar, D., Megarbane, B., Benoit, E., Siguret, V. & Lattard, V., 2017.** Poisoning by anticoagulant rodenticides in humans et animals: Causes et consequences. *Poisoning—From Specific Toxic Agents to Novel Rapid et Simplified Techniques for Analysis*. IntechOpen, p.11-32.

**Lefranc, E., 1866.** *Etude botanique, chimique et toxicologique sur l'Atractylis gummifera L (El haddad des arabes)*. Paris: LIBRAIRIE GERMER- BAILLIERE.

**Leong, L. & Shui, G., 2002.** An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*, 76, p.69-75.

**Lepesme, P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés Paris: Edition Encyclopédie Entomologique, p.2-335.

**Leszczynska, D., 2007.** *Management de l'innovation dans l'industrie aromatique: Cas des PME de la région de Grasse*. Paris (France): Editions l'Harmattan.

**Li, H.-B., Wong, C.-C., Cheng, K.-W. & Chen, F., 2008.** Antioxidant properties in vitro et total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *LWT-Food Science et Technology*, 41, p.385-390.

- Lin, L.-C., Yang, K.-Y., Chen, Y.-F., Wang, S.-C. & Tsai, T.-H., 2005.** Measurement of daphnoretin in plasma of freely moving rat by liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1073, p.285-289.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P. & Boscolo, R., 2006.** Cyclones in the Mediterranean region: climatology et effects on the environment. In *Developments in earth et environmental sciences* Vol. 4, p. 325-372). Elsevier
- Longstaff, B. C., 1981.** Biology of the grain pest species of the genus Sitophilus (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology*, 3, p.83-130.
- Louw, C., Regnier, T. & Korsten, L., 2002.** Medicinal bulbous plants of South Africa et their traditional relevance in the control of infectious diseases. *Journal of ethnopharmacology*, 82, p.147-154.
- Luciani, S., Carpenedo, F. & Tarjan, E., 1978.** Effects of atractyloside et carboxyatractyloside in the whole animal. *Atractyloside: Chemistry, Biochemistry et Toxicology. Padova: Piccin Medical Books, Italy*, p.109-24.
- Macheix, J.-J., Fleuriet, A. & Jay-Allemer, C., 2005.** *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique.* Lausanne : presses polytechniques et Universitaires Romettes.
- Madinah, N., Nozmo, M. & Ezekiel, I., 2015.** The protective effects of aqueous extract of Carica papaya seeds in paracetamol induced nephrotoxicity in male wistar rats. *African Health Sciences*, 15, p.598-605.
- Majob, F., Kamalinejab, M., Ghaderi, N. & Vahidipour, H., 2003.** Phytochemical screening of some species of Iranian plants. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, p.77-82.
- Makkar HPS., 2000.** Quantification of tannins in tree foliage: A laboratory manual for the FAO/IAEA co-ordinated research project on 'Use of Nuclear et Related Techniques to Develop Simple Tannin Assays for Predicting et Improving the Safety et Efficiency of Feeding Ruminants on Tanniniferous Tree Foliage'. *Animal Production et Health Sub-programme, FAO/IAEA Working Document. IAEA, Vienna, Austria*, p.1-26.
- Makunga, N., Jäger, A. & Van Staden, J., 2003.** Micropropagation of Thapsia garganica a medicinal plant. *Plant Cell Reports*, 21, p.967-973.
- Malcolm, J. R. & Ray, J. C., 2000.** Influence of timber extraction routes on central African small-mammal communities, forest structure, et tree diversity. *Conservation Biology*, 14, p.1623-1638.
- Manach, C, Scalbert, A., Moret, C., Rémésy, C. & Jiménez, L., 2004.** Polyphenols: food sources et bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79, p.727-747.
- Manahan, S., 2003.** Toxicological Chemistry et Biochemistry, 425. *Lewis Publ. CRC. London.*
- Marques, R., Sousa, M. M., Oliveira, M. C. & Melo, M. J., 2009.** Characterization of weld (*Reseda luteola* L.) et spurge flax (*Daphne gnidium* L.) by high-performance liquid



chromatography–diode array detection–mass spectrometry in Arraiolos historical textiles. *Journal of Chromatography A*, 1216, p.1395-1402.

**Martin, D. M., Fäldt, J. & Bohlmann, J., 2004.** Functional characterization of nine Norway spruce TPS genes et evolution of gymnosperm terpene synthases of the TPS-d subfamily. *Plant physiology*, 135, p.1908-1927.

**Mason, A., Lee, R., Abrigo, M. & Lee, S.-H., 2017.** Support ratios et demographic dividends: Estimates for the World. *Technical Paper*,1.

**Mebarkia, A., 2010.** *Application d'une protéine entomotoxique PA1b du pois et d'un agent entomopathogène contre Sitophilus granarius (L.)*. Doctoral dissertation.

**Mebarkia A., K. O. e. G. A., 2001.** Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. *Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach*, p.119-126.

**Meftah T., S. R., Djennas A. & Benabbes O., (2001).** Connaissance, valorisation et contrôle de l'utilisation de la flore sauvage en médecine traditionnelle (plantes médicinales). *Programme U.I.C.N. pour l'Afrique du nord*.

**Menea, F., Menea, A. & Tréton, J., 2014.** Polyphenols against skin aging. *Polyphenols in Human Health et Disease*. Elsevier.

**Merzouk, A., 2010.** *Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements végétaux halophiles de la région de Tlemcen occidentale de l'Oranie (Algérie)*. Doctoral dissertation. Université de Abou Bakr Belkaid.

**Merzouki, Y., 1998.** Etat sanitaire du blé, inventaire et estimation des dégâts causés par les insectes dans les unités de stockage de : Rouina, Dar-El-Beida, Draa-Ben-Khedda et Ouaragla. Comportement de trois variétés de blé dur vis-à-vis des attaques de *Rhizopertha dominica*. *I.N.A, Alger*.

**Miara, M., Hammou, M. A. & Aoul, S. H., 2013.** Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie*, 11, p.206-218.

**Middleton, E., Ketaswami, C. & Theoharides, T. C., 2000.** The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, et cancer. *Pharmacological reviews*, 52, p.673-751.

**Miller, B., Madilao, L. L., Ralph, S. & Bohlmann, J., 2005.** Insect-induced conifer defense. White pine weevil et methyl jasmonate induce traumatic resinosis, de novo formed volatile emissions, et accumulation of terpenoid synthase et putative octadecanoid pathway transcripts in Sitka spruce. *Plant physiology*, 137, p.69-382.

**Miller, L. C. & Tainter, M., 1944.** Estimation of the ED50 et its error by means of logarithmic-probit graph paper. *Proceedings of the society for Experimental Biology et Medicine*, 57, p.261-264.

**Mirghazanfari, S. M., Hosseinzadeh, L., Shokoohinia, Y., Aslany, M. & Kamali-Nejad, M., 2012.** Acute et subchronic toxicological evaluation of *Echinophora platyloba* DC (Apiaceae) total extract in Wistar rats. *Clinics*, 67, p.497-502.

**Miyazawa, M., Tsukamoto, T., Anzai, J. & Ishikawa, Y., 2004.** Insecticidal effect of phthalides et furanocoumarins from *Angelica acutiloba* against *Drosophila melanogaster*. *Journal of agricultural et food chemistry*, 52, p.4401-4405.

**Mobki, M., Safavi, S. A., Safaralizadeh, M. H. & Panahi, O., 2014.** Toxicity et repellency of garlic (*Allium sativum* L.) extract grown in Iran against *Tribolium castaneum* (Herbst) larvae et adults. *Archives of Phytopathology et Plant Protection*, 47, p.59-68.

**Mochiah, M., Banful, B., Fening, K., Amoabeng, B., Ekyem, S., Braimah, H. & Owusu-Akyaw, M., 2011.** Botanicals for the management of insect pests in organic vegetable production. *Journal of Entomology et Nematology*, 3, p.85-97.

**Mohammedi, H., Idjeri-Mecherara, S., Menaceur, F., Azine, K. & Hassani, A., 2018.** Chemical compositions of extracted volatile oils of *Ammodaucus leucotrichus* L. fruit from different geographical regions of Algeria with evaluation of its toxicity, anti-inflammatory et antimicrobial activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21, p.1568-1584.

**Mohammedi, Z., 2013.** *Etude phytochimique et activités biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie*. Doctoral dissertation., Université Aboubekr Belkaid. .

**Mondédji A.D., Ketoh, G.K., Amévoin, K., Ameline, A., Giordanengo, P. et Glitho, I.A., 2014.** Evaluation of neem leavesbased preparations as insecticidal agents against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sternorrhyncha: Aphididae). *African Journal of Agricultural Research*, (13), p.1086-1093.

**Moula D., Z.-B. F., Boukhobza N., Boulemnakher H., 2010.** La production semencière et son impact sur la qualité de la production nationale. *Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Gretes Cultures*, p.55-99.

**Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. a. J. & Parajó, J. C., 2001.** Natural antioxidants from residual sources. *Food chemistry*, 72, p.145-171.

**Mukinda, J. T. & Syce, J. A., 2007.** Acute et chronic toxicity of the aqueous extract of *Artemisia afra* in rodents. *Journal of ethnopharmacology*, 112, p.138-144.

**Multon, J., 1982.** *Conservation et stockage des grains et graines et produits derives; cereales, oleagineux, proteagineux, aliments pour animaux*. Paris :Edition Lavoisier, p.105-111.

**Munyuli, T., 2009.** On-farm storages participatory evaluation et validation of the capability of native botanicals for control of bean bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) in South-Kivu province, eastern of Democratic Republic of Congo. *Tropicicultura*, 27, p.174-183.

**Musa, A., 2013.** Influence of plant powders on infestation by Adults et larvae of Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) in stored groundnut. *Australian Journal of Basic et Applied Sciences*, 7, p.427-432.

**Muscarella, M., Armentano, A., Iammarino, M., Palermo, C. & Amorena, M., 2016.** Anticoagulant rodenticide poisoning in animals of Apulia et Basilicata, Italy. *Veterinaria italiana*, 52, p.153-159.

**N'guessan, K., Kadja, B., N Zirihi, G. N., Traorè, D. & Aké-Assi, L., 2009.** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sciences & Nature*, 6, p.1-15.

**Navarro García, V. M., Rojas, G., Gerardo Zepeda, L., Aviles, M., Fuentes, M., Herrera, A. & Jiménez, E., 2006.** Antifungal et antibacterial activity of four selected Mexican medicinal plants. *Pharmaceutical biology*, 44, p.297-300.

**Nenaah, G. E., 2014.** Bioactivity of powders et essential oils of three Asteraceae plants as post-harvest grain protectants against three major coleopteran pests. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, p.701-709.

**Ngamo Tinkeu, L. S., Tamgno, B. R. & Getebe, M., 2016.** Bioactivity of flours of seeds of leguminous crops *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris* et *Glycine max* used as botanical insecticides against *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum grains. *International Journal of biological et chemical sciences*, 10, p.919-927.

**Nijveldt, R. J., Van Nood, E., Van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Van Norren, K. & Van Leeuwen, P. A., 2001.** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action et potential applications. *The American journal of clinical nutrition*, 74, p.418-425.

**Nikkon, F., Habib, M. R., Karim, M. R., Ferdousi, Z., Rahman, M. M. & Haque, M. E., 2009.** Insecticidal activity of flower of *Tagetes erecta* L. against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Research Journal of Agriculture et Biological Sciences*, 5, p.748-753.

**Niquet, G., 2011.** Stockage et conservation des grains à la ferme. *ITCF, Institut technique des céréales et des fourrages*.

**Nostro, A., Germano, M., D'angelo, V., Marino, A. & Cannatelli, M., 2000.** Extraction methods et bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. *Letters in applied microbiology*, 30, p.379-384.

**Noudogbessi, J.-P., Keke, M., Avlessi, F., Kossou, D. & Sohounhloue, D. C., 2009.** Evaluation of the insecticidal, larvicidal et ovicidal effects on *Callosobruchus maculatus* of essential oils of *Cymbopogon giganteus* et of *Xylopia aethiopica*. *Scientific Study & Research*, 10, p.337-338.

**Nour, A. & Brinis, L., 2016.** Effet du stockage sur la vigueur et la viabilité des semences de deux variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 32, p.22-29.



**Nowik, W., 2005.** HPLC-PDA characterisation of *Daphne gnidium* L.(Thymeleaceae) dyeing extracts using two different C-18 stationary phases. *Journal of separation science*,28, p.1595-1600.

**Nsambu, M., Muhigwa, B., Rubabura, K., Bagalwa, M. & Bashwira, S., 2014.** Evaluation in vitro activity of insect alkaloid, saponins, terpenoids or steroids extracts  *Capsicum frutescens* L.(Solanaceae) against *Antestiopsis orbitalis ghesquierei*, pests of coffee trees. *International Journal of Innovation et Applied Studies*, 8, p.1231-1243.

**Nukenine., E. N., 2010.** Stored product protection in Africa: Past, present et future. 10th International Working Conference on Stored Product Protection , *Julius-Kühn-Archiv*, p.425.

**Obatomi, D. & Bach, P., 1998.** Biochemistry et toxicology of the diterpenoid glycoside atractyloside. *Food et chemical toxicology*, 36, p.335-346.

**Obeng-Ofori, D., Adler, C. & Reichmuth, C., 1997.** Toxicity et Repellency of 1, 8-cineole,Eugenol et Camphor against Stored Product Insects. *Bayreuth: German Society for General et Applied Entomology*, 11, p.18-22.

**OCDE., 2001.** Ligne directrice de L'OCDE pour les essais de produits chimiques. Toxicité orale aiguë : méthode par classe de toxicité aiguë, p.14.

**Odeyemi, O. & Daramola, A., 2000.** Storage practices in the tropics: Food Storage et Pest Problems. *Dave Collins Publication, Nigeria*, 1, p.235.

**Oloyede, O., 2005.** Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. *Pakistan journal of nutrition*, 4, p.379-381.

**Onuminya, T., Agboola, O. & Ezeribe, S., 2018.** Insecticidal Evaluation of Some Botanical Powders as Stored Maize Grain Protectants against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)(Coleoptera: Curculionidea): A Concern for Postharvest Loss.*Annales of West University of Timisoara. Series of Biology*, 21(2), p.157.

**Osborn, A., 1996.** Saponins et plant defence a soap story. *Trends in plant science*,1, p.4-9.

**Padm, S., Dal Bello, G. & Fabrizio, M., 2002.** Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat et beans treated with *Beauveria bassiana*. *Journal of stored products research*, 38, p.69-74.

**Palyvos, N. E. & Emmanouel, N. G., 2009.** Temperature-dependent development of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae). *Experimental et Applied Acarology*, 47, p.147-158.

**Panezai, G. M., Javaid, M., Shahid, S., Noor, W., Bibi, Z. & Ejaz, A., 2019.** Effect of four plant extracts against *Trogoderma granarium* et *Tribolium castaneum*. *Pakistan Journal of Botany*, 51, p.1149-1153.

**Papachristos, D. & Stamopoulos, D., 2002.** Repellent, toxic et reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products research*, 38, p.117-128.

**Park, I. K., Choi, K. S., Kim, D. H., Choi, I. H., Kim, L. S., Bak, W. C., Choi, J. W. & Shin, S. C., 2006.** Fumigant activity of plant essential oils et components from horseradish (*Armoracia rusticana*), anise (*Pimpinella anisum*) et garlic (*Allium sativum*) oils against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 62, p.723-728.

**PEA., 2001.** Lutte d'urgence contre les invasions transfrontalières de rongeurs en Afrique et en Asie. Evaluation Environnementale programmable révisée. *Rapport principal. Agence des Etats-Unis pour le développement international, Ministère Americain de l'agriculture. Service d'inspection pour la santé animale et végétale. Riverdale, Marylet. P.143.*

**Peixoto, F., Carvalho, M. J., Almeida, J. & Matos, P., 2004.** Daphnetoxin interacts with mitochondrial oxidative phosphorylation et induces membrane permeability transition in rat liver. *Planta medica*, 70, p.1064-1068.

**Pejoch, M. & Kriz, B., 2006.** Ecology, epidemiology et prevention of Hantavirus in Europe. *Climate change et adaptation strategies for human health*, p.243-265.

**Pharmacopée Européenne.,2007.** Direction de la Qualité du Médicament & Soins de Santé du Conseil de l'Europe (DEQM).France :Strasbourg.

**Pharmacopée Européenne., 2008.** Huiles essentielles. Aetherolea. 1:2098

**Pharmacopoeia Européenne., 2004.** Council of Europe Publishing. 5th edition, Strasbourg Cedex, 2.8.12; p.217-218.

**Pierce WD., 1907.** On the biologies of the Rhynchophora of North America. *Nebraska State Board of Agriculture Zoological Report*, p.247-319.

**Pimentel, M. A. G., Faroni, L. R. D. A., Tótola, M. R. & Guedes, R. N. C., 2007.** Phosphine resistance, respiration rate et fitness consequences in stored-product insects. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63, p.876-881.

**Pinto Da Cunha, M. & Geubel, A., 2002.** Phytothérapie et hépatotoxicité. *Louvain médical*, 121, p.407-414.

**Plata-Rueda, A., Campos, J. M., da Silva Rolim, G., Martínez, L. C., Dos Santos, M. H., Fernandes, F. L., Serrão, J. E. & Zanuncio, J. C., 2018.**Terpenoid constituents of cinnamon et clove essential oils cause toxic effects et behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*.*Ecotoxicology et environmental safety*, 156, p.263-270.

**Pointel, J. a. J. C., 1980.**Le pourcentage de perte en poids et la perte spécifique, critères d'évaluation des dégâts causés par les insectes dans les céréals et les légumineuses stockées.*Agron. Trop* 34, p.377-381.

