

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en
Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie appliquée

Thème:

**Evaluation de l'activité insecticide des
formulations élaborées à base d'extrait aqueux de
*Schinus molle***

Présenté par

Ouchene yasmina

Devant le Jury :

Mme NEBIH.D	M.C.B.	U. Blida 1	Présidente
Mr. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Mr. AROUN M.E.F	M.C.B.	U. Blida 1	Co-promoteur
Mme AMMAD F.	M.C.B.	U. Blida 1	Examinatrice

Année Universitaire 2016-2017

Remerciement

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donnée la force et la patience.

J'exprime d'abord mes profonds remerciements et ma vive connaissance à Mr Djazouli ZE. pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'il m'accordé m'ont permet de réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer également ma profonde reconnaissance à mon Co-promoteur Mr Aroun pour sa contribution à la réalisation de ce travail et ses précieux conseils qu'il trouve ici mes sincères remerciements

Ensuite, je tiens à remercier les membres du jury de thèse d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail

J'adresse mes sincères remerciements à Mme Nebih d'avoir accepté de présider le jury. J'exprime mes vifs remerciements à Mme Ammad, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Je remercie également Mme Djemai Yamina, technicienne du laboratoire de zoologie.

Dédicaces

Je dédie ce travail:

*A mon père Mohamed, je lui dédie avec fierté ce mémoire qui reflète le fruit de l'éducation et l'attention qu'il ma tant réservé, je suis très reconnaissante et j'aurai aimé de partager la joie de ma réussite avec lui
A ma mère Fatma Zohra qui ma supportée et ma aidée dans les pires moments, car tu as toujours crue en moi, je suis que suis maintenant ;*

Merci Maman ...

A mes sœurs : Hanane et son mari Amine, Basma

A mes frères : Mohamed et sa femme Aziza, Yacine pour leur soutien et leur amour, sans oublier Nouh et Yasser

A mes tantes : Samia et son mari Mustapha, Souhila et son mari Salim, Farida et son mari Hamide,

*A mon oncle Nacer, Mohamed, Youcef, Samir et Lyesse
Abdeslam et sa femme Bahia*

A Tous mes enseignants de phytopharmacie appliquée

En particulier Mr DJAZOULI ZE. et Mr AROUN M.

Tous mes amis et collègues

*A Mes collègue de phytopharmacie appliquée en particulier AIT IALEFF
K., Ghermache L. et Fatima*

A Meriem, Amira, Imene, Hayet, Nabila, Warda, Selma et Wissem

Et enfin, A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, je vous dis merci.

SOMMAIRE

Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I: Ravageurs des denrées stockées et plante à effet biocide	
1	Importance des denrées stockées..... 2
2	Les ravageurs des denrées stockées..... 2
2.1	Les ravageurs primaires..... 2
2.2	Les ravageurs secondaires..... 4
2.3	Présentation de <i>Tribolium castaneum</i> 7
2.4	Méthodes de lutte dans les denrées stockées..... 9
3	Présentation de <i>Schinus molle</i> 11
4	Importance de la formulation de bioproduit inerte..... 14
CHAPITRE I: Matériel et méthodes	
1	Objectif..... 16
2	Matériels d'étude..... 16
3	Méthodes d'étude..... 17
4	Analyse statistique des données..... 20
CHAPITRE III: Résultats	
1	Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations de <i>Schinus molle</i> 21
2	Estimation de la mortalité corrigée des différentes phytopréparations de <i>Schinus molle</i> 25
3	Tendance de l'activité bioinsecticide des différentes phytopréparations de <i>Schinus molle</i> 31

4	Etude comparée de l'activité bioinsecticide des différentes phytopréparations de <i>Schinus molle</i>	33
---	---	----

CHAPITRE IV : Discussion générale

1	Evaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles <i>Schinus molle</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	36
2	Evaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles <i>Schinus molle</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> selon les stades phénologiques de <i>Schinus molle</i>	37
3	Evaluation de l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles <i>Schinus molle</i> par contact et par effet résiduel sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	38
	Conclusion et perspectives	39

Références bibliographiques

Liste d'abréviation

%	pourcentage
°C	Degré Celsius
ACP	Analyse en Composantes Principales
Av. J.-C.	Avant Jésus-Christ.
C. C. G.	Commission Canadienne des Grains
CCLS	Coopérative des Céréales et des Légumes Sec
D	Dose
EB	Extrait aqueux brut
F	Formulation
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).
Fig.	Figure
G.L.M	Modèle linéaire globale
Gr	Gramme
H	Humidité
H	heures
Kcal	Kilocalories
M	pourcentage des morts dans la population traité
MA	Matière active
MC	Mortalité corrigée
Mt	pourcentage des morts dans la population témoin
S.	<i>Schinus</i>
SF	Stade floraison
SN	Stade nouaison
T.	<i>Tribolium</i>
T°	Température
Tr/min	Toures par minute

Liste des figures

Figure 1 :	<i>Sitophilus granarius</i>	3
Figure 2 :	<i>Rhyzopertha dominica</i>	4
Figure 3 :	<i>Sitotroga cerealella</i>	4
Figure 4 :	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	5
Figure 5 :	<i>Trogoderma granarium</i>	6
Figure 6 :	<i>Pyralis farinalis</i>	6
Figure 7 :	Les différentes formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i>	8
Figure 8 :	Les grains infestés par <i>Tribolium castaneum</i>	9
Figure 9 :	<i>Schinus molle</i>	12
Figure 10 :	Arbre âgé de <i>Schinus molle</i>	16
Figure 11 :	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	17
Figure 12 :	Matériels de préparation d'extraction des extraits aqueux.....	17
Figure 13 :	Schéma du dispositif expérimental des applications biocides sur les individus adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	19
Figure 14 :	Evaluation temporelle de la mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes formulations du stade floraison.....	22
Figure 15 :	Evaluation temporelle de la mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes formulations du stade nouaison.....	23
Figure 16 :	Evaluation temporelle de la mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet résiduel des différentes formulations du stade floraison.....	24
Figure 17 :	Evaluation temporelle de la mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet résiduel des différentes formulations du stade nouaison.....	25
Figure 18 :	Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes formulations du stade floraison.....	26
Figure 19 :	Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> par contact des différentes formulations du stade nouaison.....	27
Figure 20 :	Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet résiduel des différentes formulations du stade floraison.....	29
Figure 21 :	Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet résiduel des différentes formulations du stade nouaison.....	30
Figure 22 :	Projection des mortalités corrigées par contact sur les deux axes de l'A.C.P	31
Figure 23 :	Projection des mortalités corrigées par effet résiduel sur les deux axes de	

	l'A.C.P.....	32
Figure 24 :	Test post Hoc pour le facteur temps.....	33
Figure 25 :	Test post Hoc pour le facteur formulation.....	34
Figure 26 :	Test post Hoc pour le facteur doses.....	34
Figure 27 :	Test post Hoc pour le facteur stade phénologique.....	35

Evaluation de l'activité insecticide des formulations élaborées à base d'extrait aqueux de *Schinus molle*

Résumé

Les extraits de plantes et leurs constituants ont une longue histoire comme des bioinsecticides. L'étude a porté sur l'effet insecticide des phytopréparations à base des extraits aqueux des feuilles de *Schinus molle* prélevées durant les stades phénologiques floraison et nouaison l'égard de *Tribolium castaneum* ravageur des denrées stockées. Trois doses ont été testées 0,5 %, 1%, 2% concernant les phytopréparations formulées et brutes. Les observations ont été après 30min, 1h, 3h, 5h, 8h, et 24 heures. Les résultats obtenus révèlent que l'effet toxique des extraits aqueux brut présente une efficacité moyenne sur les adultes des *T. castaneum* après 24 heures de l'application des traitements par effet contact par rapport à l'effet résiduel qui nous montre une efficacité moindre. L'effet des deux phytopréparations formulées -Formulations- à base d'extrait aqueux des feuilles de *S. molle*, montre une mortalité élevée sur les adultes de *T. castaneum* par rapport à l'extrait aqueux brut. Cette discrimination d'effet serait due à l'utilisation des différents adjuvants qui permettent l'augmentation de la toxicité du principe actif. La mortalité signalées chez les adultes de *Tribolium castaneum* sous effet des extraits aqueux bruts et formulés des feuilles de *S. molle* exposent une différenciation d'effet entre les deux stades floraison et nouaison. Nos résultats montrent que ces phytopréparations génèrent un effet toxique par contact et par effet résiduel dans le stade floraison par rapport au stade nouaison. Les résultats obtenus montrent que les extraits aqueux des plantes en combinaison avec des adjuvants en plus de son action biopesticide, ils pourraient être envisagés comme moyen de lutte efficace contre les bioagresseurs des denrées stockées.

Mots clés:

Adjuvants, bioinsecticide, extraits aqueux, formulations, *Schinus molle*, stades phénologiques, *Tribolium castaneum*.

Evaluation of the insecticidal activity of the formulations developed on the basis of aqueous extract of *Schinus molle*

Abstract

The extracts of plants and their constituents have a long history as bioinsecticides. The study has focused on the effect insecticide of plants-preparations on the basis of the aqueous extracts of leaves of *Schinus molle* Collected during phenological stages flowering and fruit against *Tribolium castaneum*, pest of stored foodstuffs. Three doses were tested 0.5%, 1%, 2%, concerning the plant-preparations formulated and crude. The observations were after 30 min, 1h, 3h, 5h, 8h, and 24 hours The results obtained reveal that the toxic effect of the aqueous extracts has an average efficiency on Adults of *T. castaneum* after 24 hours of application of treatments by contact effect comparison to the residual effect, which shows us a lower effectiveness. The effect of the two plants-preparations formulated (Formulations) on the basis of aqueous extract of the leaves of *S. molle*, shows a high mortality on Adults of *T. castaneum* by report to the aqueous extract crude. This discrimination of effect would be under using of different adjuvant that helps to increase the toxicity of the active principle. The mortality adults of *Tribolium castaneum* under effect of aqueous extracts from the leaves of *S. molle* crude and formulated expose a differentiation of effect between the two stages of flowering and fruit set. Our results show that these plants-preparations have a toxic effect by contact and residual effect in the flowering stage in relation to stage fruit set. The results obtained show that the aqueous extracts of plants in combination with adjuvant in addition to its action biopesticide, they could be considered as effective means of combating the bioagresseurs of stored foodstuffs.

Key words:

Adjuvant, aqueous extracts, bioinsecticide, formulations, phenological stages, *Schinus molle*, *Tribolium castaneum*.

تقييم نشاط مبيدات الحشرات حضرت من مستخلصات مائية لأوراق *Schinus molle*

الملخص

إن المستخلصات النباتية ومكوناتها لها تاريخ طويل كمبيدات حشرات طبيعية. وقد ركزت هذه الدراسة على تأثير مبيد حشري طبيعي من مستخلصات مائية للأوراق *Schinus molle* على *Tribolium castaneum*، آفة المواد الغذائية المخزنة. هذه الأوراق تم جمعها خلال مرحلة الإزهار وعقد الثمار. ثلاث جرعات تم اختبارها 0.5%، 1%، 2%، من مستخلص مائي خام ومركب. وكانت الملاحظات بعد 30min، 1H، 3H، 5H، 8H، و 24 ساعة. أظهرت النتائج أن التأثير المستخلص المائي الخام له فعالية متوسطة عبر الاتصال المباشر مع *T castaneum* بعد 24 ساعة من تطبيق العلاجات مقارنة مع التأثير المتبقي للمستخلص مما يظهر لنا فعالية أقل. أما تأثير المستخلصات المائية المركبة اظهر ارتفاع معدل الوفيات *T.Castaneum* بالمقارنة مع المستخلص المائي الخام. وهذا التمييز في المفعول ناتج عن استخدام مواد مساعدة مختلفة تدخل في تركيب هذا المبيد مما تساعد على زيادة فعاليته. كما أبدت نفس النتائج أن تأثير مستخلص المائي من أوراق *S. molle* مركب و خام يكون جد فعال خلال الاتصال المباشر والتأثير المتبقي له في مرحلة الإزهار. و قد أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المستخلصات المائية للنباتات مركبة مع مساعدات بالإضافة إلى عمل المبيدات الحيوية فأنها يمكن أن تكون وسيلة جد فعالة لمكافحة آفات المواد الغذائية المخزنة.

الكلمات الدالة:

المستخلصات المائية، المراحل الفيزيولوجية، مبيد حشري، طبيعي، مساعد، المستخلصات المائية المركبة، *Schinus molle*، *Tribolium castaneum*

Introduction

Les céréales constituent les aliments de base des populations en Afrique de l'Ouest et en zone sahélienne en particulier (**Neethirajan et al., 2007**). Elles occupent environ 80% de la superficie agricole de l'Algérie (**Djermoun, 2009**). Leurs graines constituent, depuis toujours, la principale ressource alimentaire de l'homme et possèdent un pouvoir nutritionnel important. Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage. Malheureusement, de nombreux agents de détériorations sont la cause de la perte d'une grande partie des récoltes de céréales.

Ces pertes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens. Les coléoptères sont les plus fréquents dans les céréales stockées parmi eux, *Tribolium* rouge de la farine *Tribolium castaneum* qui représente le nuisible le plus important des ravageurs des denrées stockées. Il peut causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (**Fleurat-lessard., 1994**).

Les insecticides chimiques sont les plus efficaces et utilisables comme méthode de protection contre les ravageurs des denrées stockées. Mais leur utilisation excessive provoque l'apparition de phénomène de résistance et interfère avec la santé humaine (**Léonard., 2004**). Face à ces problèmes, la nécessité de développement des nouvelles stratégies de lutte pour minimiser les dégâts des ravageurs et l'utilisation des produits chimiques de synthèse, les chercheurs s'orientent vers le développement de bioproduits d'origine végétale comme source potentielle de molécules naturelles bioactives et comme produit alternative.

Ce travail vise à étudier l'activité insecticide des phytopréparations à base des extraits aqueux des feuilles de l'Anacardiaceae *Schinus molle* prélevés aux stades phénologique (floraison et nouaison) à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* par contact et par effet résiduel. L'étude vise à répondre à certaines questions hypothèses à savoir : (i) L'accumulation des molécules bioactives dans les tissus végétaux est-elle en relation avec stade phénologique de la plante ? (ii) L'utilisation des adjuvants peuvent améliorer l'action biologique (insecticides, bactéricide, fongicide.....) des extraits bruts de plante ? (iii) Est-ce que le mode d'apport des phytopréparations contribue à augmenter l'efficacité des matières actives ?

1. Importance des céréales stockées

Les denrées stockées constituent le groupe de produits agricoles les plus échangés sur les marchés internationaux (**Delimi et al., 2013**). Ils sont très importants comme aliments de base dans plusieurs pays. Ces dernières sont représentées en particulier par les céréales, principalement par le riz, le maïs, et le blé (**Nanfack et al., 2015**), et leurs dérivés.

La population algérienne est caractérisée par un mode alimentaire basé essentiellement sur la consommation des céréales sous toutes leurs formes (pain, pâtes alimentaires, couscous, galettes de pain, etc.). En 2003, les céréales constituaient 54% des apports énergétiques et 62% des apports protéiniques journaliers dans le modèle de consommation alimentaire algérien (**Boussard et Chabane, 2011**). Alors que d'après **Djermoun (2009)**, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. Cet auteur précise également qu'au cours de la période 2001-2003, les blés représentés un apport équivalent à 1505 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide / personne /J.

Mais, les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), rapportées par **Bounechada et Arab (2001)**, montrent que les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale des céréales. De ce fait, on se trouve dans l'obligation de lutter contre les ravageurs qui sont en compétition alimentaire avec l'espèce humaine (**Delimi et al., 2013**).

2. Les insectes ravageurs des céréales stockées

Ils appartiennent aux ordres des Hémiptères, Orthoptères Isoptères, Lépidoptères et Coléoptères (**Mallamaire, 1965**). Mais, les deux derniers ordres comprennent la majorité des espèces nuisibles inféodées aux stocks (**Fleurat-Lessard, 1982**), qui sont représentés par des ravageurs primaires que secondaires.

2.1. Les ravageurs primaires

Les insectes ravageurs primaires vivent à l'intérieur des graines, s'en nourrissent et s'y reproduisent. Ils attaquent directement les graines sèches et en bon état de conservation (**Vogrincic, 2004**)

2.1.1. Le charançon des grains : *Sitophilus granarius*

L'adulte (fig.: 1.a) est brun foncé, caractérisé par un rostre bien visible légèrement recourbé, équipé de pièces buccales broyeuses. Le prothorax est aussi long que l'abdomen dont les élytres sont rainurés. Il mesure 3,5 à 5 mm et

ne vole jamais (absence d'ailes postérieures membraneuses). Sa larve (fig. : 1.b) de 2,5 à 3 mm de longueur est blanche, à tête brun clair et sans pattes (**Anonyme a, 2017**).

Le charançon des grains est une espèce cosmopolite qui peut réduire considérablement les rendements par les importants dommages occasionnés aux grains récoltés et stockés sous différentes formes (**Yildirim et al., 2012**).

