

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
en Sciences de la Nature et de la Vie**

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

**Evaluation de l'activité insecticide de formulation élaborée à base
d'extrait aqueux et d'huile essentielle de *Cytisus* sp. à l'égard de
Tribolium castaneum et *Culex pipiens***

Présenté par : **M^{elle} DJIDEL Asma**

Devant les membres de jury composé de :

| | | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|
| M ^f AROUN M.F | U.S.D. BLIDA | M.C.B | Président |
| M ^f DJAZOULI .Z.E | U.S.D. BLIDA | PROFESSEUR | Promoteur |
| M ^{me} BABA AISSA .K | U.S.D. BLIDA | M.A.A | Examinatrice |
| M ^{elle} DEGHOUCHE S | U.S.B. BLIDA | DOCTORANT | Co-promotrice |

Année Universitaire 2016/2017

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

**Evaluation de l'activité insecticide de formulation élaborée à base
d'extrait aqueux et d'huile essentielle de *Cytisus* sp. à l'égard de
Tribolium castaneum et *Culex pipiens***

Présenté par : M^{elle} DJIDEL Asma

Devant les membres de jury composé de :

| | | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|
| M ^f AROUN M.F | U.S.D. BLIDA | M.C.B | Président |
| M ^f DJAZOULI .Z.E | U.S.D. BLIDA | PROFESSEUR | Promoteur |
| M ^{me} BABA AISSA .K | U.S.D. BLIDA | M.A.A | Examinatrice |
| M ^{elle} DEGHBUCHE S | U.S.B. BLIDA | DOCTORANT | Co-promotrice |

Année Universitaire 2016/2017

REMERCIEMENT

*Au terme de ce modeste travail, Mes premiers remerciements s'adressant à **ALLAH** de m'avoir donné la foi, la force, la patience, et le courage pour réaliser ce travail.*

*Je remercie également mon promoteur **Pr DJAZOULI.Z.** Eprofesseur à l'université **SAAD DAHLAB** de Blida d'avoir accepté de m'encadrer, pour sa patience, pour sa participation à l'élaboration de mon travail de thèse, son suivi tout au long de cette période. Comme il a su apporter ses larges compétences, son savoir et ses conseils constructifs.*

*Ma reconnaissance et mes remerciements vont aussi à Mlle **DEGHBOUCHE S.** Copromotrice, qui m'a orientée et aidée pour la réalisation de cette présente étude*

*J'exprime ma gratitude à Mr **AROUN M.F.**, docteur à l'université **SAAD DAHLAB**, Blida, qui m'a honorée en acceptant de présider le jury, et d'apporter son jugement et ses remarques pertinentes sur ce travail.*

*Je tiens également à remercier Mme **MOUSSAOUL.K** Qui a accepté de participer à mon jury afin d'examiner ma thèse.*

*Je tiens à exprimer également mes sincères et profonds remerciements à Mr **MOUSSAOUI K** par son soutien moral, qui m'a encouragé pour réaliser ce travail.*

*Un grand merci à **Mm OUAIL N** et **Mm benchoucha.** APour leurs encouragements.*

Je tiens aussi a remercié toute l'équipe du laboratoire de parasitologie de l'institut national de santé publique

J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants durant tout mon cursus universitaire en vue de leur humanité et leur aspect scientifique, leur soutien et leurs encouragements.

EN fin, je tiens aussi à remercier affectueusement mes parents pour m'avoir accordée leur confiance et qui m'ont permis de faire de longues études, afin de réaliser mes vœux d'avenir.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents,

Parce que sans vous je ne serais là, pour tout votre amour et votre soutien, si précieux, pendant toutes ces années, et encore aujourd'hui, et encore demain, je le sais... ! Pour l'enfance merveilleuse que vous m'avez donnée et dont il ne me manquait absolument rien. Comment vous dire merci... Avec tout mon amour, et toute ma reconnaissance.

A ma chère tante et seconde mère Rabea, ma chère tante ; la merveilleuse Nadjia

A mes adorables cousins Fadi, Abdelatif et Bilel

A mes très chères Soumia ,Fazily et Nabila

A mes très chères et aimables enseignants Mm BOUKRA.S Mm KHERROUBI.F et Mm SEMMAR.R

Aux meilleurs de tous ceux qui existent Mohamed KADA et Chaouki,

A tous mes ami(e)s : Omar, Mehdi, Dahmen, Yasmine, romaisa, fadia, yasmine, Soumaya, Aicha, Zoubida, ZahiaInssaf, Imen, Nesrine, et Sihem

A tous ceux qui ont contribué de près ou le loin dans ce modeste travail

ASMA

اهداء

من عمق محبتي وافتخاري، ببالغ السرور والفرح، اهدي ثمرة نجاحي إلى من ربياني ومن علماني، إلى
والديّ الرائعين

إلى قدوتي الأولى ونبراسي الذي ينير دربي، الى من أعطاني ولم يزل يعطيني، الى من أراني أن الحياة
تستحق العيش بكل ما فيها، الى من رفعت رأسي عاليا افتخارا به ... أبي العزيز **لخضر**

إلى التي كانت السبب وراء نجاحي، الى شعلتي ونوري في الدرب، الى من هونت ليّالصعب، الى شجرتي
المزهرة التي لا تذبل، الى الظل الذي آوي إليه في كل حين ... أمي الحبيبة **كلثوم**

أدامكما الله ذخرا لنا وحفظكما دائما أبدا

إلى أعز الصديقات يا من اقتسمت معكن أوقات الحزن والفرح، يامن دعمتني ولو بكلمة طيبة ودفعتني
للتقدم والمواصلة

إلى **سوميه، نبيلة، فزليوزاهية انصاف** دمتن أوفى وأطيب الصديقات

دون أن أنسى أن أهدي هذا العمل والنجاح إلى كل أساتذتي دون استثناء في جميع الاطوار وطوال
مشواري الدراسي، الابتدائي، المتوسط، الثانوي وأساتذة التعليم العالي.

أسماء

Evaluation de l'activité insecticide ; formulation élaboré à base d'extrait aqueux et l'huile essentielle de *Cytisus sp* à l'égard de *tribolium castaneum* et *Culex pipiens*

Résumé

Les extraits aqueux des plantes médicinales présentent un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécule naturelle bioactive. Ainsi que les huiles essentielles qui détiennent une place importante dans le système de lutte contre les ravageurs. Elles représentent une solution alternative à la lutte chimique

La présente étude vise à mettre au point l'impact des facteurs, stades phénologiques et les doses sur la bio-efficacité des phytopréparations à base d'huiles essentielles de *Cytisus sp*. Les résultats de l'efficacité comparée des phytopréparations à base d'huiles essentielles de la Fabaceae *Cytisus sp*. des trois stades phénologiques cruciaux (stade avant floraison, floraison et nouaison) sur les adultes de *Tribolium castaneum* et les larves de *Culex pipiens*

Les résultats obtenus montrent que les différentes phyto-préparation et l'huile essentielle de *Cytisus sp* manifestent une toxicité sur *Tribolium castaneum*, et sur *Culex pipiens* cette toxicité varie en fonction des doses, des stades phénologiques de la plante et du temps d'exposition. Le stade phénologiques avant floraisons est plus toxique que les deux autres stades à savoir stade floraison et stade nouaison, car on enregistre un taux de mortalité assez important au bout de 48h.

Mots clés : Plante médicinale, *Cytisus sp*, phyto-préparation, *Tribolium castaneum*, *Culex Pipiens*.

Evaluation of insecticidal activity; formulation based on aqueous extract and essential oil of *Cytisus* sp with regard to *Tribolium castaneum* and *Culex pipiens*

Abstract

Aqueous extracts of medicinal plants have a very promising interest as potential source of bioactive natural molecule. As well as essential oils that hold an important place in the pest control system. They represent an alternative to chemical control.

The present study aims to develop the impact of factors, phenological stages and doses on the bio-efficacy of phytopreparations based on essential oils of *Cytisus* sp. The results of the comparative efficacy of Fabaceae *Cytisus* sp essential phytopreparations from the three crucial phenological stages (stage before flowering, flowering and fruit set) on adults of *Tribolium castaneum* and larvae of *Culex pipiens*.

The results obtained show that the different phyto-preparation and the essential oil of *Cytisus* sp show toxicity on *Tribolium castaneum*, and on *Culex pipiens* the toxicity varies according to the doses, the phenological stages of the plant and the time of exposure. The phenological stage before flowering is more toxic than the two other stages, namely the flowering stage and the fruit set stage, as there is a fairly high mortality rate after 48 hours.

Key words: Medicinal plant, *Cytisus* sp, phyto-preparation, *Tribolium castaneum*, *Culex pipiens*.

تقييم نشاط مبيدات الحشرات؛ صياغة مستندة على المستخلص المائي والزيت العطري للخلية سب فيما يتعلق ب خنفساء الدقيق كاستانيوكوليكسبيبينز

ملخص

المستخلصات المائية للنباتات الطبية لها مصلحة واعدة جدا كمصدر محتمل للجزيء الطبيعي النشط بيولوجيا. وكذلك الزيوت الأساسية التي تحتل مكانا هاما في نظام مكافحة الآفات. وهي تمثل بديلا للسيطرة الكيميائية.

وتهدف الدراسة الحالية إلى تطوير تأثير العوامل والمراحل الفينولية والجرعات على الفعالية الحيوية للفيتوبريباراتيونس على أساس الزيوت الأساسية للخلية سب. نتائج الفعالية النسبية للفاباسيسيتيسوس سب فيتوبريباراتيونس الأساسية من المراحل الفينولوجية الحاسمة الثلاث (مرحلة قبل المزهرة، المزهرة ومجموعة الفاكهة) على البالغين من خنفساء الدقيق كاستاني واليرقات من كيولكسبيبينز.

أظهرت النتائج أن مختلف التحضير النباتي والزيت العطري للخلية يظهران سمية على خنفساء الدقيق خنفساء الدقيق كاستاني ، ويختلف هذا السمية تبعا للجرعات والمراحل الفينولوجية للنبات ووقت التعرض. وتعتبر المرحلة الفينولوجية قبل المزهرة أكثر سمية من المرحلتين الأخريين، وهما مرحلة الإزهار ومرحلة الفاكهة، حيث أن معدل الوفيات مرتفع نسبيا بعد 48 ساعة.

كلمات البحث:

النباتات الطبية، التحضير النباتي، خنفساء الدقيق كاستاني ، كوليكس بيبيبنز ،

Listedes figures

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figure 1 : | <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Lepigre, 1966) | 9 |
| Figure 2 : | Stades de développement de <i>T. castaneum</i> (Anonyme, 2017)..... | 11 |
| Figure 3 : | Différents dégâts de <i>Tribolium castaneum</i> (Anonyme, 2017)..... | 12 |
| Figure 4 : | Femelle de <i>Culex pipiens</i> lors d'un repas de sang (Balenghien, 2006)..... | 16 |
| Figure 5 : | Cycle de <i>Culex pipiens pipiens</i> (modifié d'après Urquhart <i>et al.</i> , 1996)..... | 18 |
| Figure 6 : | Présentation générale de l'adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (Original, 2017) | 23 |
| Figure 7 : | Présentation des derniers stades larvaire de <i>Culex pipiens</i> (Adli, 2016)..... | 23 |
| Figure 8 : | Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués sur les individus adultes de <i>Tribolium castaneum</i>)..... | 26 |
| Figure 9 : | Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués sur les larves de <i>Culex pipiens</i> | 27 |
| Figure 10 : | Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de <i>Culex pipiens</i> sous l'effet de la phyto-préparation d'huiles essentielles | 31 |
| Figure 11 : | Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>Culex pipiens</i> sous l'effet de la phyto-préparation D'huiles essentielles..... | 34 |
| Figure 12 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée des larves L3 et L4 de <i>Culex pipiens</i> en fonction des stades phénologiques, du temps et des doses..... | 37 |
| Figure 13 : | Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de <i>T. Castaneum</i> sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles de <i>Cytisus sp</i> | 39 |
| Figure 14 : | Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>T. Castaneum</i> sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles de <i>Cytisus sp</i> | 41 |
| Figure 15 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée des populations adulte de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des stades phénologiques, du temps et des doses | 43 |
| Figure 16 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de <i>Cytisus sp.</i> à l'égard des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps | 44 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figure 17 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de <i>Cytisus sp.</i> à l'égard des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des doses | 44 |
| Figure 18 : | Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de <i>Culex pipiens</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> | 46 |
| Figure 19 : | Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>Culex pipiens</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> | 48 |
| Figure 20 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée du troisième stade larvaire de <i>Culex pipiens</i> en fonction du temps, doses et des stades | 50 |
| Figure 21 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de <i>Cytisus sp.</i> à l'égard du troisième stade larvaire de <i>Culex pipiens</i> | 51 |
| Figure 22 : | Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de <i>Cytisus sp.</i> À l'égard du troisième stade larvaire de <i>Culex pipiens</i> En fonction des doses | 51 |
| Figure 23: | Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de <i>T. castaneum</i> sous l'effet de la phytopréparations à base d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> par contact direct | 53 |
| Figure 24 : | Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>T. castaneum</i> sous l'effet de la phytopréparations à base d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> par contact direct | 55 |
| Figure 25: | Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>Culex pipiens</i> sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> | 57 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Activités biologiques de certains composés terpéniques (Bekhechi, 2008). | 4 |
| Tableau 2 : Répartition de genre <i>Cytisus</i> en Algérie | 6 |
| Tableau 3 : Quelques exemples d'activités pharmacologiques in vitro des différentes espèces de <i>Cytisus</i> (Baba AISSA, 2011) | 8 |
| Tableau 4 : Caractérisation de l'huile essentielle des trois stades phénologiques de <i>Cytisus sp.</i> | 29 |
| Tableau 5: Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de <i>Cytisus sp.</i> sur la mortalité cumulée observée du troisieme et quatrieme stade larvaire L3et L4 des populations de <i>Culex pipiens</i> | 32 |
| Tableau 6 : évaluation de la mortalité corrigée sous l'effet des différentes doses d'huiles essentielles formulées de <i>Cytisus sp.</i> sur la du troisieme et quatrieme stade larvaire de <i>Culex pipiens</i> | 35 |
| Tableau 7: Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de <i>Cytisus sp.</i> sur la mortalité des adultes de <i>T.castanum</i> | 38 |
| Tableau8 : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de <i>Cytisus sp</i> sur les populations adulte de <i>T.castaneum</i> | 40 |
| Tableau 9: Caractérisation de l'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> issus des stades phénologiques..... | 45 |
| Tableau 10 : Quelques exemples d'activités pharmacologiques in vitro de différentes espèces de <i>Cytisus</i> (Baba AISSA ,2011)..... | 45 |
| Tableau 11 : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> sur le troisième stade larvaire de <i>Culex pipiens</i> | 47 |
| Tableau 12 : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> sur les adultes de <i>T.Castaneum</i> | 52 |
| Tableau 13: Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de <i>Cytisus sp</i> sur les populations adulte de <i>T.Castaneum</i> | 54 |

Liste des symboles et des abréviations

H.E : huile essentielle

T : Tribolium

H : humidité

°C : degrés Celsius

% : pourcent

D.S : denrées stockées

D : dose

h : heure

Kg : kilo gramme

g : gramme

L : litre

CHE : culex l'huile essentielle

THE : tribolium l'huile essentielle

CEA : Culex extrait aqueux

AF : avant floraison

F : floraison

N : nouaison

TM : témoin

MC : mortalité corrigée

Introduction général

Depuis longtemps l'homme reconnaît et utilise les plantes pour se nourrir et pour traiter diverses maladies. Un grand nombre de plantes, aromatiques, médicinales, des plantes épices et autres, possèdent des propriétés biologiques très intéressantes, qui trouvent application dans divers domaines à savoir en médecine ; pharmacie ; cosmétologie et en agriculture.

L'Algérie, possède une flore très riche et offre des conditions de développement de nouvelles exploitations agricoles des plantes médicinales et aromatiques. Cependant, Ces plantes représentent une nouvelle source de principes actifs. En effet, les métabolites secondaires font et reste l'objet de nombreux recherches in vivo comme in vitro, notamment la recherche de nombreux constituants naturels tels que les composés phénoliques, les saponosides et les huiles essentielles, ses dernières sont très recherchées ceci d'un part

D'autre part la conservation des céréales et leurs produits secondaires sont des problèmes à multiples interrelations. Les denrées stockées constituent le groupe de produits agricoles les plus échangés sur les marchés internationaux. Ils sont habituellement attaqués par les insectes au cours de leur entreposage.

L'Algérie n'échappe pas à ce problème où les dégâts provoqués seulement par les insectes dépassent de loin les 33% en période d'été, (température optimale de développement des insectes) **(Mebarkia et al. 2006)**.

Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens **(Alzouma et al. ,1994 ; Fleurat-Lessard, 1994)**. Parmi les coléoptères, le Tribolium rouge de la farine (Tribolium castaneum Herbst) (Coléoptère : Tenebrionidae) parachève les dégâts **(Markham et al., 1994 ; Throne, 1994)**. Cet insecte se développe et se nourrit dans les denrées alimentaires, causant ainsi des pertes quantitatives et qualitatives.

Les pesticides chimiques figurent parmi les méthodes de protection les plus efficaces au niveau de stocks **(Relinger et al. 1988 ; Haubruge et al. 1988 ; Hall, 1970)**. Les plus 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)**.

Néanmoins, les effets indésirables dus à leur usage sont malheureusement très nombreux. Outre les cas de résistance des ravageurs cibles à ces produits, ces derniers provoquent aussi des effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement. De nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées

par l'usage des phytopesticides, produits issus de la biodiversité locale se présente aujourd'hui comme une piste sérieuse. Les extraits aqueux ainsi que les huiles essentielles ont joué un rôle important pour la préservation des denrées stockées dans les greniers traditionnels en Afrique (**Thiam et Ducommun, 1993**).

Les molécules du métabolisme secondaire des plantes appartiennent à des familles chimiques très diverses telles que les alcaloïdes, les phénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes. La littérature précise bien que leur rôle qui n'est plus à démontrer dans les systèmes de lutte, et dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde.

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une véritable banque de ces molécules chimiques. Dans ce cadre, le but de notre travail consiste à estimer l'efficacité des différentes doses de phytopréparations à base d'extraits aqueux et d'huiles essentielles de la plante spontanée *Cytisus sp* récoltée de la région de Chréa durant les différents stades phénologiques (stade feuillaison, stade floraison et stade nouaison) à l'égard des formes larvaires de moustique *Culex pipiens* et les adultes du ravageur des denrée stockée *Tribolium castaneum*.

Notre étude sera répartie en quatre chapitres, initiés par une recherche bibliographique ou nous apportons dans le premier chapitre une généralité sur les plantes médicinales ainsi que les modèles animaux utilisée (*Tribolium castaneum* et *Culex pipiens*) le principe actif, les huiles essentielles et les extrait aqueux, leurs compositions, activités biologiques et les méthodes d'extraction. Nous effectuerons une présentation botanique du genre *Cytisus sp*, sa localisation géographique dans le monde et l'Algérie, et son utilisation.

Le deuxième chapitre présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail à savoir :

- Élevage de masse de *Tribolium castaneum*
- Extraction des huiles essentielles de *Cytisus sp*
- Préparation des extraits aqueux
- Phytopréparations et dilutions

Le troisième chapitre abordera les différents résultats, le quatrième chapitre une discussion, enfin une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les plantes médicinales

Les plantes ont toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme, puisqu'il s'en sert pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses rites religieux **(Benkiki, 2006)**.

L'Algérie, pays connu pour sa biodiversité, dispose d'une flore particulièrement riche et variée. On compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% sont endémiques et appartenant à plusieurs familles botaniques. Ce potentiel floristique constitué de plantes médicinales, toxiques et condimentaires, est peu exploré du point de vue chimique et pharmacologique. A cet effet, il constitue à notre avis, une source non négligeable de recherche de substances naturelles **(Quezel et Santa, 1963)**.

1.1. Principes actifs des plantes médicinales

Le principe actif est une molécule contenue dans une drogue végétale ou dans une préparation et utilisée pour la fabrication des médicaments **(Pelt, 1980)**. Cette molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animale, elle est issue de plantes fraîches ou des séchées, dont différents compartiments sont utilisés; les racines, les écorces, les sommités, les fleurs, les feuilles, les fruits, ou encore les graines **(Benghanou, 2012)**.

1.2. Métabolites primaires et secondaires des plantes médicinales

Les plantes contiennent des métabolites secondaires qui peuvent être considérées comme des substances indirectement essentielles à la vie des plantes par contre aux métabolites primaires qu'ils sont les principales dans le développement et la croissance de la plante, les métabolites secondaires participent à l'adaptation de la plante avec l'environnement, ainsi à la tolérance contre les chocs **(Sarnimanchado et Cheynier, 2006)**.

1.2.1. Composés phénoliques et activités biologiques liées aux polyphénols

L'appellation polyphénols ou composés phénoliques regroupe un vaste ensemble d'environ 8000 composés **(Remdane, 2009)**. Ils se divisent en sous-classes principales entre autres; acides phénoliques, flavonoïdes, lignines, tanins...

Les Polyphénols sont associés à de nombreux processus physiologiques interviennent dans la qualité alimentaire, impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures Mécaniques. La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques **(Bahorun, 1997)**. Ces composés montrent des activités anti-carcinogènes, anti-inflammatoire, antiathérogènes, anti-thrombotiques, analgésiques,

antibactériens, antiviraux, anticancéreux (**Babar et al., 2007**), anti-allergènes, vasodilatateurs (**Falleh et al., 2008**) et antioxydants (**Gomez et al., 2006**).

1.2.2. Terpénoïdes et activités biologiques liées aux composés terpéniques

Les terpènes sont des molécules très volatiles fréquentes dans la nature, surtout dans les plantes où se sont les principaux constituants des huiles essentielles (**Bottin, 2006**). Les terpènes sont une famille de composés chimiques responsables en partie du caractère fruité des baies et représentant la plus large classe de métabolites secondaires chez les plantes (**Bekhechi, 2008**) (**Tableau 1**).

Tableau 1: Activités biologiques de certains composés terpéniques (Bekhechi, 2008).

| Familles | Exemples | Propriétés |
|----------------------------|--|--|
| Monoterpènes hydrocarbonés | Limonène | Fongistatique Bactériostatique Insecticide |
| Sesquiterpènes | Bisabolène alpha-humulène | Calmants Anti-inflammatoire Antiallergique |
| Monoterpènes oxygénés | Menthol | Antivirale Antiallergique Immunostimulants |
| Aldéhydes terpéniques | Citral (mélisse citronnée) géraniale (verveine citronnée) | Antifongique Insecticide Anti hypertensifs |

1.2.3. Huiles essentielles et activités biologiques

Ce sont des molécules à noyau aromatique et caractère volatil offrant à la plante une odeur caractéristique et on les trouve dans les organes sécréteurs (**Iserin et al., 2001**). Jouent un rôle de protection des plantes contre un excès de lumière et attirer les insectes pollinisateurs (**Dunstan et al., 2013**).

La définition suivante d'une huile essentielle : « produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche (**Bruneton, 1999**).