**Popoola, K., Adediran, A. & Braimah, J., 2017.** Insecticidal potentials of Citrus sinensis (L.) Osbeck et Moringa oleifera Lam. against Rhyzopertha dominica Fabricius in stored Zea mays L. et Manihot esculenta Crantz. *Nigerian Journal of Ecology*, 16, p.37-46.

**Potenza, M., Arthur, V., Felicio, J., Rossi, M., Sakita, M., Silvestre, D. & Gomes, D., 2004.** Effect of irradiated natural products on Sitophilus zeamais Mots.(Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 71, p.477-484.

**Prakash, A. & Rao, J., 1984.** Wild sage, Lippia geminata: a paddy grain protectant in storage. *Oryza*, 21, p.209-212.

**Pramestuti, N., Sianturi, C. L. J., Lestari, E., & Wijayanti, S. P. M., 2019.** The Natural Rodenticidal Effect of Papain Papaya (Carica papaya L.) in Histopathological Changes of Albino Mice Organs. *Kesmas Indonesia: Journal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 11, p.178-187.

**Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.-C., Bailleul, F. & Trotin, F., 2000.** Phenolic compounds et antioxidant activities of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls et flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72, p.35-42.

**Quézel et Santa.,1963.** *Nouvelle flores d'Algérie et des régions désertiques méditerranéennes*. Tome II, Paris (France) :Edition centre national de la recherche scientifiques, p.631-633.

**Raaman, N., 2006.** *Phytochemical techniques*. New Delhi (Inde) :New India Publishing.

**Rached, W., Benamar, H., Bennaceur, M. & Marouf, A., 2010.** Screening of the antioxidant potential of some Algerian indigenous plants. *Journal of Biological Sciences*, 10, p.316-324.

**Radojčić Redovniković, I., Glivetić, T., Delonga, K. & Vorkapić-Furač, J., 2008.** Glucosinolates et their potential role in plant. *Periodicum biologorum*, 110, p.297-309.

**Rakba, N., Melhaoui, A., Rissel, M., Morel, I., Loyer, P. & Lescoat, G., 2000.** Irniine, a pyrrolidine alkaloid, isolated from Arisarum vulgare can induce apoptosis et/or necrosis in rat hepatocyte cultures. *Toxicon*, 38, p.1389-1402.

**Ramade F., 2005.** *Etude d'écologie - écologie appliqué*. 6<sup>ème</sup> édition, Du Nord Paris, p.533- 536.

**Ramade, R., 2003.** *Elément d'écologie fondamentale*. Paris :Edition Dunod, p.690.

**Rasekh, H., Yazdanpanah, H., Hosseinzadeh, L., Bazmohammadi, N. & Kamalinejad, M., 2010.** Acute et Subchronic Toxicity of Teucrium polium Total Extract in Rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, p.245-249.

**Rattan, R. S., 2010.** Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop protection*, 29, p.913-920.

**Raven, P.H., Evert, R.F. et Eichlorn, S.E., 2000.** *Biologie végétale*. 6<sup>ème</sup> édition. Traduit par Jules Bouharmont avec la collaboration scientifique de Charles-Marie Evrard, De Boeck, Université de Paris, p.944.

**Regnault-Roger, C. & Hamraoui, A., 1995.** Fumigant toxic activity et reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of stored products research*, 31, p.291-299.

**Rehman, Z., 2006.** Storage effects on nutritional quality of commonly consumed sereals. *Food Chem.*, 95, p.53-57.

**Reynaud, J., 2002.** *Thyméléacées*. In: la flore du pharmacien. Paris : Lavoisier, p.211-213.

**Richter, G., 1993.** *Les composés phénoliques métabolisme des végétaux (physiologie et biochimie)*. Suisse: Editions Dunod, Rometes, p.331-9.

**Rickman, J. F., 2002.** Grain quality from harvest to market. *9th JIRCAS International Symposium—“Value-Addition to Agricultural Products”*. Tsukuba, Japan: Japan International Research Center for Agricultural Science. P.94-98.

**Robiche, G., Le Gall, G. et Georgen, G., 2002.** Contribution à l'étude de la biodiversité des coléoptères Tenebrionidae de la République du Bénin: Premier inventaire. *Lambillionea*, 102(4), p.381-432.

**Roch, M., 2008.** *Intoxications par les rodenticides anticoagulants chez les animaux: synthèse bibliographique et réalisation d'un guide vétérinaire sur la prise en charge des animaux intoxiqués par les anticoagulants, à l'usage des professions médicales*. Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon I, p.150.

**Rodriguès, J.-P., 2006.** *Intoxication des carnivores domestiques par les rodenticides anticoagulants. Etude épidémiologique d'après les données du CNITV de 1993 à 2004 et influence de la résistance des rats aux anticoagulants*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Lyon.

**Rotundo, G., Paventi, G., Barberio, A., De Cristofaro, A., Notardonato, I., Russo, M. V. & Germinara, G. S., 2019.** Biological activity of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter extracts against adult *Sitophilus granarius* (L.)(Coleoptera, Curculionidae) et identification of active compounds. *Scientific reports*, 9, p.1-12.

**Royer, M., 2013.** *Étude des relations entre croissance, concentrations en métabolites primaires et secondaires et disponibilité en ressources chez la tomate avec ou sans bioagresseurs*. Doctoral dissertation, Université de Lorraine.

**Ruckebusch, Y., 1981.** *Physiologie, pharmacologie, thérapeutique animale*. Paris : Edition Maloine, 300, p.611.

**Russo, S., Cabrera, N., Chludil, H., Yaber-Grass, M. & Leicach, S., 2015.** Insecticidal activity of young et mature leaves essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill. against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75, p.375-379.

**Sabbour, M., 2013.** Entomotoxicity assay of nanoparticle 4-(silica gel Cab-O-Sil-750, silica gel Cab-O-Sil-500) against *Sitophilus oryzae* under laboratory et store conditions in Egypt. *Specialty Journal of Biological Sciences*, 1, p.67-74.

**Sage, M., 2008.** *Transfert de bromadiolone (appâts/sols–campagnols de prairie–renards): Etude environnementale de la persistance et mesure indirecte de l'exposition.* Doctoral dissertation. Université de Franche-Comté.

**Salazar-Bravo, J., Ruedas, L. & Yates, T., 2002.** Mammalian reservoirs of arenaviruses. *Arenaviruses I.* Springer. P.25-63.

**Sanon A., G. M., Auger J. et Huignard J., 2002.** Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera:Bruchidae) et its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera : Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, p.129-138.

**Sassi, M., 2008.** *les plantes médicinales.* Tunisie : Dar el fikr.

**Schauenberg, P., Paris, F., 2006.** *Guide des plantes médicinales.* Paris : Edition Dalachaux et Nieslé, p.330.

**Schofield, P., Mbugua, D. & Pell, A., 2001.** Analysis of condensed tannins: a review. *Animal feed science et technology*, 91, p.21-40.

**Séne D., 1976.** *Les rongeurs des cultures au Sénégal : clé de détermination et principes de lutte.* Dakar : Primature, DGRST et Orstom édition, p.21.

**Seri-Kouassi, B. P., Kanko, C., Aboua, L.R.N., Bekon, K.A., Glitho, A.I., Koukoua, G. et N'Guessan, Y.T., 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *Comptes Rendus Chimie* 7, p.1043-1046.

**Shaaya, E. & Kostyukovsky, M., 2009.** The potential of biofumigants as alternatives to methyl bromide for the control of pest infestation in grain et dry food products. *Recent Advances in Plant Biotechnology.* Springer.

**Sharma, N. & Bhetari, A. S., 2014.** Management of pathogens of stored cereal grains. *Sustainable Agriculture Reviews.* Springer.

**Sharma, R., Negi, D. S., Shiu, W. K. & Gibbons, S., 2006.** Characterization of an insecticidal coumarin from *Boenninghausenia albiflora*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological et Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20, p.607-609.

**Shumake, S. A. & Hakim, A., 2000.** Evaluating Norway rat response to attractant et repellent odors to improve rodenticide baiting effectiveness. *The Ninth Wildlife Damage Management Conferences-Proceedings, October 5-8, State College, PA USA*, 9: p.103- 110. Available at : <http://wildli-fedamage.unl.edu>.

**Sifour, M., Ouled-Haddar, H., Ouitas, L. & Kerfa, A., 2012.** Burn Healing Activity of Aqueous Extract of *Atractylis gummifera* (L). *Séminaire international: Cancer, stress cellulaire et substances bioactives.* Séminaire internationale, p.23-24.

- Silva, P. A., Oliveira, D. F., Prado, N. R. T. d., Carvalho, D. A. d. & Carvalho, G. A. d., 2008.** Evaluation of the antifungal activity by plant extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* PENZ. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, p.420-428.
- Singleton, G. R., Hinds, L. A., Krebs, C. J. & Spratt, D. M., 2003.** *Rats, Mice, et People: Rodent Biology et Management*. Australian Centre for International Agricultural Research
- Singleton, G. R., Leirs, H., Hinds, L. A. & Zhang, Z., 1999.** *Ecologically-based management of rodent pests-re-evaluating our approach to an old problem*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra.
- Singleton, V. L. & Rossi, J. A., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology et Viticulture*, 16, p.144-158.
- Sinha R N. et Watters FL., 1985.** *insectes nuisibles des minoteris, des silos-élevateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation*. Canada :Edition Station de recherche. Agriculture, p.331.
- Skalli, S., Alaoui, I., Pineau, A., Zaid, A. & Soulaymani, R., 2002.** *Atractylis gummifera* L. poisoning: a case report. *Bulletin de la Societe de pathologie exotique (1990)*, 96, p.284-286.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J. & Dolan, J. W., 2011.** *Introduction to modern liquid chromatography*. John Wiley & Sons.
- St-Pierre, N., V. Bélanger et Brégarde A., 2014.** *Ventilation et conservation des grains à la ferme*. Réseau Innovagrains et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), P.58.
- Stambouli, O. B. & Amrani, N., 2015.** Un angioedème de topographie bilatérale suite au contact avec une plante (*Thapsia garganica*). *Revue Française d'Allergologie*, 55, p.235.
- Steffan, J., R., 1978.** *Description et biologie des insectes* Paris : Edition Afnor, I.T.C.F, p.238.
- Suleiman, M., Majeed, Q. & Aiki, I., 2013.** Efficacy of four plant powders against *Sitophilus zeamais* Motschulsky [Coleoptera: Curculionidae] on sorghum grains. *International Journal of Applied Research et Technology*, 2, p.130-138.
- Sun, B., Ricardo-da-Silva, J. M. & Spranger, I., 1998.** Critical factors of vanillin assay for catechins et proanthocyanidins. *Journal of agricultural et food chemistry*, 46, p.4267-4274.
- Sun, J., Feng, Y., Wang, Y., Li, J., Zou, K., Liu, H., Hu, Y., Xue, Y., Yang, L. & Du, S., 2020.** Investigation of Pesticidal Effects of *Peucedanum terebinthinaceum* Essential Oil on Three Stored-Product Insects. *Records of Natural Products*, 14, p.177-189.
- Suvarna, K. S., Layton, C. et Bancroft, J. D., 2018.** *Bancroft's theory et practice of histological techniques*. 8th Edition., China: ElsevierHealth Sciences, p.672.
- Tamgno, B. & Tinkeu, L. N., 2018.** Potentialisation de l'efficacité insecticide des poudres de feuilles ou amettes de neemier *Azadirachta indica* A. Juss par formulation avec la cendre de



tiges de mil contre *Sitophilus zeamais* motsch. Et *Sitophilus oryzae* L.(Coleoptera: Curc. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition et Development*, 18.

**Tapondjou, L., Adler, C., Bouda, H. & Fontem, D., 2002.** Efficacy of powder et essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of stored products research*, 38, p.395-402.

**Tattersfield, F., Potter, C., Lord, K., Gillham, E., Way, M. & Stoker, R., 1948.** Insecticides derived from plants. Results of tests carried out on a number of British, Tropical et Chinese Plants. *Kew Bulletin*, p.329-349.

**Teka, O., Mensah, G. & Holou, R., 2002.** Colonisation des parcelles fourragères par des espèces de rongeurs Sud Bénin: cas de la ferme d'élevage de Samiondji. *Acte du séminaire-atelier sur la mammalogie et la biodiversité ABOMEY-CALAVI/Bénin, Société pour l'étude et la protection des mammifères*, 30, p.33-39.

**Teke, M. A. & Mutlu, Ç., 2021.** Insecticidal et behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. et *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Plant Diseases et Protection*, 128, p.109-119.

**Teshome, M., Kassa, H. & Charles, K., 2010.** The toxicity of plant material, *drimia altissima* (*Urginea altissima*), against the field rat, *Arvicanthis abyssinicus*: a potential non-synthetic rodenticide. *Ethiopian Journal of Health Development*, 24.

**Thamaga-Chitja J.M., H. S. L., Ortmana G.F., et Green M., 2004.** Impact of maize storage on rural household food security in Northern Kwazulu-Natal. *Journal of Family Ecology et Consumer Sciences*, 32, p.8-15.

**Thein, W. M., Javier, P. A. & Ceballo, F. A., 2013.** Insecticidal activity of crude plant extracts against *Sitophilus* spp.(Coleoptera: Curculionidae) et *Callosobruchus chinensis* (L.)(Coleoptera: Bruchidae). *The Philippine Agricultural Scientist*, 96.

**Thiaw, C. & Sembène, M., 2010.** Bioactivity of crude extracts et fractions extract of *Calotropis procera* AIT. on *Caryedon serratus* (OL.) insect pest of peanut stocks in Senegal. *International Journal of biological et chemical sciences*, 4, p.2220-2236.

**Toumnou, A., Seck, D., Namkossereana, S., Cisse, N., Ketioura, N. & Sembene, M., 2012.** Utilisation des plantes indigènes à effet insecticide pour la protection des denrées stockées contre des insectes ravageurs à Boukoko (Centrafrique). *International Journal of biological et chemical sciences*, 6, p.1040-1050.

**Trease, E. & Evans, W., 1987.** *Pharmacognosie*. London: Billiaire Tindall, p.13-28.

**Treutter, D., 2006.** Significance of flavonoids in plant resistance: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 4, p.147.

**Trivedi, A., Nayak, N. & Kumar, J., 2018.** Recent advances et review on use of botanicals from medicinal et aromatic plants in stored grain pest management. *Journal of Entomology et Zoology Studies*, 6, p.295-300.

**Unsicker, S. B., Kunert, G. & Gershenzon, J., 2009.** Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores. *Current opinion in plant biology*, 12, p.479-485.

**Upadhyay, R. K. & Ahmad, S., 2011.** Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores et public ware houses. *World Journal of Agricultural Sciences*,7, p.527-549.

**Uysal, A., Zengin, G., Aktumsek, A., Rigano, D., Senatore, F. & Seta, M. A., 2017.** Daphne oleoides: an alternative source of important sesquiterpenes. *International Journal of food properties*, 20, p.549-559.

**van Dam, N. M., 2009.** Belowground herbivory et plant defenses. *Annul Review of Ecology Evolution et Systimatics.*, 40, p.373-391.

**Vandenbroucke, V., Bousquet, M., Alain, De Backer, P. & Croubels, S., 2008.** Pharmacokinetics of eight anticoagulant rodenticides in mice after single oral administration. *Journal of veterinary pharmacology et therapeutics*, 31, p.437-445.

**Vidal, V., Potterat, O., Louvel, S. v., Hamy, F. o., Mojarrab, M., Sanglier, J.-J., Klimkait, T. & Hamburger, M., 2012.** Library-based discovery et characterization of daphnane diterpenes as potent et selective HIV inhibitors in *Daphne gnidium*. *Journal of natural products*, 75, p.414-419.

**Vivas, N., Vivas De Gaulejac, N. et Nonier, M.F., 2002 .** Mise au point sur les tanins oenologiques et bases d'une nouvelle définition qualitative.Setting up enological tannins et bases for a new qualitative definition. *Bulletin de O.I.V.* 853-854,p.175-185.

**Waddell, L. S., Poppenga, R. H. & Drobatz, K. J., 2013.** Anticoagulant rodenticide screening in dogs: 123 cases (1996–2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242, p.516-521.

**Wagner H. et Bladt S., 2001.** *Plant Drug Analysis: A thin Layer Chromatography Atlas*. 2<sup>ème</sup> édition,Berlin: Springer, p.349-364.

**Wang, C.-M., Zhou, W., Li, C.-X., Chen, H., Shi, Z.-Q. & Fan, Y.-J., 2009.** Efficacy of osthol, a potent coumarin compound, in controlling powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea*. *Journal of Asian natural products research*, 11, p.783-791.

**Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., Liu, L., Li, Y., Liu, Z. & Wang, H., 2006.** Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. et *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102, p.11-17.

**Wei, X.-M., Guo, S.-S., Yan, H., Cheng, X.-L., Wei, F. & Du, S.-S., 2018.** Contact toxicity et repellency of the essential oil from *Bupleurum bicaule* helm against two stored product insects. *Journal of Chemistry*.



**Weidner, H. & Rack, G., 1984.** *Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds:(titre de dos: Principaux ravageurs des denrées entreposées).* Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit.

**White, G., 1988.** Field estimates of population growth rates of *Tribolium castaneum* (Herbst) et *Rhyzopertha dominica* (F.)(Coleoptera: Tenebrionidae et Bostrychidae) in bulk wheat. *Journal of stored products research*, 24, p.13-22.

**Yao, L. H., Jiang, Y.-M., Shi, J., Tomas-Barberan, F., Datta, N., Singanusong, R. & Chen, S., 2004.** Flavonoids in food et their health benefits. *Plant foods for human nutrition*,59, p.113-122.