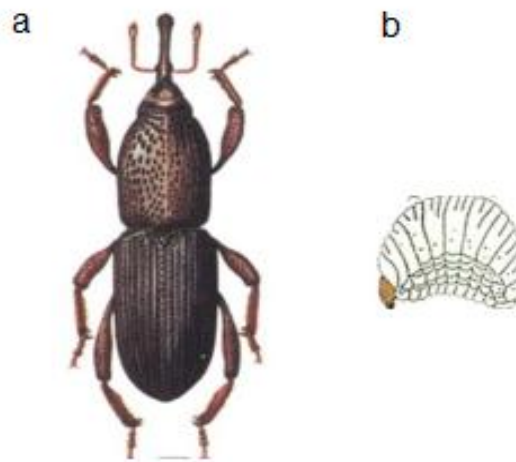
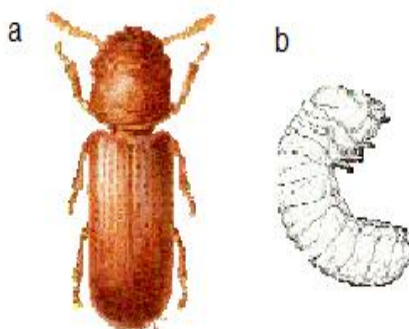


Figure 1 : *Sitophilus granarius* (Fleurat-Lessard, 2012)

a : adulte ; b : larve

2.1.2. Le capucin des grains: *Rhyzopertha dominica*

C'est un coléoptère dont la jeune larve est blanchâtre avec une tête jaune. Au terme de son développement, elle mesure presque 3 mm de long (fig.: 2.a). Les adultes sont à corps légèrement incurvé, à cuticule de couleur brune, brun-rouge ou même noire, revêtue de soies brun pâle. Les mandibules sont plus foncées, armées de 3 dents distinctes (fig.: 2.b) (**Bijlmakers et Verhoek, 1995**). Le capucin s'attaque aux céréales, mais également au manioc et à la patate douce. Ce sont surtout les adultes qui font des ravages en s'attaquant au germe et à l'albumen qu'ils réduisent en farine (**Aydani, 2015**).



Figures 2 : *Rhyzopertha dominica* (Siaussa, SD)

a : adulte ; b : larve

2.1.3. L'alucite des céréales: *Sitotroga cerealella*

C'est l'un des ravageurs les plus redoutables dans les systèmes de conservation traditionnels en Afrique (**Adjalian et al., 2014**). Ce lépidoptère de petite taille dont l'adulte ne mesure que 1 à 1,4 cm, possède des ailes postérieures avec une frange de soie marginale plus longue que la demi-largeur de l'aile (fig. :3.a), les larves ont de couleur jaune à des pièces buccales broyeuses (fig. :3.b).

Ses dégâts se reconnaissent par les trous de sortie circulaires de petite taille munis ou non de leur opercule, laissés sur le grain par l'adulte (**Seck, 1989**).

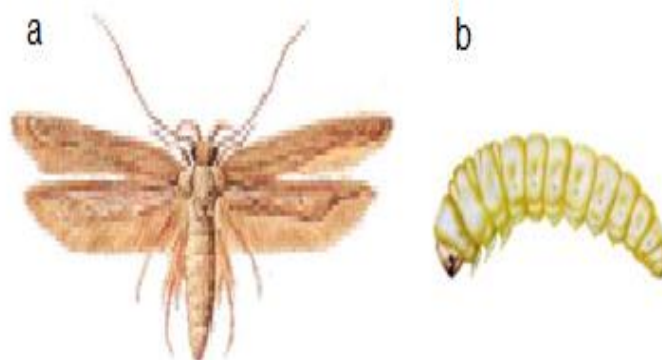


Figure 3 : *Sitotroga cerealella* (Fleurat-Lessard, 2012)

a : adulte ; b : larve

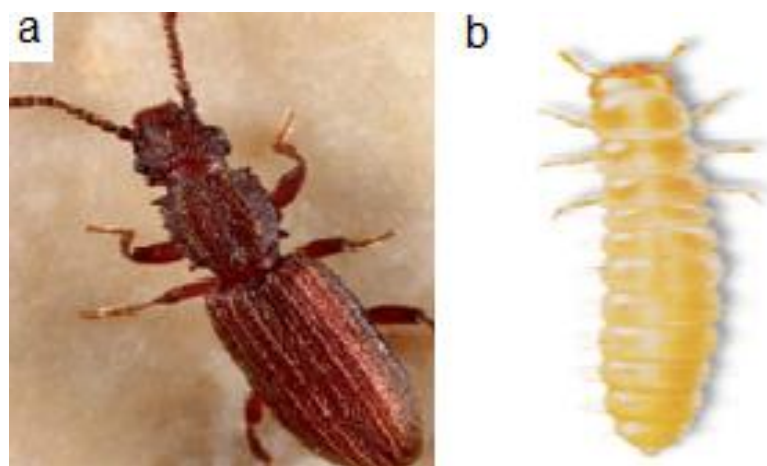
2.2. Les ravageurs secondaires

Leurs attaques suivent celles des ravageurs primaires. Ils se nourrissent de graines cassées et d'enveloppes de graines cassées (**Groot, 2004**).

2.2.1. Le sylvain des grains : *Oryzaephilus surinamensis*

C'est un ravageur qui s'attaque notamment aux noix, amandes, fruits à coquilles endommagés ou aux germes des céréales entreposées et les produits à base de céréales. L'adulte, long de 1,7 à 3,3 mm est de couleur brun foncé à pilosité dorée. Il se reconnaît très facilement, parmi les autres insectes des denrées, à son thorax orné latéralement de fortes dents (fig.: 4.a). La larve primaire d'environ 1 mm et la larve adulte entre 3 à 4 mm, de couleur jaune et brillanté (fig.: 4.b) (Maughan, 2012).

Sa température optimale de développement comprise entre 30 et 33 °C, permet l'apparition d'une autre génération d'adultes en 20 jours. Ils ne peuvent plus se reproduire en dessous de 21 °C (Delot, 2014)



Figures 4 : *Oryzaephilus surinamensis* (Maughan, 2012)

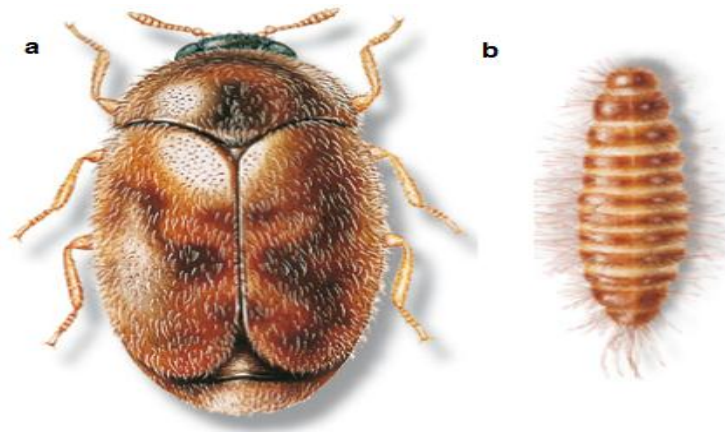
a : adulte ; b : larve

2.2.2. Le Trogoderma des grains: *Trogoderma granarium*

C'est un ravageur cosmopolite qui provoque des dégâts très importants sur les grains amylicés (Mallamaire, 1965), qui sont vidés entièrement de leur albumen lors des attaques, (Faouzi, 2014)

Les adultes sont de petits coléoptères, longs de 2 à 3 mm, à corps ovale, de couleur brun foncé, marbrée de noir (fig.: 5.a) (Bijlmakers et Verhoek, 1995).

Les larves sont de couleur jaunâtre, mesurent jusqu'à 2 mm (fig.: 5.b). Elles peuvent se conserver dans les matériaux d'emballage ou les structures des entrepôts (Anonyme, 2012).



Figures 5: *Trogoderma granarium* (Anonyme, 2017)

a: adulte ; b : larve

2.2.3. La pyrale de la farine: *Pyralis farinalis*

La pyrale de la farine appartient à l'ordre des Lepidoptera, la famille des Pyralidae. Les adultes sont relativement grands, mesurent 22 à 30 mm d'envergure et 7,5 à 15 mm de longueur. Leur ailes antérieures sont pâles, bordées de rougeâtre dans leurs portions basale et apicale. La plage centrale est lisérée de chaque côté par une ligne sinueuse blanche (fig.: 6.a) (C. C. G., 2017). Les chenilles sont blanchâtres avec la capsule céphalique et le segment prothoracique foncés (fig.: 6.b).

C'est un des ravageurs les plus nuisibles des produits céréaliers. Il préfère les grains cassés ou endommagés, en particulier les produits à base de céréales moulues comme la farine. Il s'attaque rarement au grain entier (Karren, 2000).



Figures 6 : *Pyralis farinalis* (Abramson et al., 2001)

a : adulte ; b : larve

2.3. Présentation de *Tribolium castaneum*

2.3.1. Caractéristiques généraux des Ténébrionidae

Les Ténébrionidae sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 70 mn, de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides noire mat ou luisant, de teinte sombre et des yeux généralement grands, ovales ou rondes chez certaines sous familles, les antennes sont composés de 11 articles , aptères ou ailées. **(Balachowsky, 1962)**.

2.3.2. Classification de *Tribolium castaneum*

Ce coléoptère de la famille des Ténébrionidae est communément connu sous le nom de Tribolium rouge de la farine **(Sreeramoju et al., 2016)**.

Le Tribolium est de sous ordre Polyphaga et de sous famille Ulominae. Il appartient genre tribolium qui se compose de petite coléoptères leurs tailles varie de 3 à 4 mm et de couleur brune plus ou moins foncé **(Balachowsky, 1963)**.

2.3.3. Biologie

Cette espèce très prolifique dont les femelles pondent 300 à 400 œufs dans la farine ou d'autres aliments pendant cinq à huit mois, à raison de deux à trois œufs par jour. Ces œufs cylindriques, éclosent 5 à 12 jours après la ponte. Les larves blanchâtres, présentent une durée de développement qui varie de 22 à plus de 100 jours. Les adultes émergent une semaine après la nymphose.

Ce coléoptère dont le cycle de vie dure 7 à 12 semaines et la longévité des adultes peut dépasser 3 ans, ne se développe que pour des températures supérieures à 18°C, avec une température optimale préférentielle d'environ 30°C **(Bunette, 2003)**.

Le développement de l'œuf à l'adulte est bouclé en 28 jours à une température de 31°C et une humidité de 15 % **(Aidani, 2015)**.

2.3.4. Les différents stades des *Tribolium castaneum*

L'œuf *T.castaneum* est de couleur blanche, presque transparent (fig. : 7.a), de surface lisse recouverte d'une substance visqueuse, il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm **(Lepesme, 1944)**.

La larve (fig. : 7.b) est vermiforme, allongé et cylindrique. Elle porte quelque fin et longue soie jaunâtre plus nombreuse sur le neuvième segment abdominal, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm **(Lepigre, 1966)**

La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. Elle reste sans protection et est incapable de se déplacer (fig. : 7.c) **(Balachowsky, 1963)**

L'adulte à corps plat et allongé, de couleur brune, mesure de 3 à 4 mm de long. Ces antennes ont les 3 derniers articles bien plus développés (fig.: 7.a). La larve est blanche avec des bandes brunes (fig.: 7.d) **(Ndiaye, 1999).t3ii**

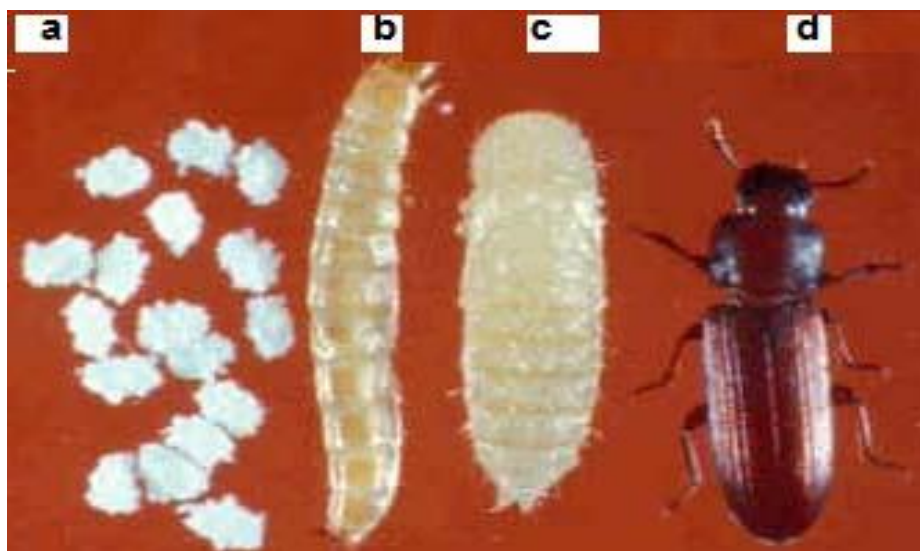


Figure 7 : Les différentes formes biologiques de *Tribolium castaneum*
(Anonyme d, 2017)

a : œufs ; b : larve ; c : nymphe ; d : adulte

2.3.5. Les dégâts

Tribolium castaneum se reproduit dans les grains endommagés, les poussières de grain, les grains de blé à haute humidité, de la farine **(Bunette, 2003)**. Il s'attaque au riz, blé, maïs, orge et tous les produits sous forme de farine **(Delobel et Trane, 1993)**. Les adultes sécrètent une substance nauséabonde, riche en quinones qui communique au lot infesté une odeur particulièrement désagréable **(Kassemi, 2015)**.

Selon **Fleurat Lessard (1991)**, les pertes pondérales sont plus importantes que le lot infesté avec un pourcentage élevé en grains cassés, aussi bien la diminution de la valeur commerciale par la présence d'exuvies et de cadavres.



Figure 8 : Les grains infestés par *Tribolium castaneum* (C.C.G., 2017)

2.3.6. Les ennemies naturelles

Certains arthropodes particulièrement les acariens, tels que *Pediculoides ventricosus* et *Acarophenax tribolii*, tendent à limiter l'activité de *Tribolium castaneum*, deux hyménoptère de la famille des bethylides parasitant les larves sont *Rhabdepyris zea* et *Sleroderma immigrans* (Lepesme, 1944).

2.4. Méthodes de lutte

La diversité des méthodes de lutte dans les denrées stockées est en fonction de la cible et du degré de contamination (Faouzi, 2014).

2.4.1. Lutte préventive

Elle consiste à lutter contre les ravageurs des denrées stockées avec des méthodes traditionnelles, comme l'utilisation des pièges qui permettent de surveiller l'apparition des infestations, d'estimer leur évolution afin de contrôler l'efficacité des mesures prises dans le but de diminuer les dégâts occasionnés par les ravageurs.

Il est signalé par Athmani (2008) que les pièges à phéromone sexuelle ou d'agrégation sont utilisés massivement dans les petits stocks contre les mites de la farine et les teignes des grains. Comme, on peut utiliser des variétés résistantes aux différentes attaques des insectes de stock, ainsi que les pièges lumineux pour déterminer les risques et les niveaux d'infestation des lépidoptères, des alucites et en général de tous les insectes ailés.

2.4.2. Lutte curative

2.4.2.1. Lutte physique

Elle consiste à l'exposition des populations d'insectes aux radiations. La technique la plus utilisée consiste en une irradiation à forte dose pour tuer tous les stades de développement de l'insecte et des doses plus faibles pour les stériliser (**Nanfack et al., 2015**).

Le froid et la chaleur peuvent également perturber le comportement du ravageur. Il est signalé que les températures au-dessous de 10°C et celles comprises entre 60°C et 180°C provoquent des perturbations physiologiques, métaboliques même la mort des insectes (**Siaussa, Sd. Athmani (2009)**), rapporte également qu'une température de 60°C pendant 3 minutes entraîne la mortalité de *Trigoderma granarium* et *Rhyzopertha dominica*.

2.4.2.2. Lutte mécanique

Le transilage est utilisé comme méthode de lutte mécanique. Il consiste à faire circuler les grains d'une cellule de stocke à une autre, afin de permettre l'aération des grains par simple contact de l'air avec la surface de tas, de même que la ventilation qui permet d'éliminer les adultes (**Athmani, 2008**).

2.4.3. La lutte chimique

C'est la méthode la plus répandue actuellement. Elle consiste à employer des pesticides pour lutter contre les déprédateurs. Largement répandue en raison de son efficacité. Cependant, elle doit être appliquée avec discernement en raison des risques de toxicité qu'elle peut faire engendrer aux consommateurs (**Athmani, 2008**). Deux types de traitement sont employés, par pulvérisation directe des insecticides qui pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule et par fumigation qui consiste à utiliser des gaz toxiques pour désinsectiser des denrées stockées (**Chmp et Dyte., 1976**).

Les insecticides à substances actives autorisées pour le traitement des grains tels que les organo-phosphorés ou les pyréthrinoïdes comme le pyrimiphos-méthyl (pirigrain®, actellic®), le chlorpyrifos (nuvagrain®, reldan®), la deltaméthrine (K-obiol®) et la cyperméthrine (talisma®) préservent les graines pendant plusieurs mois (**Fleurat-Lessard, 2010**).

2.4.4. Lutte biologique

Ce mode de lutte s'articule sur l'utilisation de biopesticides tels que les prédateurs, les micro-organismes entomophages et les extraits aqueux et les huiles essentielles des plantes.

Les composés secondaires des plantes sont réputés pour leurs propriétés pharmacologiques, l'homme s'intéresse également à leurs autres activités biologiques (**Auger et Thibout ,2002**). En particulier, ces composés secondaires sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre divers organismes comme les pathogènes et les ravageurs. La toxicité de certaines plantes permet de classer ces dernières comme bio insecticides. Elles peuvent être appliquées soit sous la forme de plante entière ou seulement de feuilles, de grains, de solution aqueuse ou de bioproduits formulés.

