

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES ET BIOLOGIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**Evaluation de l'efficacité d'une formulation solide d'huile
essentielle sur les insectes de semoules et de grains. Cas de
Tribolium castaneum et *Sitophilus oryzae* (Insecta, Coleoptera)**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en Sciences de la Nature et
de la vie

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

Présenté par : M^{lle}. BOUMALI ZINEB

Devant le jury composé de :

Mme AMMAD.F	U.S.D. BLIDA	M.A.A	Présidente
Mr DJAZOULI .Z.E	U.S.D. BLIDA	M.C.A	Promoteur
Mme BABA AISSA .K	U.S.D. BLIDA	DOCTORANTE	Co-promoteur
Mme KOUTTI. A	U.S.B. BLIDA	DOCTORANTE	Examinatrice

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2012/2013

REMERCIEMENTS

Avant toute formulation, nous tenons à remercier le bon Dieu de nous avoir donné la force et la volonté à terminer ce travail

A titre personnel, je suis heureuse d'avoir l'occasion d'exprimer ma gratitude vis-à-vis des personnes qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'aboutissement de mon mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur, Dr. DJAZOULI Z.E. pour avoir bien voulu m'encadrer, pour ses précieux conseils, pour son aide, sa patience, et son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie également ma Co-promoteur Mme MOUSSAOUI-BABA AISSA Karima, pour son aide, ses conseils et surtout pour son soutien tout au long de ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements aux membres du jury : Mme AMMAD F., qui m'a fait l'honneur de présider le jury, Mlle KOUTTI A., qu'elle trouve ici toute ma gratitude et mes remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.

Je remercie également mes très chère parents qui m'ont soutenue le long de mes années d'études avec amour et patience et qui ont sacrifié de tout pour me voir heureuse et réussie, que dieu vous garde pour moi « Inchallah ».

Je témoigne ma gratitude et mes remerciements à mes frères, sœurs : «Mohamed, Hamza, Chrif, Saber, Ratiba, Djaouida, Hafsa et Fatima», et surtout mes collègues de la spécialité de Phytopharmacie Appliquée.

Enfin, j'exprime ma profonde reconnaissance à toutes les personnes, et amis, qui m'ont aidée d'un sourire, d'une critique, d'un encouragement ou d'un service.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chère parents qui m'ont toujours encouragé et que dieu les protègent.

Mes très chères frères et sœurs et à toute ma famille.

A toute les collègues de la promotion de phytopharmacie appliquée de l'université de Blida.

Toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail

******... Zineb Boumali ...******

Evaluation de l'efficacité d'une formulation solide d'huile essentielle sur les insectes de semoules et de grains. Cas de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae* (Insecta, Coleoptera)

Résumé

Face à l'ampleur des dégâts causés par les coléoptères curculionidae sur les denrées stockées, une panoplie de méthodes est utilisée pour éradiquer le fléau ou maintenir le niveau des attaques à un seuil économiquement acceptable. La formulation des huiles essentielles constitue une bonne alternative et fait partie des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs.

L'objectif de cette étude consiste à l'évaluation de l'effet biocide d'un bioproduit formulé à base d'huile essentielle de lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*), vis-à-vis des larves et des adultes de deux ravageurs redoutables des denrées stockées à savoir: *Tribolium castaneum* sur la farine de blé et *sitophilus oryzae* sur les grains de blé tendre.

Le biopesticide formulé à base d'huile essentielle de lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*) à la dose D3 (1;5g) a exercé un effet très important sur les deux populations de *Tribolium.castaneum* et *Sitophilus oryzae*. Par ailleurs la dose D2 (1g) a exercé un effet modéré par rapport à la dose D1 (0,5g) qui a montré un degré d'efficacité le plus faible dans la température ambiante.

Mots clés

Biopesticide, Huile essentielle, Lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*). *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum*,

Evaluating the effectiveness of a strong essential oil on insect meal and grain formulation If *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae* (Insecta, Coleoptera).

Summary

Given the scale of the damage caused by the beetles curculionidae on stored food, a variety of methods is used to eradicate the scourge or maintain the level of attacks at an economically acceptable level. The formulation of essential oils is a good alternative and is one of the most explored in the regulation of pest pathways.

The objective of this study is to evaluate the effect of a biocide formulated bioproduct-based essential oil of spike lavender (*Lavandula latifolia spica*), vis-à-vis the larvae and adults of two formidable pests of stored namely *Tribolium. castaneum* on wheat flour and grains *Sitophilus oryzae* on wheat in the ambient temperature.

The biopesticide formulated a base of essential oil of spike lavender (*Lavandula latifolia spica*) at a dose 3 (1; 5g) has had a profound effect on both populations *Tribolium.castaneum* and *Sitophilus oryzae*. Moreover, the two dose (1g) exerted a moderate effect from 1 dose (0.5 g), which showed a lower degree of efficiency.

Keywords

Biopesticide, essential oil of spike lavender (*.Latifolia Lavandula spica*).*Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*.

تقييم فعالية صياغة الزيت العطري قوي على الحشرات الدقيقة و الحبوب خنفساء الدقيق كاستانيم و السيتوفيليس أوريصي (الحشرات، غمدية الأجنحة)

ملخص

بالنظر إلى حجم الأضرار الناجمة عن الخنافس السدر على المواد الغذائية المخزنة، مجموعة متنوعة من الأساليب المستخدمة للقضاء على آفة أو الحفاظ على مستوى الهجمات عند مستوى مقبول اقتصاديا. صياغة الزيوت الأساسية هو بديل جيد ويعد واحدا من أكثر استكشاف في تنظيم الممرات الآفات

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير المبيد البيولوجي وضعت من الزيت العطري الضروري المستندة إلى ارتفاع الخزامى(الخزامى اتيفوليا السنبله)، وجها لوجه مع اليرقات والكبار من اثنين من الآفات هائل من تخزين أي خنفساء الدقيق. كاستانيم على دقيق القمح و السيتوفيليس أوريصي سوسة الحبوب على القمح. في درجة الحرارة المحيطة والمبيدات الحيوية وضعت قاعدة من الزيت العطري الضروري المستندة من ارتفاع الخزامى (الخزامى اتيفوليا السنبله) بجرعة 3 (1.5 غ) كان له تأثير عميق على عشائر خنفساء الدقيق كاستانيم وسوسة الأرز السيتوفيليس أوريصي وعلاوة على ذلك، فإن الجرعة اثنين (1 غ) تمارس تأثير معتدل من جرعة 1 (0.5 غ)، والتي أظهرت انخفاض درجة من الكفاءة

كلمات البحث

خنفساء الدقيق كاستانيم، سوسة الأرز السيتوفيليس أوريصي ، المبيدات الحيوية، الزيت العطري الضروري المستندة من ارتفاع الخزامى (الخزامى اتيفوليا السنبله)

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1.Importance économique de blé dans le monde et en Algérie	3
I.2.Position systématique et Composition histologique du grain de blé	4
I.3.Stockage et conservation du blé	4
I.3.1.Stockage en gerbe	4
I.3.2.Stockage en épis	4
I.3.3.Stockage du grain en vrac	5
I.3.3.1.Le stockage en atmosphère renouvelée	5
I.3.3.2.Le stockage en anaérobiose "	5
I.3.3.1.1.Le stockage sous atmosphère" confinée"	6
I.3.3.1.2.Le stockage sous atmosphère "modifiée"	6
I.4.Facteurs de détérioration	6
I.4.1.Causes de l'altération	6
I.4.1.1.Biologique	6
I.4.1.2.Microbiologique	7
I.4.1.3.Chimique et biochimique	7
I.4.1.4.Mécanique	7
I.4.2.Facteurs de l'altération	7
I.4.2.1.La durée de stockage	7
I.4.2.2.La température	8
I.4.2.3.L'humidité du grain	8
I.4.2.4.Composition de l'atmosphère inter granulaire	10
I.5.Principaux insectes des Céréales Stockées	10
I.5.1.Les coléoptères	10
I.5.2.Les lépidoptères	11
I.6.Présentation du ravageur <i>Tribolium castaneum</i>	11
I.6.1.Position systématique	11
I.6.2.Origine et répartition géographique	12
I.6.3.Habitat, régime alimentaire et dégâts	12

I.6.4. Description des différents états du cycle biologique de l'insecte	13
I.6.4.1. L'œuf.....	13
I.6.4.2. La larve.....	13
I.6.4.3. La nymphe.....	14
I.6.4.4. L'adulte.....	15
I.7. Présentation du ravageur <i>Sitophilus oryzae</i>	16
I.7.1. Position systématique.....	16
I.7.2. La répartition géographique.....	17
I.7.3. La biologie de développement.....	
I.7.3.1. Description morphologique des différents stades de <i>Sitophilus oryzae</i>	17
I.7.3.1.1. L'œuf.....	17
I.7.3.1.2. La larve.....	17
I.7.3.1.3. La nymphe.....	18
I.7.3.1.4. L'adulte.....	18
I.7.4. La ponte.....	19
I.7.5. Dégâts et régime alimentaire.....	20
I.7.6. Distinction des sexes.....	20
I.8. Les moyens de lutte.....	21
I.8.1. La lutte curative.....	21
I.8.2 La lutte préventive.....	21
I.8.2.1. La lutte chimique.....	21
I.8.2.2. La lutte physique et mécanique.....	22
I.8.2.3 La résistance variétale.....	22
I.8.2.4 La lutte biologique.....	23
I.8.2.4.1 Les huiles essentielles.....	23
I.8.2.4.1.1. Activité insecticide des huiles essentielles	24
CHAPITRE II: Matériel et méthodes	25
II.1. Objectif.....	25
II.2. Matériel d'étude.....	25
II.2.1 Matériel végétal.....	25
II.2.2 Formulation.....	25
II.2.3 Matériel animal.....	26

II.3.Méthodes.....	26
II.3.1. Dispositif expérimental.....	26
II.3.2. Estimation du taux de mortalité et de perturbation.....	29
II.3.3. Correction de la mortalité.....	29
II.4. Analyse statistique des résultats.....	29
II.6.2.1. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al. 2001).....	29
II.6.2.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)	30
CHAPITRE III : RÉSULTATS.....	31
III.1. Évaluation temporelle de l'effet létal et perturbateur d'une formulation solide d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i> et de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	31
III.1.1. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i>.....	31
III.1.2. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	33
III.2. Évaluation temporelle de l'effet létal et perturbateur corrigé d'une formulation solide d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i> et de <i>Sitophilus oryzae</i>.	34
III.2.1. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigé des formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i>.....	34
III.2.2. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigé des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	36
III.3. Tendances de l'efficacité de la formulation d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i>. et de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	37
III.3.1. Cas de <i>Tribolium castaneum</i>.....	37
III.3.2. Cas de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	40
III.4. Étude comparée de l'efficacité de la formulation d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i> et de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	42
III.4.1. Cas de <i>Tribolium castaneum</i>.....	42
III.4.2. Cas de <i>Sitophilus oryzae</i>.....	44

CHAPITRE IV : DISCUSSION	46
IV.1. Effet comparé de la formulation solide d'huile essentielle à base du lavande aspic (<i>Lavendula latifolia spica</i>) sur <i>Sitophilus oryzae</i> et <i>Tribolium castaneum</i>	46
IV 2. Effet comparé des doses de la formulation solide d'huile essentielle à base de la lavande sur <i>Sitophilus oryzae</i> et <i>Tribolium castaneum</i>	48
Conclusion et Perspectives	51
ANNEXE	52

Liste des figures

Figure.I.1. Production mondiale de blé.....	3
Figure.I.2. Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées.....	9
Figure.I.3. Domaines favorables au développement des insectes, des bactéries et autres microorganismes dans les stocks, les teneurs en eau correspondant aux humidités relatives de l'air ambiant sot indiquées pour le blé et les graines oléagineuses.....	10
Figure.I.4. Larve de <i>Tribolium castaneum</i>	14
Figure.I.5. Nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale et ventrale.....	15
Figure.I.6. Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale, latérale et ventrale.....	15
Figure.I.7. Coupe d'un grain de blé montrant un œuf de <i>S. oryzae</i> Linn. Dans sa logette	17
Figure.I.8. Larve de <i>S. oryzae</i> L.....	18
Figure.I.9. Nymphe de <i>S. oryzae</i> dans un grain de blé.....	18
Figure.I.10. Adulte de <i>Sitophilus oryzae</i>	19
Figure.I.11. Cycle de développement de <i>S. oryzae</i>	20
Figure.II.1. Biopesticide utilisé.....	26
Figure.II.2. La formulation solide du biopesticide vu sous loupe binoculaire.....	26
Figure.III.1. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit...	32
Figure.III.1.a. L'évolution temporelle du taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	32
Figure.III.1.b. L'évolution temporelle du taux de mortalité des larves de <i>Tribolium castaneum</i>	32
Figure III.1.c. L'évolution temporelle du taux de perturbation des adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	32
Figure.III.2.a. Évolution temporelle du taux de mortalité et de des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> sous l'effet du bioproduit.....	33
Figure.III.2.b. Évolution temporelle du taux de perturbation des adultes	

<i>Sitophilus oryzae</i> sous l'effet du bioproduit.....	34
Figure.III.3. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigée des formes biologiques de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	35
Figure.III.3.a. Évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	35
Figure.III.3.b. Évolution temporelle du taux de perturbation corrigée des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	35
Figure. III.3.c. Évolution temporelle du taux de mortalité corrigée larves de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	35
Figure.III.4.a. Évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des adultes <i>Sitophilus oryzae</i> sous l'effet du bioproduit.	36
Figure.III.4.b. Évolution temporelle du taux de perturbation corrigée des adultes <i>Sitophilus oryzae</i> sous l'effet du bioproduit.	37
Figure.III.5. Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée (a) et perturbation corrigée (b) des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	38
Figure.III.6. Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée larvaire de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet du bioproduit.....	40
Figure.III.7. Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée (a) et perturbation corrigée (b) des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> sous l'effet du bioproduit.....	41
Figure.III.8. Modèle GLM appliqué à la mortalité corrigée (a) et la perturbation corrigée (b) de <i>Tribolium castaneum</i> selon la dose et la période.....	43
Figure.III.9. Modèle GLM appliqué à la mortalité corrigée (a) et la perturbation corrigée (b) de <i>Sitophilus oryzae</i> selon la dose et la période...	45

Introduction

Les denrées alimentaires sont habituellement attaquées par les insectes au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine. Les paysans pratiquaient des techniques traditionnelles en ajoutant aux denrées les produits locaux tels que les minéraux, les huiles, les feuilles ou extraits de plante pour les protéger contre les infestations multiples (REGNAULT-ROGER *et al*, 2008).

Ainsi, les produits végétaux à action phytosanitaire ont une très longue histoire et les techniques, traditionnellement bien établies, ont apporté leur preuve d'efficacité dans plusieurs pays africains. Ces pratiques ont été abandonnées au profit des méthodes modernes à cause des nombreux changements subits par l'agriculture au cours des dernières décennies (FAO, 1990 ; THIAM et DUCOMMUN, 1993). Malgré les moyens dont dispose la science, les insectes continuent encore à causer des dégâts innombrables.

Les pertes les plus importantes sont causées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens (ALZOUMA *et al*, 1994; FLEURAT-LESSARD, 1994). Parmi les coléoptères, la calandre du riz (*Sitophilus oryzae* L.) (Coleoptera: Curculionidae) est universellement reconnue comme l'un des plus dévastateurs des céréales entreposées, non seulement en raison de sa propre consommation, mais aussi parce qu'elle ouvre en plus la porte à tout un ensemble de détritivores dont le plus fréquent est le *Tribolium* rouge de la farine (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) qui parachève les dégâts (MARKHAM *et al*, 1994; THRONE, 1994).

Parmi les méthodes de protection les plus utilisées au niveau des stocks sont les pesticides chimiques (HALL, 1970 ; HAUBRUGE *et al.*, 1988 ; RELINGER *et al*, 1988). Pour la protection de divers stocks de semences, les pesticides fréquemment utilisés sont les organophosphorés, les pyréthroïdes de synthèse et des produits composés à partir des matières actives appartenant aux deux familles (GWINNER *et al*, 1996).

D'après la FAO (2001), environ 30% des produits commercialisés particulièrement dans les pays d'Afrique subsaharienne ne répondent pas aux normes de qualité internationale à cause du manque des moyens de contrôle efficaces. Ceci provoque non seulement des problèmes de résistance chez les insectes ravageurs mais, entraînerait aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine. Les insecticides posent en outre, des problèmes de disponibilité, de stockage et de coût. Face à ces problèmes, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte impose de nombreux chercheurs à s'orienter vers la lutte écochimique qui exploite les substances allélochimiques contenues dans les végétaux (les huiles essentielles) pour combattre les déprédateurs des stocks.

En effet, les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'effort a été donc concentré sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (KIM *et al*, 2003). Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (SHAAYA *et al*, 1997).

Le but de notre étude consiste à mettre en évidence l'effet biocide d'un biopesticide à base d'huile essentielle de lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*) vis-à-vis de deux ravageurs redoutables des denrées stockées *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae* sous la vision de minimiser l'utilisation des insecticides de synthèse dans les stocks de blé Algériens.

Chapitre I: Etude bibliographique

CHAPITRE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Importance économique de blé dans le monde et en Algérie

Le blé constitue une source alimentaire pour plus de 35% de la population Humaine, c'est une culture stratégique et vivrière. En 2003, la production mondiale a atteint 624 millions de tonnes pour une superficie de 217 millions d'hectares soit un rendement de 2,8 t/ha. La Chine, l'Inde et les États-Unis sont les grands producteurs, représentant à eux seuls, plus de 40% de la production mondiale de blé (EVANS, 1993).