**You, C. X., Yang, K., Wu, Y., Zhang, W. J., Wang, Y., Geng, Z. F., Chen, H. P., Jiang, H. Y., Du, S. S. & Deng, Z. W., 2014.** Chemical composition et insecticidal activities of the essential oil of *Perilla frutescens* (L.) Britt. aerial parts against two stored product insects. *European Food Research et Technology*, 239, p.481-490.

**Yves Bas(2018)**, “Thapsia garganica Tela- botanica”, Available at:<https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-84441-illustrations>.

**Zewde, D. K. & Jembere, B., 2010.** Evaluation of orange peel citrus sinensis (L) as a source of repellent, toxicant et protectant against *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: bruchidae). *Momona Ethiopian Journal of Science*, 2.

**Zheng, E. X. & Navarro, V. J., 2015.** Liver injury from herbal, dietary, et weight loss supplements: a review. *Journal of clinical et translational hepatology*, 3, p.93.

**Ziaee, M. & Moharramipour, S., 2013.** Effectiveness of medicinal plant powders on *Sitophilus granarius* et *Tribolium confusum*. *Journal of Crop Protection*, 2, p.43-50.

**Zineb, D., 2017.** *Inventaire des Culicidae de la région Ouest de la ville d'Annaba. Etude bio-écologique, systématique des espèces les plus abondantes. Lutte biologique anti larvaire par les extraits aqueux de quelques plantes (Médicinales et toxiques) et le Bacillus thuringiensis israelensis H14.* Doctoral dissertation. Université Badji Mokhtar Annaba.

**Ziyyat, A., Legssyer, A., Mekhfi, H., Dassouli, A., Serhrouchni, M. & Benjelloun, W.,1997.** Phytotherapy of hypertension et diabetes in oriental Morocco. *Journal of ethnopharmacology*, 58, p.45-54.

**Zohra, M. & Fawzia, A., 2014.** Hemolytic activity of different herbal extracts used in Algeria. *International Journal of Pharma Sciences et Research*, 5, p.495-500.

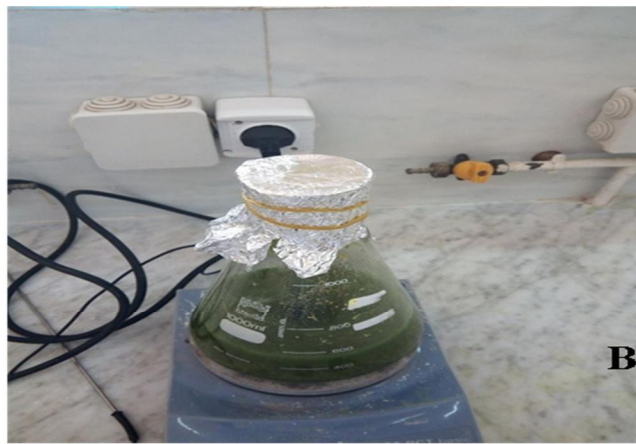
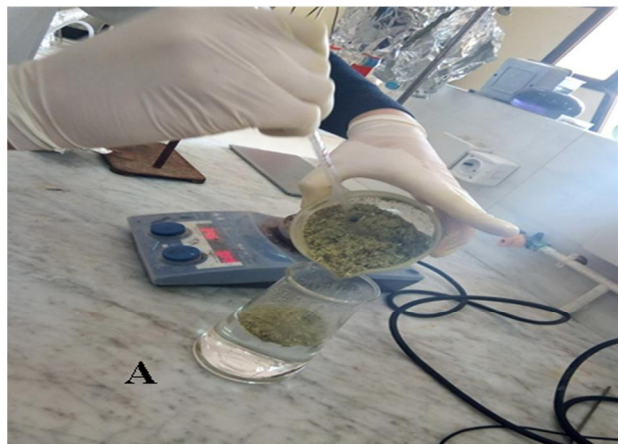
# **Annexes**

## Annexes

### Annexe I. Les rodenticides utilisés en Algérie

Spécialité commerciales	Teneur	Matière active	Doses	Observation
<b>BARAKI</b>	1.25g/l	DIFTHIALONE	3kg/ha	Surmulot, rats noirs et souris.
<b>CHLORODENAL</b>	0.25%	CHLOROPHACILONE	1-2kg/ha ou 2-3 blocs/m <sup>2</sup>	Rongeurs domestiques
<b>KILRAT PELLETS</b>	0.005%	BRODIFACOUM	2-4 kg/ha ou 20g/tas	Rats des champs/dératisation des fermes agricoles
<b>MURITAN APPAT</b>	0.1%	COLECALCIFEROL Vitamine D <sub>3</sub>	10g/appât	Rongeurs domestiques
<b>RACUMIN APPAT</b>	0.0375%	COUMATERALYL	8-12 blocs/ha ou 250g/poste	Rongeurs domestiques/dératisation des fermes agricoles
<b>RACUMIN POUDRE</b>	0.75%	COUMATERALYL	250g/poste	Rats surmulot, souris
<b>RAMOR</b>	0.005%	CHLOROPHACILONE	1-10g/ha	Rats des champs
<b>RATAK</b>	0.005%	DIFETHIALONE	80g/poste	Rats et souris
<b>PONGIBLOC</b>	0.005%	DIFETHIALONE	80g/10-20cm <sup>2</sup>	Rats des champs
<b>SILMURIN</b>	0.05%	SCILLOROSODE	5-10g/poste	Rats
<b>SOURISTOP</b>	0.005%	BROMADIOLONE	20-25g/poste	Rats des champs
<b>TUDERAT</b>	0.25%	CHLOROPHACILONE	50g/tas	Arvicoles et domestiques
<b>WARFADENAL</b>	0.025%	COUMAFENE	1-2kg/ha	Rongeurs arvicoles
<b>XITOVIT</b>	0.025%	COUMAFENE	2kg/ha	
<b>KLERAT APPAT</b>	0.005%	BRODIFACOUM	10-20g/tas	Rats et souris
<b>KLERAT BLOC PARAFINE</b>	0.005%	BRODIFACOUM	1-3kg/ha	Rats et souris
<b>RATICIDE 70®</b>	3g/sachet	ALPHACHLORALOSE	1sachet/350g d'appât	Rats et souris

**Annexe II. Préparation des extraits.** **A:** poudre + solvants (l'eau où le méthanol) ; **B:** agitation ; **C:** filtration ; **D:** le filtrat ; **E:** séparation dans le cas de l'EM ; **F:** Extrait méthanolique ; **G:** Extrait aqueux (séchage direct du filtrat dans l'étuve).





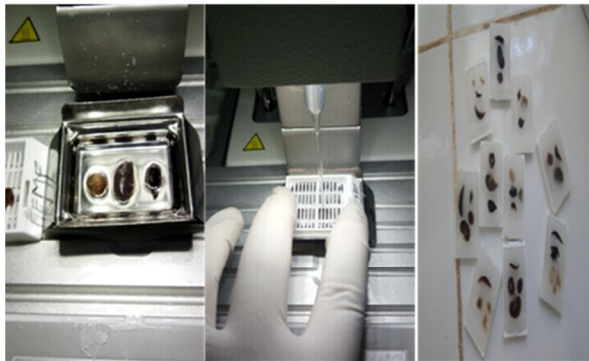
**Annexe III. Les différentes étapes de réalisation des coupes histologiques et préparation des lames pour observation microscopique.**



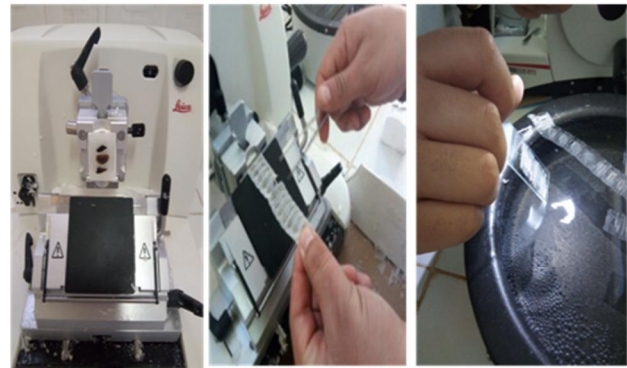
**Recoupe et fixation des prélèvements**



**Déshydratation automatique**



**Enrobage / coupes de bloc de paraffine**



**Préparation des lames**



**Séchage des lames**



**Coloration**



**Montage des lames**



**Observation microscopique après séchage**

**Annexe IV. Résultats de l'analyse de la variance à un facteur ANOVA.** **A:** Analyse de la variance de l'effet des solvants sur le rendement d'extraction chez le RAG ; **B:** Analyse de la variance de l'effet des solvants sur le rendement d'extraction chez DG; **C:** Analyse de la variance de l'effet des solvants sur le rendement d'extraction chez TG. ; **D:** Analyse de la variance de l'effet des solvants sur la teneur en polyphénols ; **E:** Analyse de la variance sur la teneur en flavonoïdes ; **F:** Analyse de la variance sur la teneur en tanins condensés.

**A :**

A	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergroupes	168,540	1	168,540	68,652	,001
Intragroupes	9,820	4	2,455		
<b>Total</b>	<b>178,360</b>	<b>5</b>			

**B :**

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergroupes	15,360	1	15,360	2,685	,04
Intragroupes	22,880	4	5,720		
<b>Total</b>	<b>38,240</b>	<b>5</b>			

**C :**

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergroupes	121,500	1	121,500	9,720	,01
Intragroupes	50,000	4	12,500		
<b>Total</b>	<b>171,500</b>	<b>5</b>			

D :

---

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergruppes	549,955	5	109,991	52,259	.000
Intragruppes	25,257	12	2,105		
<b>Total</b>	<b>575,212</b>	<b>17</b>			

E

---

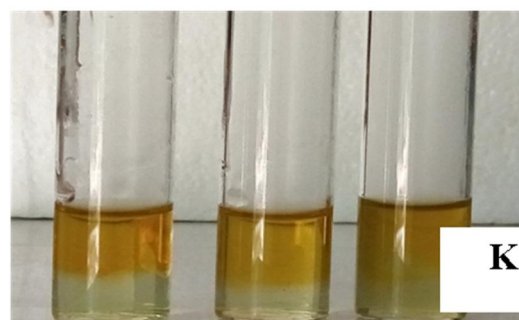
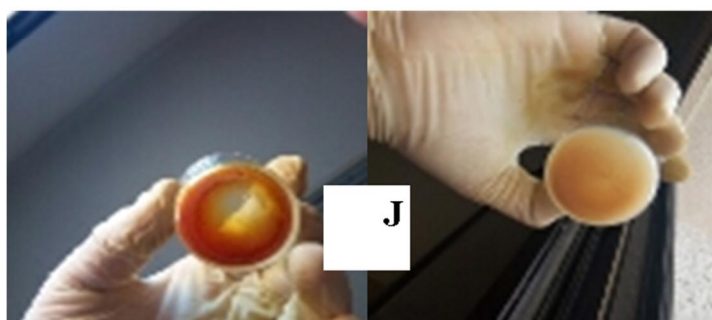
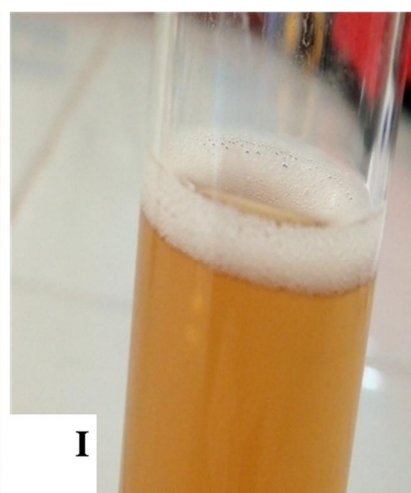
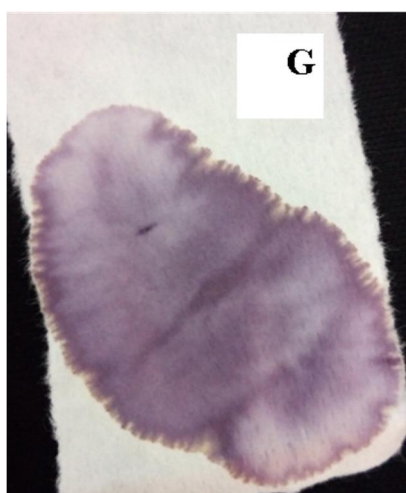
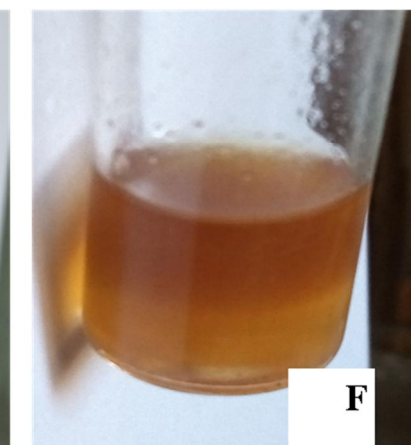
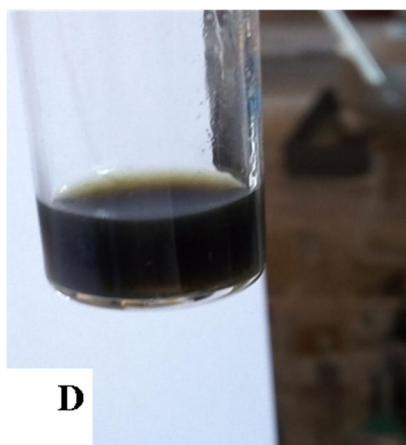
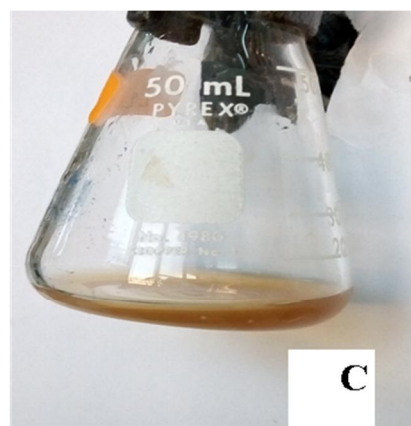
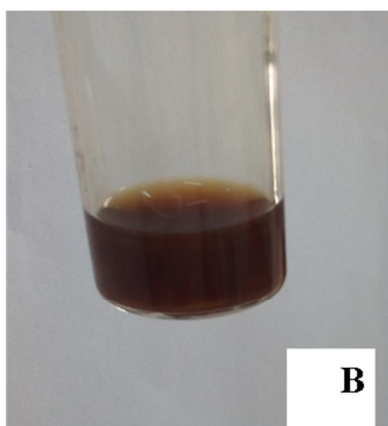
	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergruppes	388.409	5	77.682	86.566	.000
Intragruppes	10.768	12	.897		
<b>Total</b>	<b>399.178</b>	<b>17</b>			

F :

---

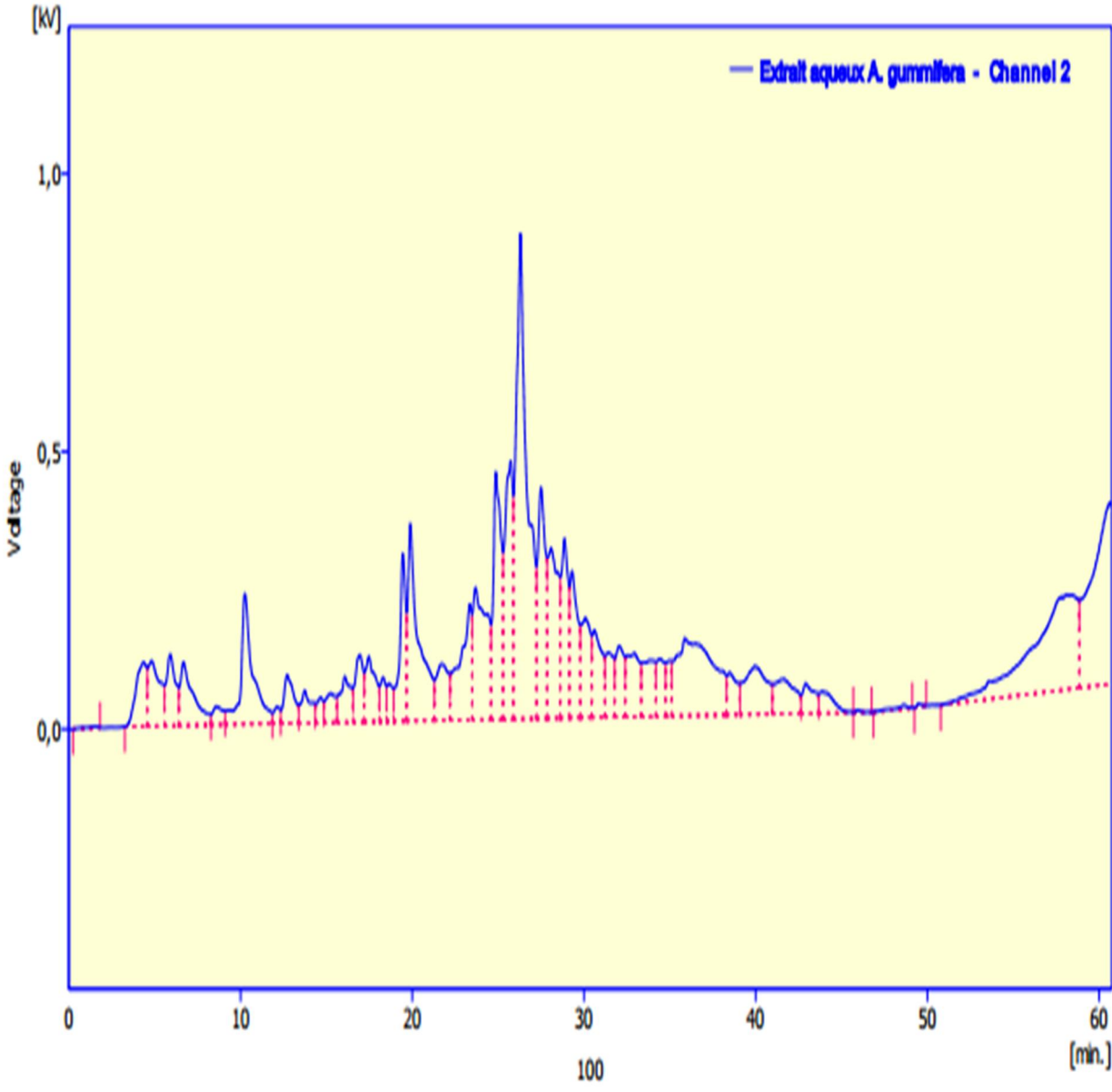
	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Valeur de P
Intergruppes	176.051	5	35.210	42.939	.000
Intragruppes	9.840	12	..820		
<b>Total</b>	<b>185.891</b>	<b>17</b>			