Les produits obtenus par extraction avec d'autres procédés ne sont pas repris dans la définition d'huile essentielle donnée par la norme AFNOR (Association Française de Normalisation) (**AFNOR, 2000**).Elles sont utilisées pour soigner des maladies inflammatoires telles que les allergies, eczéma, favorise l'expulsion des gaz

intestinales comme les fleurs frais ou séchées de plante "camomille" (**Iserin et al., 2001**).

L'activité biologique d'un huile essentiel est liée à sa composition chimique, aux groupe fonctionnels des composés majoritaire (alcools, phénols, composé terpénique) et à leurs effets synergiques. Plusieurs travaux ont mis en évidence les différentes activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales, en particulier leurs pouvoirs antifongiques (**Dorman, 2000**), antibactérienne (**Bourkhiss, 2007**), antioxydants et insecticides (**Bouzouita, 2008**). Leur parfums émis jouent un rôle attractif pour les insectes pollinisateurs. (**Deroin, 1988**). De plus, en règle générale, les huiles essentielles constituent un moyen de défense naturel contre les insectes prédateurs et les microorganismes. Les substances émises sont dans ce dernier cas appelées « phtaléines ». Ce type de toxine n'est produit qu'en cas d'infection et n'entre donc pas dans la composition d'une huile essentielle provenant d'une plante saine (**Mann, 1987**). Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques (**Ziminget al., 2006**). En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanaliaires (**Pellecuer et al., 1980**), elles possèdent également, des propriétés cytotoxiques (**Sivropoulou et al., 1996**) qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.

Par exemple dans des préparations pharmaceutiques, les terpènes phénoliques, comme le thymol et le carvacrole, sont souvent utilisés comme antiseptiques antibactériens et antifongiques (**Agnihotri et al., 2003**). L'activité des terpènes des huiles essentielles est en corrélation avec leur fonction chimique. L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants (**Lahlou, 2004**).

1.3. Variabilité des substances végétales

La quantité et la composition en métabolite primaire et secondaire varient en fonction de l'âge (stade phénologique), et de l'état physique de la plante (**Sauvion et al., 2013**)

1.3.1. Variation nyctémérale

Les composés des plantes fluctuent selon le jour et la nuit, par ce qu'ils dépendent de l'activité photosynthétique et du métabolisme de la plante (**Sauvion et al., 2013**).

1.3.2. Variation saisonnière

La production de substance secondaire azotés tels que les alcaloïdes, et les acides aminés non protéique 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 carbonées entre autres comme les tannins; s'intensifie plus tarde au cours du cycle végétatif (les feuilles mature possèdent plus tannins que les jeunes feuilles) (**Sauvion et al.,2013**).

1.3.3. Variation annuelle

Les facteurs externes, comme le climat et la disponibilité en nutriment, du sol influencent de façon considérable les tenures en substance secondaire des plantes. Lateneur foliaire en composés phénolique par exemple variée d'année en année chez certaine graminée par exemple (**Sauvion et al.,2013**).

2. Présentation du modèle végétal genre *Cytisus*

2.1. Distribution géographique du genre *Cytisus*

2.1.1. Dans le monde

Originare d'Europe, le genêt à balai pousse plus particulièrement dans les landes (association de plantes qui dépassent rarement le stade d'arbustes et poussant sur des milieux pauvres, souvent acides et oligotrophes) et dans les clairières (lieu ouvert dans une zone boisée (forêt, bois) où la lumière du soleil arrive jusqu'au sol). Il s'est acclimaté dans toutes les régions tempérées ainsi qu'en Afrique du Nord (**Iserin et al., 2001**).

2.1.2. En Algérie

Acclimaté en Afrique du Nord, en **Algérie le genre *Cytisus* se répartit comme suit (Quezel et Santa, 1962) (Tableau 2):**

Tableau 2 : Répartition de genre *Cytisus* en Algérie (Quezel et Santa, 1962)

| Espèces | Localisation |
|----------------------------------|---|
| <i>Cytisus triflorus</i> L'hér | Tell algéro-constantinois M'Sila, Tlemcen. |
| <i>Cytisus Fontanesii</i> Spach. | Forêts claires. |
| <i>Cytisus purgans</i> | El-Hodna, Djurdjura. |
| <i>Cytisus linifolius</i> | Forêts claires du littoral, de la wilaya d'Alger. |
| <i>Cytisus monspessulanus</i> | Forêts: broussailles dans le Tell. |
| <i>Cytisus arboreus</i> | Forêts et broussailles de zones littorales. |

2.2. Systématique et description botanique du genre *Cytisus*

La classification botanique du genre *Cytisus* d'après **Quezel et santa (1962)** est la suivante:

Règne : Plantes
Embranchement : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Ordre : Fabales
Famille : Fabaceae
Sous-famille : Faboideae
Genre : Cytisus

Le genre Cytisus se présentent sous plusieurs noms vernaculaires entre autres ;El-lougui, Tellouguit, Guendoul, Chadjeret elnahal et Houggui (**Quezel et Santa, 1962**).

Ces espèces sont généralement appelées « genêts » ou « cytises ». Arbustes ou arbrisseaux à feuilles en général trifoliolées à fleurs jaunes à calice turbiné ou cupuliforme, avec un disque glanduleux intérieur, su bilabié à dents courtes. 10 étamines monadelphes en un tube non fendu, 5 grandes et 5 petites. Ovaire multi ovulé. Leurs fruits sont des gousses linéaire ou oblongue, comprimée, déhiscente et polysperme (**Quezel et Santa, 1962**).

2.3. Biologie reproductive du genre Cytisus

Leur mode de reproduction est plutôt allogame. Les espèces possèdent des fleurs avec une structure typique de Papilionacée, pour lesquelles les filaments des étamines s'unissent à la base formant un androcée dit monadelphé. Il a longtemps été considéré que les fleurs ne produisaient pas de nectar en raison de leur morphologie particulière qui ne permet pas la différenciation de tissus spécialisés. Pourtant, du nectar a été détecté chez certaines espèces de Cytisus indiquant que le tube staminal lui-même est à l'origine de la production de nectar (**Galloni et Cristofolini, 2003**).

Le pollen est produit en quantité importante mais retenu sur les étamines enfermées dans la carène. Seule la visite de certains pollinisateurs ayant la capacité de déclencher le mécanisme d'explosion florale va permettre la sortie des étamines et du pistil et l'expulsion du pollen. Ensuite, les pétales, restent ouverts et les étamines exposées, permettant à d'autres insectes plus petits de se nourrir et d'effectuer à leur tour une dispersion du pollen (**Suzuki, 2003; Galloni et al., 2008**).

Quand les gousses sont matures, les deux moitiés se séparent et s'enroulent, conduisant à l'expulsion des semences parfois à plusieurs mètres de la plante-mère. Les semences peuvent ensuite subir une dispersion secondaire.

2.4. Utilisations traditionnelles et effets thérapeutiques du genêt à balai

Les genêts à balai sont connus pour leurs utilisations traditionnelles comme plante à effet cicatrisant, pour le traitement de certaines dermatoses, pour régulariser le rythme cardiaque et même empêche les saignements après les accouchements

(Chebili,2011;Iserin *et al.*, 2001). Le tableau 3montre certaines activités pharmacologiques du genre Cytisus.

Tableau 3: Quelques exemples d'activités pharmacologiques in vitro des différentes espèces de Cytisus (Baba AISSA,2011)

| Espèce | Activités pharmacologiques | Type de composés Impliqués |
|--------------------------|---|--|
| <i>Cytisus scoparius</i> | Cardiotonique, diurétique, Hypertenseur. | Alcaloïde, huile essentielle, composé phénolique, pigment flavonoïdes. |
| <i>Cytisus purgans</i> | Cardiotonique, diurétique | Les huiles essentielles, sels minéraux, alcaloïdes. |
| <i>Cytisus laburnum</i> | Action nicotinique paralysante au niveau du système cardio-vasculaire | Alcaloïdes. |

2.5. Chimio taxonomie

Le genre Cytisus est très riche en alcaloïdes quinolizidiniques (Chebili,2011) en particulier la spartéine, la genistéine et la cytisine, en acides aminés aromatiques à savoir la tyramine, en flavonoïdes, ainsi qu'en terpènes et en tanins (Iserin *et al.*, 2001). La composition chimique de l'huile essentielle de *Cytisus triflorus* de la région d'Azazgaà été déjà identifier, dont cette espèce comprend certaines composés tels que le linalool, l' α -terpinéol, le nerol, le géraniol comme composés majoritaires (Aourahoum *et al.*, 2013).

3. Présentation des modèles animales

3.1. Généralités sur le ravageur des denrées stockées; *Tribolium castaneum*

Les ravageurs des denrées stockées présentent une grande diversité d'espèces. Le choix du modèle biologique testé *Tribolium castaneum* se justifie par la gravité des dégâts et l'importance économique sur la production céréalière en Algérie.

3.1.1. Position systématique de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

Le genre Tribolium se compose de petits coléoptères extrêmement communs (Lepesme., 1944), leur taille varie de 3 à 4 mm de long et leur couleur s'étend vers le brun plus on moins foncé (Fig. 1) (Balachowsky., 1963). Selon Lepesme (1944), ces insectes sont peu actifs et se nourrissent de produit de mouture, ils se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs.



Figure 1: *Tribolium castaneum* Herbst (Lepigre, 1966)

Selon **Lepesme (1944)**, la classification de cette espèce est la suivante:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Embranchement: | Arthropoda. |
| Classe: | Insecta |
| Ordre: | Coleoptera |
| Sous Ordre: | Polyphaga |
| Famille: | Tenebrionidae |
| Sous Famille: | Ulominae |
| Genre: | <i>Tribolium</i> |
| Espèce: | <i>Tribolium castaneum</i> |

3.1.2. Origine et répartition

Selon **Lepesme (1944)**, *Tribolium castaneum* est une espèce cosmopolite. Elle est d'origine Indo-Australienne (**Smith et Whitman., 1992**) et est trouvée dans des secteurs tempérés, mais survivra l'hiver dans les endroits protégés, particulièrement où il y a de la chaleur centrale (**Tripathi et al., 2001**). En Afrique le *Tribolium* a une distribution différente en ce qui se produit dans le monde entier dans les climats les plus frais (**Smith et Whitman., 1992**).

3.1.3. Biologie de *Tribolium castaneum*

L'accouplement des adultes a lieu 48 heures après l'émergence des imagos et dure environ 15 minutes. La ponte commence le troisième jour après l'émergence et s'échelonne durant toute la vie de la femelle. La durée de l'embryogenèse est en fonction de la température. Elle dure neuf jours en moyenne à 22 C°, alors qu'elle n'est que de 35 jours en moyenne à 28 C°, la durée d'incubation des œufs est plus

courte, elle est de 26 jours à 35 °C et 85% d'humidité relative. Dès l'éclosion, la jeune larve se montre active: elle sillonne la denrée dans tous les sens. Elle subit au total huit à neuf mues. La taille des larves constitue un critère essentiel pour la distinction des différents stades larvaires. La durée des stades larvaires varie en fonction de la température et de l'humidité, elle est plus longue à 28°C et 75 % HR qu'à 35°C et 85 %HR(**Bounaceur, 1992**).

3.1.4. Régime alimentaire

Les *Tribolium* recherchent surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine (**Lepesme, 1944**). Les adultes sécrètent une substance nauséabonde, riche en quinones qui communique au lot infesté une odeur particulièrement désagréable. Sa présence dans les céréales, engendre de sérieuses altérations biochimiques qui provoque l'augmentation des acides gras libres dans les sticks (**Khare et al., 1974**).

D'après **Steffan in Scotti (1978)**, ils sont très polyphages, ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts. Les pertes pondérales sont donc d'autant plus importantes que le lot infesté contient un pourcentage élevé en grains cassés ou entamés par d'autres insectes (**Steffan, 1978**) et la valeur commerciale va également diminuer par la présence d'exuvies et de cadavres (**Fleurat Lessard, 1991**).

3.1.5. Cycle de vie et dégâts

3.1.5.1. Cycle de vie

Fleurat Lessard, (1991) signale que *T. castaneum* est un insecte holométabole. Son cycle de développement comporte quatre stades (Fig. 2):

L'œuf, pratiquement invisible à l'œil nu, il est généralement de couleur blanche.

La ponte, s'effectue dans la poussière et les débris des cellules d'entreposage.

La larve, elle mesure 4 mm en moyenne, environ 8 fois plus longue que large. Elle est blanchâtre au tout début de la mue et devient jaune très pâle à maturité, avec quelques courtes soies jaunes au niveau latéral. Elle a une capsule céphalique légèrement rougeâtre. C'est le stade de croissance qui cause le plus de dégâts ; elle subit une croissance par mue. La larve, vermiforme, se développe à l'extérieur des grains et se nourrit de brisures.

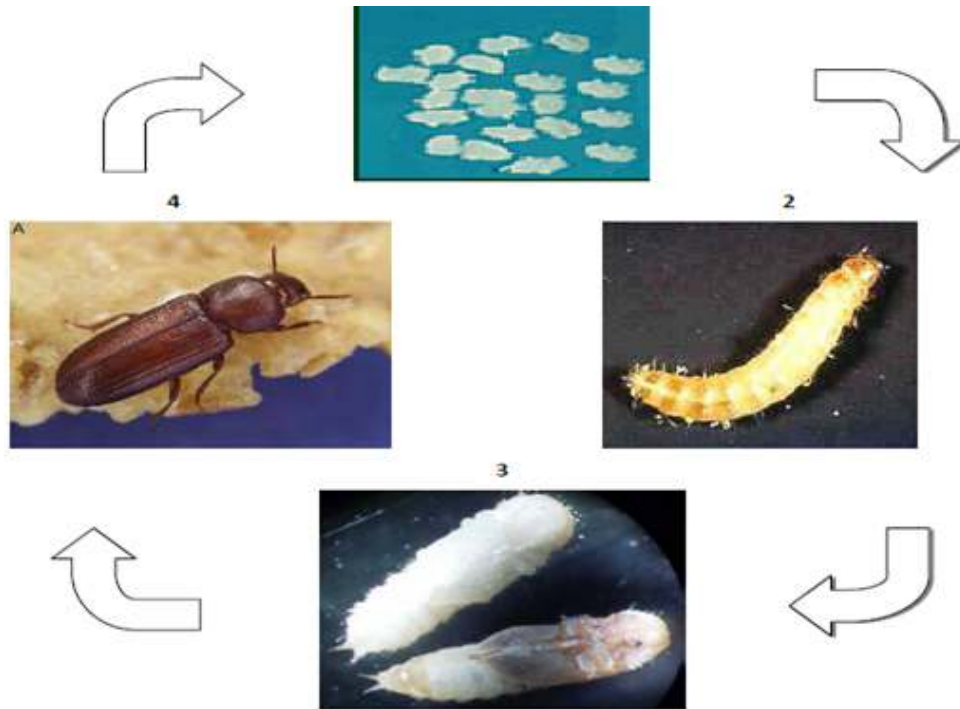


Figure 2: Stades de développement de *Tribolium castaneum* (Anonyme, 2017)

1: Œufs, 2: Larves, 3: Nymphes en vue dorsale et ventrale et 4: Adultes.

La nymphe, appelée également chrysalide, elle mesure entre 1,5 à 2,5 mm de longueur. Elle est segmentée et blanchâtre juste après la dernière mue larvaire, puis devient jaunâtre en se développant. A ce stade, il est plus facile de distinguer les sexes par rapport à l'état adulte. Les mâles et les femelles se distinguent par la partie terminale de l'abdomen. Dans les deux sexes, l'abdomen se termine par une paire d'appendices pointus appelés urogomphes. Chez les femelles, les papilles génitales, situées juste en avant des urogomphes, sont nettement plus développées que chez les mâles.

L'adulte, il est de 1,5 à 2,5 mm de longueur, étroit, à bords parallèles, de couleur brun ferrugineux rougeâtre et non rebordé antérieurement. Les trois derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. L'adulte possède une paire d'ailes antérieures sclérifiées appelées « élytres »; les ailes postérieures demeurent membraneuses et se plient sous les élytres qui recouvrent le dos de l'abdomen jusqu'au septième tergite. Le premier sternite abdominal est réduit. Les élytres donnent à ces insectes une certaine résistance qui leur permet de se déplacer dans la masse des grains à la recherche des conditions favorables de développement (température, humidité, teneur en O_2 , ...etc). La longévité des adultes est généralement de deux à huit mois ; mais elle peut aller à plus de 2 ans suivant les conditions.

3.1.5.2. Dégâts

Tribolium castaneum est un petit insecte omnivore et cosmopolite connu en tant que nuisible pour les stocks de grains (**Bonneton et al, 2008**) du fait qu'il cause des dégâts considérables en s'attaquant au riz, au blé, et à leur farine, au maïs, à l'orge, au sorgho, au millet, au manioc et à sa farine, au sagou, aux fruits séchés, à toutes les légumineuses, à l'arachide, au coprah, aux graines de coton, au ricin, aux cabosses de cacao, au chocolat, aux noix de muscade, au poivre, au gingembre,...etc. (**Via, 1999 ; Weston et Rattlingourd, 2000**)(Fig. 3).



Figure 3: Différents dégâts de *Tribolium castaneum* (Anonyme, 2017)

(a) sur la farine de blé, (b) sur des grains de blé, (c) sur des grains de riz, (d) sur des miettes de pain.

3.1.6. Méthodes de lutte utilisées contre *Tribolium castaneum*

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insecte et d'acarien soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer a bon conscient le souci majeur d'un stockeur est de garde son stock intact. Un ensemble de mesure préventive et curative, sont destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

3.1.6.1.Lutte préventive

Les moyens prophylactiques sont donc un moyen primordial de luttés contre les déprédateurs des stocks de céréales et cette prévention peut être envisagée de plusieurs façons; pour cela, **Ducon (1982)**, préconise plusieurs méthodes à savoir:

3.1.6.1.1. Les mesures d'hygiènes

Parmi les moyens prophylactiques élémentaires, la mise en application régulière des mesures d'hygiènes constitue le moyen le plus important et le plus efficace pour contrôler les ravageurs des stocks: 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 inaccessible ou insecticides de contact, un tri soigné éliminant ainsi les impuretés, les grains cassés et la poussière de farine et enfin, le respect de la rotation des stocks en réduisant au minimum les causes de contamination.

3.1.6.1.2. La lutte durant l'entreposage

Pendant l'entreposage, plusieurs méthodes peuvent être utiles afin de prévenir l'infestation dont nous citons:

Lutte par piégeage : les pièges permettent d'obtenir des indications de la présence des ravageurs, et peuvent servir à identifier ou détecter leur période optimale d'activité et diminuer les pullulations.

Lutte par dépistage

- Dépistage ordinaire: Cette méthode est très utilisée, elle consiste à surveiller l'état du grain par la mesure de la température et l'humidité du grain dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés (**Mills, 1990**). Cependant, cette méthode aléatoire reste insuffisante pour détecter les formes cachées qui provoquent des dégâts considérables au cours de leurs développements.
- Dépistage par infrarouge: Ce procédé permet de détecter les protéines animales des insectes et même les formes cachées, il consiste à réaliser une résonance magnétique nucléaire (RMN) pour déceler la présence des acariens et éventuellement les fragments d'insectes (**Wilkins et Chambers, 1987**).
- Dépistage électroacoustique: Le principe de cette opération est de pouvoir détecter l'activité des insectes et de surveiller le niveau de population présente dans la denrée, par des microphones sensibles, cette technique permet de réduire le cout de l'inspection et les traitements (**Mankin,1998**). Le son des insectes, peut être décelé par la méthode de simulation par ordinateur sans pour cela réaliser des

prélèvements au niveau du stock. Un logiciel informatique permet la détermination de l'insecte et son niveau d'infestation (**Hagstrum, 1990**).

- Méthode immuno-enzymatique: C'est une analyse minutieuse, qui donne une estimation de l'infestation des grains et de la farine (**Fields, 2001**). L'extrait du blé après broyage est soumis à un dosage par le Test ELISA. La coloration de l'extrait obtenue est mesurée par spectrophotomètre qui nous permet de calculer la concentration en protéine d'insectes, cette quantité de protéines nous renseigne sur l'infestation des grains (**Wirsta, 1996**).

3.1.6.2. Lutte curative

Elle intervient directement contre les insectes en place, parmi les moyens utilisés nous avons la lutte physique, biologique et chimique.

3.1.6.2.1. Lutte physique

Les moyens préventifs sont obligatoires mais elles restent insuffisantes, dans ce cas le recours aux procédés curatifs est indispensable. Les moyens de lutte physique utilisables, font appel au choc thermique, au froid, aux radiations ionisantes et aux électromagnétiques.

3.1.6.2.2. Lutte chimique

Dans le domaine de la lutte chimique, nous citons deux groupes de produits qui sont essentiellement utilisées.

- Les insecticides de contact pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule, parmi ce groupe d'insecticides nous citons: le pyréthrinolide de synthèse agit par contact et ingestion, en provoquant souvent un effet choc sur les insectes comme *Tribolium castaneum* (Herbst) (**Schiffers et al., 1990**)

- Les fumigants sont des gaz toxiques utilisés pour désinsectiser une denrée dans un espace clos. De toute évidence, les enceintes de fumigeant doivent être suffisamment étanche pour que le gaz pénétré et puisse diffuser entre les grains et dans les grains assez de temps, pour tuer les insectes présents, ceci quel que soit leur stade de développement.

- Lutte biologique: vise en l'utilisation des ennemis naturels ou maladies qui régulent les populations des nuisibles. Ce sont ces antagonistes naturels des ravageurs, que les méthodes biologiques de lutte mettent à contribution. Les avantages offerts par les procédés biologiques résident surtout dans l'absence presque totale de risque toxicologique. Les possibilités d'applications des méthodes

biologiques de lutte contre les ravageurs des stocks sont très limitées (**Gwinner et al., 1996**). A titre d'exemple: les parasitoïdes, les prédateurs et les agents pathogènes.

- La résistance variétale: L'obtention de variétés résistantes à l'attaque des ravageurs pourrait contribuer à minimiser l'importance des dégâts causés les ravageurs des produits de récoltes en stocks. Le mécanisme de la résistance est de nature physique ou biochimique. 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 résistance variétale peut constituer une bonne alternative à la lutte chimique car elle est moins couteuse et n'occasionne pas de nuisance chez les populations et l'environnement.

- L'utilisation des biopesticides d'origine végétale en tant que Le développement de résistance par les insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extrait végétaux pouvant avoir des modes d'actions différentes à ceux des insecticides déjà utilisés. Les végétaux produisent des composés secondaires tel que les Terpènes, les composés soufré, les alcools ...etc.

Leur utilisation en tant que biopesticides dans la protection des graines de céréales stockées contre les insectes à fait l'objet des nombreuses études notamment en zone tropicale (**Arthur, 1996**).Les propriétés des pesticides et leur relative innocuité environnement en font des biopesticides d'origine végétale des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir (**Regnault et al., 2005**). L'intérêt du développement de nouvelles formulations à base des huiles essentielles des végétaux est dû à leurs avantages écologiques et environnement indéniables (**Pandey et al., 1982**).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 fumigants. 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**). Les phytopesticides valorisables sous la formes 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**).