2.4.4.1. Les extraits aqueux

Le concept de « biopesticide » n'est pas nouveau. Dès le 7^e siècle av. J.-C., des fermiers chinois utilisaient des plantes comme *Illicium lanceolatum* pour protéger leurs cultures contre les insectes (**Leng et al., 2011**)

D'après **Groot (2004)**, l'utilisation des feuilles intactes de *Hyptis spicigera* et de *Cassia nigricans* dans les stocks des légumineuses attaquées par la bruche de l'haricot sert à diminuer la densité de cet insecte et empêcher son installation dans les stocks au Burkina Faso. La poudre de feuilles de lilas de Perse, *Melia azedarach* est également utilisée afin de protéger les produits céréaliers contre le charançon du blé.

Des études sur les extraits aqueux des feuilles de *Azadirachta indica* sont utilisées contre les insectes des denrées stockées, plusieurs études montrent que cette plante est très efficace contre *Sitophilus granarium* (**Isman, 2006**).

Il est signalé par **Toumou et al. (2012)**, que l'activité insecticide effectuée avec les extraits aqueux de poudre de *Trichilia gilgiana* ont montré une efficacité sur *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum*. Aussi pour l'extrait aqueux des feuilles fraîches de *Hyptis suaveolens* montre une réduction de 50% du taux de ponte des bruches de niébé *Vigna unguiculata* (**Kossou et al., 2007**).

Kassemi (2015) rapporte que l'extrait aqueux de poudre du *Nepeta nepetella* exerce une toxicité sur *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* ravageurs des denrées stockées par une diminution de la fécondité.

Guèye et al. (2011), montrent qu'au Sénégal, *Beauveria bassiana* provoque une forte mortalité larvaire de *Prostephanus truncatus*. Au Burkina, ils ont constaté que l'introduction des feuilles de *Boscia senegalensis* dans les greniers provoque une toxicité aussi bien pour les bruches *Callosobruchus maculatus* que *C. rhodesianus*, au cours des trois premiers mois de stockage.

3. Présentation de *Schinus molle*

Le développement de nouvelles substances à effet biocide d'origine végétale a permis de sélectionner de nombreuses plantes, telles que celles de la famille des Anacardiacees dont les métabolites secondaires sont utilisés dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées, dans le cadre de la recherche

de méthodes alternatives pouvant réduire l'utilisation et les risques résiduels des produits phytosanitaires de synthèse.

3.1. Origine et classification

Les espèces de la famille des Anacardiaceae reconnues pour la bonne qualité de leur bois, sont généralement trouvées dans les régions tropicales et subtropicales (**Orwa et al., 2009**).

C'est un arbre originaire d'Amérique du Sud, des Andes péruviennes, a été introduit dans la région méditerranéenne. Cette famille est composée de 73 Genres, comprenant environ 850 espèces, entre les arbres et arbustes, dont le genre *Schinus* (**Silva et al., 2015**), qui est représenté par 2 principales espèces, *S. molle* et *S. Terebinthifolius*.

3.2. Description de *Schinus molle*

C'est un arbre à racines peu profondes (**Orwa et al.,2009**), à feuillage persistant, de 6 à 8 m de hauteur, qui atteindrent 15 m de hauteur. Son tronc est court, à écorce brun foncé (fig.: 9.a), très collante. Ses feuilles composées de 20 à 40 folioles de couleur vert jaunâtre et linéaires, d'odeur poivrée sont longues de 15 à 30 cm (fig.: 9.b) (**Huerta et al., 2010**).

Les fleurs unisexuées, suspendues en panicules peuvent atteindre 30 cm de long. Leurs pétales longs d'environ 2 mm, sont disposés de grappes pendantes de minuscules fleurs jaune pâle qui se développent en donnant des grappes de baies roses. Plus l'arbre contient de fleurs femelles, plus il développe de baies. Certains arbres ont plus souvent des fleurs mâles et n'ont pratiquement aucune odeur poivron (**Orwa et al.,2009**).

Les fruits sont de petites baies à une ou deux graines rondes, de couleur qui vire du vert au rouge puis au noir (fig.: 9.c). Le nom commun «poivrier» est due au fait que les fruits contiennent des graines avec un goût piquant, utilisé pour l'assaisonnement. La pulpe est mince et coriace. Elle a un goût sucré et contient des huiles aromatiques (**Joker et al., 2000**).

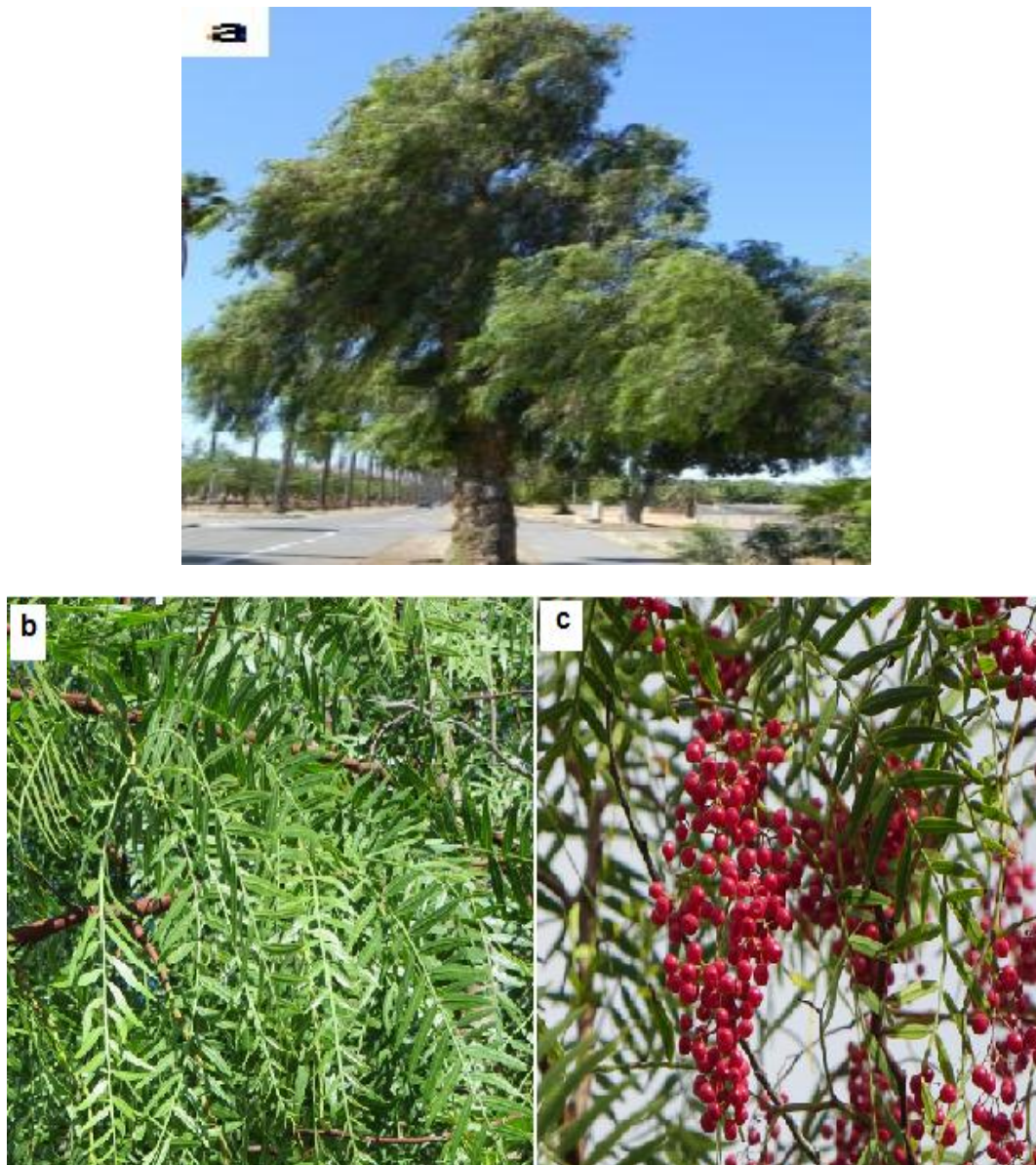


Figure 9 : *Schinus molle* (Anonyme c, 2017)

a : arbre de *Schinus molle* ; b : les feuilles ; c : les fruits

3.3. Biotope

L'aire de répartition naturelle est la région des Andes, principalement au Pérou. On le trouve à des altitudes allant jusqu'à 3900 mètres, dans les zones où les précipitations varient entre 300-700 mm/an. Il tolère les hautes températures, résistant à la sécheresse et au gel, mais pour des courtes périodes.

C'est une espèce pionnière à croissance rapide, on la trouve typiquement dans les zones tropicales, aux bordures des routes et des terres agricoles. Il pousse bien sur les sites et les pentes caillouteuses. Il préfère les sols sableux, bien

drainés. Il tolère la plupart de type de sol, la salinité et l'alcalinité (**Joker et al., 2000**).

3.4. Composition chimique

S. molle contient principalement dans les feuilles et les fruits des substances actives, comme les terpènes, principalement des mono- et sesquiterpènes, des tanins, des saponines, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des gommes, l'acide linoléique et l'oléorésine (**Huerta et al., 2010**).

Des études réalisées par **Deveci et al. (2010)** mentionnent que les principaux composants des extraits aqueux des feuilles de *S. molle* sont l'Itacadinene (11,28%) et l'Alpha-cadinol (10,77%), le Germacrène D (20,77%) et le Betaceryophyllene (13,48%), alors que les huiles essentielles des feuilles se composent de 24 composants, dont les plus dominants sont le Delta-Cadinene (11.28%) et l'Alpha-Cadinol (10.77%).

3.5. Utilisation

C'est une plante utilisée comme essence d'alignement de bordure des routes et dans les jardins, comme un arbre d'ombrage (**Ibrahim et Al-Nacer, 2014**). Il est planté pour la conservation des sols, l'amélioration des sols et en brise-vent. Bien que l'arbre est persistant et garde environ 75% de son feuillage toute l'année, les feuilles mortes, les branches et les fruits contribuent de manière significative à la fertilité des sols (**Joker et al., 2000**). Le bois est utilisé pour le chauffage et bois de charbon (**Orwa et al., 2009**).

Dikshit et al. (1986) montrent que les huiles essentielles sont toxiques pour *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas savastano*, *Fusariumsolani* *Rhizoctoniasolani*. De même, **Silva-Júnior et al. (2015)** précisent que les extraits à l'hexane des feuilles et des fruits sont efficaces contre les œufs et les nymphes de *Triatoma infestans* et que les huiles essentielles de feuilles peuvent avoir un effet insectifuge efficace et inhibiteur de la faim chez *Sitophilus oryzae* et insecticide contre *Trogoderma granarium*.

Plusieurs études pharmacologiques menées avec leurs extraits aqueux montrent qu'ils exercent plusieurs effets biologiques tels que hypotenseur (**Bello et al., 1996**), antifongiques contre *Candida albicans* et *Trichophyton mentagraphytes* (**Quiroga et al., 2001**), Antitumorale (**Ruffa et al., 2002**), anti-inflammatoires (**Yueqin et al., 2003**), antispasmodique (**Bello et al., 1998**) et analgésique (**Barrachina et al., 1997**). Les études réalisées par **Huerta et al. (2010)** montrent que les extraits aqueux de *S. molle* sont efficaces sur les adultes et les larves de *Xanthogaleruca luteola* provoquent 100% de mortalités.

4. Importance de la formulation de bioproduit inerte

La formulation des insecticides est un procédé physique, consistant à mélanger un ou plusieurs composés chimiques ayant une activité biologique avec

des produits inertes, de façon à lutter de manière efficace, rentable et moins dangereuse contre les ennemis des cultures **(Nguemtchouin, 2012)**.

Le développement de la formulation est un procédé important dont le succès dépend des facteurs suivants: la stabilisation des ingrédients actifs pendant la distribution et le stockage, la facilitation de la manipulation et de l'application du produit, ainsi que l'amélioration de l'activité des ingrédients actifs sur le terrain **(Adama, 2014)**. Elle comprend selon la nature chimique, la polarité et la structure des ingrédients de la formulation, généralement un ou plusieurs composés actifs et différents additifs comme l'eau, les solvants, les adjuvants et les conservateurs **(Ngakegni-Limbili, 2012)**.

Ainsi, d'après **Leon-Raul (2005)** l'utilisation des adjuvants est fondamentale dans l'amélioration de l'efficacité des produits phytosanitaires au niveau de la rétention et de l'augmentation de la surface de contact liquide-cuticule. Il précise que les tensioactifs représentent un des types d'adjuvant les plus utilisés dans le domaine phytosanitaire. Il distingue les co-formulants utilisés par le fabricant dans la formulation des préparations phytosanitaires et les tensioactifs utilisés par l'agriculteur sur les conseils du fabricant, afin d'améliorer les propriétés physicochimiques des produits pour faciliter la diffusion des matières actives dans la cuticule. Ainsi que le solvant, une substance qui a le pouvoir de former avec d'autres substances une solution homogène facilitant la solubilisation et la capacité de pénétration des matières actives.

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Objectif

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité biocide de différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux de *Schinus molle* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

2. Matériel d'étude

2.1 Matériels biologique

2.1.1. Origine du matériel végétal

Le matériel végétal, *Schinus molle* utilisé pour l'extraction des extraits aqueux et l'étude de leurs effets insecticides, est une plante arbustive aromatique et médicinale (Fig. 10), dont l'identification nous a été faite par Mme BEN MENNI Kenza, conservatrice au Jardin d'Essais d'El Hamma. Ce matériel a été récolté au niveau des allées du département des Biotechnologies de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Saad Dahleb Blida 1, en hiver pendant la phase nouaison et au printemps pendant la phase de floraison.



Figure 10: Arbre âgé de *Schinus molle* (originale, 2017)

2.1.2. Origine du matériel animal

Le matériel animal destiné à l'évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Schinus molle* est limité aux individus du *Tribolium* de la farine *Tribolium castaneum* (Coleoptera; Insecta) (Fig. 11) (Issu

de CCLS: Coopérative des Céréales et des Légumes Sec d'El Affroun) évoluant sur les graines de blé tendre *Triticum aestivum* L.



Figure 11: adulte de *Tribolium castaneum* (originale, 2017)

2.2. Autre matériels

Le protocole d'extraction, de formulation et d'application des extraits aqueux a nécessité l'utilisation d'une étuve, un broyeur, un agitateur à hélice, une micropipette, une centrifugeuse, de l'UltraTurrax IKA et des produits chimiques.

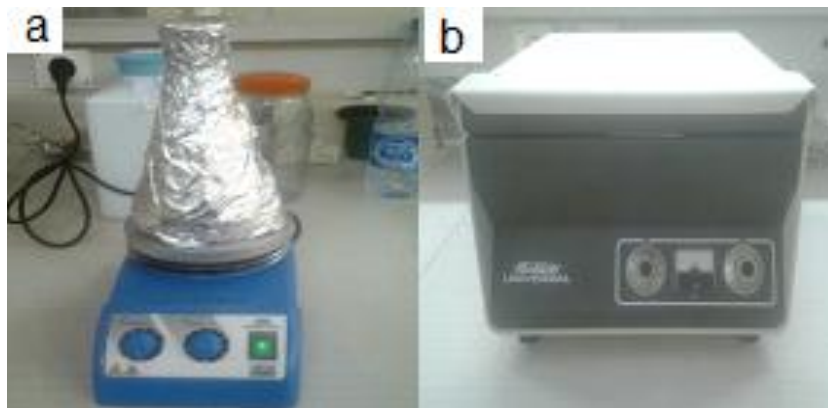


Figure 12: Matériels d'extraction des extraits aqueux (originale, 2017)

a : le mélange plant et eau distillé sur Agitateur à hélice ; b : la centrifugation de mélange

3. Méthodes d'étude

3.1. Elevage en masse de *Tribolium castaneum*

Selon la méthode décrite par **Laviolette et Nardon (1963)**, la production de masse de *Tribolium castaneum* a été réalisée dans des bocaux en verre (30x15) contenant de la farine dont l'ouverture est recouverte de tulle permettant la

respiration et inhibant la fuite des individus. Le dispositif d'élevage est installé dans une étuve ventilée à une température et humidité relative de 30°C et 70%.

3.2. Phytopréparations

3.2.1. Extraction des extraits aqueux

Les feuilles et les pétioles de la plante sont nettoyés avec l'eau et séchés pendant 24h dans une étuve ventilée à une température de 45 °C. Le matériel végétal séché est réduit en poudre fine et homogène grâce à un broyeur à hélice (Klein, Germany). Les extraits aqueux ont été préparés selon les méthodes décrites par **Roy et al. (2011)**. 37,5 g de poudre sont mélangés dans 350 ml d'eau distillée, et agité à froid pendant 72 heures, puis centrifugé pendant 15 minutes à 3500 tr/min. Le surnageant est considéré comme extrait aqueux brut des feuilles et pétioles de *Schinus molle* est récupéré et conservé à l'obscurité et à basse température dans des flacons de couleur sombre.

3.3.2. Formulation

On a réalisé les formulations sont préconisées dans le but d'optimiser l'activité biologique des extraits aqueux de *Schinus molle*. La formulation a été réalisée au niveau du laboratoire de phytopharmacie du Département des biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1.

-Formulation 1, a été préparée selon la méthode décrite par **Lesueur (2006)**. Elle est préparée par un mélange contenant 70% d'extrait aqueux et de 30% de solvant et d'émulsifiant.

-Formulation 2, a été préparée selon la méthode décrite par **Chaichi et Djazouli (2017)**. Elle est obtenue par l'utilisation d'extrait aqueux brut (60%) comme matière active auxquelles un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif sont ajoutés, après une agitation active à l'UltraTurrax IKA.

