

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

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention
du diplôme de Master 2 en Sciences de la nature et de la vie
Spécialité : Phytopharmacie appliquée

**Evaluation de la toxicité des produits biologiques
formules sur le puceron *Chaitophorus leucomelas*
(Hemiptera : Aphididae) de peuplier noir (*populus
nigra*)**

Soutenu en : octobre 2012
Présenté par : Mlle. AIT SAADA Karima

Devant le jury :

M ^{me} ALLAL.L	Professeur.	U.S.D.B	Président du jury
M. DJAZOULI Z.E.	M.C.A.	U.S.D.B.	Promoteur
Melle TCHAKER F.Z.	doctorante	U.S.D.B.	Co-Promotrice
M ^{me} . GUENDOZ.A	Professeur	U.S.D.B.	Examinatrice
M ^{me} .MARNICHE.F	M.C.B	U.S.D.B.	Examinatrice

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2011/2012

DÉDICACE

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont encouragé et soutenus tout le long de mes études. Que dieu les protège.

-Mes chères sœurs: Nadira, Soraya.

-Mon cher frère: Belaid

-Mes proches Titem., lila, Ilyas et Moh

-A mes ami(e)s Imad, Rabeh, Mohamed, Aicha; Saadia, Soumia et les étudiants de Zoophytiaterie

-A mon professeur Mr DJAZOULI Z .E

-A ma co- promotrice Mlle TCHAKER .F.Z.

Ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail, merci pour tout.

Tous les étudiants d'Agronomie.

Karimaí í ..

REMERCIEMENTS

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour faire notre travail.

Toute ma reconnaissance va à mon promoteur que j'admire tant

Mr. le docteur DJAZOULI Z.E. pour son encadrement ainsi que pour l'encouragement, sa patience, son aide et ses précieux conseils dont j'ai eu la chance d'en profiter, ainsi que pour sa disponibilité tout au long du travail jusqu'à l'élaboration de ce document.

J'adresse mes sincères remerciements à ma co-promotrice M^{elle} TCHAKER F.Z. sœur et amie pour ses conseils et encouragements. Pour la réussite de ce travail

Mes vifs remerciements vont à M^{me}.ALLA.L qui me fait l'honneur de présider le jury. Je teins également a remercie. M^{me}. GUENDOZ.A Qui me fait l'honneur d'accepté de participer a ce jury et d'examiner cette thèse et a M^{me}.MEGHNICHE.F qui a accepté de participer a ce jury et d'examiner cette thèse.

Je ne remercierais jamais assez tous les enseignants qui ont assuré ma formation, spécialement, ceux de l'option Zoophytatrie; M^r. DJAZOULI Z.E., M^{me} NEBIH D. D' GUENDOZ BENRIMA A, M^{me} ALLAL., M^r. MAZARI G., M^r. AROUN M.E.F

Je voulais remercier largement tout le personnel du laboratoire de Zoophytatrie qui était toujours disponible et tous les étudiants.

Je remercie également tout le personnel administratif du Département d'Agronomie pour son service

En fin, a tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	
DÉDICACES	
SOMMAIRE	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
RÉSUMÉ	
ABSTRACT	
ملخص	
INTRODUCTION	1
GENERALE.....	
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique.....	3
I .Introduction	3
I.1. Etat phytosanitaire du peuplier.....	3
I.2. Les bio-pesticides	8
I.3. Les insecticides d'origine botanique.....	10
I.4. Lombriculture, principe et importance	14
I.5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)í í í í í í í í í .	15
I.6. Intérêt en protection des plantes	18
CHAPITRE II : Matériels et méthodes.....	21
II.1.Objectif	21
II. 2. Présentation de la région d'étude.....	21
II.3. Présentation du site d'étude.....	22
II.4. Méthodes d'étude.....	23
II.5. Méthodes d'étude	23
II.6. Préparations des extraits aqueux.....	25
II.7. Dispositif expérimental et application des traitements.....	25
II.8. Technique de prélèvements et d'évaluation.....	26
II.9.Evaluation des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i>	27
II.10. Analyses statistiques.....	27
Chapitre III : Résultats.....	28
III.1. Estimation de l'activité insecticide des produits phytopharmaceutique sur la disponibilité de <i>Chaitophorus leucomelas</i> í í í í í í í í í í í í í .	28

i

III.2. Evaluation de l'efficacité des traitements sur les populations de l'organisme cible <i>Chaitophorus leucomelas</i> í í í í í í í í í í í í í í í	36
III.3.Effets comparés de l'efficacité des traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	38
III.4. Succession des différentes formes biologiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous les différents traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants.....	41
CHAPITRE IV: DISCUSSION.....	43
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	50
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	51
ANNEXE.....	
TABLE DES MATIERES.....	

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX
LISTE DES FIGURES

Figure.1:	Adulte de <i>C. tremulae</i> (a) et dégats des larves sur limbe (b).....	4
Figure.2 :	Adulte de <i>P. tabaniformis</i> (a) et aspects des galeries sur tronc (b).....	4
Figure.3:	Dégats de <i>C. lapathií</i> í .	4
Figure.4	Dégats de la grande saperde	5
Figure 5	Dégats de la grande sésie.....	5
Figure 6:	Dégats de <i>Zeuzera pyrina</i>	5
Figure 7 :	Cycle évolutif de <i>Chaitophorus leucomelas</i> (Zahraoui, 2010.....	7
Figure 8:	Structure du précurseur des HE : l'isoprène(Cheynier et Sarni-Manchado, 2006).....	12
Figure 9 :	Principaux constituants biochimiques de l'huile essentielle de l'origan....	13
Figure 10 :	Des vers rouges (<i>Eisenia fetida</i>) mangent des déchets organiques, tels que les pelures de légumes, puis excrètent du fumier de vers. (Sherman, Rhonda, 2000).....	15
Figure11 :	Quelques stratégies de protection des plantes basées sur la stimulation de leurs défenses naturelles. (Olivier et Bernard ,2010).....	16
Figure12 :	Production d'éliciteurs oligosaccharidiques lors d'une interaction plante-champignon pathogène (Olivier et Bernard, 2010).....	17
Figure 13 :	Localisation géographique de la plaine de la Mitidja(Allal–Benfekih, 2006).	21
Figure 14 :	Présentation des sites d'études Source support : Google Earth, 2011.	22
Figure 15 :	Les différents phénotypes de <i>Chaitophorus leucomelas</i> (G x20) (Originale, 2012).....	23
Figure 16 :	Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués.....	24
Figure 17 :	Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements í .	26
Figure, 18 :	effet d'une huile essentielle et du pesticide sur la densité des Fondatrigènes de <i>C .leucomelas</i> í ..	29

Figure 19 :	effet d'un thé de lombric et jus de lombric formulé sur la densité des Fondatrigenes de <i>C. leucomelas</i> í	30
Figure20 :	Analyse multivariée «ACP» représentant les populations de <i>C</i> <i>leucomelas</i> sous l'effet des produits phytosanitaire	31
Figure21:	Analyse en composantes principales (A.C.P.) du bio-fertilisant en fonction du temps d'exposition cas de <i>C. leucomelas</i>	32
Figure22 :	Variation des densités de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des traitements bio-fertilisants	33
Figure23 :	Abondance comparée de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'activité bio stimulatrice	34
Figure24 :	Variation des densités de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet du traitement chimique	35
Figure25 :	Abondance comparée de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'activité insecticide	36
Figure 26 :	Evolution temporelle des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i> sous l'effet des traitements phytosanitaires	37
Figure27 :	Evolution temporelle des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i> sous l'effet des bio-fertilisants	37
Figure28 :	Projection des populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sur les deux axes de l'A.C.P.....	38
Figure29 :	Efficacité comparée des traitements phytosanitaires sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	39
Figure30 :	Efficacité comparée des traitements bio-fertilisants sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	40
Figure31:	Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'efficacité comparée des traitements biologiques et chimiques	46
Figure32:	Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'efficacité comparée des biofertilisa	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 .a :	Ordre d'arrivée des différents stades de <i>C. leucomelas</i> sous les traitements phytosanitaires.....	41
Tableau 1.b	Ordre d'arrivée des différents stades de <i>C. leucomelas</i> sous les traitements des bio-fertilisants.....	42

Evaluation de la toxicite des produits biologiques formules sur *Chaitophorus leucomelas* (Hemiptera : Aphididae) de *populus nigra*

Résumé :

La peupleraie subit actuellement de graves problèmes sanitaires imputables aux attaques des bioagresseurs notamment *Chaitophorus leucomelas*. L'étude a porté sur la comparaison de l'effet de jus de lombric en combinaison avec un bio-adjuvant *Silene fuscata* et le jus de lombric formulé d'une part et une autre part comparer l'effet de produit phytosanitaire Thiamethoxam / Lambdacyhalothrine avec l'huiles essentielles à base d'origan sur l'abandonce et le décallage temporel de la population de *Chaitophorus. leucomelas* (Fondatrigène).

Les résultats ont permis de déceler un effet comparable des molécules chimique sur l'abondance des populations de *C. leucomelas* comparé à la molécule biologique, avec un avantage d'une reprise populationelle modérée sous l'effet des traitements biologiques comparé au traitement chimique.

les résultats obtenu ont montré que les bio-fertilisants appliqués, le jus de lombric formulé et le ratio jus de lombricompost brute D10/*Silena fuscata* sur l'abandence de populations de *C. leucomelas* indique dans leur globalité un effet toxique satisfaisant.

Mots clés:

Chaitophorus leucomelas, jus de lombric formulé, huile essentielles, bio-fertilisant, *Silene fuscata*, abandonce, densité.reprise, bio-adjuvant

Evaluation of the toxicite of the biological products formulas on *Chaitophorus leucomelas* (Hemiptera:Aphididae) of *populus will nigra*

Summary:

The poplar plantation currently undergoes serious ascribable medical problems with the attacks of the bioagresseurs in particular *Chaitophorus leucomelas*. The study related to the comparison of the effect of tea of the lombric in combination with an bio-additive *Silene fuscata* and the formulated juice of lombric on the one hand and to compare the effect of product plant health Thiamethoxam/Labdacyhalothrine with oils essentielles based on organ on the abundance and the temporal décalage of the population of *Chaitophorus.Leucomelas* (Fondatrigène).

The results made it possible to trace a comparable effect of the molecules chemical on the abundance of the populations of *C leucomelas* compared with the biological molecule, with a avenge of a populationelle recovery moderate under the effect of the biological treatments compared with the chemical treatment.

the results obtained showed that the bio-fertilizers applied the juice of lombric formulated and the tea of lombric ratio tea of lombric D10/*Siléna fuscata* to the abundance of populations of *C leucomelas* indicate in their globality a satisfactory toxic effect.

Key words :

Chaitophorus leucomelas, juices of lombric formulated, oil essential, bio-fertilizer, *Silene fuscata*, abundance, densité.reprise, bio-additive

تقييم سمية المواد البيولوجية المركبة على مجتمع المن
Chaitophorus leucomelas (Hemiptera:Aphididae) of *populus will*
nigra

ملخص

تتعرض اشجار الحور حاليلا لمشاكل صحية عنيفة سببها الرايسي الهجمات المتفاوتة الاتية من مختلف الحشرات الضارة حلي وجه الخصوص *C. leucomelas* !عتمدنا في هذه الدراسة علي المقارنة بين مفعول عصير الديدان المركب و عصير الديدان بالتنسيق مع مقوي طبيعي *Silene fuscata* من جهة اخري مقارنة بمفعول مادة كيميائية Thiamethoxam / Lambdacyhalothrine مع الزيت الاساسي لنبتة الزعتر علي وفرة مجتمعات *C. leucomelas* و الاضطرب الزمني لظهورها

ظهرت التحاليل ان الزيت الاساسي له مفعول مماثل مقارنة للمادة الكيميائية النشطة علي وفرة المجتمعات ل *C. leucomelas* , مع رجوع معتدل للمجتمعات تحت تاثير المادة البيولوجية مقارنة للمادة الكيميائية

زيادة علي هذا اثبتت النتائج ان استعمال الاسمده العضوية عصير الديدان المركب و عصير الديدان بالتنسيق مع مقوي طبيعي *Silene* ان لديها مفعول سام على الكثافة السكانية ل *C. leucomelas*

كلمات البحث :

وفرة , *Chaitophorus leucomelas* الاسمده العضوية خصوبة , *Silene fuscata* , fondatrigènes الزيتوت الأساسية; الزعتر , سمية .

INTRODUCTION

Hissée au deuxième rang des problématiques environnementales les plus préoccupantes, après les changements climatiques et avant les processus de désertification, la déforestation se pose avec acuité dans les pays en développement (World Bank, 2003). L'une des principales causes est la croissance démographique qui, d'une façon générale, a conduit l'ensemble des utilisations traditionnelles pour la satisfaction des besoins domestiques (alimentaires, pharmacologiques, de service, etc.) à des niveaux élevés avec pour conséquence, une réduction rapide des ressources forestières. Au nombre de ces besoins, se trouve en bonne place l'approvisionnement des ménages en combustibles ligneux qui se fait principalement aux dépens du couvert forestier

Près de 90% des populations dans les pays en voie de développement l'utilisent comme source d'énergie (FAO, 1994). Mais la récolte excessive du bois énergie pour satisfaire une demande sans cesse croissante des milieux ruraux et urbains, le fait considérer par certains auteurs comme la plus importante et préoccupante cause de la déforestation avec son cortège de conséquences. Au nombre de ces conséquences, on peut citer la disparition de certaines espèces, la perte de diversité génétique, l'accroissement des émissions de carbone qui contribuent au réchauffement de la planète, de même que la perte des ressources forestières qui peut causer un affaiblissement de la capacité des communautés tributaires de la forêt, à en tirer des revenus et de la nourriture (Kaimovitz, Byron et Sunderlin, 1998).

Durant cette dernière décennie, l'industrie forestière s'intéresse à une plus grande variété d'essences forestières que par le passé, en partie pour des raisons de rentabilité, mais aussi parce que la demande en produits nouveaux ou de différentes qualités augmente. L'exemple le plus marqué est celui de l'utilisation croissante du peuplier *Populus sp.* par les sylviculteurs. Le potentiel du peuplier provient notamment de sa fibre particulière qui est utilisée dans le secteur de la pâte à papier et du conditionnement ainsi que de sa croissance rapide qui permet des rotations plus courtes (intervalle de coupe) (Fortin *et al.*, 1999). Dans cette optique, Bourdu (1986), estime que les cultures de peupliers sont équiennes et constituées habituellement d'un seul cultivar. Elles sont par conséquent très vulnérables, beaucoup plus que les essences forestières classiques dont les peuplements sont des populations d'individus à matériel génétique variable.

La peupleraie subit actuellement de graves problèmes sanitaires imputables aux schémas d'amélioration et aux pratiques d'utilisation des variétés sélectionnées en plantations monoclonales. Cette situation a favorisé l'apparition récurrente de nouvelles races de bioagresseurs contournant les résistances des cultivars (Pinon, 1995 ; Ridé, 1995 ; Djazouli, 1996 et Delplanque, 1998). De ce fait, les attaques des bioagresseurs peuvent donc être nombreuses et très dommageables, parmi lesquels nous citons *Chaitophorus leucomelas* (Djazouli, 1996). Ce puceron attaque les feuilles, les pétioles et les bourgeons en absorbant des quantités importantes de sève, et en injectant en même temps une salive toxique. Les arbres attaqués présentent une réduction de croissance, se traduit par une production de bois en quantité moindre (Dajoz, 1980 et Delplanque, 1998).

À l'heure actuelle, les infestations de pucerons sont en grande majorité contrôlées à l'aide d'insecticides de synthèse. Malgré les progrès réalisés, les insecticides restent responsables de nombreux problèmes tant pour l'environnement, que pour la santé humaine (possibilité de résidus dans les eaux de distribution ainsi que dans les aliments). De plus, l'utilisation

massive d'insecticides depuis plus d'une trentaine d'années est à la base de la sélection de populations d'insectes résistants (Nauen *et al.*, 2003).

Ce constat conduit les scientifiques à développer de nouveaux produits satisfaisant aux normes de plus en plus sévères visant la protection de la santé et de l'environnement. Ces critères écotoxicologiques plus exigeants amènent une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits phytosanitaires. Dans un contexte d'agriculture durable, la lutte biologique (prise dans son sens large) peut offrir de nombreuses méthodes de lutte alternatives aux insecticides de synthèse. Parmi les méthodes de lutte biologique, les molécules bioactives (biopesticides et biofertilisants) occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie. Ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles (Bonnemain *et al.* 2003). Ils sont généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologiques classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites), même s'ils peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes utiles (Giroux *et al.* 1994). Les biopesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, lombrics et d'extraits de plantes (Fravel *et al.* 1999).

Les huiles essentielles sont potentiellement efficaces en industries agro-alimentaires, également dans le domaine de la phytoprotection à la place des insecticides et fongicides chimiques (Negi *et al.*, 2005). Elles constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (Sell, 2006).

Le recours aux biostimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les paradigmes régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Cette approche, consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifique et agronomique, et qui pourrait bien être une solution d'avenir (Fravel *et al.* 1999).

De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs (Yedida *et al.*, 1999), (Glazebrook, 2005), et des extraits d'algues (Howard-borj *et al.*, 2002) sur une plante, peuvent activer préventivement ses réactions de défense qui conduit à l'augmentation de sa résistance aux bioagresseurs. Mais le recours à l'utilisation du lombricompost comme produit de stimulation des défenses naturelles est peu documenté. Ainsi, l'utilisation judicieuse des stimulateurs pourrait permettre de diminuer la quantité des intrants phytosanitaires nécessaire pour protéger une culture. Cette stratégie, suscite de plus en plus d'intérêt dans le domaine phytosanitaire mais est encore assez peu exploitée au champ.

Notre étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité des molécules bioactives et de synthèses sur l'abondance et la reprise des populations du puceron du peuplier noir *Chaitophorus leucomelas*

Dans ce contexte, la présente étude vise à approfondir nos connaissances sur l'agressivité de l'effet insecticide d'une huile essentielle formulée par rapport à un et un produit chimique de synthèse d'une part et l'impact de la formulation sur la stimulateur des défenses naturelles des plantes par le recours à un bio-fertilisant formulé et d'un bio-fertilisant dont on a augmenté la charge active par un bioadjuvant

Introduction

Chaque année, l'appétit pour les matières de la société augmente. Une croissance de la population mondiale, l'expansion d'industrialisation, et l'augmentation des revenus, sont le moteur de l'extraction des matières premières de plus en plus à un rythme insoutenable. Comme d'autres choses, le bois et autres produits du bois sont des nécessités de la vie, si les personnes appartenant à des zones rurales ou des zones urbaines. On peut penser à des exemples évidents de bois comme le bois d'œuvre, bois rond, bois de feu et produits de papier. Ces produits sont utilisés dans nos bâtiments, dans l'emballage, et utilise comme papier. Autres produits de bois tels que le tissu de rayonne, les aromes alimentaires, cosmétiques et les additifs aux peintures (ne sont pas évidemment le bois, mais tous contiennent du bois) et pour. La combinaison de tous ces produits du bois qui jouent un rôle important et remplissent notre demande pour le bois (BoWe, 2001).

Les espèces ligneuses de la famille des Salicacées sont largement utilisées pour satisfaire les besoins des pays en bois tendre à court et moyen terme (Abgrall et Soutrenon, 1991). Parmi celles-ci, le peuplier hybride (*Populus* spp.) est particulièrement de production par excellence, le peuplier revêt une importance économique non négligeable. L'intérêt du peuplier est de plus en plus révélé au niveau mondial. En effet il s'agit d'une essence à croissance rapide, qui peut contribuer à combler le déficit mondial en bois. Cet intérêt est clairement manifesté par le simple fait qu'à l'heure actuelle 37 pays différents, représentant les cinq continents, sont devenus membres de la Commission Internationale du peuplier (Steenackers, 1994 et Breton, 2000).

Le peuplier noir, est l'essence dominante des forêts alluviales, espèce longévive (jusqu'à 150 ans et plus), pionnière, exigeante en eau et en lumière. Le peuplier noir présente un système racinaire très développé, qui influe en retour sur la dynamique sédimentaire du fleuve. Ce système racinaire complexe est aussi particulièrement efficace pour absorber les excès de nitrates et phosphates des nappes alluviales, participant ainsi à l'amélioration de la qualité des eaux. Le peuplier noir constitue avec les autres espèces de la forêt alluviale (saules, orme, frêne) un milieu particulièrement riche en faune (insectes, oiseaux) et flore, du fait qu'il se situe à l'interface entre milieu aquatique et milieu cultivé (Anonyme, 2006). Il est reconnu comme un arbre robuste, avec une haute tolérance et une grande adaptation dans les sols contaminés et qui pourrait être utilisé comme moyen de phytoremédiation et de biosurveillance (Madejón *et al.*, 2004 et Wan *et al.*, 2008).

I.1. Etat phytosanitaire du peuplier

Depuis plus de 50 ans le peuplier noir est menacé par les hybridations potentielles avec les deux principaux types de peupliers cultivés : les variétés hybrides utilisées pour la production de bois (*Populus nigra* x *Populus deltoides*, ce dernier originaire d'Amérique du Nord), et une variété ornementale, *Populus nigra* variété 'Italica' omniprésente dans les paysages ruraux et urbains. La plupart des ravageurs du peuplier sont des ravageurs primaires qui interviennent quel que soit l'état physiologique de l'arbre, certains préférant même des arbres vigoureux. Plusieurs espèces sont confinées aux peupliers, certaines sont spécifiques ou presque (autres salicacées) tels que la petite saperde, la petite sésie, le charançon de la patience, la grande saperde et la grande sésie, alors que d'autres sont polyphages comportent les peupliers parmi leurs hôtes entre autre le Cossus-cossus, la zeuzère et le xylebore disparate (Janssens, 1982).

I.1.1. Les chrysomèles des peupliers

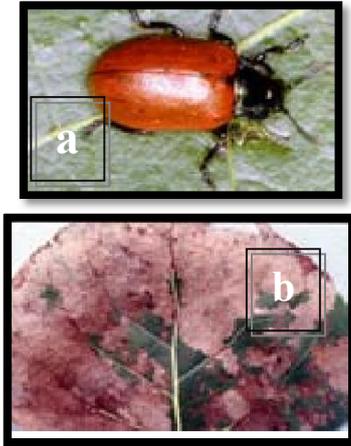


Figure1 .Adulte de *Chrysomela tremulae* (a) et dégâts des larves sur limbe (b) (Janssens, 1982)

Les décapages provoqués par les larves de *Chrysomela tremulae* constituent le dommage le plus important. Les dommages sont particulièrement à craindre en pépinières, dans les jeunes plantations et dans les taillis à courte rotation, Sur de jeunes arbres, les défoliations réalisées par les chrysomèles peuvent provoquer des réductions de croissance (Janssens, 1982)

I.1.2. La petite sésie

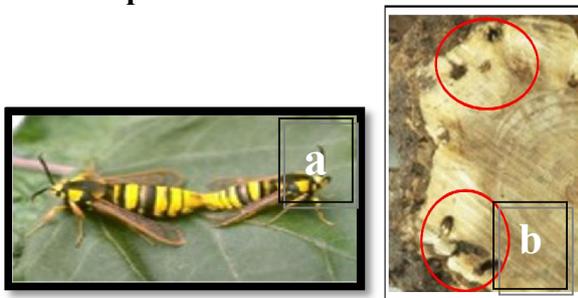


Figure2. Adulte de *Paranthrene tabaniformis* (a) et aspects des galeries sur tronc (b) (Janssens, 1982)

Chez *Paranthrene tabaniformis* la dépouille nymphale reste souvent coincée dans l'orifice de sortie et parfois dans les trous de prélèvements de pics au dessus de l'orifice de la galerie, ce phénomène relativement fréquent, aggrave les dommages directs de la petite sésie Il en résulte, pour les arbres âgés, une perte de bois d'œuvre suite à la présence des galeries sur le pourtour desquelles le bois prend une couleur brune puis noire. En outre, les lésions aux racines peuvent favoriser la pénétration de micro-organismes pathogènes ou d'autres insectes xylophages. Mais ces dégâts ne concernent que la base des troncs et n'ont donc qu'une importance moyenne. Les peupliers de tous âges sont attaqués, même de très gros. Dans certaines régions il y a une préférence pour les arbres jeunes (Janssens, 1982)

I.1.3. Le charançon de la patience



Figure3.Dégâts de *Cryptorhynchus. Lapathi* (Janssens, 1982)

Les dégâts de *Cryptorhynchus lapathi* se manifestent dans un premier temps par des galeries sous-corticales transversales provoquant la formation de bourrelets. Les galeries sous corticales perturbent la circulation de la sève et provoquent des affaiblissements ou des mortalités sur de jeunes arbres. Les galeries creusées dans le bois fragilisent les arbres aux dégâts des vents et affectent les qualités technologiques (Janssens, 1982)

I.1.4. La grande saperde



Figure 4. Dégâts de la grande saperde (Janssens, 1982).

es dégâts imputables à *Saperda carchariassont* l'œuvre des larves. Elles sont blanchâtres, sans pattes, à tête brune aplatie, elles atteignent 4 cm de long en fin de leur développement. Les arbres de tous âges sont attaqués mais les jeunes sont plus sensibles. Les galeries creusées sont de section elliptique, verticale (descendante puis ascendante), de taille importante environ 20 cm de long (Janssens, 1982).

I.1.5. La grande sésie



Figure 5. Dégâts de la grande sésie (Brandt, 1994).

Les chenilles de Sesia apiformis constituent un véritable fléau pour le genre *Populus*. Sur les arbres adultes, les attaques répétées dégradent le collet et accroissent la sensibilité des arbres vis à vis du vent (Brandt, 1994).

I.1.6. La zeuzère



Figure 6. Dégâts de *Zeuzera pyrina* (Janssens, 1982)

Zeuzera pyrina est un lépidoptère polyphage se nourrit au dépens de nombreux arbres forestiers, de pommiers, de poiriers et de peupliers et saules. Sur les peupliers d'âge moyen, la présence de galeries provoque le dessèchement et la rupture des branches attaquées; la croissance est ralentie et l'arbre est affaibli. En pépinière, les dégâts sont beaucoup plus graves car la présence d'une seule chenille peut détruire l'axe principal et entraîner la mort de l'arbre. La partie terminale du rameau attaqué dépérit, sèche et se casse au niveau de la zone atteinte qui a été entièrement évidée (Janssens, 1982)

I.1.7. Le puceron du peuplier « *Chaitophorus leucomelas* »

I.1.7.1. Position systématique

D'après Grassé (1957 et 1970), cet insecte appartient à la sous-classe des Ptérygotes, super-ordre des Hemipteroïdea, ordre des Homoptera, sous-ordre des Aphidinea, super famille des Aphidoidea, famille des Aphididae, sous famille des Chaitophorinae, genre *Chaitophorus*, et espèce *Chaitophorus leucomelas*.