En Algérie, les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire et représentent un élément stratégique aussi bien du point de vue superficie agricole occupée qu'économique et nutritionnel. En effet, 80% de la superficie agricole utile du pays est occupée par les cultures céréalières, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha, fournissant plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (BENCHARIF et CHAULET, 1991, DJERMOUN, 2009).

Les produits de céréales et notamment la semoule représentent l'alimentation de base de l'Algérien moyen, particulièrement en milieu rural. La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /habitant /an (DAMASSE, 2009).

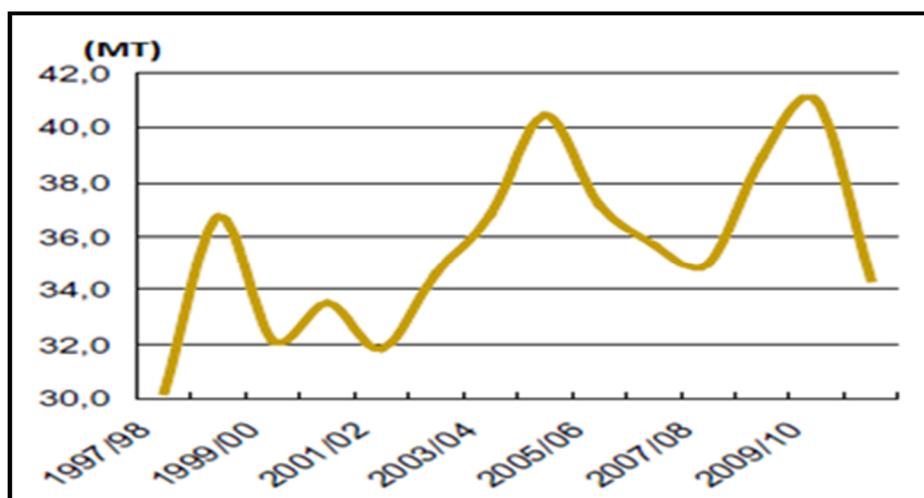


Figure. I.1 : Production mondiale de blé (en Mt) (Anonyme, 2011)

I.2. Position systématique et Composition histologique du grain de blé

Le blé du genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des *Poacées* et plus largement au groupe des angiospermes, monocotylédones (BOGARD, 2011).

Le grain de blé se compose d'un certain nombre de tissus avec des structures et des compositions spécifiques (HEMERY *et al*, 2007) comme Le grain de blé est formé de trois parties : l'enveloppe ou le son (13 %), l'albumen (84%) et le germe (3 %) (BOUDREAU et MENARD, 1992).

I.3. Stockage et conservation du blé

Selon Agrawal 1992, Le stockage des grains est une opération importante et doit commencer au champ, lorsque les semences ont atteint leur maturité physiologique qui dépend énormément des facteurs abiotiques, telles que l'humidité et la température. Cependant, la conservation du blé peut se réaliser sous différentes formes:

I.3.1. Stockage en gerbe

C'est la méthode traditionnelle; de puis le moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne .on pouvait entasser les gerbes en plein air ou le plus souvent le stockage en grange. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon. La méthode est particulièrement adaptée aux régions à été humide, aussi a connu un grand développement au XIXème siècle, avec la moissonneuse lieuse (MULTON, 1982).

I.3.2. Stockage en épis

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. Il demande bien moins de volume que le stockage en gerbe, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de

l'ambiance du stockage. En effet avec le stockage en épis nous voyons apparaître deux procédés bien distincts : le confinement et l'aération (MULTON, 1982).

I.3.3. Stockage du grain en vrac

Bien qu'il soit plus difficile à conserver les produits précédents, il est plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac. En contre partie, pour parvenir plusieurs problèmes sont à résoudre et plusieurs techniques sont élaborées. Deux principaux facteurs sont à prendre en compte : la quantité des grains stockés d'une part et les modifications qualitatives survenant au cours du stockage d'autre part (MULTON, 1982).

Par ailleurs parmi les techniques qui permettent la préservation de la qualité du blé au cours du stockage on peut citer:

I.3.3.1. Le stockage en atmosphère renouvelée

Selon MULTON, 1982, ce type de stockage consiste à l'aération soit par transvasement périodiques de silo à silo (transilage) soit par l'installation de ventilation disposée à l'intérieur du silo permettant d'insuffler de l'air ambiant ou traité (refroidi et séché). Ceci est complété utilement par un équipement de contrôle de température du grain (silothermométrie) permettant de déceler tout échauffement biologique anormal et de déclencher à temps la ventilation ou autres moyens adéquats. En revanche, quelque soit la capacité de stockage des silos, ceux –ci doivent être isolés thermiquement car un refroidissement peut entraîner des migrations importantes d'eau à travers les grains sec avec formation des foyers humides dangereux.

I.3.3.2. Le stockage en anaérobiose

Il permet d'allonger notablement les durées de conservation car les métabolismes respiratoires des grains et des déprédateurs sont bloqués de sorte qu'il n'y a ni de dégagement de la chaleur ni la production de vapeur d'eau, si

toutefois la teneur en eau des grains reste inférieure au seuil de démarrage du processus de fermentation (BOUDREAU *et al*, 1988).

Il Existe deux technologies principales permettant d'obtenir l'anaérobiose :

I.3.3.2.1. Le stockage sous atmosphère " confinée"

Il s'agit d'une conservation menée dans un silo dont l'atmosphère dépourvue en oxygène et s'enrichit en CO₂ suite à la respiration de l'écosystème. C'est une technique importante de conservation des grains dans un état aussi proche que possible de leur état initial, technique qui a été pratiquée presque partout dans le monde(BOUDREAU *et al*, 1988).

I.3.3.2.2. Le stockage sous atmosphère "modifiée"

Dans ce cas, l'anaérobiose est immédiatement imposée par mise sous vide, puis saturation de l'atmosphère inter granulaire par du CO₂ ou de l'azote (BOUDREAU *et al*, 1988).

I.4. Facteurs de détérioration

D'après CANGARDEL, (1978), le grain stocké, constitue un biotope créé artificiellement par l'homme et dont l'équilibre instable peut être détruit par l'action de tout agent physique ou biologique. Ainsi, la plupart des mécanismes d'altération des grains, dépendent de l'activité métabolique de ce dernier et le déclenchement d'un mécanisme particulier, nécessite la présence simultanée de causes d'altération et de facteurs au maintien de ces causes qui sont de diverses origines.

I.4.1. Causes de l'altération

I.4.1.1. Biologique

Il s'agit du monde animal, les prédateurs sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, etc..) ou volants (teignes, alucites, etc.) (FEILLET, 2000)

I.4.1.2. Microbiologique

Il relève des moisissures, toujours présentes sur les grains et qui se développent au champ, ou au cours du stockage. Elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres dans des conditions bien particulières secrètent des substances toxiques (mycotoxines) (GUIRAUD, 1998).

I.4.1.3. Chimique ou biochimique

Lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (MULTON, 1982).

I.4.1.4. Mécanique

Il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention. (CHEFTEL. et CHEFTEL, 1977).

I.4.2. Facteurs d'altération

Les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont:

I.4.2.1. La durée de stockage

La vitesse de dégradation s'accélère en fonction de la durée du stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables. C'est ainsi que les conditions de stockage de longue durée doivent être beaucoup plus rigoureuses pour maintenir les aptitudes des blés à une bonne utilisation (GODON, 1991).

I.4.2.2. La température

Selon GODON (1991), Les grains sont de mauvais conducteurs thermiques et toute élévation de température engendrent un transfert de chaleur et de vapeur d'eau de la zone le plus chaud vers les zones froides. C'est ainsi que certaines réactions chimiques dépendent essentiellement de la température, c'est le cas de la détérioration oxydative des lipides et de la modification qualitative et quantitative des protéines.

Le développement des insectes exige une fourchette de température située entre 10°C et 40°C, au-delà de ce seuil de température, ils rentrent en léthargie ou meurent (FLEURAT-LESSARD, 1982) (figure I.2) De ce fait une meilleure conservation des grains peut être obtenue à des basses températures

I.4.2.3. L'humidité du grain

L'état d'équilibre qui s'établit entre l'humidité du produit (teneur en eau) et l'hygrométrie de l'air ambiant détermine les mécanismes physiologiques et physicochimiques responsables des altérations (BOTTOMLEY *et al*, 1950.).

D'après FLEURAT-LESSARD, (1990), il convient de souligner que la teneur en eau du grain est un indicateur précieux de la qualité de matière sèche vendue ou transformée dans les circuits commerciaux ou industriels En matière de stockage et de conservation ,le potentiel du produit dépend surtout .de l'humidité relative d'équilibre.

En effet un blé qui a une teneur en eau inférieure à 8% risque moins d'être attaqué par les insectes puisqu'il est trop sec et le corps des insectes en général contient plus de 50% d'eau. Une mortalité de 10% des adultes de *S.oryzae* a pu être observée après 12 jours de séjour dans des grains à 8,5% de teneur en eau (FARJAN, 1983) (figure. I.3).

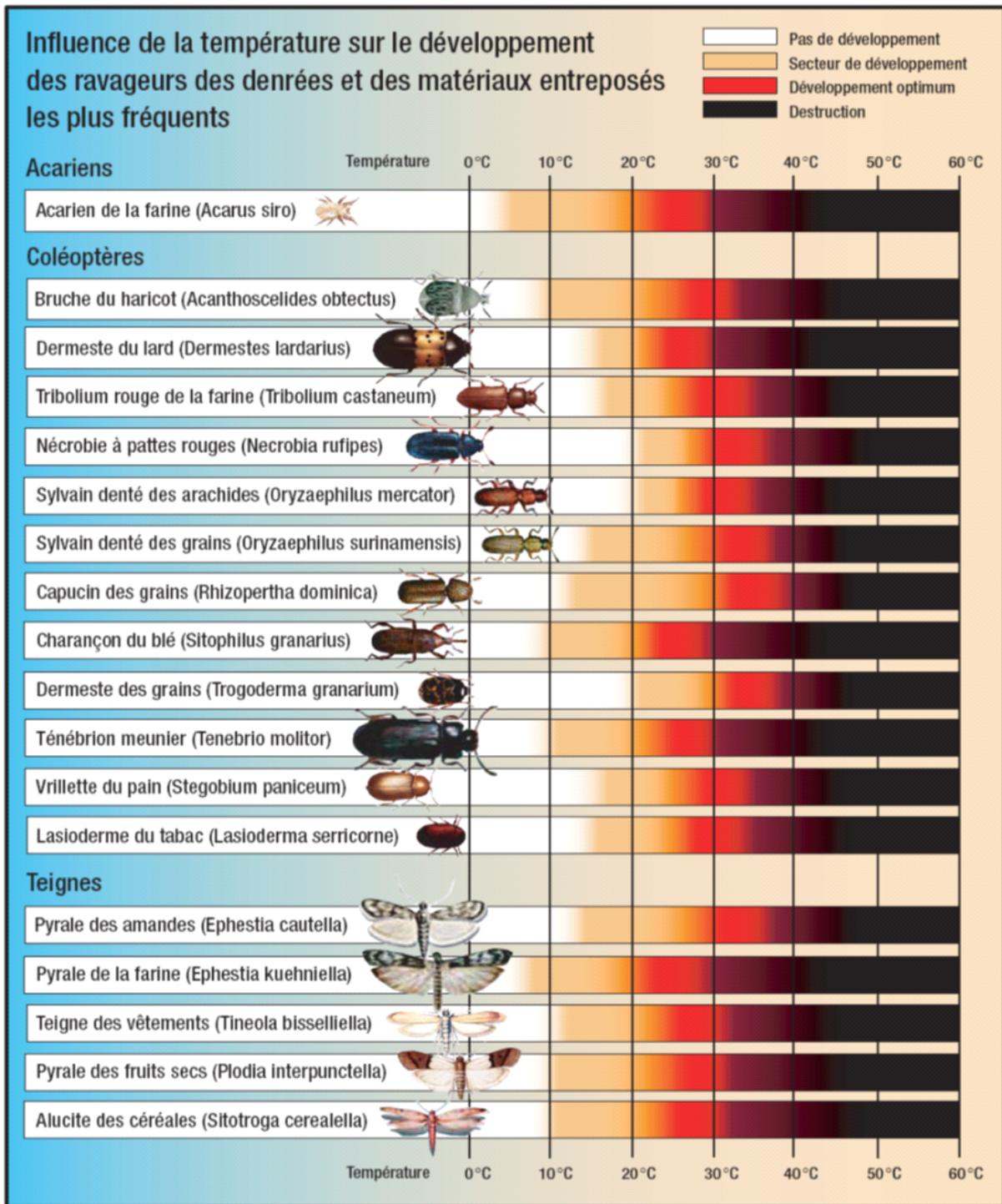


Figure. I.2. Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées (KODIO, 1989).

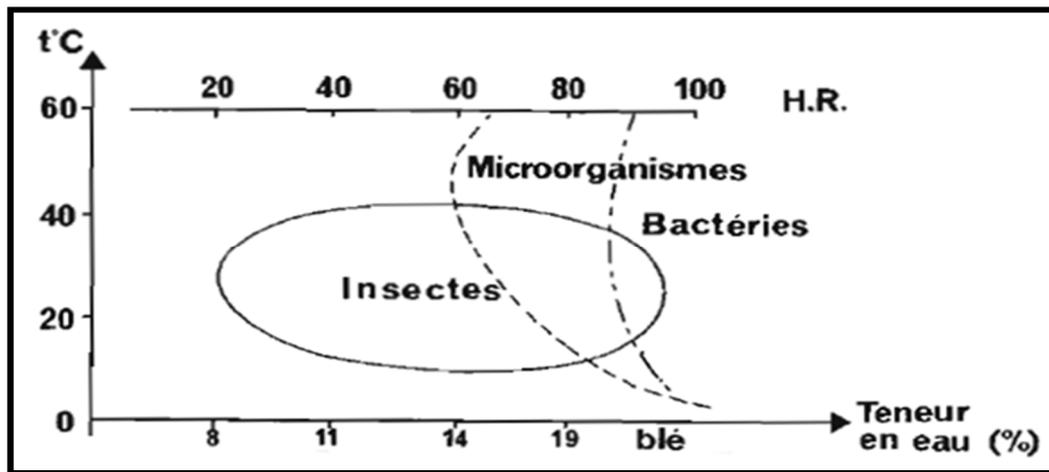


Figure. I.3. Domaines favorables au développement des insectes, des bactéries et autres microorganismes dans les stocks, les teneurs en eau correspondant aux humidités relatives de l'air ambiant sont indiquées pour le blé et les graines oléagineuses (MULTON, 1982).

I.4.2.4. Composition de l'atmosphère inter granulaire

L'oxygénation constitue un facteur qui peut altérer le blé au cours du stockage. En effet, la présence d'oxygène en quantité suffisante permet non seulement le développement de la flore et de ces faunes aérobies mais aussi les oxydations des substances chimiques (MULTON, 1982).

I.5. Principaux insectes des céréales stockées

Deux principaux ordres comprennent la majorité des espèces inféodés aux stocks: il s'agit des coléoptères et des lépidoptères

I.5.1. Les coléoptères

Selon, CHAMP *et al.* (1976), tous les coléoptères s'attaquant aux céréales stockées sont lucifuges c'est à dire qu'ils fuient la lumière. Ils sont de mœurs nocturnes et sont plus actifs la nuit que le jour. Sous leur forme adulte, à des températures comprises entre 15°C et 35°C accompagnées d'une humidité relative

variant de 50 à 80%, ils vivent beaucoup plus longtemps que les lépidoptères (STEFFAN, 1978).

En effet, pour la grande majorité des espèces, les coléoptères adultes vivent plusieurs mois, certains pouvant présenter une durée de vie supérieure à un an. (FLEURAT, 1982).

Les principales espèces de coléoptères nuisibles aux céréales stockées sont incluses dans la figure (I.2). Parmi les ravageurs primaires, on distingue les insectes à formes cachées représentées par les charançons (*Sitophilus sp*) et le capucin (*Rhizopertha dominica*) et Les insectes à formes libres du type «*silvain*» et «*tribolium*» qui attaquent les grains par l'extérieur (FLEURAT, 1991).

I.5.2. Les lépidoptères

Selon STEFFAN (1978), toutes les espèces de lépidoptères infestant les denrées stockées appartiennent au groupe des hétérocères qui comprennent surtout des papillons de nuit. Les adultes, surtout actifs la nuit, se distinguent des papillons diurnes par leurs antennes dont l'extrémité ne se renfle jamais en bouton par le fait qu'au repos, ne tiennent par leurs ailes verticalement et présentent des pièces buccales transformées en trompes rétractiles suceuses ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides ne causant donc aucun dégât dans les céréales et dérivés mais leur rôle étant de perpétuer l'espèce. Ils ont également un rôle de dissémination du fait qu'ils peuvent voler et donc se déplacer à de grandes distances de leur lieu d'émergence.

I.6. Présentation du ravageur *Tribolium castaneum*

I.6.1. Position systématique

Embranchement : Arthropodes.

Classe : Insectes.

Ordre : Coléoptères.

Sous-ordre : polyphaga.

Super famille : Cucujoidea.

Famille : Ténébrionidé.

Sous-famille : Ulominae.

Genre : *Tribolium*.

Espèce : *T. castaneum* Herbst.(1797)

I.6.2. Origine et répartition géographique

Selon LEPESME (1944), *Tribolium castaneum* H.est une espèce cosmopolite. Elle peut être originaire de l'inde car dans cette région, on la trouve d'une manière courante sous l'écorce des arbres forestiers. Néanmoins, il a été retrouvé également en Amérique du Nord.