3.3. Application des bioproduits

3.3.1. Préparation des dilutions

Les tests d'efficacité sur les adultes de *Tribolium castaneum* ont été réalisés à trois doses $D_1 = 0,5 \%$, $D_2 = 1 \%$ et $D_3 = 2 \%$, à partir des deux formulations et de l'extrait aqueux brut de *Schinus molle*. Trois dilutions du bioproduit brut ont été réalisées en additionnant 1ml d'extrait aqueux brut à 200 ml, 100 ml et 50 ml d'eau distillé. Les mêmes dilutions ont été adoptées pour les phytopréparations formulées. Nous avons additionné 1ml la première formulation et témoin 1 (F_1 sans matière active) à 140ml, 70ml et 35ml d'eau distillé, et pour la deuxième formulation

3.4. Exploitation des résultats

3.4.1. Dénombrement

A l'aide d'une pince, on a estimé la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. Ces observations ont été faites après 30 min, 1 heure, 3 heures, 5 heures, 8 heures et 24 heures des traitements. Le temps d'exposition des individus de *T. castaneum* est limité à 24h afin d'éviter le facteur nutrition qui peut interférer avec la mortalité naturelle ou encore l'effet biocide des traitements. Le taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* est estimé en fonction du temps d'exposition et différentes doses appliquées D₁ (0.5%), D₂ (1%) et D₃ (2%) avec les dilutions.

3.4.2. Estimation de la mortalité corrigée

L'efficacité d'un produit est évaluée par la mortalité. Le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par une toxicité n'est pas le nombre réel d'individus tué par ce toxique. 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 (1925)**.

$$MC \% = (M - Mt \times 100) / (100 - Mt)$$

Avec :

MC : la mortalité corrigée

M : pourcentage des morts dans la population traitée

Mt : pourcentage des morts dans la population témoin

4. Analyse statistique des données

L'analyse statistique a concerné l'évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles de *Schinus molle* sur la disponibilité numérique des individus adultes du Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum*. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9 (**SPSS, 2016**). La tendance de la variation temporelle des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* par rapport à leurs réactions aux différentes phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Schinus molle* nous a été établie par une analyse en composante principale (A.C.P.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariées a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) (**Hammer et al., 2001**).

Chapitre 3: Résultats

Les résultats relatifs à l'évaluation de l'activité bioinsecticide des extraits aqueux de feuilles de *Schinus molle* aux stades floraison et nouaison sur le *Tribolium* rouge de la farine, *Tribolium castaneum* sont exposés dans ce chapitre.

1. Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations de *Schinus molle*

L'étude du pouvoir biocide par contact direct et résiduel des extraits aqueux des feuilles de *Schinus molle* prélevées aux stades floraison et nouaison des phytopréparations brutes et formulées ont été testées sur *Tribolium castaneum* dans le but d'estimer la variation temporelle des taux de mortalité des adultes

1.1. Estimation du pouvoir biocide par contact des phytopréparations brutes et formulés selon le stade phénologique de *Schinus molle*

1.1.1. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade floraison

Les résultats de l'effet par contact des extraits aqueux des feuilles de *Schinus molle* prélevées au stade floraison, des deux bioproduits formulés et du bioproduit brut testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* sont reportés graphiquement sur la figure 14. Cette dernière montre que quelque soient les doses des deux bioproduits formulés, leurs taux temporels de mortalité augmentent et dépassent ceux des différentes doses de l'extrait aqueux brut (Fig.14 : a'). dont l'efficacité au bout de 24 heures ne dépasse pas 65%. Alors que celle des doses des extraits aqueux formulés atteint 80 % au bout de 8 heures et 100% après 24 heures (Fig.14 : b'.c').

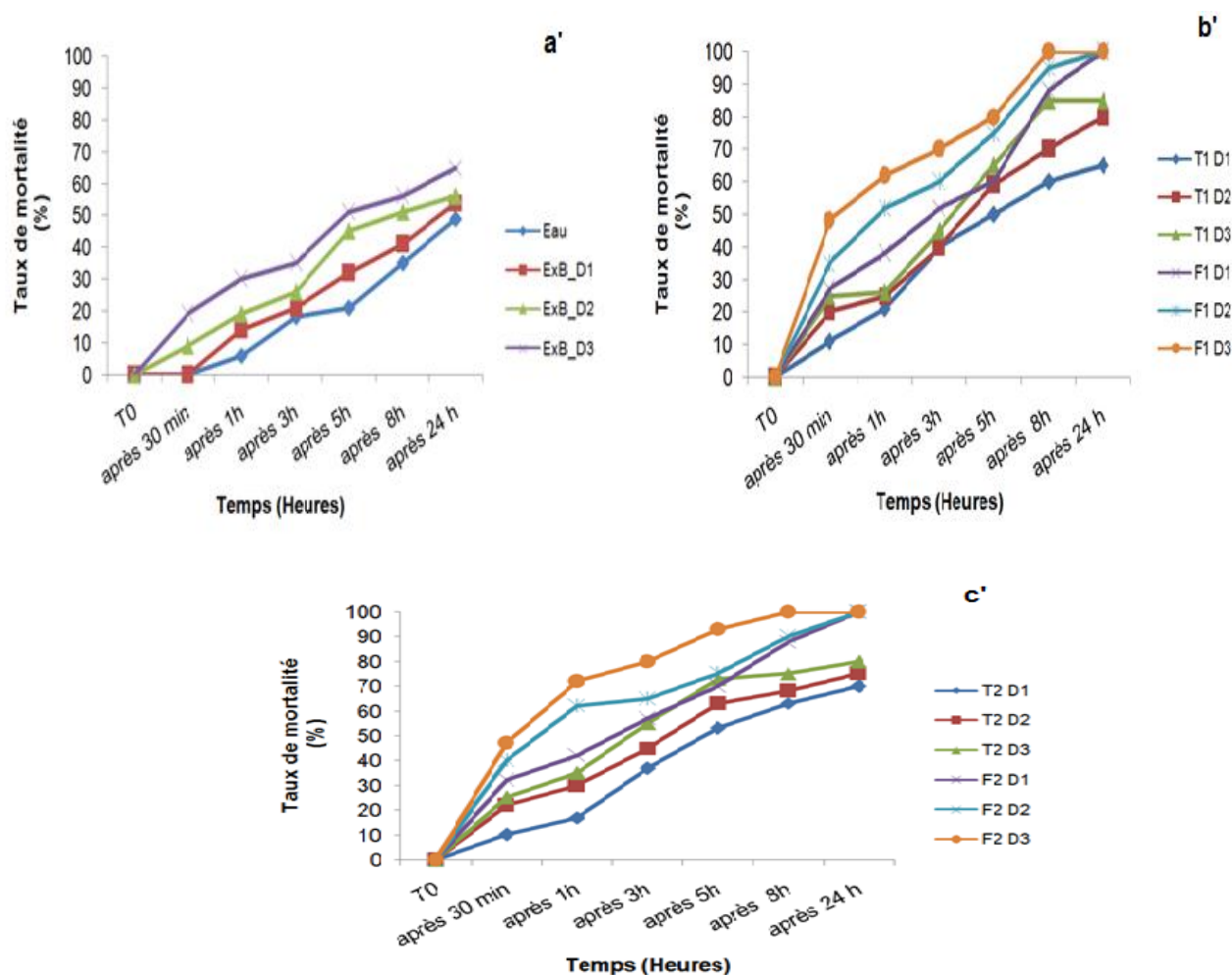


Figure 14 : Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes phytopréparations du stade floraison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut ; a' : extrait aqueux brut ; b' : formulation 1 ; c' : formulation 2

1.1.2. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade nouaison

Les résultats de l'effet par contact des extraits aqueux des feuilles de *Schinus molle* prélevées au stade nouaison, des deux bioproduits formulés et du bioproduit brut testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* sont reportés graphiquement sur la figure15. Les profils des taux temporel de mortalité augmentent que quelque soient les doses par rapport aux témoins. Cependant, nous constatons que l'effet létal par contact des trois doses 0,5 % , 1 % et 2 % des deux formulations (Fig.15: b, c) est supérieur à celui du bioproduit non formulés (extrait aqueux brut) (fig.15 : a), dont l'efficacité ne dépasse pas 50 % comparée à celle des produits formulés dont le taux de mortalité des trois doses est compris entre 45 % et 65 %, à 30 mn après traitement et atteint une efficacité de 65 % à 100 %, 8 heures à 24 heures après traitement

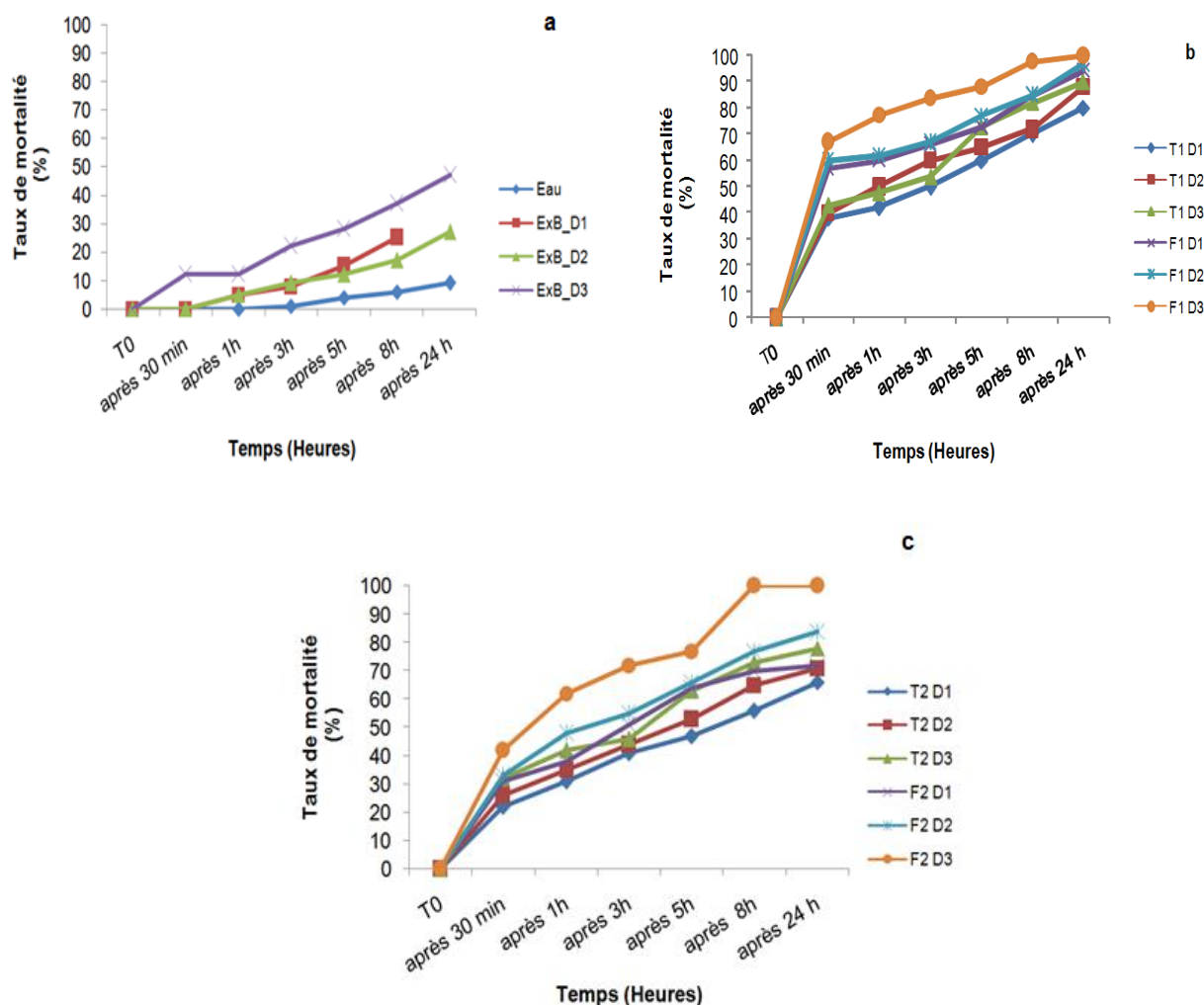


Figure 15: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes phytopréparations du stade nouaison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
a : extrait aqueux brut ; b : formulation 1 ; c : formulation 2

1.2. Estimation du pouvoir biocide par effet résiduel des phytopréparations brutes et formulés selon le stade phénologique de *Schinus molle*

1.2.1. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade floraison

Les résultats graphiques du taux de mortalité résiduel de *T. castaneum* sous effet des deux formulations préparées à partir de l'extrait aqueux des feuilles prélevées au stade floraison sont reportés sur la figure 16. L'effet des trois doses des deux bioproduits formulés (Fig.16 : b'.c') est important, mais ne dépassant pas 65% à 24 heures après traitement pour la plus forte dose D₃, comparé à celui de l'extrait aqueux brut compris entre 20 à 35 % et des témoins (fig.16 : a'.b' et c') dont l'efficacité est d'environ 20 % au maximum.

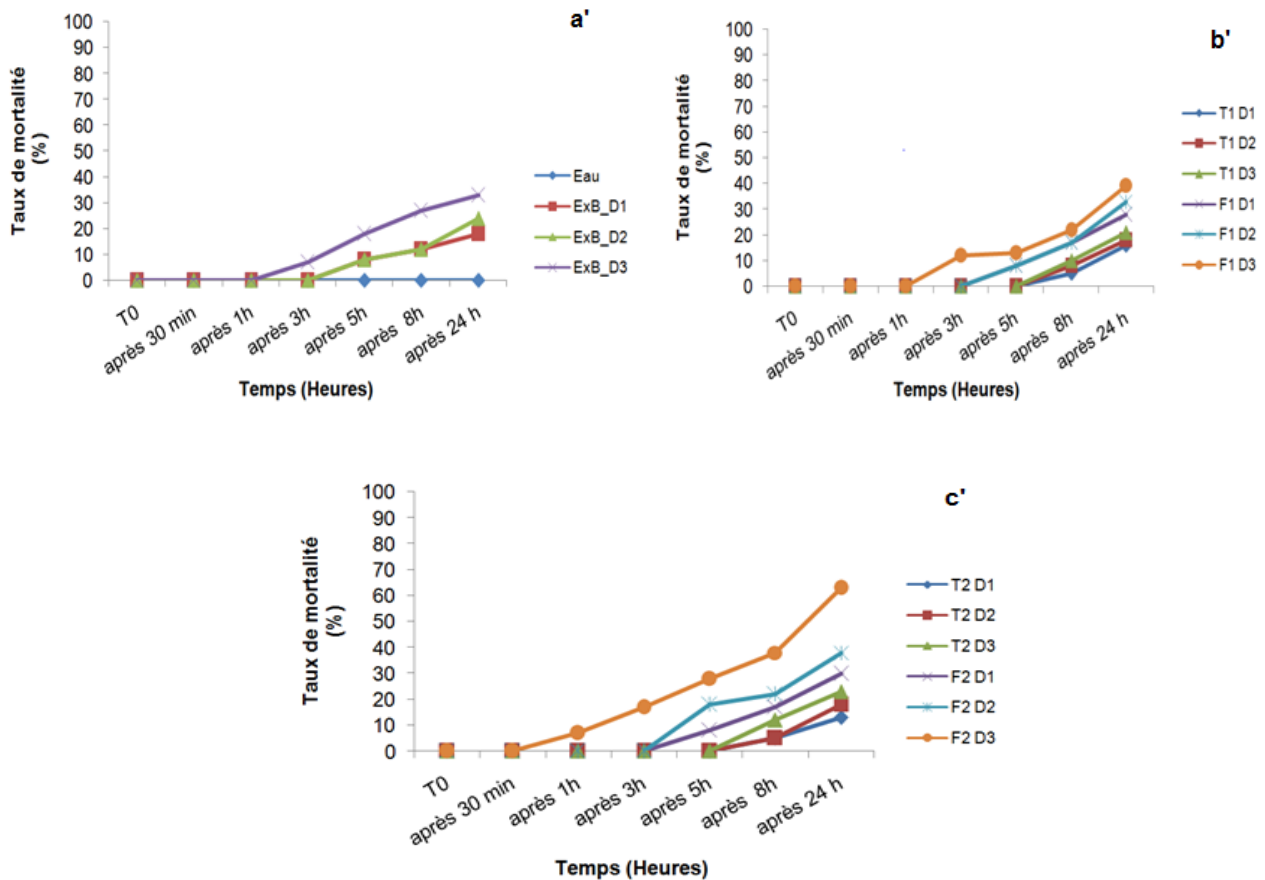


Figure 16: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet résiduel des différentes phytopréparations du stade floraison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a' : extrait aqueux brut ; b' : formulation 1 ; c' : formulation 2

1.2.2. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade nouaison

Les résultats de l'évaluation temporelle de la mortalité résiduelle de *T. castaneum* sous effet des phytopréparations formulées et brute à base d'extrait aqueux préparé à partir des feuilles du stade nouaison sont signalés sur la figure 17. Les phytopréparations formulées montrent qu'elles ont un effet un plus marqué que celles de l'extrait brut non formulé et des témoins dont l'efficacité ne dépasse pas 20% (Fig. 17 : a). Malgré la faible efficacité des deux bioproduits (Fig. 17 : b, c), leur effet létal résiduel est plus élevé à la dose D₃ qu'à la dose D₂ et D₁, mais ne dépassant pas 35 %.