3.2. Généralités sur le moustique urbain; *Culex pipiens* nuisible de domaine de l'hygiène publique

Les *Culex* sont responsables de certaines maladies transmissibles en étant vecteurs d'agents pathogènes (virus, bactéries et champignons). Ces espèces sont principalement inféodées aux milieux urbains, caractérisées par une fécondité élevée, rend le contrôle des populations très difficile à maîtriser (Barcay, 2004). Il est toutefois possible d'éviter leurs proliférations excessives et de contrôler en partie leurs développements en agissant sur le déroulement de leur comportement reproducteur.

3.2.1. Position systématique de *Culex pipiens* (Linné, 1758)

Les Culicidés sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles (6 à 40 articles), des ailes pourvues d'écailles, les femelles possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide vulnérantes de type piqueur-suceur(Fig. 4).



Figure4: Femelle de *Culex pipiens* lors d'un repas de sang (Balenghien, 2006)

Selon Barraud (1934), la classification de cette espèce est la suivante:

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Embranchement: | Arthropoda. |
| Classe: | Insecta |
| Ordre: | Diptera |
| Sous Ordre: | Nematocera |
| Famille: | Culicidae |
| Sous Famille: | Culicinae |
| Genre: | <i>Culex</i> |
| Espèce: | <i>Culex pipiens</i> |

3.2.2. Origine et répartition

Le genre *Culex* comprend presque 800 espèces, on retrouve les *Culex* dans de nombreuses régions duglobe, notamment dans les régions tropicales, en Australie et

en Europe (**Bussieras et Chermette, 1991**). *C. pipiens* est une espèce relativement commune en France, et région méditerranéenne. On la retrouve également dans toutes les régions tempérées de l'hémisphère nord (**Wall et Shearer, 1992**).

3.2.3. Biologie de *Culex pipiens*

Les Culicidé, auxquels appartient le complexe *Culex pipiens*, sont des insectes à métamorphose complète (Holométaboles), passant par trois stades de développement. De sorte que ces derniers (larve, nymphe et adulte) ont des morphologies différentes, adaptées à leurs modes de vie aquatiques pour les stades pré-imaginaux, et aériens pour les stades imaginaux (**Carnevale et Robert, 2009**). Dans les conditions optimales, le cycle dure de 10 à 14 jours. La femelle adulte est hématoophage, après son émergence d'une durée estimée à 24-72h, elle pique les vertébrés pour sucer leur sang contenant des protéines nécessaires à la maturation des œufs (**Klowden, 1990**). Pendant la piqûre, la femelle injecte de la salive anticoagulante qui provoque, chez l'homme, une réaction inflammatoire plus ou moins importante selon les individus (**Reinert, 2000**).

3.2.4. Régime alimentaire

En référence au régime saprophyte de la larve, constituée principalement de plancton et de particules organiques ingères grâce à ses pièces buccales de type broyeur. La nymphe n'ingère par contre aucune nourriture. Cependant, le male se nourrit exclusivement de suc et de nectar extrait de plantes. En revanche, la femelle peut vivre de 3 semaines à 3 mois selon la température et la qualité du gîte. Elle se nourrit du suc des plantes et est en plus hématoophage, ce qui est indispensable à la formation des œufs (**Ripert, 1998**).

3.2.5. Cycle de vie et nuisances

3.2.5.1. Cycle de vie

Le cycle de *Culex pipiens* comporte, comme celui de tous les insectes, 4 états : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago ou adulte. Il se décompose en deux phases : une phase aquatique pour les trois premiers états, et une phase aérienne pour le dernier état. Dans conditions optimales, le cycle dure de 10 à 14 jours (**Ripert, 2007**)(Fig. 5).

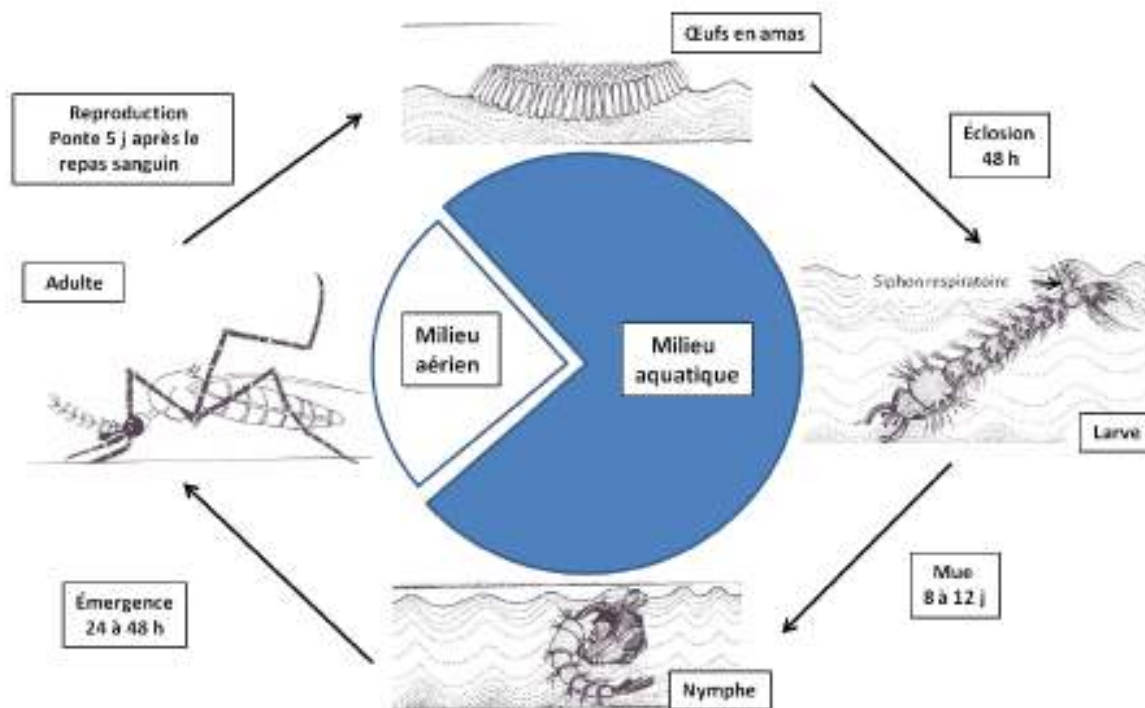


Figure 5 : Cycle de *Culex pipiens pipiens* (modifié d'après Urquhart *et al.*, 1996)

Les œufs, fusiformes, ils mesurent environ 1mm de long. Pondus en « radeaux » directement sur la surface de l'eau. De couleur blanchâtre au moment de la ponte, ils s'assombrissent dans les heures qui suivent. Ils sont détruits très rapidement en cas d'assèchement. Ils sont réunis par 200 à 400 en nacelle leur permettant d'être insubmersibles (**Séguy, 1955**). C'est avec les pattes postérieures croisées que la femelle du moustique guide ses œufs pour obtenir cette formation (**Callot et Helluy, 1958**).

La larve, se développe indifféremment dans les eaux claires ou polluées. D'aspect vermiforme, son corps se divise en trois segments : la capsule céphalique complètement sclérifiées, le thorax aplati composé de trois segments fusionnés (bien plus large que les deux autres parties) et l'abdomen souple qui se compose de dix segments. Sa taille varie de 2mm à 12mm en moyenne en fonction des stades. Elle est dépourvue d'appareil locomoteur, ce qui ne signifie pas qu'elle soit immobile. D'après **Forattini (1996)**, 222 paires de soies sont insérées tout au long du corps de la larve, leur arrangement est appelé la Chetotaxie ce qui présente le principal critère en taxonomie morphologique des larves.

La nymphe, se caractérise par une tête et un thorax réunis en une seule masse globuleuse, le céphalothorax, et une partie postérieure effilée et recourbée constituant l'abdomen ; ce dernier donne à la forme générale de la nymphe un aspect d'une virgule (**Hegh, 1921 ; Rodhain et Perez, 1985**). La cuticule du céphalothorax est transparente où les ébauches des appendices locomoteurs, des

antennes, de l'appareil buccal et des yeux composés des futurs adultes sont nettement visibles (**Becker, 2003**). La forme et l'ornementation de ces trompettes peut fournir, avec les palettes natatoires, certains caractères spécifiques aux genres et aux espèces. (**Séguy, 1923**).

L'adulte (Imago), L'adulte atteint environ 9 mm en taille moyenne, globalement brun clair, avec des bandes antérieures claires sur les tergites abdominaux. Il se distingue facilement des autres familles de Nématocères, notamment par les écailles dont leur corps est recouvert et par la trompe (ou proboscis) très allongé. Trois parties bien distinctes compose l'adulte : la tête, le thorax et l'abdomen.

3.2.5.2. Principales nuisances causées par *Culex pipiens*

On distingue deux types de nuisances causées par le *Culex pipiens* :

La première est causée par la pique de la femelle(**Urquhart et al., 1996**) qui va entrainer, chez l'homme comme chez l'animal, une lésion ronde érythémateuse de quelques mm à 2 cm de diamètre. Il est à noter que la pique ne provoque aucune douleur immédiate grâce a un anesthésique local contenu dans la salive (**Andreo, 2003**). Les lésions sont très souvent suivies d'une réaction allergique due aux allergènes présents dans la salive de *Culex pipiens* injectée durant le repas sanguin. Cela entraine généralement un fort prurit (**Toral et Caro, 2005**).

La deuxième nuisance est liée à la transmission de maladies. Le moustique se contamine au cours du repas sanguin sur un hôte infecté. L'agent pathogène va alors subir un cycle de maturation et sera transmis au cours du repas suivant sanguin (**Cchst, 2015**).

On distingue deux types d'agents pathogènes transmis par le genre *Culex*:

- *Des virus*; De la famille des Bunyaviridae genre *Phlebovirus*, citons le virus de la Fièvre de la Vallée du Rift, dont l'espèce cible principale est le bétail (**Petit et al., 2009**), ceux de la famille des Flaviviridae genre *Flavivirus*: Le West Nile atteint les oiseaux mais peut aussi toucher l'homme (**Faraj et al., 2006 ; Hamer et al., 2008**).Ceux de l'encéphalite de Saint Louis atteint également l'oiseau et l'homme, L'encéphalite japonaise humaine a pour réservoirs le porc et les oiseaux sauvages et Le virus de la dengue atteint exclusivement l'homme(**Andreo, 2003**).

- *Des parasites*; *Dirofilaria immitis*, responsable de la dirofilariose cardio-pulmonaire du chien(**Euzeby, 2008**). D'autres espèces peuvent néanmoins être atteintes : le chat, les canidés sauvages et même l'homme (**Toral et Caro, 2005**); *Dirofilaria repens* présente l' gent de la filariose sous-cutanée chez le chien, mais aussi chez le chat et l'homme (**Euzeby, 2008**), et la *Wuchereria bancrofti*, responsable de la filariose lymphatique de l'homme (**Andreo, 2003 et Toral et Caro, 2005**).

3.2.6. Méthodes de lutte utilisées contre *Culex pipiens*

3.2.6.1. Lutte génétique

Elle consiste à provoquer l'extinction d'une population naturelle d'insectes en y introduisant des individus de la même espèce préalablement rendus stériles par les rayons X ou par chimio-stérilisation. Cette technique a donné de bons résultats sur les insectes à faible densité de population et en milieu isolé (Glossine, Lucilie bouchère). Sur les moustiques, ces techniques séduisantes au laboratoire n'ont donné jusqu'à présent que peu de résultats sur le terrain (**Crampton et al., 1990 ; Collins et al., 2000**).

3.2.6.2. Lutte physique

Elle consiste à modifier le biotope de l'insecte en supprimant tous les facteurs favorables à son développement, cette technique est la plus anciennement connue contre *Culex*, elle est basée sur les mesures d'assainissement et d'aménagement du milieu urbain qui consiste à éliminer les collections d'eaux usées stagnantes ou tout au moins à les rendre inaccessibles aux adultes, et concurremment à prévenir l'apparition et la multiplication des gîtes. Malheureusement, de tels travaux d'assainissement restent le plus souvent à l'état de projet et les rares mesures prises sont généralement insuffisantes (coût budgétaire très élevé) (**Curtis, 1994 ; Chavasse et al., 1995**). Il y a aussi l'utilisation des moustiquaires de portes et de fenêtre des maisons et des immeubles, qui gardent les moustiques à l'extérieur. Les filets tendus dans les tentes ou suspendus au-dessus des lits sont des barrières efficaces contre les insectes piqueurs ou suceurs tels que les moustiques (**Mathis et al., 1970**).

3.2.6.3. Lutte chimique

Les insecticides les plus utilisés sont les pyréthrinoides sous forme de sprays à pulvériser dans l'air ambiant, sur des murs ou des moustiquaires (**Urquhart et al., 1996**). Ces molécules se révèlent efficaces jusqu'à plusieurs semaines si elles sont pulvérisées sur une moustiquaire. Concernant leur mode d'action, ils vont tout d'abord stimuler puis inhiber le système nerveux du *Culex*, pour finalement causer une paralysie musculaire généralisée. Comme l'effet est très rapide, on dit qu'ils ont un effet « knock down » ou effet choc. Très toxiques pour les poissons, ils le sont peu pour les mammifères même si ils entraînent parfois des démangeaisons (**Georgi, 1990**). Leur utilisation doit tout de même rester raisonnée pour éviter le développement de résistances comme c'est déjà le cas dans certaines régions du globe comme la Chine: sur 6 échantillons de 100 *Culex* chacun exposés à de la deltaméthrine à la dose de 0,05%, les 6 essais ont révélés résistants avec un taux de mortalité allant de 20 à 80% [7]. Parmi les formulations vétérinaires à base de pyrethroïdes possédant une AMM pour la protection des chiens contre les Culicidés,

on trouve la perméthrine en spot on(ADVANTIXR) ou encore la deltaméthrine en collier (SCALIBORR) (**Petit et al., 2008**). Les carbamates et les organophosphorés ne sont plus utilisables sur les animaux domestiques et sur les humains (**Georgi, 1990**).

3.2.6.4. Lutte biologique

Sous ce vocable, on retrouve notamment l'emploi de prédateurs naturels des moustiques pour lutter contre ces derniers, comme les oiseaux, les chauves-souris, les poissons et certains insectes. À ce propos, **Kumar et Hwang (2006)** ont élaboré une revue de littérature des moyens de lutte biologique ayant recours à des amphibiens, des poissons, des petits crustacés aquatiques (comme les copépodes) ainsi que des insectes. **Chatterjee et al. (2007)** mentionnent que la libellule *Brachytron pratense* peut dévorer une grande quantité de larves de moustiques. Parmi l'arsenal d'agents potentiels de lutte (bactéries, champignons, protozoaires, virus) identifiés au cours des 30 dernières années, les plus efficaces et les plus prometteurs se sont révélés être deux bactéries sporulant et appartenant au genre *Bacillus* (Who, 1984); *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (Bt-H14) et *Bacillus sphaericus*. Le spectre d'activité de ces deux bactéries est assez étroit et constitue l'un des atouts majeurs de ces agents de lutte.

3.2.6.5. Lutte intégrée

On la définit comme étant « l'emploi rationnel de toutes les méthodes de lutte appropriées tant sur le plan technique (compatibilité, innocuité), que sur le plan de la gestion (rentabilité), afin d'obtenir une réduction efficace des populations de vecteurs et d'enrayer la transmission de la maladie ». Les moyens mis en œuvre peuvent être de nature chimique ou autre (aménagement de l'environnement, protection individuelle et lutte biologique). En outre, si l'on veut pouvoir mener durablement la lutte anti vectorielle intégrée, il est essentiel de s'appuyer sur l'éducation pour la santé et la participation communautaire (**Who, 1992**).

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Objectif

L'objectif de ce travail consiste à estimer l'efficacité des différentes doses de phytopréparations à base d'extraits aqueux et d'huiles essentielles de la plante spontanée *Cytisus sp* récoltée de la région de Chréa durant les différents stades phénologiques (stade feuillaison, stade floraison et stade nouaison) à l'égard des formes larvaires de moustiques *Culex pipiens* et les adultes du ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel biologique

2.1.1. Matériel végétale

Le modèle végétal convoité *Cytisus sp* a été récoltée manuellement au niveau du parc national de Chréa plus précisément dans le secteur de Chréa à une altitude de 1200 mètres (étage bioclimatique subhumide) ; durant le mois de Décembre qui correspond au stade avant floraison (AF), mois de Mai qui coïncide avec le stade floraison (F) et le mois de Juin qui synchronise avec le stade nouaison (N). L'échantillonnage s'est limité aux parties aériennes de *Cytisus sp*. Le matériel végétal échantillonné, a été transporté au laboratoire où son séchage a été persuadé à l'abri de la lumière. Le matériel végétal séché dont une partie est conservée en état jusqu'à son utilisation pour l'extraction des huiles essentielles, alors qu'une autre partie a été écrasé dans un mortier puis il a subi un broyage à l'aide d'un mixeur à hélice afin d'obtenir une poudre fine. La poudre obtenue a été stocké dans des buccaux en verre hermétiques jusqu'à son utilisation pour la préparation des extraits aqueux.

2.1.2. Matériel animal

- **Origine du modèle animal ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum***

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des phytopréparations à base d'extraits aqueux et d'huiles essentielles de *Cytisus sp* est limité aux individus adultes de *Tribolium castaneum* (Fig. 06) (Issu de C.C.L.S. : Coopérative des Céréales et des Légumes Sec d'El Affroun) évoluant sur les graines de blé tendre *Triticum aestivum* L.

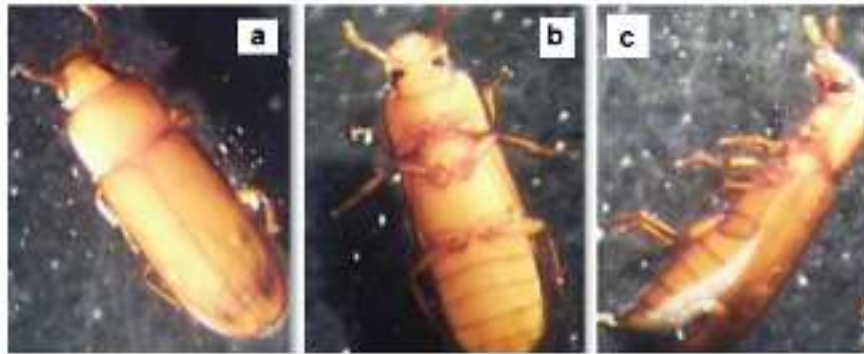


Figure 06 : Présentation générale de l'adulte de *Tribolium castaneum* (Original, 2017)

a : Vue dorsale, b : Vue ventrale, c : Vue latérale

- Origine du modèle animal nuisible à la santé publique *Culex pipiens*

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des phytopréparations à base d'extraits aqueux et d'huiles essentielles de *Cytisus sp.* est limité aux 3^{ème} (Fig. 07 a) et au 4^{ème} (Fig. 07b) stade larvaire de *Culex pipiens* prélevés du plan d'eau du marais côtier de Réghaia durant la période avril-mai 2016.

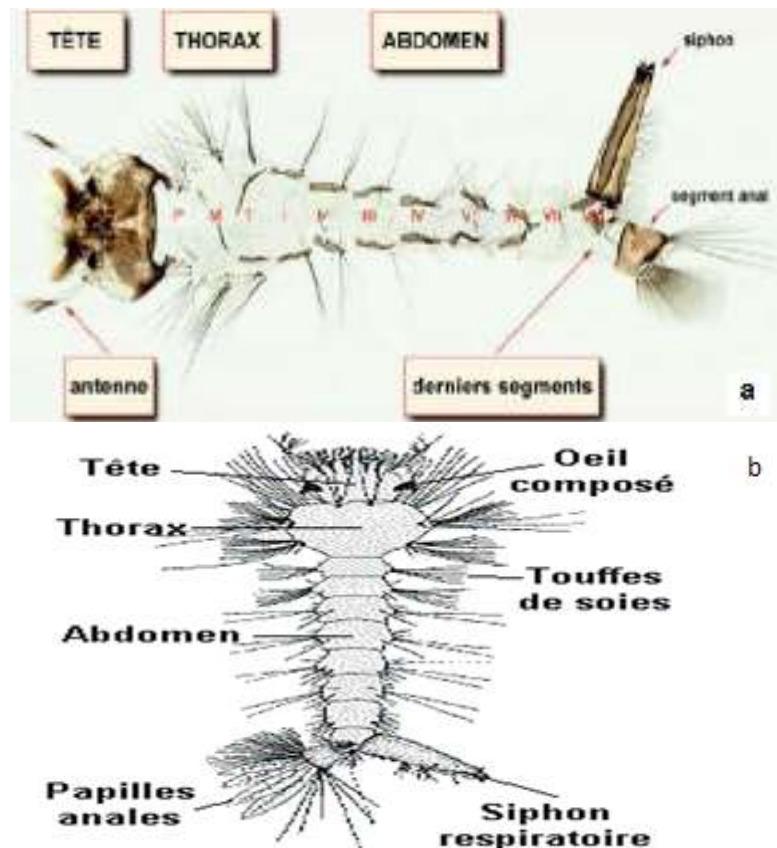


Figure 07: Présentation générale des derniers stades larvaire de *Culex pipiens* (Adli, 2016)

a : 3^{ème} stade larvaire, b : 4^{ème} stade larvaire

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Élevage de 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 (30×15) 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%.

2.2.2. Extraction des huiles essentielles de *Cytisus sp.*

La matière végétale est immergée directement dans un ballon rempli d'eau, placé sur une source de chaleur (Chauffe ballon), le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant puis elle récupérées dans une ampoule à décanter et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité (**Hellal, 2011**). Le milieu réactionnel constitué par 100 g de la matière végétale et de 600 ml d'eau distillé est porté à ébullition grâce à un chauffe-ballon. Une fois, l'ébullition s'effectue les cellules éclatent et se commencent à dégager leurs contenus en huiles essentielles, qui par la suite transportent avec le vapeur d'eau jusqu'à le réfrigérant, et après la condensation dans ce dernier l'huile se rassemble dans une ampoule à décantation. Les huiles essentielles récupérées dans de petits flacons opaques et stockée à 4°C.

2.2.3. Préparation des extraits aqueux

Les extraits aqueux sont préparés selon la méthode décrite par **Royet al. (2011)**. La procédure prévoit une macération à froid qui consiste à prendre 25 g de la poudre végétal et à l'ajouter à 250 ml d'eau distillée sous agitation magnétique horizontal pendant 72 h à la température ambiante (24-27°C). Les macérats obtenus ont été centrifugés pendant 15min à une vitesse de 4000 tr/min dans le but de récupérer le surnageant.

2.2.4. Phytopréparations et dilutions

- Phytopréparations à base d'extrait aqueux

Différentes doses ont été préparées par les surnageants des extraits aqueux récupérés de chaque stade phénologiques séparément. Deux phytopréparations différentes avec des doses différentes ont été destinées à chaque modèle animale séparément, dont ces doses ont une spécificité de concentrations ascendantes.