En Algérie, LUCAS *In* (LEPESME, 1944), l'a découvert sous les écorces de liège dans les environs d'Oran et de Skikda Actuellement, il s'est réparti dans le monde entier par la voix des échanges commerciaux.

I.6.3. Habitat, régime alimentaire et dégâts

Tribolium castaneum H.est un ravageur très commun dans les moulins et les entrepôts des produits alimentaires. Son régime alimentaire est d'origine xylophage (LEPESME, 1944).

D'après, BURKHARD *in* (LEPESME, 1944), il s'est adapté à un régime alimentaire à base de céréales et dérivées amylacées.et prétend même qu'il peut attaquer les grains entiers, en se tenant toutefois au germe.

STEFFAN (1978), a montré que les adultes de *Tribolium castaneum* H. Possèdent des glandes coproduisant un liquide nauséabond riche en quinones, cette substance communique à la denrée une odeur qui la déprécie. L'espèce est nuisible aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire.

Durant le printemps, l'été et l'automne, on trouve dans les substances infestées tous les états du cycle biologique de l'espèce, œufs, larves, nymphes et adultes ; par contre, en hiver seuls les adultes sont présents sur la denrée (LEPIGRE, 1966).

Les Triboliums ont été signalés sur plus d'une centaine de denrées alimentaires. Les préférences alimentaires peuvent varier suivant les races géographiques ou les lignées génétiques (STEFFAN, 1978). D'après ce même auteur *Tribolium castaneum* H. préfère les fruits secs, les épices, divers produits exotiques comme le cacao ou le tapioca et les oléagineux. Mais, les principales marchandises sont les grains de (riz, blé, orge et maïs) ; les Farines, la semoule, les gâteaux secs (LEPIGRE, 1966).

D'une façon générale, les Tribolium recherchent surtout les denrées alimentaires amylacées telles que la farine, celle-ci contaminée perd sa valeur commerciale en dégageant une odeur forte et en acquérant un goût de moisi capable de persister dans le pain et les gâteaux (LEPESME, 1944).

I.6.4. Description des différents états du cycle biologique de l'insecte

I.6.4.1. L'œuf

Selon (LEPESME, 1944 et STEFFAN, 1978), les œufs sont ovulaires, sans sculpture, ils mesurent en moyenne de 0,3 à 0,6 mm de long, à surface lisse, oblong et transparent. Au moment de la ponte, les œufs sont de couleur blanche et sont recouverts d'un enduit visqueux qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

I.6.4.2. La larve

La larve est vermiforme de couleur blanche tachetée de jaune avec capsule céphalique, les pièces buccales et la face dorsale légèrement plus sombre Très allongée environ huit fois plus longue que large, cylindrique, porte quelques fines et longue soies jaunâtre plus nombreuses sur le neuvième segment abdominale (LEPESME, 1944). Elle des mues au fur et à mesure qu'elle se développe.

A l'achèvement de sa croissance, la larve atteint une dimension de 6 à 7mm de long et de 0,7 à 0,8mm de large (STEFFAN, 1978) (Figure I.4).

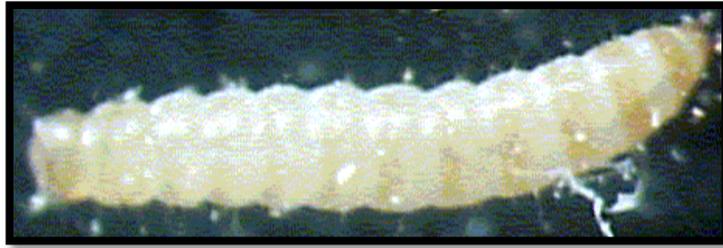


Figure.I.4 : Larve de *Tribolium castaneum* (STEFFAN, 1978).

Selon LEPESME (1944), la larve de *Tribolium castaneum* Herbst. se termine par une paire d'urogomphes qui permet de la distinguer des larves de Gnathocerus, de plorus et d'Alphitobius espèce s'attaquant aux denrées alimentaires. Les segments thoraciques portent en dessous six pattes bien développées et de même couleur que le reste du corps

I.6.4.3. La nymphe

Arrivée à son complet développement, la larve de dernier stade se transforme en une nymphe qui est de couleur blanche

D'après GOOD (1936 in BALAWCHSKY et MENSIL, 1936), on note la pigmentation plus développée chez la nymphe la plus âgée chez la quelle on distingue notamment les yeux et l'extrémité des mandibules par leur pigmentation. La nymphe est immobile et constitue le seul état de vie de *T. castaneum* Herbst qui permet de distinguer le sexe mâle du sexe femelle (figure I.5). Elle possède à la face ventrale, au dessous de la paire d'urogomphes à extrémités très aigues et brun foncé, de petites cornes qui, chez le mâle se réduisent à une légère protubérance déprimée au centre (LEPESME, 1944).



Figure.I.5.Nymphes de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale et ventrale (STEFFAN, 1978).

I.6.4.4. L'Adulte

D'après BALACHOWSSKY et MENSIL (1936), après avoir subit une mue imaginale, la nymphe donne à son émergence un imago de couleur claire. Les phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation se continuent pendant deux à trois jours. La Figure (I.6) montre un Tribolium de couleur brun rouge, dont la longueur varie de «3 à 4 mm.



. Vue dorsale

Vue latérale

Vue ventrale

Figure .I.6. Adulte de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale, latérale et ventrale (STEFFAN, 1978).

Selon, LEPESME (1944), les antennes sont nettement épaissies vers leur extrémité et leur longueur n'atteint pas la moitié du prothorax qui lui, est rectangulaire

et presque aussi larges que les élytres .Ces derniers sont allongés et munis de stries de points bien nets. Chaque inter strie porte en son lieu une fine cote longitudinale (Figure I.6). Les pattes sont courtes, les tarsez antérieurs et médians sont formés de cinq articles, les tarsez postérieurs de quatre articles (BALACHOSKY *et* MENSIL, 1936).

I.7. Présentation du ravageur *Sitophilus oryzae* (L),

I.7.1. La position systématique

Le charançon du riz est un coléoptère faisant partie de la famille des *Curculionidae*, le genre *Sitophilus*, ce dernier comprend trois espèces: *S. granarius* (L), *S. oryzae* L, *S. zeamais*Motsch.

D'après Borrer *et al* (1981), la position systématique de *Sitophilusoryzae* (L), se résume comme suite :

Embranchement :	Arthropodes
S/ Embranchement :	Antennates
Classe :	<i>Insectes</i>
Sous-classe :	<i>Ptérygotes</i>
Super-ordre :	<i>Coléoptéroïdes</i>
Ordre :	<i>Coléoptères</i>
Sous-ordre :	<i>Polyphaga</i>
Super-famille :	<i>Phytophagoidea</i>
Famille :	<i>Curculionidae</i>
Sous-famille :	<i>Rhynchophorinae</i>
Genre :	<i>Sitophilus</i>
Espèce :	<i>Sitophilus oryzae</i>

I.7.2. Répartition géographique

Cosmopolite, mais surtout présent en zones subtropicales et tempérées chaudes. On a mis en évidence, chez *Sitophilus zeamais* aussi bien que chez *Sitophilus oryzae* l'existence de races géographiques qui diffèrent pour de nombreux caractères comme l'adaptabilité à des plantes hôtes différentes, fécondité, longévité, vitesse de développement et l'aptitude au vol (ALEX et MAURICE, 1993).

I 7.3. Biologie de développement

I.7.3.1. Description morphologique des différents stades de *S. oryzae*

Le cycle vital de *S.oryzae* comporte quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago. (Figure.I.11).

- **L'œuf** de *S.oryzae* est piriforme, blanc, brillant et mesure 0,65 à 0,70 mm. (LEPESME. P, 1944).

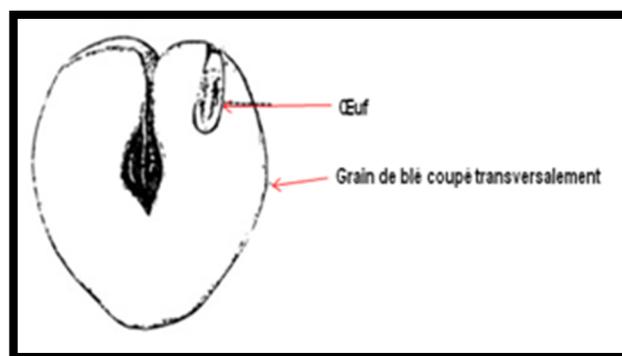


Figure.I.7.Coupe d'un grain de blé montrant un œuf de *S. oryzae* Linn. Dans sa logette. (*In Acta*, 1982).

- **La larve**, après l'éclosion, la jeune larve passe par quatre stades que l'on identifie par la longueur de la capsule céphalique. La larve est apode et d'un blanc perle. Elle se singularise par sa forme extrêmement ramassée (STEFFAN, 1978). Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires (LACOSTE, 1970).

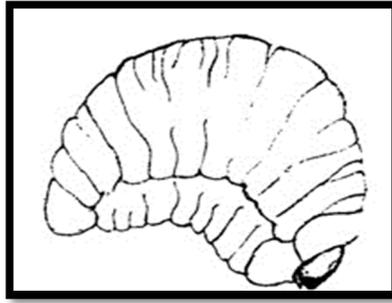


Figure .I.8. Larve de *S. oryzae* L. (*In Acta*, 1982).

- **La nymphe**, à son complet développement, la larve aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe par un stade prénymphe. Après une période d'immobilisation de 50 heures environ, la prénymphe se transforme en nymphe. La durée de ce dernier stade varie de 6 jours à 15 jours (LEPESME, 1944).

Après la métamorphose, la nymphe morphologiquement identique à l'adulte, reste repliée, le rostre tourné vers l'abdomen, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain encore de 3 à 80 jours selon la température en attendant que durcissent ses téguments. L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou où l'adulte a déposé l'œuf (MATHLEIN, 1938).

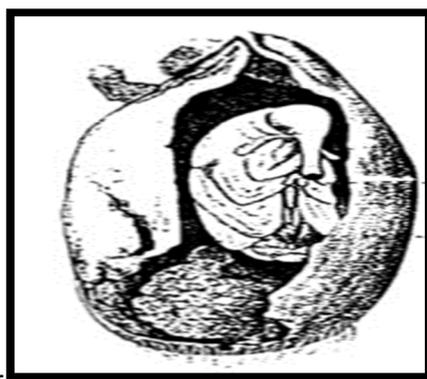


Figure.I.9. Nympe de *S. oryzae* dans un grain de blé. (*In Acta*, 1982).

- **L'adulte**, d'une taille comprise entre 2,5 et 5mm. Les charançons se caractérisent par le prolongement de leur tête en avant par un long rostre

visible à l'œil nu, à l'extrémité duquel se trouvent les pièces buccales broyeuses et portant des antennes; les pattes à fémur robuste, des tibias s'achevant par deux crochets arqués et des tarsi courts de quatre articles.

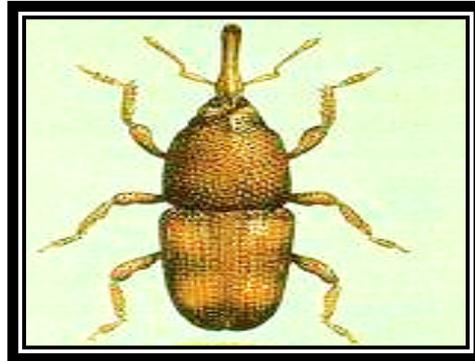


Figure.I.10. Adulte de *Sitophilus oryzae* (L). (Anonyme, 2005)

I.7.4. La ponte

La maturité sexuelle est acquise dès le jour même où l'insecte sort du grain. La ponte, après accouplement, a lieu, à partir du 3ème jour après cette sortie et se fait, très souvent, au voisinage du sillon central du grain, près du germe (KEHE, 1975). A l'aide de son rostre, la femelle pratique, dans le grain, un trou dont la profondeur atteint généralement la longueur pré-antennaire du rostre et dont la largeur dépasse légèrement celle de l'œuf. Elle y dépose, directement, l'œuf qu'elle recouvre, alors, d'une matière gélatineuse qui durcit à l'air. La ponte persiste toute la vie de l'insecte, le nombre d'œufs déposés par une femelle pouvant atteindre 200-400 œufs, soit une moyenne de 10 œufs par jour, à la température de 32°C (STEFFAN, 1978).

Selon le même auteur, Plusieurs études montrent que tous ces charançons se rencontrent sur des substrats nutritifs très différents. L'adulte peut se nourrir de farine, de semoule, de graines concassées, mais les femelles ne pondent que dans des grains ou des morceaux de grains suffisamment grands. De plus, elles sélectionnent qualitativement les grains.

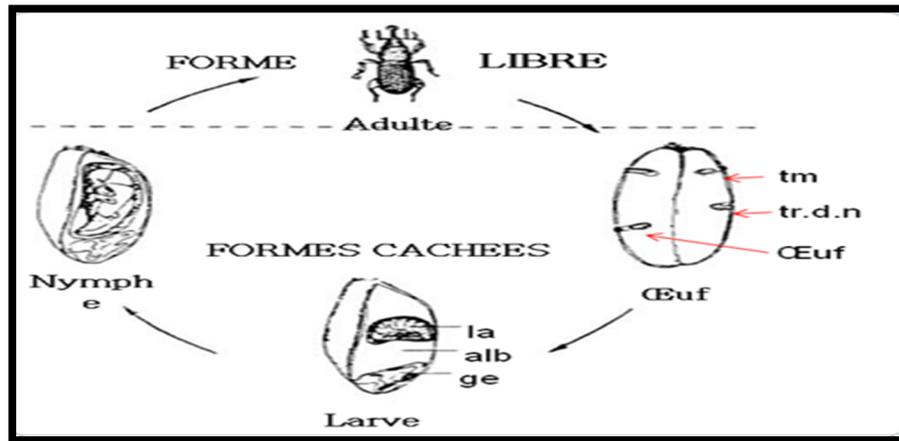


Figure.I.11.Cycle de développement de *S. oryzae* (In Acta, 1982).

la : larve apode, alb : albumen, ge : germe, tm : tampon mucilagineux, tr : trou de nourriture (FLEURAT-LESSARD, 1982a).

I.7.5. Dégâts et régime alimentaire

Selon KRANZ *et al.* (1981), il faut distinguer les denrées pouvant servir à l'alimentation des adultes de celles où la ponte est possible : cette dernière ne peut avoir lieu que dans les produits durs pouvant fournir un appui à la larve apode ; ce sont les grains de céréales, puis les pâtes alimentaires (à l'exception des vermicelles et des pâtes trop minces). La larve se développant à l'intérieur du grain, les dégâts ne sont donc pas visibles à l'œil nu.

Après la métamorphose, l'imago se fraye un passage en trouant l'enveloppe externe du grain. L'adulte se nourrit au dépend de grains intacts ou déjà attaqués en y laissant des trous de forme irrégulière. Dans les grains très atteints, les charançons peuvent avoir dévoré entièrement l'endosperme, ne laissant que l'enveloppe perforée et rongée provoquant ainsi une perte de poids, une détérioration de la qualité et parfois une contamination par les champignons.

I.7.6. Distinction des sexes

Le mâle diffère de la femelle par son dernier tergite abdominal arrondi et non subtriangulaire. Cette distinction est possible soit en exerçant une légère pression sur la face abdominale des insectes vivants soit en observant les derniers sternites

abdominaux qui sont plus courbés ventralement chez le mâle que chez la femelle (BALACHOWSKY (1966)).

D'après LEPESME (1944) et BALACHOWSKY (1966), le rostre du mâle est plus épais, plus court, plus densément et fortement ponctué que celui de la femelle.

I.8. Les moyens de lutte

I.8.1. La Lutte préventive.

Les moyens prophylactiques sont un élément primordial de lutte contre les déprédateurs des stocks des céréales et cette prévention peut être envisagée par la mise en application régulière des mesures d'hygiène constitue le moyen le plus important et la plus efficace pour contrôler les ravageurs des stocks. Pour cela, DUCON (1982), préconise plusieurs méthodes à savoir un nettoyage convenable des locaux de conservation et du matériel destiné à l'emmagasinage, par un badigeonnage ou une pulvérisation d'insecticides; une incinération des déchets de nettoyage; une vérification des locaux, des crevasses et des recoins qui peuvent abriter des insectes ou des grains inaccessibles aux insecticides de contact ; un tri soigné éliminant ainsi les impuretés, les grains cassés et la poussière de farine et un respect de la rotation des stocks en réduisant au minimum les causes de contamination.

I.8.2. La lutte curative

Elle intervient directement contre les insectes en place, cependant, parmi les moyens envisagés:

I.8.2.1. La lutte chimique

La lutte chimique reste la plus répandue avec l'utilisation de deux groupes de produits essentiels à savoir les insecticides de contact qui pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule. Parmi ce groupe d'insecticides nous citons : Le pyréthrinoïdes de synthèse qui agit par contact et ingestion, en

provoquant souvent un effet choc sur les insectes comme *Tribolium castaneum* (*Herbst.*) (SCHIFFERS *et al*, 1990) et les fumigants qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (EL LAKWAH et WINKS, 1990).

Face aux nuisances de la lutte chimique nonobstant les succès enregistrés, il a été développé plusieurs autres formes de lutte contre les insectes. Nous ne citerons que les principales (REGNAULT-ROGER *et al*, 2008).

I.8.2.2. La lutte physique et mécanique

Selon MULTON (1982), plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des divers succès tels que l'écrasement mécanique, le passage des produits dans un séchoir permettant d'éliminer les insectes présents dans les grains.de stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes. Aussi, le traitement par le froid qui consiste à abaisser la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement du développement des insectes, freiné dès que la température est inférieure à 10°C et par le chaud, qui agit par une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des insectes.) (MONGE *et al*, 1988).