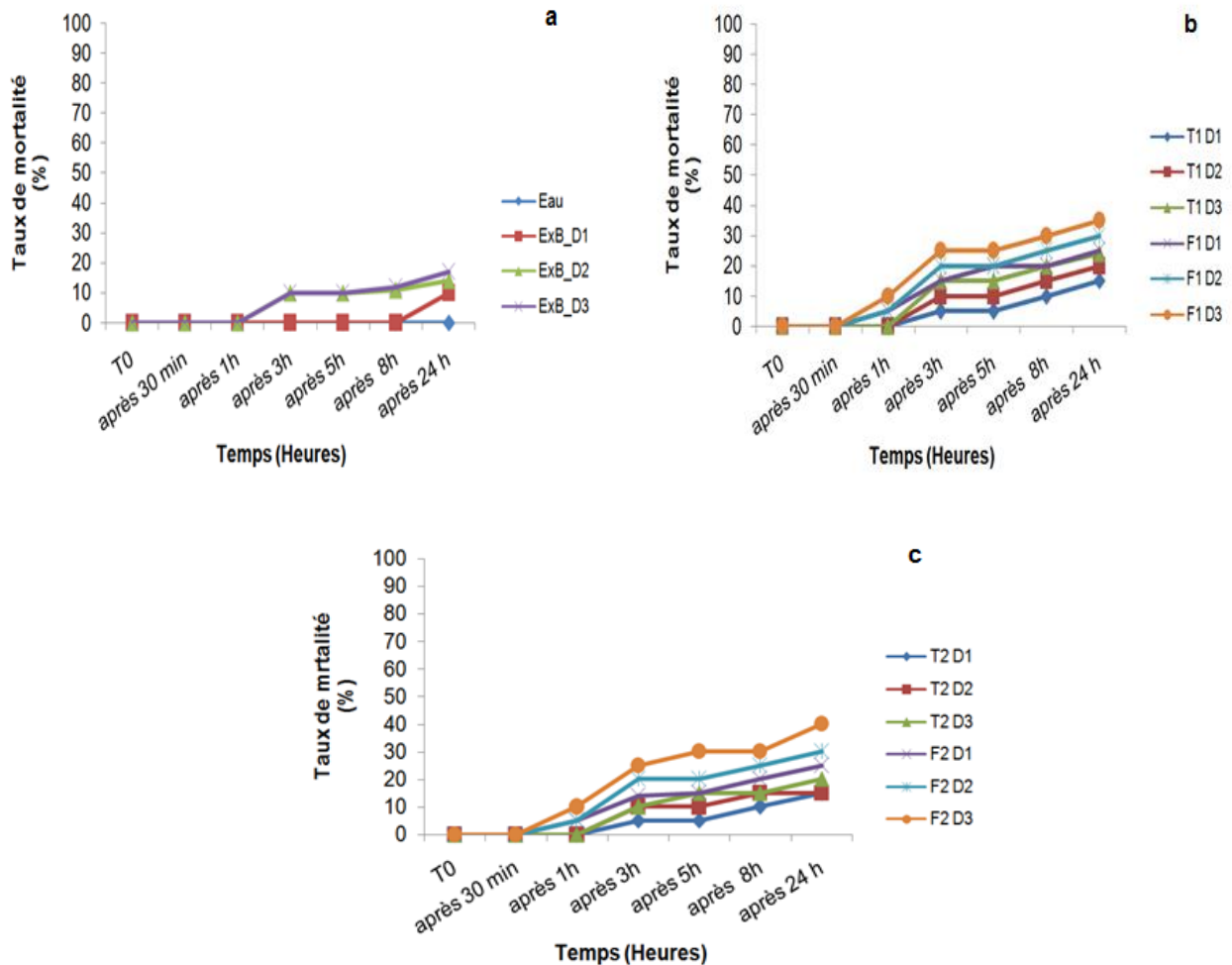


Figure 17: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet résiduel des différentes formulations du stade nouaison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a : extrait aqueux brut ; b : formulation 1 ; c : formulation 2

2. Estimation de la mortalité corrigée des différentes phytopréparations de *Schinus molle*

2.1.Estimation du pouvoir biocide par contact des phytopréparations brutes et formulés selon le stade phénologique de *Schinus molle*

2.1.1. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade floraison

Les présentations graphiques de l'évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations du stade floraison de *S.molle* a l'égard des adultes de *T. castaneum* par contact (Fig 18) montrent que la mortalité des extraits aqueux formulés est très élevée (Fig. 18: b'.c'), et la troisième doses D₃ a une mortalité 100% après 8h dans les deux formulations ExF₁_D₃ et ExF₂_D₃ (Fig. 18 : b', c'). Alors que le taux de mortalité corrigée des extraits bruts, ne dépasse pas 50 % dans les trois doses (Fig. : a'). Après 24h de l'application

des traitements, toutes les doses des extraits aqueux formulés ExF₁ et ExF₂ (Fig. 18 : b'.c') affichent des mortalités de 100 %. La mortalité est importante après 5h de l'application de traitement dans les deux types de formulation (Fig. 18: b'.c'). Cette dernière est très élevée dans la troisième dose de la première formulation ExF₁_D₃ avec un pourcentage de 50% de mortalité pendant 2 heures. En revanche, la troisième dose de la deuxième formulation ExF₂_D₃, affiche des mortalités progressives qui s'étalent durant toute la période du suivi pour atteindre un taux de 100% de mortalité.

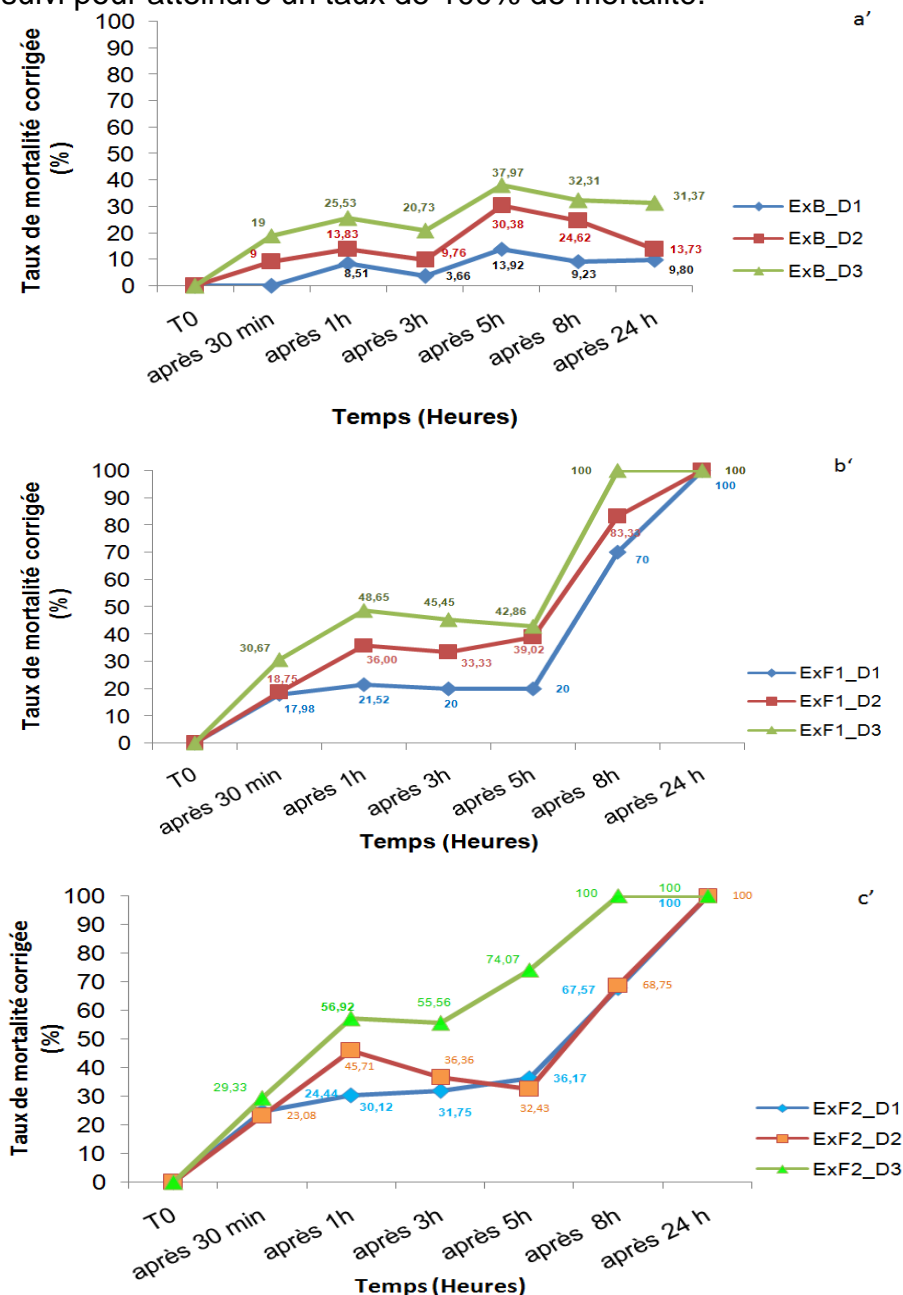


Figure 18: Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes phytopréparations du stade floraison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a' : extrait aqueux brut ; b' : formulation 1 ; c' : formulation 2

2.1.2. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade nouaison

Les graphes de l'évaluation temporelle de la mortalité corrigée de *T. castaneum* par effet contact des traitements à base d'extrait aqueux de *S.molle* de stade nouaison sont consignés dans la figure 19.

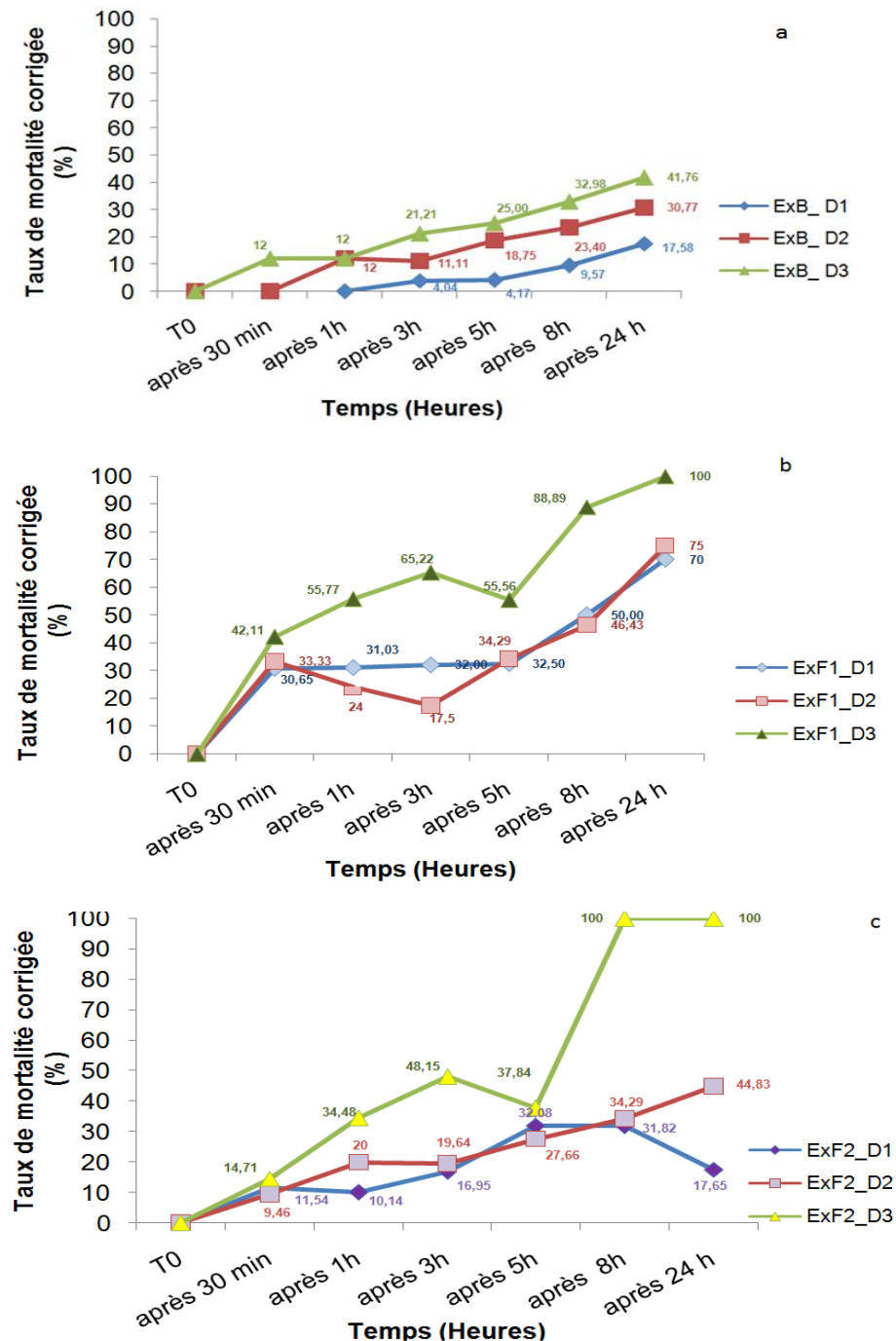


Figure 19: Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes phytopréparations du stade nouaison

D₁=0.5 % MA; D₂=1% MA; D₃=2% MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a : extrait aqueux brut ; b : formulation 1 ; c : formulation 2

Les formulations appliquées aux trois doses: D₁, D₂ et D₃, présentent des efficacités plausibles par rapport aux extraits aqueux bruts. Les doses d'extrait aqueux brut (Fig. 19 : a) sont moyennement efficaces sur la population des *T.castaneum*, les doses D₂, D₃, affichent des taux de mortalité qui varient entre 30% et 41% par rapport à la dose D₁ dont le taux de mortalité ne dépasse pas 18 %. Cependant, les taux de mortalité les plus élevés sont signalés chez les deux formulations à la dose D₃ (1ml F₁/140ml), (1ml F₂/120ml) où les 100% de mortalité des adultes de *T. castaneum* sont observés après 24h d'exposition aux traitements. (Fig.19 : b.c).

2.2.Estimation du pouvoir biocide par effet résiduel des phytopréparations brutes et formulées selon le stade phénologique de *Schinus molle*

2.2.1. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade floraison

La figure 21 représente l'évaluation temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* sous effet des différentes formulations issues du stade floraison. La mortalité due aux phytopréparations formulées est plus importante (Fig. : 20 b', c') par rapport à l'extrait brut (Fig. 20 a'). Cependant, la deuxième formulation (F₂) est plus performante que la première formulation (F₁) en termes de mortalité. Globalement, les résultats montrent que la troisième dose D₃ est considérée comme la plus efficace chez les différentes phytopréparations.

2.2.2. Phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles du stade nouaison

Les présentations graphiques de l'évaluation d'effet insecticide des phytopréparations du stade nouaison de *S.molle* sur *T. castaneum* (Fig. 21) montrent que la mortalité des phytopréparations formulées est très élevée (Fig. 21 : b'.c'), par rapport à l'extrait aqueux brut, et la deuxième formulation (F₂) (Fig. 21 c') est plus importante que la première formulation (F₁) (Fig. 21 b') en termes de mortalité.