- Pour le ravageur *Tribolium castaneum* ; trois doses ont été préparées pour ce modèle animal **TAE1 (20%), TAE2 (10%), et TAE3 (5%)** destinés à tester les effets à savoir par contact directe.

- Pour les moustiques *Culex pipiens* ; trois doses ont été préparées pour ce modèle animal **CAE1(20%), CEA (10%) au CAE3(5%)** destinés à tester l'effet par contact directe. Les phytopréparations ont été ensuite préservés aseptiquement dans des bouteilles en verre recouvertes du papier aluminium et conservés dans un réfrigérateur jusqu'aux leurs applications sur les modèles animaux.

- **Phytopréparations à base d'huiles essentielles**

Différentes doses ont été préparées par les huiles essentielles récupérés de chaque stade phénologiques séparément. Deux différentes phytopréparations différentes des phytopréparations destinés aux extraits aqueux avec des doses différentes ont été destinées à chaque modèle animale séparément, dont ces doses ont une spécificité de concentrations ascendantes.

- Pour le ravageur *Tribolium castaneum* ; trois doses ont été préparées pour ce modèle animal **THE1(450%) THE2(416%) au THE3(333%)**, destinés à tester l'effet par contact directe

- Pour les moustiques *Culex pipiens* ; trois doses ont été préparées pour ce modèle animal **CHE1(800%) CHE2(400%) et CHE3(200%)**. Les phytopréparations ont été ensuite préservés aseptiquement dans des bouteilles en verre recouvertes du papier aluminium et conservés dans un réfrigérateur jusqu'aux leurs applications sur les modèles animaux.

2.2.5. Application des traitements

Les traitements sont réalisés au niveau de laboratoire de Phytopharmacie appliquée, dans des conditions ambiantes (25 - 28°C et 60-80H%). Dans les boites de pétri, 5,5 cm de diamètre, nous avons introduit 25 individus de *Tribolium castaneum* dans chaque boite. L'effet par contact direct des phytopréparations a été conduit par pulvérisation des individus adulte de *T. castaneum* après leur introduction dans les boites de pétri. L'effet résiduel des phytopréparations a été conduit par pulvérisation du papier filtre disposé au fond des boites de pétri, puis nous avons introduit les individus de *T. castaneum* après 30 min d'apport des traitements. L'essai est réalisé en 3 répartitions étalées sur une période de 72h pour les traitements aux phytopréparations à base d'huiles essentielles, et 48 h pour les traitements aux phytopréparations à base d'extraits aqueux (Fig. 08).

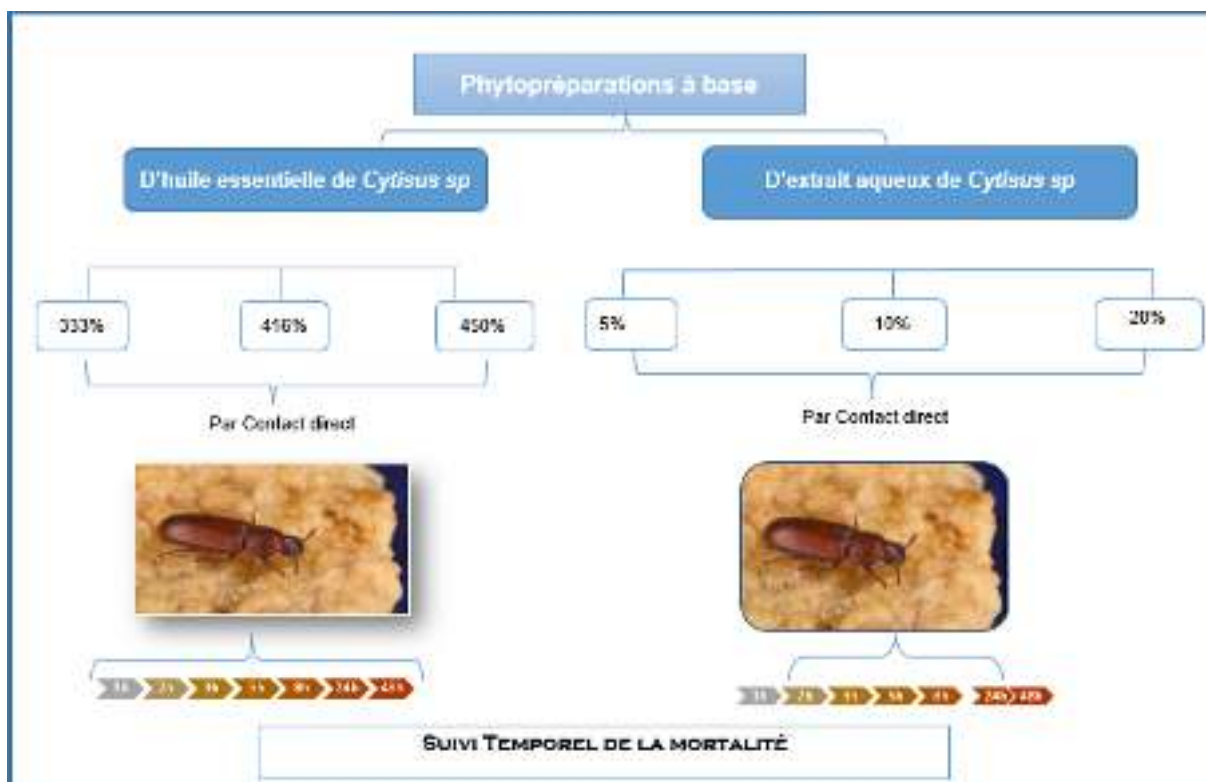


Figure 08 : Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

Les traitements sont réalisés au niveau du Laboratoire de Parasitologie de l'Institut National de Santé Publique (I.N.S.P.), dans des conditions ambiantes (25 - 28°C et 60-80H%). Dans les boîtes de pétri, 5,5 cm de diamètre, nous avons introduit 20 larves de chaque stade larvaire de *Culex pipiens* dans 99 ml d'eau. L'effet par contact direct des phytopréparations a été conduit par l'addition de 1ml de chaque phytopréparations dans les boîtes de pétri. L'essai est réalisé en 3 répétitions étalées sur une période de 72h (Fig. 9).

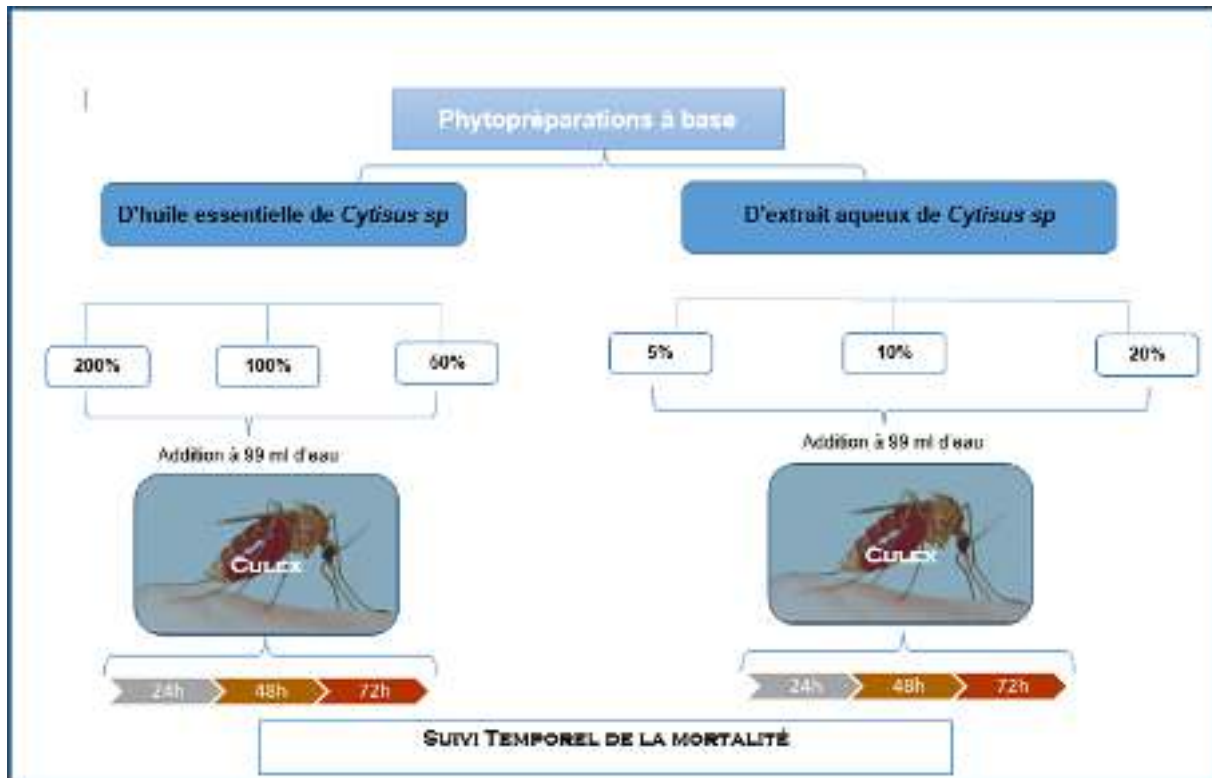


Figure 9 : Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués sur les larves de *Culex pipiens*

2.2.6. Estimation du taux de mortalité

Selon **Marmonier et al. (2006)**, le taux de mortalité est le pourcentage d'individus morts dans des conditions d'environnement données (varient 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.

2.2.6.1. Calcul du pourcentage de la mortalité observée

Le pourcentage de mortalité observée chez les individus témoins et testé été estimé par la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

2.2.6.2. Calcul du pourcentage de la mortalité corrigée

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 ce toxique, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'Abbott (1925).

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

Avec :

M1 : pourcentage de mortalité dans le témoin

M2 : pourcentage de mortalité dans le lot traité

Si la mortalité du témoin dépasse 20% le test est annulé

3. Analyses statistiques des données

L'analyse statistique a concerné l'évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'extrait aqueux et d'huiles essentielles des feuilles de *Cytisus sp.* issus de trois stades phénologiques (avant floraison, floraison et nouaison) sur les individus adultes de *Tribolium castaneum* et les derniers stades larvaires de *Culex pipiens* (3^{ème} et 4^{ème} stades). 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 de Wilcoxon et le 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**).

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Dans cette partie, on va grouper tous les résultats correspondants aux évaluations de l'activité insecticide de phytopréparations élaborées à base d'extrait aqueux et de l'huile essentielle de *Cytisus sp.* À l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* et des larves de *Culex pipiens*.

1. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Cytisus sp.*

1.1. Caractérisation des huiles essentielles

D'après le tableau.4, On constate que les composés majoritaires de l'huile essentielle de *Cytisus sp* sont le β -linalool et ceci dans les trois stades phénologiques à savoir avant floraison, floraison et nouaison avec des taux respectifs de 50,04%,37,30% et 49,94% suivit du Geraniol avec 30,29%,27,73 %et 30,05% ainsi que le α -terpinene qui est moins représentatif par rapport aux deux premiers composés cités avec un taux de concentration pour les trois stade phénologiques ; avant floraison, floraison et nouaison (6,53%, 8,50% et 4,20%)

Tableau 4: Caractérisation de l'huile essentielle des trois stades phénologiques de *Cytisus sp*

| Composés Chimiques | Concentration des composés (%) | | |
|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|
| | Stade avant floraison (AF) | Stade floraison (F) | Stade nouaison (N) |
| β -linalool | 50.04 | 37.30 | 49.94 |
| Eucalyptol | 0.33 | 0.26 | 0.09 |
| Geraniol | 30.29 | 27.73 | 30.05 |
| α -terpinene | 6.53 | 8.50 | 4.20 |
| o-Cymene | 0.3 | 0.84 | 0.13 |
| cresol | 1.50 | 0.90 | 0 |
| Carvacrol | 1.50 | 3.15 | 1.88 |
| Thymol | 0 | 0.19 | 0 |
| Eugenol | 3.28 | 2.09 | 3.07 |
| Gibberellic acid | 1.02 | 0.8 | 1.83 |

1.2. Estimation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Cytisus sp.* Sur les stades larvaires de *Culex pipiens*

1.2.1. Estimation de la mortalité observée sur le troisième et le quatrième stade larvaire

Selon la **fig.10**, l'évolution temporelle de la mortalité observée chez le troisième et le quatrième stade larvaire de *Culex pipiens* sous l'effet de la phytopréparation d'huiles essentielles testée montre un effet biocide plus important pour la dose CHE1 (50%) suivie de la dose CHE2 (100%) puis de la dose 3 (200%).

Cette dernière a un effet presque similaire au témoin qui affiche une mortalité naturelle modérée.

Dans la **figure (fig.10.a)**, l'efficacité de la phytopréparation apparaît au bout de 48h pour les doses CHE1 et CHE2, avec un taux plus important par rapport à la dose CHE3. Cette efficacité s'accroît au fur et à mesure dans le temps, pour atteindre une mortalité conséquente après 72h avec la dose CHE2, au bout de ce temps, la dose CHE1 occasionne un taux de mortalité assez important, contrairement à la doses CHE3 qui occasionne la plus faible toxicité pareillement pour le troisième et le quatrième stade larvaire où l'efficacité de la phytopréparation apparaît au bout de 48h pour les dose CHE1 et CHE2 par comparaison à la dose CHE3.

Pour la **figure (fig.10.b)**, l'application de la phytopréparation d'huile essentielle de *Cytisus sp*, pour le troisième stade larvaire a occasionné une mortalité importante pour les trois doses à partir de 48h. Une gradation biocide positive s'installe en termes de dose: $CHE2 < CHE3 < CHE1$, au bout de 72h, on enregistre un taux de mortalité de 6 et 5 individus pour les doses CHE1 et CHE2, contrairement au quatrième stade larvaire où l'efficacité a été plus importante ;16 et 8 individus pour les doses CHE1 et CHE2 t de 18 et 10 individus au bout de 48h et 72H .

Pour la **figure (fig.10.c)**, l'application de la phyto-préparation d'huile essentielle de *Cytisusspp*provoque un taux de mortalité pour les doses CHE1, CHE2 et CHE3 au bout de 48h, ce taux atteint 7 et 5 individus pour CHE1 et CHE2 au bout de 72h c'est la doses CHE3 qui devance la dose CHE2 avec une mortalité de 7 individus ceci pour le troisième stade larvaire. Cependant, la phyto-préparation d'huile essentielle enregistre sur le quatrième stade larvaire une mortalité similaire au bout de 48H qui est de 7 individus et de 9 individus pour la dose CHE1 au bout de 72h.

Le test de Wilcoxon confirmé par le test de Monte Carlo est avancé dans le but d'apprécier la variation de la mortalité observée dans chaque point temporel d'estimation de l'activité biocide de la phytopréparation. La comparaison des populations dans chaque bloc d'observation montre que la mortalité observée chez le quatrième stade larvaire présente une différence significative dans les deux stades phénologiques avant floraison (AF) et nouaison (N) excepté pour le stade phénologiques floraison. Elle montre aussi que chez le troisième stade larvaire, le nombre de mort est significativement différents sous l'effet des phytopréparations des trois stades phénologiques à savoir avant floraison, floraison et nouaison

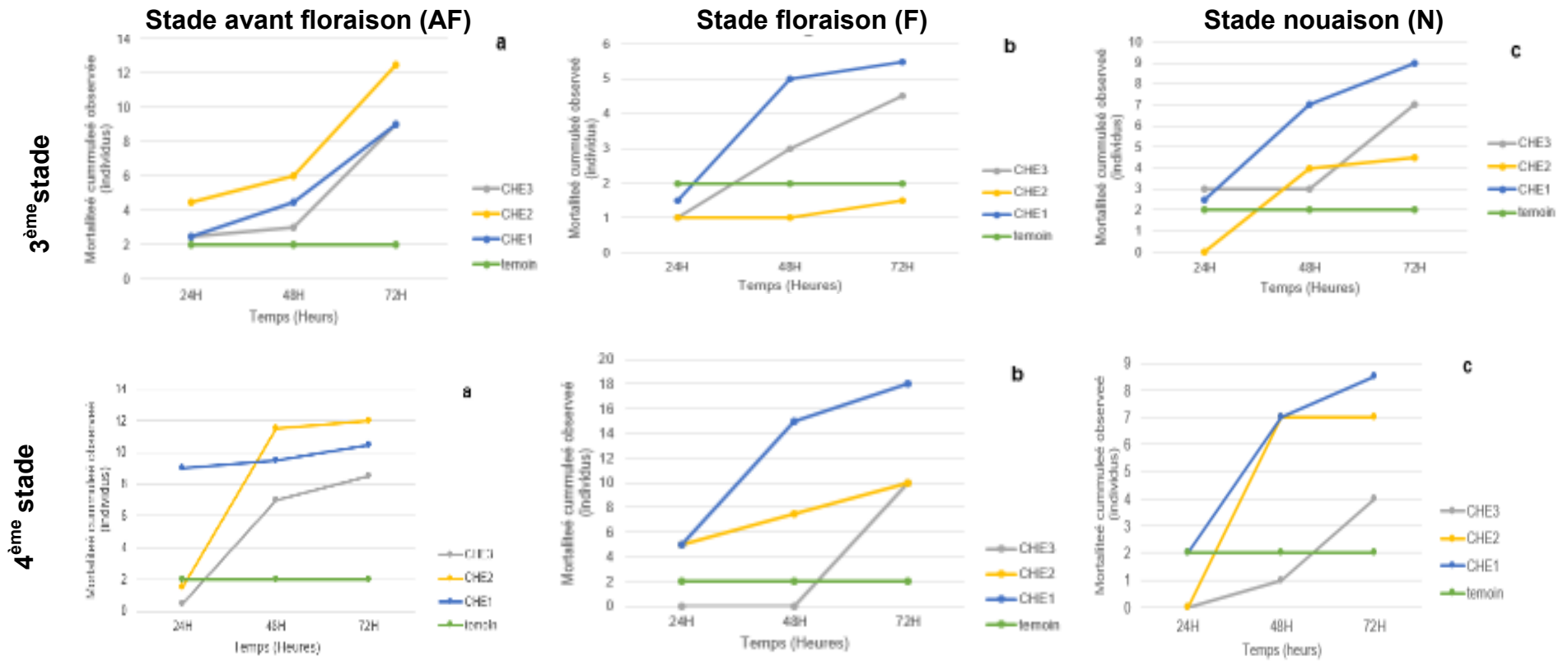


Figure 10: Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de *Culex pipiens* sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles

CHE1 : Culex huile essentielle (50%), CHE2 : Culex huile essentielle (100%), CHE3 : Culex huile essentielle (200%)

Tableau. 5 : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de *Cytisus sp.* sur la mortalité cumulée observée du troisième et quatrième stade larvaire L3 et L4 des populations de *Culex pipiens*

| 4^{ème} stade larvaire | TM | CHE1 | TM | CHE2 | TM | CHE3 | CHE1 | CHE2 | CHE1 | CHE3 | CHE2 | CHE3 |
|---------------------------------------|--------|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|----------------------|------|---------------------|--------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité observée (AF) | 2 | 9,66 | 2 | 8,33 | 2 | 5,33 | 9,67 | 8,33 | 9,67 | 5,33 | 8,33 | 5,33 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,036* | | 0,010* | | 0,465 ^{NS} | | 0,014* | | 0,197 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,031* | | 0,020* | | 0,028* | | 0,626 ^{NS} | | 0,056* | | 0,374 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité observée (F) | 2 | 3 | 2 | 1,5 | 2 | 0,67 | 3 | 1,5 | 3 | 0,67 | 1,5 | 0,6666 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,057* | | 0,257 ^{NS} | | 0,455 ^{NS} | | 0,021* | | 0,139 ^{NS} | | 0,095 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,050* | | 0,375 ^{NS} | | 0,124 ^{NS} | | 0,031* | | 0,261 ^{NS} | | 0,187 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité observée (N) | 2 | 5,83 | 2 | 4,67 | 2 | 1,67 | 5,83 | 4,67 | 5,83 | 1,67 | 1,5 | 0,666 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,035* | | 0,011* | | 0,021* | | 0,148 ^{NS} | | 0,026* | | 0,095 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,012* | | 0,012* | | 0,024* | | 0,220 ^{NS} | | 0,031* | | 0,186 ^{NS} | |
| 3^{ème} stade larvaire | TM | CHE1 | TM | CHE2 | TM | CHE3 | CHE 1 | CHE2 | CHE1 | CHE3 | CHE2 | CHE3 |
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité observée (AF) | 2 | 5,33 | 2 | 7,67 | 2 | 4,83 | 5,33 | 7,67 | 5,33 | 4,83 | 7,67 | 4,83 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,013* | | 0,027* | | 0,039* | | 0,557 ^{NS} | | 0,705 ^{NS} | | 0,078 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,018* | | 0,031* | | 0,061* | | 0,929 ^{NS} | | 1 ^{NS} | | 0,126 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité observée (F) | 2 | 4 | 2 | 1,17 | 2 | 2,83 | 4 | 1,17 | 4 | 2,83 | 1,17 | 2,83 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,011* | | 0,063* | | 0,053* | | 0,040* | | 0,019* | | 0,175 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,015* | | 0,071* | | 0,076 ^{NS} | | 0,062* | | 0,037* | | 0,251 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité observée (N) | 2 | 6,17 | 2 | 2,83 | 2 | 4,33 | 6,17 | 2,83 | 6,17 | 4,33 | 2,83 | 4,33 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,045* | | 0,068* | | 0,063* | | 0,042* | | 0,023* | | 0,076 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo (p) | 0,061* | | 0,061* | | 0,012* | | 0,062* | | 0,037* ^{NS} | | 0,124 ^{NS} | |

TM : Témoin, CHE1 : Culex huile essentielle 50%, CHE2 Culex huile essentielle 100% CHE3 culex huile essentielle 200%

AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison * : Significative à 5%, NS : Non significative

2. Estimation de la mortalité corrigée sur le troisième et le quatrième stade larvaire

Selon la **fig.11**, l'évolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *Culex pipiens* sous l'effet de la phyto-préparation d'huiles essentielles de *Cytisus sp.* Montre un effet biocide important sur le troisième et le quatrième stade larvaire de *Culex pipiens*. Le taux de mortalité corrigée le plus important est signalé pour la dose CHE1 (50%) suivie de la dose CHE2 (100%) puis de la dose 3 (200%),