I.8.2.3. La résistance variétale

L'obtention de variétés résistantes à l'attaque des ravageurs pourrait contribuer à minimiser l'importance des dégâts causés aux produits de récoltes en stocks. Le mécanisme de la résistance est de nature physique ou biochimique. En effet, les femelles de *C. maculatus* préfèrent les graines lisses pour la ponte, celles-ci sont en conséquence plus sujettes aux attaques que les graines ridées. Les inhibiteurs de trypsine et de protéase sont à la base de la résistance en empêchant le développement larvaire de l'insecte (CAMARA, 1997). La création de cultivars qui comportent à la fois une résistance des gousses et celle des graines serait un bon moyen de lutte. La résistance variétale peut constituer une bonne alternative à la

lutte chimique en milieu villageois car elle est moins coûteuse et n'occasionne pas de nuisance chez les populations et l'environnement (SECK *et al*, 1992)..

I.8.2.4. La lutte biologique

Selon SILVY et RIBA (1999), la lutte biologique correspond à l'utilisation d'organismes et/ou composés naturels pour détruire ou contrôler d'autres organismes nuisibles sur le plan agronomique ou au niveau d'espaces naturels. Ces agents sont regroupés sous l'appellation de « biopesticides ». On distingue des organismes prédateurs (insectes, nématodes, plantes, mammifères, etc....) mais également des protistes (bactéries, virus, champignons) ou des molécules naturelles (phéromones, roténones, etc....)

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse (GUEYE *et al*, 2011). Les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigant. Il s'agit souvent de plantes consommées dans l'alimentation humaine, par exemple comme condiment ou épice ou des plantes à activité médicinale. Les familles les plus prometteuses dans la protection des denrées au cours du stockage appartiennent aux familles des Meliaceae, Annonaceae, Labiaceae, Rutaceae, Asteraceae, Canellaaceae (NGAMO et HANCE, 2007). A partir des biopesticides d'origine botanique, on trouve les huiles essentielles

I.8.2.4.1. Les huiles essentielles

L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes remonte aux anciennes civilisations, tout d'abord en Orient et au Moyen Orient, et par la suite au nord de l'Afrique et en Europe (THIAM et DUCOMMUN, 1993, FRANCHOMME *et al*, 1990).

En effet, ces dernières années elles font partie des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Cependant, l'huile essentielle est définie dans le contexte de la certification (SWISSEO, 2005) comme l'extrait naturel de plantes ou

d'arbres aromatiques. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous produits du métabolisme secondaire extrêmement puissants.

Ce sont des extraits volatiles et odorants que l'on extrait de certains végétaux par distillation à la vapeur d'eau, ou pressage des végétaux qui les contiennent. Les huiles essentielles sont des composés liquides très complexes. Elles contiennent principalement des terpènes, des esters, des cétones et des phénols (BENAYAD, 2008).

I.8.2.4.2. Activités insecticides des huiles essentielles

Les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques (NGAMO et HANCE, 2007). Ils sont utilisés pour leurs activités de contact et inhalatoire. Elles sont connues par leurs propriétés antibactérienne, antivirale, antifongique, antiparasitaire et antiseptique (BENAYAD, 2008). Leur toxicité s'exprime par différents effets: ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et inhalatrice (REGNAULT-ROGER *et al*, 1995 ; KEÏTA *et al*, 2000).

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées. De nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (ISMAN, 1995). Certaines observations ont montré que l'extrait brut éthanolique (TIERTO-NIEBER *et al*, 1992), hexanique (NUTO, 1995) ou à l'éther de pétrole (GAKURU et FOUA-BI, 1996) de matériel végétal possède une toxicité effective vis-à-vis des ravageurs de stocks. D'autres résultats indiquent que les huiles essentielles extraites de plantes odorantes ont une activité insecticide indéniable vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* F. (GLITHO *et al*, 1997; GAKURU et FOUA-BI, 1995).

Ces huiles essentielles agissent par diffusion. C'est ce qui leur permet d'atteindre toutes les interstices dans la masse de graines stockées. Elles peuvent donc être utilisées en fumigation et leur emploi est facile (KOUMAGLOU, 1992). Ainsi, les phytopesticides valorisables sous la forme des huiles essentielles présente un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs (NGAMO et HANCE, 2007).

Chapitre II: Matériel et méthode

CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Objectif

L'objectif de cette étude est l'estimation de l'activité biocide d'un bioproduit formulé à base d'huile essentielle de lavande aspic ((*Lavendula latifolia spica*).) vis-à-vis des larves et des adultes de deux ravageurs redoutables des denrées stockées à savoir : *Tribolium castaneum* sur la farine de blé et *sitophilus oryzea* sur les grains de blé tendre.

II.2. Matériel d'étude

II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de notre expérimentation c'est limité au blé tendre qui appartient à la famille des *Poacées*, genre de *Triticum* dont l'espèce est *Triticum aestivum*

II.2.2. Formulation du bioproduit

Le traitement utilisé est un biopesticide à base d'huile essentielle de lavande issue de la plante aromatique lavande aspic ((*Lavendula latifolia spica*).) et formulé à 10% d'huile essentielle sur un support inerte de texture poudreuse à largage graduel dans le temps (Fig. II.1). Cette formulation a été préparée par M: MOUSSAOUI K. du laboratoire de phytopharmacie appliquée du département d'Agronomie de l'université de Blida.

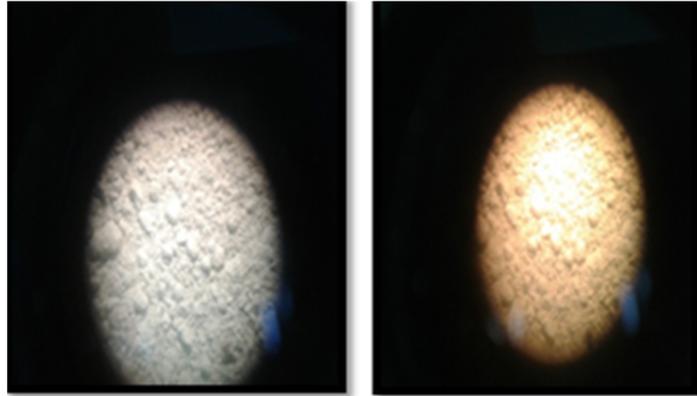


Figure.II.1: Biopesticide utilisé **Figure.II.2:** La formulation solide du biopesticide vu sous loupe binoculaire (Gx: 80)

II.2.3. Matériel animal

Le matériel animal destiné à l'évaluation de l'efficacité du produit appliqué est limité aux individus de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae* issus de blé infesté obtenu auprès de la CCLS (Coopérative des céréales et des légumes sec d'El Affroun. W de Blida).

Élevage des ravageurs a été réalisé dans une étuve ventilée à une température et humidité relative de 30°C et 70% respectivement, des individus de *Sitophilus oryzae* ont été mis dans une boîte perforée permettant la respiration et inhibant la fuite des individus LAVIOLETTE et NARDON (1963).

II.3. Méthodes

II.3.1. Dispositif expérimental

A partir du matériel biologique arrêté nous avons essayé de tester l'impact de l'activité biocide des différentes doses du produit biologique appliqué et la comparaison entre ces dernières sur les populations de *Tribolium.castaneum* et *Sitophilus.oryzae*..

Notre expérimentation a été réalisée au sein du laboratoire de phytopharmacie appliquée au niveau du Département des Sciences Agronomiques -Université SAAD DAHLAB- (BLIDA).

Dans chaque boîte de pétri en plastique de 9cm de diamètre contenant 10g de grains de blé tendre sains pesés à l'aide d'une balance de précision, 15 individus adultes de *Sitophilus oryzae* ont été déposés ; puis, on a rajouté la dose préconisée à savoir D1 (0,5 g.), D2 (1 g.) ou D3 (1,5 g.) de la formulation solide testée. La boîte est de suite refermée et entourée de parafilm pour éviter les pertes des essences volatiles et assurer un bon traitement. Toutes les boîtes ont été marquées par un feutre indélébile et laissées à température ambiante.

Au niveau du dispositif expérimental, trois blocs ont subi un traitement d'un biopesticide à base de d'huile essentielle de la lavande.aspic (*Spiker lavender*). Ces derniers ont été traités respectivement avec les doses D1 (0,5g) D2 (1g) et D3 (1g), Alors que le quatrième bloc représente le témoin qui n'a subi aucun traitement.

Les applications ont été répétées trois fois. Le suivi des populations a été fait chaque 2 heures pendant 3 jours dès l'application du traitement en comptant le nombre d'individus morts et perturbés.

Le même dispositif expérimental et le même procédé employés pour *Sitophilus oryzae* ont été suivis pour le *tribolium castaneum* sauf qu'on a utilisé 10g de la farine commerciale saine puis on a déposé 20 individus de *T.castaneum* (10 adultes et 10 larves).

II.3.2. Estimation du taux de mortalité et de perturbation

Selon MARMONIER et al (2006), le taux de mortalité est le taux de disparition d'individus dans des conditions d'environnement données (varie en fonction de la population considérée et des facteurs du milieu). Il est donné par la diminution de la population par mortalité/ variation du temps.

$$n = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

avec :

ΔN : augmentation de la population par les naissances

Δt : variation du temps

II.3.3. Correction de la mortalité

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de SCHNEIDER- ORELLI qui est la suivante :

$$MC\% = (M - M_t * 100) / (100 - M_t)$$

Avec :

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée

M (%) : Pourcentage de morts dans la population traitée

M t (%) : Pourcentage de morts dans la population témoin

II.4. Analyse statistique des résultats

II.4.1. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al. 2001)

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.) (Ter Braak et Prentice, 1988). Dans cette analyse, l'activité biocide est évaluée selon le stress opéré sur les individus de *Sitophilus oryzae*. A partir des deux premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique des périodes est réalisée dans le but de détecter l'activité précoce et tardive des différentes formulations.

II.4.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (Types de formulations, dose du principe actif, périodicité de formulation, temps d'expression de l'effet biocide, etc...), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Lorsque plus de 2 modalités interviennent par facteur, nous avons appliqué en outre le test de Tukey qui intervient après l'ANOVA. Il permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités.

Dans les cas où aucune transformation ne parvient à normaliser la distribution, une analyse de variance en condition non paramétrique a été effectuée (test de Kruskal-Wallis). Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

Chapitre III: Résultats

Chapitre III: Résultats

Dans ce chapitre, nous allons présenter tous les résultats relatifs à l'effet d'une formulation solide d'huile essentielle à base de lavande aspic (Spiker lavender) sur les populations de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae*.

I. Évaluation temporelle de l'effet létal et perturbateur d'une formulation solide d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de *Tribolium castaneum* et de *Sitophilus oryzae*

1. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des formes biologiques de *Tribolium castaneum*

Le graphe (figure III.1. a) montre l'évolution temporelle du taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. D'après la fluctuation temporelle on constate que le biopesticide testé sur les adultes de *Tribolium castaneum* montre un effet biocide plus important pour la dose 3 (1,5g) suivie de la dose 2 (1g) puis de la dose 1 (0,5g), cette dernière a un effet presque similaire au témoin qui affiche une mortalité naturelle appréciable dès 28heures.

Le graphe (figure III.1. b) représente l'évolution temporelle du taux de mortalité des larves de *Tribolium castaneum*. Les trois doses utilisées montrent une efficacité croissante dès 8 heures d'exposition au biopesticide. On remarque que la dose 3 (1,5g) et la dose 2 (1g) ont un effet similaire, par contre la dose 1 (0,5g) a une efficacité la plus faible sur les larves de *Tribolium castaneum*. quant au témoin, il n'affiche aucune mortalité naturelle.

Le graphe (figure III.1.c) montre l'évolution temporelle du taux de perturbation des adultes de *Tribolium castaneum*. On estime que l'effet perturbateur de la dose 1 (0,5g) est la moins faible que la dose 2 (1g) durant le laps de temps compris entre 2 heures et 30 heures, au delà de cette période, la dose 1 marque une perturbation remarquable. La dose 3 (1,5g) présente un effet très important à partir de 2H qui s'étend jusqu'à 24 heures. Le témoin présente un effet perturbateur dès 20 heures.

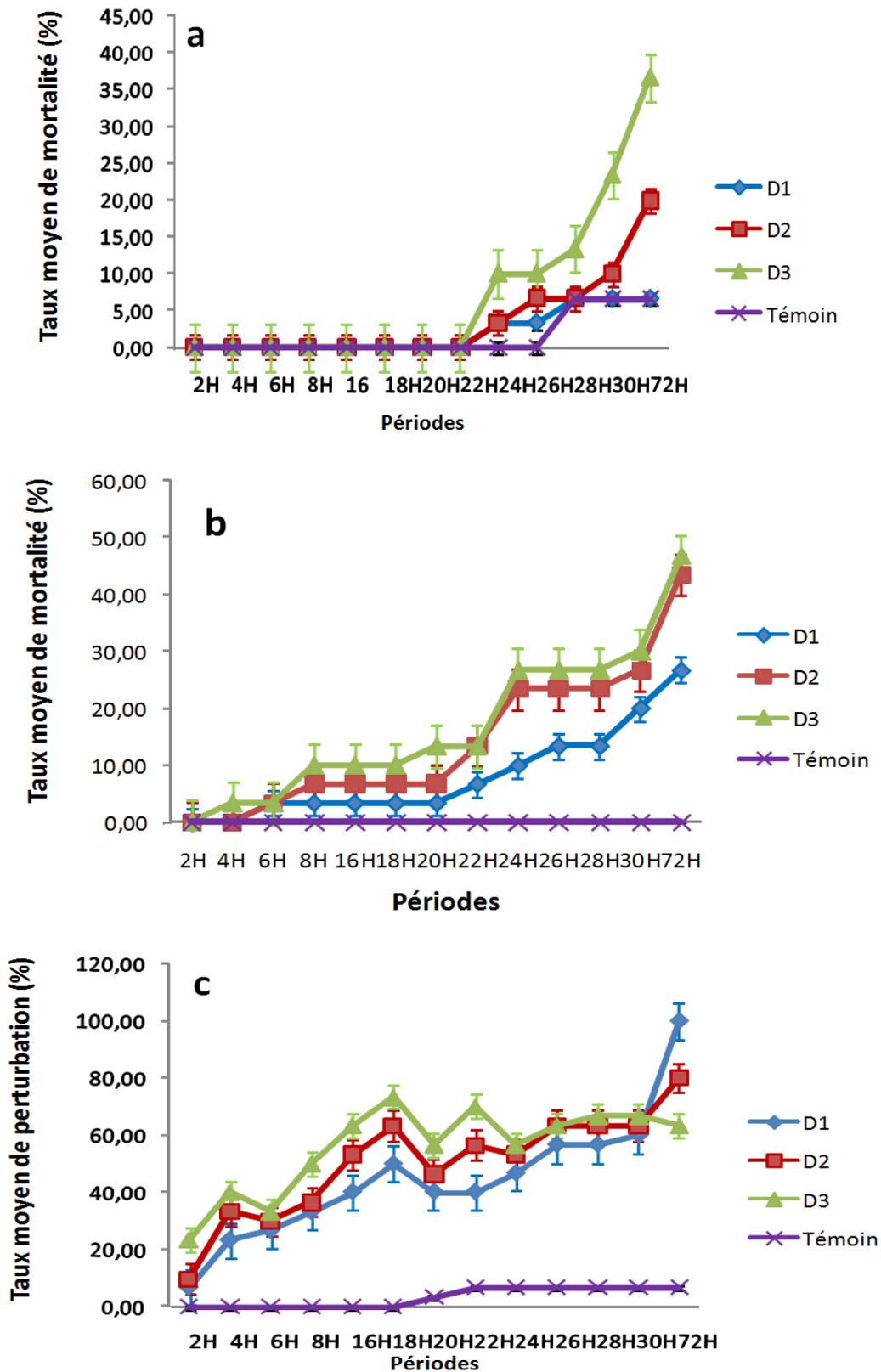


Figure.III.1: Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des formes biologiques de *Tribolium castaneum* sous l'effet du bioproduit

2. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation des adultes de *Sitophilus oryzae*

Le graphe (figure III.2.a) représente l'évolution temporelle du taux de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae*. La vision globale de ce graphe montre que la dose 3 exerce un effet biocide plus important sur les individus de *Sitophilus oryzae* par rapport à la dose 1 (0,5g) et la dose 2 (1g). Ces dernières ont le même effet jusqu'à 24 heures, au delà de cette période une dissemblance s'installe entre les deux doses jusqu'à la fin de l'investigation. En revanche le témoin signale une mortalité appréciable dès 20 heures.