**Annexe V. Résultats colorimétriques des tests phytochimiques.** A: Mucilage ; B: Composés réducteur ; C: Quinine libres ; D: Les tanins ; E: Les Terpénoïdes ; F: Les anthocyanes ; G: les amines ; H: Les glycosides cardiaques ; I: Les saponosides ; J: Les alcaloïdes ; K: Les flavonoïdes

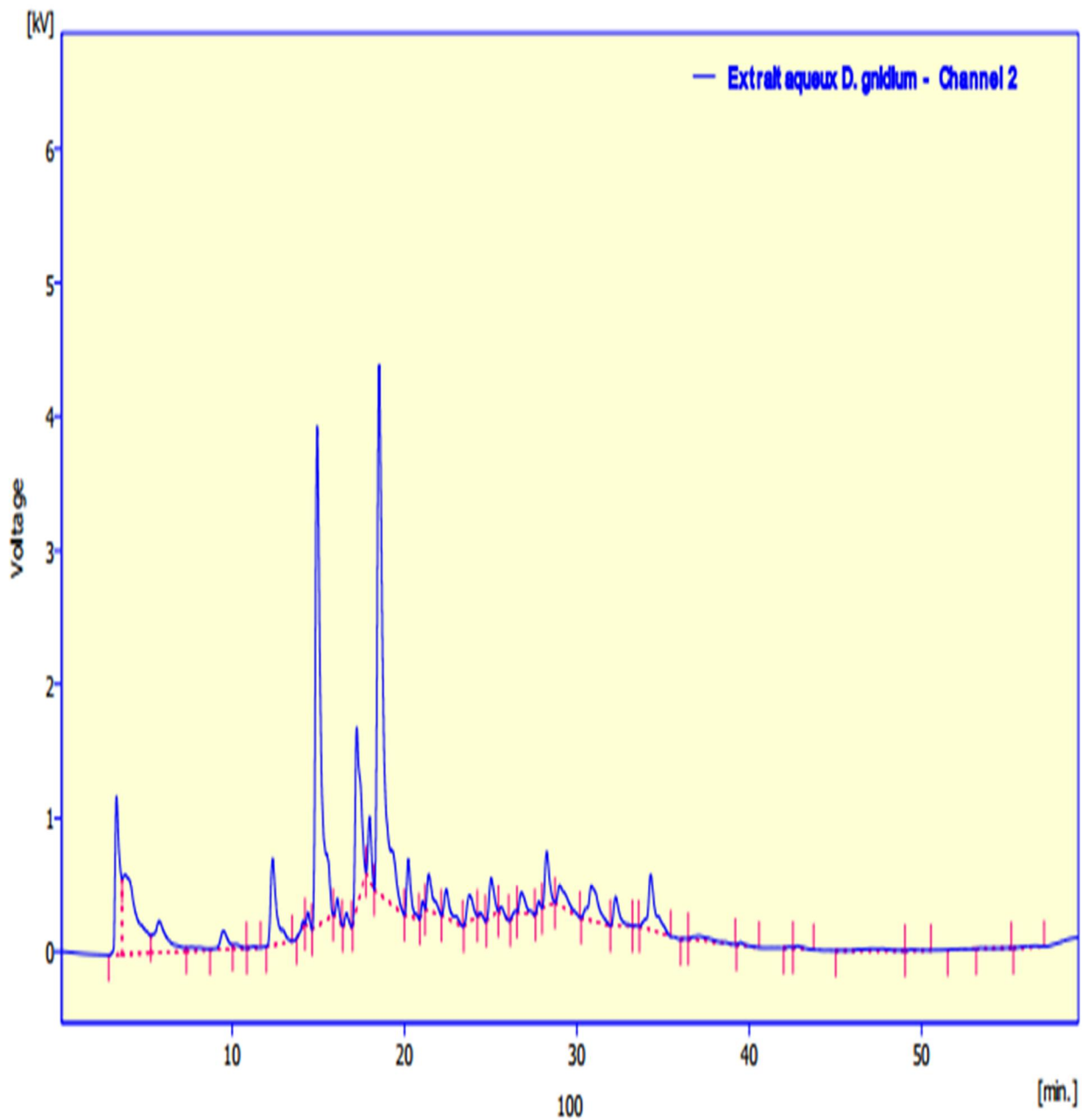




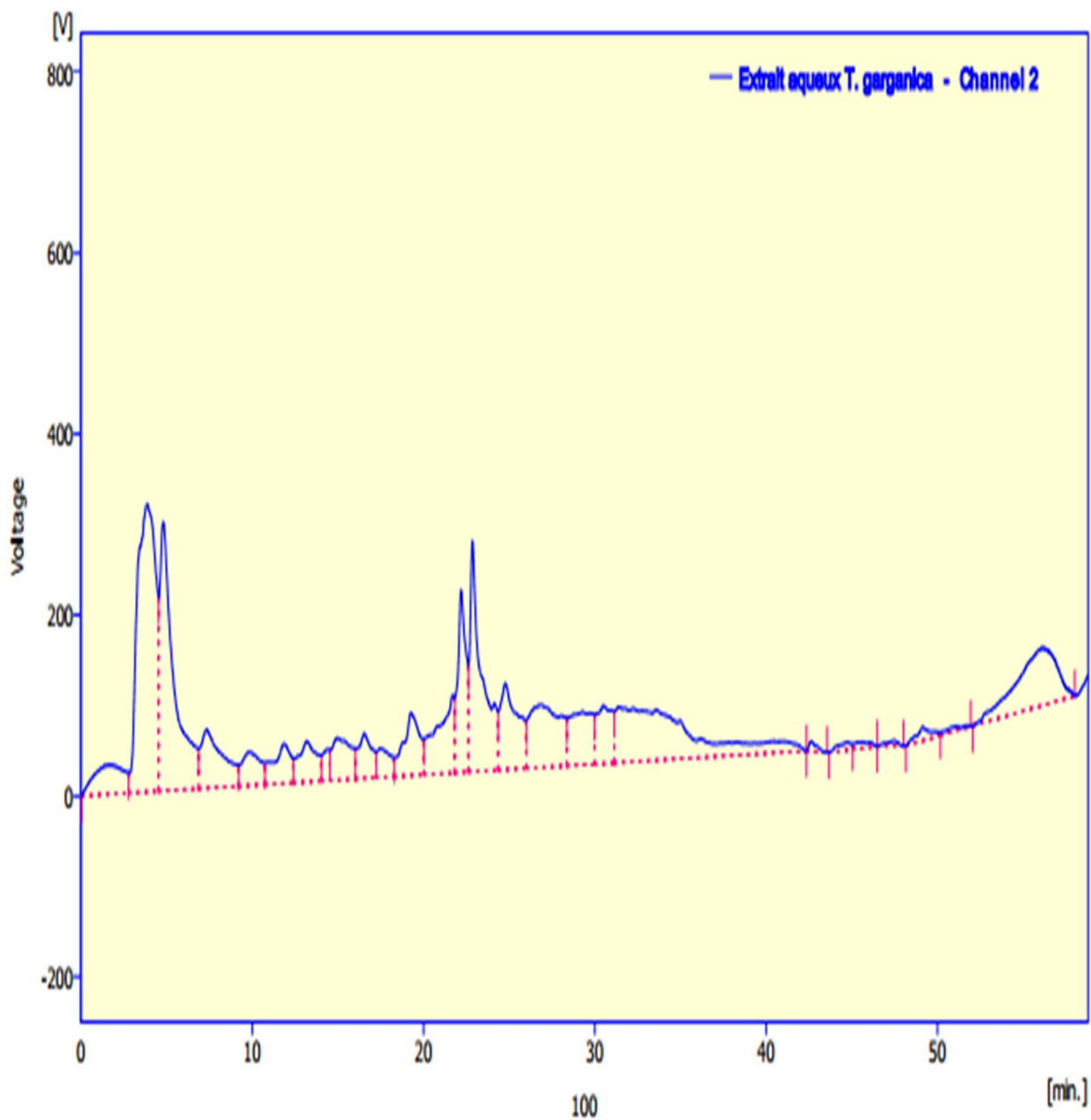
**Annexe VI. Chromatogramme de l'extrait aqueux de rhizome d'*A. gummifera* à 280nm et 340nm.**



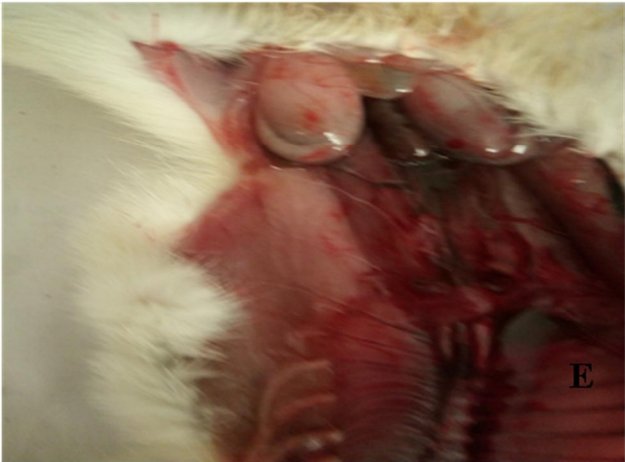
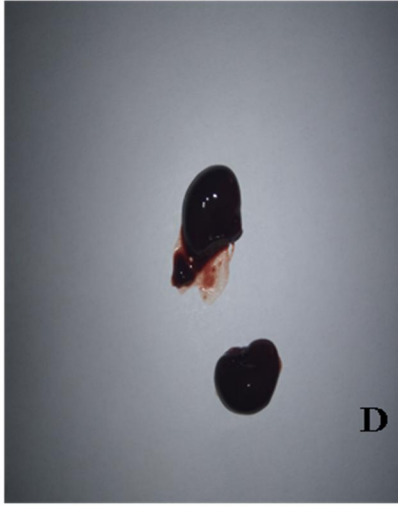
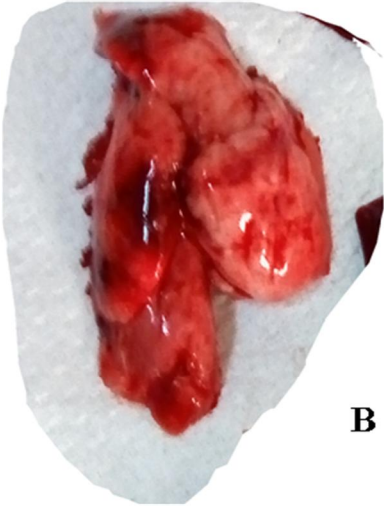
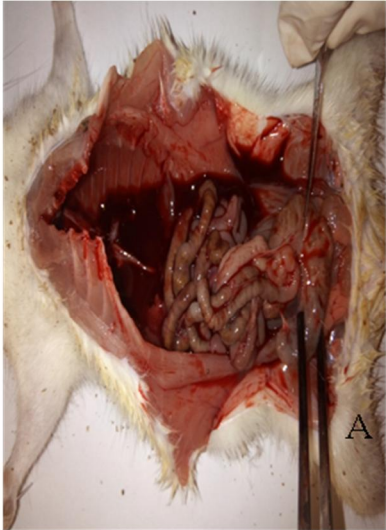
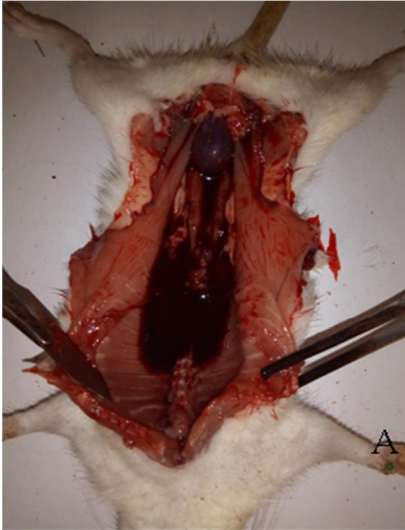
**Annexe VII. Chromatogramme de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *D. gnidium* à 280nm et 340nm.**



**Annexe VIII. Chromatogramme de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *T. garganica* à 280nm et 340nm.**



**Annexe IX. Résultats de l'examen macroscopique. A: Hémorragie ; B&C: atrophie des poumons et du foie ; D: hypertrophie des reins ; E: congestion**



**Annexe X : glossaire explicatifs de certains termes scientifiques.**

<b>Terme</b>	<b>définition</b>
<b>bronchite</b>	La bronchite est une inflammation des voies respiratoires (bronches) et des muqueuses pulmonaires.
<b>Cellules caliciformes</b>	Les cellules caliciformes se trouvent entre les cellules des épithéliums. On les trouve dans l'épithélium de revêtement de l'intestin ou au niveau de l'épithélium respiratoire.
<b>Cellules de Kupffer</b>	Les cellules de Kupffer forment 30 % de toutes les cellules hépatiques.
<b>Congestion</b>	est l'augmentation subite de la quantité de sang contenue dans les vaisseaux d'un organe ou d'une partie d'organe.
<b>Caryorrhexie</b>	est la fragmentation destructive du noyau d'une cellule mourante, sa chromatine étant distribuée de manière irrégulière dans le cytoplasme. Elle est généralement précédée d'une pycnose.
<b>cytotoxicité</b>	est la propriété d'un agent chimique ou biologique à être toxique pour les cellules, éventuellement jusqu'à les détruire.
<b>Dyspnée</b>	est une sensation de respiration désagréable et gênante.
<b>embolie</b>	est l'obstruction plus ou moins complète d'une artère pulmonaire, ou d'une branche de cette artère, le plus souvent par un caillot sanguin.
<b>entérite intestinale</b>	L'entérite est l'inflammation de l'intestin grêle.
<b>épistaxis</b>	est l'hémorragie nasale.
<b>œdème</b>	est un gonflement des tissus causé par un excès de liquide.
<b>Hypersalivation</b>	est le phénomène par lequel les glandes salivaires produisent trop de salive.
<b>Hyperpnée</b>	Augmentation de l'amplitude et du rythme des mouvements respiratoires.
<b>hyperplasie</b>	hypertrophie ou développement excessif d'un tissu (le tissu lymphoïde)
<b>Hémorragie</b>	Une hémorragie correspond à une perte importante de sang, un saignement qui ne s'arrête pas. Cet écoulement causé par la rupture d'un vaisseau sanguin peut être visible.
<b>Hémosidérose</b>	L'hémochromatose ou hémosidérose est une surcharge en fer de l'organisme. Elle se traduit dans ses formes les plus importantes par une coloration grise de la peau.
<b>Nécrose</b>	Mort d'une cellule ou d'un tissu organique. Une nécrose se traduit par des altérations du noyau et du cytoplasme de la cellule
<b>Néphrite</b>	est une inflammation des tubules des reins et des tissus qui les entourent.
<b>nécrose de coagulation</b>	caractérisée par un arrêt de la circulation sanguine. Elle se traduit par une coagulation du cytoplasme, par une disparition du noyau.

## Annexes

---

<b>Pneumonie interstitielle</b>	La pneumopathie interstitielle aiguë est définie histologiquement par une lésion alvéolaire diffuse en voie d'organisation, aspect non spécifique qui est observé également dans le cas d'autres causes de lésions pulmonaires
<b>Pycnose</b>	Altération du noyau de la cellule qui se présente sous la forme d'une masse condensée.
<b>Tachycardie</b>	est une maladie qui fait battre le cœur trop vite.

# **Production scientifique**

Research Article

## Phytochemical profile of *Atractylis gummifera* rhizome, acute toxicity to Wistar rat and rat poisoning effect in the field

Mokhtaria Chelef<sup>1\*</sup>, Houari Hemida<sup>2</sup>, Abdelkrim Hassani<sup>1</sup>, Keltouma Mazrou<sup>1</sup>, Sehari Mira<sup>1</sup> and Mustapha Abdali<sup>3</sup>

1. Laboratory of Agro-Biotechnology and Nutrition in Semi-Arid Zones, Faculty of Nature and Life Sciences, University of Tiaret, BP 78, 14000 Tiaret, Algeria.
2. Department of Biomedicine, Institute of Veterinary Sciences, University of Tiaret, Algeria
3. Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, Institute of Veterinary Sciences, University of Tiaret, BP 78, 14000 Tiaret, Algeria.