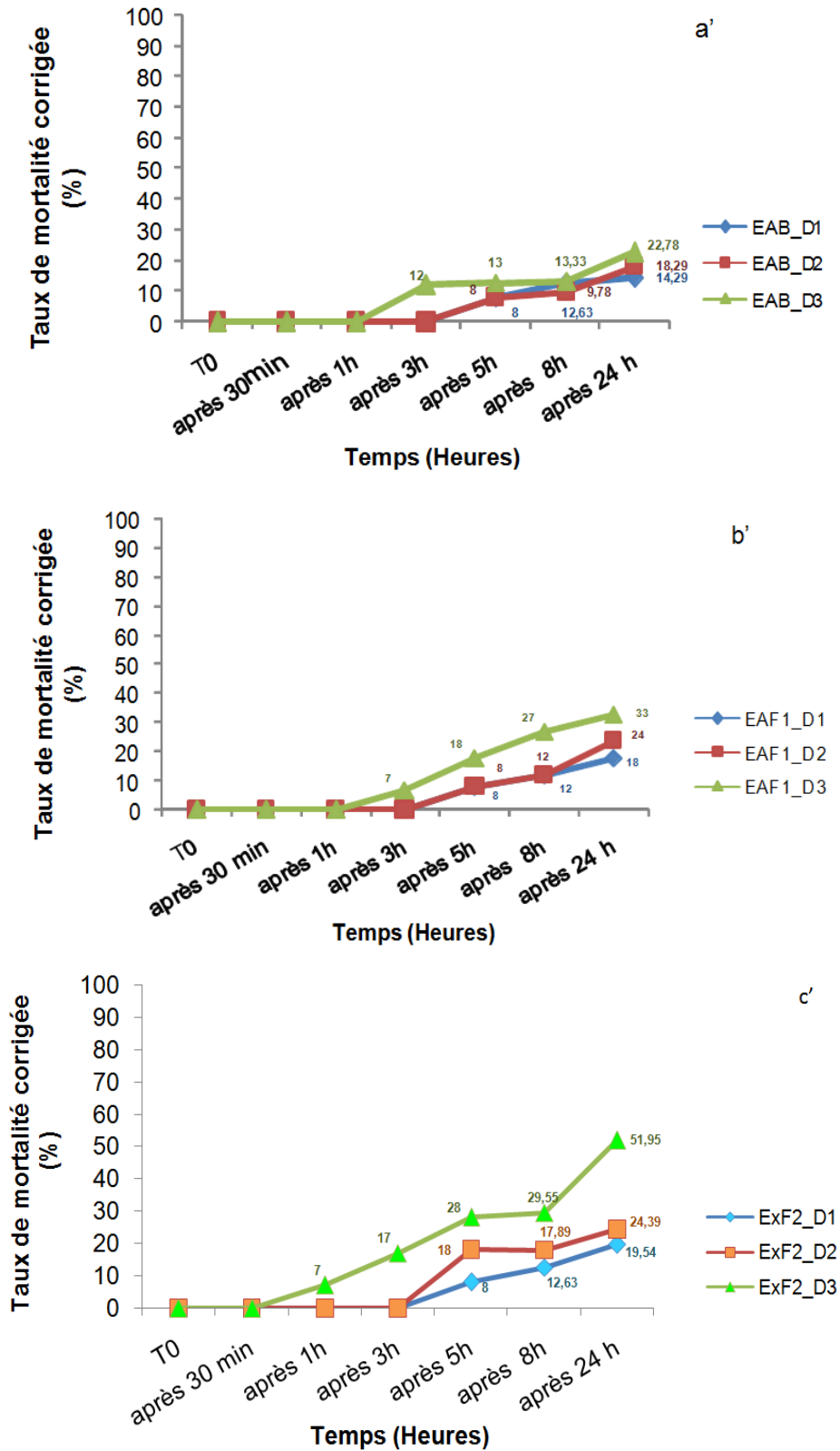


Figure 20: Evaluation temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* par effet résiduel des différentes phytopréparations du stade floraison

D₁=0.5 MA; D₂=1ml MA; D₃=2ml MA., F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a' : extrait aqueux brut ; b' : formulation 1 ; c' : formulation 2

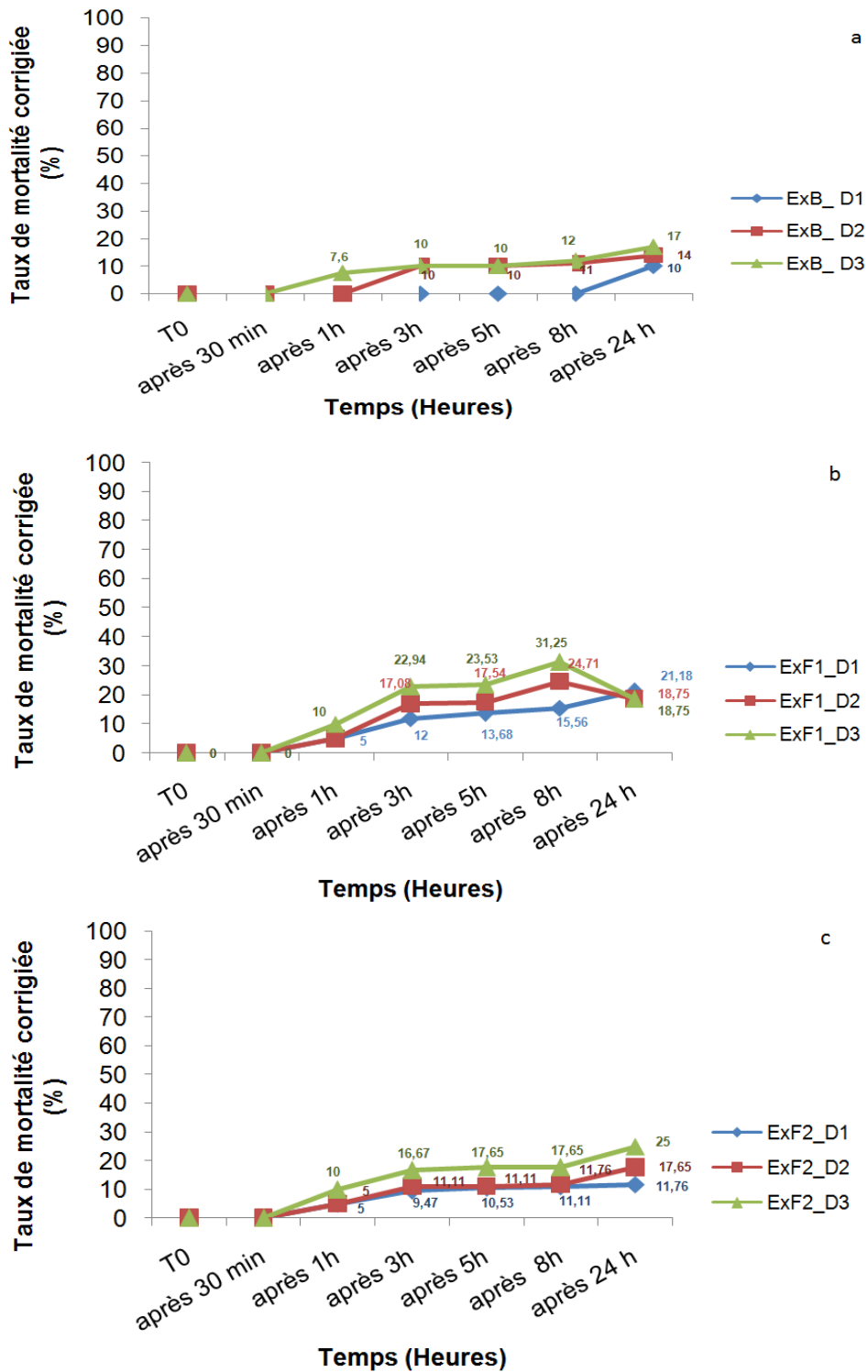


Figure 21:évaluation temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* par effet résiduel des différentes phytopréparations de stade nouaison

D₁=0.5 %; D₂=1ml %; D₃=2% MA; F : formulation ; T : Témoin ; D : dose ; ExB: extrait aqueux brut
 a : extrait aqueux brut ; b : formulation 1 ; c : formulation 2

3. Tendance de l'activité bioinsecticide des différentes phytopréparations de *Schinus molle*

L'analyse en composantes principales (A.C.P.), effectuée avec le logiciel PAST, à partir des valeurs des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* est satisfaisante pour le paramètre activité bioinsecticide dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes (Fig.22).

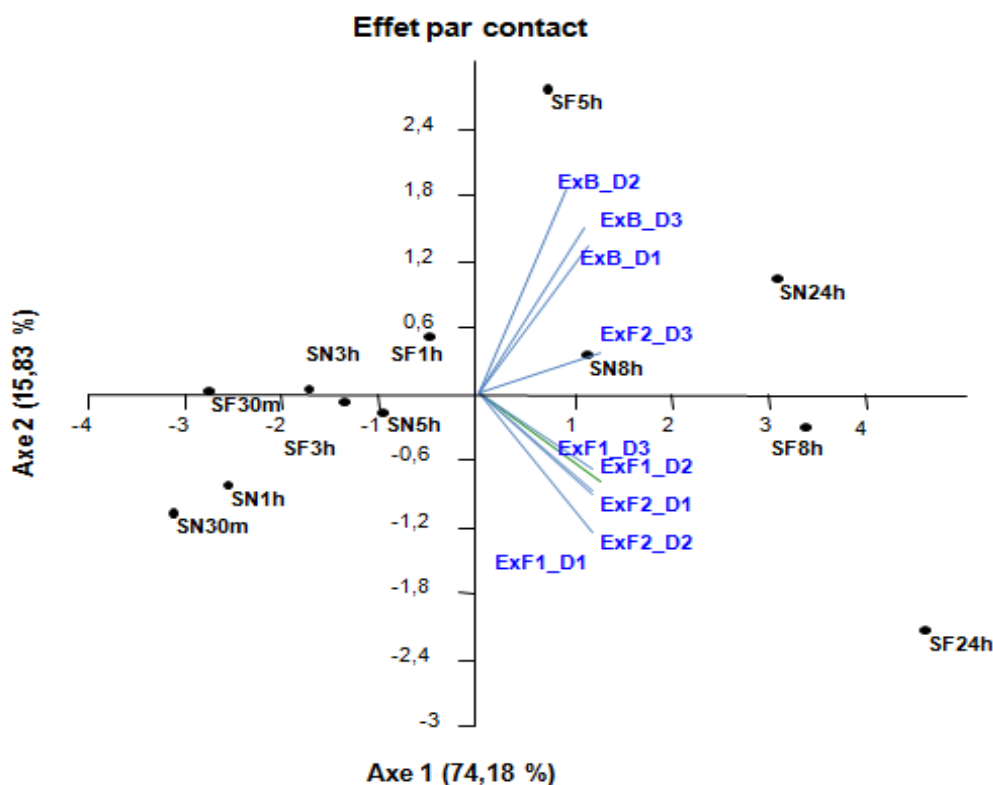


Figure 22: Projection des mortalités corrigées par effet contact sur les deux axes de l'A.C.P

Ex: Extrait aqueux, ExB: Extrait aqueux Brut, F: Formulation, D: Dose, SN: Stade Nouaison, SF: Stade floraison

La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *Tribolium castaneum* par effet contact sur le premier axe 1 (74,18 %), montre que toutes les doses des extraits aqueux formulés et non formulés accusent une corrélation entre la mortalité et le temps d'exposition. L'effet des phytopréparations s'exprime tardivement dès 8h (Fig. 22 axe1). La projection des mêmes données à travers le deuxième axe (15,83%) indique une discrimination de l'effet entre les phytopréparations formulés et les phytopréparations non formulées. Les fortes toxicités montrent la suprématie des doses des extraits aqueux formulés EAF₁_D₁, EAF₁_D₂, EAF₂_D₁ et EAF₂_D₂ dans stade floraison, alors que les doses des extraits aqueux bruts

ExB_D₁, ExB_D₂ et ExB_D₃, expriment leurs activités dans le stade nouaison (Fig.22 axe2).

La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *Tribolium castaneum* par effet résiduel sur le premier axe 1 (85,52 %), montre que toutes les extraits aqueux formulés et non formulés exprime des mortalités a partir de 5h d'exposition (Fig.23 axe1).

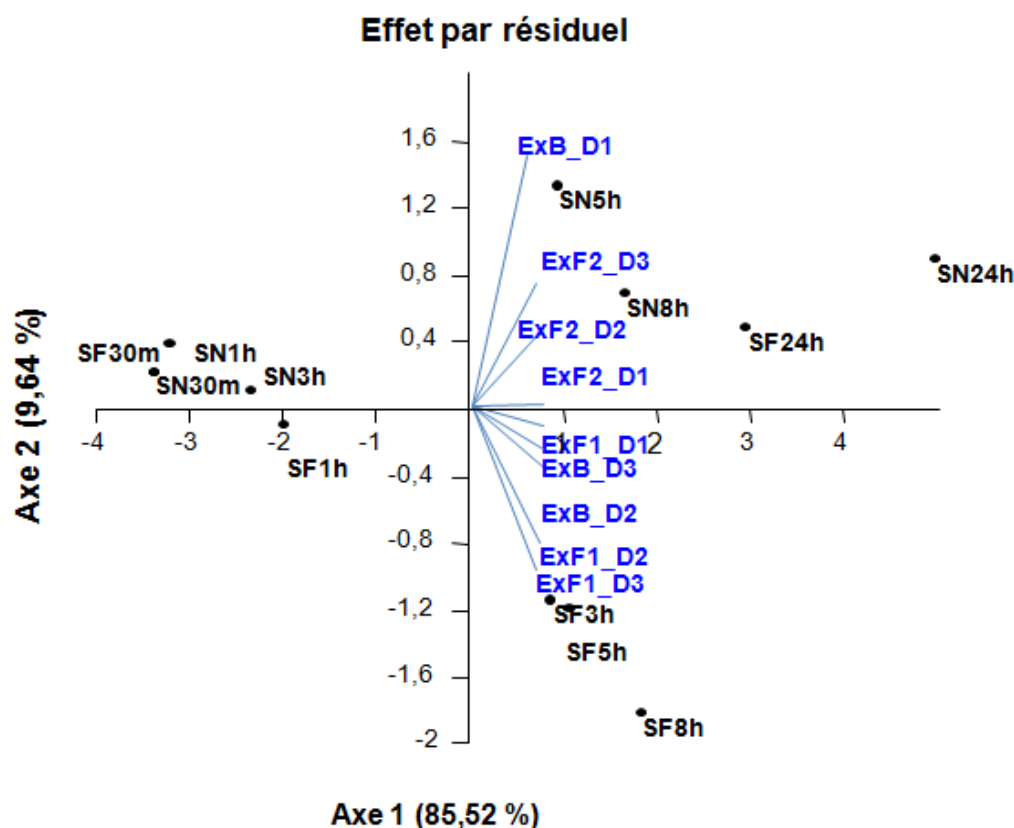


Figure 23: Projection des mortalités corrigées par effet résiduel sur les deux axes de l'A.C.P

Ex: Extrait aqueux, ExB: Extrait aqueux Brut, F: Formulation, D: Dose, SN: Stade Nouaison, SF: Stade floraison

La projection des mêmes données à travers le deuxième axe (9,64 %) indique une divergence d'effet entre les extraits aqueux formulés et les extraits aqueux non formulés toutes doses confondues dans deux stades différents floraison et nouaison. Les corrélations négatives établies affichent nettement la forte toxicité des doses de deuxième formulation à base d'extrait aqueux de *S.molle* par comparaison à l'effet toxique des certaines doses d'extrait aqueux non formulé et les doses de première formulation. Les toxicités les plus fortes sont signalent sous l'effet de l'ensemble des doses des phytopréparations EAF₁_D₁, EAF₁_D₂, EAF₁_D₃, EAB_D₂ et EAB_D₃ issues des extraits aqueux du stade floraison. Alors que les phytopréparations EAF₂_D₁, EAF₂_D₂, EAF₂_D₃ et EAB_D₁ affichent leurs toxicités par des extraits aqueux issues du stade nouaison (Fig.23 axe 2).

4. Etude comparée de l'activité bioinsecticide des différentes phytopréparations de *Schinus molle*

Les figures 24, 25, 26, et 27, représentent l'activité bioinsecticide des extraits aqueux de *Schinus molle* appliquées sur les adultes de *Tribolium castaneum*, en fonction du temps (heures), des formulations, des doses, des stades phénologique (floraison et nouaison) et par effet contact et effet résiduel.

D'après les résultats obtenus par le modèle GLM, la mortalité corrigée signale la présence d'une différence très significative pour le facteur temps par contact ($F=161,77$; $p=0,000$, $p<0,01\%$) et par effet résiduel ($F=248,78$; $p=0,000$, $p<0,01\%$), pour le facteur formulation par contact ($F=33,15$; $p=0,000$, $p<0,01\%$) et par effet résiduel ($F=13,93$; $p=0,000$, $p<0,01\%$), pour le facteur doses par contact ($F=51,90$; $p=0,000$, $p<0,01\%$) et par effet résiduel ($F=41,56$; $p=0,000$, $p<0,01\%$), et pour le facteur stades phénologique de la plante par contact ($F=62,16$; $p=0,000$, $p<0,01\%$) et par résiduel ($F=28,98$; $p=0,000$, $p<0,01\%$).

Concernant l'effet temporel, les résultats montrent une efficacité progressive durant toute la période de l'essai par contact et résiduel (fig.24 A, B), et le temps le plus efficace est après 8 heures et 24 heures. Le test de Tukey désigne l'existence de cinq groupes homogènes. Les temps d'expositions les plus faibles 30min, 1h et 3h sont désignés par deux groupes homogènes (**e**) et (**d**). Au-delà de 5h d'exposition aux extraits, le test signale la présence de trois groupes homogène (**a**), (**b**) et (**c**) désignant une gradation positive de la mortalité corrigée (Fig.24 A). Concernant, l'effet résiduel, le test de Tukey affiche la présence de 6 groupes homogènes relatifs à la gradation temporelle de la mortalité corrigée (Fig.24 B).

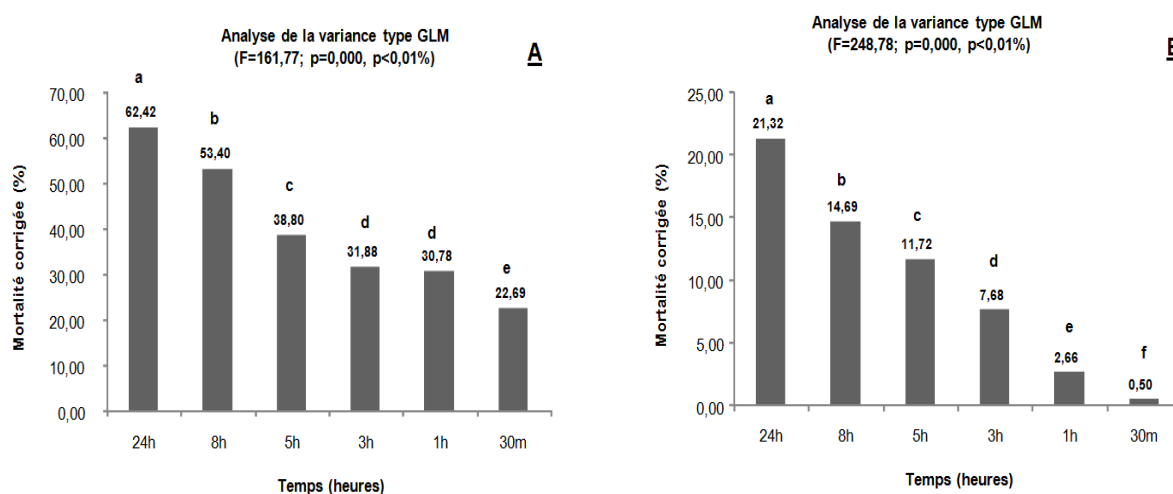


Figure 24: Test post Hoc pour le facteur temps

A: effet par contact; B: effet résiduel

A propos de la formulation, on constate une nette différence d'effet d'extrait aqueux formulé F₁, qui se traduit par un fort pourcentage de mortalité corrigé des adultes de *T. castaneum* par apport à celui de d'extrait aqueux formulés F₂ et non formulé sous effet contact direct (Fig.25 A). Aussi bien pour l'effet résiduel mais avec pourcentage réduit (Fig.25 B). Ceci est confirmé par le test de Tukey où les niveaux F₁, F₂ et extrait aqueux brut (EB) du facteur formulation sont désignés par trois groupes homogène distinct (**a**), (**b**) et (**c**) dans les deux effets contact et résiduel.