I.1.7.2. Répartition géographique

Dans le monde, on estime que ce genre est d'une origine holarctique, l'espèce est largement répartie en Europe, bien qu'avec des degrés distincts de présence, elle est commune dans certains pays comme la Grande-Bretagne, la Suède, la Norvège, au sud du Portugal, en Espagne en Yougoslavie, en Bulgarie et en Turquie (Ankara) et rare au nord de l'Allemagne (Richards, 1972). En Asie, l'espèce est signalée en Iran (Karadj), en Sibérie de l'est, Mongolie, au centre de l'Asie et au Proche Orient (Heie, 1982), Elle a été introduite en Afrique et en Amérique, où elle se trouve largement répartie au Canada et aux Etats-Unis (Blackman et Eastop, 1994), mais elle s'est implantée au Chili et en Argentine en 2001. (Muñoz et Beéche, 1995).

Au Chili, cette espèce est fréquente dans la Région Métropolitaine (Santiago) et dans la Région, limitrophe avec Mendoza 320 Km au nord de la capitale. (Klein et Waterhouse, 2000). Et en Tunisie dans la région de Soliman (Boukhris-Bouhachem *et al.*, 2007).

En Algérie, l'espèce est signalée dans la région de Blida (Djazouli, 1992), la région de Médéa et la région de Zéralda (Diallo, 2007 ; Zahraoui, 2010)

I.1.7.3.Cycle de vie

Chaitophorus leucomelas Koch (1984) colonise des espèces botaniques appartenant au genre *Populus* spp., Les colonies s'établissent sur les feuilles, sur la face supérieure et inférieure et sur les pétioles, le puceron forme des groupes de densité variable selon le développement de ses populations dans des époques distinctes de l'année (Giganti *et al.*, 2004). Leur cycle évolutif est hétérogonique, caractérisé par l'alternance entre une génération amphixenale et une ou généralement plusieurs générations ne comportant que des femelles parthénogénétiques (Dedryver, 1982).

Les aphidiens monoéciques hivernent sous la forme d'œufs fécondés pondus à l'automne par des individus sexués sur la plante hôte (Grasse, 1970).

Dans l'hémisphère sud et sur *P. alba* spp. *pyramidalis* et *P. trichocarpa*, en octobre, des niveaux populationnels très importants couvrant la majorité des feuilles sont observés, probablement favorisés par les conditions climatiques printanières caractérisées par des températures modérées et une humidité relativement élevée. Après une chute sensible de la population durant l'été, et qui se poursuit jusqu'à l'hiver. Au début d'avril, l'espèce recolonise à nouveau les pétioles et les lames foliaires, par des colonies dispersées à différents étages foliaires. A la fin mai, peu d'individus en majorité aptères sont observés en petites colonies localisées principalement sur la face inférieure des feuilles et proches des points d'insertion des pétioles. Le cycle se réinitie à la mi-septembre par l'induction des femelles vivipares aptères à partir de la base des fruits immatures et dans des bourgeons récemment débouffés. Les pluies printanières éventuelles inscrites en octobre peuvent induire une réduction remarquable de la population de *C.leucomelas* Koch (1854). D'avril et jusqu'à la chute des feuilles sénescents à la mi-mai, il y a présence de nombreuses femelles (Zahraoui, 2010) (figure 7).

La performance biologique de cet insecte est susceptible d'être influencée notamment, par la qualité nutritive du feuillage, la nature des générations et les variations des conditions abiotiques dans l'environnement (Scriber *et al.*, 1981).

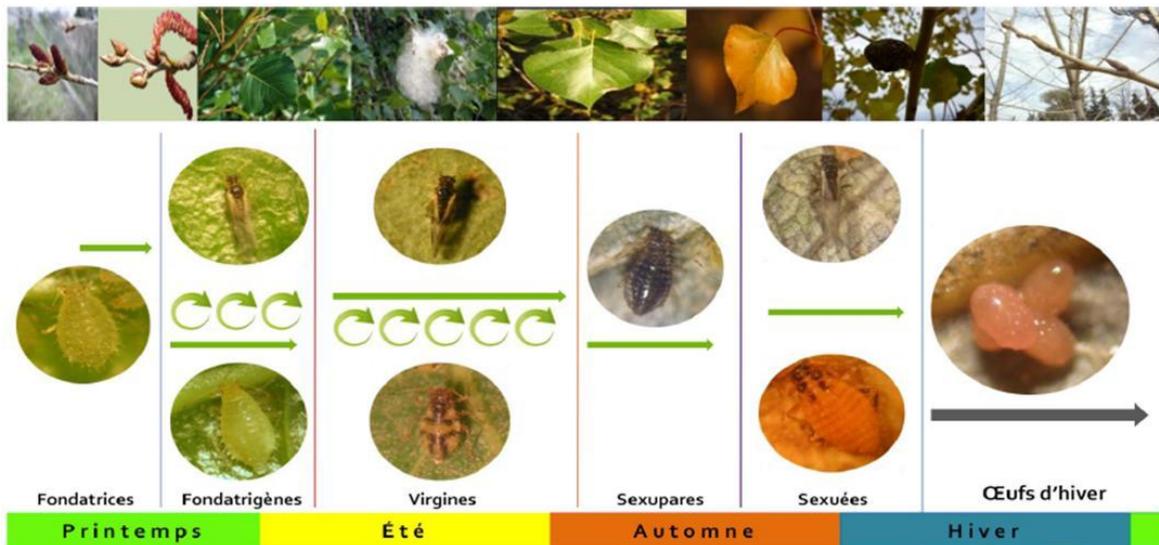


Figure 7: Cycle évolutif de *Chaitophorus leucomelas* (Zahraoui, 2010)

I.1.7.4.. Dégâts :

Les insectes peuvent occasionner aux peupliers des dégâts de type fort variable. (Janssens et Nef, 1982).

Chararas (1972), estime que les dégâts restent toujours liés aux conditions écologiques et édaphiques, l'évolution des insectes peut revêtir un caractère épidémique et contribuer à la destruction massive des peuplements une fois que les facteurs abiotiques deviennent défavorables.

De tous les pucerons, le plus dangereux demeure *Chaitophorus leucomelas*. Ce puceron attaque les feuilles, les pétioles et les bourgeons en absorbant des quantités importantes de sève, et en injectant en même temps une salive toxique. Les arbres attaqués présentent une réduction de croissance en raison de défoliation successive. En cas de surpopulation, les arbres accusent des perturbations métaboliques qui entraînent une production de bois de quantité moindre, ou de qualité inférieure (Janssens et Nef, 1982 et Delplanque, 1998).

Dajoz (1980), avance que les attaques sur les essences jeunes peuvent entraîner la mort du sujet et gêner la régénération naturelle. Les pucerons prélèvent directement dans la sève phloémienne une partie des produits de la photosynthèse, dont les acides aminés essentiels à la plante, ces prélèvements lors d'infestations massives par les pucerons, peuvent provoquer un arrêt de la croissance de la plante (Milles, 1989).

Les produits non assimilés ou transformés par l'insecte forment le miellat rejeté par l'anus sur la plante. Sur ce dernier se développent des champignons agents de fumagine qui entravent la respiration de la plante hôte et son assimilation chlorophyllienne (Hulle *et al.*, 1998). Ce miellat non toxique en lui-même, peut soit agir directement en occultant les stomates, soit lorsqu'il est trop abondant, et provoque à la surface des feuilles un effet osmotique de nature à créer un appel d'eau à travers la membrane semi perméable constituée par l'épiderme de la feuille, l'eau ainsi soutirée de la plante s'évapore très facilement, et le miellat agit alors comme un drain dessiccant très actif, rapidement mortel dans des conditions favorisant l'évaporation (Comeau, 1992).

Les pucerons peuvent favoriser la prolifération de maladie fongiques, soit en transportant des spores (Huang *et al.*, 1981), soit en occasionnant une plus forte capture de spores lorsque la plante devient gluante de miellat (Comeau, 1992).

I.1.7.5.. Moyens de lutte :

La lutte contre les pucerons ne présente généralement pas de grande difficulté car de nombreux produits permettent d'obtenir de bons résultats. Sous forme de pulvérisations, les esters phosphoriques assurent une mortalité de 95% en 60 heures ; cette mortalité peut même atteindre 100% si l'on prend la précaution de pulvériser l'insecticide sur les deux faces de la feuille. Cette efficacité peut se trouver contre versé dans la mesure où les pucerons sécrètent une substance cireuse pratiquement imperméable aux produits insecticides (Chararas, 1972).

Actuellement, les produits à base de lambda - cyhalothrine, sont utilisés contre les pucerons des feuillus en traitement des parties aériennes. Maugard (2003), avance que les premiers traitements opérationnels ont été réalisés en 2002 dans de nombreuses peupleraies de la vallée de la Garonne ; les observations réalisées à l'issue de certains de ces traitements ont permis de confirmer les contraintes liées à l'application d'insecticide, notamment les difficultés à atteindre la partie haute des colonies dans les peuplements les plus vieux. Ces suivis ont également permis de mettre en évidence les fortes potentialités de recolonisation de l'insecte, qui est capable en trois à quatre semaines de reconstituer des colonies identiques à ce qu'elles étaient avant le traitement.

Il n'existe aucune méthode de lutte biologique applicable aux Chaitophoridae. Les seuls ennemis naturels qui ont été signalés à savoir : *Ascomycetes*, *Mesiodiopsis sp.*, *Oenopia doubleri*, *Adalia decimpunctata*, et *Coccinella algerica*, peuvent jouer un rôle en tant que facteur de limitation des populations d'insectes ravageurs des peupliers (Dajoz, 1980 et 1985 ; Djazouli, 1996).

Quelques efforts ont été fait afin d'utiliser *Aphelinus mali* HALD comme agents de lutte contre les pucerons des arbres forestiers, les résultats sont promoteurs, cela est du principalement à une synchronisation entre le développement des deux espèces (Chararas, 1972).

I.1.7.6. Inconvénients de la lutte chimique

La lutte chimique est la plus connue des méthodes répressives. Elle est efficace et facile à appliquer, mais a de nombreux inconvénients : elle favorise la formation de races résistantes chez les déprédateurs, diminue les populations de leurs ennemis naturels, pollue très largement le milieu, y compris l'alimentation humaine, amoindrit la biodiversité. Dans un nombre croissant de pays, elle est d'ailleurs interdite, ou n'est applicable qu'après autorisation. Ses effets secondaires obligent souvent à répéter les traitements. L'emploi de pesticides à faible rémanence n'apporte qu'un avantage mineur. Par contre, les pesticides spécifiques seraient une réponse nettement plus efficace - souhait auquel répondent les biopesticides (Vincent et Coderre, 1992).

I.2. Les bio-pesticides

Une utilisation routinière de produits agro-chimiques (pesticides, herbicides, etc.) contribue à augmenter la productivité, mais les usages intensifs et abusifs réduisent leurs efficacités à travers l'apparition des phénomènes de résistance et les risques de pollution, qui atteignent à la santé des applicateurs et des personnes présentes dans les zones traitées (Janzen *et al.*, 1998).

Afin de réduire cette utilisation presque exclusive dans la lutte contre les organismes ravageurs, l'usage de méthodes de remplacement constitue une solution intéressante. En ce sens, de multiples méthodes ont été développées, allant de la régie préventive à l'utilisation de techniques mécaniques de contrôle, jusqu'à l'emploi de méthodes biologiques (insectes parasites et prédateurs, mycorhizes, biopesticides, etc.) (Regnault-Roger, 2002).

Une des solutions alternatives, qui a retenu particulièrement l'attention au cours des consultations, consiste à développer des produits formulés à base d'agents microbiens nommés bio-pesticides (Anonyme, 2002).

I.2.1. Définition

Les biopesticides sont composés d'extraits botaniques et de microorganismes tels que les champignons, les virus et les bactéries entomopathogènes (Ferron, 1978 ; Silvy, et Riba, 1999).

I.2.2. Les différents types de biopesticides

Des travaux de recherches scientifiques attestent par leurs résultats que les extraits de plantes ont des propriétés intéressantes contre les microorganismes. Actuellement, on rapporte que 2121 espèces de plantes possèdent des propriétés de lutte antiparasitaire ; un total de 1005 espèces identifiées, présentent des propriétés insecticides, 384 avec des propriétés antiappétissantes, 297 possédant des propriétés répulsives, 27 avec des propriétés attractives et 31 avec des propriétés de stimulateurs de croissance (Rana Sing, 2007).

Selon Philogène et Regnault-Roger (2002) les biopesticides désignent trois groupes de substances :

- Les pesticides biochimiques : issus essentiellement de substances d'origine naturelle. On peut citer parmi les plus connus : la nicotine, la roténone, les pyrèthres, les huiles végétales et les extraits de neem...
- Les biopesticides microbiens constitués de micro-organismes (bactérie, champignons, virus).
- Les composés protecteurs des plantes : ou substances pesticides synthétisés par les plantes génétiquement modifiées à cet effet, comme l'entomotoxine de *Bacillus thuringiensis* dans les feuilles de soja, maïs.

I.3. Les insecticides d'origine botanique

I.3.1. Les biocides inertes

Dès l'Antiquité, les Chinois, les Grecs et les Romains utilisaient des plantes ou extraits de plantes avec du soufre et de l'arsenic (Nas, 1969). Il a été rapporté que les Romains utilisaient des poudres préparées à partir de *Veratrum sp.* comme insecticides et rodenticides tandis que

des extraits d'ifs (*Taxusbaccata*) ont été utilisés par certains peuples de l'hémisphère nord (Schmutterer, 1992). Sous les tropiques, l'utilisation du neem (*Azadirachta indica* Juss. Meliaceae) est répertoriée depuis au moins 4 000 ans (Larson, 1989).

Au XIXe siècle, seuls quelques composés d'origine végétale étaient identifiés et abondamment utilisés comme répulsifs ou produits toxiques parmi lesquels il y avait la nicotine (alcaloïde) et ses dérivés qui servaient à lutter contre les insectes piqueurs suceurs des plantes vivrières. La roténone s'est révélé un composé phytosanitaire du plus haut intérêt. Après une période d'accalmie autour de 1940, elle est redevenue populaire pour les adeptes de l'agriculture biologique. Elle est utilisée pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (Weinzeirl, 1998) ; Les pyrèthres servaient pour se débarrasser des poux lors des guerres napoléoniennes napoléoniennes (Ware, 1991). Ces produits pouvaient provoquer de nombreux effets sur les mammifères mais vu leur instabilité à la lumière, à l'air et à l'humidité, ces risques étaient considérablement amenuisés. À cause de ces aspects, les pyrèthroïdes de synthèse ont fait leur apparition (Weinzeirl, 1998).

I.3.2. Les extraits aqueux

Les extraits des plantes naturels sont utilisés dans nombreux pays pour lutter contre les insectes ravageurs des cultures. Suresh *et al.* (1997) ont montré que l'extrait des feuilles vertes de neem réduit l'infection due à *Puccinia arachidis* Speg.

Les extraits de *Melia azaderach* et d'*Azadirachta indica* ont affecté la fécondité et la mortalité de *Bemisia tabaci* (Coudriet *et al.*, 1985 ; Nardo *et al.*, 1997 ; Desouza et Vendramim, 2000). La poudre et les extraits de *Capsicum frutescens* (Solanaceae) ont montré un pouvoir répulsif contre *Callosobruchus maculatus* (Ofuya, 1986 et Onu et Aliyu, 1995), *Rhyzopertha dominica* (EL-Lakwah, *et al.*, 1997), *Sitophilus zeamais* Motsch et *Tribolium castaneum* (Morallo-Rejesus, 1987 ; Trematerra, Sciarretta, 2002). La toxicité des extraits des fruits du piment fort a aussi été notée chez *Rhyzopertha dominica*, *S. oryzae* (L.) et *T. confusum* J. du Val (Williams, Mansingh, 1993 et Gakuru et Foua, 1996).

Les extraits d'algues confèrent également une protection des plantes contre les attaques des insectes (Booth, 1964 ; Booth et Stephenson, 1966). La fécondité de certains insectes serait réduite suite à leur application (Booth et Stephenson, 1966) ainsi que l'infestation des racines par les nématodes et même leur fécondité (Featonby-Smith, et van Staden, 1987; Crouch, et van Staden, 1993 ; Whapman *et al.*, 1994 ; Wu *et al.*, 1998). Ainsi l'expression de nombreux gènes de défense est induite suite à la pulvérisation de l'extrait d'algue verte (*Ulva* spp). En accord avec ces effets sur l'expression des gènes de défense, cet extrait engendre une protection accrue des plantes contre les attaques pathogènes (Cluzet *et al.*, 2004 ; Mooney, van Staden, 1985).

I.3.3. Les huiles essentielles

Selon Amirat *et al.* (2011) l'importance des plantes médicinales et aromatiques, y compris les espèces qui accumulent des produits volatiles, est évoluée de façon continue. L'utilisation des produits naturels renfermant les huiles essentielles pour la protection des cultures a été employée régulièrement comme bio-pesticide en phyto-protection. Actuellement, les insecticides à base d'huiles essentielles font l'objet d'études pour prendre la place des

insecticides chimiques dans le domaine de la phytoprotection. Les huiles essentielles constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (Sell, 2006).

I.3.3.1. Définition, localisation et répartition des huiles essentielles

Les huiles essentielles ou huiles aromatiques sont des produits de compositions généralement assez complexes, renfermant les principes volatils obtenus à partir d'une matière première végétale (Brunechon, 1987). Elles sont classées parmi les métabolites secondaires, leur synthèse et accumulation se font généralement au niveau des structures histologiques spécialisées.

Pour la famille des Lamiaceae, elle se situe dans les poils sécréteurs, chez les Myrtaceae au niveau des poches sécrétrices ou encore des canaux sécréteurs et pour les Asteraceae, souvent localisées sur la surface des plantes. Ces huiles peuvent être stockées dans divers organes ; fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou grains (carvi) (Hernandez, 2007).

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux, environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent et en particulier les labiés (Thym, Menthe, Lavande, Origan, Sauge, etc.), les Ombellifères (Anis, Fenouil, Angélique, Cumin, Coriandre, Persil, etc.), les Myrtacées (Myrthe, Eucalyptus), les Lauracées (Camphrier, Laurier-sauce, Cannelle) (Benayad, 2008).

I.3.3.2. Composition chimique et rôles des huiles essentielles

Selon Bones et Rossiter (1996), La composition chimique des huiles essentielles est assez complexe. Les composés terpéniques et aromatiques représentant les principaux constituants. Ce sont des molécules très volatiles, de structure extrêmement complexe, synthétisées à partir d'unités méthyle-2-buta-1,3-diène (isoprène) (figure8) qui possèdent non seulement un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques (c'est-à-dire inhibiteur de la germination) mais aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction de pollinisateurs (Langenheim, 1969).

Les diverses combinaisons de ces unités, par réaction d'additions, conduisent aux terpènes, sesquiterpènes, diterpènes, mais aussi à leurs produits d'oxydation tels que les alcools, aldéhydes, cétones, éther et ester terpéniques, qui jouent un rôle prépondérant dans l'efficacité de leurs activités biologiques. Parmi les composants majoritaires des huiles essentielles, nous trouvons les terpénoïdes (Isman, 2002 et Hernández, 2007).

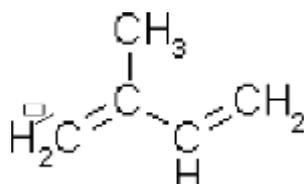


Figure 8: Structure du précurseur des HE : l'isoprène (Cheynier et Sarni-Manchado, 2006)

Les plantes ont été longtemps utilisées pour leurs nombreuses activités biologiques par les paysans, pour la saveur des aliments, pour protéger les produits récoltés (Jacobson, 1989 ; ou en phytothérapie pour leurs propriétés antiseptiques et désinfectantes entant qu'agents antimicrobiens à large spectre (Hernandez, 2007).

D'après Regnault-Roger et Hamraoui (1995), les huiles essentielles extraites des plantes ont été largement utilisées dans la lutte contre les ravageurs de stocks (Isman, 2000). Vue leurs propriétés insecticides, larvicides et ovicides, stérilisantes, antiappétentes, répulsives ont fait l'objet de plusieurs études.

Les huiles essentielles sont extraites à partir des plantes aromatiques, dont la plupart appartiennent à la famille des Lamiaceae (environ 260 genres, pour un nombre d'espèces estimé entre 6 500 et 7000 (Spichiger *et al.*, 2004).

I.3.3.3.Mode d'action des huiles essentielles

Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes (Feng et Isman., 1995).

En étant très peu rémanents, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte; cette faible rémanence permet également aux travailleurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement. Les formulations sont stables à la température de la pièce et les huiles essentielles brutes peuvent être entreposées pendant plusieurs années (Cseke et Kaufman, 1999 ; Kim *et al.*, 2006).

Les méthodes d'analyse de ces extraits ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique. De plus, Un biopesticide peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant (Isman, 2000).

Selon Feng et Isman (1995), les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés. Les extraits de plantes sollicitent simultanément plusieurs mécanismes physiologiques (par opposition à des pesticides n'ayant qu'une seule cible moléculaire), ce qui peut retarder l'apparition de populations résistantes d'insectes. Ainsi, des populations du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulz.), traitées avec des extraits purifiés de neem ont développé 9 fois leur niveau initial de résistance en 40 générations, alors que des populations traitées avec des mélanges bruts n'avaient pas développé de résistance.

I.3.3.4.L'huile essentielle d'Origan

Les plantes aromatiques et épices sont utilisées depuis des siècles dans les préparations alimentaires non seulement pour la saveur qu'elles apportent mais également pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques. Origan, thym, sauge, romarin, clou de girofle

sont autant de plantes aromatiques fréquemment utilisés comme ingrédients alimentaires. Les huiles essentielles de ces plantes ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés possèdent une forte activité antibactérienne (Anonyme, 2007).

Au sein d'une même espèce de plante, la composition de l'huile essentielle des divers individus peut présenter des profils chimiques ou chémotypes différents. L'exemple le plus marquant est celui de l'espèce sauvage *Thymus vulgaris*. Il existe en effet six chémotypes différents pour cette seule espèce. Ces différences sont au niveau de la nature du monoterpène majoritaire de l'huile essentielle qui peut être soit le géraniol, l'exterpinéol, le thuyanol-4, le linalool, le carvacrol ou le thymol (Thompson *et al.*, 2003). Ce polymorphisme chimique existe aussi pour bien d'autres espèces: *Origanum vulgare* (Mockute *et al.*, 2001).

D'après Fourment et Roques (1942) l'origan renferme jusqu'à 67% de phénols totaux dominés et par le Thymol. La teneur de l'origan en huile essentielle est de 0,4% principalement composé de sucres amers et de 8% de Tanins (Jan et Jiri, 1987).

I.3.3.4. Les principaux Constituants biochimiques de l'huile essentielle d'Origan :

Selon Dorman *et al.*, 2000, la composition chimique de l'huile essentielle varie d'une plante à une autre. Le principal facteur modifiant l'activité insecticide des HE est le type et la structure moléculaire des composants actifs présents.

Les différents composés de l'huile essentielle de l'origan sont représentés dans le tableau suivant

Composés	Famille	%	Composés	Famille	%
Alpha-thujène	Monoterpènes	0.42	Linalol	Monoterpénols	2.71
Alpha-pinène		1.34	Terpinène-4-ol	Alcools terpéniques	0.29
Camphène		0.49	Thymol méthyl-éther		0.13
Béta-pinène		0.42	Thymol	Phénols	4.09
Myrcène		1.30	Carvacrol	Phénols	66.25
Alpha-terpinène	Monoterpènes	1.26	Béta-caryophyllène	Sesquiterpènes	1.93
Para-cymène	Monoterpènes	10.71	Oxyde de caryophyllène		0.13
Eucalyptol (1,8-cinéole)	monoterpènes	0.15	Total		99.87
Gamma-terpinène	Monoterpènes	8.25			

Tableau1 Principaux constituants biochimiques de l'huile essentielle de l'origan Stylo *et al.*, (2005), ont montré que la nature antimicrobienne des huiles essentielles est apparemment liée avec leur fort contenu phénoliques en particulier en thymol et en carvacrol, ils ont prouvé que plus les teneurs en phénols sont élevées plus les huiles essentielles sont efficaces, et ils ont un large spectre d'activité sur les moisissures, les champignons filamenteux et les insectes.

I.4. Lombriculture, principe et importance :

La fertilité des sols dépend principalement de la qualité des matières organiques transformées par les organismes décomposeurs. L'efficacité de ces derniers peut être caractérisée par le taux de transformation de la matière organique, dépendant des facteurs du milieu tels que la température, l'humidité et des caractéristiques de la matière à décomposer (Champagnol F, 1980).

Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre dans le sol, jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques. En effet, les lombrics interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol (Figure 10); ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées « humus » (Rees et Castle, 2002).

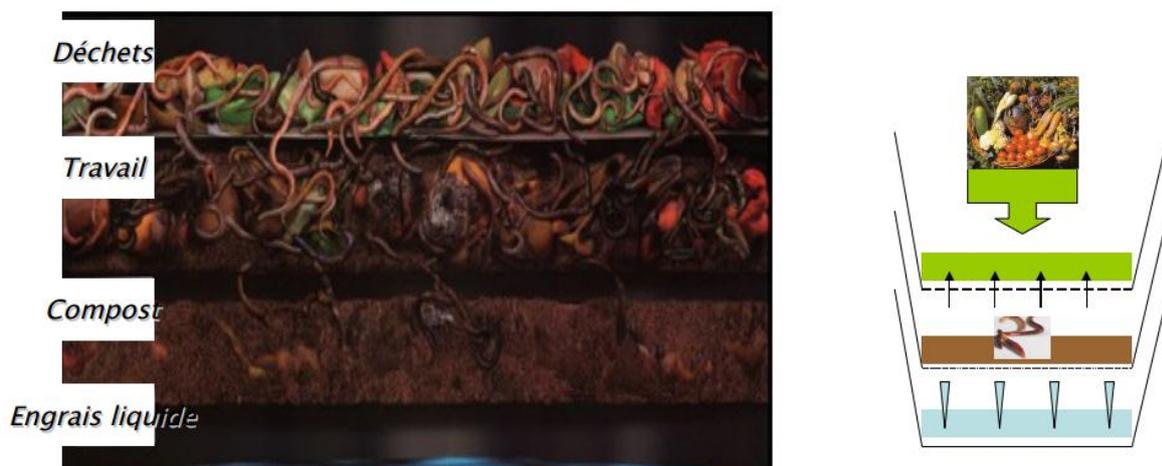
Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux disponibles dès lors pour les plantes cultivées. Si la gestion des populations de vers de terre peut être considérée comme une méthode culturale efficace pour pallier le manque de fertilité des sols, la mise en œuvre de la lombriculture permet de combiner plusieurs avantages (Moreno et Paoletti, 2000).