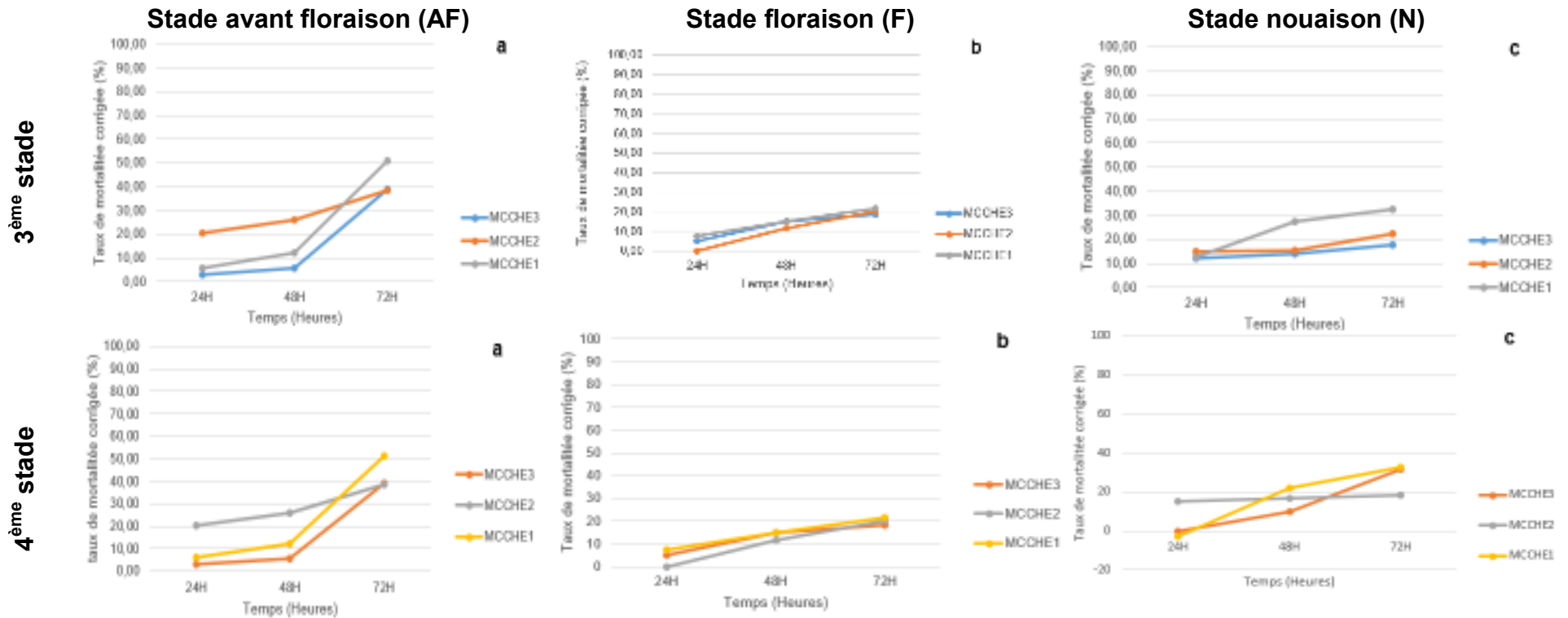
Dans la **figure (11.a)**, l'efficacité de la phyto-préparation apparait au bout de 48h pour les doses CHE2 et CHE1, avec un taux plus important par rapport à la dose CHE3. Cette efficacité se manifeste d'avantage au fur et à mesure que le temps d'exposition est plus important, pour atteindre les 50% de taux de mortalité après 72h avec la dose CHE1, au bout de ce temps, la dose CHE2 occasionne un taux de mortalité assez important, contrairement à la doses CHE3 qui occasionne la plus faible toxicité ceci dans le troisième stade larvaire. Concernant le quatrième stade larvaire, l'efficacité de la phytopréparation apparait au bout de 48h pour les doses CHE1 et CHE2 toujours plus important que la dose CHE3 avec des taux respectifs 50% et 42% au bout de 72H

Pour la **figure (11.b)**, l'application de la phytopréparations d'huile essentielle de *Cytisus sp.*, sur le troisième stade larvaire a occasionné un taux de mortalité pour les trois doses à partir de 48h, il est moins important pour CHE2 et CHE3, par contraste au CHE1, au bout de 72h, dont CHE1 et CHE2 ont enregistré similairement un taux de mortalité de 20% chez les deux stades larvaires testés.

Pour la **figure (11.c)**, l'application de la phytopréparations d'huile essentielle de *Cytisus sp.* Provoque un taux de mortalité pour les doses CHE1, CHE2 et CHE3 au bout de 48h, le taux de mortalité corrigée atteint 30% et 22% pour CHE1 et CHE2 au bout de 72h ceci pour le troisième stade larvaire quant au quatrième stade larvaire on enregistre que la phyto-préparation d'huile essentielle de *Cytisus sp* a atteints un taux de mortalité relativement faible de l'ordre de 18% et 22% au bout de 48H , alors que la CHE1 frôle le taux de 35% dès 72 h.

Les résultats du test de Wilcoxon et de Monte Carlo montrent que le taux de mortalité enregistré chez le quatrième stade larvaire ne présente aucune différence significative sous l'effet des trois doses d'huiles essentielles issues de trois stades phénologiques avant floraison (AF), floraison (F) et nouaison (N). Par ailleurs, les tests démontrent aussi que le taux de mortalité enregistré chez le troisième stade larvaire signale un effet biocide significatif pratiquement sous l'effets les trois stades phénologiques a savoir avant floraison, floraison et nouaison.

Figure 11 : Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *Culex pipiens* sous l'effet de la phytopréparation



D'huiles essentielles

MC-CHE1 : mortalité corrigée Culex huile essentielle (50%), MC-CHE2 : mortalité corrigée Culex huile essentielle (100%), MC-CHE3 : mortalité corrigée Culex huile essentielle (2)

Tableau 6 : évaluation de la mortalité corrigée sous l'effet des différentes doses d'huiles essentielles formulées de *Cytisus sp.* sur la du troisieme et quatrieme stade larvaire de *Culex pipiens*

| 4^{eme} stade larvaire | MC-CHE1 | MC-CHE2 | MC-CHE1 | MC-CHE3 | MC-CHE2 | MC-CHE3 |
|---------------------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 37,913 | 31,05 | 37,91 | 18,52 | 31,05 | 18,52 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,593 ^{NS} | | 0,108 ^{NS} | | 0,108 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,751 ^{NS} | | 0,250 ^{NS} | | 0,249 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 14 | 37,58 | 11 | 29,57 | 17,58 | 37,58 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,285 ^{NS} | | 0,084 | | 0,179 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,499 ^{NS} | | 0,109 ^{NS} | | 0,502 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 52,82 | 20,94 | 18 | 8,33 | 20,94 | 8,33 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,108 ^{NS} | | 0,108 ^{NS} | | 0,179 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,250 ^{NS} | | 0,249 ^{NS} | | 0,500 ^{NS} | |
| 3^{eme} stade larvaire | MC-CHE1 | MC-CHE2 | MC-CHE1 | MC-CHE3 | MC-CHE2 | MC-CHE3 |
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 4,83 | | 5,33 | 7,67 | 5,33 | |
| Test Wilcoxon (p) | 0,061* | | 0,557 ^{NS} | | 0,705 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0.032 | | 0,929 ^{NS} | | 1 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 2,83 | 5.68 | 4 | 1,17 | 4 | 5.69 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,376 ^{NS} | | 0,040* | | 0,019* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0.782 ^{NS} | | 0,062* | | 0,037* | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 4,33 | 3.98 | 6,17 | 2,83 | 6,17 | 6.71 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,012* | | 0,042* | | 0,023* | |
| Test Monte Carlo (p) | 0.049 | | 0,062* | | 0,037* | |

TM : Témoin, MC-CHE1 : mortalité corrigée culex huile essentielle (50%), CHE2 : mortalité corrigée culex huile essentielle (100%), CHE3 : mortalité corrigée culex huile essentielle (200%) AF : avant floraison F : floraison N : nouaison* : Significative à 5%, NS : Non significative

1.2.3. Etude comparée de la mortalité corrigée du troisième et du quatrième stade larvaire

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 *Cytisus sp* sur les populations larvaires (L3 et L4) de *Culex pipiens*.

Ce model nous a permet d'étudier l'effet individuel de chaque facteur sans l'intervention des interactions entre eux (Figure 13)

À partir des résultats obtenus, nous remarquons que le temps d'exposition n'affecte nullement le taux de mortalité des stades larvaire(L3 et L4) (Fig. 12.).

Par contre, les doses appliquées et les stades phénologiques qui étaient à l'origine des phytopréparations présentent une différence hautement significative en termes de mortalité enregistrée chez les stades larvaires de *Culex pipiens*.(Fig. 12)

Les résultats du test de Tukey reportés dans la figure III.3 montrent la présence de 2 groupes homogènes d'efficacité (a et b), dont le taux de mortalité le plus important est signalé simultanément sous les doses D1et D2 (groupe a), par conséquent le taux de mortalité le plus faible est signalé sous la dose D3 (groupe b), respectivement pour les deux stades larvaires (L3 et L4)

Aussi pour le facteur stades, le même test signale la présence d'une différence significative quant aux taux de mortalité signalés chez les stades larvaire (L3 etL4) et par conséquent classe les stades phénologiques en trois groupes homogènes. Le taux de mortalité le plus importante a été marqué dans le stade avant floraison (AF)(groupe a) suivi du stade nouaison (N) classé dans le groupe b et enfin le stade floraison (F) (groupe c) (Fig. 12)

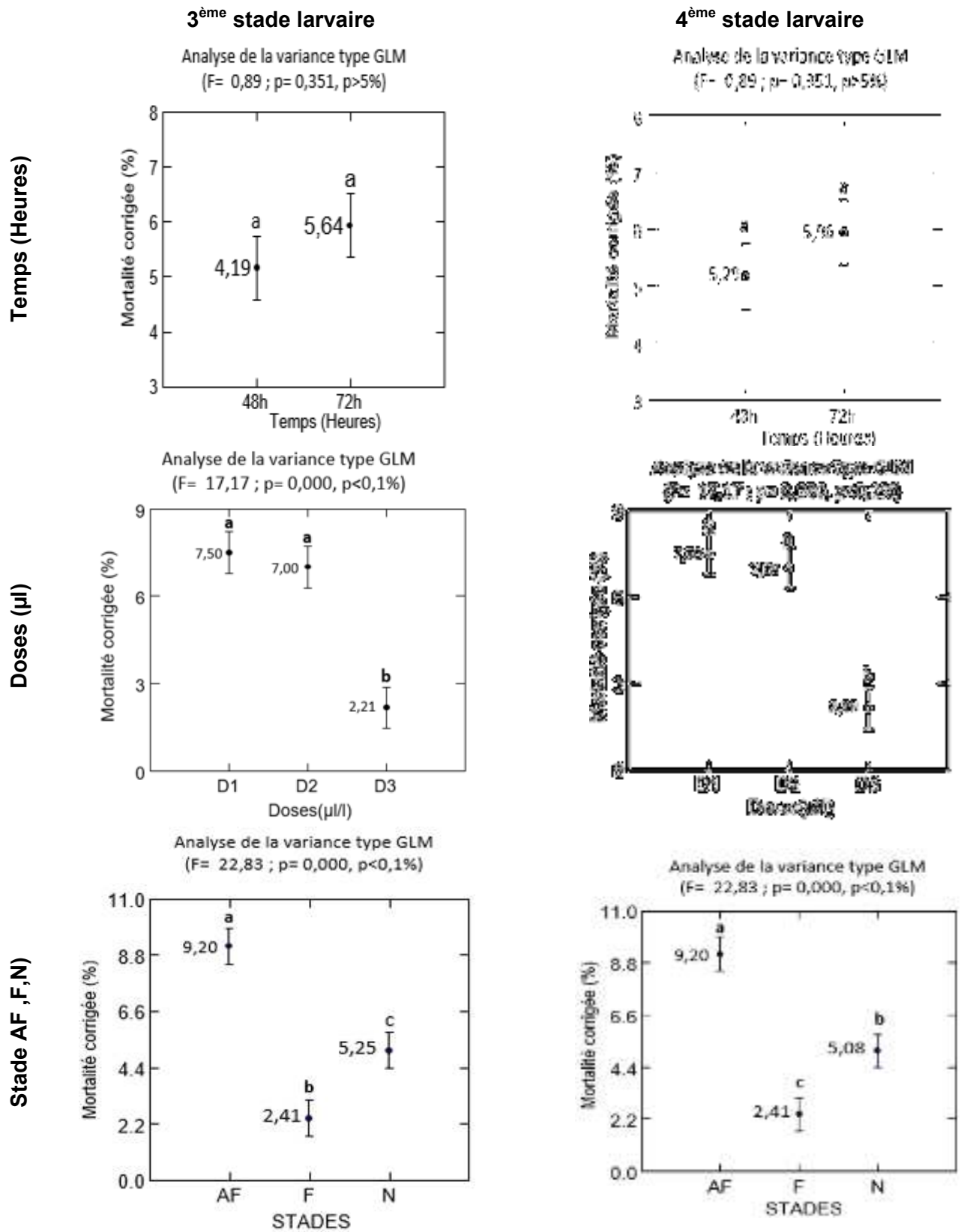


Figure 12. Effet comparé du taux de mortalité corrigée des larves L3 et L4 de *Culex pipiens* en fonction des stades phénologiques, du temps et des doses

2. D1 : dose 1(50%), D2 : dose2 (100%), D3 : doses 3 (200%), AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison a, b, c : Groupes homogènes du test Tukey

1.3 Estimation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Cytisus sp.* Sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

1.3.1. Estimation de la mortalité observée sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

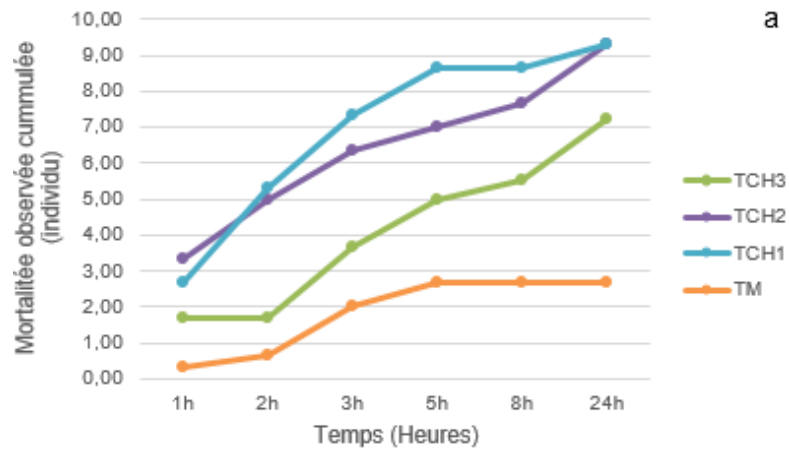
La figure (13), affiche l'efficacité des phytopréparations d'H.E de *Cytisus sp* sur les adultes de *T. castaneum*. Il apparaît qu'au bout de 1h d'exposition, les doses THE1, THE2 et THE3, conduisent à des mortalités plus importantes par comparaison au témoin. Aussi, la mortalité enregistre un croisement graduel en rapport avec le temps d'exposition aux différentes doses de phytopréparations issues des trois stades phénologiques de *Cytisus sp*. Cette efficacité s'accroît au fur et à mesure que la concentration du principe actif augmente dans les doses de tel sorte qu'une gradation positive s'établit dans le sens THE3 < THE2 < THE1. La gradation d'activité des phytopréparations se maintient chez les trois stades phénologiques exception faite pour le temps d'exposition. Sous l'effet de la phyto-préparation du stade avant floraison (AF) la mortalité s'accroît dès 2h d'exposition (Fig. 13a). Par contre, sous l'effet des phytopréparations du stade floraison (F) et nouaison (N) la mortalité est importante dès 3h d'exposition des individus adultes de *T. castaneum* (Fig. 13 b et c).

Les tests de comparaison par paire (Wilcoxon et Monte Carlo) confirment les différences existantes entre les mortalités observées sous l'effet des différentes doses des phyto-préparation avant floraison (AF), floraison (F) et nouaison (N) et le témoin ($p < 5\%$). La phyto-préparation issue du stade floraison (F) montre que les différentes doses exercent des taux de mortalité similaire ($p > 5\%$). Concernant, la phyto-préparation issue du stade avant floraison (AF) informe que les doses exercent une gradation significative en termes de mortalité ($p < 5\%$). En revanche, la phyto-préparation issue du stade nouaison (N) renseigne que la dose THE1 provoque des mortalités significativement différentes par rapport aux doses TH2 et THE3 ($p < 5\%$). Cependant, les mortalités enregistrées sous l'effet des doses THE2 et THE3 ne présente aucune différence ($p > 5\%$) (Tableau 7).

Tableau 7. : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de *Cytisus sp.* sur la mortalité des adultes de *T.castaneum*

| | TM | THE1 | TM | THE2 | TM | THE3 | THE1 | THE2 | THE1 | THE3 | THE2 | THE3 |
|---------------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|---------------------|------|---------------------|-------|---------------------|------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité observée (AF) | 1,72 | 4,44 | 1,72 | 5 | 1,72 | 4,61 | 4,44 | 5 | 4,44 | 4,613 | 4,61 | 5 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,168 ^{NS} | | 0,220 ^{NS} | | 0,715 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,031* | | 0,031* | | 0,031* | | 0,220 ^{NS} | | 0,311 ^{NS} | | 0,876 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité observée (F) | 1,83 | 7 | 1,83 | 6,44 | 1,83 | 4,12 | 7 | 4,12 | 7 | 4,12 | 6,44 | 4,12 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,026* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,031* | | 0,031* | | 0,031* | | 0,031* | | 0,031* | | 0,031* | |
| Moyenne Mortalité observée (N) | 2,94 | 7,05 | 2,94 | 5,77 | 2,94 | 5,72 | 7,05 | 5,77 | 7,05 | 5,73 | 5,77 | 5,72 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,026* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,752 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,031* | | 0,032* | | 0,030* | | 0,032* | | 0,031* | | 0,813 ^{NS} | |

ade avant floraison (AF)



TM : Témoin, THE1 : *T. Castaneum* huile essentielle (20%), THE2 : *T. Castaneum* huile essentielle (10%),THE3 : *T. Castaneum* huile essentielle (5%)
AF : avant floraison, F : floraison, N : nouaison* : Significative à 5%, NS : Non significative

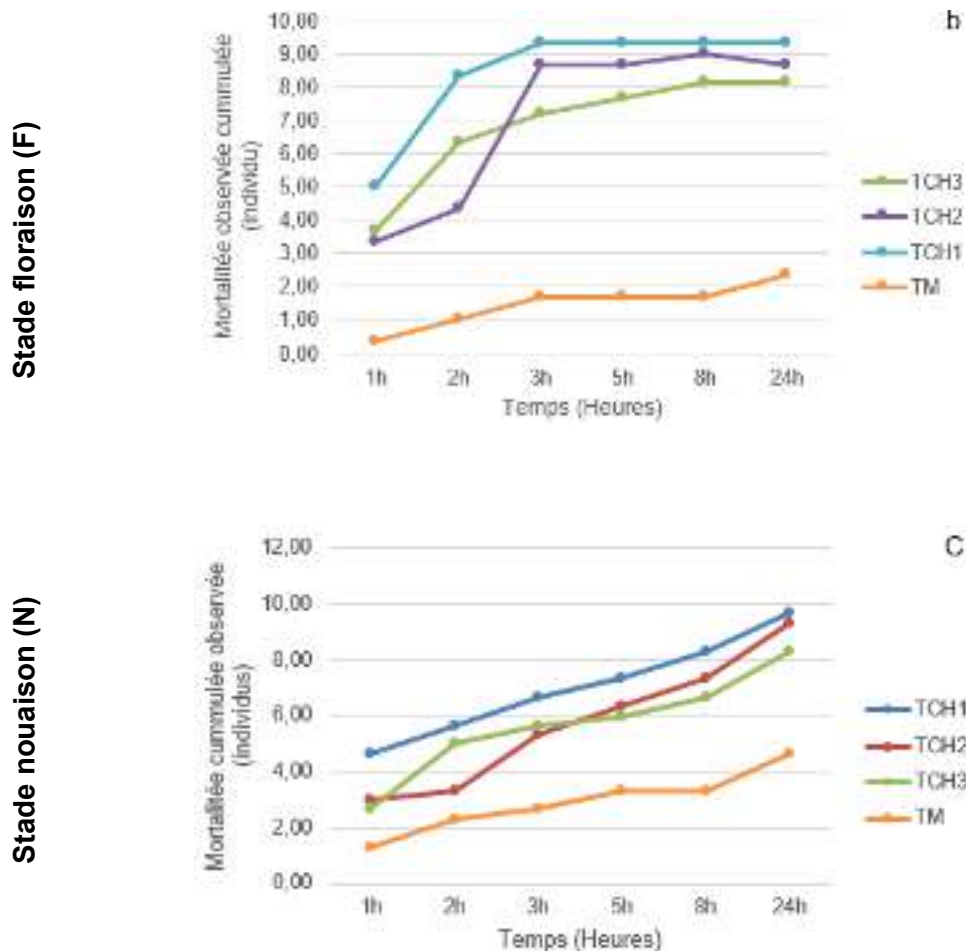


Figure 13: Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de *T. Castaneum* sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles de *Cytisus sp*

TM : Témoin, THE1 : *T. castaneum* huile essentielle (20%), THE2 : *T. castaneum* huile essentielle (10%), THE3 : *T. castaneum* huile essentielle (5%).

1.3.2. Estimation de la mortalité corrigée des individus adultes de *Tribolium castaneum*

Selon la **fig. 14**, l'évolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles de *Cytisus sp*. Les fluctuations temporelles renseignent que les biopesticides testés montrent un effet biocide sur l'adulte de *Tribolium castaneum* plus important sous la dose MC-THE1, suivie de la dose MC-THE2 puis de la dose MC-THE3. L'efficacité de la phytopréparations apparaît au bout de 1h pour les doses MC-THE2 et MC-THE3 **figure (14.a)**, avec un taux plus important pour la dose MC-CHE1. Cette efficacité s'accroît au fur et à mesure dans le temps, pour atteindre les 50% de taux de mortalité après 3h sous la dose MC-THE1, au bout de ce temps, la dose MC-CHE2 occasionne un taux de mortalité assez important, contrairement à la doses CHE3 qui occasionne la plus faible toxicité la fluctuation continue pour atteindre le taux de mortalité maximum de 70% pour les deux doses MC-THE1 et MC-THE2 suivi de la dose MC-THE3 avec un taux de mortalité de 60%. L'application de la

phytopréparations d'huile essentielle de *Cytisus sp*, sur les adultes de *Tribolium castaneum* a occasionné un taux de mortalité important pour la doses MC-CHE2 et MC-THE3, et cela à partir de 2h **figure (14.b)**, il est important pour MC-CHE2 et MC-THE3, et plus important pour MC-THE1, au bout de 24hh, on enregistre un taux de mortalité de 60% et 40% pour les doses MC-THE1 et MC-THE2. Pour la **figure (14.c)**, l'application de la phytopréparations d'huile essentielle de *Cytisus* s'provoque un taux de mortalité pour les doses MC-THE1, MC-THE2 et MC-THE3 au bout de 1h, le taux de mortalité corrigée atteint 52% et 42% pour MC-THE1 et MC-THE2 au bout de 24h.