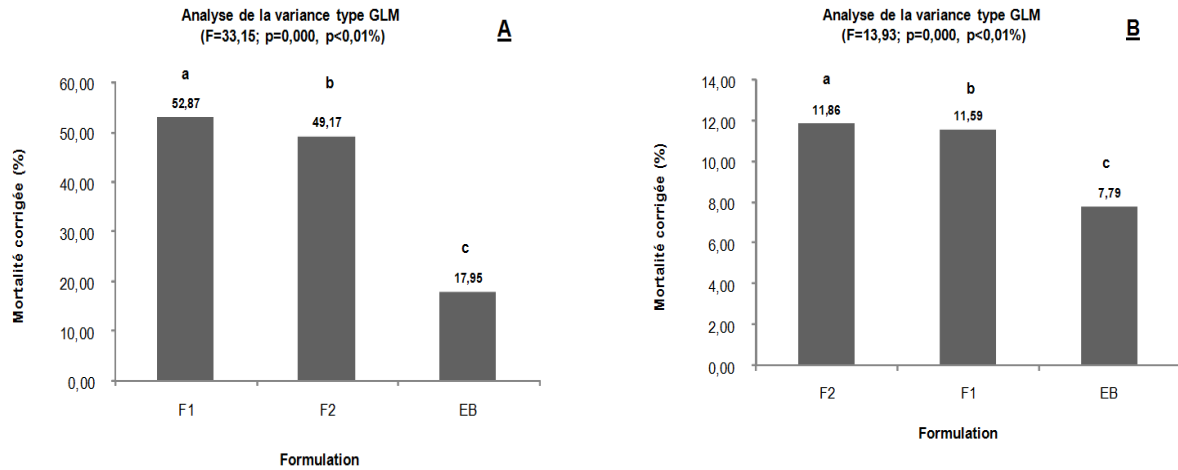


Figure 25: Test post Hoc pour le facteur formulation

A: effet par contact, B: effet résiduel, F= formulation, EB= extrait aqueux brut

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de sept groupes homogènes par contact. Les doses les plus faibles DB₁, DB₂ et DB₃ sont désignées par trois groupes homogènes (**e**), (**f**) et (**d**). Au-delà des doses DS₁, DS₂ et D₁, le test signale la présence de trois groupes homogènes (**b**), (**bc**) et (**c**), et les plus fortes doses DS₃ et D₃, sont représentées par un groupe homogène (**a**) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité corrigée (Fig.26 A). Concernant, l'effet résiduel, le test de Tukey affiche la présence de 8 groupes homogènes relatifs à la gradation temporelle de la mortalité corrigée (Fig.26 B).

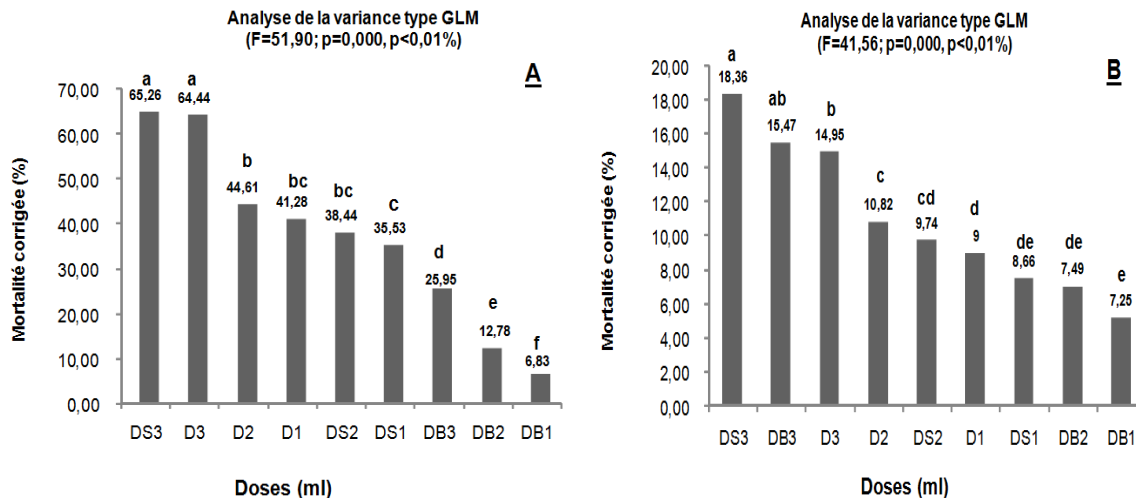


Figure 26: Test post Hoc pour le facteur doses

A: effet par contact; B: effet résiduel, D= doses de formulation 1, DS= doses de formulation 2, DB= doses d'extrait aqueux brut

Le facteur stades phénologique de *S. molle* montre une différence significative de toxicité sur *T. castaneum*. Le stade floraison motionne le pourcentage le plus élevé de mortalité corrigé par contact et par effet résiduel par rapport au stade nouaison (Fig.27 A,B). Ceci est confirmé par le test de Tukey où les niveaux SN et SF du facteur stades phénologique de *S. molle* sont désignés par deux groupes homogène distinct **(a)** et **(b)** dans les deux effets, contact et résiduel.

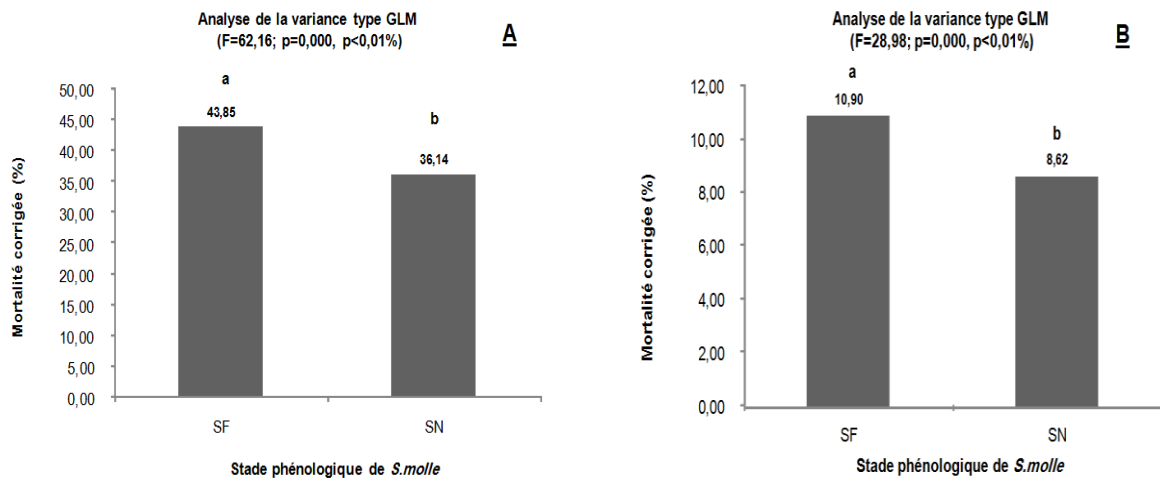


Figure 27: Test post Hoc pour le facteur stade phénologique

A: effet par contact, B: effet résiduel, SF= stade floraison, SN = stade nouaison

Chapitre IV : Discussion générale

Les produits d'origine végétale par leurs effets biopesticide, biofertilisant, stimulateur des systèmes de défense des plantes et de leur biodégradabilité peuvent constituer une bonne alternative à la réduction de l'utilisation des fertilisants et pesticides de synthèse dans l'objectif de contribuer à la réduction de la pollution de l'environnement et à préserver la santé publique des populations. C'est dans cette optique que la présente étude vise à utiliser les extraits aqueux des feuilles de *Schinus molle* afin d'essayer de mettre en évidence les potentialités bioinsecticide des phytopréparations, sur les adultes *Tribolium castaneum*.

1. Evaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles *Schinus molle* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

Les résultats touchant à l'efficacité des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles de *Schinus molle* montrent une efficacité importante sur les adultes de *Tribolium castaneum*. L'utilisation d'extrait aqueux brut des feuilles de *S. molle* provoque des mortalités moyennement importantes sur *T. castaneum*, et signale une gradation d'efficacité positive avec l'accroissement de la concentration du principe actif. Les potentialités bioinsecticides de l'extrait aqueux brut par contact sont prometteuses que par effet résiduel. En absence des études menées sur l'effet des extraits aqueux de *S. molle* sur *Tribolium castaneum*, des résultats avec d'autres insectes sont fournis entre autre. **Lannacone et Lamas (2003)** qui ont étudié l'effet d'extrait aqueux des feuilles de *S. molle* sur *Chrysoperla* (Chrysopidae). Ainsi que les huiles essentielles des fruits et feuilles de *Schinus molle* ont montré une activité répulsive et insecticide contre *Trogoderma granarium*. Son efficacité contre cet insecte suggère qu'il soit une source d'insecticide potentiel. (**Abdel-Sattar, 2010**). Pour cela on suppose que les extraits aqueux contiennent diverses molécules bioactives ayant été libérées lors d'extraction. Les études réalisées par **Huerta et al. (2010)** sur la toxicité de *Schinus molle* montrent que leurs extraits aqueux sont efficaces sur les adultes et les larves de *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera, Chrysomelidae) provoquant ainsi 100% de mortalités. Ainsi **Silva-Júnior et al. (2015)** précisent que les extraits à l'hexane des feuilles et des fruits sont efficaces contre les œufs et les nymphes de *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae). Ces résultats de mortalité pourraient être dus à diverses substances actives présentes principalement dans les feuilles de *S. molle* (**Huerta, 2010**).

Le recours à la formulation des extraits aqueux des feuilles de *S. molle* nous ont permis d'augmenter le taux de mortalité des adultes de *T. castaneum* pour

atteindre 100% après 24 heures par rapport à l'extrait aqueux brut. Nous suggérons que l'élaboration de formulation améliore l'activité biologique et sécurise les potentialités insecticides de l'extrait aqueux brut de *S. molle*. **Bourque (1999)** signale que le recours à l'utilisation des adjuvants, permet d'augmenter la rapidité d'action, la toxicité et d'élargir ses fonctions des bioproduits, a travers l'arrivée d'une grande quantité du principe actif à l'organe cible et la rapidité de pénétration du biopesticide. De même, **Constant (2009)**, estime que l'influence des adjuvants sur les produits formulés permet l'augmentation de la résistance à la photodégradation de la molécule, du fait qu'il est non synergique. Ainsi, d'après **Leon-Raul (2005)**, l'utilisation des adjuvants est fondamentale dans l'amélioration de l'efficacité des produits phytosanitaires au niveau de la rétention et de l'augmentation de la surface de contact liquide-cuticule.

2. Evaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux des feuilles *Schinus molle* sur les adultes de *Tribolium castaneum* selon les stades phénologiques de *Schinus molle*

Les résultats de la mortalité corrigée des *Tribolium castaneum* due aux l'extrait aqueux brut et formulé à base des feuilles de *Schinus molle* montrent une efficacité hautement différentes entre le stade floraison et le stade nouaison. L'efficacité des phytopréparations du stade floraison est très importante affichant des mortalités comprises 35% - 100% par contact et 14% -51% par l'effet résiduel. Cependant l'efficacité des extraits aqueux bruts et formulés du stade nouaison signalent des mortalités de l'ordre de 22 % - 51% par contact et 10%-25% par l'effet résiduel sur les adultes de *T. castaneum*. Nous avançons l'hypothèse que la différence de l'efficacité des extraits aqueux brut et formulés entre le stade floraison et le stade nouaison, est due à la nature de la qualité phytochimique du contenu des feuilles de *S.molle*. Cette hypothèse rejoint nombreuses explications. **Sauvion et al. (2013)**, montrent que la quantité et la composition en métabolite secondaire varie en fonction de l'âge (stade phénologique), de l'état physique de la plante et de la présence des ravageurs phytophages (**Francis, 2003**). La production de substance secondaire azotée (comme les alcaloïdes, et les acides aminés non protéiques s'intensifie en générale au début du cycle végétatif (les jeunes feuilles étant plus riches en ce type de substance que les feuilles mature), alors que la production de substance secondaire carbonée (comme les tannins) s'intensifie plus tard au cours du cycle végétatif(les feuilles mature possèdent plus tannins que les jeunes feuilles). Les facteurs externes, comme le climat et la disponibilité en nutriment, du sol influencent de façon considérable les tenures en substances secondaires des plantes (**Sauvion et al., 2013**).

3. Evaluation de l'effet des phytopréparations à base d'extraits aqueux des feuilles *Schinus molle* par contact et par effet résiduel sur les adultes de *Tribolium castaneum*

Les résultats de la mortalité corrigée des *Tribolium castaneum* due aux l'extrait aqueux brut et formulé à base des feuilles de *Schinus molle* des stades floraison et nouaison montrent une différenciation entre les deux modes d'apport, contact et effet résiduel. L'action par contact est plus efficace que celle par effet résiduel. Nombreuses recherches expliquent la suprématie du mode d'action par contact de matières actives des extraits de plantes a l'égard des sites cibles. **Lauwerys (1990)**, montre que les structures chimiques de certains extraits de plantes particulièrement toxiques ont été isolées et des études ont été entreprises pour rechercher leurs mécanismes d'action sur les organismes. Les exemples qui vont être évoqués montrent que le mode d'action des substances chimiques produites par les plantes peut s'exercer de manière très diverses sur les organismes cibles. Dans la même idée, **Regnault-Roger (2002)**, avance que les substances végétales peuvent agir sur le système nerveux des animaux, elles provoquent une hyperactivité générale, perturbant les mouvements, l'alimentation et entraînent des tremblements et ou des convulsions, aboutissant à la paralysie et à la mort de la cible. D'autres par contre agissent sur les mécanismes respiratoires (**Park et al., 2002**) aboutissant. à la mort des insectes ou interfèrent avec déroulement normal des fonctions essentielles de leur cycle de vie (**Periquet et al., 2004**).

Conclusion générale et perspectives

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet des phytopréparations formulées à base d'extraits aqueux de feuilles de *Schinus molle* sur les adultes de *Tribolium castaneum* par contact et par effet résiduel, il a nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats relatifs aux traitements biologiques par le biais des applications des extraits aqueux brut et formulés des feuilles de *S. molle*, ont montré une toxicité temporelle et un effet important sur les adultes de *Tribolium castaneum*. L'effet toxique des extraits aqueux brut présente une efficacité moyenne sur les adultes des *T. castaneum* par effet contact (taux de mortalité= 45%) en comparaison par l'effet résiduel qui nous montre une efficacité moindre (taux de mortalité= 25%). Ces effets s'organisent graduellement selon les doses $D_1=0,5\% <$, $D_2=1\% <$ $D_3=2$.

L'effet des deux formulations à base d'extrait aqueux des feuilles de *S. molle*, montre une mortalité élevée des adultes de *T. castaneum* par apport à l'extrait aqueux brut. Ainsi, la mortalité enregistrée sous l'effet de la Formulation 1 est très importante par comparaison à la Formulation 2 et ceux dans les deux modes d'exposition (effets contact et résiduel). Cette discrimination d'effet due à l'utilisation des différents adjuvants qui permettent l'augmentation de toxicité d'extrait aqueux brut et la pénétration de matière active dans l'individu.

La mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* sous effet des extraits aqueux brut et formulés des feuilles de *S. molle* exposent une hautement différenciation entre les deux stades floraison et nouaison. Nos résultats montrent que ces phytopréparations génèrent un effet létal et toxique par contact et par effet résiduel dans le stade floraison par rapport au stade nouaison.

Les résultats obtenus par la présente étude ont montré que les extraits aqueux des plantes en combinaison avec des adjuvants en plus de son action biopesticide, ils pourraient être envisagés comme moyen de lutte efficace contre les bioagresseurs des denrées stockées.