En plus de la transformation de matières organiques très diverses, le lombricompostage engendre la production de deux types de produits valorisables : la biomasse en vers de terre et le lombricompost (Paoletti et Dufour et al, 2000).

Le premier produit peut être utilisé pour l'alimentation de certains animaux d'élevage, le second fournit un amendement homogène et efficace permettant d'accroître la fertilité des sols en utilisant les matières organiques disponibles. De plus, le lombricompost présente des niveaux de contamination en microorganismes pathogènes bien plus faibles que le compost conventionnel (Santos, Oliveira et al, 1976).

La lombriculture représente une technologie appropriée afin de valoriser les résidus de cultures ainsi que d'autres déchets végétaux mélangés aux déjections animales provenant de l'exploitation agricole (Hassan et al., 2010).

Lorsque que le sol ait passé à travers le tube digestif d'un vers de terre, les nutriments du sol peuvent être changés en une forme plus accessible aux plantes. Ainsi, la présence de vers de terre fait habituellement du sol un environnement plus favorable à la croissance des plantes (Fraser, 1999).



**Figure 10 : Des vers rouges (*Eisenia fetida*) mangent des déchets organiques, tels que les pelures de légumes, puis excrètent du fumier de vers.
(Sherman, Rhonda, 2000)**

I.5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)

Certains mécanismes de défense des plantes sont constitutifs, alors que d'autres sont induits lorsque la plante a reconnu un micro-organisme (reconnaissance très spécifique de type « gène à gène ») ou l'un de ses composants (reconnaissance moins spécifique d'un « éliciteur »). Ces phénomènes de reconnaissance vont alors enclencher la production de signaux et de messagers chimiques végétaux, qui à leur tour régulent les modifications de l'expression de gènes végétaux. Parmi ces derniers, on peut citer ceux qui sont impliqués dans la biosynthèse de petites molécules à activité antibiotique ou de composés allant renforcer la paroi pecto-cellulosique ainsi que tout un ensemble de gènes codant pour des protéines très résistantes, les protéines PR (pour 'pathogenesis-related'), qui présentent de fortes activités antimicrobiennes directes et/ou indirectes. (Olivier, Bernard ,2010)

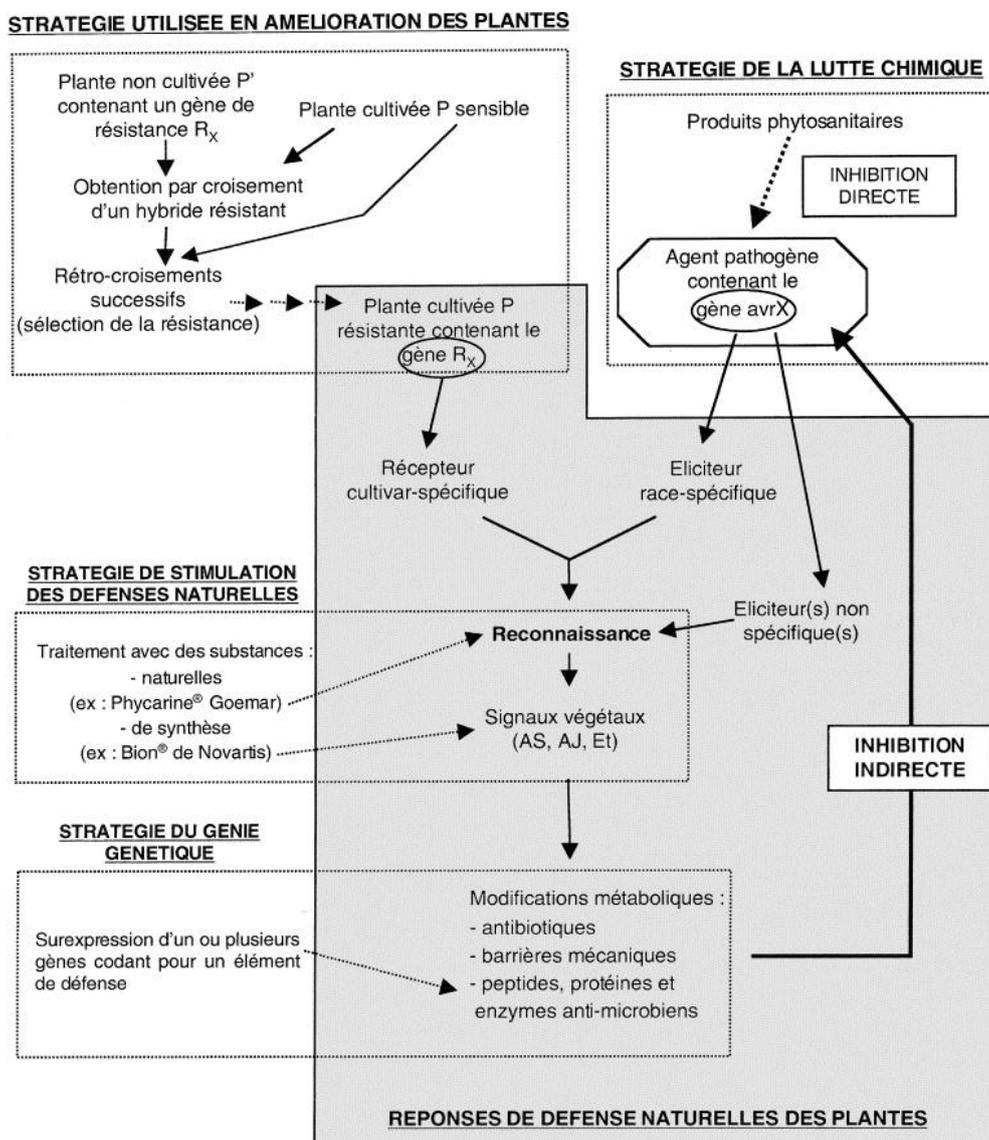


Figure 11. Quelques stratégies de protection des plantes basées sur la stimulation de leurs défenses naturelles. (Olivier et Bernard ,2010)

Contrairement à la stratégie de la lutte chimique classique à base de pesticides qui agissent directement sur une ou plusieurs cibles du micro-organisme pathogène, les autres stratégies sont basées sur un mode d'action par l'intermédiaire des défenses de la plante. Les défenses naturelles les plus efficaces connues chez les plantes sont activées lorsque celles-ci contiennent un gène de résistance *Rx* codant pour la reconnaissance d'un gène *avrX* présent chez le micro-organisme pathogène. Cette reconnaissance spécifique déclenche une cascade de signaux qui vont activer les gènes de défense de la plante dont les produits, agissant en synergie, vont permettre de confiner voire de tuer l'agresseur. Des gènes de résistance de type *Rx*, présents chez des espèces sauvages ou peu cultivées sont introduits par rétrocroisements successifs dans des variétés d'intérêt agronomique initialement sensibles à des agents pathogènes contenant des gènes de type *avrX*. A l'heure actuelle, les approches de biotechnologie sont essentiellement axées sur la partie aval de la cascade de stimulation des défenses naturelles et consistent à surexprimer un ou plusieurs gènes de plante codant chacun pour un peptide ou une protéine antimicrobienne. Enfin, en l'absence de gène de résistance de type *Rx*, on peut néanmoins stimuler les défenses naturelles chez les plantes en les traitant avec des produits chimiques mimant des signaux végétaux (exemple : le Bion de Novartis qui mime l'action de l'acide salicylique) ou avec des substances naturelles mimant des éliciteurs non spécifiques (exemple : Phycarine de Goemar à base de glucanes d'algues marines qui miment l'activité de β -1,3-glucanes fongiques). (Olivier, Bernard, 2010)

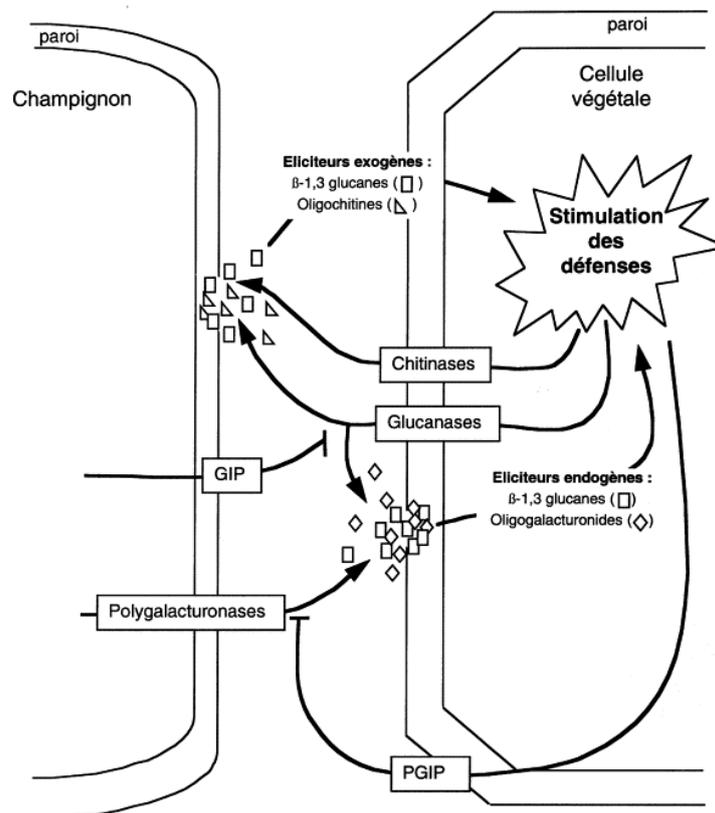


Figure 12. Production d'éliciteurs oligosaccharidiques lors d'une interaction plante-champignon pathogène (Olivier et Bernard, 2010)

Cet aspect de l'interaction témoigne bien du « bras de fer » auquel se livrent les deux protagonistes. Après perception de l'agent pathogène, la plante active ses défenses (voir [figure 12](#)), parmi lesquelles la production d'enzymes hydrolytiques de type chitinase et

β -1,3-glucanase qui vont attaquer des constituants pariétaux (respectivement chitine et glucane) du champignon. Cela est défavorable au champignon qui peut produire des inhibiteurs (GIP pour 'glucanase inhibiting protein') des β -1,3-glucanases végétales et fourbir ses propres armes, par exemple produire des polygalacturonases qui attaquent les pectines présentes dans les parois de cellules végétales. En parade à cette autre offensive du champignon, la plante fabrique des inhibiteurs de ces polygalacturonases (PGIP) qui vont non seulement ralentir leur action destructive mais aussi permettre la production de fragments oligogalacturonides de taille plus grande, et ces fragments d'origine végétale (d'où le nom d'éliciteurs « endogènes ») sont des signaux que la plante sait percevoir pour amplifier ses réponses de défense. Cette amplification est renforcée par la capacité des cellules végétales à percevoir également des oligomères de chitine et de glucanes, des éliciteurs exogènes qui résultent de l'attaque des parois fongiques par les chitinases et glucanases végétales. (Olivier et Bernard, 2010)

1.5.1. Caractéristiques générales des SDN :

Les SDN ont par nature des caractéristiques en commun. Ainsi, ils sont inactifs sur l'agent pathogène puisqu'ils agissent sur la plante. Ce critère est très fréquemment utilisé en laboratoire pour les discriminer.

Par exemple, l'équipe de M. Couderch a travaillé sur un SDN inactif qui est appliqué directement sur le champignon *Botrytis cinerea*, même à très forte dose (Couderchet *et al.*, 2003).

Deuxième caractéristique, les changements observés au niveau biochimique sont identiques à ceux naturellement présents dans les plantes. C'est également un critère utilisé au laboratoire, avec une dimension quantitative puisque la mesure de ces molécules qui marquent une résistance induite renseigne sur l'efficacité du SDN.

Les molécules mesurées peuvent être des protéines PR (Couderchet *et al.*, 2003 ; Amborabé *et al.*, 2004), une enzyme intervenant dans la synthèse de l'acide salicylique, la PAL (Amborabé *et al.*, 2004), une phytoalexine (Jeandet *et al.*, 1996) ou des peroxydases qui participent à la production d'espèces actives de l'oxygène (Martinez *et al.*, 1999).

À ces caractéristiques intrinsèques s'ajoutent des propriétés qui leur sont liées. Ainsi, les SDN sont généralement dépourvues de toxicité pour les êtres vivants et pour l'environnement, ils sont complètement biodégradables.

1.6. Intérêt en protection des plantes :

Les SDN sont donc une nouvelle voie que la science a ouverte dans le domaine de la protection des plantes. Il reste cependant à bien préciser leur intérêt pour l'agriculture, aussi bien sur les plans technique qu'environnemental

1.6.1. Intérêt technique :

Les SDN induisent les réactions de défense de la plante, qui mobilise alors ses moyens propres. Or le plus souvent il s'agit d'une résistance systémique acquise, qui est efficace contre un large spectre d'agresseurs. C'est un confort pour l'agriculteur qui réalise, en même temps, une économie du nombre de passages au champ par rapport à l'application de plusieurs autres interventions ciblées. De plus, ce large spectre de résistance permet d'envisager une

lutte contre les viroses et les phytoplasmoses contre lesquelles on ne possède actuellement aucun traitement conventionnel. Les SDN sont aussi souvent efficaces sur un grand nombre de cultures, ce qui peut sauver des cultures mineures pour lesquelles le nombre de produits phytosanitaires disponibles est quasi-nul. Parce qu'ils ont un mode d'action indirect, il semble impossible que les SDN entraînent des résistances (qui seraient en fait des résistances aux propres systèmes de défense de la plante) (Gullino *et al.*, 2000; Lyon et Newton, 1997).

L'utilisation des SDN en alternance avec des produits phytosanitaires « classiques » permettrait d'éviter ou de retarder l'apparition de résistances à ces produits et donc augmenterait leur durabilité. Or c'est là un enjeu majeur de la protection des plantes pour les années à venir. Il y aurait un effet de synergie intéressant à exploiter, permettant de réduire encore plus le nombre de traitements fongicides grâce au gain d'efficacité. (Gullino *et al.*, 2000, Jeandet *et al.*, 1996).

1.6.2. Intérêt environnemental :

Les SDN sont le plus souvent des analogues ou des dérivés de molécules naturelles, efficaces à très faible dose et avec un profil éco-toxicologique généralement bon (certains sont même exempts de classement toxicologique et éco-toxicologique, comme Iodus 40 R).

Ce sont donc des molécules très respectueuses de l'environnement, ce qui est crucial quand on sait qu'il s'agit d'une préoccupation majeure du public comme des pouvoirs publics et des agriculteurs.

Par conséquent, elles n'ont généralement pas de contraintes de limite maximale de résidus (LMR) et de délai avant récolte (DAR) d'où une meilleure flexibilité pour l'utilisateur.

Enfin, les SDN sont une méthode de lutte qui complète bien les autres méthodes utilisées, comme la lutte chimique mais aussi la lutte biologique (les SDN n'ont aucun effet sur les auxiliaires), la sélection variétale, les pratiques culturales. Elles ont donc leur place dans les programmes de gestion intégrée des ravageurs (Integrated Pest Management ou IPM) qui se développent de plus en plus notamment dans une optique de respect de l'environnement (Jeandet *et al.*, 1996).

1.6.3. Place dans l'agriculture contemporaine :

Il reste la question importante de la place que les SDN peuvent prendre dans l'agriculture contemporaine, notamment face à la lutte chimique « classique ». Nous pensons qu'il serait illusoire de vouloir remplacer l'un par l'autre, d'autant qu'une cohabitation semble bénéfique, que ce soit au sein d'un programme de lutte ou d'une formulation. Or il y a des cultures pour lesquelles le programme de lutte est très chargé (comme la vigne et ses 20 traitements fongicides par an) et où le remplacement de 2 ou 3 traitements par des SDN pourrait être envisagé (Delorme, 2005).

Ce serait déjà d'un intérêt évident pour les raisons environnementales et techniques évoquées précédemment et « éthiquement satisfaisant » (Delorme, 2005).

Autre exemple, sur des cultures à cycle court comme le chou-fleur d'automne ou le chou-fleur Romanesco, un traitement SDN conférant une protection durable (30 jours) serait suffisant pour lutter contre le mildiou et remplacerait plusieurs traitements fongicides, avec en plus un gain économique (Ziadi *et al.*, 2001).

Enfin, les SDN ont un rôle important à jouer dans les programmes de lutte intégrée, ceux-là même qui tendent à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires classiques », notamment en leur apportant une nouvelle approche, un complément d'efficacité et une plus grande flexibilité (Lyon et Newton, 1997).

L'utilisation des SDN ne peut se faire que par des agriculteurs suffisamment au point techniquement, pour les raisons suivantes :

- il faut compter un certain délai avant que la réaction de la plante soit efficace ;
- il s'agit de traitements préventifs qui doivent si nécessaire être renforcés par des traitements curatifs « classiques » ;
- l'efficacité des SDN est variable ;
- l'effet des SDN n'est encore pas tout à fait connu, il reste des zones d'ombre qu'il faudra explorer.

Cela correspond à une vision d'une agriculture technicienne, plutôt intégrée et non intensive.

Chapitre II: Matériel et méthodes

II.1.Objectif

Les plantes sont constamment exposées et menacées par les ravageurs et micro-organismes présents dans leur environnement. La lutte contre ces ennemis des cultures s'est faite grâce à des pesticides chimiques. Ces interventions phytosanitaires présentent des effets néfastes sur l'environnement et favorisent le développement des insectes nuisibles résistants aux matières actives utilisées. Face à ces problèmes et à l'attitude des consommateurs sensibilisés aux complications de santé liés aux résidus de pesticides dans les denrées alimentaires exigeant ainsi des produits de qualité, de nouvelles stratégies de protection basée sur l'utilisation des bioproduits (bio-pesticides et bio-fertilisants) sont devenus en vogue.

Dans le cadre de la recherche sur les procédés de lutte biologique, l'utilisation de nouvelles formulations d'extraits naturels de plantes et des stimulateurs des défenses naturelles d'un lombricompost offre une certaine éventualité.

L'objectif de nos recherches est d'évaluer l'effet insecticide d'une huile essentielle et un produit chimique de synthèse d'une part et l'effet stimulateur des défenses naturelles d'un bio-fertilisant pur et d'un bio-fertilisant ratio d'une autre part sur la structuration populationnelle de *Chaitophorus leucomelas*.

II.2.Présentation de la région d'étude

II.2.1.Situation géographique

La Mitidja est une vaste plaine littorale étroite du Nord. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 et 20 kilomètres, elle couvre une superficie de 150 000 ha. Elle correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued NADOR et à l'Est par l'Oued BOUDOUAOU et bordée par deux zones élevées : le Sahel au Nord et l'Atlas au Sud. La Mitidja se situe à une latitude Nord moyenne de 36 à 48° et une altitude moyenne de 30 et 50 mètres. La plaine ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée (Loucif et Bonafonte, 1977) (figure 13).

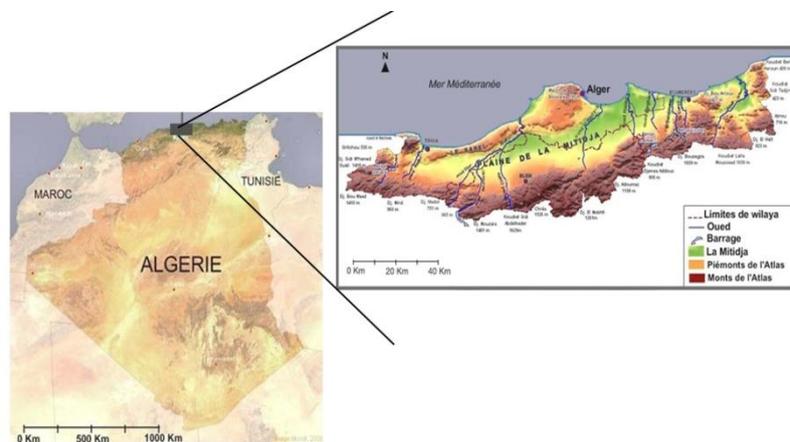


Figure13: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja (Allal-Benfekih, 2006).

II.2.2. Bioclimat de la région d'étude

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen extra-tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines, et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (Allal–Benfekih, 2006).

Les précipitations annuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été. Elles varient de 600 mm à 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (Bagnouls et Gaussen, 1953). Cette distribution inégale des précipitations au cours d'un cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche conditionnent les activités biologiques des ravageurs. Les précipitations annuelles ont lieu principalement durant l'hiver et le printemps, c'est en été, saison sèche que les plus faibles précipitations sont enregistrées.

Sur le plan thermique, Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 4,49 °C et 4,48 °C, et une température moyenne maximale de 20,31 °C et 22,56 °C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 37,2°C et 37,00°C et de 20,54°C suivie de 22,01 °C comme températures moyennes minimales.

Le diagramme Ombrothermique établie pour la période (1995 à 2010) se caractérise par deux périodes fondamentales: l'une humide de sept mois s'étalant de janvier à avril puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre. Alors que pendant l'année d'étude 2010, on peut constater une période de sécheresse de cinq mois entre mai et septembre. et une autre saison froide et humide caractérisée par une pluviosité élevée, s'étalant d'octobre à avril (Tchaker, 2011).

II.3. Présentation du site d'étude

Notre travail expérimental a été réalisé au niveau de l'aire de repos de Boumedefaa la wilaya de Aïn-defla qui se trouve environ 52,91 KM de Blida sur des essences d'alignement de *Populus nigra* âgées de 2 à 3 ans, elle a été retenue les applications phytopharmaceutiques (bio-fertilisants, Matière bioactive et matière active) (figure 14).

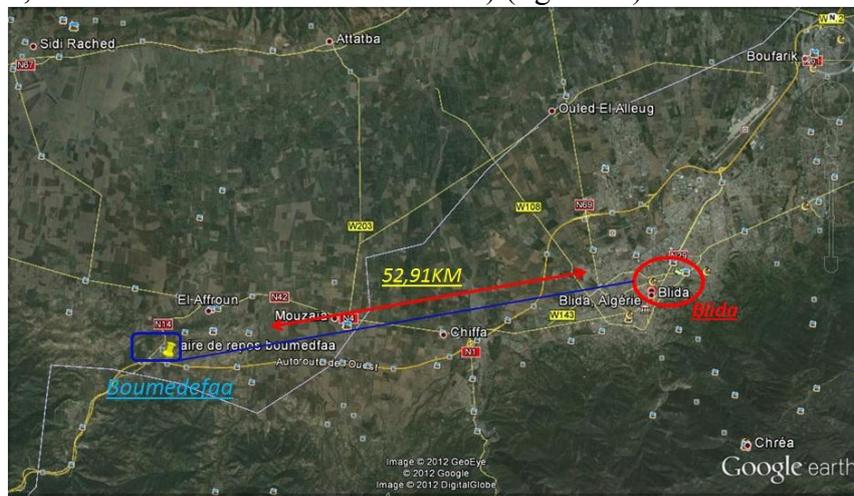


Figure 14.: Présentation des sites d'études

Source support : Google Earth, 2011

II.4. Matériel d'étude

II.4.1. Matériel biologique

II.4.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de notre expérimentation appartient à l'espèce herbacée spontanée *Silena fuscata* (Caryophyllacées). Cette espèce a été retenue pour cet aspect d'étude dont les extraits aqueux ont été utilisés comme bio-adjuvant. Les spécimens ont été récoltés de la région de Soumâa durant la période printanière coïncidant avec le stade de floraison.

II.4.1.2. Matériel animal

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des produits appliqués c'est limité aux différents individus des générations Fondatrigenes de *Chaitophorus leucomelas* (Aphididae, Homoptera) évoluant sur les feuilles de *Populus nigra*.



Figure15.: Les différents phénotypes de *Chaitophorus leucomelas* (G x20) (Originale, 2012).

a: femelle ailée, b: femelle aptère, c: larves

II.4.1.3. Huile essentielle

C'est une formulation liquide à base d'huile essentielle complète d'origan du principe actif dans le produit fini est à 14%. Dans cette formulation l'activité du principe actif est favorisée par un mélange d'agent mouillants, plastifiants et des pénétrants. La formulation finale est utilisé à 1/1000 (huile essentielle formulée/eau).

II.4.1.4. Bio-fertilisant

C'est une formulation liquide à base de jus de lombricompost du principe actif dans le produit fini est à 5%. Dans cette formulation l'activité du principe actif est favorisée par un mélange d'agent mouillants, plastifiants et des pénétrants. La formulation finale est utilisé à 2/1000 (biofertilisant formulée/eau).

II.4.1.5. Ratio jus de lombricompost brute/extraits aqueux *Silena fuscata* :

Le jus de lombric brute, récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée des

nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost additionné avec l'extrait aqueux de *Silene fuscata*. Le ratio du mélange est de 3 volumes/1 volume

II.4.1.6. Produit de synthèse

Les individus de *C. leucomelas* ont été soumis à un pesticide de synthèse à base de deux matières actives (Thiamethoxam / Lambdacyhalothrine), ce modèle neurotoxique est doté de trois modes d'action (contact, ingestion et systémie), en bloquant la perméabilité membranaire et l'ouverture des canaux sodiques. Il se présente en capsules et dispersés dans une solution aqueuse concentrée. Une dose homologuée (4ml/l) a été appliquée.

II.5. Méthodes d'étude

A partir du matériel biologique animal arrêté nous avons essayé de vérifier et d'évaluer l'efficacité des produits phytopharmaceutiques (bio-fertilisants, matière bioactive et matière active) sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* inféodées aux peupliers noire. Pour ce faire, l'effet comparé des produits phytosanitaire de l'huile essentielle à base de l'origan et de la matière active (Thiamethoxam / Lambdacyhalothrine) ont été évalué. De plus l'effet comparé des bio-fertilisants un jus de lombric formulé et un jus de lombric en combinaisons avec un bio-adjuvant de *Silena fuscata* (Caryophyllacées) a été estimé comme le montre le schéma directeur (figure 16).