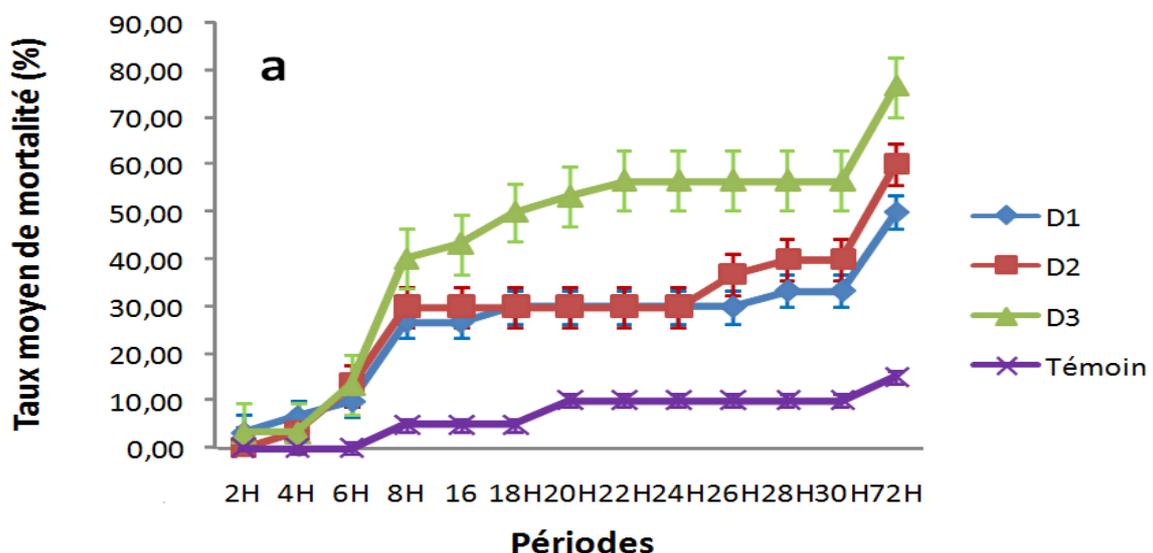


Figure III.2a : Évolution temporelle du taux de mortalité des adultes *Sitophilus oryzae* sous l'effet du bioproduit

Le graphe (figure III.2.b) montre l'évolution temporelle du taux de perturbation des adultes de *Sitophilus oryzae*. L'effet de perturbation des traitements appliqués varie en fonction des doses. La dose 3 (1,5g) marque un l'effet perturbateur plus important sur les adultes de *Sitophilus oryzae* par rapport à la dose 1 (0,5g) et la dose 2 (1g). Après 30H les trois doses marquent une diminution remarquable, par contre l'effet de perturbation n'est nullement signalé chez le témoin.

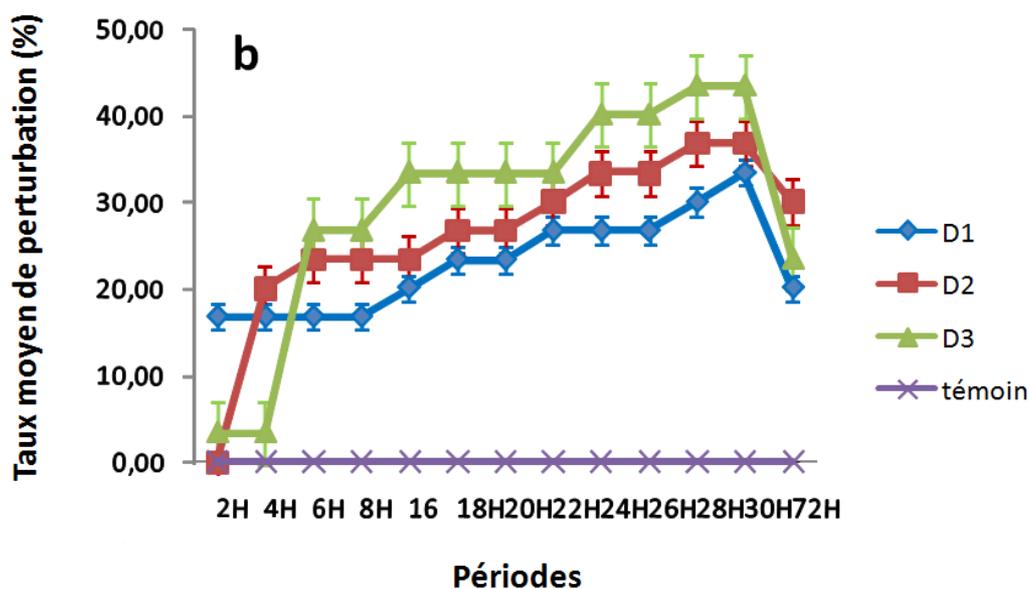


Figure III.2b : Évolution temporelle du taux de perturbation des adultes *Sitophilus oryzae* sous l'effet du bioproduit

II. Évaluation temporelle de l'effet létal et perturbateur corrigé d'une formulation solide d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de *Tribolium castaneum* et de *Sitophilus oryzae*

1. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigé des formes biologiques de *Tribolium castaneum*

Le graphe (figure III.3.a.) montre l'évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum*. Les résultats indiquent que le biopesticide n'exerce son effet létal qu'à partir de 22 H. Les doses affichent une gradation de toxicité allant de D 3, D2 et D1.

Le graphe (figure III.3.b.) montre l'évolution temporelle du taux de perturbation corrigée des adultes de *Tribolium castaneum*. On enregistre que l'effet perturbateur de la dose 1 est moins faible que la dose 2 à partir de 2H jusqu'à 30H. Au delà de cette période la dose 1 marque une évolution remarquable de perturbation qui s'aligne avec les deux fortes doses.

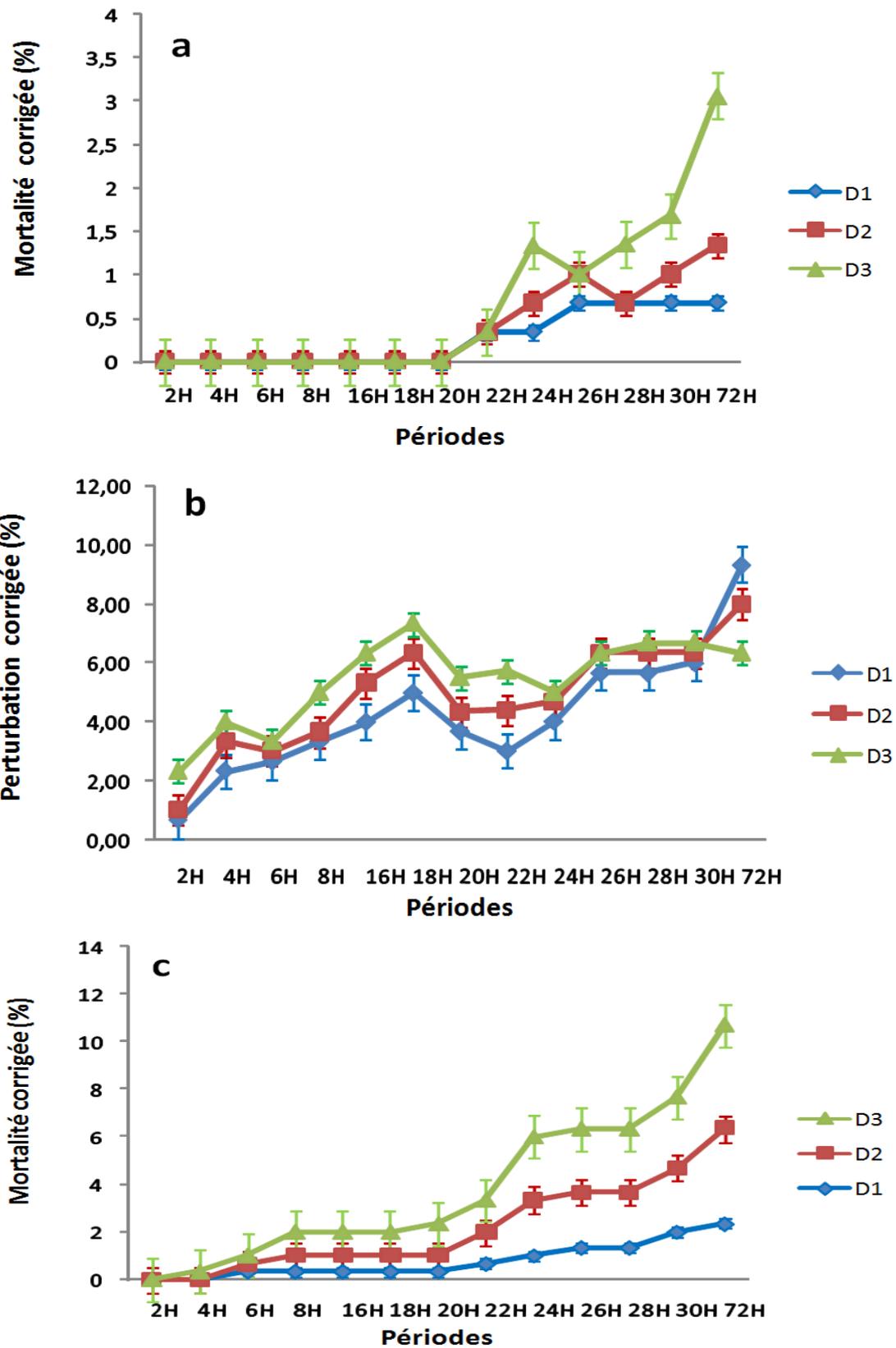


Figure III.3 : Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigé des adultes de *Tribolium castaneum* sous l'effet du bioproduit

Le graphe (figure III.3.b.) montre l'évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des larves de *Tribolium castaneum*. On estime que l'effet de biopesticide appliqué sur les larves de *Tribolium castaneum* varie en fonction des trois doses. La D 3 reste la plus efficace comparée à la D 2 et la D1 qui s'avère la plus faible.

2. Évolution temporelle du taux de mortalité et de perturbation corrigé des adultes de *Sitophilus oryzae*

Le graphe (figure III.4.a.) montre l'évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des adultes *Sitophilus oryzae*. On remarque que la D 1 et la D 2 présentent un effet biocide assez similaire de 2H à 24H sur les individus de *Sitophilus oryzae*, après 24H la dose 2 se distingue de D1. En revanche la D 3 montre un effet plus important que la D 1 et la D 2 à partir de 6H.

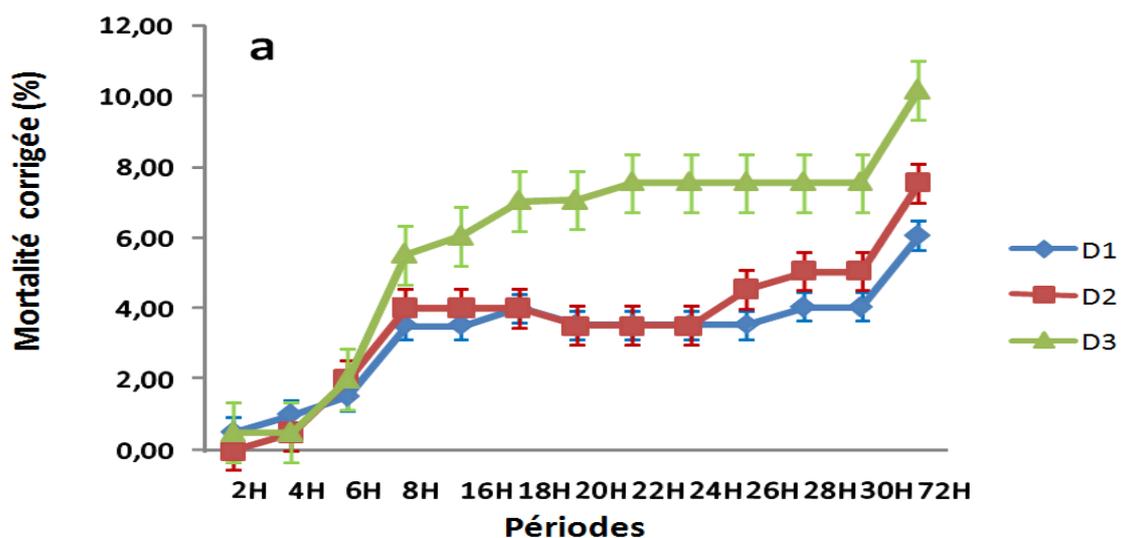


Figure III.4a : Évolution temporelle du taux de mortalité corrigée des adultes *Sitophilus oryzae* sous l'effet du bioproduit

Le graphe (figure III.4.b.) montre l'évolution temporelle du taux de perturbation corrigée des adultes *Sitophilus oryzae*. D'après les résultats on estime que l'effet de perturbation du traitement appliqué sur les individus de *Sitophilus oryzae* varie en fonction des doses. La D 3 reste la plus importante par rapport la dose 1 et la D 2. Après 30H les trois doses marquent une diminution d'effet perturbateur remarquable.

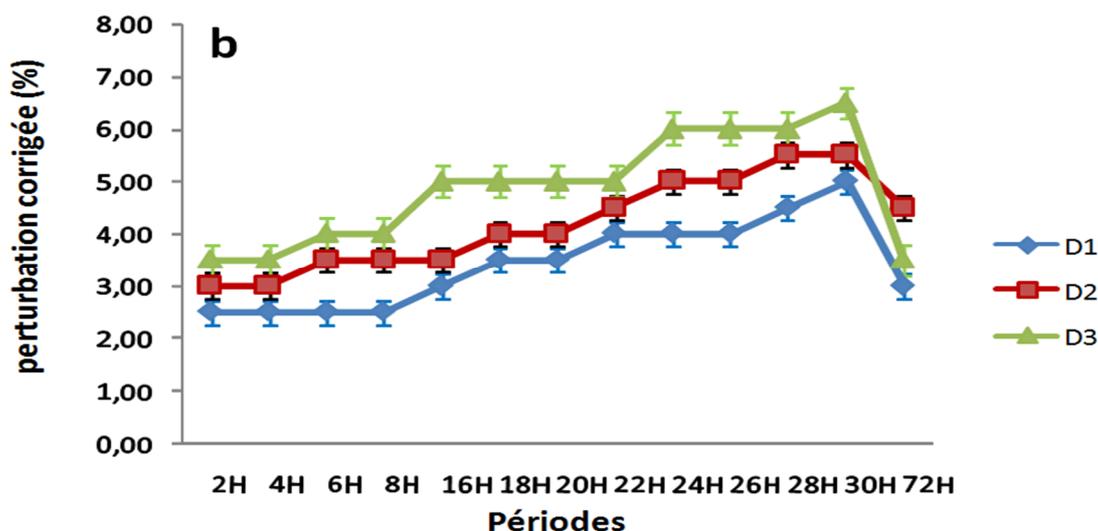


Figure III.4b : Évolution temporelle du taux de perturbation corrigée des adultes *Sitophilus oryzae* sous l'effet du bioproduit

III. Tendances de l'efficacité de la formulation d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de *Tribolium castaneum*. et de *Sitophilus oryzae*

1. Cas de *Tribolium castaneum*

Les résultats de l'analyse en composantes principales (A.C.P.) effectuée avec le logiciel PAST ver 1.9, sur la mortalité corrigée et la perturbation corrigée des individus adultes de *Tribolium castaneum* montrent la présence d'un effet temporel très contrasté des différentes doses des formulations solides à base d'huile essentielle de lavande. L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimée sur les 2 premiers axes (Figure III 5 a et b).

D'après la figure III 5 a, la projection des vecteurs relatifs aux taux de mortalité corrigée à travers l'axe 1 (94,4%), montre que les 3 doses de la formulation solide à base d'huile essentielle de lavande entraînent des mortalités corrigées similaires si elles sont scorées par rapport à l'efficacité temporelle. Les relations établies des mortalités corrigées des individus adultes de *T. castaneum* entre les différentes doses et l'effet temporel est réconfortée par les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON.

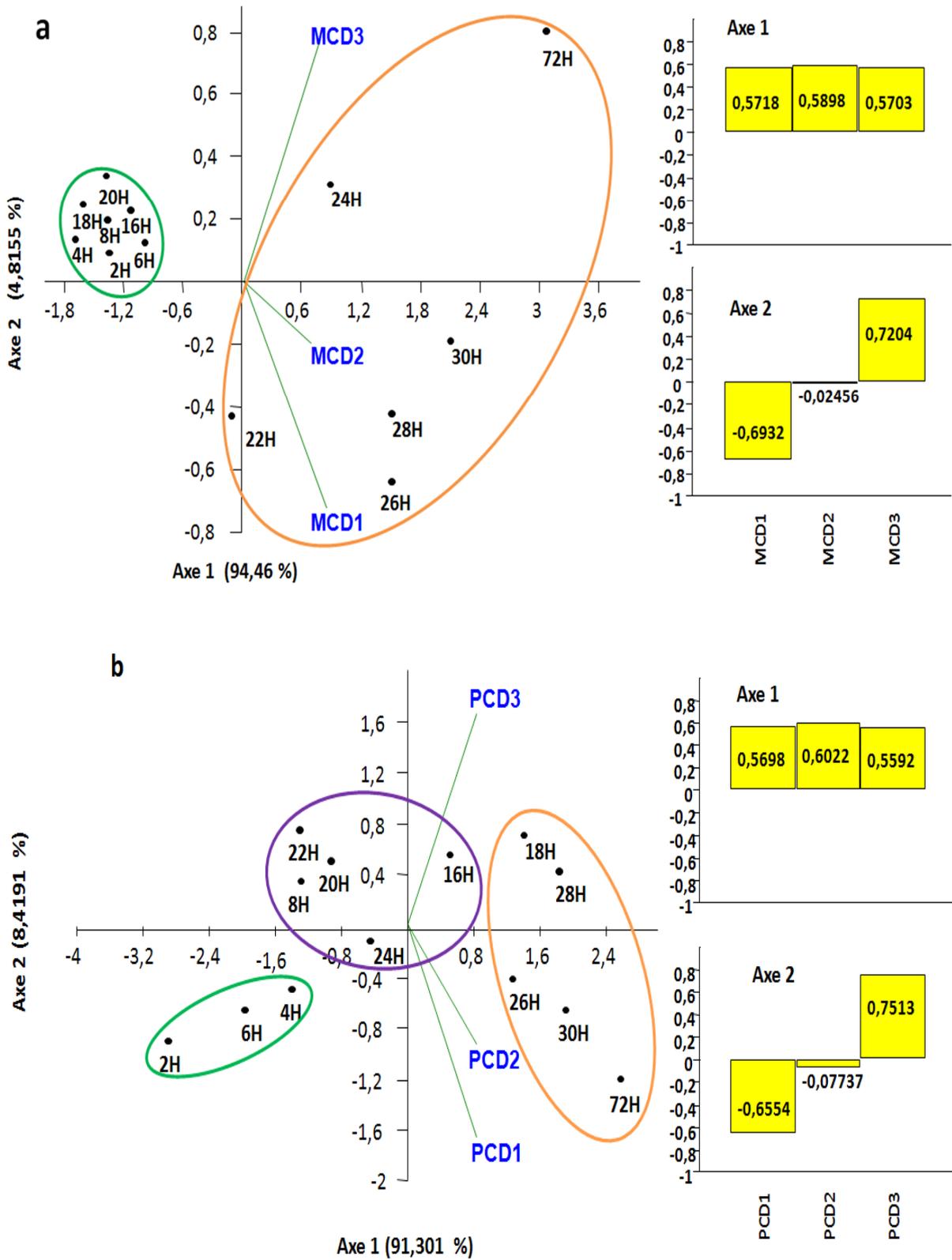


Figure III.5 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée **(a)** et perturbation corrigée **(b)** des adultes de *Tribolium castaneum* sous l'effet du bioproduit

Les valeurs r du coefficient de corrélation ($r=0,5703$, $r=0,5898$ et $r=0,5718$) montrent la présence d'une corrélation positive entre les trois doses avec la variable temporelle qui désigne les deux points nuage (22H - 72H) (Figure III5a).