**Abstract:** This study aimed to valorize *Atractylis gummifera* rhizome (AGR) from a phytochemical study aspect of the aqueous and methanolic extract to determine the total phenolic, flavonoids, and tannins compounds and to evaluate the rat poison effect of the powder (AGRP), methanolic (MEAGR) and aqueous extracts against Wistar rats under laboratory and *Rattus norvegicus* under field conditions in Tiaret, Algeria. The methanolic and aqueous extracts gave a yield of 9.4% and 20% respectively from AGR. The total polyphenols [mg gallic acid Eq/g dry matter (DM)], flavonoids (mg quercetin Eq /g DM), and tannins (mg catechin Eq/g DM) quantities were  $27.14 \pm 0.01$ ,  $17.73 \pm 0.04$ ,  $9.71 \pm 0.01$ , and  $20.60 \pm 0.01$ ,  $4.46 \pm 0.46$ ,  $11.12 \pm 0.02$  in the methanolic and aqueous extract. The laboratory studies of toxicity showed that the three forms of plant rhizome have a poison effect against males and females of the Wistar rat with the highly toxic effect of AGRP. The results revealed a highly significant ( $< 0.01$ ) increase in mortality with dose and time. Both LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> of the powder form were determined for males (471, 513 mg/kg/d) and females (471, 513 mg/kg/d) respectively. For the methanolic and aqueous extracts, the LD<sub>50</sub> values were 575 and 646 mg/kg/d for males and 676 and 708 mg/kg/d for females, respectively. While an LD<sub>90</sub> of 776 mg/kg/d was calculated for MEAGR in males, no LD<sub>90</sub> values were recorded for aqueous extract in either sex. Organs of dead rats were removed and examined for gross lesions. Histopathological examination confirmed the toxicity of the plant by pathological changes observed in the kidneys, liver, lungs, and small intestine, where hemorrhage and congestion were observed in the liver, kidneys, and lungs in all the subjects, also intestinal enteritis was present. In the light of the results obtained in the field test, the AGRP has proved its effectiveness in a significant reduction of rodent's population in comparison with the chemical rodenticides. Powder of *A. gummifera* rhizome may be a good alternative to chemical rodenticides.

**Keywords:** *Atractylis gummifera*, phytochemical, histopathology, rat poison, field test

### Introduction

Rodents are considered to be important crop pests by destroying crops or modifying the soil by their burrowing systems and galleries

(Singleton *et al.*, 1999, Singleton *et al.*, 2003). Most African rodents are herbivorous-granivorous and some of them can cause significant crop damage (Hubert, 1980, Granjon and Duplantier, 2009). They cause damage to stored food through direct damage, wastage, and contamination and so affect both grain quantity and quality. Post-harvest grain losses across all developing countries have been predictably estimated up

Handling Editor: Mohammad Abdigoudarzi

\* **Corresponding author:** mokhtaria.chelef@univ-tiaret.dz  
 Received: 27 May 2020, Accepted: 15 October 2020  
 Published online: 26 November 2020



to 15%, and when combined with quality losses these could represent a total economic loss of 25 to 50% (Rickman, 2002). It involves not only the quality and quantity of grain damaged but, there may be additional effects which demand further studies. There are remarkably few studies quantifying postharvest losses caused by rodents. Although, post-harvest conservation is the only way to ensure the link between the harvest of the year and the permanent consumption; crops usually kept in inadequate conditions are attacked by molds, insects, and rodents (Kouahou *et al.*, 1989).

In Algeria, cereal products, mainly wheat occupy a strategic place in the food system and the national economy (Djermoun, 2009). According to the Algerian Interprofessional Office for Cereals (O. A. I. C.), losses up to 35% were recorded in recent years (Aoues and Boutoumi, 2017). In a study of rodents from the Tiaret region in Algeria conducted by Adamou Djerbaoui *et al.* (2015), through a fieldwork sampling during 12 months in 4 localities, a total of 101 rodents belonging to 7 species: 26 *Meriones shawii*, 20 *Psammomys obesus*, 5 *Gerbillus tarabuli*, 22 *Rattus rattus*, 8 *Rattus norvegicus*, 12 *Mus spretus*, and 8 *Mus musculus* were captured.

Synthetic rat poisons are widely used for the control of rats in storage places. However, associated detrimental effects on the environment and health, and rat control failures have become a major concern and thus, impose alternative control methods. It has been reported that many plant materials have a raticidal effect. According to Abou-Hashem (2012), the extracts of *Calendula aegyptiaca*, *Eucalyptus globules*, and *Rhus continus* have raticidal effect with a high mortality rate. Moreover, the extract of *Carica papaya* L. is a good natural rodenticide that causes remarkable effects on target organs such as the liver, kidneys, and intestine (Pramestuti *et al.*, 2019).

*Atractylis gummifera* (L.) (Asteraceae) is a thistle located in the Mediterranean regions; its ingestion continues to be a common cause of

poisoning. The root powder of *A. gummifera* combined with henna is recommended as a hair softener and antidandruff. It is used to treat fever and colds by inhalation. The root is used in the treatment of vertigo, headache, and difficult deliveries by fumigation (Lahsissene *et al.*, 2009).

This study aims to determine the phytochemical composition (polyphenols content, Flavonoids, and tannins) of the aqueous and organic extract of a local *A. gummifera* rhizome (Tiaret, Algeria), then to assess the rat poison effect of the powder and the methanolic and aqueous extracts of plant rhizome against Wistar rats in the laboratory and *R. norvegicus* under field conditions.

## Materials and Methods

### Plant material

The botanical identification of *A. gummifera* was confirmed at the Plant Protection Laboratory of the Faculty of Nature and Life Sciences, Ibn Khaldoun University, Tiaret, Algeria. *A. gummifera* rhizomes (AGR) were harvested during the period of December and January 2018 at the Cherb Erih Mountains of Sidi Hosni (35° 28' 28" North, 1° 31' 3" East), Tiaret, Algeria. The freshly harvested rhizomes were washed and shade dried in a ventilated place. Dried rhizomes were conserved in closed paper bags and reduced to a fine powder using an electric blender just before use.

### Animal

One hundred and fifty-six healthy adult male and female Wistar rats aged between 10-12 weeks, and weighing  $300 \pm 4.5$  g were used for each test. Animals were obtained from the Pasteur Institute in Algiers, Algeria. Experimental rats were individually kept in cages under animal house conditions (12 hours light/dark cycle, at 22 °C to 24 °C and relative humidity 60% and 70%), for three weeks acclimatization period. A standard pellets and clean drinking water were provided ad libitum. Animals were then

weighed and assigned to four groups of twelve rats each (six males and six females). Group 1 received bait supplemented with *A. gummifera* rhizome powder (AGRP), group 2 received bait supplemented with methanolic extract of *A. gummifera* rhizome (MEAGR), group 3 received bait supplemented with aqueous methanolic extract of *A. gummifera* rhizome (AEAGR), and control group (CTRL) received standard pellets. Each treatment group was divided into four subgroups of 12 rats receiving 200 mg/kg, 434 mg/kg, 600 mg/kg, and 800 mg/kg poisoned bait dose, and the control group included twelve rats. The study was organized in a completely randomized design (CRD) with three replicates.

#### **Preparation of plant extracts**

##### **Preparation of methanolic extract**

The methanolic extract was prepared according to the protocol proposed by Nostro *et al.* (2000), Navarro García *et al.* (2006), and Jaafreh *et al.* (2019) with some modification. 50 g of AGRP was mixed with 500 ml pure methanol in an Erlenmeyer flask, covered with aluminum foil, and shaken at room temperature for 24 hours. The extract was recovered after filtration of the mixture with filter paper. The solvent was removed from the filtrate by vacuum evaporation using a vacuum pump in a rotavapor at 40 °C. The crude extract was completely dried in a ventilated oven at 40 °C. The dried extract was stored at 4 °C in amber jars until use.

##### **Preparation of aqueous extract**

Aqueous extraction was performed using the protocols adopted by Junthip *et al.* (2013) and Bouharb *et al.* (2014) with modifications: 100g of AGRP were added to one liter of lukewarm distilled water and agitated by stirring for 24 hours at room temperature. After filtration through a muslin cloth, the filtrate was centrifuged for 15 min at 4000 rpm, then filtrated through filter paper, and dried in an oven at a temperature below 40 °C to obtain the powder form, which was kept in dark-colored

glass jars, tightly closed and stored in a refrigerator at 4 °C.

#### **Quantitative characterization of extracts:** **Determination of total polyphenols**

Total phenolic content was determined by the Folin-Ciocalteu method (Singleton and Rossi, 1965). The total polyphenolic content was determined by spectrophotometry, following the protocol Applied by Li *et al.* (2008). 200 µl of the diluted extract was mixed with 1 ml of Folin-Ciocalteu reagent diluted 10 times in distilled water. After 4 min, 800 µl of 7.5% sodium carbonate solution was added and the final volume was adjusted to 3 ml with distilled water. After incubation for 2 hours at room temperature and in the dark, the absorbance was measured at 765 nm. Gallic acid was used as a positive control. Results were expressed in milligram equivalents of Gallic acid per gram of dry matter (mg AG/g DM).

#### **Determination of total flavonoids**

The determination of flavonoids was carried out according to the colorimetric method of Quettier-Deleu *et al.* (2000) described in Djeridane *et al.* (2006). One ml of plant extract (1 mg/ml) was mixed with 1ml of aluminum chloride methanolic solution (2% AlCl<sub>3</sub>). After incubation for 10 min at room temperature, the absorbance measurement was performed at 488 nm. A blank was prepared by mixing 1 ml of extract solution with 1 ml of methanol for each extract. The concentration of Flavonoids contained in the various extracts was calculated by reference to a calibration curve, using Quercetin as the standard, and the concentration has been expressed in mg Quercetin equivalent/g dry matter.

#### **Determination of condensed tannins**

Condensed tannins dosing was achieved according to the vanillin method described by Julkunen-Tiitto, (1985). Fifty (50) µl of each extract were added to 1500 µl of 4% vanillin/methanol solution, vigorously mixed, then 750 µl of concentrated hydrochloric acid

(HCl) was added, allowed to react at room temperature for 20 min. The absorbance was measured at 550 nm against a blank. Different concentrations (0 to 1000 µg/ml) prepared from a stock solution of catechin were used to draw the calibration curve and catechin content was expressed in mg catechin equivalent of dry matter (mg Eq Cat/g DM).

### Preparation of poisoned foods and animal treatment

The poisoned food (bait) was prepared by mixing 65% of ground wheat grain, 25% of ground peanuts, and 5% animal fat, all flavored with 5% sugar supplemented with AGRP, MEAGR, and AEAGR at different doses; 200 mg/kg, 434 mg/kg, 600 mg/kg, and 800 mg/kg. The bait was formulated in granules using Fackelmann 45311 Metal Meat Mincer.

An acute oral toxicity study was conducted according to OECD guidelines (Guidance, 2001). Standard food was removed twelve hours before treatment. Each rat received 15 grams/ day of supplemented bait the amount of feed consumed was calculated after the death of the animal. The animals were monitored for 36 hours every 12 hours and all signs of toxicity, coma, and the number of deaths was recorded. Since there is natural mortality in any treated population which is added to the mortality caused by toxic products, the percentage of mortality should be corrected by the formula of Abbott (Abbott, 1925).

### Clinical signs

Treated animals were observed for clinical signs of toxicity and mortality.

### Histopathology

Died rats were subjected to a full necropsy examination. Organs were then removed and examined for any gross lesion. Samples from the liver, lungs, kidney, and intestine were immediately fixed in 10% buffered formalin and sent to the Histopathology Laboratory at the Veterinary Institute of Tiaret University

for further Histopathological examination. Tissue samples were routinely processed through an automatic tissue processor (Leica TP 1020). After that, the tissues were embedded in paraffin, sectioned, and stained with hematoxylin and eosin (H & E) according to the technique described by Suvarna *et al.* (2018). Photomicrographs of selected lesions were taken using an optical microscope (Zeiss) equipped with a camera (Axio Cam EPc 5s).

### Field test

Based on high mortality rates of Wistar rats obtained with the *A. gummifera* rhizome powder in the laboratory experiment, powder poisoned baits were evaluated as rat poison against *Rattus norvegicus* population under storage condition. The field test was carried out during the period from January to March 2020 at the dock of Sidi Hosni, district of Tiaret, Algeria before emptying the stocks of wheat harvested in summer according to the method described by Dubock (1982) using the consumption method to estimate the population density of rodent species before and after treatment.

A normal (untreated) food ball of 1000 grams was prepared and distributed in three storage places to calculate the pre-treatment consumption and estimate the number of the rodent population for three weeks. Then, AGRP poisoned bait balls were prepared, distributed according to the same procedure cited (1000 g per store) with the calculation of post-treatment consumption amount at the end of each week. The amount of bait was replaced weekly until consumption was stopped. The chemical rodenticide (RATICIDE 70®) was used as positive control under the same field conditions. One store was left without treatment to serve as a control and three test replicates were carried out for each store. The poisoned bait effect in reducing the numbers of rodent population was estimated using the following formula:

$$\text{Population reduction (\%)} = \frac{NRP_{bt} - NRP_{at}}{NRP_{bt}} \times 100$$

Where  $NRP_{bt}$  and  $NRP_{at}$  are the number of rodent population before and after treatment, respectively.

### Statistical analysis

The data obtained were analyzed using the SPSS v.20 software. Data were expressed as the Mean  $\pm$  SE of the Mean (SEM) and were analyzed statistically using one-way Analysis of variance (ANOVA) followed by Dunnett's post hoc test for multiple comparisons between the control and treated groups. Values of  $p \leq 0.05$  were considered significant and highly significant when  $P < 0.01$ . We used independent samples t student test to compare the mortality between males and females. The measurement of the effect size (R) for two independent groups according to Cohen (1988), after a study has already been carried out in post hoc analyzes. The R is calculated as a function of the mortality caused by AGRP, EMAGR, and AEAGR. Cohen's 1988 effect size scale is:  $R = 0.8$  (large),  $R = 0.5$  (medium),  $R = 0.2$  (small).

## Results

### Extraction yield

The yields of aqueous and methanolic extraction of AGR were 20% and 9.4%, respectively. It is well known that extraction yield depends on climatic factors, soil type, vegetative stage, plant part as well as the solvent used.

### Total phenolic content

The quantitative analysis of phenolic content in both plant extracts was obtained from a calibration curve plotted using a range of gallic acid standard solution. Methanolic extraction of the AGR recorded a higher content of polyphenols with  $27.14 \pm 0.01$  mg Eq AG/g DM extract compared to that obtained by aqueous extraction  $20.60 \pm 0.01$  mg Eq AG/g DM extract. Our results revealed that polyphenols content was higher in MEAGR compared to the AEAGR extract (Table 1).

**Table 1** Phytochemical composition of *Atractylis gummifera* rhizome.

Phenolic compounds	Methanolic extract	Aqueous extract
Total phenol (mg Eq AG/g DM)	$27.14 \pm 0.01$	$20.60 \pm 0.01$
Total flavonoids (mg Eq Qr/g DM)	$17.73 \pm 0.04$	$4.46 \pm 0.46$
Condensed tannins (mg Eq Cat/g DM)	$9.71 \pm 0.01$	$11.12 \pm 0.02$

Data are presented as mean  $\pm$  SD of three individual determinations. GAE = Gallic acid equivalents; Eq Cat = Catechin equivalents; Eq Qr = Quercetin equivalents; DM = Dry matter.

### Total flavonoids content

Flavonoids content obtained by MEAGR and AEAGR extraction were  $17.73 \pm 0.04$  mg Eq Qr/g DM and  $4.46 \pm 0.46$  mg Eq Qr/g DM, respectively. These findings showed that flavonoids were the major component of polyphenols accounting for 65.25% of the methanolic extract compared to 21.65% in the aqueous extract (Table 1).

### Condensed tannins

AEAGR and MEAGR contained very close amounts of condensed tannins;  $11.12 \pm 0.01$  mg Eq Cat/g DM and  $9.71 \pm 0.02$  mg Eq Cat/g DM, respectively. Condensed tannins represented 53.98% of polyphenols in the aqueous extract and 35.77% in the methanolic extract (Table 1).

### Assessment of acute toxicity

All experimental rats showed clinical signs of acute toxicity regardless of the bait content. Animals showed dose-dependent digestive, respiratory and nervous disorders. Powder-based bait induced severe clinical signs and a high mortality rate compared to the two rhizome extracts, mainly in males than the females. Histopathological study of rat organs revealed severe tissue lesions compatible with acute toxicity.

### Clinical signs

Rats in the control group did not manifest any clinical signs throughout the experimental period



and no mortality was recorded in this group. Mobility disorders were observed a few hours after bait distribution in all rats (test groups), ranging from very low to immobility at the highest dose groups (800 mg/kg) within 36 hours. Digestive signs were observed in all dose groups within 0 to 12 hours characterized mainly by hypersalivation, vomiting, and diarrhea. Treated rats experienced tachycardia and hyperpnoea just before death. The temperature of treated rats deceased before death, where hypothermia was reported at an interval of 31 °C to 35 °C. It has been noted that the severity of clinical signs was dose dependent. These clinical signs lead the rat into a coma before death. Epistaxis was only observed in animals receiving powder-based bait.

#### Corrected mortality rate

No mortalities were observed in both sexes in the 200 mg/kg/d group treated with the powder (AGRP), methanolic (MEAGR), and aqueous extracts (AEAGR) of *A. gummifera* rhizome. While female rats appeared to be more resistant to the toxic effects of poisoned bait confirmed by the mortality rate of both sexes (Table 2). The t-test

showed that the mortality rate in rats treated with *A. gummifera* (AGRP) significantly increased ( $P < 0.05$ ) with a statistically higher mean in males;  $33.33 \pm 9.12$  and  $100 \pm 0.00$  than females;  $6.66 \pm 3.33$  and  $61.11 \pm 12.72$  at doses 434 mg/kg/d ( $t = 2.72$ ) and 800 mg/kg/d ( $t = 3.05$ ) respectively. While a significant difference ( $P < 0.05$ ) was recorded at the dose 600 mg/kg/d ( $t = 1.75^*$ ) in rats treated with MEAGR with a higher mean in males ( $30 \pm 8.78$ ) compared to females ( $11.11 \pm 6.21$ ).