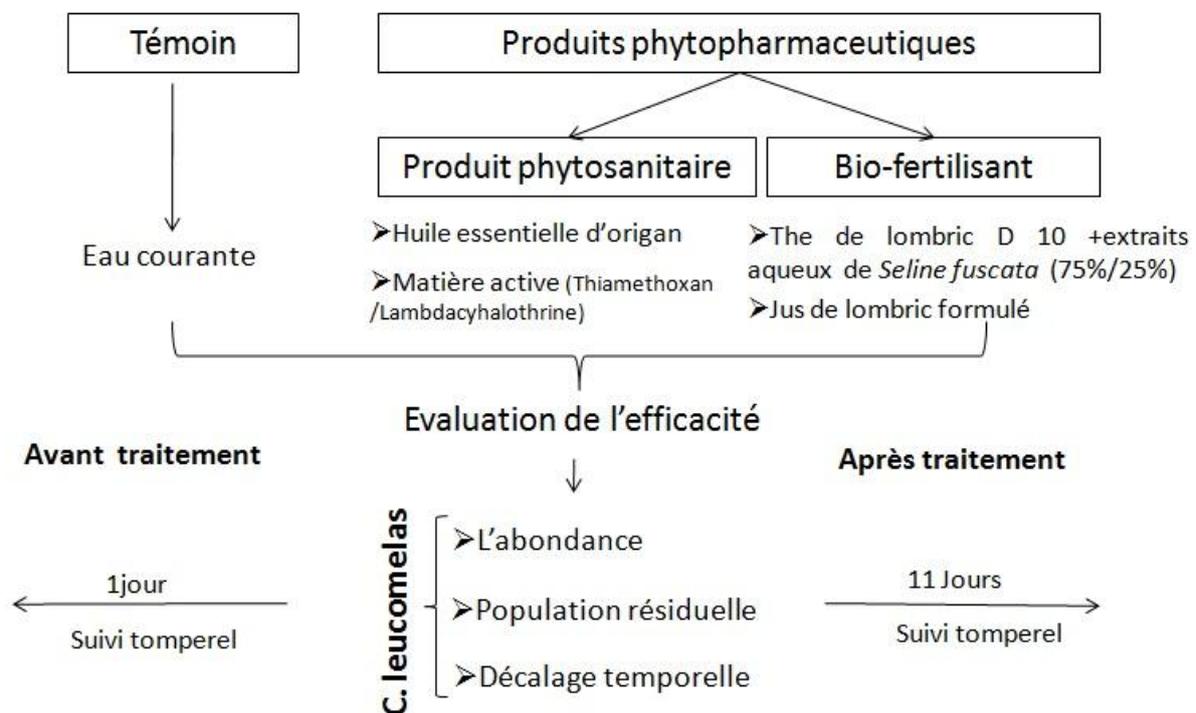


Figure 16. : Schéma récapitulatif des traitements appliqués.

II.6. Préparations des extraits aqueux

Une plante a été sélectionnée pour l'étude, il s'agit de *Silena fuscata*. La plante récoltée est séchée à l'air libre sous abri de la lumière et de l'humidité. Après l'opération de séchage, la plante a été réduite en poudre dans un broyeur à hélice. Une macération aqueuse a été effectuée où 20g de poudre a été additionné à 250ml d'eau distillée stérile, disposée dans des flacons hermétiques et stériles, et soumise à une agitation horizontale pendant 72h à la température ambiante. Après 72h, les homogénats ont été filtrés d'abord à l'aide de compresses stériles, puis par le biais du papier wattman (N°1).

L'extrait brut obtenu a été ensuite préservé aseptiquement dans des bouteilles de Roux stériles de 25cm³, entourées par du papier aluminium afin de s'éviter toute dégradation des molécules par la lumière puis conservé dans le réfrigérateur pour une utilisation ultérieure.

II.7. Dispositif expérimental et application des traitements

Au niveau la station choisie pour réaliser cette étude nous avons installé des transects végétaux qui seront considérés comme des blocs expérimentaux (bloc traité et bloc non traité). Les produits sont pulvérisés sur 15 arbres de *Populus nigra* infestés par *Chaitophorus leucomelas* pendant la période printanière (02Juin 2012).

Au niveau du bloc traité, le premier transect a subi un traitement biologique à base de l'huile essentielle d'origan à une dose de 1ml. /l. Le deuxième transect a subi un traitement chimique à base de la matière active (Thiamethoxam / Lambdacyhalothrine) à la dose homologuée soit 4ml. /l.). Le troisième transect reçu un traitement aubio-fertilisant à base de jus de lombricompost formulé à une dose de 2ml. /l. .Alors que le dernier transect a reçu un traitement au bio-fertilisant à base de jus de lombricompost brute en combinaison aux extraits aqueux de *Silena fuscata* à une dilution 75% de jus de lombricompost D10 et 25% d'extrait aqueux de *Silena fuscata*. pris autant que bio-adjuvant

Pour le bloc témoin, les essences de *Populus nigra* ont subi une pulvérisation à l'eau courante. Le suivi des populations de *Chaitophorus leucomelas* a été réalisé selon les prélèvements effectués au niveau des autres blocs traités.

Les applications ont été répétées trois fois. Le suivi des populations a été maintenu pendant 12 jours dès application des traitements (Figure 17)

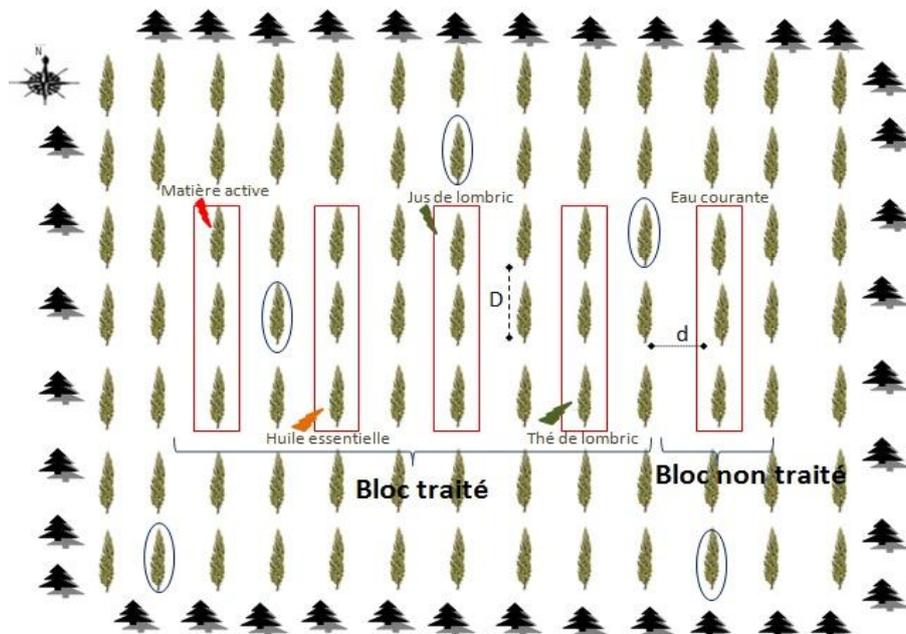


Figure 17 : Localisation des peuplements retenus pour l'étude et dispositif expérimental des traitements (Originale 2012)

Légende:  : Peuplier noire ;  : Arbre arrachés  : Essence

D ; distance entre chaque arbre traités : 3 m, d : distance entre chaque ligne d'arbre traités 5 m.

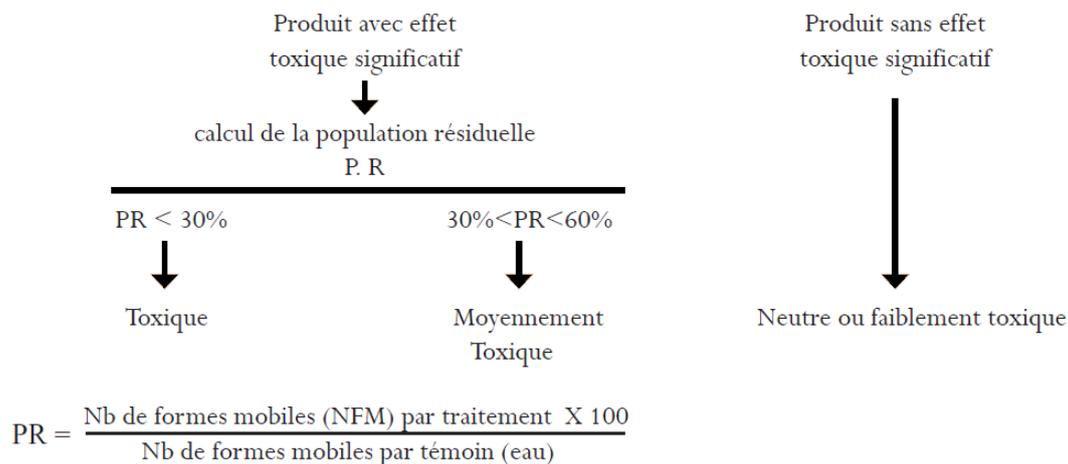
II.8. Technique de prélèvements et d'évaluation

L'échantillonnage a été mené selon la méthode des transects proposé par Frontier (1983). A partir des 15 arbres obtenus par les biais des placeaux d'observation, nous avons prélevés trois feuilles de chaque direction cardinale à un intervalle de 12 jours. Tous les prélèvements et observations ont été réalisés à hauteur d'homme, les feuilles sont placées dans un sac en plastique, pour l'identification des sachets une étiquette sur chacun portant toutes les informations nécessaires (date de prélèvement, N° d'arbre, la direction, N° du bloc, ... etc.) et indispensable. Les individus de *Chaitophorus leucomelas* échantillonnés vont nous servir

pour évaluer l'abondance, la densité des populations résiduelles et enfin le décalage temporel aux différents régimes de stress appliqués.

II.9. Evaluation des populations résiduelles de *C. leucomelas*

L'évaluation de l'effet des traitements appliqués ont été estimés par la comparaison des populations résiduelles (P.R.) selon le Test de DUNNETT (Magali, 2009)



II.10. Analyses statistiques

II.10.1. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (classes de précipitations, classes d'altitude, type de végétation, présence-absence de mauvaises herbes, etc...), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories.

II.10.2. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.) (Ter Braak et Prentice, 1988). Dans cette analyse, les espèces sont groupées selon leur groupe fonctionnel ou leur guild. A partir des trois premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique des espèces est réalisée dans le but de détecter des discontinuités inter-communautés.

Chapitre III: Résultats

III.1.Estimation de l'activité insecticide des produits phytopharmaceutique sur la disponibilité de *Chaitophorus leucomelas*

III.1.1. Évolution temporelle des populations de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des traitements insecticides

La variation de la structuration des générations Fondatrigènes de *Chaitophorus leucomelas* a été évaluée sous l'effet d'une huile essentielle à base d'origan et d'un produit de synthèse Thiamethoxame/Lambdacyhalothrine.

III.1.1.1. Évolution temporelle de l'efficacité de l'huile essentielle et de la matière active sur la disponibilité de *Chaitophorus leucomelas*

L'abondance de différents stades de ravageur est évaluée à travers la différence entre la densité des individus avant et après traitement. Une projection a été réalisée en faisant ressortir la variation structurale des différents stades sous l'effet d' choc de la matière active et de l'huile essentielle en fonction du temps.

La matière active Thiamethoxame/Lambdacyhalothrine montre une action similaire toxique très remarquable sur la disponibilité des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* mais avec une gradation de toxicité allant femelles ailées, femelles aptères, puis les larves, où on observe une chute jusqu'au niveau nul s'étalant sur une période de sept jours après l'application de traitement. Au-delà de cette période nous remarquons une reprise d'activité biotique relative à une augmentation du nombre d'individus (Figure 18.a).

L'abondance de tous les stades signale un abaissement très important après les premières 24h qui suit l'utilisation de l'huile essentielle, cet effet dur jusqu'au septième jour d'exposition. Puis il est intéressant de constater une augmentation de densité assez modéré (figure18. b). Comme nous pouvons signaler que l'huile essentielle appliqué exerce un effet toxique important sur le stade larvaire comparé au stade adulte (femelle ailée et aptère) (figure 18 b).

La fluctuation temporelle des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* des blocs non traités reste à un niveau assez élevé durant toute la période de l'essai comparant aux blocs traités (figure 18. c).

Dans un autre contexte, l'application de Thiamethoxame/Lambdacyhalothrine on montré un effet répressif sur les différents stades des populations de *Chaitophorus leucomelas* si elle est comparé à l'huile essentielle ; De même, le test nous indiquons que la disponibilité des populations restent toujours important chez le bloc témoin (Figure 18.a, b et c).

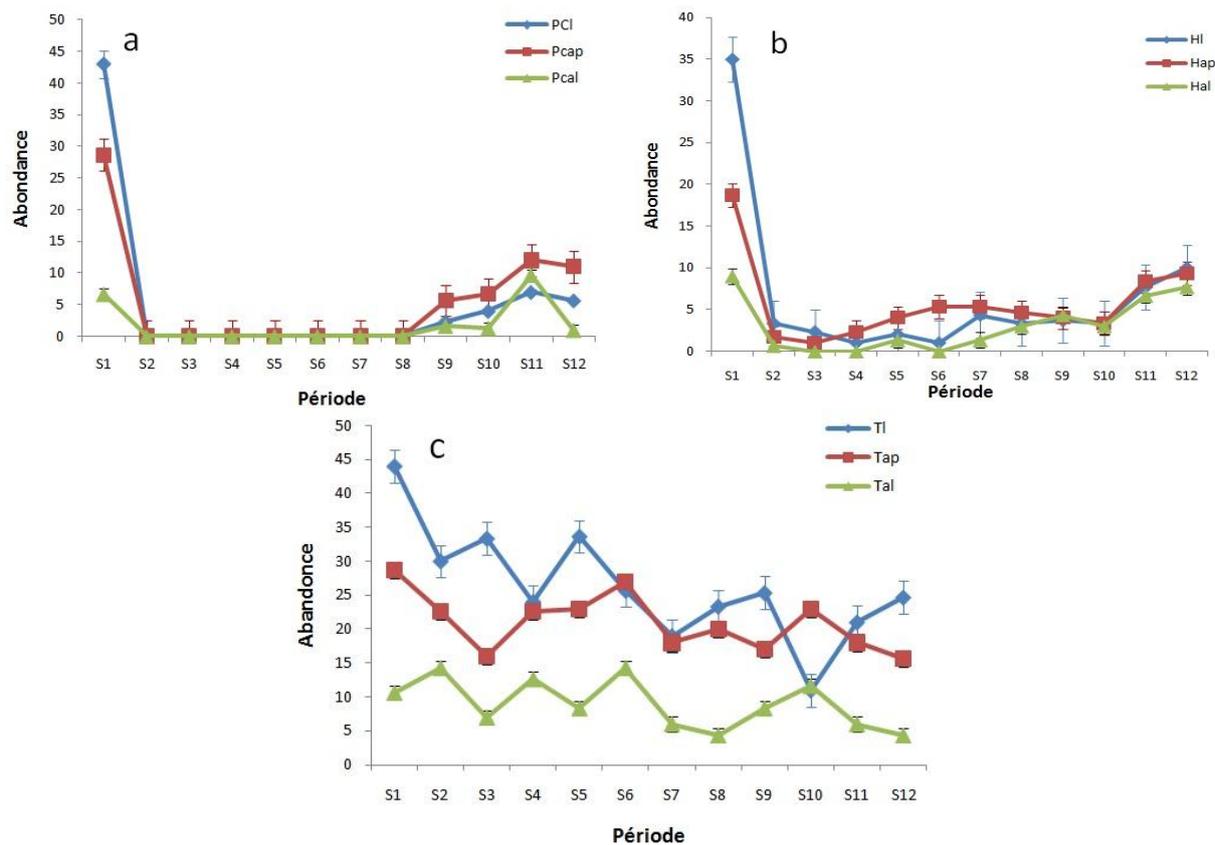


Figure 18: effet d'une huile essentielle et du pesticide sur la densité des Fondatrigènes de *Chaitophorus leucomelas*

T : Témoin, H: Huile essentielle, ph : matière active l : Larve, ap : femelle aptère, al : femelle ailée

III.1.1.2. Évolution temporelle de l'efficacité des bio-fertilisants sur la disponibilité de *Chaitophorus leucomelas*

La variation temporelle de la densité de *Chaitophorus leucomelas*, a été évaluée sous l'action de deux bio-fertilisants, un jus de lombric formulé et un bio-fertilisant ratio thé de lombric D10 /*Silène fuscata*.

La densité des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* a tendance à s'affaiblir d'une façon très importante après les premières 48h d'exposition au jus de lombric formulé. Le graphe (Figure 19.a) montre que le traitement utilisé à un effet semblable sur les tous les stades traités, avec une action très marquée sur les larves et les femelle aptères comparées aux femelles ailées. Les mêmes résultats montrent que les densités de ravageur restent limitées presque jusqu'à la fin de suivi où on commence à constater une élévation trop timide (Figure 19.a).

La figure 19.b présente l'évolution temporelle de l'abondance de ravageur sous l'effet de l'application de bio-fertilisant ratio thé de lombric D 10/*Silene fuscata*. On observe que la disponibilité des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* est vraiment faible dans les 10 jours qui suivent l'application de traitement, et son évolution a commencé faiblement au-delà de cette période (Figure 19.b).

Pour le témoin on note que la densité de ravageur demeure importante durant toute la période d'investigation (Figure 19.c).

A travers l'application des bio-fertilisant sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* le résultat montre que le jus et le thé de lombric présentent une toxicité similaire qu'est évoluée vers une reprise modérée à la fin de suivi (19.a.b).

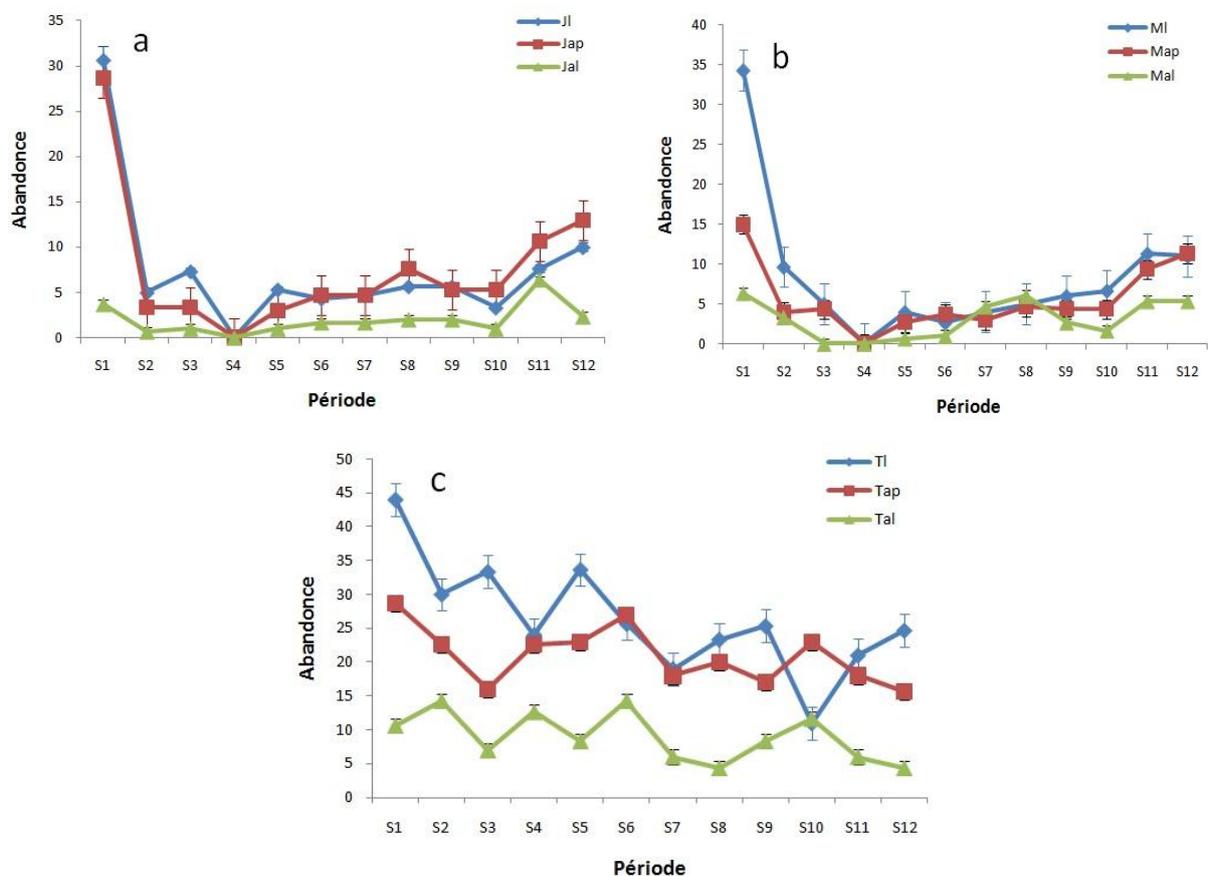


Figure 19: effet d'un thé de lombric et jus de lombric formulé sur la densité des Fondatrices de *Chaitophorus leucomelas*

T : Témoin, J : jus de lombric, M : thé de lombric, l : Larve, ap : femelle aptère, al : femelle ailée

III.1.2. Effets des produits phytosanitaires sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

III.1.2.1. Effets d'huile essentielle et de la matière active de synthèse sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer et al., 2001) est satisfaisante dans la mesure où plus de 90 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Figure 20.).

La projection des variables par l'axe 1 montre que la densité des femelles ailées se distingue nettement des densités des femelles aptères et des larves. La tendance et l'écart des vecteurs confirment que l'effet toxique de l'huile essentiel est comparable sur les larves et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées. L'axe 2. (8,23%) désigne l'effet temporel de traitement sur la disponibilité où montre l'effet précoce de ce dernier (Figure 20.a).

L'analyse multivers indique que la densité des femelles ailées se distingue clairement des densités des femelles aptères et des larves. La tendance et l'écart des vecteurs confirment que l'effet toxique de l'huile essentielle est comparable sur les larves et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées. L'effet temporel de traitement montre un effet précoce sur la disponibilité de *Chaitophorus leucomelas* (Figure 20.b).

Le graphe (Figure 20.c) nous permis d'observer une grande disparité entre la densité des laves et a densité de stade adulte (femelles ailées et aptères), dans la mesure où la projection des vecteurs des larves d'une part, et des femelles d'autre part, sont très espacées.

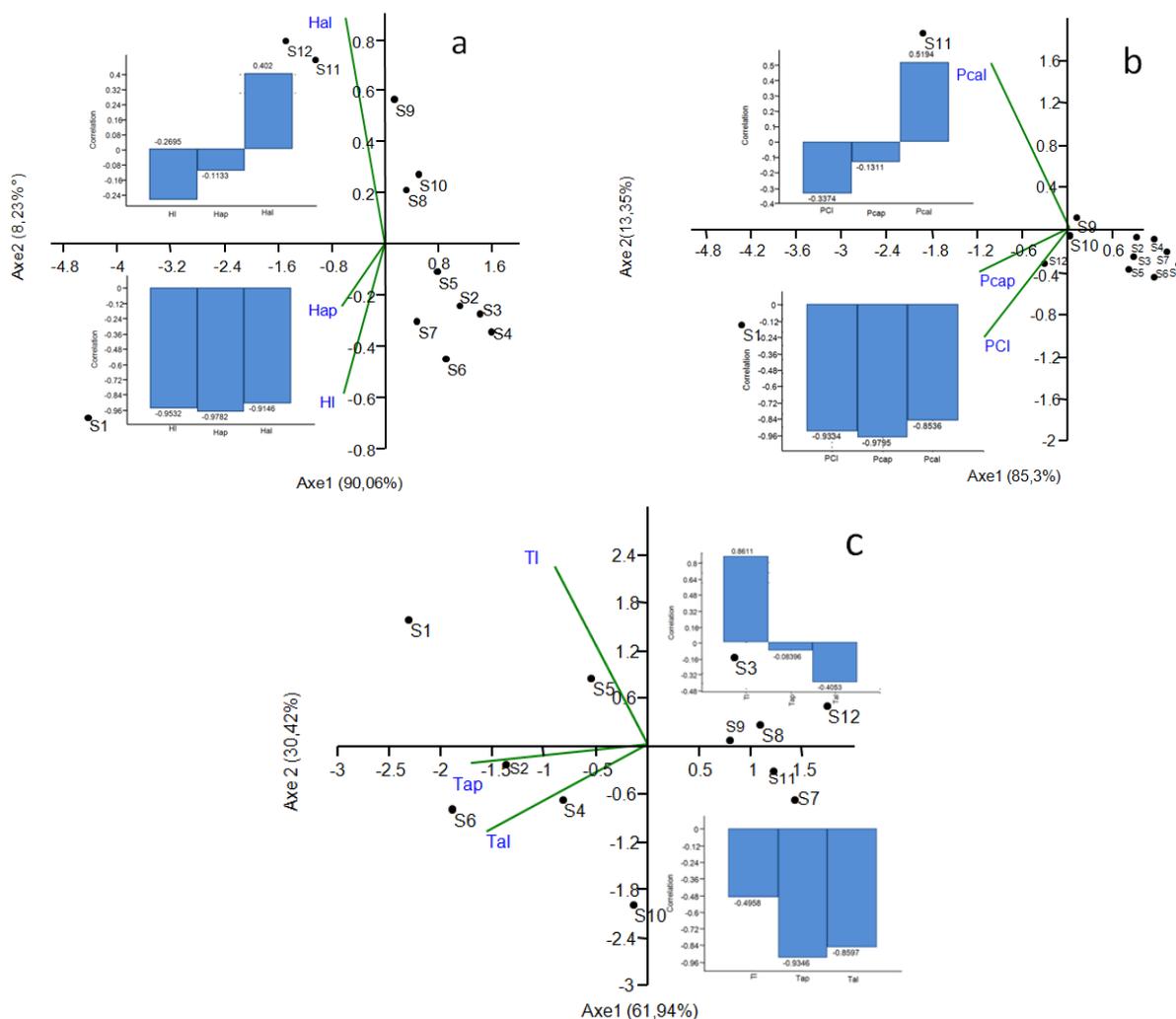


Figure 20: Analyse multivariée «ACP» représentant les populations de *C leucomelas* sous l'effet des produits phytosanitaire.

Hess : huile essentielle, PCHI : produit chimique, femal : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S : Sortie, T : témoins

III.1.2.2. Effets de jus de lombricompost formulé et du ratio jus de lombric/ silène sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

Dans l'analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les interactions de la densité et l'action des bio-fertilisant.