La projection des vecteurs de la mortalité corrigée à travers l'axe 2 (4,81%), montre l'effet marquant de la dose D3 sur la mortalité corrigée des individus par rapport à la dose D1. La même projection montre que la toxicité de la dose D3 se distingue des autres doses D2 et D1 dès 24H et exerce un effet mortel très remarquable. Les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON montrent la présence d'une corrélation négative entre les doses D1 et D3 avec des valeurs respectives $r=-0,6932$ et $r=0,7204$ (Figure III5a).

La même structuration d'effet de la formulation biocide à base d'huile essentielle de lavande est signalée pour l'expression de l'effet perturbateur corrigé. Il en ressort que l'ensemble des doses exercent un effet perturbateurs certain tardivement dans l'échelle temporelle. La D3 se distingue encore une autre fois pour son effet perturbateur marqué qui s'identifie dès 16h d'exposition au bioproduit (Figure III5b).

La projection des vecteurs relatifs à la mortalité corrigée des larves de *Tribolium castaneum* à travers l'axe 1 (98,26%), montre un effet toxique tardif du bioproduit qui s'exprime dès 24H et cela pour les trois doses testées. En revanche, la projection des vecteurs à travers l'axe 2 (1,47%), montre l'effet dissemblable des doses retenues pour l'étude. La figure montre clairement la différence d'efficacité des doses D2 et D3 par rapport à la dose D1. La même projection montre que la dose D2 peut se rapprocher dans son effet toxique à la D3. Par concordance à la variable temporelle d'efficacité, la projection spatiale affiche une efficacité précoce de la D3 et de la D2 dont le taux maximum de mortalité larvaire est obtenu dès 24h, alors que le même taux est obtenus qu'après 30h sous dose D1. Les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON confirment la présence d'une corrélation positive entre les doses D2 et D3. En revanche, les deux doses sont corrélées négativement aux effets de la D1 (Figure III.6).

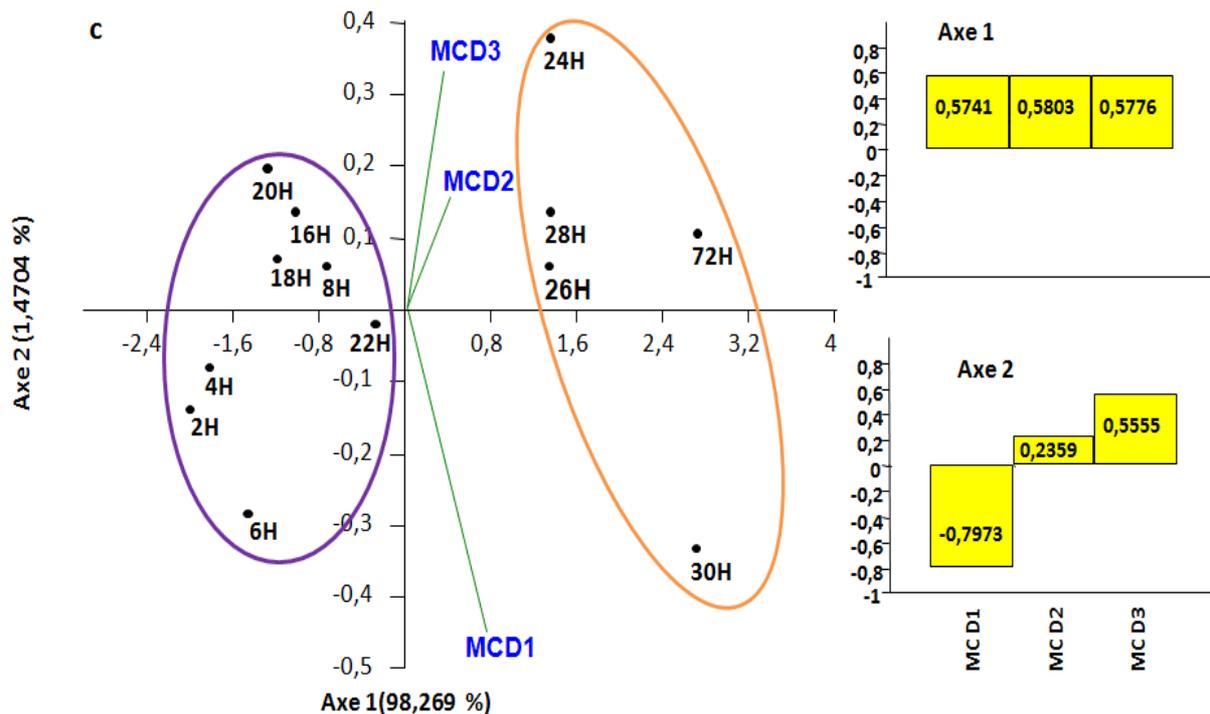


Figure III.6 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée larvaire de *Tribolium castaneum* sous l'effet du bioproduit

2. Cas de *Sitophilus oryzae*

La projection des vecteurs relatifs à la mortalité corrigée et à la perturbation corrigée des adultes de *Sitophilus oryzae* à travers l'axe 1, montre un effet toxique précoce du bioproduit qui s'exprime dès 8H et cela pour les trois doses testées. En revanche, la projection des vecteurs à travers l'axe, montre l'effet dissemblable des doses retenues pour l'étude. La figure (III7a) montre clairement la différence d'efficacité des doses D2 et D1 par rapport à la dose D3. La même projection montre que la dose D2 peut se rapprocher dans son effet toxique à la D1. Par concordance à la variable temporelle d'efficacité, la projection spatiale affiche une efficacité précoce de la D2 et de la D1 dont le taux maximum de mortalité est obtenu dès 8h, alors que le même taux est obtenus qu'après 18h sous dose D3. Les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON relatives aux taux ede perturbation des adultes de *S. oryzae*, confirment la présence d'une corrélation négative entre les doses D2 et D3 (Figure III.7b).

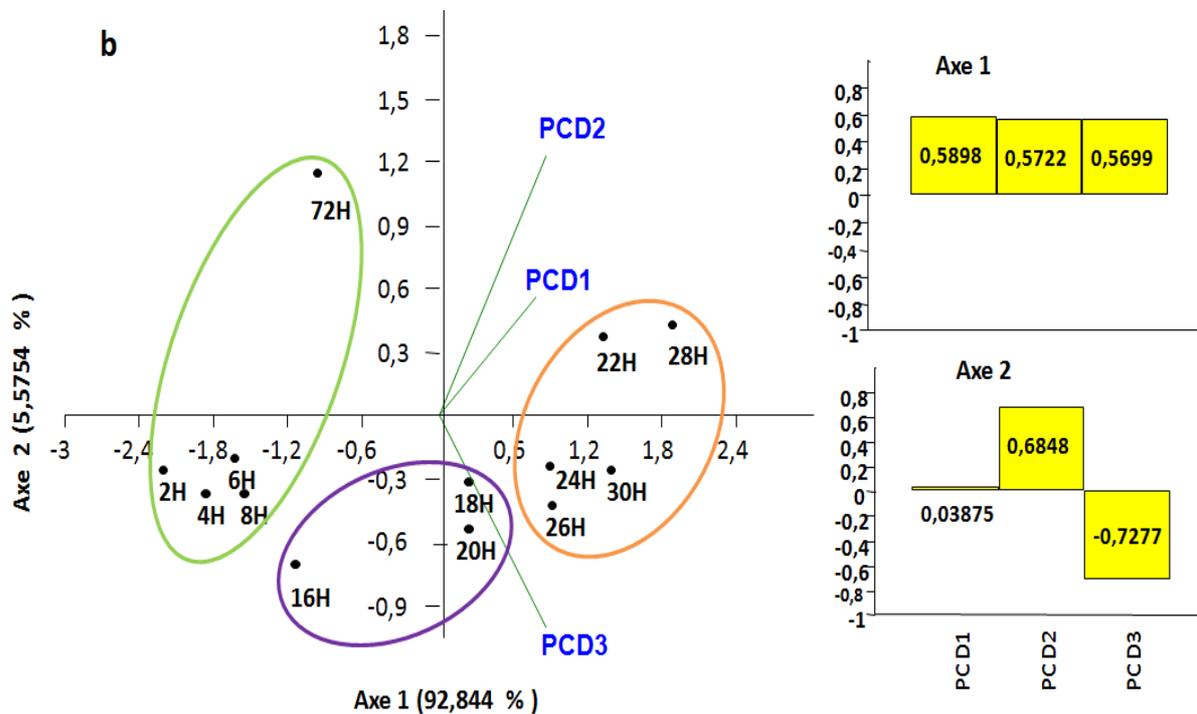
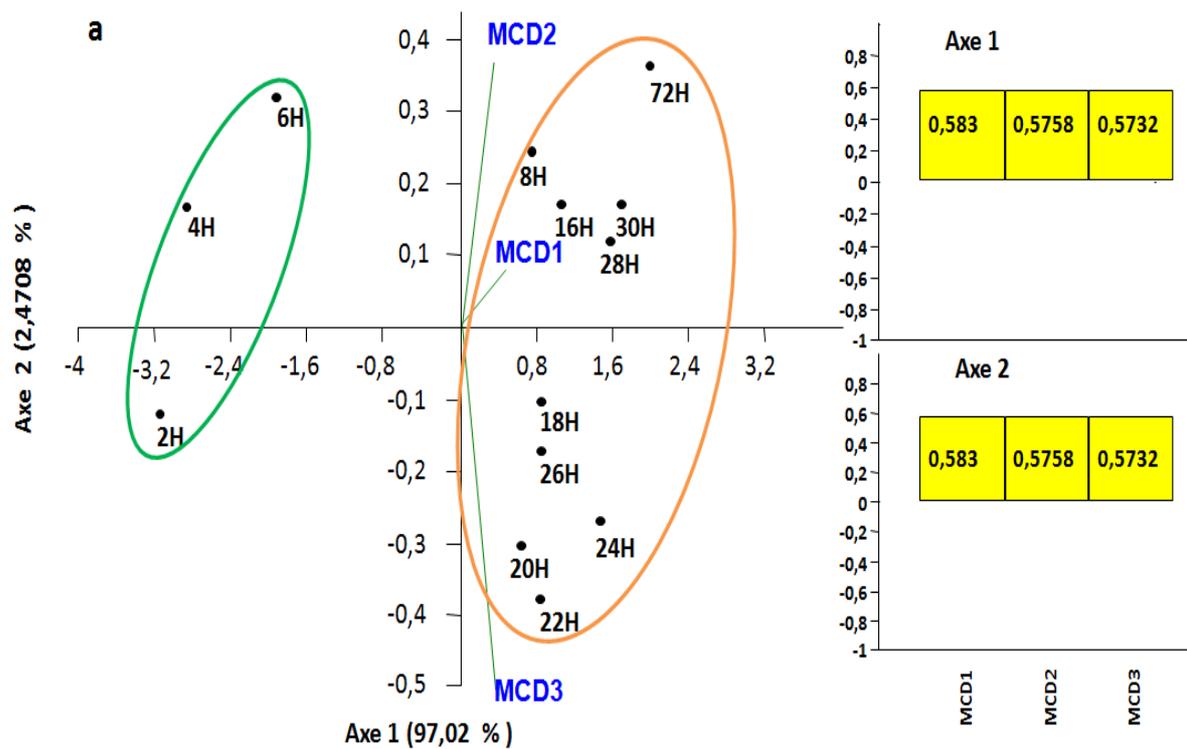


Figure III.7 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) appliquée aux taux de mortalité corrigée **(a)** et perturbation corrigée **(b)** des adultes de *Sitophilus oryzae* sous l'effet du bioproduit

IV. Étude comparée de l'efficacité de la formulation d'huile essentielle à base de lavande sur les formes biologiques de *Tribolium castaneum* et de *Sitophilus oryzae*

1. Cas de *Tribolium castaneum*

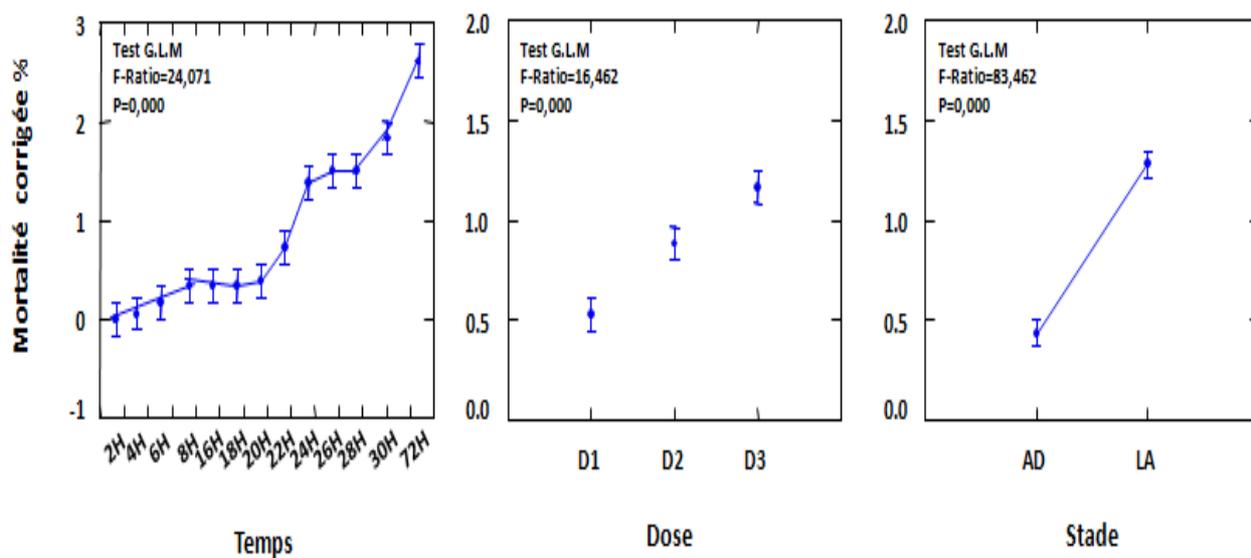
Le modèle général linéaire (G.L.M) a été utilisé afin de déterminer l'effet strict des traitements biologiques à base d'huile essentielle de la lavande sur les populations larvaires et adultes de *Tribolium castaneum*. Ce model nous a permet d'étudier l'effet individuel de chaque facteur sans l'intervention des interactions entre eux (Figure III7)

À partir des résultats obtenus, nous remarquons que la période de suivi (F-Ratio=24,071 p=0,000, p<1‰), les doses appliquées (F-Ratio = 16,462 p = 0.000, p<1‰) et les formes biologiques (F-Ratio =83,462 p = 0.000, p<1‰) présentent une différenciation hautement significative sur les populations de *Tribolium castaneum*

La figure (III7a) englobe l'effet des différents traitements biologiques appliqués sur les populations de *Tribolium castaneum*. Nous constatons que la dose 3 (1,5g) a montré un degré d'efficacité plus important suivi par la dose 2 (1g) enfin la dose 1(0,5g), qui présente une efficacité faible. Concernant l'effet temporel, les doses montrent une progression significative d'effet dès 22 H d'exposition. L'effet l'étales apparaît plus important chez les larves par rapport aux adultes de *Tribolium castaneum*

D'après les résultats obtenus par le model G.L.M. relatif à l'effet perturbateur, chez les adultes de *Tribolium castaneum*, nous enregistrons que les facteurs temps et doses présentent une différence hautement significative avec des probabilités associées respectives (F-ratio=30,928, p=0,000, p<1‰) (F-ratio=15,238, p=0,000, p<1‰) (Figure III7b). Les graphes montrent une efficacité importante pour la dose 3 (1,5g) par rapport la dose 2 (1g) qui présente une efficacité moyenne et la dose 1 (0,5g) qui exerce la plus faible dose sur la perturbation des adultes de *Tribolium castaneum*. Concernant l'effet temporel montrent une efficacité progressive toute la période du suivi. (Figure III.7b)

a



b

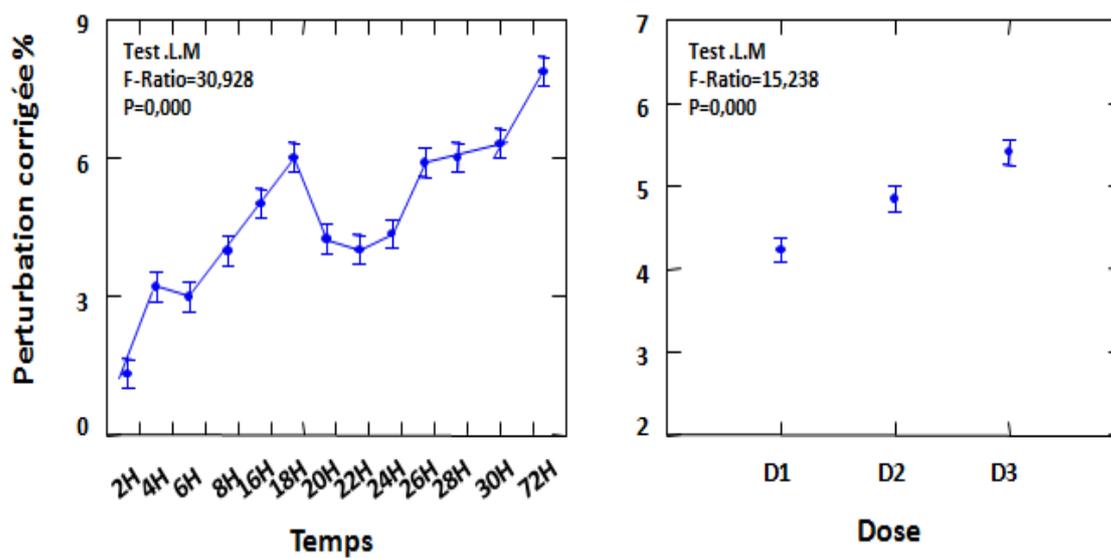


Figure.III.7. Modèle GLM appliqué à la mortalité corrigée (a) et la perturbation corrigée (b) de *Tribolium castaneum* selon la dose et la période

2. Cas de *Sitophilus oryzae*

À partir des résultats obtenus par le modèle GLM, nous remarquons que la période et les doses appliquées présentent une distinction hautement significative sur les populations de *Sitophilus oryzae* avec des probabilités associées respectives (F-Ratio=10,525 p=0,000, p<1‰), (F-Ratio = 19,712 p = 0.000, p<1‰) (Figure III.8a)

La figure (III.8a) englobe l'effet des différents traitements biologiques appliqués sur les adultes de *Sitophilus oryzae*. On estime que la dose 3 (1,5g) a montré un degré d'efficacité plus important suivi de la dose 2 (1g) et enfin la dose 1 (0,5g), qui présente une efficacité faible. Concernant l'effet temporel les doses montrent une augmentation durant toute la période du suivi (Figure III.8a.).