#### Powder

Results showed that the highly significant increase ( $p < 0.01$ ) in mortality rate was dose and time-dependent in both sexes in comparison with the control group. The average mortality of  $100 \pm 00$  was obtained in 800 mg/kg/day dose groups within 12 and 36 hours for males and females. At 600 mg/kg/day dose groups, the mortality average was  $100 \pm 00$  in males compared to  $50 \pm 00$  in females 36 hours post-treatment. The average mortality of  $50 \pm 9.62$  and  $20 \pm 00$  was recorded in the 434 mg/kg/day dose groups for males and females, respectively (Tables 3 and 4).

**Table 2** The mortality rate according to the t test for independent samples in males and females Wistar rats treated with AGRP, MEAGR, and AEAGR during 36 hours.

Plant extracts	Doses (mg/kg/d)	Corrected mortality $\pm$ SE (%) <sup>1</sup>		t - value	df	P value
		Males	Females			
AGRP	0	0.08 $\pm$ 0.08	0.08 $\pm$ 0.08	8.730	19	0.393
	200	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	.	.	.
	434	33.33 $\pm$ 9.21	6.66 $\pm$ 3.33	2.722*	10.05	0.021
	600	66.66 $\pm$ 16.66	33.33 $\pm$ 8.78	1.769	12.13	0.102
	800	100.00 $\pm$ 0.00	61.11 $\pm$ 12.72	3.055*	8	0.016
MEAGR	0	0.08 $\pm$ 0.08	0.08 $\pm$ 0.08	0.000	22	1.000
	200	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	.	.	.
	434	16.66 $\pm$ 6.21	5.55 $\pm$ 3.92	1.512	16	0.150
	600	30.00 $\pm$ 8.78	11.11 $\pm$ 6.21	1.756	16	0.098
	800	61.11 $\pm$ 7.34	53.70 $\pm$ 5.39	0.812	16	0.429
AEAGR	0	0.08 $\pm$ 0.08	0.08 $\pm$ 0.08	0.000	22	1.000
	200	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	-	-	-
	434	5.55 $\pm$ 3.92	5.55 $\pm$ 3.92	0.000	16	1.000
	600	7.40 $\pm$ 4.89	5.55 $\pm$ 3.92	0.295	16	0.772
	800	38.88 $\pm$ 10.75	21.11 $\pm$ 8.85	1.276	16	0.220

<sup>1</sup> Corrected mortality is calculated by Abbott's formula. \* indicate significant at  $p < 0.05$ . AGRP: *Atractylis gummifera* rhizome powder, MEAGR: Methanolic extract of *A. gummifera* rhizome, AEAGR: Aqueous extract of *A. gummifera* rhizome.

### Methanolic extract

Our results showed that the methanolic extract bait affected the mortality rate; it confirmed its toxicity highly significantly ( $p < 0.01$ ) depending on the dose and duration of treatment compared to the control group in the intervals of 0 to 12 h and 24 to 36 h. Average mortality rates obtained within 36 hours using bait supplemented with MEAGR were,  $33.33 \pm 9.62$  and  $16.67 \pm 9.62$  in the 434 mg/kg/d dose group,  $50 \pm 9.62$  and  $33.33 \pm 9.62$  in the 600 mg/kg/d dose group, and  $83.33 \pm 9.62$  and  $66.33 \pm 9.62$  in the 800 mg/kg/d dose group for males and females, respectively (Tables 3 and 4).

### Aqueous extract

Baits supplemented with the AEAGR showed average mortality of  $66.67\% \pm 00$  and  $50 \pm 9.62$  in rats for the high dose level group 800 mg/kg/d,  $33.33 \pm 00$  and  $16.66 \pm 9.62$  in the 600 mg/kg/d dose group, within 36 hours for males and

females, respectively. Although, an average of  $16.66 \pm 9.62$  was recorded in both sexes at the dose of 434 mg/kg/d (Tables 3 and 4). There was a highly significant ( $p < 0.01$ ) increase in the mortality rate caused by AEAGR, depending on dose and duration of treatment at the interval of 12-24 and 24-36 h, respectively compared to the control group in males and only at the interval of 24-36 h in females.

### The effect size

During three time-intervals, efficiency comparison according to the Cohen's effect size scale after 36h of treatment revealed a value of  $R = 0.99, 0.95, 0.94$  in males and  $R = 0.99, 0.92, 0.87$  in females for AGRP, EMAGR, and AEAGR respectively (Tables 3 and 4). Hence, AGRP seems to be the most effective ( $R = 0.99$ ) plant-based extract which could be compared with the chemical rat poison in the cereal storage field test.

**Table 3** Dose- and time- dependent variations of corrected mortality in males Wistar rats treated with AGRP, MEAGR, and AEAGR during 36 hours.

Plant extracts	Dose (mg/kg/d)	Corrected mortality $\pm$ SE (%)		
		0-12 h	12-24 h	24-36 h
AGRP	0	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.66 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	200	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	434	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>
	600	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	800	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	<i>F value</i>	-	13389**	134.94**
	<i>P value</i>	-	< 0.001	< 0.001
<i>R</i>	-	0.99	0.99	
MEAGR	0	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	200	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	434	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	16.66 $\pm$ 9.62 <sup>a</sup>	33.33 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>
	600	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	40.00 $\pm$ 11.54 <sup>b</sup>	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>
	800	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>	83.33 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>
	<i>F value</i>	30.15**	9.62**	26.46**
	<i>P value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<i>R</i>	0.95	0.88	0.95	
AEAGR	0	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	200	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	434	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	16.66 $\pm$ 9.62 <sup>a</sup>
	600	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	33.33 $\pm$ 00 <sup>b</sup>
	800	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	50.00 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>	66.66 $\pm$ 9.62 <sup>b</sup>
	<i>F value</i>	-	30.02**	24.36**
	<i>P value</i>	-	< 0.001	< 0.001
<i>R</i>	-	0.95	0.94	

Means followed by the same letters in each columns are not significantly different from the control group (Dunnett's test,  $P < 0.05$ ). AGRP: *Atractylis gummifera* rhizome powder, MEAGR: Methanolic extract of *A. gummifera* rhizome, AEAGR: Aqueous extract of *A. gummifera* rhizome.

**Table 4** Dose- and time- dependent variations of corrected mortality in females Wistar rats treated with AGRP, MEAGR, and AEAGR during 36 hours.

Plant extracts	Dose (mg/kg/d)	Corrected mortality $\pm$ SE (%)		24-36 h
		0-12 h	12-24 h	
APGR	0	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	0.25 $\pm$ 0.25a
	200	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a
	434	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	20.00 $\pm$ 0.00b
	600	0.00 $\pm$ 0.00a	50.00 $\pm$ 9.62b	50.00 $\pm$ 0.00b
	800	16.66 $\pm$ 9.62b	66.66 $\pm$ 9.62b	100.00 $\pm$ 0.00b
	F value	3.35*	32.61**	82060.68**
	P value	< 0.050	< 0.001	< 0.001
R	0.74	0.96	0.99	
MEAGR	0	0.00 $\pm$ 0.00a	0.25 $\pm$ 0.25a	0.00 $\pm$ 0.00a
	200	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a
	434	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	16.66 $\pm$ 9.62a
	600	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	33.33 $\pm$ 9.62b
	800	44.44 $\pm$ 5.55b	50.00 $\pm$ 9.62b	66.33 $\pm$ 9.62b
	F value	71.46**	30.02**	16.24**
	P value	< 0.001	< 0.001	< 0.001
R	0.98	0.95	0.92	
AEAGR	0	0.00 $\pm$ 0.00a	0.25 $\pm$ 0.25a	0.00 $\pm$ 0.00a
	200	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a
	434	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	16.66 $\pm$ 9.62a
	600	0.00 $\pm$ 0.00a	0.00 $\pm$ 0.00a	16.66 $\pm$ 9.62a
	800	0.00 $\pm$ 0.00a	13.33 $\pm$ 13.33a	50.00 $\pm$ 9.62b
	F value	.	1.1	8.68**
	P value	.	< 0.402	< 0.002
R	.	0.53	0.87	

Means followed by the same letters in each columns are not significantly different from the control group (Dunnett's test,  $P < 0.05$ ). AGRP: *Atractylis gummifera* rhizome powder, MEAGR: Methanolic extract of *A. gummifera* rhizome, AEAGR: Aqueous extract of *A. gummifera* rhizome.

### LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> determination

The LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> values obtained from the log-dose and probit regression curve of corrected mortality percentage (CM %) according to Tainter and Miller (1944) are shown in (Table 5). The *A. gummifera* powder (AGRP) recorded an LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> of 471 (406.79-427.21), 513 (507.32-518.68) mg/kg/d and 500 (498.42-501.22), 613 (606.5-619.5)

mg/kg/d in males and females respectively. For the methanolic (MEAGR) and the aqueous (AEAGR) extracts, the LD<sub>50</sub> values of males and females respectively were 575 (571.19-578.21) and 646 (642.22-649.78) mg/kg/d and 676 (668.19-683.81) and 708 (703.39-712.61) mg/kg/d. An LD<sub>90</sub> was calculated for MEAGR in males; however, no LD<sub>90</sub> values were determined for AEAGR in either sex.

**Table 5** LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> values for AGRP, MEAGR, and AEAGR in *Rattus norvegicus* after 36 h of treatment.

Plant extracts	LD value (mg/kg/d)	LD values (95% confidence intervals) (%)	
		Males	Females
AGRP	LD <sub>50</sub>	417 (406.79 - 427.21)	500 (498.42 - 501.52)
	LD <sub>90</sub>	513 (507.32 - 518.68)	613 (606.5 - 619.5)
MEAGR	LD <sub>50</sub>	575 (571.79 - 578.21)	646 (642.22 - 649.78)
	LD <sub>90</sub>	776 (768.63 - 783.37)	ND
AEAGR	LD <sub>50</sub>	676 (668.19 - 683.81)	708 (703.39 - 712.61)
	LD <sub>90</sub>	ND	ND

ND: Not determined. AGRP: *Atractylis gummifera* rhizome powder, MEAGR: Methanolic extract of *A. gummifera* rhizome, AEAGR: Aqueous extract of *A. gummifera* rhizome.

### Field test

The aim of the field test of AGRP in cereal storage stores was to find a simple, easy to use a natural alternative to chemical rat poisons to protect stored food. The field trial showed that the bait poisoned by AGRP induced a 60% reduction in Rat population at three storage sites based on the consumption method compared to a 75% reduction for the chemical rodenticides (Table 6). A highly significant reduction ( $p < 0.01$ ) in the consumption of baits treated with AGRP was noted very close to that recorded with the chemical rodenticides, which confirms the effectiveness of our tested plant product.

**Table 6** Field evaluation of AGRP baits against *Rattus norvegicus* in the durum storage (dock) stores.

Treatments	Consumption (g/store)		Population reduction (%)
	Pre-treatment	Post-treatment	
Control store	1000	1000 ± 0.00a	0
AGRP	1000	400 ± 104.08b	60
RATICIDE 70®)	1000	250 ± 11.54b	75
F value		161.17**	

Means followed by the same letters in each columns are not significantly different from the control group (Dunnnett's test,  $P < 0.05$ ). AGRP: *Atractylis gummifera* rhizome powder.

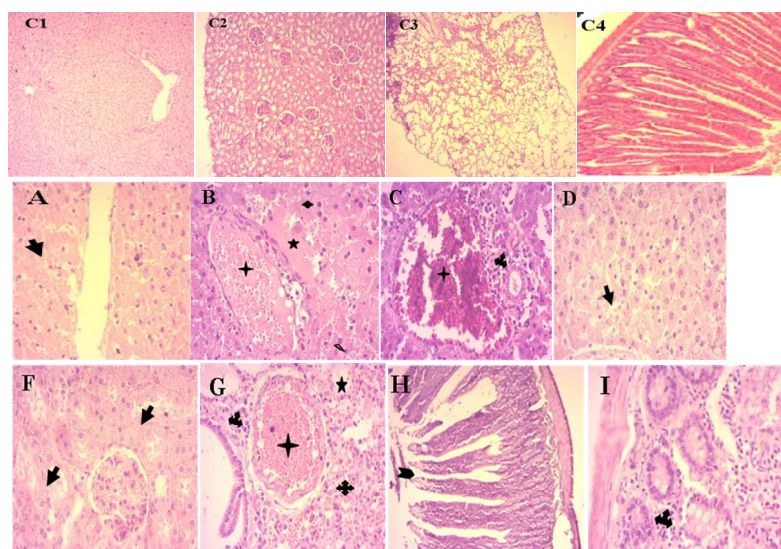
### Gross pathology findings

At necropsy, gross pathological examination showed mild to moderate hypertrophy of kidneys and congestion with hemorrhage in the nasal cavity, the lungs, and the liver of dead rats in treatment groups.

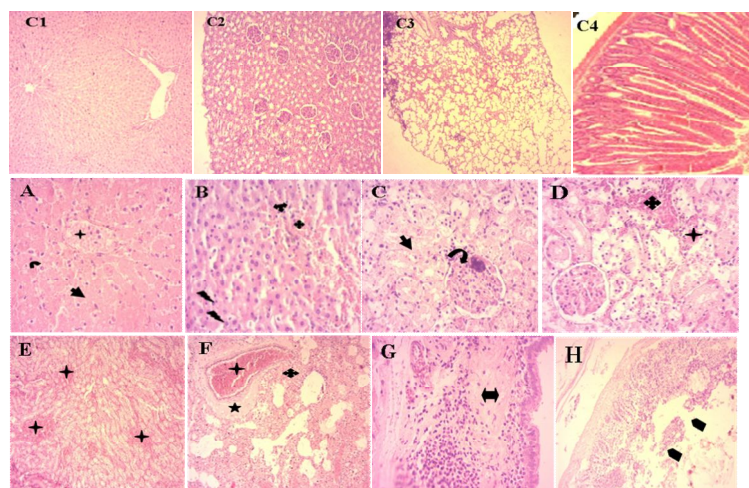
### Histopathological findings

No pathological changes were observed in untreated control animals (Fig. 1-3). Pathological changes induced by PAGR, MEAGR, AEAGR treatments were observed in kidneys, liver, lungs, and small intestine of male and female rats. Severe congestion and hemorrhage with mild hemosiderosis were dominant common pathological findings in all above-mentioned organs for both male and female rats. Liver tissue sections from both sexes showed hepatocyte degeneration, cytoplasmic vacuolation, centrilobular necrosis, and proliferation of Kupffer cells (Fig. 1-3). Histopathological examination of male and female rats revealed mild to moderate degeneration of the renal tubular lining epithelium, diffuse interstitial pneumonia, and edema in the lung (Fig. 1-3). Microscopic examination of the intestines of treated rats showed severe enteritis, sloughing of the epithelial lining of villi, and hyperplasia of goblet cells (Fig. 1-3). Although many organs showed pathological changes related to AGR toxicity, the liver was more affected in both male and female rats.

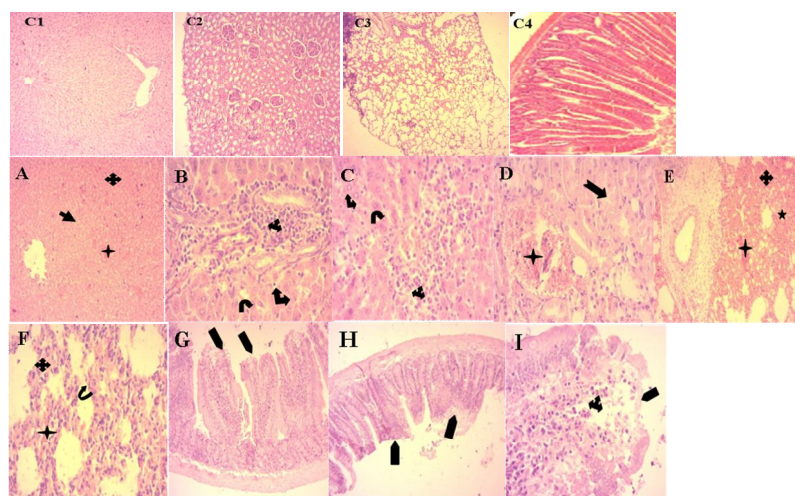




**Figure 1** Histopathology of control group organs (C1: liver, C2: kidney, C3: = lungs and C4: intestine) and histopathological changes of Wistar rats organs. Liver (A, B, C, D), kidneys (E, F), lungs (G), and intestine (H, I) induced by AGR powder, H&E. A(x40): Severe centrolobular necrosis (◄); B(x40): Edema (★), congestion (⊕) and hemorrhage (⊕) with prominent proliferation of Kupffer cells (♣); C (x 40): Severe periportal inflammatory cell infiltration (cholangitis) (↗); D(x 40): Degenerated and necrotic hepatocytes (◄); E(x10): Severe congestion (⊕) and hemorrhage (⊕); F(x40): Degeneration and necrosis (◄) of tubular epithelial lining; G(x 40): Severe diffuse congestion (⊕), edema (★) and hemorrhage (⊕) of lung parenchyma with mild inflammatory cell infiltration (♣); H(x10): Severe enteritis with erosion of villus epithelium (➤); I(x40): Eosinophilic infiltration (♣) of lamina propria (between crypts).



**Figure 2** Histopathology of control group organs (C1: liver, C2: kidney, C3: = lungs and C4: intestine) and histopathological changes of Wistar rats organs liver (A, B), kidneys (C, D, E), lungs (F, G) and intestine (H) induced by the methanolic extract (ME) of AGR, H&E. A(x40): Diffuse centrolobulaire coagulation necrosis (◄), vacuolated hepatocytes (◄) and severe congestion (⊕); B(x40): mild inflammatory cell infiltration (♣), moderate hemorrhage (⊕) with notable Kupffer cells hyperplasia (↗); C(x40): Severe tubular epithelial necrosis (◄) with glomerular dilation (♣); D(x40): Diffuse congestion (⊕) and hemorrhage (⊕) of renal cortex and medulla; E(x10): diffuse spinal congestion (⊕); F(x10): Severe diffuse congestion (⊕), edema (★) and hemorrhage (⊕) of lung parenchyma with moderate inflammatory cell infiltrate; G(x40): Severe diffuse broncho-pneumonia (↔); H(x10): Severe acute enteritis with diffuse destruction of villi (■).