L'analyse multivers indique que la densité des femelles ailées se distingue clairement des densités des femelles aptères et des larves. La tendance et l'écart des vecteurs confirment que l'action stimulatrice de mélange est comparable sur les larves et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées, qui présentent un effet négatif sur la disponibilité de *Chaitophorus leucomelas* (Figure 21. a).

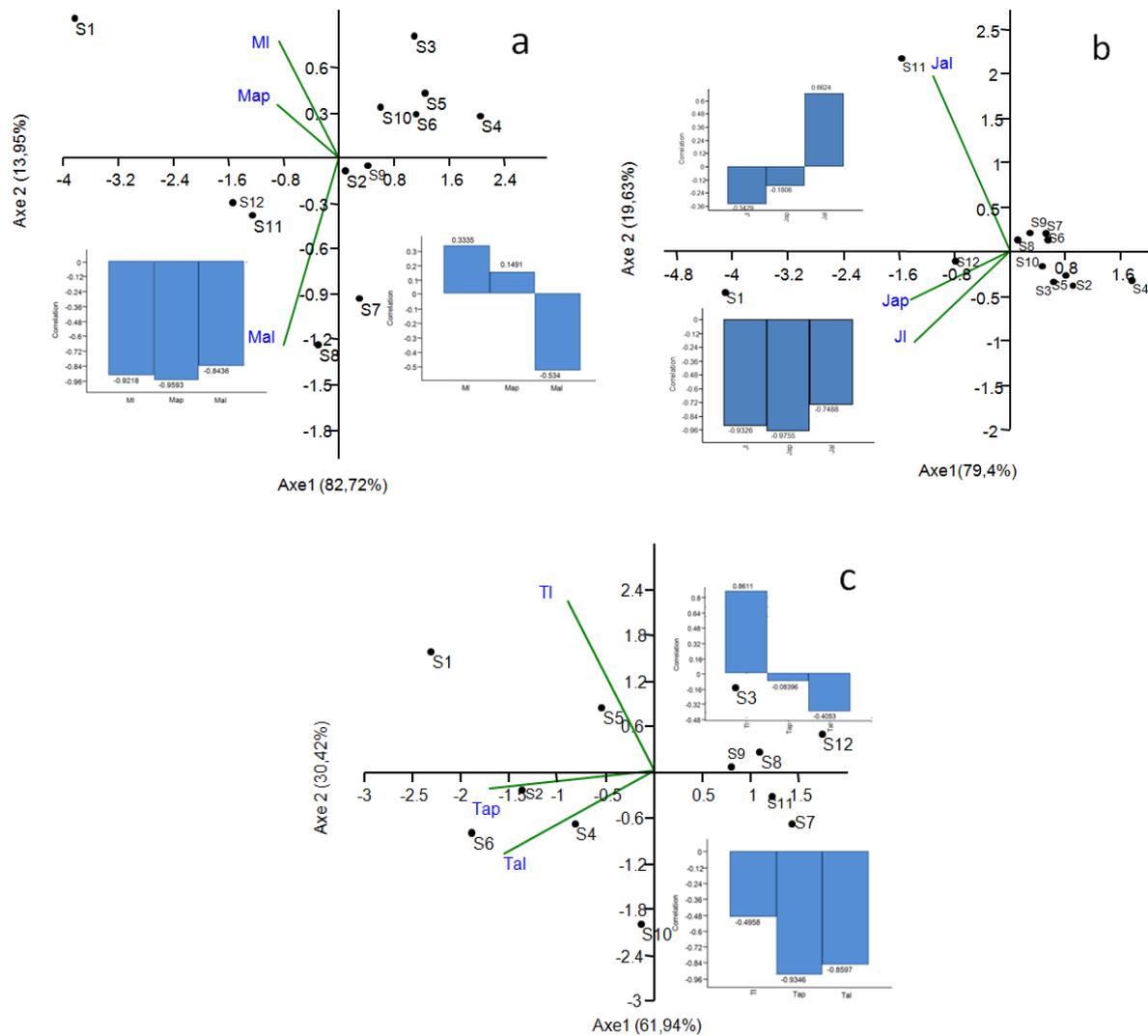


Figure 21: Analyse en composantes principales (A.C.P.) du bio-fertilisant en fonction du temps d'exposition cas de *Chaitophorus leucomelas*.

J : Jus de lombric, M : thé de lombric, femail : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S :Sortie,T :témoins ;

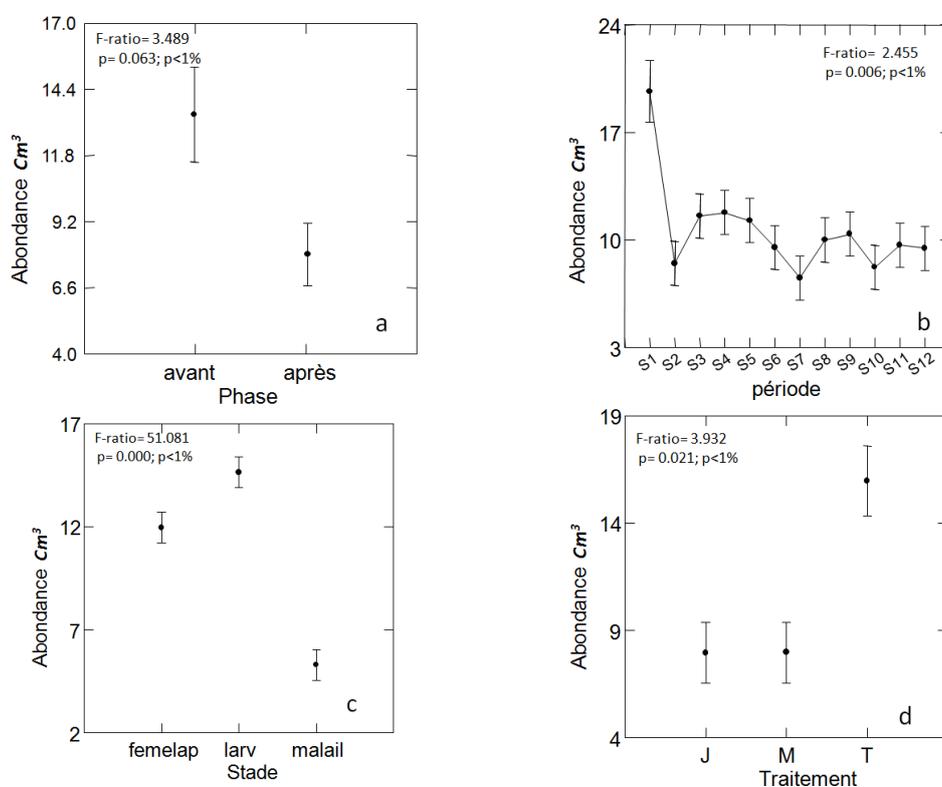
L'identification des variables par l'axe 1 montre que la densité des femelles ailées se distingue nettement des densités des femelles aptères et des larves. La destination et l'intervalle des vecteurs signalent que l'action stimulatrice de jus de lombricompost formulé est semblable sur le stade larvaire et le stade adulte (femelles aptères) par rapport aux femelles ailées (Figure 21.b).

En revanche on observe une grande divergence entre la densité des larves et la densité de stade adulte (femelles ailées et aptères), dans la mesure où la projection des vecteurs des larves d'une part, et des femelles d'autre part, sont très espacées. (Figure 21.c)

III.1.3 : Evaluation de l'effet comparé des traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur l'abondance globale des populations de *Chaitophorus leucomelas*

Nous avons utilisé l'analyse de la variance du type modèle général linéaire (N=216) (G.L.M.), pour d'une manière stricte les effets temporels, stades et des traitements d'applications des produits phytosanitaires et des biofertilisants sur l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas*.

L'abondance globale de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet de production successive du lombricompost désigne une probabilité significative respectivement pour les différentes phases et la période (F-ratio=3,489, p=0,063 ; F-ratio=2,455, p=0,006 ; p<1%) Bien qu'il y ait un changement très important entre les différentes phases (avant et après traitement), par contre on remarque une légère évolution temporelle entre les populations de *Chaitophorus leucomelas* (Figure 22a, b)



.Figure 22.: Variation des densités de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des traitements bio-fertilisants

*: Probabilité significative à 5 %, **: Probabilité hautement significative à 1 %. NS : non significative.

J : Jus e lombric, M : thé de lombric, femal : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S : Sortie

L'effet des bio-fertilisants affichent une différence hautement significative sur les différentes formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas* (F-ratio=51,081, p=0,000 ; p<1%) dont on voit les larves avec une densité importante suivi par les femelles aptères et enfin les femelles ailés avec une densité moins importante que celle des précédents (Figure22 c)

En revanche l'efficacité des différents traitements (bio-fertilisant ratio, jus de lombricompost D10/*Silene fuscata*) ont montré la présence d'une différence significative (F-ratio=3,932, p=0,021 ; p<1%).sur la densité de *Chaitophorus leucomelas* par contre on trouve une constance au niveau de différents traitements comparée au témoin qui désigne une augmentation très élevée. (Figure 22d)

Les variations temporelles de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* en différentes formes biologiques sous l'effet du mode de traitement ; ont été vérifiées par le test ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12)

L'interaction des facteurs stades/traitements dénote que la variation d'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* est statistiquement très hautement significative (F-ratio= 7.972, p=0,000 ; p <0,001). Nous constatons un effet répressif de jus de lombric formulé sur les larves et les femelles ailées. (Figure. 23.b,c).

Une différence signalée entre témoin et traité par le biofertilisant est généralisée pour toutes les formes biologiques avec une attention particulière pour les formes larvaires et aptères (Figure 23.a.b).

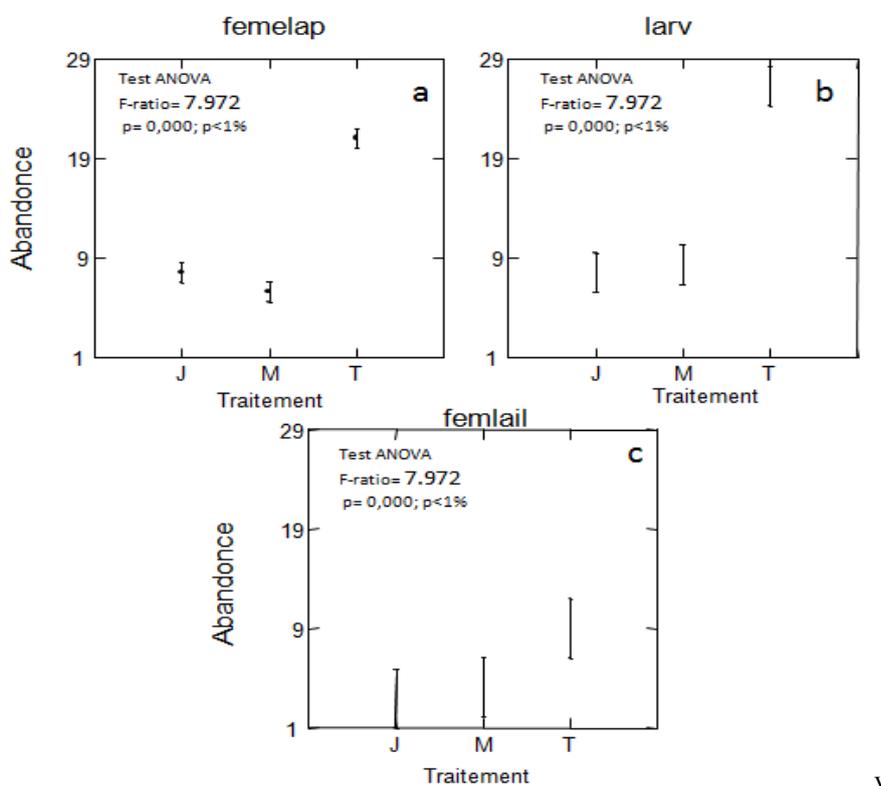
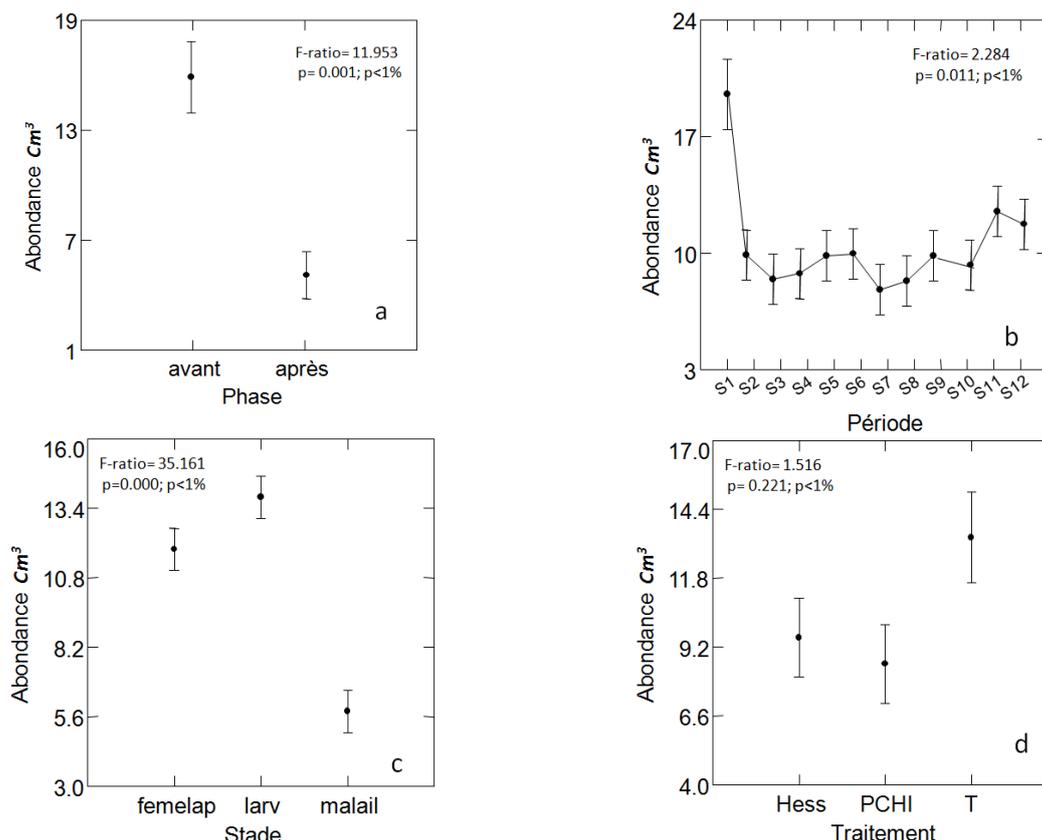


Figure 23: Abondance comparée de *Chaitophorus leucomelas* sous l'activité bio stimulatrice
 ; J :jus de lombric formulé; M: mélange; T: témoin ; femlap: femelle aptère;larv:larve;femlail:femelle ailée

Le modèle G.L.M. appliqué sur l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* à montrer une différence significative entre les populations existantes avant et après traitement. Bien que la tendance générale de l'évolution temporelle des populations de *Chaitophorus leucomelas* présentait une abondance variable, (Figure 24 a, b).

En revanche l'efficacité des produits phytosanitaires désigner une densité très importante sur les larves de *Chaitophorus leucomelas* et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées. Alors qu'on trouve la présence d'une très faible différence entre la densité des populations traitées par Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine et de l'huile essentielles comparée au témoin qui présente une augmentation très élevée. (Figure 24c,d)



.Figure 24: Variation des densités de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet du traitement chimique

*: Probabilité significative à 5 %, **: Probabilité hautement significative à 1 %. NS : non significative.

Hess : huile essentielle, PCHI : produit chimique, femail : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S : Sortie

Dans le but d'appréhender l'évolution d'abondance de *Chaitophorus leucomelas* simultanément sous l'effet combiné de l'activité insecticide, nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA.

L'interaction des facteurs stades/traitements dénote que la variation d'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* est statistiquement très hautement significative (F-ratio=8,303, p=0.000, p<1%) On distingue un effet répressif d'huile essentielle d'origan sur les différentes formes biologiques des populations de *Chaitophorus leucomelas* (figure 25.a) en comparant aux populations témoins (figure. 25.c).

Dans un autre emplacement, L'application de la matière active Thiamethoxame/Lambda cyhalothrine présente une action similaire toxique très remarquable sur la disponibilité des

différents stades de *Chaitophorus leucomelas* mais avec une gradation de toxicité allant femelles ailées, femelles aptères, puis les larves par rapport à la population initiale (Figure 25.b).

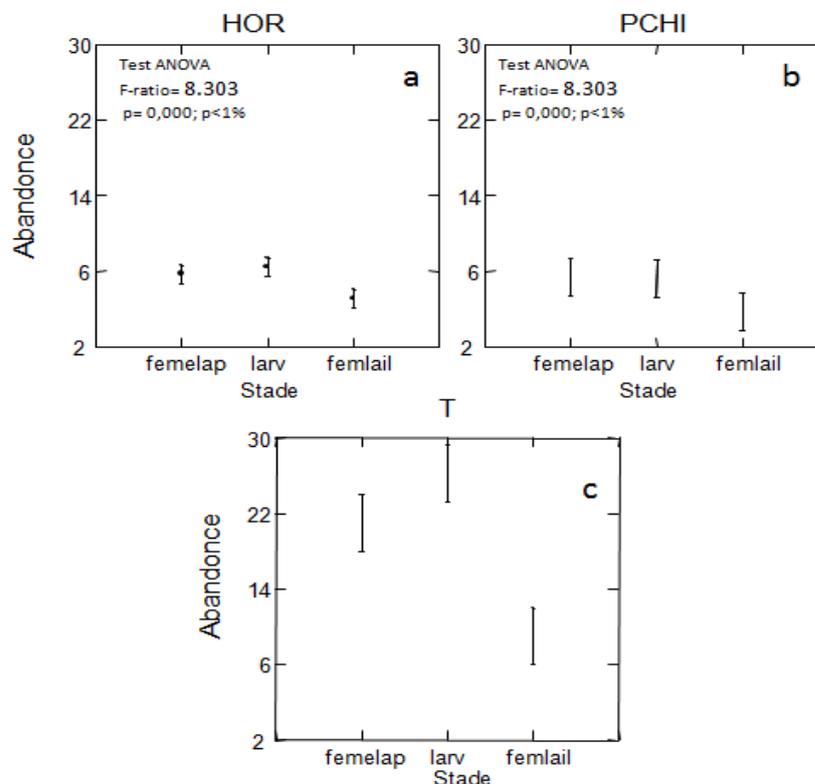


Figure 25: Abondance comparée de *Chaitophorus leucomelas* sous l'activité insecticide
femlap: femelle aptère; larv: larve; femlail: femelle ailée ;PCHI=produit chimique ;HOR=huile essentielle

III.2. Evaluation de l'efficacité des traitements sur les populations de l'organisme cible *Chaitophorus leucomelas*

III.2.1. Évolution temporelle des populations résiduelles de *C. leucomelas* sous l'effet des produits phytosanitaires

Les populations de *Chaitophorus leucomelas* sont soumises à des applications par une huile essentielle à base d'origan et par la matière active Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine.

L'évolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* montre que les produits appliqués présentent une efficacité très importante avec une action précoce sur les différents stades et une durée d'efficacité longue s'étalée jusqu'au 9ème jour (Figure 26). Cet effet de choc indique une légère différence entre les différents stades les larves, femelle ailées et femelles aptères.

Au delà de cette période la reprise biocénotique timide est enregistrée chez les différents stades mais avec une reprise très remarquable chez les femelles ailées (Figure 26).

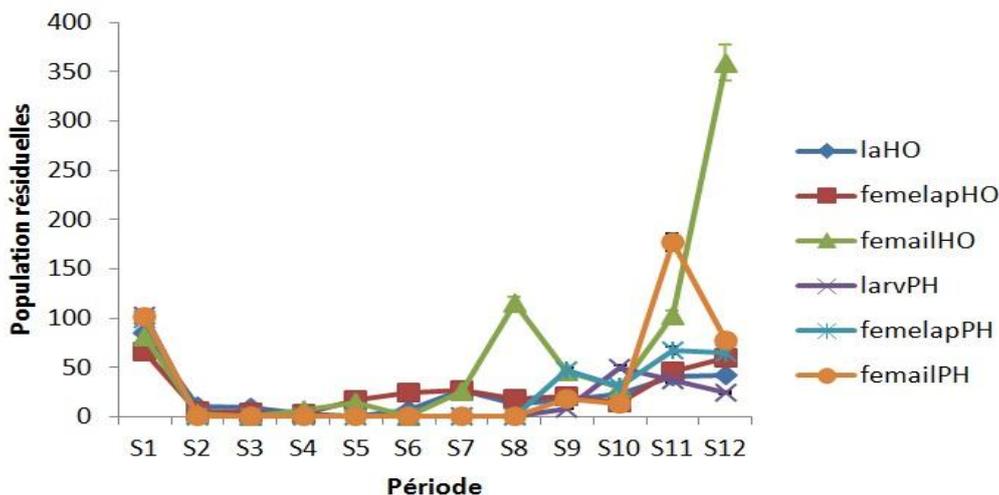


Figure 26.: Evolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des traitements phytosanitaires

Larve: Larve, femail: femelle ailées, femelap : femelle aptère, PH : produit chimique, PO: Huile essentielle, S : sortie.

III.2.2. Evaluation temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des bio-fertilisants

L'estimation temporelle des populations résiduelles des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet de deux bio-fertilisants un jus et un thé de lombric. La courbe d'évolution temporelle des différents stades des populations de *Chaitophorus leucomelas* subie une diminution faible continuée jusqu'au un niveau nul durant les quatre premiers jours d'exposition. Cet effet de choc maintenu chez les différents stades de *C. leucomelas* jusqu'au 10eme jour, ensuite une augmentation jusqu'à la fin de la période de traitement.

Le graphe (Figure 27) stipule que les deux types de bio-fertilisants montrent une action très répressive sur le stade larvaire et les stades adultes femelles aptères comparés au stade adulte femelles.

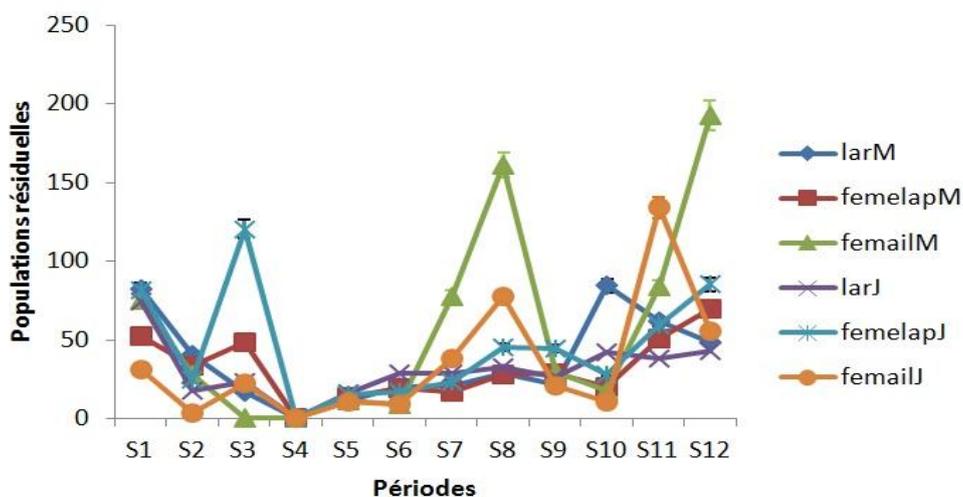


Figure 27.: Evolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet des bio-fertilisants

Larve: Larve, femail: femelle ailées, femelap : femelle aptère, M : Thé de lombric, J/Jus de lombric, S : sortie

III.2.3. Tendence globale des effets des bio-fertilisants et des traitements phytosanitaires sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) effectuée sur l'incidence des traitements phytosanitaires (huile essentielle à base d'origan et matière active Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine) et de deux bio-fertilisants (un jus de lombric formulé et un thé de lombric ratio thé de lombric D 10/*Silène fuscata*) sur l'évolution des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* est satisfaisante dans la mesure où près de 80 % de l'information est exprimée sur les 2 premiers axes (figure 28.).

L'axe 1 (62,5%) Montres une certaine distinction d'efficacités entres les traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur les larves par rapport aux femelles aptères et ailées des populations de *Chaitophorus leucomelas* (figure 28.).

Alors que le deuxième axe 2. (51,16%) désigne une corrélés négativement entre effet temporel des différents traitements appliques et les populations des différents stades de l'organisme cible (figure 28.).

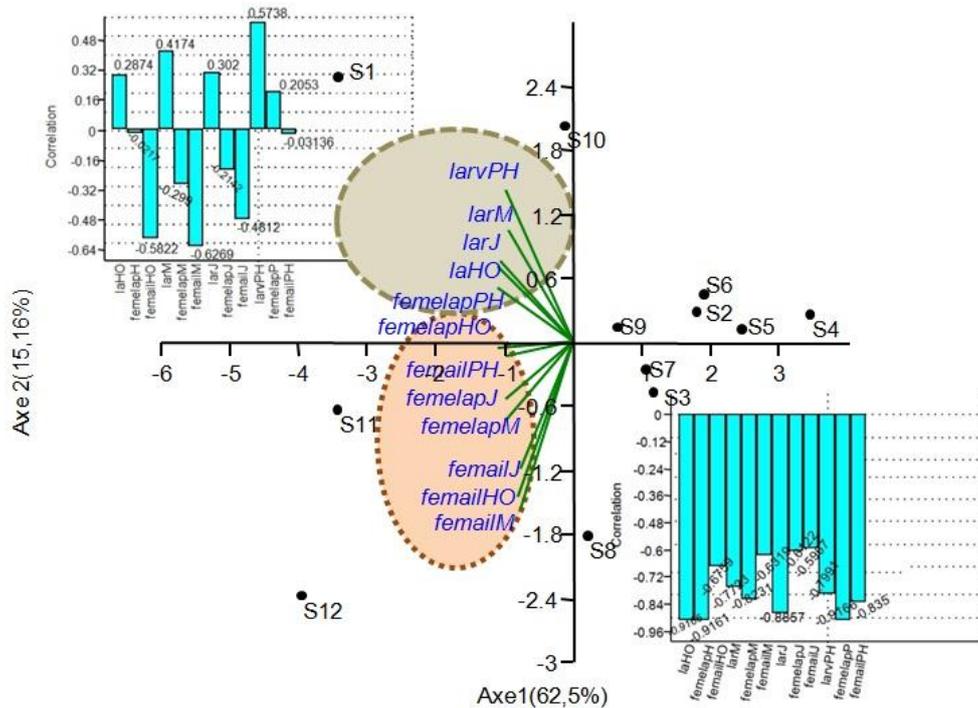


Figure 28.: Projection des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* sur les deux axes de l'A.C.P.

