

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES BIOTECHNOLOGIQUES

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention
du diplôme de Master 2 en Sciences Biotechnologiques
Spécialité : Phytopharmacie appliquée

**Evaluation de l'effet biocide de deux huiles essentielles formulées à base de thym et
de bigaradier sur la biocénose associée au puceron vert *Chaitophorus leucomelas L*
du peuplier noir *Populus nigra L***

Soutenu en : Juin 2016

Présenté par : Mlle. BERDIA Asma
Mlle. MECHERI Nesrine

Devant le jury :

M. AROUN M.E.F	M.C.B	U.S.D.B	Président du jury
Mme. BABA AISSA MOUSSAOUI K.	M.A.A	U.S.D.B	Promotrice
M. DJAZOULI Z.E.	PR	U.S.D.B	Co-Promoteur
Mme ALLEL-BENFEKIH L	PR	U.S.D.B	Examinatrice

Année Universitaire 2015/2016

Introduction Générale

Essence 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 (Breton, 2000).

On note deux géants dans le peuplier planté à vocation de production du bois: la Chine avec 2M ha et l'Inde avec 1 M ha. Viennent ensuite la France (220 000 ha), la Hongrie (160 000 ha), la Roumanie (160 000 ha), la Turquie (130 000 ha) et l'Italie (120 000 ha) puis dans l'ordre décroissant: l'Espagne, l'Argentine, l'Allemagne, la Belgique, la Russie, et le Canada. Les principaux pays exportateurs sont: la France, la Belgique, la Roumanie et l'Espagne (Anonyme, 2004).

Face aux changements environnementaux d'origine anthropique, les problèmes liés aux pullulations d'insectes dans les écosystèmes forestiers sont devenus plus fréquents et leur impact économique et écologique s'est considérablement accru (Paine, 2006). De plus, au cours des deux derniers siècles, l'introduction intentionnelle ou accidentelle d'insectes non-indigènes, facilitée par l'intensification des échanges internationaux, a largement contribué à l'émergence de nouveaux insectes ravageurs forestiers (Mattson et *al.*, 2007).

Depuis le milieu du 20ème siècle, la nécessité d'accroître la productivité des forêts est apparue avec la demande croissante en bois d'œuvre, de chauffage et d'industrie. La ligniculture, s'est donc développée de manière importante plaçant au premier rang des essences plantées à l'échelle mondiale. Dans l'hémisphère nord, les principales essences autochtones concernées sont les Salicaceae avec d'abord le peuplier (*Populus* spp.) puis le saule (*Salix* spp) (Coyle et *al.*, 2005).

La standardisation des produits du bois pour les besoins industriels a contribué à des dégâts plus fréquents et intenses des ravageurs indigènes ainsi qu'à l'émergence de nouveaux ravageurs (Day et Leather 1997).

Les pucerons, insectes ravageurs majeurs des forêts sont surtout connus pour les pertes économiques qu'ils occasionnent aux cultures et aux essences ligneuses des vergers, conduisant à de sérieux impacts sur la production mondiale de nourriture. Une

centaine d'espèces d'Aphididae coûte des millions de dollars chaque année à l'agriculture avec des pertes variables selon les pays et les espèces de puceron (Blackman et Eastop, 2007).

Chaitophorus leucomelas L (puceron vert) s'attaque principalement au peuplier noir (*Populus nigra*) et des espèces hybrides connexes. Ils se nourrissent de jeunes pousses de *Populus* spp. Au printemps, et plus tard sous les feuilles, dans les feuilles collées par les larves de la teigne, ou galles foliaires laissées vacantes par d'autres insectes. *Chaitophorus leucomelas* est largement distribué en Europe, en Afrique du Nord et en Asie, et a été introduit en Afrique du Sud et du Nord et Amérique du Sud (Reid et al., 2015).

En raison de la conjonction actuelle, et dans le cadre du plan Ecophyto qui vise à réduire de 50% l'usage des pesticides de synthèse d'ici à 2018 et dans la perspective des réductions réglementaires de l'utilisation des produits à base de cuivre; la recherche d'alternatives efficaces aux produits phytosanitaires constitue un important challenge autant pour l'agriculture conventionnelle que biologique (institut technique de l'agriculture biologique, 2014).