Les tests de comparaison par paire confirment que la phyto-préparation issue du stade avant floraison (AF) montre que les différentes doses donnent des taux de mortalité comparable ($p > 5\%$). Les phytopréparations issues du stade floraison (F) et du stade nouaison (N) dévoilent que les doses exercent une progression positive significative en termes de mortalité ($p < 5\%$) (Tableau 8)

Tableau 8 : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'huiles essentielles formulées de *Cytisus sp* sur les populations adulte de *T. castaneum*

| | MC-THE1 | MC-THE2 | MC-THE1 | MC-THE3 | MC-THE2 | MC-THE3 |
|---------------------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 2,79 | 1,72 | 3,35 | 1,72 | 2,95 | 2,79 |
| Teste Wilcoxon (p) | 0,2489 ^{NS} | | 0,4164 ^{NS} | | 0,7150 ^{NS} | |
| Teste Monte Carlo(p) | 0,3085 ^{NS} | | 0,4992 ^{NS} | | 0,8747 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 1,02 | 1,45 | 2,40 | 1,45 | 5,11 | 1,02 |
| Teste Wilcoxon (p) | 0,046* | | 0,027* | | 0,027* | |
| Teste Monte Carlo(p) | 0,063* | | 0,031* | | 0,031* | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 4,24 | 2,94 | 3,15 | 2,94 | 2,90 | 4,24 |
| Teste Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,027* | | 0,046* | |
| Teste Monte Carlo(p) | 0,030* | | 0,032* | | 0,062* | |

TM : Témoin, MC-THE1: Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (20%), MC-THE2 : Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (10%), MC-THE3 : Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (5%)
 AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison * : Significative à 5%, NS : Non significative

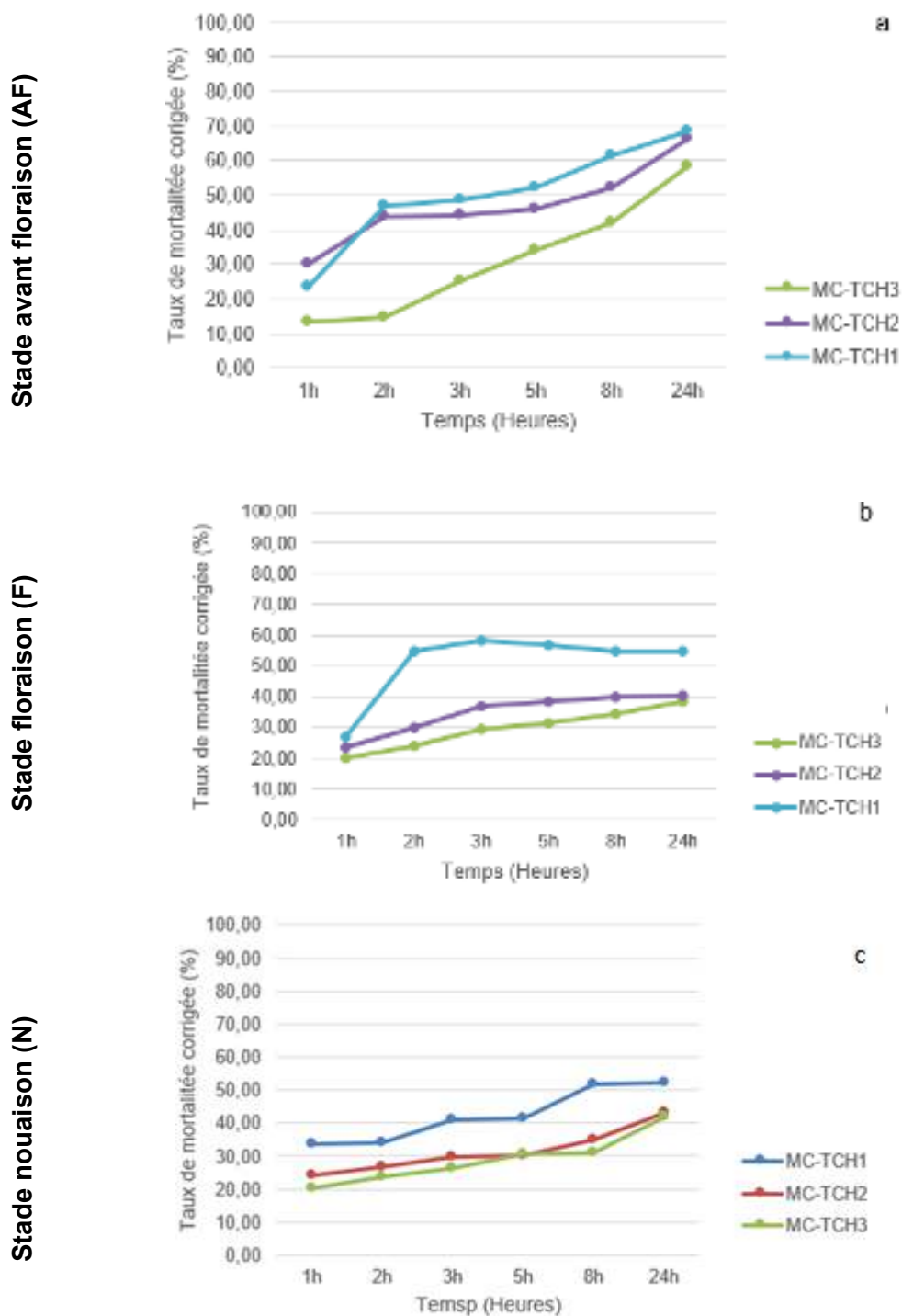


Figure. 14 :Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *T. Castaneum* sous l'effet de la phytopréparations d'huiles essentielles de *Cytisus sp*

MC-TCH1 : Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (20%), MC-TCH2 : Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (10%), MC-TCH3 : Mortalité corrigée *T. castaneum* huile essentielle (5%)

1.3.3. Etude comparée de la mortalité corrigée des individus adultes de *Tribolium castaneum*

Une analyse type G.L.M a été utilisée pour chaque facteur étudié. Les résultats graphiques sont consignés dans la figure (Figure 15)

À partir des résultats obtenus, nous remarquons que le temps d'exposition enregistre un effet très significatif sur le taux de mortalité corrigée des populations adulte de *T. castaneum* (F-ratio=8,63 p=0,000, p<0,1%).

Le test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey, désigne la présence de 5 groupes homogènes relatifs aux paliers temporels d'efficacité des phytopréparations de *Cytisus sp.* Par ignorance des groupes homogènes intermédiaires (ab et bc), nous mettons en évidence trois paliers temporels exhibant les taux de mortalité corrigée les plus plausibles, le premier palier est signalé à 1h d'exposition (T1) montrant le taux de mortalité le plus faible, affilié au groupe homogène (c). Le deuxième palier est remarquable après 3h d'exposition (T3) montrant une mortalité corrigée modérée, affilié au groupe homogène (b). Enfin, le troisième palier est visible dès 8h d'exposition (T5) qui peut s'étendre à 24h (T6). Cette tranche temporelle exprime le taux de mortalité corrigée le plus important, affiliée au groupe homogène (a).

Concernant, le facteur doses, l'analyse de la variance montre que la mortalité corrigée est significativement tributaire des doses des phytopréparations à base d'huile essentielle de *Cytisus sp.* (F-ratio =7,98 ; p =0,000, p<0,1%).

Le Test de Tukey désigne la présence de trois groupes homogènes relatifs aux taux de mortalité corrigée enregistrés chez les adultes de *T. castaneum*. Ainsi, la mortalité la plus faible est enregistrée sous l'effet de la dose D3, affiliée au groupe homogène (c), le groupe homogène (b) désigne la mortalité corrigée attribuée par la dose D2. Enfin, le groupe homogène (a) fait ressortir le taux de mortalité le plus important correspondant à l'effet de la dose D1.

A propos, du facteur stades phénologiques de *Cytisus sp.* L'analyse de la variance estime que les phytopréparations issues des stades phénologiques notamment le stade avant floraison (AF), le stade floraison (F) et le stade nouaison (N) exercent un effet significatif sur la mortalité corrigée (F-ratio =18,21 ; p=0,000, p<0,1%).

Les résultats du test de Tukey reportés dans la figure 15 montrent la présence de 2 groupes homogènes d'efficacité (a et b), dont la mortalité corrigée la plus marquée est allouée au stade nouaison (N) formant ainsi le groupe homogène (a), par conséquent le groupe homogène (b) renferme simultanément les stades phénologiques avant floraison (AF) et floraison (F) dont la mortalité corrigée est modérément moins importante.

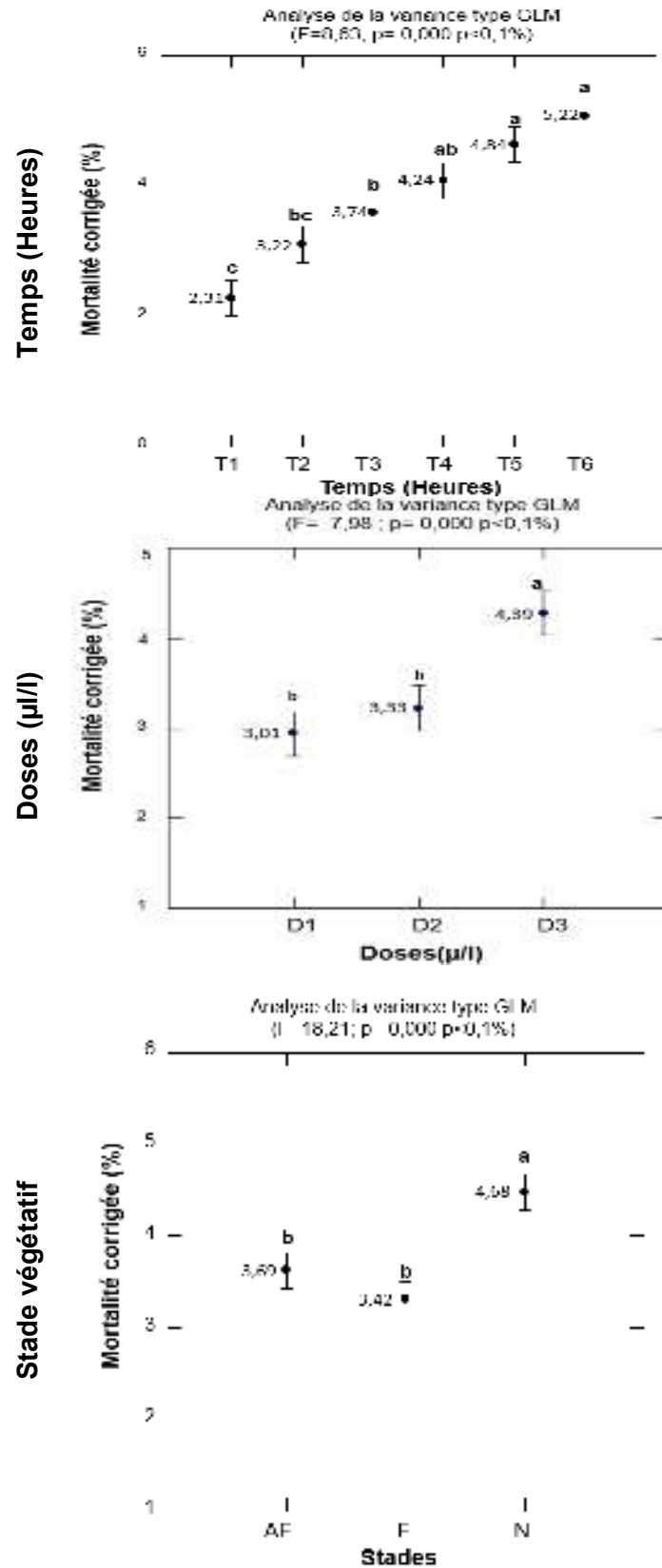


Figure 15: Effet comparé du taux de mortalité corrigée des populations adulte de *Tribolium castaneum* en fonction des stades phénologiques, du temps et des doses

D1 : dose1 (20%), D2 : dose 2(10%) D3 : dose 3 (5%) AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison
a, b, c : Groupes homogènes du test Tukey

L'analyse ANOVA nous a dressé les profils temporels des mortalités corrigées selon les stades phénologiques du principe actif. L'effet du stade est significativement différent (Fig. 16). Il stipule que le stade nouaison est le plus toxique car il annonce des taux de mortalité très important dès 1h d'exposition (T1).

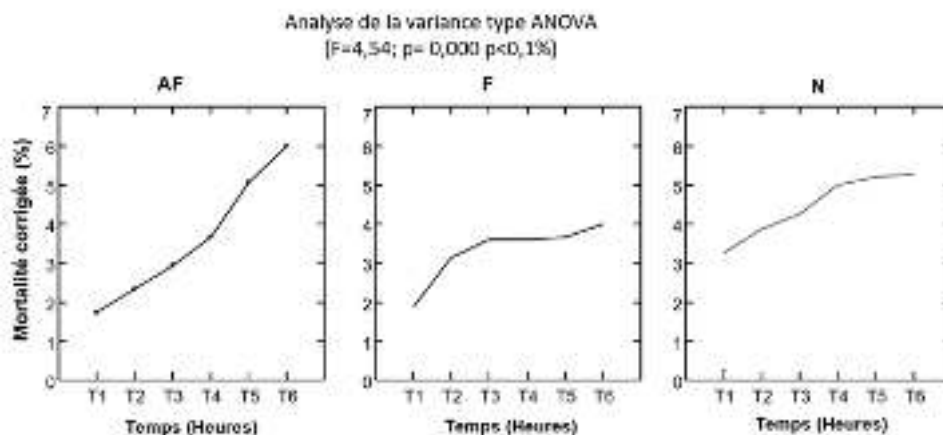


Figure 16. : Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de *Cytisus sp.* à l' égard des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps

AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison

Le même test est effectué pour dresser les profils des mortalités corrigées selon les doses du principe actif (HE). L'effet des concentrations du principe actif dans les phytopréparations est significativement différent (Fig. 17). Il stipule que les fortes doses D1 du stade Floraison et D1, D2 et D3 du stade nouaison enregistrent les mortalités les plus importantes.

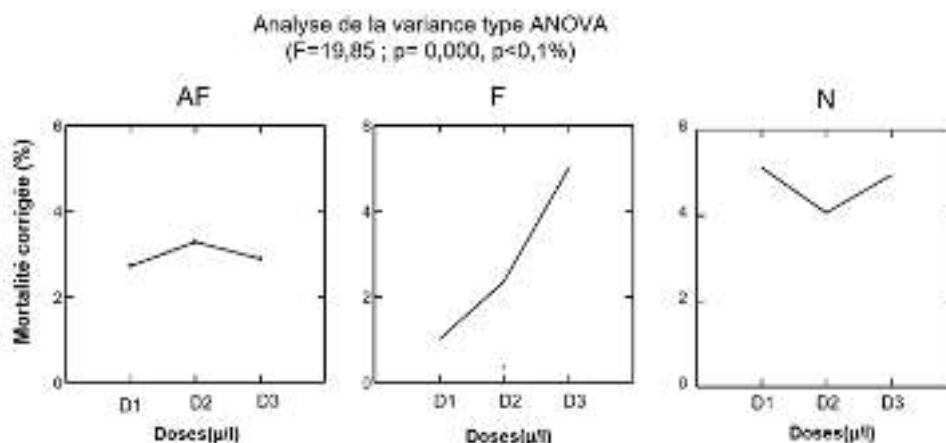


Figure 17 : Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de *Cytisus sp.* à l' egard des adultes de *Tribolium casaneum* en fonction des doses

D1 : dose 1(20%), D2 : dose 2 (10%) D3 : dose 3 (5%)

2. Evaluation de l'activité insecticide des extraits aqueux de *Cytisus sp.*

2.1. Caractérisation des extraits aqueux

D'après le tableau 9 on constate que le principe actif majoritaire dans l'extrait aqueux de *Cytisus sp* est représenté par les protéines totales (PT) pour les trois stades phénologiques à savoir avant floraison (AF) floraison (F) et nouaison (N) avec des taux respectifs 610,08 mg/g, 580,92 mg/g et 600,43mg/g ceci d'une part, d'autre part on constate la présence d'autres principes actifs dont leur disponibilité est minime en l'occurrence les flavonoïdes (FLV) et les sucres totaux (SCR).

Tableau 9 :Caractérisation de l'extrait aqueux de *Cytisus sp* issus des stades phénologiques

| Principes actifs | Quantité (mg/g) | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| | Stade avant floraison (AF) | Stade floraison (F) | Stade nouaison (N) |
| Protéines totales (PT) | 610,08 | 580,92 | 600,43 |
| Flavonoïdes (FLV) | 40,21 | 48,23 | 39,80 |
| Sucres totaux (SCR) | 38,50 | 40,12 | 36,00 |

2.2 Estimation de l'activité insecticide des extraits aqueux de *Cytisus sp*. Sur le troisième stade larvaire de *Culex pipiens*

2.2.1. Estimation de la mortalité observée du troisième stade larvaire

La figure 18, met en évidence l'évolution temporelle de la mortalité cumulée et observée chez le troisième stade larvaire de *Culex pipiens* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp*. D'après la fluctuation temporelle des mortalités, il en ressort que l'ensemble des phytopréparations induisent des mortalités importantes par comparaison au témoin. L'effet biocide le plus important est enregistré sous la dose CEA1 (20%) suivie de la dose CEA2 (10%) puis de la dose CEA3 (5%). Concernant la phyto-préparation du stade avant floraison, son effet biocide ne s'affirme qu'à partir de 72h d'exposition **figure 18.a**. Cependant, les phytopréparations des stades floraison et nouaison, affichent leur effet biocide dès 24h d'exposition **figure 18.b et c**. L'analyse par paire montre clairement les différences significatives existantes entre les mortalités des traités et du témoin. La même analyse montre la capacité biocide de la dose CEA1 (20%) chez les trois stades phénologiques, avec une activité plus importante pour les doses CEA1 (20%) et CEA2 (10%) pour le stade floraison (Tableau 10)

Tableau 10 :Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de *Cytisus sp* sur le troisième stade larvaire de *Culex pipiens*

| Larve troisième stade | TM | CEA 1 | TM | CEA 2 | TM | CEA 3 | CEA 2 | CEA 1 | CEA 3 | CEA 1 | CEA 3 | CEA 2 |
|---------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 14,5 | 2 | 14,3 | 2 | 13,1 | 14,3 | 14,5 | 2 | 14,3 | 2 | 13,1 | 2,79 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,026* | | 0,027* | | 0,831 ^{NS} | | 0,340 ^{NS} | | 0,596 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,030* | | 0,031* | | 0,031* | | 0,969 ^{NS} | | 0,436 ^{NS} | | 0,684 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 12,0 | 2,00 | 8,33 | 2,00 | 11,0 | 8,33 | 12,0 | 2,00 | 8,33 | 2,00 | 11,0 | 1,02 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,027* | | 0,074* | | 0,345 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,031* | | 0,031* | | 0,030* | | 0,031* | | 0,125 ^{NS} | | 0,435 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 9,83 | 2,00 | 8,83 | 2,00 | 7,50 | 8,83 | 9,83 | 2,00 | 8,83 | 2,00 | 7,50 | 4,24 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,047* | | 0,027* | | 0,041* | | 0,195 ^{NS} | | 0,042* | | 0,498 ^{NS} | |

CEA1 : *Culex* extrait aqueux, CEA2 : *Culex* extrait aqueux, CEA3 : *Culex* extrait aqueux
 AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison * : Significative à 5%, NS : Non significative

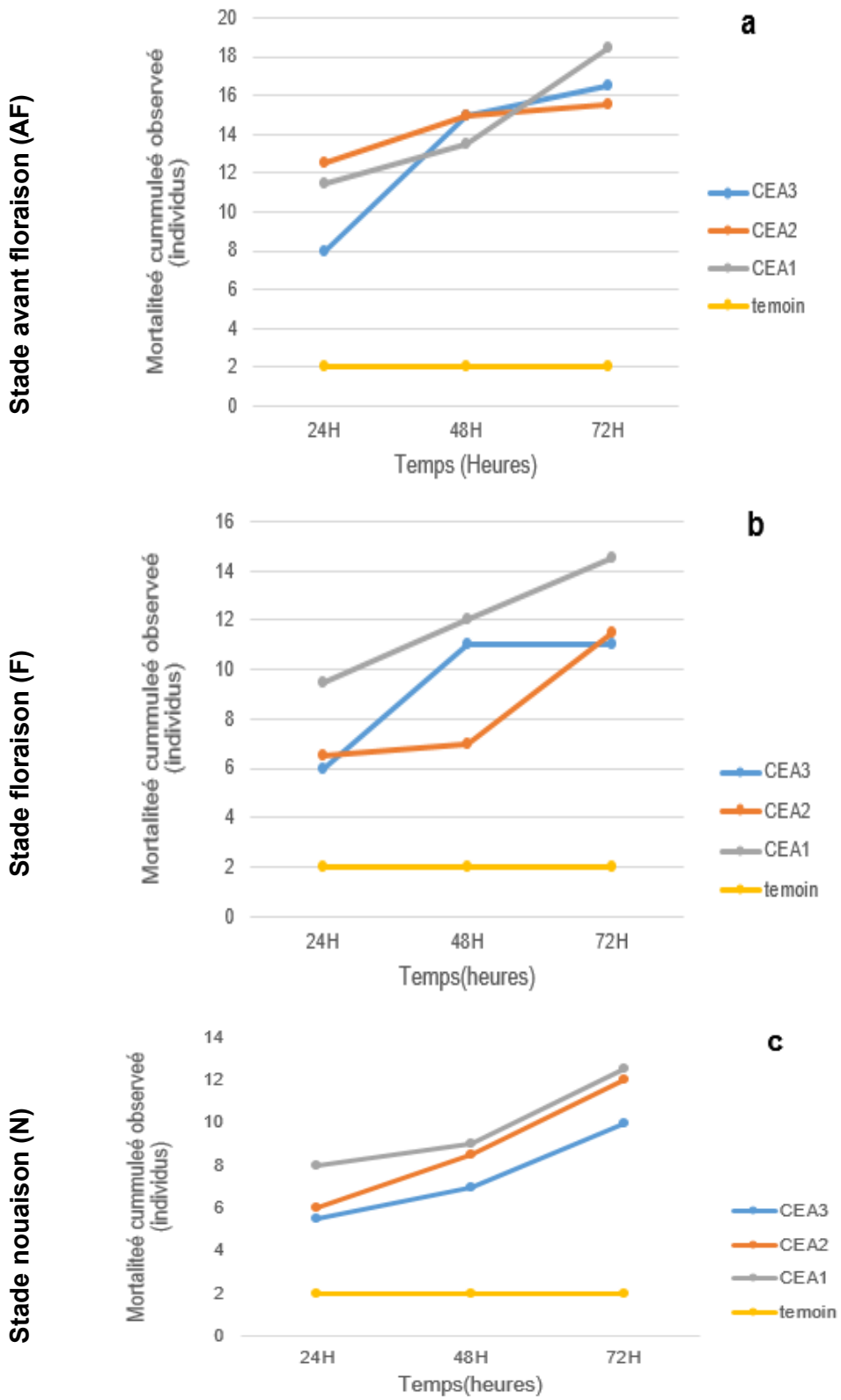


Figure 18: Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de *Culex pipiens* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp*

CEA1 : *Culex* extrait aqueux (20%), CEA2 : *Culex* extrait aqueux (10%), CEA3 : *Culex* extrait aqueux (5%),

2.2.2. Estimation de la mortalité corrigée du troisième stade larvaire

L'évolution temporelle des mortalités corrigées enregistrées chez le troisième stade larvaire de *Culex pipiens* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp*. Sont relatées dans la figure 19. Selon les profils temporels des mortalités corrigées, nous signalons que les différentes concentrations MC-CEA1, MC-CEA2 et MC-CEA3 des phytopréparations issues des trois stades phénologiques induisent des mortalités importantes dès 24h d'exposition du modèle biologique et s'accroissent vers les 72h d'exposition (**figure 19. a, b et c**).