Larv: Larve, femail: femelle ailées, femelap : femelle aptère, PH : produit chimique, PO: Huile essentiel

III.3.Effets comparés de l'efficacité des traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

III.3.1. Effets comparés de l'efficacité des traitements phytosanitaires sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux individus des générations Fondatrigenes *Chaitophorus leucomelas* de manière à étudier l'effet des produits phytosanitaire appliqués sur la population résiduelle des différents stades. Ce modèle G.L.M.

permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs ce qui rend les statistiques robustes sachant que le nombre d'analyse est limité à 216 (Figure 29).

L'efficacité temporelle des traitements appliqués désigne une différence très hautement significative entre les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* d'avant traitement et d'après traitement (F-ratio=11,806, p=0,000; p<0,1%). ont montré une toxicité précoce dès le 24heur d'applications. les molécules commencent à perdre leurs efficacités dès le10 jours pour que les matières actives deviennent moyennement toxiques (Figure 29.a)

En revanche, l'effet d'application des traitements phytosanitaires affiche une différence hautement significative sur les différents stades des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* (F-ratio=5,490; p=0,012 ; p<1%). dont l'efficacité la plus marquée est enregistrée chez la dose de Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine qui montres une toxicité très élevées alors que l'huile essentielles présentes une toxicité moyenne (Figure 29 b).

Les différentes applications phytosanitaires, ont montré la présence d'une différence significative sur les taux des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* (F-ratio=4,652, p=0,011; p<1%). Notons que l'efficacité des traitements chimiques semble ne pas avoir le même effet toxique sur l'évolution des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* ont extériorisés une toxicité très forte sur les larves de *Chaitophorus leucomelas* alors que elles ce rapprochent de la toxicité moyenne pour les femelles aptères par contres elles deviennent moyennement toxiques sur les femelles ailées (Figure 29 c)

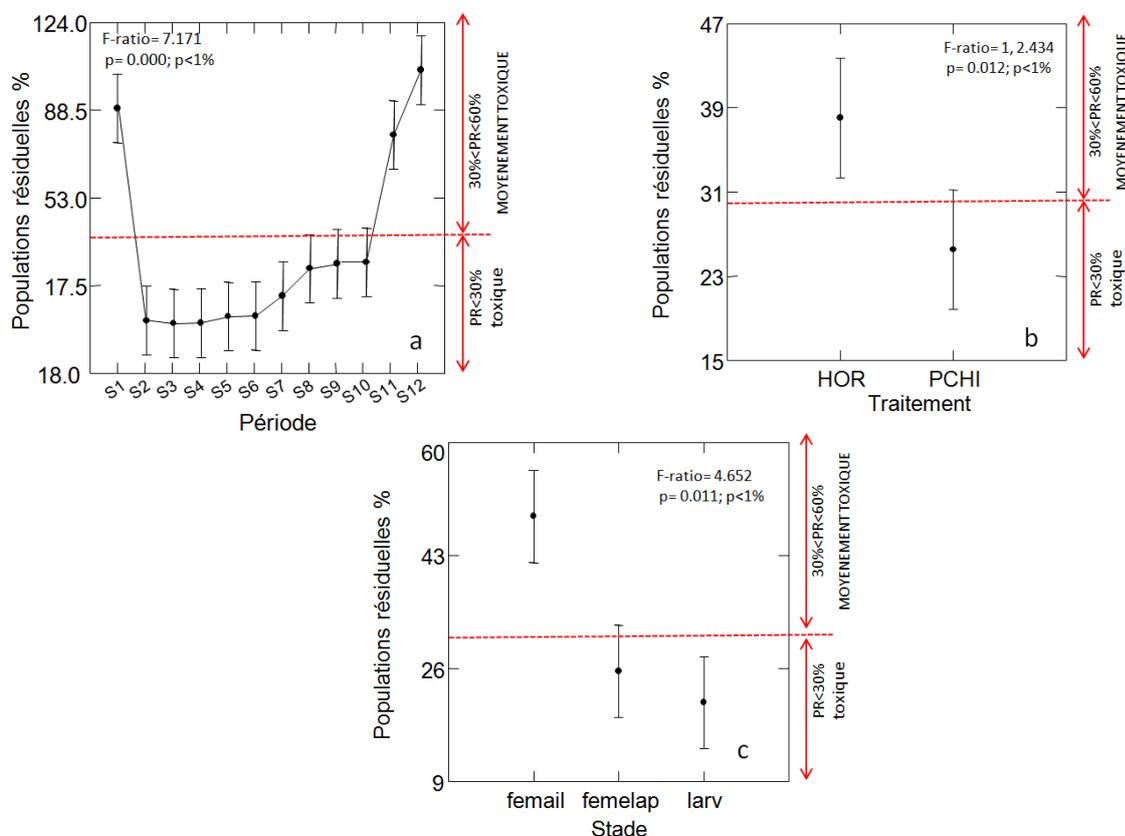


Figure 29.: Efficacité comparée des traitements phytosanitaires sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

*: Probabilité significative à 5 %, **: Probabilité hautement significative à 1 %. NS : non significative.

HOR : huile essentielle, PCHI : produit chimique, femail : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S : Sortie

III.3.2. Effets comparés de l'efficacité des traitements bio-fertilisants sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*

Nous avons utilisé l'analyse de la variance du type modèle général linéaire (N=216) (G.L.M.), pour d'une manière stricte les effets temporels, stades et types des traitements appliqués sur les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas*.

L'efficacité temporelle des traitements appliqués désigne une différence très hautement significative entre les populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* d'avant traitement et d'après traitement (F-ratio=5,535, p=0,000; p<0,1%). Les différentes applications des bio-fertilisants ont montré une action toxique où on marque une chute de disponibilité jusqu'au septième jour d'exposition aux traitements. Au-delà de cette période les produits commencent à perdre son efficacité ça s'explique par une élévation assez importante de l'abondance est installée jusqu'à la fin des investigations (Figure 30).

En revanche, l'effet d'application des traitements affiche une différence non significative sur les différents stades des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* (F-ratio=0,476; p=0,491 ; p<1%). La lecture de l'évolution temporelle des densités des populations résiduelles en fonction des bio-fertilisants laisse prétendre que l'application de ratio jus de lombricompost / *Silena.fuscata* présente même effet toxique important cela en comparaison avec le bio-fertilisant de jus de lombric formulé (Figure 30 b).

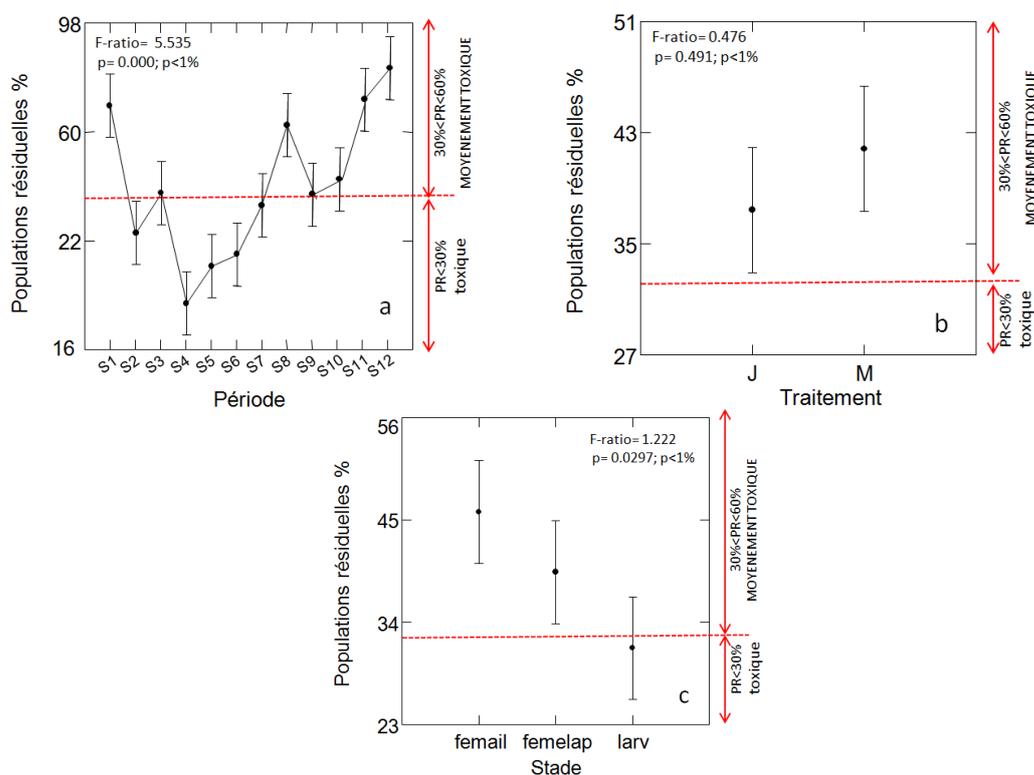


Figure 30.: Efficacité comparée des traitements bio-fertilisants sur les populations de *Chaitophorus leucomelas*.

*: Probabilité significative à 5 %, **: Probabilité hautement significative à 1 %. NS : non significative.

J : Jus e lombric, M : thé de lombric, femail : femelle ailées, femelap : femelles aptères, larv : larves, S : Sortie.

L'application des bio-fertilisants sur les différents stades ont montré la présence d'une différence significative sur les taux des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* (F-ratio=1,222, p=0,0297; p<1%). Les résultats montrent que les bio-fertilisants semblent être moyennement toxiques à l'égard de stades adulte (femelles aptères et ailées) comparé au stade larvaire où on note une forte toxicité (Figure 30.c).

III.4. Succession des différentes formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas* sous les différents traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants

III.4.1. Succession des différentes formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas* sous les différents traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants

Dans le souci d'appréhender la fluctuation d'arrivé des différents stades de l'espèce traitée. Nous avons essayé d'étudier l'installation des différents stades des populations de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effet de la matière active (Thiamethoxame/Lambdacyhalothrine) et la matière bio-active l'huile essentielle à base d'origan et des bio-fertilisants en fonction du temps d'exposition.

La succession écologique des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* a été étudiée en calculant le barycentre ou l'abondance maximale de chaque stade. Le temps d'apparition (ou « Lag ») qui sépare par succession un stade d'un autre a été estimé par le test de crosscorrelation, (Past vers. 9.1). Une comparaison par paire a été réalisée pour chaque forme biologique et sous les différentes formes de stress engagés (tableau a ;b).

Tableau a : Ordre d'arrivée des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* sous les traitements phytosanitaires

stades	Barycentre	test crosscorrelation		
		lag	prob	
femele aptères	Tap	6,14	2	0,108
	Pcap	6,41		
	Hap	6,38	0	0,217
	Tap	6,14		
	Pcap	6,41	0	1,067
Hap	6,38			
femelles ailées	Tail	5,79	2	0,427
	Pail	7,54		
	Hail	7,69	2	0,429
	Tail	5,79		
	Pcail	7,54	0	<u>0,005</u>
Hail	7,69			
larves	Pcal	7,54	2	<u>0,049</u>
	Tal	5,79		
	Tal	5,79	2	<u>0,067</u>
	Hal	7,69		
	Pcal	7,54	0	1,812
Hal	7,69			

Les résultats suivantes montres une reprise non significatif des populations de *Chaitophorus leucomelas* sous l'effets des différents traitements appliqués mais avec un faible décalage de

quelque heurs, chez les femelles par rapport au stade larvaire où on assiste a l'apparition d'un faible décalage temporel pour les larves sous l'effet du traitement phytosanitaire/huile essentielle ($p = 0,067$) ; Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine ($p = 0,049$) (Tableau a) et de bio-fertilisant (p ratio thé de lombric D 10/*Silene fuscata*) ($p = 0,03$) (Tableau b). Un décalage temporel significatif a été enregistré chez les femelles ailées sous l'effet de huile essentielle sur ($p = 0,005$) et de jus de lombric sur le stade larvaire de *Chaitophorus leucomelas* ($p = 0,009$) (Tableau 1.a ; b)

Tableau b: Ordre d'arrivée des différents stades de *Chaitophorus leucomelas* sous les traitements des bio-fertilisants

stades	Barycentre	test crosscorrelation		
		lag	prob	
femele aptères	Tap	6,14	1	0,69
	Map	6,76		
	Jap	6,21	0	0,29
	Tap	6,14		
	Mcap	6,76	1	0,6
	Jap	6,21		
femelles ailées	Tail	5,79	1	0,58
	Mail	7,20		
	Jail	7,56	2	0,22
	Tail	5,79		
	Mcail	7,20	0	0,01
	Jail	7,56		
larves	Mcal	5,52	0	0,03
	Tal	5,74		
	Tal	5,74	0	0,009
	Jal	5,38		
	Mcal	5,52	0	1,7
	Jal	5,38		

CHAPITRE IV. DISCUSSION

L'amélioration de la production du bois passe par un meilleur contrôle des ravageurs. En effet, le développement des essences à grande production avec une qualité adéquate du bois reste le principal objectif. Toutefois, à ces besoins classiques s'ajoutent aujourd'hui des exigences découlant d'une grande prise de conscience sociale en matière de protection de l'environnement, menant à la limitation des traitements phytosanitaires et de la fertilisation chimique. Les techniques nouvelles, en particulier les produits naturels d'origine végétale ou animale, apparaissent comme des outils indispensables d'appui aux programmes classiques d'amélioration pour relever ces défis.

Des copieux travaux ont affiché que les produits biologiques issus des plantes et les métabolites secondaires montrent une importante source de molécules pouvant être exploitées dans différents domaines parmi eux la phyto-protection.

Cette étude préliminaire est essentiellement axée pour évaluer l'efficacité d'une huile essentielle d'origine botanique et d'estimer l'importance du lombricompost en tant que stimulateur de défense naturelle pour remédier et minimiser les risques des ravageurs et maintenant ainsi la biodiversité. Les résultats qui vont être présentés nous ont permis de comparer l'efficacité entre les différents régimes de stress appliqués sur l'abondance et le décalage temporel de l'organisme cible *Chaitophorus leucomelas* as.

IV 1. Evaluation de l'effet des produits biologiques et chimiques sur l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas*

Les résultats obtenus dans le cadre de cette investigation montrent que les traitements phytosanitaires l'huile essentielle à base d'origan et la matière active Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine ont montré un effet toxique remarquable sur l'organisme cible. Cet effet de choc précoce et durable estimé sur l'abondance de *Chaitophorus leucomelas* présente une gradation de toxicité allant de l'huile essentielle puis la matière active. Cependant, la reprise de l'abondance des effectifs de *Chaitophorus leucomelas* s'avère modérée sous l'action de la matière bioactive comparé à la matière active.

De ce fait on peut avancer que la matière active neurotoxique a provoqué un effet de choc sur la population de *Chaitophorus leucomelas*, et que la reprise caractéristique des survivants de ce modèle biologique sous le régime de stress chimique appliqué est relative à la nature de la réponse déclenchée pour recouvrir son état initial ou son homéostasie. En effet, l'hypothèse avancée rejoint les conclusions de Moberg (1999) et Calabrese (1999). Les auteurs, signalent que lorsqu'un individu perçoit une menace à son homéostasie, par une exposition à l'effet des concentrations d'un produit chimique de synthèse, ceci engendre une perturbation de l'homéostasie, à laquelle l'organisme réagit par une surcompensation de l'effet, ce qu'on appelle par le phénomène d'hormesis.

L'action des produits phytosanitaires sur les prédateurs des cultures peut avoir comme conséquence divers changements internes. Une fois qu'un produit chimique pénètre l'organisme, il peut altérer directement le système endocrinien. De même, il peut aussi altérer indirectement l'allocation d'énergie, ce qui affecte la capacité reproductrice de l'individu qui déterminera de sérieuses perturbations sur le plan individuel et interindividuel (Mayer et al., 1992, Lagadic et al., 1997).

En effet, les pesticides sont des substances toxiques utilisées pour tuer des êtres vivants «nuisibles» et donc dangereux aussi pour les êtres vivants que nous sommes et pour les animaux (Vargas *et al.*, 2002). Beaucoup de chercheurs trouvent que l'impact des pesticides sur les organismes nuisibles vise l'intégrité de l'individu, donc un dysfonctionnement de l'ensemble de ses paramètres biologiques où chaque paramètre joue ainsi un rôle dans sa survie. Ce dysfonctionnement a pour effet de perturber la transmission des informations neurologiques permettant le contrôle de l'individu dans son milieu (Riba et Silvy, 1989). Donc les produits chimiques hautement toxiques ont fragilisé la santé des organismes vivants, endommageant leurs systèmes immunitaire, reproductif et nerveux (Nhan *et al* 2001).

Une deuxième hypothèse peut expliquer la reprise de la disponibilité sous l'effet de Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine est relative au phénomène de trophobie. Cette dernière a été très documentée par les études de Chaboussou (1981). Selon cette théorie, la sensibilité d'une plante cultivée par rapport aux ravageurs et aux maladies dépend de son état nutritionnel. Les ravageurs et les maladies n'attaqueront pas une plante saine. La santé d'une plante est directement liée à son équilibre interne qui est en perpétuelle mutation. Selon le même auteur, les ravageurs et les maladies n'attaquent pas toutes les plantes, mais uniquement celles qui pourraient servir d'aliments à l'insecte ou au pathogène. Si une plante dispose d'une quantité de substances suffisante pour alimenter les ravageurs et les maladies, c'est parce qu'elle n'a pas été traitée selon les méthodes optimales de culture. Aussi, pour qu'une plante soit résistante, est-il important de gérer correctement sa croissance. Les effets négatifs des pesticides sur les plantes cultivées peuvent aller nettement au-delà des conséquences d'un bouleversement des écosystèmes.

Chaboussou (1981), a démontré que c'est la physiologie même de la plante cultivée qui est perturbée par les pesticides, la rendant plus vulnérable aux agresseurs. Il a montré que le recours massif aux pesticides crée des fragilités chez les plantes qui vont conduire à augmenter encore plus l'usage de ces toxiques pour tenter de réduire les nouveaux dégâts causés par cette fragilité. La trophobie c'est tout parasite ne devient virulent que s'il rencontre dans la plante les éléments nutritionnels qui lui sont nécessaires révolutionnaire, car il a prouvé, dès 1970 et en pleine hégémonie des traitements chimiques, que ces derniers, au contraire des idées émises, contribuent à développer dans la plante ces éléments qui permettent aux champignons, acariens, insectes, virus et autres bactéries d'y proliférer.

Actuellement, le recours aux huiles essentielles s'avère être un choix pertinent face à un risque de contamination précis ou à la nécessité de réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques. Pour cela, plusieurs huiles essentielles de différentes plantes ont été intensivement étudiées pour évaluer leurs propriétés répulsives comme ressource naturelle valable (Isman, 2002).

Dans le contexte d'estimer la toxicité de l'huile essentielle d'origan sur la disponibilité de l'organisme cible, les résultats montrent comme nous avons déjà signalé une action répressive. Cet effet satisfaisant, réclame que l'huile essentielle contienne diverses molécules bioactives ayant été libérées au cours du processus d'extraction ayant réagi seules ou en synergie. L'hypothèse avancée réaffirme avec nombreux résultats concernant l'utilisation des plantes en tant que biopesticide. Des littératures assez conséquentes stipulent que les plantes sont les réservoirs d'une vaste quantité de molécules aux propriétés et activités variées (molécules de structures, de réserve ou possédant une activité biologique). Beaucoup de molécules dans ces composés interviennent dans la défense du végétal contre les ravageurs. Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont identifiées. C'est à

partir du constat de la protection des plantes contre les déprédateurs qui importunent aussi l'homme que les premiers usages phytosanitaires des végétaux se sont développés (Papachristos et Stamopoulos, 2002).

Les phyto-pesticides valorisables sous la forme des huiles essentielles présente un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs. Toutes les plantes dont les huiles ou les extraits sont prometteurs pour la lutte contre les insectes ravageurs ne sont pas indiquées pour l'alimentation humaine, non seulement du fait de leur toxicité mais de leur goût ou de leur senteur. Il serait opportun d'allier les connaissances tirées du savoir-faire paysan pour indexer certaines plantes condimentaires utilisées de nos jours ou par le passé pour la protection (Adjoudji et al, 2000, Bekele, Hasanali, 2001 ; Jirovetz et al ,2002 ; Ngamo Tinkeu et al ,2001). Cette approche suggèrerait donc d'améliorer la protection des denrées par l'usage des phyto-pesticides issus des épices donc qui ne sont pas potentiellement toxiques pour le consommateur ou l'utilisateur.

Différents travaux font référence à l'utilisation d'huiles essentielles pour la protection contre les ravageurs. Le limonène agit contre différents ravageurs (Ibrahim et al ,2001), alors que le même composé présente une activité d'attraction pour les prédateurs et offre donc des perspectives intéressantes en lutte biologique. Les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques. Plusieurs constituants sont insecticides (, Huang et al, 1999, Tunç et al, 2000). Le saffrole et l'eugénol ont des fortes activités insecticides sur les ténébrions et surtout le *T. castaneum* (, Regnault-Rogeret et Hamraoui, 1994,) ainsi que sur la bruche du haricot. En outre, les molécules issues du métabolisme secondaire des principaux constituants des huiles essentielles: polyphénols, terpènes, acaloïdes ou glycosides cyanogéniques (Sanonet al ,2002) sont facilement biodégradables par voie enzymatique.

Aussi ces résultats confirment ceux cités par Satrani *et al.*, (2008) qui ont signalés que l'utilisation des huiles essentielles des plantes comme l'Origan, le thym, la sauge, le romarin et le clou de girofle ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques monoterpène comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés possèdent une forte activité antibactérienne et antifongique, comme le thymol possède le plus large spectre d'activité contre 25 genres de bactéries testées (Dorman et al., 2000), il a présenté aussi une activité répulsive contre les moustiques

Les huiles essentielles de *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) obtenus par hydrodistillation causent jusqu'à 80% de mortalité de *Callosobruchus maculatus* (Kéita et al ,2001) lorsque les huiles sont utilisées en fumigation. Une utilisation des huiles en formulation poudreuse conduit à une protection des stocks durant trois mois sans diminuer le pouvoir de germination des graines; des essais similaires ont été réalisés au Kenya (BekeleHasanali ,2001). Les monoterpènes sont des insecticides et inhibent la reproduction des insectes (Huang et al, 2000, , Wright et Chandler ,1996). Les plantes comme les conifères les utilisent pour leur propre défense contre les insectes, c'est le cas de l'oléfine et des résines d'acide diterpénique. Leur effet peut aussi être anti appétent, anti reproducteur ou retardateur de la reproduction et de la longévité des insectes (Huang, 2002 ; Kouninki ; 2001 ; Regnault-Roger ,1999). Elles agissent au niveau des récepteurs de l'acétylcholine estérase des jonctions neuromusculaires. Selon Lahlou (2004), les huiles essentielles ont prouvé leur pouvoir insecticide, antiparasitaire et antimicrobien. Cependant elles agissent selon le rythme de séparation et libération des molécules

Selon Chiasson, Belauges *et al.*, 2001 la composition chimique de l'huile essentielle variée d'une plante à une autre. D'après Dorman *et al.* (2000), le principal facteur modifiant l'activité insecticide des HE est le type et la structure moléculaire des composants actifs présents. Cependant, ce constat ne doit pas amener à penser que la toxicité d'une plante est obligatoirement liée à la nature du composé dominant. La présence de composés synergiques peut renforcer l'activité du principe actif (Nuto. 1995).

Les mêmes résultats font ressortir que les différents régimes de stress (chimique et biologique) ont montrés un effet répressif sur le stade larvaire comparé au stade adulte (femelle ailée et femelle aptère). En règle générale, les effets des produits phytosanitaires sur les arthropodes et particulièrement les auxiliaires et les ravageurs des cultures, dépendent des traits de vie, des paramètres démographiques et du stade de développement au moment de l'application. Plus le produit est appliqué sur un stade jeune et plus l'espèce a une démographie lente, plus l'insecte est vulnérable et sa population susceptible de disparaître. Les insecticides peu ou pas toxiques pour certains auxiliaires sont très peu nombreux dans les faits. Les autres pesticides ont un effet moins global sur les communautés d'arthropodes, mais peuvent affecter certains groupes taxonomiques ou fonctionnels. Cependant, la façon de les utiliser n'est pas toujours compatible avec les activités des abeilles et des parasitoïdes, et peut perturber leurs actions (Cemagref, 2007).

L'ensemble des impacts signalés sous les différents régimes de stress insecticide et les hypothèses dégagées sont récapitulés dans le schéma de synthèse ci-dessous (Figure .31)

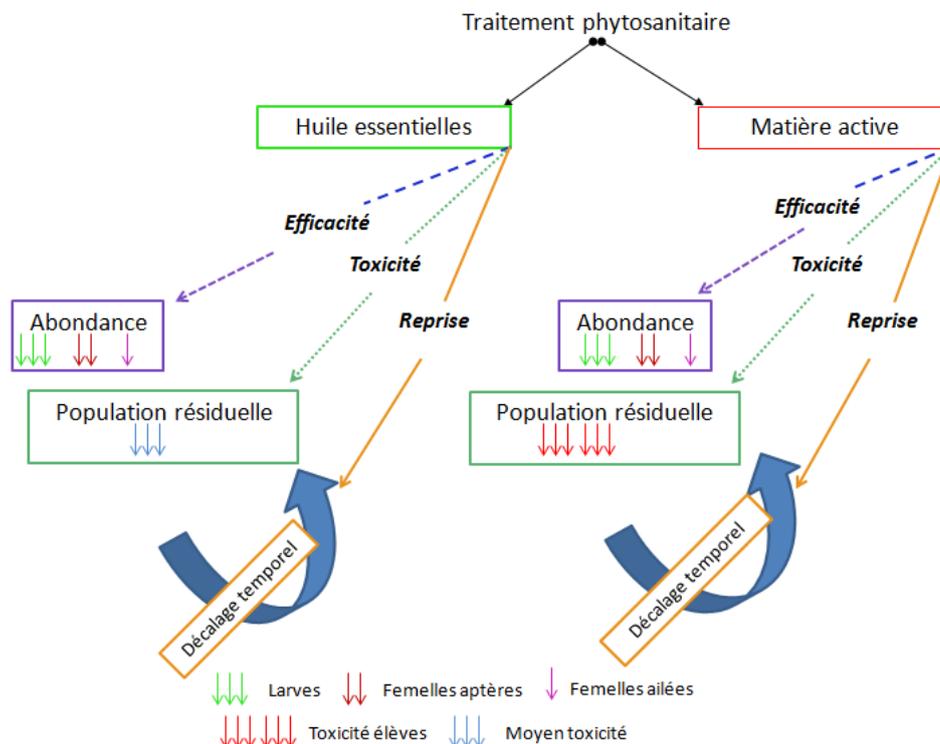


Figure31 .Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'efficacité comparée des traitements biologiques et chimiques

IV 2. Evaluation de l'effet des bio-fertilisants jus de lombric formulés et le thé de lombric ratio thé de lombric D10/Siléna fuscata sur l'abondance des populations de *C. leucomelas*

Le recours aux bio-stimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les patrons régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifiques et agronomiques, et qui pourrait bien être une solution d'avenir.

les résultats obtenus ont montré que les bio-fertilisants appliqués le jus de lombric formulé et le thé de lombric ratio thé de lombric D10/*Silena fuscata* sur l'abondance de populations de *Chaitophorus leucomelas* indique dans leur globalité un effet toxique satisfaisant. De ce fait on peut avancer que l'effet répressif des molécules testées suppose que ces dernières en plus de leur effet stimulant des défenses naturelles des plantes (S.D.N.) elles présentent un effet biopesticide certain.