**Figure 3** Histopathology of control group organs (C1: liver, C2: kidney, C3: = lungs and C4: intestine) and histopathological changes of Wistar rats organs liver (A, B, C), kidneys (D), lungs (E, F), and intestine (G, H, I) induced by the aqueous extract (AE) of AGR, **H&E**. **A(x40)**: Focal necrosis (←) with congestion (⊕) and hemorrhage (⊕) Slight periportal; **B(x40), C(x40)**: inflammatory cell infiltrate (⬇) with hypertrophy (⬆) and vacuolization of hepatocytes (⬆); **D(x40)**: Tubular epithelial degeneration (➡) and congestion (⊕); **E(x10)**: Severe congestion (⊕), edema (★) and hemorrhage (⊕) of lung parenchyma with severe interstitial pneumonia; **F(x40)**: balt hyperplasia (∪); **G (x10), H(x10)**: Severe acute enteritis with eroded villi tips (■); **I(x40)**: Polynuclear inflammatory cell infiltrate with eosinophilia (⬇) and erosion of the villus epithelium (■).

## Discussion

The extraction yields obtained in this study are in agreement with those reported by Bouabid *et al.* (2019) in an *in vivo* study of the anti-diabetic effect of aqueous and methanolic extracts of macerated *A. gummifera*, with 24.5% and 6.7%, respectively. Sifour and his collaborators, however, have found a 16.74% yield from aqueous extraction of *A. gummifera* rhizome (Sifour *et al.*, 2012). Polar extracts are the richest in total phenolic and flavonoid compounds. This result is supported by several studies. For example, Moure *et al.* (2001) in their work on *Gevuina avellana* hulls found that the yield of polyphenols extraction was higher for most of the polar solvents. In a similar study conducted by Khadhri *et al.* (2013), quantitative determination of polyphenols, Flavonoids, and condensed tannins in the two aqueous and methanolic extracts of *A. gummifera* rhizome revealed different values; 7 mg Eq AG/g MS, 4 mg Eq AG/g DM, 0.5 Eq Qr/g DM, 0.7 Eq Qr/g DM and 1.7 mg Eq Cat/g DM, 2.3 mg Eq Cat/g

DM, for polyphenols, Flavonoids and condensed tannins in the methanolic and aqueous extracts, respectively (khadhri *et al.*, 2013), while Sifour *et al.* (2012) have reported that amounts of polyphenols and Flavonoids in the aqueous extract was 44.4 mg and 16.74 mg/ml of the extract. Bouabid *et al.* (2020) in an *in vitro* and *in vivo* study of antioxidant properties of aqueous and organic extracts of *A. gummifera*, reported that the methanolic and aqueous extract macerated tissue contains a rate of total polyphenols and flavonoids equal to 102.88 mg Eq AG/g DM, 49.59 mg Eq AG/g DM and 17.25 Eq Qr/g DM, 12.56 Eq Qr/g DM (Bouabid *et al.*, 2020).

The results obtained showed that males are more sensitive than females in response to the various treatments of AGR. Shumake and Hakim (2000) reported that the smell of carbon disulfide in the presence of zinc phosphorus bait attracted male rats much more than female rats, which reflects their mortality rate, however, the reasons for the differences between the two sexes are unknown, so,



females may react differently than males to secondary plant metabolites (MSP) (Shumake and Hakim, 2000, Hansen *et al.*, 2016). According to, Capasso *et al.* (1984), Hasani (2007), Rasekh *et al.* (2005), Al-Ashban *et al.* (2006): the administration of the plant *Teucrium polium* is influenced by the nature of the sex (Al-Ashban *et al.*, 2006; Capasso *et al.*, 1984; Hasani, 2007; Rasekh *et al.*, 2005). Also, the AGRP treatment was very toxic compared to the methanolic (MEAGR) and aqueous (AEAGR) extracts of *A. gummifera* rhizome for both sexes. Differences in response to *A. gummifera* toxicity were reported by Luciani *et al.* (1978) who concluded that the toxicity also differs in male rats between the albino and Wistar strains: in albino rats, Atractyloside (ATR) is not toxic at doses up to 200 mg/kg, while in Wistar strains 60 mg/kg can lead to death, while our results show that the powder causes significant toxicity with an LD<sub>50</sub> of 417 mg/kg/d and 500 mg/kg/d in male and female Wistar rats respectively. The application of a mixture of odors from different secondary metabolites of plants is a means of controlling rodents due to their effect which keeps them away from feeding the crops or causing their deterioration. Over the past 15 years, the scientific goal of using plant secondary metabolites in the management of rodent populations has been to develop suitable alternatives (Hansen *et al.*, 2016).

Our study recorded the appearance of clinical signs with digestive, neurological, and respiratory disorders following the toxicity by AGR and their intensity led the rats to a state of coma after thirty-six hours of treatment before their death. According to Hammiche (2013), similar clinical signs have been reported in humans poisoned by *A. gummifera* after a latency period of a few hours, usually 8 to 12 hours, the first general signs including important digestive signs mainly hemorrhagic vomiting followed by neurological signs (coma with neurovegetative signs) and respiratory disorders (Hammiche *et al.*, 2013). The poisoning by *A. gummifera* has several phases: the latency phase from six to twenty-four hours

and even thirty-six hours, gastro hepatic disorders represented by nausea and vomiting observed in the symptomatic phase (Skalli S, 2002). Some complications cited by Ahid *et al.* (2012) include respiratory disorders with congestion, progressive dyspnea, asphyxia, and cardiovascular disorders with tachycardia. In his study on an Asteraceae: *Smallanthus sonchifolius*, De Oliveira (2011) observed clinical signs of renal toxicity, hypoactivity, difficulty in breathing, and respiratory arrest caused by oral administration of *S. sonchifolius* leaf-rinse extract and aqueous extract at doses of 10 mg/kg and 100 mg/kg respectively in rats (De Oliveira *et al.*, 2011). Accordingly, in the present study, the treated rats were in severe respiratory distress before death which confirms the toxicity of the plant even if the mechanism is not clear.

Histopathology is considered a rapid and sensitive method frequently used to identify the effects of toxic substances in animal organs and tissues. Pathological findings showed multisystem organ injuries induced by AGR including congestion, hemorrhage, degeneration, and necrosis. AGR treatments caused severe hepatic, intestinal, respiratory, and renal damage in experimental rats leading to multisystem organ failure. Experimental toxicological studies of AGR in Wistar rats revealed hepatocellular necrosis and pericentrolobular, extensive sinus congestion. Also, biochemical and histological studies have shown that this toxic plant is of high hepatotoxicity and extensive sinus congestion in the kidney (Dahamna, 2018). Histopathology findings showed that AGR induced congestion and hemorrhage in most of the studied organs which seem to be similar to anticoagulant rodenticide effects. Anticoagulant rodenticides are inhibitors of reductase enzymes, mainly epoxide reductase therefore they are vitamin k antagonists by preventing the regeneration of vitamin k, they can cause hypocoagulation within 24 hours after intoxication which can worsen in 48 to 72 hours where the risk of hemorrhagic complication can be major (Gamelin and Harry, 2005).

Similar findings were described by Dapar *et al.* (2007) reporting that the *Securidaca longipedunculata* extract caused histopathological changes in the kidneys and liver characterized by acute tubular necrosis with interstitial spread and glomerular hemorrhage, hepatocytes presented early fatty degeneration in some foci with hemorrhage, while pulmonary toxicity was expressed by massive damage to the alveoli and bronchiolar epithelium (Dapar *et al.*, 2007). Also, Pinto and Geubel have demonstrated that liver damage such as steatosis, necrosis, fibrosis, and cirrhosis can be caused by plants (Pinto Da Cunha and Geubel, 2002). Fall and his colleagues (2011) demonstrated that the leaves of *Aphania senegalensis* caused liver toxicity with a 2000 mg/kg dose in rats (Fall *et al.*, 2011). Carlier *et al.* (2014) have cited that post mortem histopathological analysis of tissues can confirm poisoning at ATR by the presence of centrilobular and tubular renal hepatic necrosis, in particular in animal experiments (Carlier *et al.*, 2014). According to De Berardinis *et al.* (2000), a mechanism of direct toxicity with a series of secondary immune reactions can cause hepatocyte necrosis (De Berardinis *et al.*, 2000), however, Ingwale *et al.* (2009) have reported that liver damage is due in most cases to direct cytotoxicity, but this is not always the case as a mixture between cytotoxicity and immunogenicity may be involved.

Kidney changes observed in the present study are correlated with those obtained by De Oliveira *et al.* (2011), reporting kidney damage characterized by degeneration of the glomeruli as well as the proximal and distal tubules of rats treated with the leaf-rinse extract at a dose of 100 mg/kg. Similarly, kidney damage has been manifested by the use of the ethanolic extract of *Tithonia diversifolia* (Elufioye *et al.*, 2009). Similar histopathological changes were described by Pramestuti *et al.* (2019) in a rodenticidal effect study of *Carica papaya* in albino mice; they have observed necrosis in the internal organs (stomach, kidney, liver, and intestine) and congestion in the kidney and liver

of treated compared to control animals (Pramestuti *et al.*, 2019).

It is well known that aqueous and organic extracts of the underground part of *A. G.* are rich in secondary metabolites; polyphenols, flavonoids, catechic tannins, and anthocyanins, which have important biological activities with an absence of alkaloids. Although, the powder is rich in tannins, flavonoids, and contains traces of saponins, quinones, and sterols, the toxicity of *A. gummifera* is not due to alkaloids but rather because of two glycosides: ATR and carboxyatractyloside (CATR) (Benbouziane and Beneddra, 2016; Bouabid *et al.*, 2018). The toxicity of AGR plant was proven by the presence of the two active ingredients ATR and CATR which inhibit the transport of phosphorylated nucleotides through the mitochondrial membrane, which prevents mitochondrial oxidative phosphorylation and disrupts tissue respiration by blocking the cycle of tricarboxylic acids (Krebs cycle) (Obatomi and Bach, 1998, Hmaouda, 2004). Also (Ahid *et al.*, 2012) stated that the role of metabolism is also unclear, but it is evident that ATR interacts with hepatic biotransformation systems. The liver is the primary target organ for active substances such as ATR and CATR which cause severe liver failure and hepatolobular necrosis. The toxic effects of *Atractylis gummifera* are owing to ATR, a powerful inhibitor of oxidative phosphorylation in mitochondria. This action is exerted especially in cells rich in mitochondria such as hepatocytes and in proximal tubular epithelial cells, which contain carriers that allow ATR to cross the cell membrane (Daniele *et al.*, 2005). In a study in rats, Hopps *et al.* (1997) described the effects of the ATR and some of its derivatives on renal function; these experiments showed that ATR was highly toxic to the kidney, as shown by enzymuria and reduction of creatinine clearance, whereas atractyligenin leaves renal function almost unchanged. ATR toxicity is related to its chemical structure and increases when the hydroxyl groups in C-4 are esterified with isovaleric acid or when the hydroxyl groups in C-3 and C-4 are esterified

with sulphuric acid. The toxic effects due to the inhibition of mitochondrial phosphorylation are hepatic necrosis and renal failure in animals and humans. The acute toxicity of ATR nevertheless differs according to the animal species and route of administration. Toxicity is higher in dogs than in mice and rats, suggesting even higher toxicity in humans (Luciani *et al.*, 1978).

In the light of the results obtained in the field, the AGRP rat poison efficacy was demonstrated by a highly significant reduction of *R. norvegicus* population compared to the commercial chemical rodenticides. Abou-Hashem (2012) have shown that the ethanolic extracts of *Eucalyptus globulus*, *Rhus continues*, and *Calendula aegyptiaca* resulted in a reduction of the *R. norvegicus* population by 67.7%, 64.8 %, and 42.7% respectively, in the field conditions of the governorate of Menoufia, Egypt (Abou-Hashem, 2012). Eisa and Yassin (2016) reported that the extract of *Oshar* caused a 66% reduction in the *R. norvegicus* population compared to 78.40% reduction induced by zinc phosphide in the region of Qaha, Governorate of Qalyubia, Egypt. Also, Khidr *et al.* (2018) have found that the organic extracts of the solvents: ethanol, hexane, and ether oil from the *Argel* plant *Gomphocarpus sinaicus* Boiss recorded reduction percentages in rodent populations under field conditions of 68%, 37.7%, and 19% respectively. Based on these data, it can be deduced that the rhizome AGRP is a natural rodenticide candidate ready to be considered as an alternative compound for cereal crop protection.

## Conclusion

Despite its use in phytotherapy, *A. gummifera* is a toxic plant to animals. Our results revealed that the rhizome of the plant is toxic in different forms (aqueous and organic extracts and as a powder), however, the powder was very toxic in acute toxicity studies for Wistar rats. Plant toxicity is clearly expressed by clinical signs and organ pathology (liver, lungs, kidney, and intestine) and is mainly due to the two active components of the plant; ATR and CATR according to previous studies. Promising results

obtained with AGRP under laboratory conditions in Wistar rats prompted us to assess rat poison effect in field conditions in cereal storage stores that were confirmed by a significant (60%) reduction of *R. norvegicus* population. These results proved that the rhizome of the plant has a good rat poisoning effect and could be suggested as a strong candidate natural alternative to rat poison chemicals. As an anticoagulant rodenticide, it is strongly recommended for use because it is cheaper (economic) and easy to produce. Planting around silos and warehouses remains a proposal to control these rodents and protect stored grains and prevent transmission of diseases to consumers. Therefore, more research is needed to use the rhizome of *A. gummifera* as a natural rat poison with an adequate proportion of the active ingredients Atractyloside and carboxyatractyloside to control rodents.

## Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest associated with this publication and there has been no financial support for this work that could have influenced its outcome.

## Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Chikhaoui Mira and Ms. Boudali Soumia for their help in histopathological slide preparation at the Histopathology Laboratory (Tiaret Veterinary Institute) and Professor Amara Karim for his support.

## References

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2): 265-267.
- Abou-Hashem, A. 2012. Evaluation of the rodenticidal effects of some plant extracts under laboratory and field conditions. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 65: 282-288.
- Adamou Djerbaoui, M., Labbelli, F., Djelaili, Y., Oulbachir, K. and Adamou, M. S. 2015. Inventaire des rongeurs dans la région de

- Tiaret (Algérie). Travaux de l'Institut Scientifique, Série Générale, N° 8, pp: 105-112.
- Ahid, S., El Cadi, M. A., Meddah, B. and Cherrah, Y. 2012. *Atractylis gummifera*: from poisoning to the analytic methods. *Annales de Biologie Clinique*, 70: 263-268.
- Al-Ashban, R., Barrett, D. and Shah, A. 2006. Effects of chronic treatment with ethanolic extract of *Teucrium polium* in mice. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 11: 27-36.
- Aoues, K. and Boutoumi, H. 2017. État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*, 7(1): 286-296.
- Benbouziane, F. Z. and Beneddra, M. 2016. Contribution à une étude botanique et chimique du chardon à glu, *Atractylis gummifera* L., famille des Asteraceae. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, Algérie, PP: 129.
- Bouabid, K., Lamchouri, F., Toufik, H. and Faouzi, M. E. A. 2020. Phytochemical investigation, in vitro and in vivo antioxidant properties of aqueous and organic extracts of toxic plant: *Atractylis gummifera* (L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 253: 112640.
- Bouabid, K., Lamchouri, F., Toufik, H., Boulfia, M., Senhaji, S. and Faouzi, M. E. A. 2019. In vivo anti-diabetic effect of aqueous and methanolic macerated extracts of *Atractylis gummifera*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 14: 67-73.
- Bouabid, K., Lamchouri, F., Toufik, H., Sayah, K., Cherrah, Y. and Faouzi, M. E. A. 2018. Phytochemical screening and in vitro evaluation of alpha amylase, alpha glucosidase and beta galactosidase inhibition by aqueous and organic *Atractylis gummifera* L. extracts. *Plant Science Today*, 5: 103-112.
- Bouharb, H., El Badaoui, K., Zair, T., Chakir, S. and Alaoui, T. 2014. Sélection de quelques plantes médicinales du Zerhoun (Maroc centrale) pour l'activité antibactérienne contre *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Biosciences*, 78: 6685-6693.
- Capasso, F., De Fusco, R., Fasulo, M., Lembo, M., Mascolo, N. and Menghini, A. 1984. Antipyretic and antibacterial actions of *Teucrium polium* (L.). *Pharmacological Research Communications*, 16: 21-29.
- Carlier, J., Romeuf, L., Guitton, J. M., Priez-Barallon, C., Bevalot, F., Fanton, L. and Gaillard, Y. 2014. A validated method for quantifying atractyloside and carboxyatractyloside in blood by HPLC-HRMS/MS, a non-fatal case of intoxication with *Atractylis gummifera* L. *Journal of Analytical Toxicology*, 38: 619-627.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences—Second Edition*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, PP. 18-74.
- Dahamna, S. 2018. Biochemical and histological indicators of *atractylis gummifera* (L.) Toxicity. Doctoral thesis, Ferhat Abbess University.
- Daniele, C., Dahamna, S., Firuzi, O., Sekfali, N., Saso, L. and Mazzanti, G. 2005. *Atractylis gummifera* L. poisoning: an ethnopharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 97: 175-181.
- Dapar, M. L., Aguiyi, J. C., Wannang, N. N., Gyang, S. S. and Tanko, N. M. 2007. The histopathologic effects of *Securidaca longepedunculata* on heart, liver, kidney and lungs of rats. *African Journal of Biotechnology*, 6(5): 591-595.
- De Berardinis, V., Moulis, C., Maurice, M., Beaune, P., Pessayre, D., Pompon, D. and Loeper, J. 2000. Human microsomal epoxide hydrolase is the target of germander-induced autoantibodies on the surface of human hepatocytes. *Molecular Pharmacology*, 58: 542-551.
- De Oliveira, R. B., De Paula, D. A. C., Rocha, B. A., Franco, J. J., Gobbo-Neto, L., Uyemura, S. A., Dos Santos, W. F. and Da Costa, F. B. 2011. Renal toxicity caused by oral use of medicinal plants: the *yacon* example. *Journal of Ethnopharmacology*, 133: 434-441.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. and Vidal, N.