L'analyse par paire (Test Wilcoxon & Test Monte Carlo) montre clairement l'absence de différences significatives entre les mortalités des traités aux différentes doses du stade avant floraison. En revanche, la même analyse montre la capacité biocide de la dose MC-CEA1 chez les stades phénologiques floraison et nouaison (Tableau 11)

Tableau 11. : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de *Cytisus sp* sur le troisième stade larvaire de *Culex pipiens*

| Larve troisième stade | MC-CEA2 | MC-CEA1 | MC-CEA3 | MC-CEA1 | MC-CEA3 | MC6CEA2 |
|---------------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 5,33 | 7,67 | 5,33 | 4,83 | 7,67 | 4,83 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,557 ^{NS} | | 0,705 ^{NS} | | 0,078 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,929 ^{NS} | | 1,000 ^{NS} | | 0,126 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 4,00 | 1,17 | 4,00 | 2,83 | 1,17 | 2,83 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,040* | | 0,019* | | 0,175 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,062* | | 0,037* | | 0,251 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 6,17 | 2,83 | 6,17 | 4,33 | 2,83 | 4,33 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,042* | | 0,023* | | 0,076 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,062* | | 0,037* | | 0,124 ^{NS} | |

MC-CEA1 : Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (20%), MC-CEA2 : Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (10%), MC-CEA3 Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (5%)

AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison

* : Significative à 5%, NS : Non significative

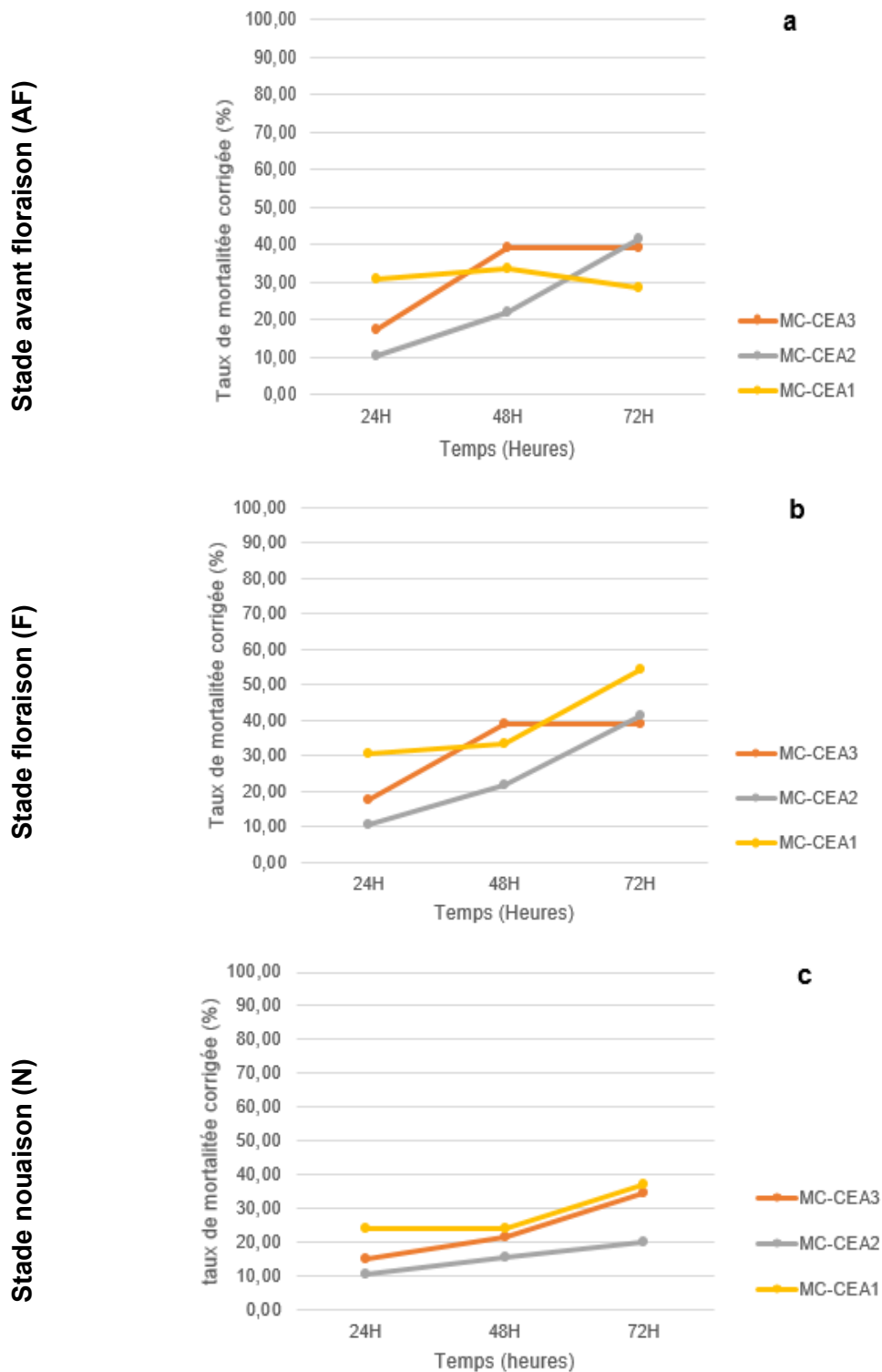


Figure 19. :Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *Culex pipiens* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp*
 MC-CEA1 : Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (20%), MC-CEA2 : Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (10%), MC-CEA3 Mortalité corrigée *Culex* extrait aqueux (5%)

2.2.3. Etude comparée de la mortalité corrigée du troisième stade larvaire

Les résultats graphiques de l'analyse de la variance type GLM relatifs aux facteurs étudiés sont consignés dans la figure (Figure 20). Ils montrent que le temps d'exposition enregistre un effet très significatif sur le taux de mortalité corrigée du troisième stade larvaire de *Culex pipiens* (F-ratio=29,23 p=0,000, p<0,1%). Le test Post-Hoc de Tukey, désigne la présence de 3 groupes homogènes relatifs aux paliers temporels d'efficacité des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Cytisus sp.* Le premier palier est signalé à 24h d'exposition dévoilant le taux de mortalité le plus faible, affilié au groupe homogène (c). Le deuxième palier est remarquable après 48h d'exposition dévoilant une mortalité corrigée modérée, affilié au groupe homogène (b). Enfin, le troisième palier plus important en termes de mortalité est visible dès 72h d'exposition, affiliée au groupe homogène (a) (Figure 20a).

La mortalité corrigée est significativement différente sous l'effet du facteur doses des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp.* (F-ratio =10,296; p =0,000, p<0,1%). Le Test de Tukey désigne la présence de deux groupes homogènes relatifs aux taux de mortalité corrigée enregistrés. Ainsi, la mortalité la plus faible est enregistrée sous l'effet des doses D2 et D3, affiliée au groupe homogène (b). Enfin, le groupe homogène (a) fait ressortir le taux de mortalité le plus important correspondant à l'effet de la dose D1 (Figure 20 b).

L'analyse de la variance des mortalités corrigées relatives au facteur stades phénologiques de *Cytisus sp.* Signale la présence d'une différence entre les effets des phytopréparations (F-ratio =37,612; p=0,000, p<0,1%). Les résultats du test de Tukey reportés dans la figure 20c montrent la présence de 2 groupes homogènes d'efficacité (a et b), dont la mortalité corrigée la plus marquée est allouée aux stades d'avant floraison (AF) et de floraison (F) formant ainsi le groupe homogène (a), par conséquent le groupe homogène (b) renferme le stade phénologique nouaison (N) dont la mortalité corrigée est moins importante.

L'analyse ANOVA nous a dressé les profils temporels des mortalités corrigées selon les stades phénologiques de *Cytisus sp.* L'effet du stade est significativement différent (Fig. 21). Il stipule que le stade avant floraison est le plus toxique car il annonce des taux de mortalité très importants dès 24h d'exposition. De plus, il est visible que plus le temps d'exposition est important plus la mortalité corrigée est importante 72h.

Le même test est effectué pour dresser les profils des mortalités corrigées selon les doses du principe actif (extrait aqueux). L'effet des concentrations du principe actif

dans les phytopréparations est significativement différent (Fig. 22). Il stipule que les trois doses du stade avant floraison enregistrent les mortalités les plus importantes.

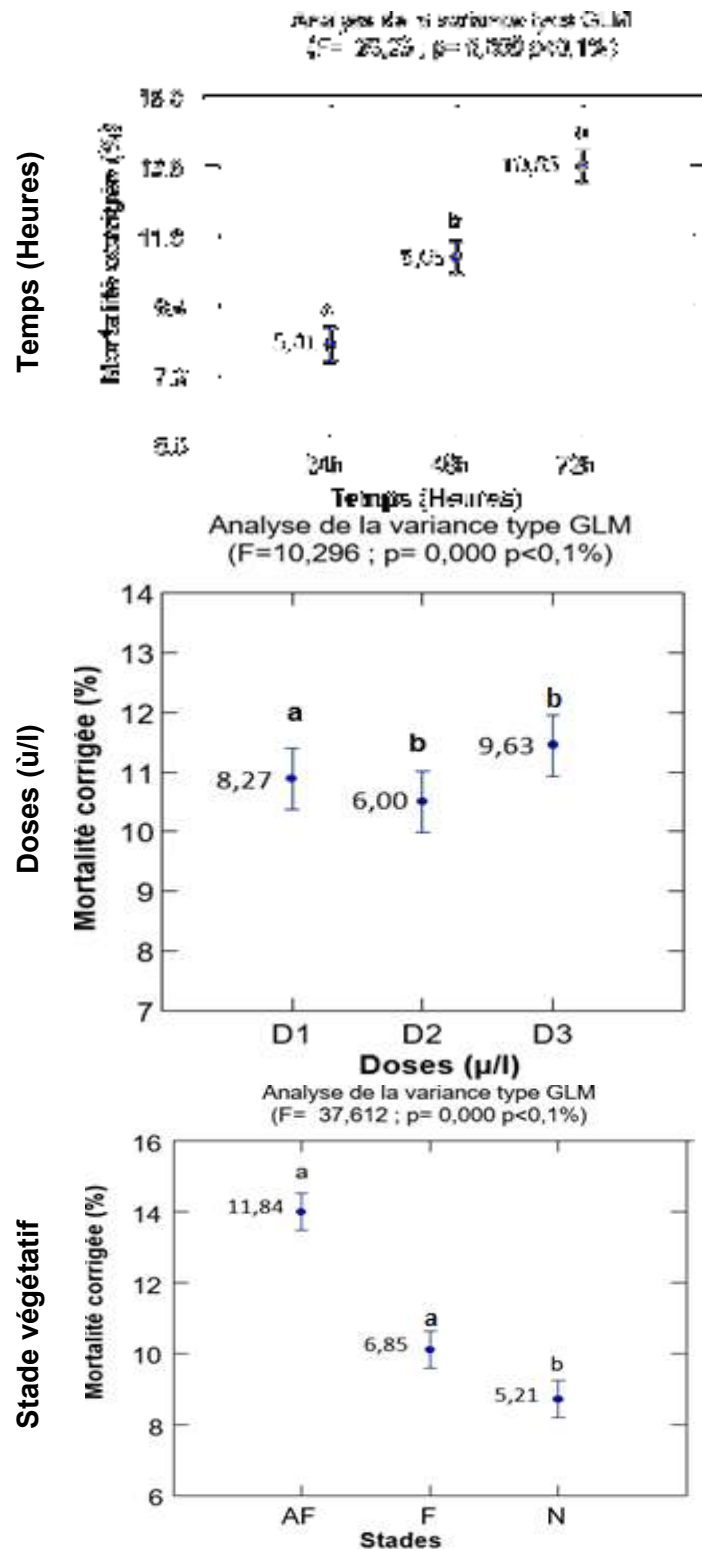


Figure 20. :Effet comparé du taux de mortalité corrigée du troisième stade larvaire de *Culex pipiens* en fonction du temps, doses et des stades

D1 : 20%, D2 : 10%, D3 : 5%, AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison
 a, b, c : Groupes homogènes du test Tukey

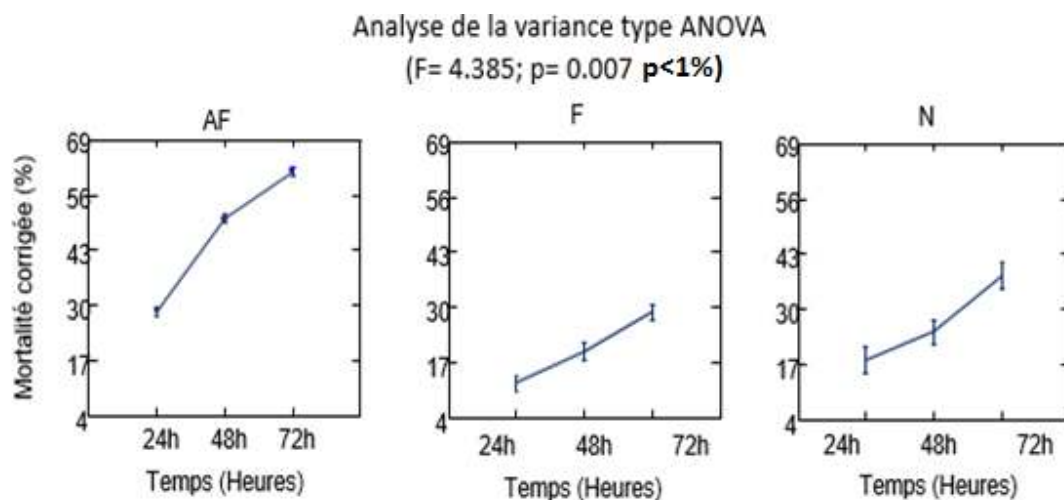


Figure 21. : Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de *Cytisus sp.* à l' égard du troisième stade larvaire de *Culex pipiens* en fonction du temps
 AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison

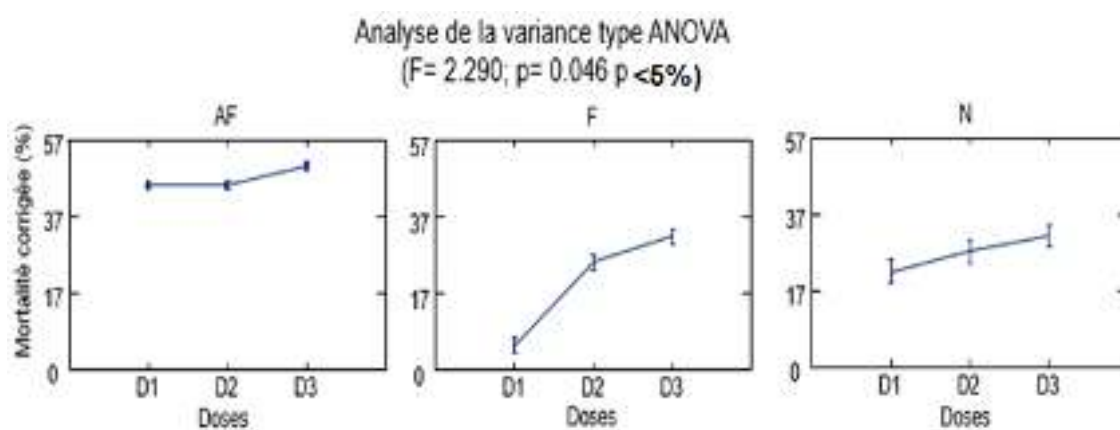


Figure 22. : Effet comparé du taux de mortalité corrigée de trois stades phénologiques de *Cytisus sp.* à l' égard du troisième stade larvaire de *Culex pipiens* en fonction des doses

D1 : dose 1(20%), D2 : dose 2 (10%) D3 : dose 3 (5%)

2.3 . Estimation de l'activité insecticide des extraits aqueux de *Cytisus sp.* Par contact direct sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

2.3.1. Estimation de la mortalité observée sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

La figure 23, affiche l'évolution temporelle de la mortalité observée chez les populations adultes de *Tribolium castaneum* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp.* Les résultats montrent que toutes les phytopréparations provoquent des mortalités importantes par comparaison au témoin. L'effet biocide le plus important est enregistré graduellement par rapport aux concentrations du principe actif TEA3 (5%) < TEA2 (10%) < TCEA1 (20%). Concernant l'effet biocide, il s'affirme des 1h d'exposition pour l'ensemble des phytopréparations aux différents stades phénologiques (figure 23.a, b et c).

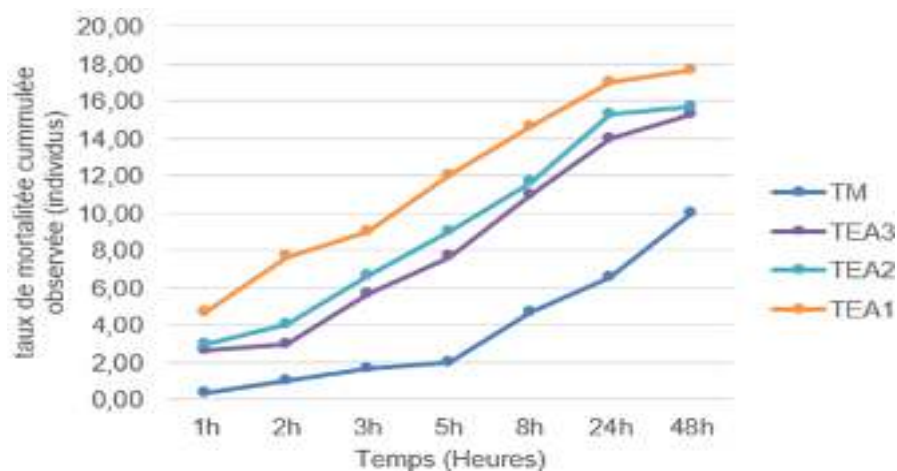
L'analyse par paire montre distinctement les différences significatives existantes entre les mortalités des traités et du témoin. La même analyse montre la capacité biocide des différentes doses chez les trois stades phénologiques, avec une activité plus importante pour les doses TEA1 (20%) et TEA2 (10%) pour le stade nouaison (Tableau 12)

Tableau 12 :Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de *Cytisus sp* sur les adultes de *T.Castaneum*

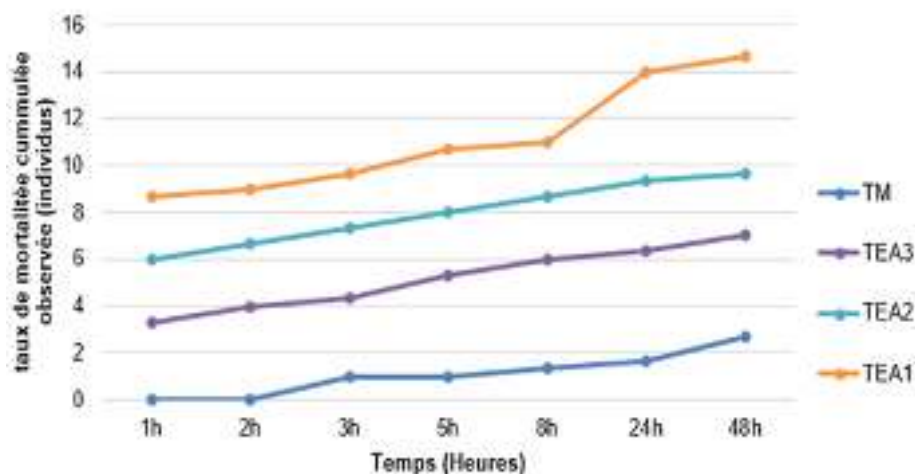
| | TM | TEA 1 | TM | TEA 2 | TM | TEA 3 | TEA 2 | TEA 1 | TEA 3 | TEA 1 | TEA 3 | TEA 2 |
|---------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 3,7 4 | 11,8 1 | 3,7 4 | 9,33 | 3,7 4 | 8,48 | 11,8 1 | 9,33 | 8,48 | 11,8 1 | 8,48 | 9,33 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,0178* | | 0,0178* | | 0,0180* | | 0,0176* | | 0,0180* | | 0,0176* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,0157* | | 0,0159* | | 0,0157* | | 0,0159* | | 0,0157* | | 0,0157* | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 1,1 0 | 11,1 1 | 1,1 0 | 7,95 | 1,1 0 | 5,18 | 7,95 | 11,1 1 | 5,18 | 11,1 1 | 5,18 | 7,94 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,0176* | | 0,0178* | | 0,0176* | | 0,0178* | | 0,0174* | | 0,0257* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,0155* | | 0,0150* | | 0,0160* | | 0,0164* | | 0,0155* | | 0,0321* | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 0,9 5 | 16,6 7 | 0,9 5 | 14,8 5 | 0,9 5 | 10,0 8 | 14,8 6 | 16,6 7 | 10,0 8 | 16,6 7 | 10,0 9 | 14,8 5 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,0180* | | 0,0180* | | 0,0179* | | 0,0171* | | 0,0177* | | 0,0179* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,0154* | | 0,0158* | | 0,0149* | | 0,0159* | | 0,0149* | | 0,0163* | |

TEA1 : *T. Castaneum* extrait aqueux (20%), TEA2 : *T. Castaneum* extrait aqueux (10%),
 TA3 : *T. Castaneum* extrait aqueux (5%), AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison* : Significative à 5%, NS : Non significative

Stade avant floraison (AF)



Stade floraison (F)



Stade nouaison (N)

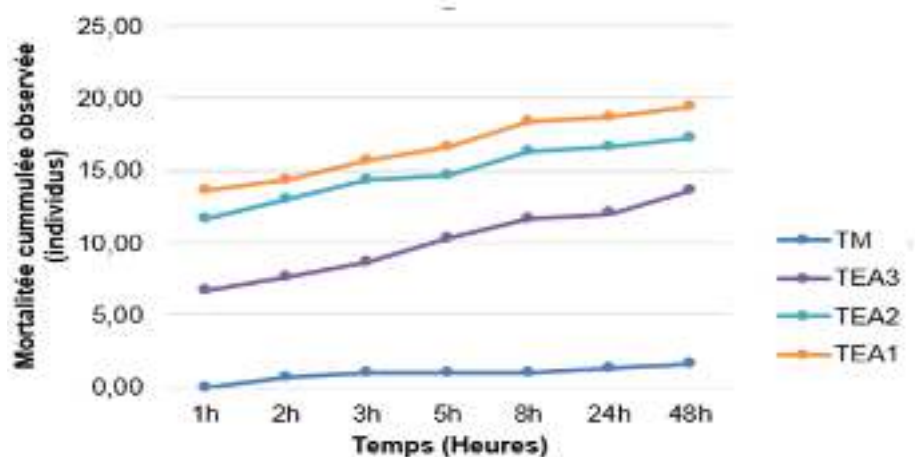


Figure 23. : Evolution temporelle du taux de mortalité cumulée observée de *T. castaneum* sous l'effet de la phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp* par contact direct

TEA1 : *T. castaneum* extrait aqueux (20%), TEA2 : *T. castaneum* extrait aqueux (10%),
TA3 : *T. castaneum* extrait aqueux (5%),

2.3.2. Estimation de la mortalité corrigée sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*

L'évolution temporelle des mortalités corrigées enregistrées chez les individus adultes de *Tribolium castaneum* sous l'effet des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp.* Sont relatées dans la figure 24. Selon les profils temporels des mortalités corrigées, nous signalons que les différentes concentrations MC-TCEA1, MC-TEA2 et MC-TEA3 des phytopréparations issues des trois stades phénologiques induisent des mortalités importantes dès 2h d'exposition aux phytopréparations du stade avant floraison (AF) (Fig. 25a), dès 24h d'exposition aux phytopréparations du stade floraison (F) (Fig. 25b), et dès 1h d'exposition aux phytopréparations du stade nouaison (N) (Fig. 25C).