Le model G.L.M. nous renseigne que les facteurs temps (F-ratio=8,318, p=0,000, p<1‰) et doses (F-ratio=22,907, p=0,000, p<1‰) présentent une différence hautement significative sur la perturbation des adultes de *Sitophilus oryzae* (Figure III.8b)

Les graphes montrent une efficacité importante pour la dose 3 (1,5g) par rapport à la dose 2 (1g) qui présente une efficacité moyenne. La dose 1 (0,5g) exerce le plus faible effet perturbateur sur les adultes de *Sitophilus oryzae*. Concernant l'effet temporel, il montre une efficacité progressive durant toute la période du suivi (Figure III. 8b).

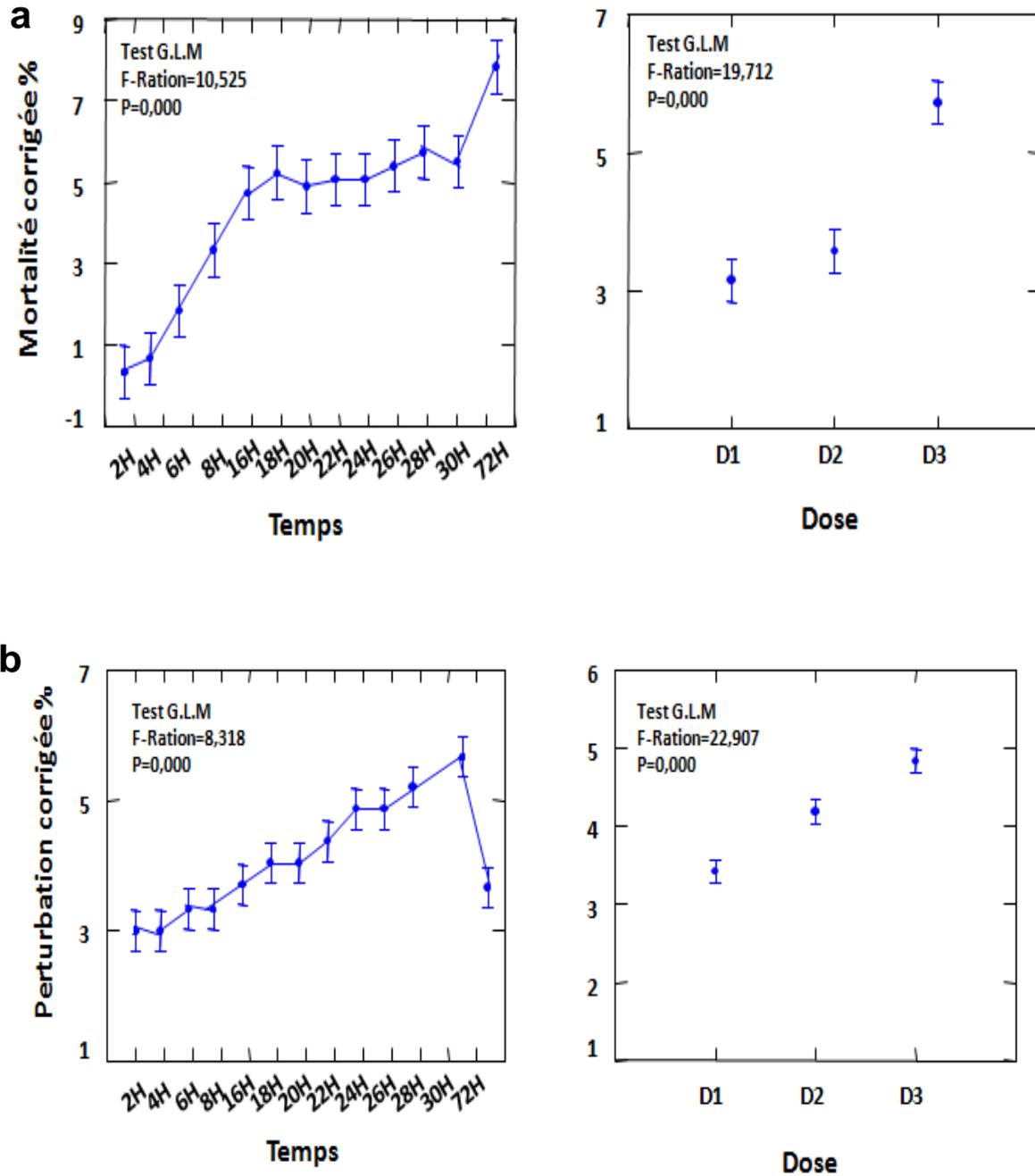


Figure.III.8. Modèle GLM appliqué à la mortalité corrigée (a) et la perturbation corrigée (b) de *Sitophilus oryzae* selon la dose et la période

Chapitre IV: Discussion

CHAPITRE IV: DISCUSSION

Les insectes ravageurs des denrées stockés, sont majoritairement des Coléoptères qui peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen le plus courant est l'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux. En effet La recherche des méthodes alternatives de la protection des denrées issues du savoir-faire des anciens puis l'usage des phytopesticides, produits de la biodiversité locale se présente aujourd'hui comme une alternative prometteuse. Les phytopesticides formulés à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques condimentaires constituent une piste sérieuse (NGAMO et HANCE, 2007).

Sur la base des résultats que nous avons obtenus sur l'effet d'une formulation solide d'huile essentielle à base du lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*) sur les populations de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae*. Nous pouvons dégager les hypothèses suivantes :

plusieurs chercheurs qui se sont intéressés à l'effet biocide des huiles essentielles des plantes ces dernières années. Ils estiment que les huiles essentielles font partie des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (KEÏTA *et al.*, 2000 ; REGNAULT-ROGER, 2002). Mis à part l'inhibition de l'éclosion des oeufs, les vapeurs d'huiles essentielles accroissent la mortalité des larves. (PAPACHRISTOS *et al.*, 2002).

HABIBA (2007) a obtenu une toxicité par contact équivalente avec des huiles essentielles d'*O. gratissimum* ainsi que celles de *Xylopiia aethiopica* sur *S. zeamais*. L'étude menée par NOUDJOU-WANDJI (2007), semble montrer un effet *knock-down* (effet de choke brutal) de l'huile essentielle de la poudre de *X. aethiopica* sur *C. maculatus*. Cet auteur a obtenu une mortalité maximale lors des trois premiers jours au-delà desquels la teneur en huile baisse, résultant d'une quasi absence de molécules volatiles libérées entraînant une baisse accrue de la mortalité.

Les huiles essentielles de Menthe verte et du Romarin sont plus efficaces par inhalation, cela a été prouvé par de nombreux auteurs, notamment par REGNAULT-ROGER *et al* (1993), ces derniers signalent la toxicité par inhalation des espèces

végétales appartenant à la famille des Labiées tels que *Thymus vulgaris* L. et *Rosmarinus officinalis* L.,

YAHYAOUÏ (2005), a réalisé des tests sur l'efficacité par inhalation et contact des huiles essentielles de la Menthe verte sur *Rhyzopertha dominica* et *T.confusum*, à la dose de 3,12 % l'huile essentielle de menthe verte agit pratiquement de la même manière sur *Rhyzopertha dominica* et sur *Tribolium confusum* et a provoqué 100% de mortalité.

Plus récemment CAMARA (2009), a étudié l'efficacité des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. et *Ocimum gratissimum* et de *Cymbopogon citratus* par fumigation et contact sur grains sur *S. oryzae* L. et *T. castaneum* Herbst, cet auteur a signalé que l'huile de *Cymbopogon citratus* n'a provoqué aucune mortalité durant 6 jours d'exposition par inhalation.

Des effets similaires ont été notés sur les mêmes espèces d'insectes au cours des études de toxicité par contact effectué par TRIPATHI *et al.* (2003) en Inde et sur *Callosobruchus maculatus* TAPONDJOU *et al.*, (2003). Les plantes étudiées par ces auteurs ont des activités ovicides et insecticides chez ces insectes et ont supprimé leur reproduction dans plusieurs essais.

plusieurs chercheurs. Ils avancent que les huiles essentielles de certaines plantes sont utilisées pour leurs activités de contact et inhalatoire qui n'offrent pas souvent le même degré d'efficacité selon la cible visée. Citons, à titre d'exemple, les travaux de TAPONDJOU *et al.* (2002), qui ont obtenu de la poudre de feuilles de *C. ambrosioides* en 24 h une mortalité totale des adultes de *S. granarius* et *S. zeamais* à une dose de 6,4 % (P/P). À 0,4%, par contre, la fumigation par l'huile essentielle de cette plante (0,2 µl.cm⁻²) tue 80 à 100 % des adultes de *C. chinensis*, *A. obtectus*, *S. zeamais* et *P. truncatus*, tandis qu'avec *C. maculatus* et *S. granarius*, la mortalité n'a été respectivement que de 20 et 5 %. Selon ces derniers, il est probable que l'activité des feuilles soit due à une forte teneur en huiles essentielles. LIU *et al.* (1999), relatent une plus grande sensibilité des adultes de *S. zeamais* (DL₅₀ = 0,043 mg.mg⁻¹ de poids corporel) que *T. castaneum* (DL₅₀ = 0,118 mg.mg⁻¹ de poids corporel) au contact de l'huile essentielle d'*Evodia rutaecarpa*.

En 2001, KECHOUT avait testé l'efficacité de l'huile essentielle du Thym sur *Sitophilus oryzae* L., traduite par un taux de mortalité évalué à 85%. L'étude réalisée par KIM *et al* (2003), sur plus de 30 plantes aromatiques et médicinales a montrée que ces plantes étaient toxiques à l'égard de *Callosobruchus chinensis* et *Sitophilus oryzae* sous plusieurs formes (poudre et huile essentielle). Des essais sur l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym, par contact et par inhalation, ont encore prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet, le romarin s'est montré efficace par contact à la dose de 1,384 mg/cm² en provoquant 89,72% de mortalité alors que le thym à la même dose donna un taux de 100% (EI GUEDOUI, 2003).

MAAFI, (2005) a évalué l'activité insecticide des huiles essentielles du Romarin et de Thym sur *Rhyzoperta dominica*, les résultats ont montré presque le même effet toxique des deux huiles essentielles avec des DL₅₀ de 0,40 u/cm² pour le Romarin et 0,42 u/cm² pour le Thym.

TAPONDJOU *et al.* (2005), ont bien mis en exergue l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, ces auteurs ont obtenus des DL₅₀ différentes pour les deux insectes appliquées par contact; ils obtiennent 0,36 ul/cm² pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 ul/cm² pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes.

Plus récemment OWABALI *et al.* (2009), ont réalisé des tests sur l'efficacité par contact de trois huiles essentielles : Citronnelle (*Symbopogon citratus*), Ecou mégohm (*Monodora myristica*), Gingembre (*Zingiber officinales*) sur *Sitophilus zeamais*, ces auteurs confirme nos résultats, en effet la Citronnelle est moins toxique sur *S. zeamais* avec les DL₅₀ de 0,56 ul/cm², tandis que *Monodora myrstica* et *Zingiber officinales* ont des toxicités plus faible que *Symbopogon citratus* avec les DL₅₀ de 0,60 et 0,70ul/cm² respectivement.

TUNC *et al.* (2000), notent également que l'huile essentielle de l'origan provoque une mortalité de 89% chez *T.confusum* après 96 heures d'exposition par

contre l'huile essentielle de Romarin à une faible activité la mortalité est de 65% chez *T.confusum*, pour l'huile essentielle d'Eucalyptus le taux de mortalité est de 18%.

SHAKARAMI *et al* (2004), ont étudié la toxicité et la répulsivité de l'huile essentielle d'*Artemisia aucheri* sur *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus granarius*, à des concentrations de 0,03. 0,18. 0,37. 0,55. 0,74 et 0,92 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$; et ont déduit que *Callosobruchus maculatus* la plus sensible à l'égard de cette huile du fait que les DL_{50} enregistrées sont de 0,10. 0,12. 0,13 et 0,14 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ respectivement pour chaque insecte.

Conclusion

Conclusion

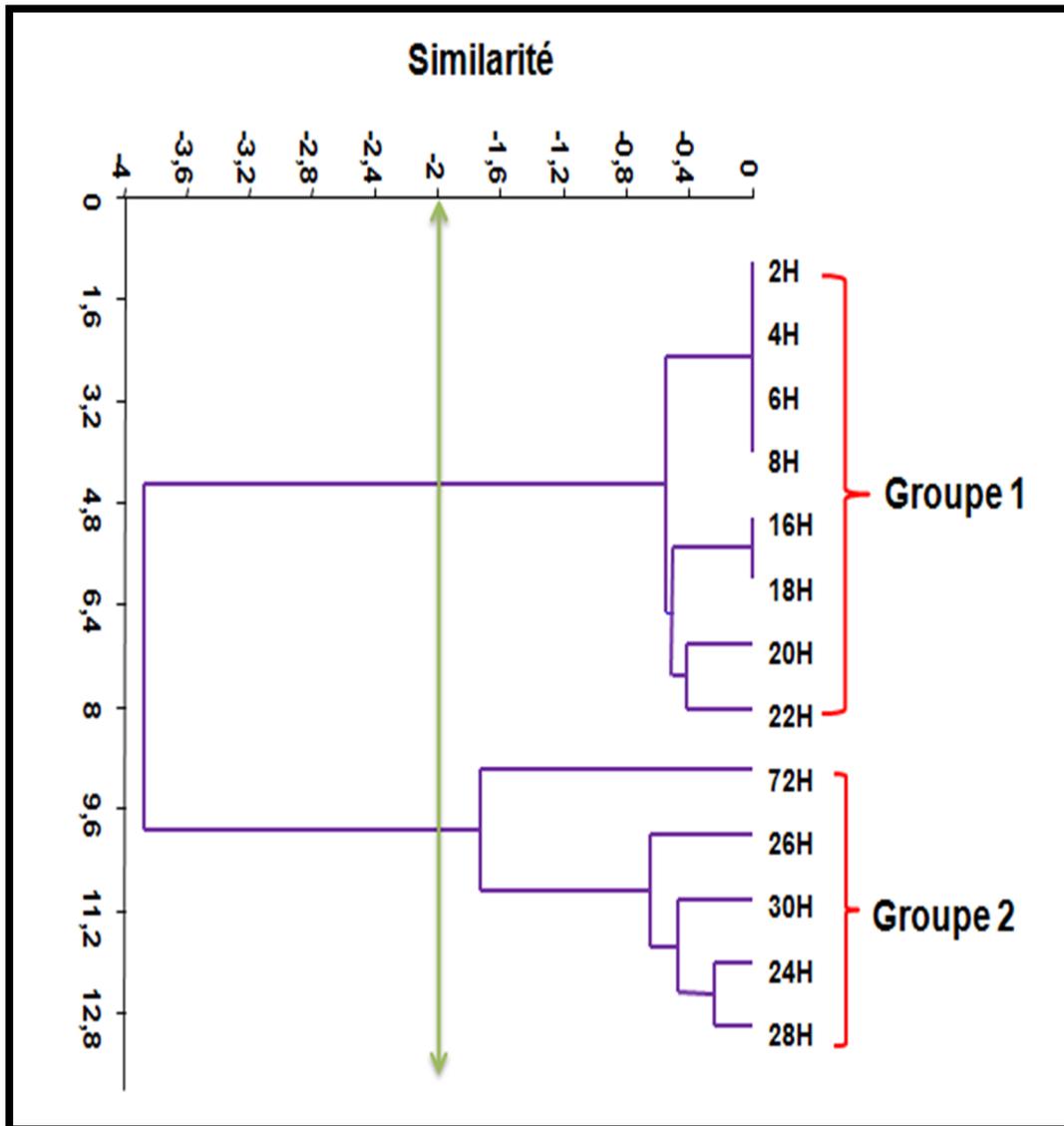
Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet d'une formulation solide d'huile essentielle sur les insectes de semoules et de grains cas de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae* a différentes doses, il nous a paru intéressant de présenter les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats relatifs au traitement biologique d'un bioproduit formulé à base d'huile essentielle du lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*), vis-à-vis des larves et des adultes de *Tribolium. castaneum* et des adultes *Sitophilus oryzea* en fonction des différentes doses a montré une efficacité plus important pour les individus de *Sitophilus oryzea* par rapport aux individus de *Tribolium castaneum* durant toute la période de suivi.