2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97: 654-660.
- Djermoun, A. 2009. La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Nature and Technology*, 1: 45-53.
- Dubock, A. C. 1982. Pulsed baiting--a new technique for high potency, slow acting rodenticides. *Proceeding of the Vertebrate Pest Conference*, 10: 123-136.
- Eisa, Y. and Yassin, E. 2016. Comparative Studies Between Zinc Phosphide and *Oshar* Leaves Extract As A Rodenticide Against Norway Rat *Rattus norvegicus* (Berkenhout) Under Laboratory and Field Conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 7: 233-236.
- Elufioye, T., Alatise, O., Fakoya, F., Agbedahunsi, J. and Houghton, P. 2009. Toxicity studies of *Tithonia diversifolia* A. Gray (Asteraceae) in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 122: 410-415.
- Fall, M., Boukandou, M., Fall, A. D., Cabral, M., Diatta, W., Gueye, P. M., Faye, M., Bakou, S. N., Mendes, V., Bassene, E. and Diouf, A. 2011. Toxicité aiguë et subaiguë d'extraits aqueux de feuilles d'*Aphania senegalensis* (Juss. Ex Poir.) sur des rats wistar. *Dakar Medical*, 56(1): 216-232.
- Gamelin, L. and Harry, P. 2005. Rodenticides. *EMC-Toxicologie-Pathologie*, 2: 89-97.
- Granjon, L. and Duplantier, J. 2009. Les rongeurs Sahélosoudaniens. Institut de Recherche pour le Développement, Marseille, France.
- Guidance, O. 2001. Document on acute oral toxicity. *Environmental Health and Safety Monograph Series on Testing and Assessment*, 24.
- Hammiche, V., Merad, R. and Azzouz, M. 2013. Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen. Paris, Springer. PP. 171-174.
- Hansen, S. C., Stolter, C., Imholt, C. and Jacob, J. 2016. Plant secondary metabolites as rodent repellents: a systematic review. *Journal of Chemical Ecology*, 42: 970-983.
- Hasani, P., Y. N., Vosough-Ghanbari, S., Mohammadi, A., Dehghan, G., and Abdollahi, M. 2007. In vivo antioxidant potential of *Teucrium polium*, as compared to  $\alpha$ -tocopherol. *Acta Pharmaceutica*, 57: 123-129.
- Hmaouda, C. 2004. A review of acute poisoning from *Atractylis gummifera* (L). *The Journal of Emergency Actors*, 3:23-26
- Hopps, V., Vetri, P., Biondi, F., Fontana, G. and Mantia, G. 1997. Effects of atractyligenin and some of its natural derivatives on renal function. *Fitoterapia*, 68: 29-34.
- Hubert, B. 1980. Les rongeurs et les problèmes qu'ils posent aux cultures et aux stocks. Paris, ACCT, PP. 85-102. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:15841>.
- Ingwale, D., Kshirsagar, A., Ashok, P. and Vyawahare, N. 2009. Role of antioxidant in the management of hepatic complications. *Pharmacology Online*, 1: 238-253.
- Jaafreh, M., Khleifat, K., Qaralleh, H. and Al-Limoun, M. 2019. Antibacterial and Antioxidant Activities of *Centeurea damascena* Methanolic Extract. *Journal of Basic and Applied Research in Biomedicine*, 5(1): 53-65.
- Julkunen-Tiitto, R. 1985. Phenolic constituents in the leaves of *northern willows*: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33: 213-217.
- Junthip, R., Amornlerdpison, D. and Chimsook, T. 2013. Phytochemical screening, antioxidant activity and total phenolic content of *Spirogyra* spp. *Advanced Materials Research*, 966: 693-697.
- Khadhri, A., Ridha, E. M. and Smiti, S. 2013. Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu: *Atractylis gummifera* (L). *Revue Sociale. Sciences Naturel de Tunisie*, 39: 44-55.
- Khidr, F. K., Abo-Hashem, A. and Mortada, M. 2018. Zinc Phosphide and *Argel* (*Gomphocarpus sinaicus* Boiss) leaves as a rodenticide on the Norway rat, *Rattus norvegicus* Comparative Studies under Laboratory and Field Conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 9: 909-912.

- Kouahou, F.-B., Michel, P., Ruben, M., Parmentier, M., Nazaire, L., Jean-Claude, V. and Jean-Claude, D. 1989. Céréales en régions chaudes: conservation et transformation. Colloque international de technologie, Centre universitaire de N'Gaoundéré, Cameroun, 22-26 février. Paris, John Libbey Eurotext.
- Lahsissene, H., Kahouadji, A. and Hseini, S. 2009. Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). *Revue de Botanique*, 128: 1-28.
- Li, H. B., Wong, C. C., Cheng, K. W. and Chen, F. 2008. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 385-390.
- Luciani, S., Carpenedo, F. and Tarjan, E. 1978. Effects of atractyloside and carboxyatractyloside in the whole animal. In: Santi, R. and Luciani, S. (Eds.), *Atractyloside, Chemistry, Biochemistry and Toxicology*. Padova: Piccin Medical Books, Italy, PP. 109-124.
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. A. J. and Parajó, J. C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72: 145-171.
- Navarro García, V. M., Rojas, G., Gerardo Zepeda, L., Aviles, M., Fuentes, M., Herrera, A. and Jiménez, E. 2006. Antifungal and antibacterial activity of four selected Mexican medicinal plants. *Pharmaceutical Biology*, 44: 297-300.
- Nostro, A., Germano, M., D'angelo, V., Marino, A. and Cannatelli, M. 2000. Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. *Letters in Applied Microbiology*, 30: 379-384.
- Obatomi, D. and Bach, P. 1998. Biochemistry and toxicology of the diterpenoid glycoside atractyloside. *Food and Chemical Toxicology*, 36: 335-346.
- Pinto Da Cunha, M. and Geubel, A. 2002. Phytothérapie et hépatotoxicité. *Louvain Médical*, 121: 407-414.
- Pramestuti, N., Sianturi, C. L. J., Lestari, E. and Wijayanti, S. P. M. 2019. The Natural Rodenticidal Effect of *Papain Papaya* (*Carica papaya* L.) in Histopathological Changes of Albino Mice Organs. *Kesmas Indonesia: Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 11: 178-187.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.C., Bailleul, F. and Trotin, F. 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of *buckwheat* (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72: 35-42.
- Rasekh, H. R., Yazdanpanah, H., Hosseinzadeh, L., Bazmohammadi, N. and Kamalnejhad, M. 2005. Acute and subchronic toxicity of *Teucrium polium* total extract in rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 4: 245-249.
- Rickman, J. F. 2002. Grain quality from harvest to market. 9<sup>th</sup> JIRCAS International Symposium of Value-Addition to Agricultural Products. Tsukuba, Japan: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, PP. 94-98.
- Shumake, S. A. and Hakim, A. 2000. Evaluating Norway rat response to attractant and repellent odors to improve rodenticide baiting effectiveness. *The Ninth Wildlife Damage Management Conferences-Proceedings*, October 5-8, State College, PA USA, 9: 103-110. <http://wildli-fedamage.unl.edu>.
- Sifour, M., Ouled-Haddar, H., Ouitas, L. and Kerfa, A. 2012. Burn Healing Activity of Aqueous Extract of *Atractylis gummifera* (L). *Séminaire international: Cancer, stress cellulaire et substances bioactives*. Séminaire internationale, 23-24 Septembre, Université de Jijel, Algérie, PP.71-74.
- Singleton, G. R., Hinds, L. A., Krebs, C. J. and Spratt, D. M. 2003. Rats, mice and people: rodent biology and management. *Conference Material of Australian Centre for International Agricultural Research*, 96: 564.
- Singleton, G. R., Leirs, H., Hinds, L. A. and Zhang, Z. 1999. Ecologically-based management of rodent pests—re-evaluating



- our approach to an old problem. Ecologically-based Management of Rodent Pests. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, PP. 17-29.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.
- Skalli S, A. I., Pineau a, Zaid a, Soulaymani R. 2002. *Atractylis gummifera* L. poisoning: a case report. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 96(4): 284-286.
- Suvarna, K. S., Layton, C. and Bancroft, J. D. 2018. Bancroft's theory and practice of histological techniques, 8<sup>th</sup> Edition., China, Elsevier, PP. 672.
- Tainter, M. L., Miller, L. 1944. Estimation of ED<sub>50</sub> or LD<sub>50</sub> values and their error using logarithmic-probit graph paper. Proceedings of the society for Experimental Biology and Medicine, 57(2): 261-264.

## بررسی مشخصات فیتوشیمیایی و سمیت حاد ریزوم *Atractylis gummifera* بر موش ویستار و کارایی کنترل کننده آن روی موش نروژی در انبار

مختار یا چلف<sup>۱\*</sup>، هواری همیدا<sup>۲</sup>، عبدالکریم حسنی<sup>۱</sup>، کلتوما مازرو<sup>۱</sup>، سهاری میرا<sup>۱</sup> و مصطفی آبدلی<sup>۲</sup>

- ۱- آزمایشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی و تغذیه در مناطق نیمه خشک، دانشکده علوم طبیعی و زیستی، دانشگاه تیارات، تیارات، الجزایر.
  - ۲- گروه پزشکی، مؤسسه علوم دامپزشکی، دانشگاه تیارات، تیارات، الجزایر.
  - ۳- آزمایشگاه بهداشت و آسیب شناسی جانوری، مؤسسه علوم دامپزشکی، دانشگاه تیارات، تیارات، الجزایر.
- پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: mokhtaria.chelef@univ-tiaret.dz  
دریافت: ۷ خرداد ۱۳۹۹؛ پذیرش: ۲۴ مهر ۱۳۹۹

**چکیده:** این مطالعه با هدف بررسی میزان ترکیبات فنل کل، فلاونوئیدها و تاننها در عصاره آبی و متانولی و ارزیابی سمیت آن روی موش آزمایشگاهی انجام شد. در این پژوهش تأثیر پودر، عصاره متانولی و عصاره آبی ریزوم گیاه *Atractylis gummifera* روی موش نژاد ویستار در آزمایشگاه و موش نروژی *Rattus norvegicus* در انبار بررسی شد. عصاره های متانولی و آبی به ترتیب ۹/۴ و ۲۰ درصد مؤثر بودند. مقدار کل پلی فنلها (میلی گرم/معادل گالیک اسید/گرم ماده خشک)، فلاونوئیدها (میلی گرم/معادل کوئرستین/گرم خشک)، تاننها (میلی گرم/معادل کاتکین/گرم ماده خشک) به ترتیب  $0.1 \pm 0.1$ ،  $0.1 \pm 0.1$  و  $0.4 \pm 0.1$  و برای عصاره های متانولی و آبی  $0.46 \pm 0.46$  و  $0.2 \pm 0.12$  بود. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که پودر گیاهی اثر سمی بالایی دارد و با افزایش زمان و دز شدت می یابد. مقادیر LD<sub>50</sub> و LD<sub>90</sub> فرم پودر ترتیب برای جنس نر (۴۷۱، ۵۱۳ میلی گرم در کیلوگرم در روز) و جنس ماده (۴۷۱، ۵۱۳ میلی گرم در کیلوگرم در روز) تعیین شد. مقدار LD<sub>50</sub> برای عصاره متانولی و آبی، در موش نر ۵۷۵ و ۶۴۶ میلی گرم در کیلوگرم در روز و برای موش ماده به ترتیب ۶۷۶ و ۷۰۸ میلی گرم در کیلوگرم در روز بود. در حالی که مقادیر LD<sub>90</sub> عصاره متانولی ۷۷۶ میلی گرم برای جنس نر بود. به علاوه آسیب شناسی اندامهای موشهای مرده مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعات هیستوپاتولوژیک ضایعاتی را در کلیه ها، کبد، ریه ها و روده کوچک نشان داد. همچنین آثار خونریزی و احتقان در کبد، کلیه و ششها مشاهده شد. به علاوه آنتریت روده تأیید شد. با توجه به نتایج به دست آمده در آزمایش صحرایی، پودر گیاه کاهش قابل توجهی از جمعیت جوندگان در مقایسه با جونده کش های شیمیایی را ثابت کرد. در نتیجه پودر ریزوم *A. gummifera* ممکن است بتواند جایگزین مناسبی برای جونده کش های شیمیایی باشد.

**واژگان کلیدی:** *Atractylis gummifera*، فیتوشیمی، هیستوپاتولوژی، موش کش، آزمایش صحرایی



# AGROSEM II

*La connaissance, la valorisation et la gestion durable  
des ressources naturelles*



## ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le président du colloque International AGROSEM II, qui s'est déroulé du 09 au 10 Décembre 2018, au Département des Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider de Biskra-Algérie.

Atteste que :

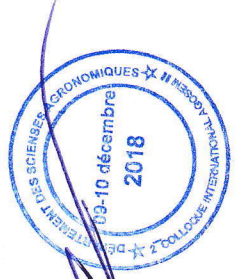
**M<sup>r</sup> /M<sup>me</sup> CHELEF Mokhtaria**  
**Université de Tiaret**

A participé par une communication affichée

Intitulée : « Etude de l'effet insecticide de l'huile essentielle d'une Asteraceae locale (*Atractylis gummifera*) sur la larve et l'adulte de *Tribolium castaneum* dans la région de TIARET. »

Co-auteurs : **Sehari M, mazerou k &, Hassani A.**

Le président du colloque  
**Pr BELHAMRA MOHAMMED**



**Pr MOHAMMED BELHAMRA**



Association Tunisienne  
de Biotechnologie et  
Valorisation des Bio-Ressources

Tunisian Association  
of Biotechnology  
and Bio-Resources Valorization

# ATTESTATION DEPARTICIPATION

Le Président de l'AT-BVBR, atteste que

## MOKHTARIA CHELEF

a présenté au VI<sup>ème</sup> congrès international de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources,  
organisé par l'AT-BVBR du 20 au 23 Mars 2019 à Tabarka - Tunisie, une communication  
orale intitulée:

**EFFET LARVICIDE DE L'EXTRAIT AQUEUX D'UNE THYMELAEACEAE LOCALE : DAPHNE GNIDIUM  
(CAS DE *Tribolium castaneum*)**

Chelef Mokhtaria, Sehari Mira, Mazrou Keltouma, Hassani Abdelkrim



Président de l'AT-BVBR

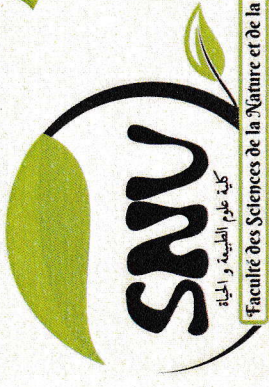
Prof. Mohamed Lamejed MARZOUKI







MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH  
UNIVERSITY ABDELHAMID IBN BADIS MOSTATANEM  
Faculty of Nature and Life Sciences



## Attestation de Participation

Le Comité d'organisation des IX<sup>èmes</sup> Journées Nationales des Sciences de la Nature et de la Vie qui se sont déroulées les 6 et 7 Novembre 2019 à Mostaganem, atteste que:  
Mme, Mlle, M. CHELEF MOKHTARIA a participé au JNSNV 2019 avec une Communication par affiche intitulée :  
"**Criblage phytochimique d'une Apiacées locale (Thapsia Garganica) dans la région de Tiaret**"  
Avec comme co-auteurs : Hemida Houari , Sehari Mira , Mazrou keltouma , Hassani Abdelkrim.

Pr. Dina Lila SOUALILI

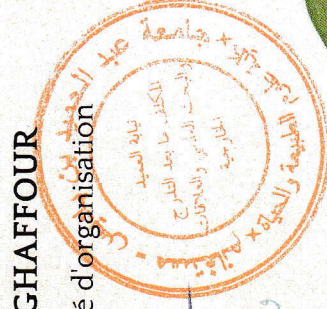
Doyenne de la Faculté

عميدة كلية علوم الطبيعة  
و الحياتية والبيئية  
بجامعة عبد الحميد بن باديس  
مزابي

Pr. Mohamed GHAFFOUR

Président du Comité d'organisation

مؤيد اللجنة  
مكلف لما بعد التخرج  
و البحث العلمي و العلاقات الخارجية  
بجامعة عبد الحميد بن باديس





CENTRE UNIVERSITAIRE AL  
WANCHARISSI.TISSEMSILT

Département des Sciences de la Nature et de la  
Vie

« Journée Nationale Sur La Biodiversité, Santé Et Environnement ».

JNBSE

LE 04 Mai 2019

## CERTIFICAT DE PARTICIPATION

Ceci est pour certifier que

**CHELEF Mokhtaria**

A présenté (e) une communication Poster intitulée "Etude de l'effet  
insecticide de l'extrait aqueux d'une Asteraceae locale (Atractylis  
Gummifera) sur l'adulte de Tribolium Castaneum dans la région de  
Tiaret."

Co-auteurs : Sehari Mira, mazrou keltouma, Hassani Abdelkrim.

Président de la journée

Dr MAAMAR Benchohra