Les Tests de Wilcoxon et de Monte Carlo montrent clairement l'absence de différences significatives entre les mortalités des traités aux différentes doses du stade avant floraison. En revanche, la même analyse montre la capacité biocide de la dose MC-TEA1 chez les stades phénologiques floraison et nouaison (tableau 13)

Tableau 13. : Evaluation de la toxicité de différentes doses d'extrait aqueux de *Cytisus sp* sur les populations adulte de *T. Castaneum*

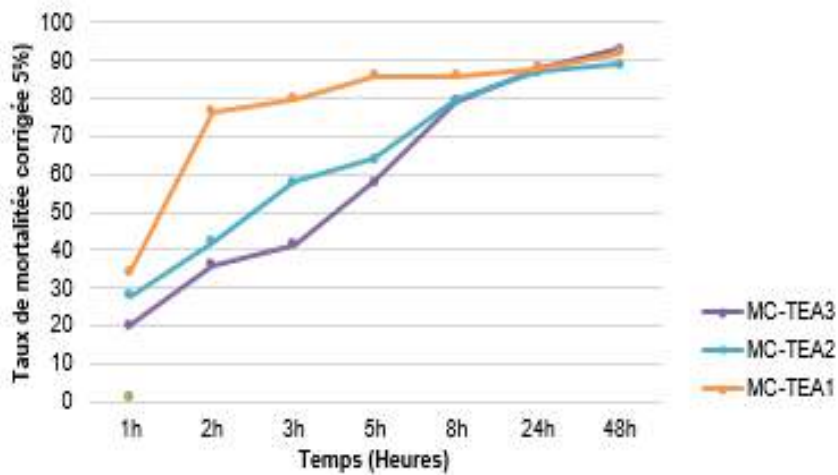
| | MC-TEA2 | MC-TEA1 | MC-TEA3 | MC-TEA1 | MC-TEA3 | MC-TEA2 |
|---------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|
| Nbr observation | 6 | | 6 | | 6 | |
| Moyenne Mortalité corrigée (AF) | 63,92 | 77,513 | 59,42 | 77,51 | 59,423 | 63,92 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,017* | | 0,046* | | 0,127* | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,015* | | 0,061* | | 0,137* | |
| Moyenne Mortalité corrigée (F) | 9,28 | 64,2 | 39,35 | 64,2 | 28,23 | 47,26 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,734 ^{NS} | | 0,019* | | 0,258 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,812 ^{NS} | | 0,024* | | 0,314 ^{NS} | |
| Moyenne Mortalité corrigée (N) | 32,65 | 25,69 | 22,36 | 5,69 | 20,25 | 8,53 |
| Test Wilcoxon (p) | 0,014* | | 0,015* | | 0,324 ^{NS} | |
| Test Monte Carlo(p) | 0,258 ^{NS} | | 0,105* | | 0,457 ^{NS} | |

MC-TEA1 : mortalité corrigée *T. castaneum* extrait aqueux (20%), MC-TEA2 : mortalité corrigée *T. castaneum* extrait aqueux (10%), MC-TEA3 : mortalité corrigée *T. castaneum* extrait aqueux (5%)

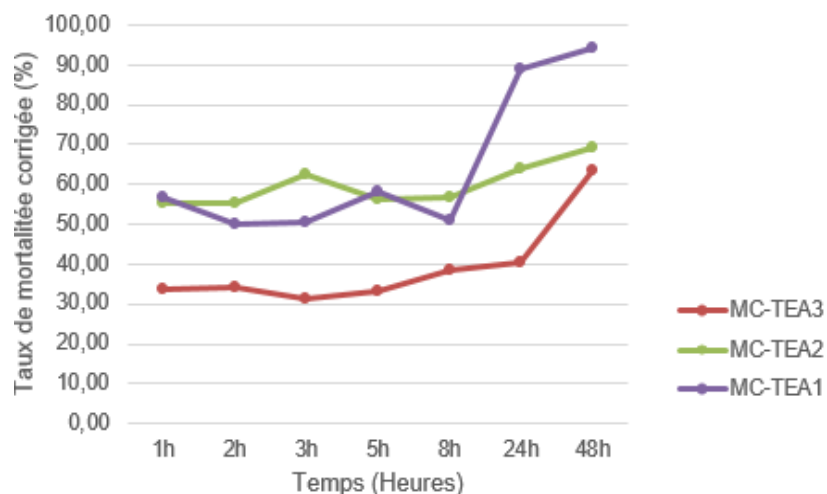
AF : avant floraison F : floraison, N : nouaison

* : Significative à 5%, NS : Non significative

Stade avant floraison (AF)



Stade floraison (F)



Stade nouaison (N)

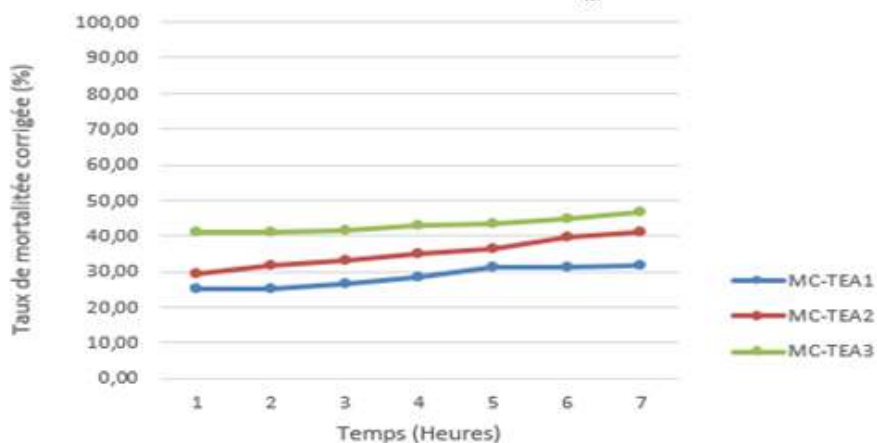


Figure 24. : Evolution temporelle du taux de mortalité corrigée de *T. castaneum* sous l'effet de la phytoprotéction à base d'extraits aqueux de *Cytisus sp* par contact

direct

TEA1 : *T. castaneum* extrait aqueux (20%), TEA2 : *T. castaneum* extrait aqueux (10%),
 TA3 : *T. castaneum* extrait aqueux (5%),

2.3.3. Etude comparée de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* sous l'effet des phytopréparations d'extrait aqueux de *Cytisus sp*

Les résultats graphiques de l'analyse de la variance type GLM relatifs aux facteurs étudiés sont consignés dans la figure (Figure 25). Les résultats du modèle GLM appliqué au facteur temps d'exposition enregistre un effet très significatif sur le taux de mortalité corrigée des individus adulte de *T. castaneum* (F-ratio=4,53 p=0,000, p<0,1%). Le test Post-Hoc de Tukey, désigne la présence de 5 groupes homogènes relatifs aux paliers temporels d'efficacité des phytopréparations à base d'extraits aqueux de *Cytisus sp*. Le palier exprimant la mortalité corrigée la plus importante est signalé dès 24h d'exposition et s'étale jusqu'à 48 h, affilié au groupe homogène (a) (Figure 25a).

La mortalité corrigée est significativement différente sous l'effet du facteur doses des phytopréparations à base d'extrait aqueux de *Cytisus sp*. (F-ratio =4,53 ; p =0,000, p<0,1%). Le Test de Tukey désigne la présence de deux groupes homogènes relatifs aux taux de mortalité corrigée enregistrés. Ainsi, la mortalité la plus faible est enregistrée sous l'effet de la dose D3, affiliée au groupe homogène (b). Enfin, le groupe homogène (a) fait ressortir le taux de mortalité le plus important correspondant à l'effet des doses D1 et D2 (Figure 25b).

L'analyse de la variance des mortalités corrigées relatives au facteur stades phénologiques de *Cytisus sp*. Signale la présence d'une différence entre les effets des phytopréparations (F-ratio =20,93 ; p=0,000, p<0,1%). Les résultats du test de Tukey reportés dans la figure 26c montrent la présence de 2 groupes homogènes d'efficacité (a et b), dont la mortalité corrigée la plus marquée est allouée aux stades d'avant floraison (AF) et de floraison (F) formant ainsi le groupe homogène (a), par conséquent le groupe homogène (b) renferme le stade phénologiques nouaison (N) dont la mortalité corrigée est moins importante.

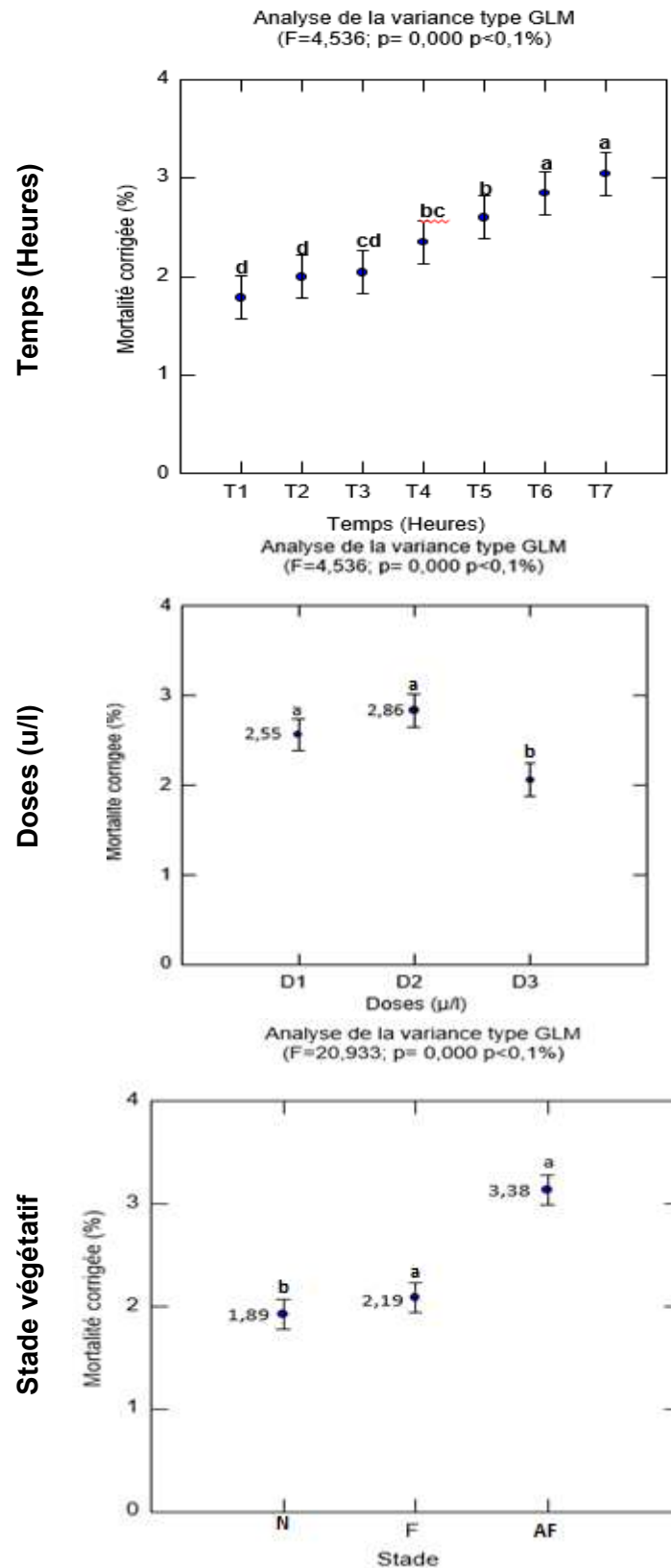


Figure 25. : Effet comparé des taux de mortalité corrigée de *T. Castaneum* en fonction du temps, doses et des stades

Chapitre 4 : Discussion générale

Depuis quelques décennies, une prise au sérieux des problèmes environnementaux a incité les organismes et les institutions de recherche à développer beaucoup plus les méthodes biologiques, sous ses diverses formes en vue de limiter l'usage des pesticides chimiques. L'une de ses formes est l'exploitation des composés primaires et secondaires, provenant des plantes dans la lutte contre les insectes nuisibles. Actuellement, les huiles essentielles et les extraits aqueux des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet de plusieurs études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (Yakhlef, 2010).

Les biopesticides d'origine végétale par contre sont fréquemment biodégradables et moins toxiques que les insecticides de synthèse (Regnault-Roger *et al.*, 2008). Selon Ndomo *et al.* (2003), le règne végétal offre à cet égard beaucoup de possibilités en offrant des substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles et les extraits végétales qui représentent une solution alternative à la lutte chimique (Kéita *et al.*, 2000).

Dans cette optique, la présente étude vise à mettre au point l'impact des facteurs, stades phénologiques et les doses sur la bio-efficacité des phytopréparations à base d'huiles essentielles de *Cytisus sp.* Les résultats de l'efficacité comparée des phytopréparations à base d'huiles essentielles de la Fabaceae *Cytisus sp.* des trois stades phénologiques cruciaux (stade avant floraison, floraison et nouaison) sur les adultes de *Tribolium castaneum* et les larves de *Culex pipiens* nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes.

1. Estimation de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Cytisus sp.* sur les individus larves de *Culex pipiens* et adultes de *Tribolium castaneum*

Les indices de variation de l'efficacité des phytopréparations d'huiles essentielles de la fabaceae *Cytisus sp.* à savoir les doses appliquées et les stades phénologiques cruciaux ont présentés une différence hautement significative en termes de mortalité enregistrée chez les stades larvaires du nuisible *Culex pipiens*, d'une part pour le facteur doses qui a dévoilé un effet biocide très important signalé simultanément assit cruel pour les fortes doses la CHE1 (50%) et la CHE2 (100%) et moins important pour la troisième dose CHE3 (200%), d'autre part pour le facteur stade, qui a présenter un taux de mortalité important pour le stade avant floraison (AF) suivi du stade nouaison (N) et moins important pour les le stade floraison par rapport aux deux précédents.

Les phytopréparations testés montrent un effet biocide sur les adultes *Tribolium castaneum* contemplé important sous la dose MC-THE1, suivie de la dose MC-THE2 puis de la dose MC-THE3. Notamment, le facteur doses à exprimé que la mortalité est significativement tributaire des doses des phytopréparations à base d'huile essentielle de *Cytisus sp* face au adultes ravageurs. En ce qui concerne le facteur stades phénologiques à pu estimer que les phytopréparations issues des stades phénologiques notamment le stade avant floraison (AF), le stade floraison (F) et le stade nouaison (N) exercent un effet significatif sur la mortalité des ravageurs adultes.

2. Estimation de l'activité insecticide des extraits aqueux de *Cytisus sp* sur les individus larves de *Culex pipiens* et adultes de *Tribolium castaneum*

L'effet biocide des extraits aqueux sur les individus larvaires *Culex pipiens* à été enregistrer sous la dose CEA1 (20%) suivie de la dose CEA2 (10%) puis de la dose CEA3 (5%). Une capacité biocide de la dose CEA1 (20%) à été marquée chez les trois stades phénologiques, tandis qu'une activité plus importante à été signaler pour les doses CEA1 (20%) et CEA2 (10%) pour le stade floraison. La capacité biocide à été inscrite importante pour les doses TEA1 (20%) et TEA2 (10%) pour le stade nouaison.

Au dépit de l'effet des extraits aqueux sur les larves *Culex*, ces mêmes extraits avaient montraient un effet biocide sur les ravageurs des denrées stockés *Tribolium castaneum*. Du même, des différences significatives sous l'effet du facteur doses des phytopréparations à base d'extrait aqueux ont été signalés. Les mortalités relatives au facteur stades phénologiques de *Cytisus sp* signale la présence d'une différence entre les effets des phytopréparations, dont cette mortalité été la plus marquée est allouée aux stades d'avant floraison (AF) et de floraison (F) alors qu'elle renferme une mortalité moins importante chez le stade phénologique nouaison (N).

Plusieurs auteurs montrent par leurs théories que les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigeant. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille. Aussi la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre. (Boeke *et al.* 2004).

Paul *et al.* (2009) fournissent plusieurs exemples de plantes avec une efficacité différente entre les compartiments de la plante dans le contrôle de certains ravageurs. Ces mêmes auteurs ont en outre mis en exergue avec *Chenopodium ambrosioides* une variabilité de l'efficacité des traitements en fonction des zones de collecte et des stades phénologiques.

D'après Cseke et Kaufman (1999), les huiles essentielles végétales sont des métabolites secondaires sécrétés par les plantes comme moyens de défense contre les ravageurs phytophages. En laboratoire, des huiles végétales ont été testées par

de nombreux auteurs. En revanche, la mortalité signalée chez les nuisibles *Culex pipiens* et *Tribolium castaneum* observée dans les bio-tests à base d'huile essentielle de *Cytisus triflorus* serait peut-être due aux taux élevés et importants en composés monoterpéniques entre autres le β -linalool, qui sont présents dans ces essences naturelles et qui sont reconnus pour leur effet insecticide (Jbilouet *et al.* 2008; Regnault-Roger, 2002). Les monoterpènes réputés à être des insecticides qui inhibent la reproduction des insectes (Regnault-Roger, 2002), à avoir aussi des effets anti-appétant, anti-reproducteur ou retardateur de la reproduction et de la longévité des insectes. Elles agissent au niveau des récepteurs de l'acétylcholine estérase des jonctions neuromusculaires. (Huang et Ho, 1998; Regnault-Roger, 1999; Kouninki, 2001). Tandis que les composés poly-phénoliques provoquent une perturbation de la motricité naturelle de l'insecte (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

Du même, les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes. Cette théorie est détaillée par Wigglesworth en 1972, il avance que les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes. Le rôle de cette enveloppe qui est la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable, La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie. Ainsi le produit volatile appliqué sur le corps des larves traverse la cuticule à travers des canalicules cireux et la distribution s'effectue directement dans l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles. L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte (Padilla, 2005). Et à ce propos, Kéïta *et al.* (2000) et Regnault-Roger (2002), assurent que mis à part l'inhibition de l'éclosion des œufs, les vapeurs d'huiles essentielles accroissent la mortalité des larves.

Ndomo *et al.* 2009 dénoncent qu'il serait difficile de penser que l'activité insecticide des huiles essentielles se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants

A ce propos, Kéïta *et al.* (2000) et Regnault-Roger (2002), assurent que mis à part l'inhibition de l'éclosion des œufs, les vapeurs d'huiles essentielles accroissent la mortalité des larves.

Concernant l'effet dose, nos résultats obtenus ont montré que les doses les plus concentrées affichaient une meilleure efficacité par rapport aux autres doses testées; ce qui corrobore avec les résultats de Aiboud (2011) qui a testé les huiles essentielles du myrte, le thym, l'origan, l'eucalyptus, le bois d'inde et les clous de girofle sur l'émergence des adultes de niébé *Callosobruchus maculatus*.

Conclusion générale et perspectives

La flore Algérienne est l'une des plus riches au monde et possède de nombreuses plantes utilisées en médecine traditionnelle. Les plantes médicinales sont utilisées depuis longtemps comme remède contre plusieurs maladies, elles constituent une source naturelle de molécules chimiques telles que les métabolites secondaires qui représentent une variété très large de composés organiques sans fonction directe dans la croissance et le développement des plantes.

Dans un premier temps, notre travail s'est consacré à une préparation d'extrait aqueux et une extraction des huiles essentielles de *Cytisus* sp. Dans le but d'estimer l'efficacité des différentes doses de ces derniers de la plante spontanée *Cytisus* sp récoltée de la région de Chréa durant les différents stades phénologiques (stade feuillaison, stade floraison et stade nouaison) à l'égard des formes larvaires de moustiques *Culex pipiens* et les adultes du ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

Les résultats obtenus montrent que les trois stades phénologiques manifestent une toxicité sur les adultes de *T. castaneum*, ainsi sur les larves du 3ème et 4ème stade de *Culex Pipiens* car elles provoquent la mortalité des individus et ce pour les trois doses.

Les phytopréparations testées montrent un effet biocide sur les adultes *Tribolium castaneum* contemplé important sous la dose MC-THE1, suivie de la dose MC-THE2 puis de la dose MC-THE3. Notamment, le facteur doses à exprimer que la mortalité est significativement tributaire des doses des phytopréparations à base d'huile essentielle de *Cytisus* sp face au adultes ravageurs. En ce qui concerne le facteur stades phénologiques a pu estimer que les phytopréparations issues des stades phénologiques notamment le stade avant floraison (AF), le stade floraison (F) et le

stade nouaison (N) exercent un effet significatif sur la mortalité des ravageurs adultes.

L'effet biocide des extraits aqueux sur les individus larvaires *Culex pipiens* à été enregistré sous la dose CEA1 (20%) suivie de la dose CEA2 (10%) puis de la dose CEA3 (5%). Une capacité biocide de la dose CEA1 (20%) à été marquée chez les trois stades phénologiques, tandis qu'une activité plus importante à été signaler pour les doses CEA1 (20%) et CEA2 (10%) pour le stade floraison. La capacité biocide à été inscrite importante pour les doses TEA1 (20%) et TEA2 (10%) pour le stade nouaison.

L'Algérie recèle un patrimoine végétal très riche, mais celui-ci est malheureusement peu exploité. Il convient donc de réaliser des enquêtes ethnobotaniques sur la flore algérienne pour mieux exploiter les plantes à effet insecticide. C'est dans ce contexte que l'objet de notre contribution à la connaissance de l'effet insecticide d'une plante spontanée est jugé utile.

L'utilisation de substances végétales en tant que biopesticides dans la protection des denrées stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études en conditions du laboratoire particulièrement. Des études à grande échelle seraient nécessaires afin de vérifier leur efficacité en situation de stockage réelle.

Au terme de cette étude il est intéressant de s'approfondir dans l'identification des principes actifs de l'extrait aqueux de *Cytisus sp* Il est important aussi d'essayer d'autres huiles essentielles à activité insecticide performante et d'odeur moins atténuée, mais aussi il serait intéressant de faire l'essai d'autres doses sur d'autres ravageurs