Plusieurs études démontrent que les végétaux recevant un amendement organique comme le compost ont tendance à être moins sujet aux maladies fongiques et aux attaques d'insectes (Nakasaki *et coll.*, 1998; Loschinkohl *et coll.*, 1999; Preusch et Tworkoski, 2000). Trois années d'amendement avec un compost de feuilles ont permis la suppression de pathogènes associés à la culture de l'oignon (Maynard et Hill, 2000). L'application de compost de qualité peut supprimer certaines maladies associées aux plantes, telles que la maladie causée par *Sclerotinia homoeocarpa*, à des niveaux comparables à l'utilisation de fongicides, contribuant ainsi à la réduction de l'utilisation de ces derniers (Boulter *et coll.*, 1999). Le compost est d'ailleurs utilisé en agriculture afin de remplacer certains produits, comme le bromure de méthyle, utilisé comme traitement fongicide préventif en culture horticole intensive (Zinati, 2000).

Une étude relate que des agriculteurs, utilisant régulièrement du compost fait de fumier dans leur culture, ont remarqué une augmentation du taux de maladie associée au feuillage après avoir cessé l'application de compost. Des essais ont été réalisés afin d'évaluer la relation entre l'application de compost, la croissance des végétaux et la suppression de maladie. L'application de compost fait à partir de fumier de chèvre mélangé à des résidus de maïs (C/N de 20) et de fumier de vache laitière mélangé également à des résidus de maïs (C/N de 20), à des taux de 10 à 15 tonnes par acre durant deux années, a montré une augmentation de la croissance de la culture et une réduction de l'incidence de maladies (Anonyme, 2000).

Une autre étude démontre que l'addition de compost fait à partir de résidus municipaux a permis d'augmenter la suppression du *Fusarium* responsable du dépérissement du lin (*Fusarium oxysporum* f. sp. lini) (Serra-Wittling *et coll.*, 1996) et de *Fusarium roseum sambucinum*, causant la tache argentée de la pomme de terre (Serra-Wittling *et coll.*, 1997). Un compost fait à partir de bagasse broyée et de boues résiduaires s'avèrerait être, quant à lui, suppressif vis-à-vis *Fusarium solani*. Une étude a démontré que ce compost réduit fortement la densité de l'inoculum et la gravité des attaques qu'il provoque chez la Lentille (plante test). Selon les auteurs de cette étude, cette suppression serait d'origine physico-chimique (substances inhibitrices de différentes natures, pH acide, etc.) et biologique (intervention de *Trichoderma sp.*, *Gliocladium sp.* et *Bacillus subtilis*, qui opèrent selon différents mécanismes tels que la compétition pour l'espace et le mycoparasitisme) (Ezelin de Souza et Revel, 1998). Les effets des biofertilisants (lombricompost) autant que bio-stimulateur des défenses naturelles des plantes sont peu documentés, en revanche la seule documentation disponible a été consacrée aux extraits des plantes dont nous citons l'exemple de Milsana et le Stifénia. Il s'agit, respectivement, d'extraits de feuilles de renouée de Sakhaline (*Reynoutria sachalinensis*) et de graines de fenugrec (*Trigonelles foenum-graecum*). D'après des essais de protection, le Milsana a présenté une protection efficace contre l'oïdium chez différentes

plantes comme le concombre, la tomate, le bégonia et le pommier dans lesquelles il induit des réponses de défense telles que la production de β -1,3-glucanases, de phytoalexines (Fofana *et al.* 2005 ; Konstantinidou-doltisinis *et al.* 2006). Quant au Stifénia, il a été appliqué sur vigne contre l'oïdium .Cependant, les résultats montrent qu'il est aussi efficace contre des champignons et des bactéries phytopathogènes appartenant aux genres *Fusarium* et *Pseudomonas* chez le concombre et l'arabette (Fofana *et al.*, 2005, Konstantinidou-doltisinis *et al.*,2006)

Plusieurs recherches menées dans différentes parties du monde ont montré que le jus de compost en plus de son action biostimulatrice, pourrait être un moyen efficace de fertilisation de part sa richesse en éléments minéraux. Sous cette information une autre hypothèse peut être avancée justifiant des effets significatifs du support nourricier sur la densité. Il s'agit de la nutrition minérale des plantes. Cette dernière peut également agir qualitativement et quantitativement sur les composantes du régime alimentaire des insectes phytophages il a été démontré que les insectes phytophages évoluant sur des plantes riches en magnésium, en calcium, et en fer ont pu réaliser des mues dans des temps très réduits avec en conséquence une augmentation de la densité (Klarzynski, 2000).

Cependant la physiologie de peuplier joue un rôle important dans la distribution spatio-temporelle des insectes particulièrement les pucerons. La relation plantes hôtes-ravageurs est d'ordre nutritionnel, ainsi, l'équilibre physiologique de la plante hôte a une grande influence sur le développement des phytophages piqueurs-suceurs. Ces derniers modifient considérablement leur comportement, selon l'importance des éléments nutritifs mis à leur disposition (Saighi, 1998 ;Madi, 2005 ; Esserhane, 2006). Pour bien s'alimenter à partir de sa plante hôte, l'insecte doit y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles, c'est-à-dire que le contenu en substances nutritives de la plante lui permet de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Il lui assure aussi une bonne fitness et survie de sa progéniture. En effet, il est évident que les substances chimiques contenues dans les plantes ont joué et jouent encore un rôle très important dans la relation des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes (Nicole, 2002).

Il apparaît clairement une nette diminution des différentes formes biologiques sous l'effet de stress. Donc les résultats touchant l'efficacité des différents sur l'abandon de l'organisme traité .Lors de l'utilisation du traitement du jus de lombricompost formulé sur le peuplier ont constatés une forte diminution des formes biologiques ainsi que leur densité ceci peut être expliqué par certains travaux qui rejoignent nos résultats par la susceptibilité de ces produits d'enrichir la plante dans le, ou les éléments contenus dans leur formule, et il semble bien que les répercussions à en atteindre le métabolisme des ravageurs (Chamel et Gambonnet, 1980).

Suivant la structure et les formes biologiques de la population de *Chaitophorus leucomelas* montrent que le lombricompost a un effet représsif sur le stade larvaire et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées. En revanche le nombre d'individus des femelles ailées sont en nombre moins important, par contre les résultats obtenus suite à l'utilisation du traitement du lombricompost nous ont donné des formes biologiques pratiquement très rapprochés les uns des autres

Le mélange ration (jus de lombricompost/silène) ont exprimé l'effet toxique le plus remarquable on le comparant aux jus de lombricomposé formulé .Le recours à l'utilisation des produits formulés a permis d'augmenter la toxicité du mélange et de diminuer en même temps

l'incidence des effets secondaires sur la reprise des populations résiduelles. Sous l'hypothèse que le bioadjuvant a accéléré la pénétration de bio-fertilisant, cela suppose que les sites sensibles du bioagresseur imprégnés par la molécule des bio-fertilisant pendant un laps de temps assez important. Les molécules en suspension dans le lombricoposte ont pu être transporté a travers le parenchyme foliaire par le pouvoir pénétrant de la *Silene*, ainsi les aphides se sont confrontés avec une molécule stable à la limite de sont efficacité. C'est dans cette optique que le jus de lombricompost formulé a exercé un effet plus important que le jus de lombric formulé utilisés à eux seuls. Autrement dit la plante spontanée *Silena fuscata* est une plante visqueuse, et la viscosité du liquide est peu élevée, il bénéficiera d'un bon écoulement dans les pores et circulera naturellement dans les espaces intercellulaires (CU, 1 990). Les adjuvants sont des substances dépourvues d'activité biologique mais capables de modifier les propriétés physiques ou biologiques des préparations phytosanitaires. Les propos de Hayes, et al, 2006, stipulent que l'adjuvant, devrait être inactifs est va servir essentiellement à augmenter la quantité et la rapidité de pénétration du Biopesticide dans les feuilles, donc à augmenter sa rapidité d'action, à élargir ses fonctions et à lui offrir une meilleure adhérence. Alors que, Constant, 2009, estime que l'influence des adjuvants sur les produits formulés permet l'augmentation de la résistance à la photodégradation de la molécule, du fait qu'il est non synergique. De même, Serrano et al, 2006 estime que l'adjuvant visant à améliorer la propriété d'adhésivité, il agit en favorisant l'étalement et la rétention de la matière active sur la feuille, et en réduisant son lessivage.

L'ensemble des impacts signalés sous les différents régimes de stress SDN et les hypothèses dégagées sont récapitulés dans le schéma de synthèse ci-dessous (Figure 32)

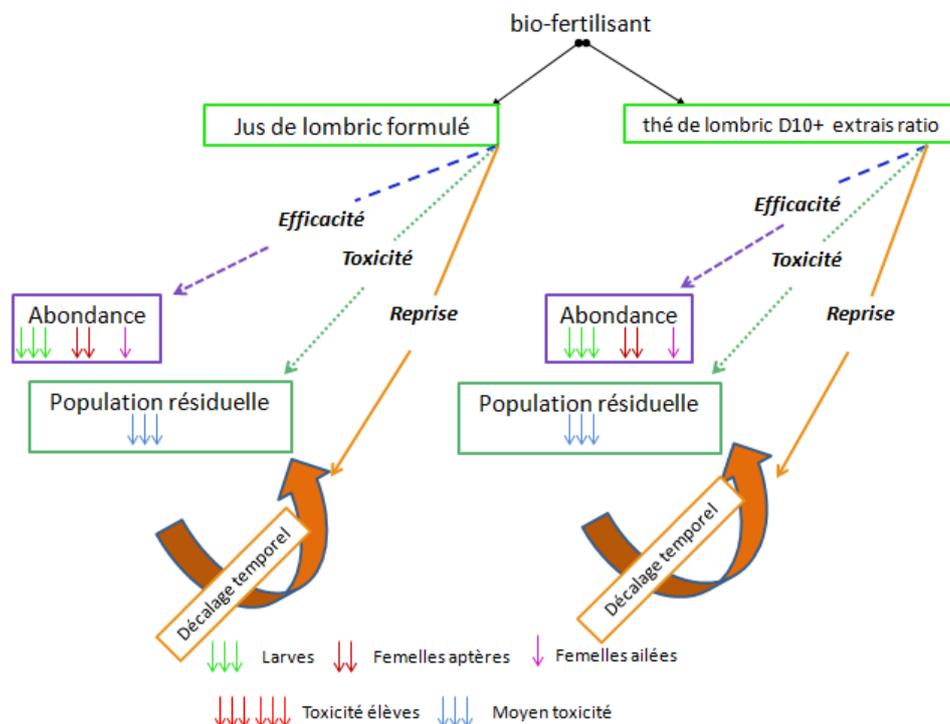


Figure32.Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'efficacité comparée des biofertilisants

CONCLUSIONS et PERSPECTIVES

Les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche montrent que les traitements phytosanitaires l'huile essentielle à base d'origan et la matière active Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine ont montré un effet toxique remarquable sur le groupe traité. Cet effet de choc précoce et durable estimé sur l'abondance de *Chaitophorus leucomelas* présente une gradation de toxicité allant de l'huile essentielle puis la matière active. Cependant, la reprise de l'abondance des effectifs de *Chaitophorus leucomelas* s'avère modérée sous l'action de la matière bioactive comparé à la matière active.

Dans le contexte d'estimer la toxicité de l'huile essentielle d'origan sur la disponibilité de l'organisme cible, les résultats montrent comme nous avons déjà signalé une action répressive. Cet effet satisfaisant, réclame que l'huile essentielle contienne diverses molécules bioactives ayant été libérées au cours du processus d'extraction ayant réagi seules ou en synergie

Le recours aux bio-stimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les patrons régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifiques et agronomiques, et qui pourrait bien être une solution d'avenir.

les résultats obtenus ont montré que les bio-fertilisants appliqués le jus de lombric formulé et le thé de lombric ratio thé de lombric D10/*Siléna fuscata* sur l'abondance de populations de *C. leucomelas* indique dans leur globalité un effet toxique satisfaisant. De ce fait on peut avancer que l'effet répressif des molécules testées suppose que ces dernières en plus de leur effet stimulant des défenses naturelles des plantes (S.D.N.) elles présentent un effet biopesticide certain.

Suivant la structure et les formes biologiques de la population de *Chaitophorus leucomelas* montre que le lombricompost a un effet repressif sur le stade larvaire et les femelles aptères par rapport aux femelles ailées. En revanche le nombre d'individus des femelles ailées sont en nombre moins important, par contre les résultats obtenus suite à l'utilisation du traitement du lombricompost nous ont donné des formes biologiques pratiquement très rapprochés les uns des autres

Au terme de cette approche nous suggérons une caractérisation des molécules bioactives des différentes huiles essentielles afin de pouvoir exploiter d'une manière raisonnable les ressources phylogénétiques naturelles.

Si le recours à l'utilisation des ratios de bio-fertilisant a augmenté l'efficacité des fertilisants, il serait intéressant de développer d'avantage la formulation sur la base de compatibilité des molécules bioactives

Il serait intéressant d'évaluer l'effet du biofertilisant sur les paramètres de production de culture et sur les paramètres populationnels des bioagresseurs à grande échelle. Connaître le mode d'apport le plus efficace en terme d'application foliaire ou par fertigation. Pousser d'avantage les recherches sur les formulations qui induisent une activité insecticides et stimulatrice des défenses naturelles

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abgrall J.F. et Soutrenon A., 1991- *La forêt et ses ennemis*. Ed. CEMAGREF, Grenoble. p. 399.

Adjoudji O., Ngassoum M.-B., Essia Ngang J.-J., Ngamo L.S.T. & Ndjouenkeu R., 2000, Activité insecticide des huiles essentielles des fruits de *Piper nigrum* (Piperaceae) et de *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae) sur *Sitophilus zeamais* (Curculionidae). *Biosciences Proceedings*, 7, 511-517.

Amborabé. E, Aziz. A, Trotel-Aziz. P, Quantinet. D, Dhucq. L et V. GUY, 2004 : Stimulation des défenses naturelles de la vigne. Essais d'emploi du chitosan contre *Botrytis cinerea*. *Phytoma*, 571:26–29.

Amirat N., Tebboub S. et Sebti M., 2011. Effets insecticides des huiles essentielles chémotypées de deux plantes Aromatiques lavandula stoechas et origanum glandulosum de la région De jijel.

Anonyme ,2000a. *Composted Manures Offer Yield and Disease Resistance Benefits*. *Countryside and Small Stock Journal*, 84 (4): 64-66.

Anonyme, 2002. Rapport du groupe de réflexion sur les pesticides en milieu urbain. *Pour la protection de la santé et de l'environnement, la gestion environnementale en milieu urbain*. 64: 3

Anonyme 2006 (alluviaux, Unité de recherche « Amélioration, génétique et physiologie forestières », département "Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques",centre INRA d'Orléans http://www.inra.fr/presse/l_inra_au_secours_du_peuplier
marc.villar@orleans.inra.fr

Anonyme, 2007. Index des produits phytosanitaires à usage agricole .Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Ed. 2007, 251 p.

B

Bekele J. & Hasanali A., 2001, Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum Kilimands* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insects pests. *Phytochemistry*, 57, 385-391.

Benayad, N., 2008. Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat.Maroc.61p

Blackman R.L. et Eastop V.F., 1994. *Aphids on the World's Trees. An Identification and Information Guide* , Cab International Eds. Wallingford (UK)

Bones A.M. et Rossiter J.T., 1996.The myrosinase-glucosinolate system its organisation and biochemistry, *physiol. Plant.* (97), pp: 194-208.

Boukhris-Bouhachem S., Souissi R., Turpeau E., rouze-jouan J., Fahem M., Ben BONNEMAIN J-L., CHOLLET J-F., 2003 – Biologie et pathologie végétales. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. C.R.Biologies 326, pp : 1-7.

Boulter, J.I., G.J. Boland et J.T. Trevors (1999). Evaluation of Compost for Biological Control of Dollar Spot (*Sclerotinia homoeocarpa*) on Creeping Bentgrass (*Agrostis palustris*). Annual Meeting of the American phytopathological Society, Montréal, Québec, Phytopathology, 89 (6).

Booth C.O., 1964. Seaweed has possibilities apart from its fertiliser use. *The Grower* **62**: 442-443.

Booth E., 1966. Some properties of seaweed manures. In Proc. 5 th International Seaweed Symposium. Pergamon Press, London, 349-357

Bourdu M., 1986- Forêt et sylviculture : Sylviculture appliquée, Presses agronomiques de Gembloux : 244 pp.

BoWe, Scott, 2001 Wood use and society, forestry facts, UW Extension, universite de la Wisconsin Madison, n°93, ,(surinternet, <http://forest.Wisc.edu/extension/Publications/93.pdf>)

Brahim N. et Hullé M., 2007.Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) diversity in Tunisia in relation to seed potato production , *Ann.soc.entomol.Fr.*, 43 (3) : 311-318.

Brandt, J.P. 1994. Perce-bois des feuillus. Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Cent. for. Nord, Edmonton (Alberta). Dépliant for. 31.

Brunechon J., 1987, Pharmacognosie, Ecole technique de documentation, Ed. Ravoilie.

C

Calabrese E.J., 1999 - "evidence that hormesis represents an "overcompensation" response to a disruption in homeostatis." *Ecotoxicology and envirenemental .Safety* 42, pp135-137.

Cemagref, 2007. Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts, Sur la trace des pesticides. (<http://www.cemagref.fr/presse/Dossthem/pesticides/index.htm>).

Chaboussou F., 1981 – Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 200p.

Chamel A., Gambonnet B., 1980 - Foliar penetration of micronutrients: study with isolated pear leaf cuticules of cuticular. Retention and penetration of zinc, in: *Mineral Nutrition of fruit trees*, 318p

Champagnol F., 1980 - La matière organique des sols de vigne du Midi de la France. *Progrès Agricole et Viticole*, 8, p : 161-173.

Chararas C., 1972. Les insectes du peuplier, biologie, écologie, nocivité, méthodes de Production, Lib. De la fac. Des sc. Eds. Paris, 272p.

Couderchet. M, Le Floch. G, Rey. P et Tirilly. Y : Effet du flumioxazine sur l'attaque de feuilles de tomate par *Botrytis cinerea*. In AFPP, éd. : 7ème Conférence internationale sur les maladies des plantes, Tours, 2003.

Comeau A., 1992 - La résistance aux pucerons, aspect théoriques et pratiques in la lutte biologique, Gaëtan Morin Eds. Boucherville, Canada, 449p

Cluzet S., Torregrosa C., Jacquet C., Lafitte C., Fournier J., Mercier L., Salamagne S., Briand X., Esquerré Tugayé M.T. et Dumas B., 2004. Gene expression profiling and protection of *Medicago truncatula* against a fungal infection in response to an elicitor from green algae *Ulva* spp. *Plant Cell Environ* 27: 917-928.

Constant, N., 2009. L'utilisation du pyrèthre naturel pour lutter contre la cicadelle de la flavescence dorée en viticulture biologique. AIVB-LR. www.constant.aivb@wanadoo.fr.

Coudriet LD., Prabhaker N. et Meyerdik D.E., 1985. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): effects of neem seed extract on oviposition and immature stages. *Environ. Entomol.* 14(6), p. 77-83.

Crouch I.J. et van Staden J., 1993. Effect of seaweed concentrate from *Ecklonia maxima* (osbeck) Papenfuss on *Meloidogyne incognita* infection on tomato. *J Appl Phycol* 5: 37-43.

Cseke L.J. et Kaufman P.B., 1999. How and why these compounds are synthesized by plants. pp: 37-90. In p.b. kaufman, l.j. cseke, s. warber, j.a. duke et h.l. brielmann (eds.), natural products from plants. crc press, boca raton, fl.

CU, J.Q., 1 990. Extraction de compositions odorantes végétales par divers solvants organiques. Thèse, de doctorat de l'INP Toulouse, N° d'ordre 393

D

Dajoz R., 1980. Ecologie des insectes forestiers, Bordas Eds. Paris, 489p

Dajoz R., 1980- Ecologie des insectes forestiers, Gauthier-Villars, Paris, 580 p.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie, Bordas Eds. Paris, 505p.204.

Dedryver C.A., 1982. Qu'est ce qu'un puceron? Les pucerons des cultures. Jour. D'étude D'inf. Paris, 2, 3 et 4 mars 1981, A.C.T.A., France, 9 -20.

Delorme. R 2005: Communication personnelle. (Directeur de recherche INRA Versailles),.

Delplanque A., 1998- Les insectes associés aux peupliers, Ed. Memor, Bruxelles. p. 428.

Desouza, AP., Vendramim, JD., 2000. Efeito de extratos aquosos de Meliaceas sobre *Bemisia tabaci* biotipo B em tomateiro. *Bragantia* 59 (2), p. 173-179.

Djazouli Z.E., 1992. Inventaire des aphides et fluctuation des populations des Pemphigidae sur *Populus nigra* dans la région de Blida, Th. Ing. Agro, I.N.E.S, Blida, 93p.

Djazouli Z.E., 1996 - Inventaire et interaction de l'entomofaune inféodée du peuplier noir *Populus nigra* L. Etude de la dynamique des populations et du développement ovarien de *Chaitophorus leucomelas* (Koch, 1854) (Homoptera; Aphididae) En MITIDJA . Th.mag.Agro., Inst.Nal.Agro., ElHarrach, Algérie, 102p

Dorman H.J. & Deans S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plants volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, 88(2): 308-316.

E

el lakwah F., whaled, O.M., kattab M.M., et abdel rahman T.A., 1997. Effectiveness of some plant extracts and powders against the lesser grainborer *Ryzopertha dominica* (F.). *Ann. Agric. Sci.* 35 (1), p. 567–578.

Esserhane O., 2006 - Les tanins condensés et l'azote total du genre *Vitis* expliquent-ils l'installation de la cicadelle verte *Empoasca vitis* (Goethe, 1875) (Homoptera, Cicadellidae) et l'Eudémis de la vigne *Lobesia botrana* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera, Tortricidae). Mém. Ing. Agro, Université Saad Dahleb, Blida.

Ezelin de Souza, K. et J.C. Revel (1998). *Contribution à la valorisation de la bagasse par compostage biologique et chimique.* Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France, 390 p.

F

FAO. 1994. le défi de l'aménagement durable des forêts : Quel avenir pour les forêts mondiales ?. Rome.

Featonby Smith, BC. et van Staden J., 1987. Effects of seaweed concentrate on grain yield in barley. *South Afric J Bot* 53: 125-128

Feng R. et Isman M.B., 1995. Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid *myzus persicae*. *experientia* 51, pp: 831-833.

Ferron, P., 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annu. Rev. Entomol.* 23:409-442.

Fofana B., Benhamou N., McNally D.J., Labbe C., Seguin A. et Belanger R.R., 2005- Suppression of induced resistance in cucumber through disruption of the flavonoid pathway. *Phytopathology*, 95, 114-123.

Fortin M., Lorenzetti F., Panzuto M. et Mauffette Y., 1999- La livrée des forêts et son environnement. *Antennae* 6 : 36–39

Fourment H. et Roques S., 1942. Répertoire des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. Bull N°61. GUIAUCHAN édit, Alger ,159p.

Fraser P.M., 1999 -Types of earthworms, worms are not just worms! Planet Green Inc.(http://www.planetgreen.com/knowledge/know_typesofearthworms.htm), 3 pages.

Fravel D R., Rhodes D J. and Larkin R P., 1999 - Production and commercialization of biocontrol products. In *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*, edited by R. Albajes, M. L. Gullino, J. C. van Lenteren and Y. e. Elad: Dordrecht: Kluwer.

G

Gakuru S., et Foua B.K., 1996. Effects of plant extracts on the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* Fab.) and the rice weevil (*Sitophilusoryzae* L.). *Cah. Agric.* 5 (1), p. 39–42.

Giganti H.E., Dapoto G.L. et Delfino M.A., 2004. *Chaitophorus leucomelas* Koch (Hemiptera, Aphididae) en río negro y Neuquén (Argentina) Características morfológicas y biológicas, *RIA*, 33 (2) : 27-40.

Giroux S., Côte J C., Vincent C., Martel P., Coderre D., 1994 – Bacteriological insecticide M-One effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera : Coccinellidae). *J.Econ.Entomol.* 87, 39-43.

Glazebrook J., 2005 - Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43, pp : 205-227.

Grasse P., 1957 - *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie, insectes supérieurs et Hémimoptéroïdes*, Masson & Cie Eds. Paris, 974p.

Grasse P. 1970. *Zoologie invertébrés*, Masson & Cie Eds. Paris, 935p

Gullino. M. L., Leroux. P et Smith C. M, 2000: Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection*, 19:1–11.

H

Hassan H S A., Sarrwy S M A., Mostafa E A M., 2010 - Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of “Hollywood” plum trees. *AGRICULTURE AND BIOLOGY JOURNAL OF NORTH AMERICA*. ISSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525. Dokki, Giza, Egypt.

Heie O.E., 1982 - The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. II. The family Drepanosiphidae, *Fauna ent.scand.*, 2 : 1-174.

Hernandez Ochoa L.R., 2007. Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » d’origine végétale. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse p225.

Howard-Borjas P., et Cuijpers W., 2002 - “Gender and the management and conservation of plant biodiversity”, in **DOELLE H W et DA SILVA E.**, *Biotechnology*, in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Oxford, UK.