En perspective plusieurs travaux peuvent être envisagés dans la continuité des travaux entamés: Il serait intéressant de mener des études complémentaires et plus approfondie sur *Schinus molle* afin d'isoler, de

purifier, et d'identifier les différents principes actifs pour la mise en valeur de cette plante. Une exploitation de leurs propriétés insecticide en vers d'autres insectes implique une recherche plus poussés de ses principes actifs

Il serait aussi intéressant d'évaluer l'effet du biopesticides par des mélanges ratios des extraits aqueux des différents stades phénologiques, et aussi par la sélection des adjuvants qui peuvent optimiser le degré d'efficacité des principes actifs.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIE:

- **Abdel-Sattar, E., Zaitoun, .A.A., Farag, M.A., Gayed, S.H., Harraz, F.M., (2010).** Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Department of Pharmacognosy, College of Pharmacy, University of Alexandria, Alexandria, Egypt Nat Prod Res. Vol. 24(3), pp: 226-35.
- **Abramson D., Demianyk C.J., Fields P.J, Jayas D.S., Mills J.T., Muir W.E., 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 Agro-alimentaire Canada. pp : 1-59
- **Adjalien E., Noudogbessi J.P., Kossou D., Sohounhloue D., 2014.** État et perspectives de lutte contre Sitotroga Cerealella (Olivier, 1789) de prédateur des céréales au Bénin. Journal of Applied Biosciences 79, pp : 6955 – 6967.
- **Aidani H., 2015.** Effet des attaques de Capucin des grains (Rhizopertha dominica) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen », mémoire fin d'étude en master en agronomie, option production et amélioration des plantes, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et d'univers, Université Abou Bekre Belkaid, 104 p.
- **Anonyme a, 2017.** Les ravageurs des céréales stockées, Guide Conseil, 50 p.
- **Anonyme b, 21.04.2017.** Spike International Agencies (S.I.A). <http://www.pbt.padil.gov.au>.
- **Anonyme c, 29.04.2017.** *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), <http://www.boethingtreeland.com> .
- **Anonyme, 2004.** Afrique Verte Burkina Faso, Module de formation sur les techniques de stockage et de conservation des céréales, 44 p.
- **Anonyme, 2011.** Les catégories d'aliments, collège des enseignants de nutrition, Université Médicale Virtuelle Francophone, 31p.
- **Anonyme, 2012.** Protocoles de diagnostic pour les organismes nuisibles réglementés: *Trogoderma granarium* Everts, Convention internationale pour la protection des végétaux CIPV, 38 p.
- **Anonyme, 2013.** Manuel de formation des agents et des magasiniers sur la conservation et le traitement des denrées stockées. Ministère de l'agriculture, office de protection des végétaux, 20 p.
- **Athmani L., 2008.** Etat phytosanitaire des principales denrées importées au niveau de port d'Alger et des ports secs de Rouiba. Thèse de magister en Zoologie Agricole et Forestière, Option Ecologie des Communautés Biologiques, Institut National Agronomique El Harrach Alger, 125 p.

- **Balachawsky A.S., 1962.** Entomologie appliquées à l'agriculture. Ed. Masson et cie, paris, Tome I, pp. 378-392.
- **Barrachina M. D., Bello R., Martinez-Cuesta M. A., Primo-Yufero E. et Esplugues J., 1997.** Analgesic and central depressor effects of the dichloromethanol extract from *schinus molle*. Phytotherapy Research, vol. 11, pp : 317–319.
- **Belle R., Barrachina M.D., Moreno L., Primo-Yufero E. et Esplugues J., 1996.** Effects on arterial blood pressure of the methanol and Dichloromethanol extracts from *Schinus molle* L. in rats. Phytotherapy Research, vol. 10, pp : 634-635.
- **Bello R., Beltran B., Moreno L., Calatayud S., Primo-Yufero E. et Esplugues J., 1998.** *In vitro* pharmacological evaluation of the Dichloromethanol extracts from *Schinus molle* L. Phytotherapy Research, vol. 12, pp: 523–525.
- **Belot A., 1978.** Dictionnaire des arbres et arbustes de jardin. Ed. Bordas, Paris,383p.
- **Bijlmakers H.W.L. et Verhoek B.A., 1995.** Guide de Défense des Cultures au Tchad Cultures vivrières et maraîchères, "Renforcement de la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement". Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp: 43 - 413.
- **Bounechada M. et Arab R., 2001-** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae). Agronomie numéro 1, pp : 1-6
- **Bourbonnais G., SD.** Les coléoptères, Cégep de Sainte-Foy, 128 p.
- **Bourque, Reynald, Lynn H. et Carole J., 1998.** «L'efficacité de formulation de produits Forestiers Alliance Inc. de Donnacona (Québec) de 1990 à 1997 », Gazette du travail, printemps, p. 72-82.
- **Boussard et Chabane, 2011.** La problématique des céréales en Algérie Défis, enjeux et perspectives. Communication dans le cadre de la 5èmes Journées de recherches en sciences sociales à AgroSup Dijon. 16p.
- **Brice, 2016.** Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L), Walp) en Afrique de l'Ouest : étude d'impact et approche de solution. Journal of Animal & Plant Sciences. Vol.31, pp: 4831-4842.
- **Brich I.C., 1953.** Experimental background to study of discription and abundance of insects. Ecol., Vol. 34 (4), pp: 698- 711.
- **Bruneton J., 1999.** Pharmacogonosie, phytochimie, plantes médicinales. 3 Eme Ed.Lavoisier, Paris, pp: 370-388
- **Bunette M., 2003.** Tribolium rouge et brun de la farine (*T. castaneum* et *T. confusum*), 15 p.
- **Chaichi W. et Djazouli Z.E., 2017.** Impact du thé de vermicompost sur la qualité phytochimique de la fève et sur la réduction des populations du puceron noir de la fève *Aphis fabae*. Revue Agrobiologia, Vol.7(1), pp: 247-262.

- **Champ et Dyte C.E., 1976.**Rapport de l'enquête mondiale de la F.A.O sur les insectes des céréales entreposées et leurs sensibilités aux insecticides. Ed. F.A.O., Rome, 374 p.
- **Commission canadienne des grains (C. C. G.), 22.04.2017** <https://www.grainscanada.gc.ca>.
- **Constant, N., 2009.** L'utilisation du pyrèthre naturel pour lutter contre la cicadelle de la flavescence dorée en viticulture biologique. AIVB-LR, 58 p.
- **Delimi A., Taibi F., Fissah A., Gherib S., Bouhkari M.et Cheffrou A., 2013.** Bio-activité des huiles essentielles de l'Armoise blanche *Artemisia herba alba* : effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera). Afrique Science. Vol.09, pp : 82 – 90.
- **Delobel et Trane, 1993.** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Institut français de recherche pour le développement en coopératif Centre technique de coopération agricole et rurale, 422 p.
- **Deveci O., Sukan A., Tuzun N.et Kocabas E.H., 2010.** Chemical composition, repellent and antimicrobial activity of *Schinus molle* L. Journal of Medicinal Plants Research. Vol. 4(21), pp. 2211-2216.
- **Dikshit A., Naqvi A.A. et Husain A., 1986.** *Schinus molle*: a New Source of Natural Fungitoxicant. Applied And Environmental Microbiology, May 1986, pp : 1085-1088.
- **Djermoun A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie, n° 01. Pp : 45-53.
- **E. N. Quiroga, A. R. Sampietro, M. A. Vattuone, 2001.** Screening antifungal activities of selected medicinal plants. Journal of Ethnopharmacology. Vol 74, pp: 89–96.
- **Faouzi B., 2014.** La qualité Sanitaire des denrées stockées et les techniques de préservation. Aspects Techniques de Récoltes et Stockage, 25 p.
- **Favier J. C., 1989.** Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations. In : Céréales des Régions Chaudes : Conservation et transformation. Edité par Michel Parmentier et Kouakou Fouad-bi. AUPELF-UREF. Ads John LibbeyEurotext, Paris. Pp. 97-104.
- **Fleurat-Lessard F., 2010.** La lutte chimique contre les maladies et ravageurs des légumineuses en pré- et post-récolte - Systèmes de protection phytosanitaire durables applicables en Afrique, 29 p.
- **Fleurat-Lessard, 2012.** Démarche intégrée de prévention et de lutte contre les insectes dans les industries de transformation des céréales, 4èmes Rencontres du RMT Quasaprove « Recherche appliquée, Formation & Transfert», 24 p.

- **Fleurat-lessard., 1994.** Ecophysiologie des Arthropodes nuisible aux stocks des céréales en Afrique tropicale. In Post-Récolte, principes et applications en zone tropicale, ESTEMAUFELF Verstraeten, pp : 1-61.
- **Francis F., 2003.** Tritrophic interactions: study of the Brassicaceae n–Aphids – Predatory ladybird model (PhD thesis). Gembloux Agricultural University, 18 tab, 255 p.
- **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. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol 15(1), pp : 183-194.
- **Huerta A., I. Chiffelle, K. Puga, F. Azúa, Araya J.E., 2009.** Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Protection. Vol. 29, pp : 1118-1123.
- **Ibrahim B., Al –Naser Z., 2014.** Analysis of fruits *Schinus molle* extractions and the efficacy in inhibition of growth the fungi in laboratory. International Journal of ChemTech Research. Vol.6, No.5, pp: 2799-2806.
- **Inge de Groot, 2004-** Protection des céréales et des légumineuses stockées. Wageningen, ed.Janneke Reijnders, 74 p.
- **Isman M. B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. Vol. 51, pp : 45–66.
- **Joker D., Cruz N. T., Morales M.U. et Rojas E., 2002.** *Schinus molle* L. Seed Leaflet. Vol. 57.
- **K. Girmay, B. Fikre, A. Asmelash, B. Getachew, E. Tekle, N. Raja, 2014.** Evaluation of water and ethanol extracts of *Schinus molle* L. against immature *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). Journal of Coastal Life Medicine. Vol. 2(6), pp : 471-477.
- **Karren J.B., 2000.** Flour Moths. Extension Entomologist Revised, Insect Diagnostician, pp: 1-4.
- **Kassemi N., 2015.** Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudoeviisus integrifolius* Salib et *Nepera nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en Biologie, Option Ecologie animal, Département d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen.
- **Kossou D. K., Atachi P., Zannou T.E. et Bougourou S., 2007.** Evaluation de l'activité insecticide de deux plantes *Hyptis suaveolens* (Linn) et *Khaya senegalensis* (A. Juss) sur les insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Sciences & Nature. Vol. 4 N°1, pp : 17 – 26.
- **Lairon D., 2009.** Des Légumes secs pour satisfaire nos besoins nutritionnels et les enjeux de durabilité, 19 p.

- **Lamnaouer D., 2002.** Composition chimiques et activités biologiques de quelques plantes médicinales. Conduite d'essais d'extraction et d'analyse des huiles essentielles et des principes actifs des plantes médicinales et aromatiques, pp : 1-9.
- **Laviolette, P. et Nardon, P. (1963).** Action des rayons gamma du Cobalt 60 sur la mortalité et la fertilité des adultes d'un charançon du riz. Bull. Biol. Fr. Belg., Vol. 97, p. 30-33.
- **Léonard S.T.N., 2004.** La recherche d'une alternative aux polluants organiques persistants. In Bull. d'information phytosanitaire. Vol .43, Avril-juin.
- **Leon-Raul H.O., 2005.** Substitution De Solvants et Matières Actives De Synthèse Par Un Combine « Solvant/Actif » d'origine Végétale. Thèse de doctorat en Agroressource, L'institut National Polytechnique de Toulouse, 225 p.
- **Lepesme P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels. Encycle. Entomol A., pp : 22- 249.
- **Lepigre A.L., 1966.** La Désinsectisation des stocks des céréales. Ed. O.N.I.C, Paris, 48 p.
- **Lesueur F., 2006.** Elaboration De Formulations A Base D'extraits De Neem (*Azadirachta Indica* A. Juss) Pour La Protection De La Pomme De Terre (*Solanum Tuberosum* L.) Contre Le *Myzus Persicae*, Un Puceron Colonisateur Et Vecteur De Virus Circulants Et Non Circulants. Mémoire pour l'obtention du grade de maître es sciences (M. Se.), Département de Phytologie, Faculté Des Sciences De L'agriculture et de L'alimentation, Université Laval Québec, 139 p.
- **Mallamaire A., 1965-**les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal. Congrès de la protection des cultures tropicales, pp : 85-92
- **Maughan N., 2012.** *Cephalonomia tarsalis* un nouvel hôte discret des zones urbaines ?, insectes 21 n° 164 (1), pp : 1- 21.
- **Nanfack F. M., Dongmo Y. Z. et. Fogang M.A.R, 2015.** Les insectes impliqués dans les pertes post-récolte des céréales au Cameroun : méthodes actuelles de lutte et perspectives offertes par la transgénèse. Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 9(3), pp : 1630-1643.
- **NDIAYE D. S. B., 1999.** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Cellule Centrale d'Appui Technique, 61 p.
- **Neethirajan S., Karunakaran C., Jayas D. S. & White N. D. G., 2007.** Detection techniques for stored-product insects in grain. Food Control. 18: 157-162.
- **Neves J., Martins M.R, Arantes S. Piteira A., Candeias F., 2009.** An Assessment of Pharmacological Properties of *Schinus* Essential Oils A Soft Computing Approach. Proceedings 30th European Conference on Modelling and Simulation, p. 107.

- **Ngakegni-Limbili A.C., 2012.** Etude de synergie des effets chimiques et biologiques des lipides de réserves et des huiles essentielles des fruits et graines saisonniers de la sous-région Afrique Centrale. Thèse de doctorat en science Agronomie, Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), Université de Toulouse. 170 p.
- **Ngamo L.S.T. & Hance Th., 2007-** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25 (4), pp : 215-220
- **Nguemtchouin M.M.G., 2012.** Formulation D'insecticides En Poudre Par Adsorption des Huiles Essentielles de *XylopiA Aethiopica* et d'*Ocimum Gratissimum* Sur Des Argiles Camerounaises Modifiées. Thèse de Doctorat en Chimie, Option Chimie Et Physicochimie Des Matériaux, Ecole Nationale Supérieure Des Sciences Agro Industrielles de L'Université de Ngaoundere, 239 p.
- **Orwa et al., 2009.** *Schinus molle* L. Anacardiaceae. Agroforestry Database. Vol.4.0, pp: 1- 5.
- **Park I.K., Lee S.G., Choi D.H. & Ahn Y.J. (2002).** Insecticidal properties of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 39 (4), pp: 375-384.
- **Periquet Alain. Boisset Michel. Casse Francine. Catteau Michel. Lecerf Jean-Michel. Carole Leguille. (2004).** Pesticides risques et sécurité alimentaire. Paris.
- **Pierre Delot, 2014.** Balle de riz, Traitements, 15 p.
- **Regnault-Roger C. (2002).** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp. 19-39.
- **Regnault-Roger C., PHILOGÈNE B.J.R., VINCENT C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale. 2èmeEd, Lavoisier, 546p.
- **Rémésy C., Robert L., Nicolle C., SD.** L'importance en Nutrition Preventive des Produits Vegetaux Complexes : Pomme De Terre, Legumes Secs, Fruits et Legumes. Unité Maladies Métaboliques et Micronutriments, INRA, pp: 1-5.
- **Rhouma A., Ben Daoud H., Ghanmi S., Ben Salah H., Romdhane M., Demak M.,2009.** Antimicrobial activity of leaf extracts of *Pistacia* and *Schinus* species against some plant pathogenic fungi and bacteria. *J. Of Plant Pathol.*, 91(2): 339 – 345.
- **Righi A.F., Righi K., M.A. Khelil, Pujade-Villar J., 2014.** Biological control against the cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis* L., Coleoptera: Bruchidae) using essential oils of some medicinal plants. *Journal Of Plant Protection Research*. Vol. 54, No. 3, pp: 212- 217.
- **Roy, S., G. Gurusubramanian, and S. K. Nachimuthu. (2011).** "Anti-mite Activity of *Polygonum hydropiper* L. (Polygonaceae) Extracts Against Tea

Red Spider Mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Tetranychidae: Acarina)." International Journal of Acarology 37: 561–566.

- **Sauvion N., Calatayud N., Thiéry P.A., et Marion-Pol F., 2013.** Interactions insectes-plantes. 135 p.
- **Seck D., 1989.** État et perspectives de lutte contre *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789), déprédateur des céréales au Bénin. Journal of Applied Biosciences. Vol. 79, pp : 6955 – 6967.
- **Seck D., 1991.** Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en milieu paysan. Sahel PV Info No 33, pp: 15- 19.
- **Second T, 1972.** Traite Des Arbres Et Arbustes qui se cultivent en France en Pleine Terre, 785 p.
- **Siaussa D., 2002.** La lutte intégrée contre les ravageurs des cultures, des plantes. 52 p.
- **Silva-Júnior E. F., Aquino P. G. V., Santos-Júnior P. F. S., Nascimento I. J. S., Gomes, E. A., Silva A. L. L., Verissimo R. C. S. S., Aquino T. M. et Araújo-Júnior J. X., 2015.** Phytochemical compounds and pharmacological properties from *Schinus molle* Linnaeus and *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Anacardiaceae*). Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. Vol. 7(12), pp : 389-393.
- **Sreeramoju P., Prasad M.S.K et Lakshmi pathi V., 2016.** Complete study of life cycle of *Tribolium Castaneum* and its weight variations in the developing stages. International Journal of Plant, Animal and Environmental science. Vol. 06, pp: 95- 100.
- **Syed Shayfur R., Mizanur R., Mizanur R.K., Shameem A.B., Balaram R. et Shahed S. M., 2007.** Ethanolic extract of melgote (*Macaranga postulata*) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). African Journal of Biotechnology, Vol.6 (4), pp: 379-383.
- **Taleb-Toudert k., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabyle (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidea). Thèse de Doctorat en biologie, Département de Biologie Animale et Végétale, Faculté des sciences Biologiques et Agronomiques, Université MOULOU D MAMMERI Tizi-Ouzou, 206 p.
- **Taylor L., 2002.** Brazilian Peppertree, from Herbal Secrets of the Rainforest, Published and copyrighted by Sage Press, Preprinted 2nd edition © 2002-2003.
- **Toumou A. L., Seck D., Namkosserena S., Cisse N., Kandioura N. et Sembene M., 2012.** Utilisation des plantes indigènes à effet insecticide pour la protection des denrées stockées contre des insectes ravageurs à Boukoko (Centrafrique). Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 6(3), pp : 1040-1050.

- **Vogrincic C., 2004.** Stockage des oléagineux : maîtriser les insectes. Conseils régionaux. 35 p.
- **Yildirim R., Aslan A., Emsen B., Cakir A. et Ercisli S., 2012.** Insecticidal effect of *Usnea longissima* (Parmeliaceae) extract against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Int. J. Agric. Biol.*, Vol.14, pp: 303–306.