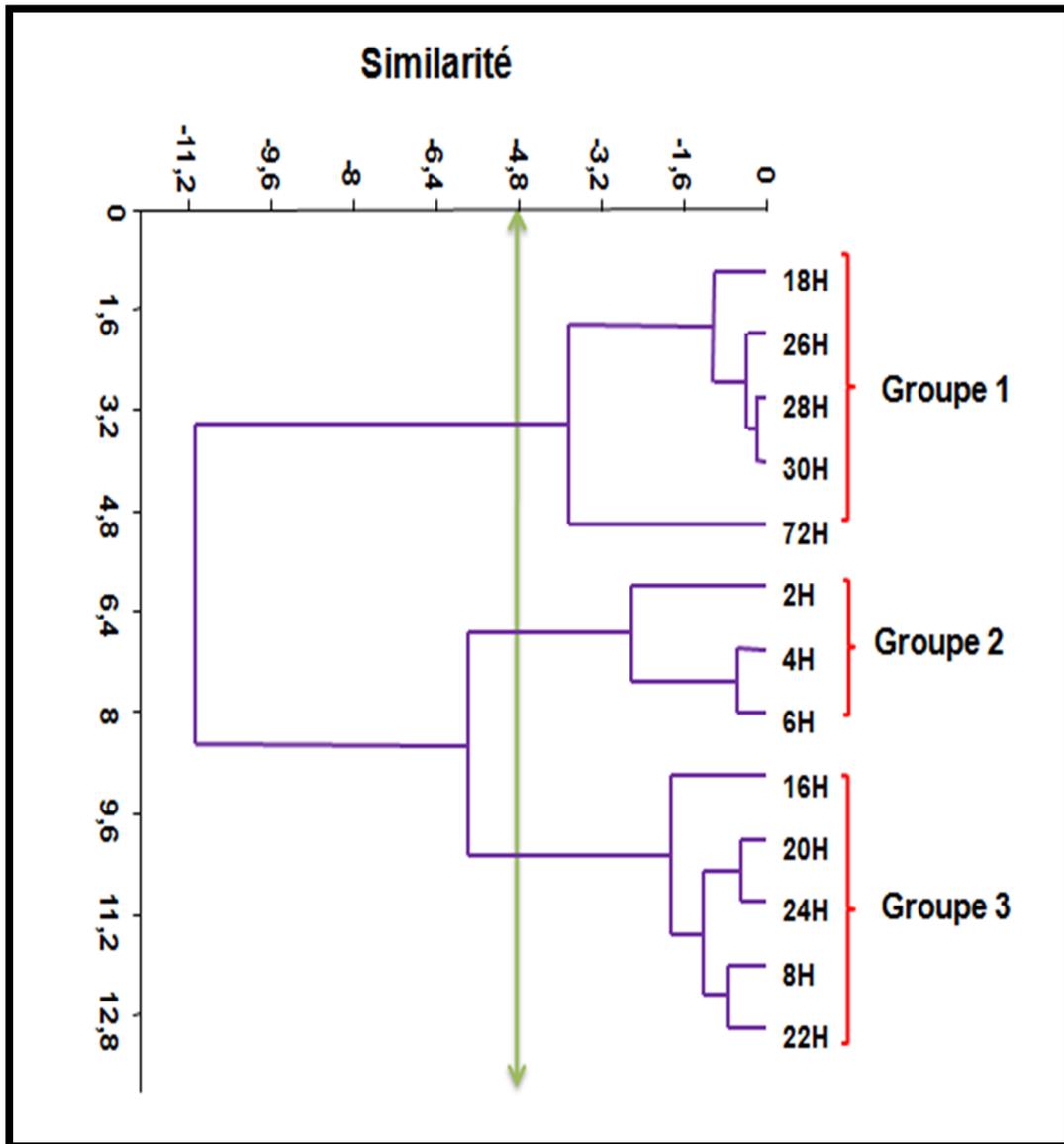
Les résultats dénotent encore que la plus forte dose D3 (1,5g) à un effet très important sur la mortalité.des deux populations de *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* comparé à la dose 2 (1g) qui a un effet modéré et la dose 1(0,5g) qui montre une faible efficacité. En revanche, la mortalité est marquée très élevé chez les individus de *Sitophilus oryzae* par rapport *Triolium castaneum*

Grace à ces résultats qui semblent intéressants, on peut conclure que le biopesticide formulé à base d'huile essentielle du lavande aspic (*Lavendula latifolia spica*) possède des propriétés insecticides assez importantes à la dose de D3 (1,5g) qui facilite sa pénétration a travers la cuticule de *Triolium castaneum* aussi grâce a ses caractéristiques physiques de volatilisation .pour *Sytophilus oryzae*

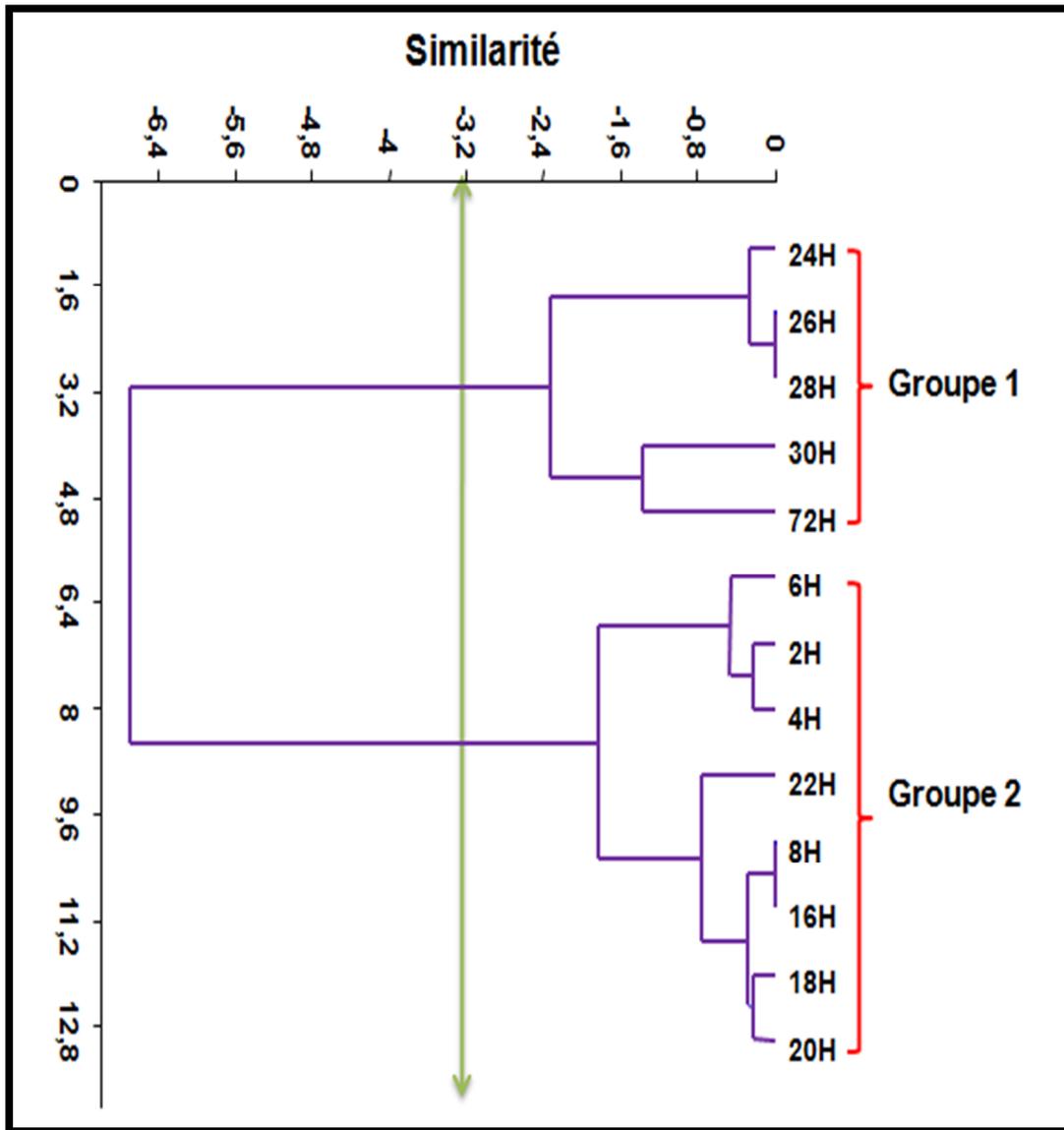
Annexe



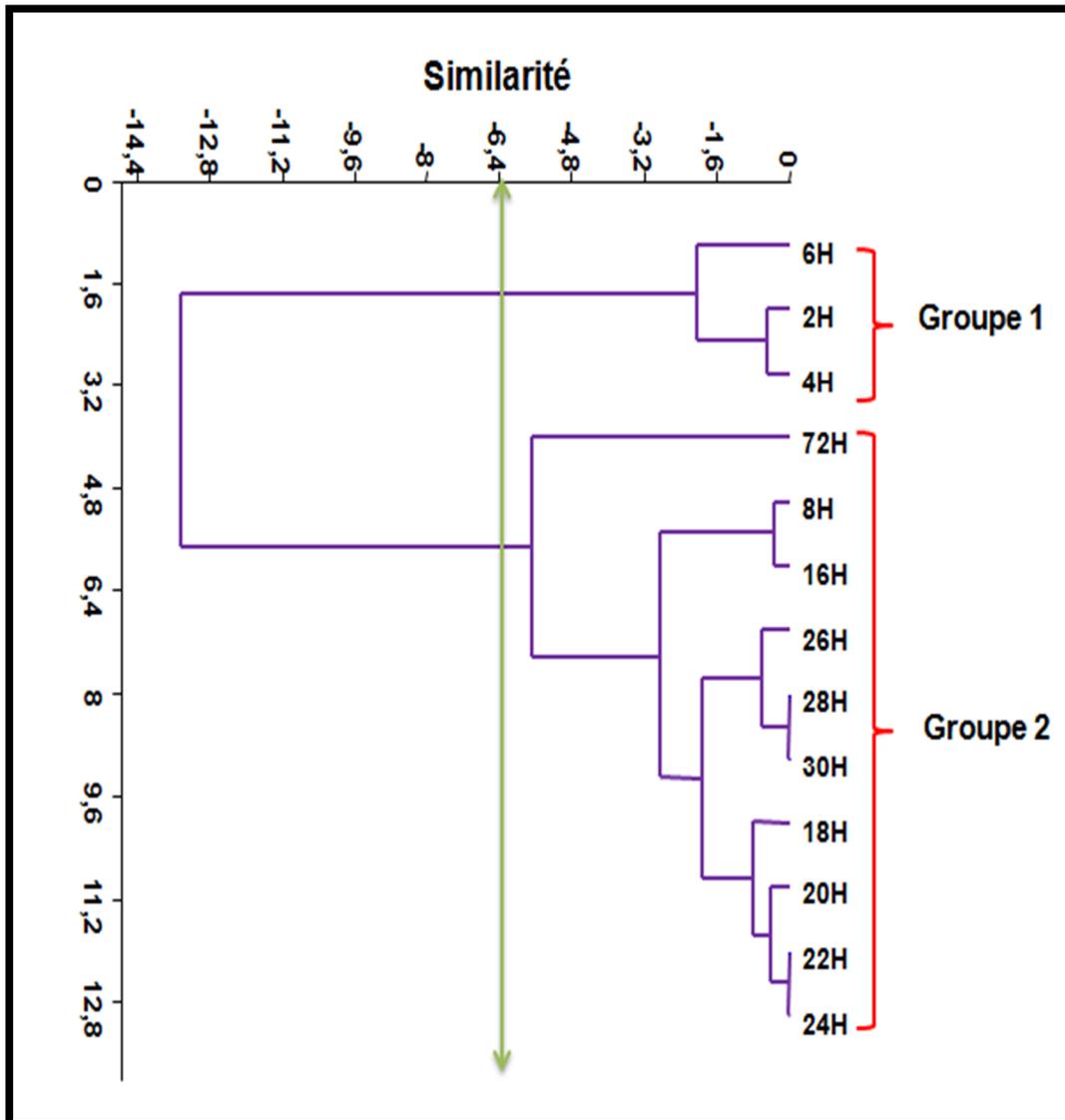
Annexe 1: classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum*.



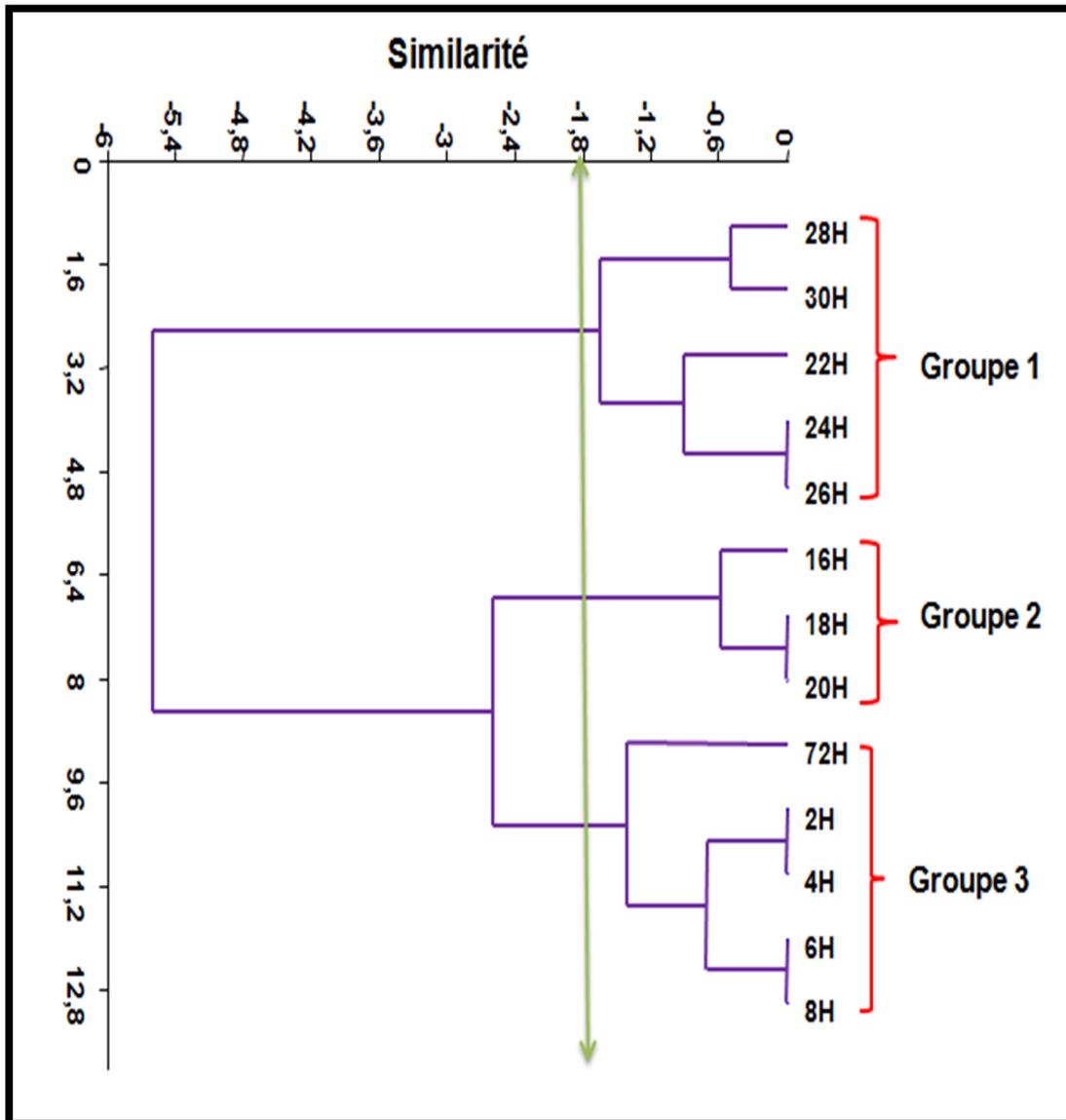
Annexe 2: classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la perturbation corrigée des adultes de *Tribolium castaneum*.



Annexe 3: classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la mortalité corrigée des larves de *Tribolium castaneum*.



Annexe 4: classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la mortalité corrigée des adultes de *Sitophilus oryzae*.



Annexe 5: classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur la perturbation corrigée des adultes de *Sitophilus oryzae*.