Huang H.C., Harper A.M., Kokko E.C. et Howard R.J., 1981 – Aphids transmission of *Verticillium alba-atrum*, *Can.J.plant.Pathol* : 141-147.

Huang Y., Ho S.-H. & Manjunatha K.R., 1999, Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, **92** (III), 676-68

Huang Y., Chen S.X. & Ho S.-H., 2000, Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two stored product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, **93**, 2, 537-543.

Hulle M., Turpeau E., et Leclant F.,1998. Les pucerons des arbres fruitiers, cycle Biologique et activités de vol. Ed. ACTA, Paris, 80p.

Hayes T.B. et al., 2006. Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact? Environmental Health Perspectives, 114 Suppl 1, pp.40-50.

I

Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K. & Holopainen J.K., 2001, Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene and its suitability for control of insect pests. Agricultural and Food Science in Finland, **10**, 3, 243-259.

Isman M.B., 2000. plant essential oils for pest and disease management. Crop prot. 19, pp: 603-608

Isman, MB., 2002. Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In. Regnault-Roger, C, Phellogène, B J.R, Vincent C 2002. Biopesticides d'origine végétale. Tec et Doc, Paris, p : 301- 312.

J

Jacobson M., 1989. Botanical pesticides, past present and future In Arnason JT. et al. (Ed.). Insecticides of plant origin. Washington, D.C.:American Chemical Society Symposium, series 387, p. 1-10.

Jan V. et Jiri S., 1987. Illustrations de Frantisek servera. Plantes médicinales. 7eme édit. GRUND Edit. Paris, 319p.

JANSSENS F. et NEF L., 1982 - Les insectes nuisibles au peuplier en Belgique et en Europe occidentale , I.R.S.I.A. Eds. Louvain-la-neuve, 103p.

Janzen H.H., Desjardins R.L., Asselin J.M.R. et Grace B. ,1998. La santé de l'air que nous respirons .Agriculture et Agroalimentaire, Ottawa, Canada.

Jeandet. P, Adrian. M, Joubert. J.-M, Hubert. F et R. Bessis : Stimuler les défenses naturelles de la vigne. Un complément à la lutte phytosanitaire contre le Botrytis. Phytoma 488:21–25, 1996.

Jirovetz L., Buchbauer G., Ngassoum M.B. & Geissler M., 2002, Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid-phase micro-extraction-gas chromatography, solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and olfactometry. Journal of Chromatography, **976**, 1-2, 265-275.

K

Kaimovitz, D., Byron, N. et Sunderlin, W. 1998. Public policies to reduce inappropriate deforestation. In E. Lutz, ed. *Agriculture and the environment: perspectives on sustainable rural development*, p.303-322. Banque Mondiale, Washington.

Kéita S.M., Vincent C., Schmit J-P., Arnason J.T. & Bélanger A., 2001, Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Product research*, 37, 339-349.

Kim S. W., Kubec R., et Musah R.A., 2006. Antibacterial and antifungal activity of sulfurcontaining compounds from petiveria alliacea l. *journal of ethnopharmacology* 104, pp: 188-192.

Klarzynski, O et Fritig, 2001. B: Stimulation des défenses naturelles des plantes. *C. R. Acad Sci. Paris, Sciences de la vie*, 324:953–963.

Klein K.C. et Waterhouse D.E., 2000. Distribution and Importance of Arthropods Associated with Agriculture and Forestry in Chile, *ACIAR Monograph Eds. 68*, Canberra, Australia, 231p

Koch M., 1984.The identification of butterflies , Neumann Verlag Eds. Leipzig, Germany

Konstantinidou-Doltisinis S., Markellou E., Kasselakii A.M., Fanourak, M.N., Koumaki C.M., Schmitt A., Liopa-Tsakalidis A. ET Malathrakis N.E. 2006-Efficacy of Milsana, a formulated plant extract from *Reynoutria sachalinensis*, against powdery mildew of tomato (*Leveillula taurica*). *Biocontrol*, 51, 375-392

L

Lagadic, L., Caquet, T. et Amiard, J.C. 1997. Biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. In Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C. et Ramade F., eds, *Biomarqueurs en écotoxicologie, aspects fondamentaux*, Masson, Paris, pp 1-9.

Langenheim J.H., 1969. Amber: a botanical inquiry. *Science*. 163(872), 1157-1169.

Larson, R.O., 1989. The commercialization of neem. pp. 155-168. In M. Jacobson. *Focus of Phytochemical Pesticides*. Vol. 1 The neem tree. CRC Press Boca Raton, Fla

Loschinkohl, C., J.W. Rimelspach et M.J. Boehm ,1999. *The Impact of Compost Soil Amendment on Fungal Diseases of Turfgrass*. *Phytopathology*, 89 (6S): S46-S47.

Lyon. G. D et A. Newton. C : 1997 Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies ? *Plant Pathology*, 46:636–641,.

M

Madejón P., Marañón T., Murillo J.M. et Robinson B., 2004 – White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests , *Environ.Pollut.*, 132 : 145-155.

Madi A., 2005 - Influence des métabolites secondaires des feuilles de la vigne sur la dynamique des populations de la Cicadelle verte *Empoasca vitis* (Goethe, 1875) (Homoptera Cicadellidae). Cas des protéines solubles et des tanins condensés. Mémoire. Ing. Agr. Université de Blida, 67p.

Martinez. C, Besnard. O et Baccou. J.-C. : Stimulation des défenses naturelles des plantes. Cellulases et protéases d'origine biologique : deux exemples d'éliciteurs. *Phytoma*, 521:16–19, 1999.

Mayer, F.L., Versteeg, D.J., Mac Kee, M.J., Folmar, L.C., Graney, R.L., Mac Cume, D.C. et Rattner, B.A. 1992. Physiological and nonspecific biomarkers. In Huggett R.J., Kimerle R.A., Mehrle P.M. et Bergman H.L., eds, *Biomarkers: biochemical, physiological, and histological markers of anthropogenic stress*, Lewis Publishers, Chelsea, pp 5-86.

Maynard, A. A. et D.E. Hill (2000). Leaf Compost Suppresses Disease, Improves Onion Yields. *Biocycle*, 41 (5): 69-71

Miles P.W., 1989 - Feeding porcess of Aphidoïdae in relation to effects on their food plants in Aphids, their biology, natural enemies and control , Elsevier Eds. Amsterdam, 340p

Mooney, PA, van Staden, J., 1985. Effect of seaweed concentrate on the growth of wheat under conditions of water stress. *South Afric. J Sci* 81: 632- 633.

Morallo-Rejesus, B., 1987. Botanical pest control research in the Philippines. *Philipp. Entomol.* 7, p. 1–30.

Moberg, P.G.1999 - When does stress become distress? *laboratryAnimal*28, 22-26

Muñoz R. et Beéche M., 1995. Antecedentes sobre dos especies de reciente identificación para Chile (Homoptera: Aleyrodidae, Aphididae) ,*Rev.Chilena Ent.*, 22 : 89-91.p.125.

N

Nakasaki, K., S. Hiraoka et H. Nagata (1998). A New Operation for Producing Disease-Suppressive Compost from Grass Clippings. *Applied and environmental Microbiology*, 64 (10): 4015-4020.

Nardo E.A.D., De Costa A.S. et Lorencao A.L. ,1997. Melia azadirach extract as an antifeedent to Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae). *FloridaEntomol.* 80 (1), p. 92–94.

NAS, 1969. Insect Pest Management and Control. National Academy of Science. Publ. 1695. Washington, D.C

Nauen R. et Elbert A., 2003. European monitoring of resistance to insecticides in Myzus persicae and Aphisgossypii (Hemiptera: Aphididae) with special reference to imidacloprid. *Bull. Entomol. Res.*, 93, 47-54

Ndegwa P M., Thompson S A., Das K C., 1999 - Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71, pp: 5–12.

Negi P.S., Chauhan A.S., Sadia G.A., Rohinishree Y.S. et Rameteke R.S., 2005.Antioxidant and antimicrobial activity of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed extracts. *Food. Chem.*, 92, pp: 119-124.

Ngamo Tinkeu L.S., Ngassoum M-B., Jirovetz L., Ousman A., Nukenine E.C. & Mukala O., 2001, Protection of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medlinden Faculteit Landbouww Universiteit Gent*, 66/2a: 473-478.

Nhan, D. D., Carvalho, F. P., Am Manh, N., Qooc Tuan, N., Thi hai yen, N., Villeneuve, J. P. et cattini, C., 2001.“Chlorinated pesticides and PCBs in sediments and molluscs from freshwater canals in the Hanoi region”. *International Pollution* 112 311-320.

NICOLE M C., 2002 - Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, Vol. 9, N°1. Montréal, 6 p.

O

Olivier Klarzynski, Bernard Fritig 2001, Stimulation des défenses naturelles des plantes *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, Volume 324, Issue 10, , Pages 953–963

P

Paoletti M G., Dufour D L., Cerda H., Torres F., Pizzoferrato L., & Pimentel D., 2000 - The importance of leaf- and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267, p: 2247–2252.

Papachristos D.P. & Stamopoulos D.C., 2002, Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oils vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 117-128

Preusch, P.L. et T.J. Tworkoski ,2000. Weed Suppression and N and P Mineralization in an Orchard Mulched with Composted Poultry Litter. *Hortscience*, 35 (3): 419.

R

Rana Sing N., 2007. Biopesticides: an economic approach for pest management Orissa Review, April 2007. *Plant protection, KVK, Rayagada, Gunupur*

Regnault-Roger C. & Hamraoui, 1994, Antifeedant effect of Mediterranean plant essential oils upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) bruchid of kidney beans *Phaseolus vulgaris* L. *In: Highly E., Wright E.J., Banks H.J., Champ B.R. Storage product protection (Vol. 2)*, CAB international, Wallingford (U.K.), 837-840.

Regnault-Roger C., Hamraoui A., 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a Bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of Stores Products Research* 31:291-299.

REES R., and CASTLE K., 2002 - Nitrogen recovery in soils amended with organic manures combined with inorganic fertilisers. *Agronomie*, 22, p: 739-746.

Regnault-Roger C., 2002. De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ? *In Regnault-Roger C., Philogène B. J. R. Vincent C., Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 19-40.*

Regnault Roger C., Philogene B.J.R., 2002. Biopesticides d'origine végétale. Editions Tec et Doc. Lavoisier.

Riba G. et Silvy C., 1989. La lutte biologique et les biopesticides. *In* : La lutte biologique, dossier de la cellule environnement, n°5, INRA, pp : 49-54.

Riba, G. et Silvy, C., 1989. *Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives.* Vol. I. INRA, Paris. 230p.

Richards W.R., 1972. *The Chaitophorinae of Canada (Homoptera: Aphididae)*, Memoirs of the Entomological Society of Canada Eds. 87, Canada, N 87, 109p.

S

Saighi H., 1998 - Biosystématique des Aphides et de leurs ennemis naturels dans deux stations d'étude. Le jardin du Hamma et le parc de l'institut national agronomique d'el Harrach. Thèse de Magister. ENSA, El Harrach, 312 p.

Sanon A., Garba M., Auger J. & Huiganrt J., 2002, Analysis of insecticidal activity of methulisocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis*. Journal of Stored Products Research, 38, 129-138.

Santos Oliveira J F., Passos DE Carvalho J., Bruno Desousa R F X, & Madalena Simao M., 1976 - The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. Ecol. Food Nutr. 5, p :91-97.

Satrani B. et al., 2008. Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthusmixtus*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **146**, 85-96

Schmutterer H., 1992. Higher plant as sources of novel pesticides. pp. 3- 15. *In* D. Otto and B. Weber. Insecticides: Mechanism of Action and Resistance. Intercept Ltd Andover, UK.

Scriber J. et Slansky J.R., 1981. The nutritional ecology of immature insects, *Annu.Rev.Entomol.*, 26: 183-211.

Sell, C.S. 2006. The Chemistry of Fragrance. From Perfumer to Consumer. 2nd edition. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 329 p.

Serra-Wittling, C., S. Houot et C. Alabouvette (1996). Increased Soil Suppressiveness of Fusarium Wilt of Flax after Addition of Municipal Solid Waste Compost. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (9): 1207-1214

Serra-Wittling, C., C. Alabouvette, S. Houot et F. Rouxel (1997). Suppressiveness of Municipal Solid Waste Composts to Plant Diseases Induced by Soilborne Pathogens. *Modern Agriculture and the Environment*, pp.373-381.

Serrano, E., Saccharin, Ph. et Raynal, M., 2006. Optimisation des doses de matière actives appliquée à l'hectare de la réduction de doses Synthèse de 5 années d'essais en Midi-

Pyrénées. IFVV - Entav/ITV France Midi-Pyrénées - V'innopôle - BP 22 - 81310 Lisle sur Tarn

SHERMAN, RHONDA. 2000 «Commercial Systems Latest Developments in Mid-to-Large Scale Vermicomposting», Biocycle, p. 51.

Spichiger R.O., Savolainen V., Figeat M. et Jeanmonod D., 2004. Botanique systématique des plantes à fleurs. Ed. Presses Polytechniques et universitaires Romandes, 3ième édition, 413p.

T

Trematerra, P., Sciarretta, A., 2002. Activity of chilli, *Capsicum annum* L. var. *acuminatum*, on stored product insects *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). IOBC/wprs Bull. **25** (3), p. 177–182.

Tunç I., Berger B.M., Erler F. & Dagli F., 2000, Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36, 161-168.

W

Wan X., Zhang F., XiA X. et Yin W., 2008 - Effects of cadmium on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of solution-cultured poplar plants , *ScientiaSilvae Sinicae*, 44 : 73-78.

Ware G.W., 1991. An introduction to insecticides, Radcliffe National IPM textbook, <http://ipm-worl.umn.edu/chapters/ware.html>.

Weinzeirl R., 1998. Botanicals insecticides, soaps and oils. pp. 101-121. *In* JE Rechcigl and NA Rechcigl. *Biological, Biotechnological Control of Insects Pest* in. Lewis Publi., Boca Raton, Florida.

Whapman C., Jenkins T., Blunden G. et Hankins S.D., 1994. The role of seaweed extracts, *Ascophyllum nodosum*, in the reduction in fecundity of *Meloidogyne javanica*. *Fundam Appl Nematol* **17**: 181-183.

Williams, L.A.D. et Mansingh A., 1993. Pesticidal potential of tropical plants - I. Insecticidal activity of leaf extracts of sixty plants. *Insect Sci. Applic.* 14 (5), p. 697–700.

Wright J.E. & Chandler L.D., 1996, Biopesticide composition and process for controlling insect pests. *Biotechnology advances*, **14**, 3, p 285.

Wu Y., Jenkins T., Blunden G., von Mende N. et Hankins S.D., 1998. Suppression of fecundity of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in monoxenic cultures of *Arabidopsis thaliana* treated with an alkaline extract of *Ascophyllum nodosum*. *J Appl Phycol* **10**: 91-94

World Bank. World development report. 2003. Sustainable developement in a dynamic world: transforming institutions, growth and quality of e. New York; Washington (DC): Oxford University Press; World Bank; 2002. p 272.

Y

Yedida I., Benhamou N., Chet I., 1999 - Induction of defenses in cucumber plants (*Cucumis sativus L.*) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Applied Environmental Microbiology 65, pp: 1061- 1070.

Z

Zahraoui M.A., 2010. Effet des Variations Biogéographiques sur les Réponses Métaboliques et la Structuration Populationnelle de *Chaitophorus leucomelas* (KOCH, 1854) (*HOMOPTERA : APHIDIDAE*), sur le Peuplier noir (*Populus nigra*), Dans La Région De Médéa (Atlas Tellien) Et Zéralda (Littoral) , Thèse Ingénieur d'Etat en Agronomie, Faculté d'Agronomie, Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 76p.

Ziadi S., Godard J., Barbedette S., Pajot E., Le Corre D., Monot C. et Silue D., 2001- Deux nouvelles molécules, le benzothiadiazole (BTH) et le phytogard (K₂HPO₃) permettent de protéger le chou-fleur contre le mildiou provoqué par *Peronospora parasitica*. In 30 ÈMECONGRÈS DU GROUPE FRANÇAIS DES PESTICIDES, éd.: Produits phytosanitaires :analyse, résidus, métabolites, écotoxicologie, modes d'action, transfert, p. 239–255, Reims.Presses universitaires de Reim

Zinati, G. (2000). Finding an Alternative to the Methyl Bromide System. Biocycle, 41 (8): 66-67.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau d'abondance moyenne pour l'huile essentielle

	HI	Hap	Hal
S1	35,00	18,67	9,00
S2	3,33	1,67	0,67
S3	2,33	1,00	0,00
S4	1,00	2,33	0,00
S5	2,00	4,00	1,33
S6	1,00	5,33	0,00
S7	4,33	5,33	1,33
S8	3,33	4,67	3,00
S9	3,67	4,00	4,33
S10	3,33	3,33	3,00
S11	7,67	8,33	6,67
S12	10,00	9,33	7,67

Annexe 2: Tableau d'abondance moyenne pour jus de lombric formulé

	Jl	Jap	Jal
S1	30,67	28,67	3,67
S2	5,00	3,33	0,67
S3	7,33	3,33	1,00
S4	0,00	0,00	0,00
S5	5,33	3,00	1,00
S6	4,33	4,67	1,67
S7	4,67	4,67	1,67
S8	5,67	7,67	2,00
S9	5,67	5,33	2,00
S10	3,33	5,33	1,00
S11	7,67	10,67	6,33
S12	10,00	13,00	2,33

Tableau : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie à Soumâa (période 1995-2010)

Moi	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T°min	4.49	4.4	5.2	8.8	11.07	17.07	20.54	22.01	16.53	13.53	8.23	5.18
T°max	20.3	22.5	26.1	27.3	31.99	36.20	37.2	37.00	34.66	32.05	25.73	21.40
T°moy	12.4	12.4	15.5	16.1	21.42	25.74	28.53	29.34	25.08	21.92	16.25	13.20
P (mm)	87.7	62.9	68.0	73.2	63.84	3.62	2.69	7.24	37.16	54.32	102.5	107.4
E (mm)	65.0	68.6	89.9	114.4	157.2	178.0	199.5	189.1	115.3	95.35	91.69	66.34
V (Km/h)	3.42	3.4	3.9	3.3	3.07	3.44	3.28	3.58	3.39	2.83	3.45	3.41

Tableau : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie à Soumâa de l'année 2010

Moi	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T°moy	12,3	13,8	14,4	14,17	24,05	27,11	33,2	30	22,5	19,6	13,5	11
P (mm)	67,2	92,1	122,8	99,32	27,84	1,6	3,2	1,6	11	118	114,7	97,2

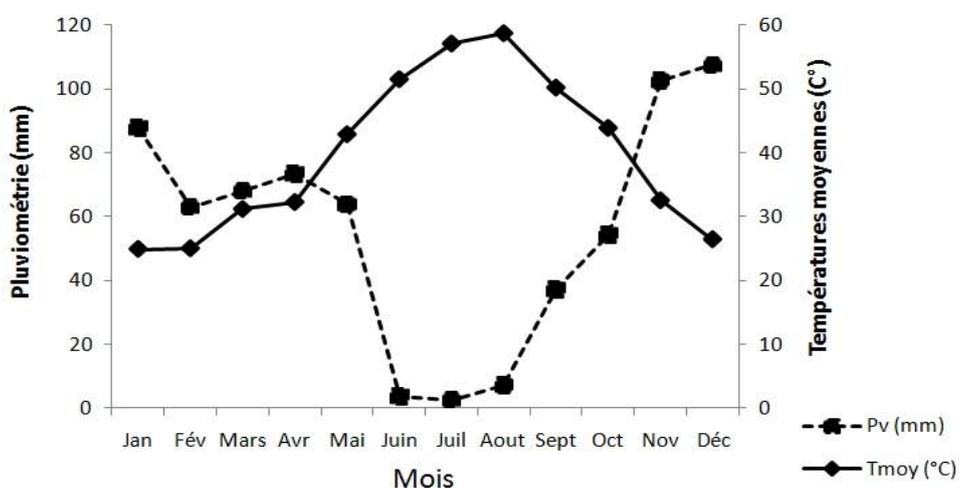


Figure: Diagramme Ombrothermiques de la région de SOUMAA (période 1995-2010)

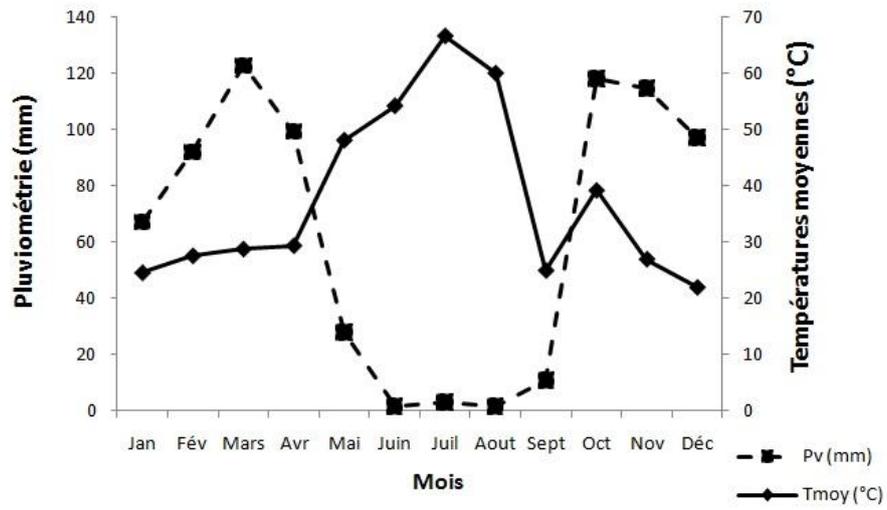


Figure: Diagramme Ombrothermiques de la région de Soumâa de l'année 2010

TABLE DES MATIERES
INTRODUCTION**Chapitre I****Introduction**

I.1. Etat phytosanitaire du peuplier	3
I.1.1. Les chrysomèles des peupliers	4
I.1.2. La petite sésie	4
I.1.3. Le charançon de la patience	4
I.1.4. La grande saperde	5
I.1. 5. La grande sésie	5
I.1.6. La zeuzère	5
I.1.7. Le puceron du peuplier « <i>Chaitophorus leucomelas</i>	5
I.1.7.1. Position systématique	5
I.1.7.2. Répartition géographique	6
I.1.7.3. Cycle de vie	6
I.1.7.4.. Dégâts	7
I.1.7.5.. Moyens de lutte	8
I.1.7.6. Inconvénients de la lutte chimique	8
I.2. Les bio-pesticides	9
I.2.1. Définition	9
I.2.2. Les différents types de biopesticides	9
I.3. Les insecticides d'origine botanique	10
I.3.1. Les biocides inertes	10
I.3.2. Les extraits aqueux	10
I.3.3. Les huiles essentielles	11
I.3.3.1. Définition, localisation et répartition des huiles essentielles	11
I.3.3.2. Composition chimique et rôles des huiles essentielles	11
I.3.3.3. Mode d'action des huiles essentielles	12
I.3.3.4. L'huile essentielle d'Origan	13
I.3.3.5. Les principaux Constituants biochimiques de l'huile essentielle d'Origan	13
I.4. Lombriculture, principe et importance	14
I.5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)	15
I.5.1. Caractéristiques générales des SDN	18
I.6. Intérêt en protection des plantes	18
I.6.1. Intérêt technique	18

I.6.2. Intérêt environnemental	19
I.6.3. Place dans l'agriculture contemporaine	19
Chapitre II: Matériel et méthodes	21
II.1. Objectif	21
II.2. Présentation de la région d'étude	21
II.2.1. Situation géographique	21
II.2.2. Bioclimat de la région d'étude	22
II.3. Présentation du site d'étude	23
II.4. Matériel d'étude	23
II.4.1. Matériel biologique	23
II.4.1.1. Matériel végétal	23
II.4.1.2. Matériel animal	23
II.4.1.3. Huile essentielle	23
II.4.1.4. Bio-fertilisant	23
II.4.1.5. Ratio jus de lombricompost brute/extraits aqueux <i>Silene fuscata</i>	23
II.4.1.6. Produit de synthèse	24
II.5. Méthodes d'étude	24
II.6. Préparations des extraits aqueux	25
II.7. Dispositif expérimental et application des traitements	25
II.8. Technique de prélèvements et d'évaluation	26
II.9. Evaluation des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i>	27
II.10. Analyses statistiques	27
II.10.1. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)	27
II.10.2. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)	28
Chapitre III: Résultats	28
III.1. Estimation de l'activité insecticide des produits phytopharmaceutique sur la disponibilité de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	28
III.1.1. Évolution temporelle des populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous l'effet des traitements insecticides	28
III.1.1.1. Évolution temporelle de l'efficacité de l'huile essentielle et de la matière active sur la disponibilité de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	28
III.1.1.2. Évolution temporelle de l'efficacité des bio-fertilisants sur la disponibilité de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	30
III.1.2. Effets des produits phytosanitaires sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	30
III.1.2.1. Effets d'huile essentielle et de la matière active de synthèse sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	30
III.1.2.2. Effets de jus de lombricompost formulé et du ratio jus de lombric/ silène sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	31
III.1.3 : Evaluation de l'effet comparé des traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur l'abondance globale des populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	33
III.2. Evaluation de l'efficacité des traitements sur les populations de	

l'organisme cible <i>Chaitophorus leucomelas</i>	36
III.2.1. Évolution temporelle des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i> sous l'effet des produits phytosanitaires	36
III.2.2. Evaluation temporelle des populations résiduelles de <i>C. leucomelas</i> sous l'effet des bio-fertilisants	37
III.2.3. Tendence globale des effets des bio-fertilisants et des traitements phytosanitaires sur les populations résiduelles de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	38
III.3. Effets comparés de l'efficacité des traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	38
III.3.1. Effets comparés de l'efficacité des traitements phytosanitaires sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	38
III.3.2. Effets comparés de l'efficacité des traitements bio-fertilisants sur les populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	40
III.4. Succession des différentes formes biologiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous les différents traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants	
III.4.1. Succession des différentes formes biologiques de <i>Chaitophorus leucomelas</i> sous les différents traitements phytosanitaires et les bio-fertilisants	41
 CHAPITRE IV. DISCUSSION	
 IV 1. Evaluation de l'effet des produits biologiques et chimiques sur l'abondance des populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	43
IV 2. Evaluation de l'effet des bio-fertilisants jus de lombric formulés et le thé de lombric ratio thé de lombric D10/<i>Siléna fuscata</i> sur l'abondance des populations de <i>Chaitophorus leucomelas</i>	74
CONCLUSIONS et PERSPECTIVES	
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	