Actuellement, l'utilisation en formulation phytosanitaire de produits végétaux est sortie des études de laboratoire et l'on commence à les trouver comme constituants de préparations commerciales. Toutefois, il n'existe pas encore de formulation « toute végétale ». L'intérêt porté aux matières actives des produits phytosanitaires fait parfois oublier qu'elles ne sont que rarement administrées seules. Il est nécessaire de les associer à des composés, appelés formulants ou adjuvants, sans activité biologique propre, mais sans lesquels nombre d'entre elles n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante. Ceci confère une stabilité chimique et physique du produit tout en permettant des réductions importantes des doses de pesticides appliqués avec un bénéfice économique pour l'utilisateur ainsi qu'un bénéfice environnemental (Gauvrit et Cabanne, 1993).

Les biopesticides sont appelés à un avenir meilleur, car la demande en produits phytosanitaires sans danger, de faible rémanence, et qualifiés de « produits verts » est actuellement en hausse. Certains biopesticides, produits en petites quantités mais dont la valeur ajoutée est très élevée, pourraient répondre à cette demande et occuper des créneaux spécialisés dans lesquels les multinationales agrochimiques ne sont pas investies (Philogène et al., 2002).

Toutefois, dans cette recherche de nouveaux pesticides, il est important de considérer les biopesticides avec la même rigueur scientifique que les pesticides synthétiques car les expériences passées avec les insecticides de synthèse nous ont appris qu'on ne saurait ignorer les aspects de sécurité alimentaire, écologique et environnementale. Aussi faut-il être vigilant, tout particulièrement sur les aspects de bioaccumulation dans les chaînes trophiques. Cet aspect crucial a fait l'objet de revues récentes par McClintock (1999) pour les États-Unis, et Neale et Newton (1999) pour l'Europe.

Les huiles essentielles sont utilisées comme biopesticides pour leurs propriétés virucides antibactériennes, fongicides et insecticides (Bakkali et al., 2008). En effet, l'activité biologique des huiles essentielles sur les insectes phytophages s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations (Catherine R et al., 2008). Ainsi, il a été constaté que des huiles essentielles se révèlent insecticides en inhibant le cycle de reproduction (Tapondjou et al., 2003)

Les parasitoïdes et les prédateurs peuvent aussi réguler significativement la dynamique des populations d'insectes forestiers (Kidd & Jervis 1997).

Toutefois, dans un habitat peu diversifié comme certaines plantations forestières modernes, l'hypothèse des ennemis naturels suggère que les espèces et les populations de prédateurs et parasitoïdes sont moins abondantes et donc peu efficaces dans la régulation des populations d'insectes phytophages. De plus, chez les pucerons des arbres, les ennemis naturels ne sont généralement pas les principaux facteurs de régulation des populations mais plutôt des facteurs perturbant occasionnellement leur dynamique (Russel 1989).

Notre étude a porté d'une part sur l'évaluation de l'activité biocide de deux huiles essentielles formulées l'une à base de thym et l'autre à base de bigaradier appliquées à différentes doses sur les populations du puceron vert *Chaitophorus leucomelas* L du Peuplier noir *Populus nigra* L et d'autre part l'étude de l'impact de ces bioproduits sur la biocénose associée au puceron et cela durant une période de 15 jours avant traitement et de 10 jours après traitement.

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses :

- ✚ Quel serait l'impact des huiles essentielles formulées sur les différentes formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas* ?

- ✚ Les fortes et les faibles doses présentent- elle la même toxicité vis-à-vis de l'insecte cible?
- ✚ Est-ce-que les bioproduits formulés présentent la même efficacité que le produit homologué ?
- ✚ Quel serait l'impact des huiles essentielles formulées sur les différents parasitoïdes associés au Peuplier noir ?

Chapitre 01:

Présentation de la plante hôte

Populus nigra L (Cronquist, 1981)

1. Taxonomie et caractères botaniques du peuplier

1.1. Origine du peuplier :

Les peupliers sont des Angiospermes Eucotylédones pérennes appartenant à la famille des Salicacées. Cette famille se divise en deux genres : le genre *Salix* qui regroupe plus de 350 espèces de saules et d'osiers et le genre *Populus* qui regroupe une trentaine d'espèces de peupliers réparties en 6 sections botaniques (*Abaso*, *Aigeiros*, *Leucoides*, *Populus*, *Tacamahacaet Turanga*) sur la base de critères morphologiques et écologiques (CHAMAILLARD, 2011).

Le peuplier noir est caractérisé par une grande diversité de types de population arbres isolés, petit bosquet ou grands peuplements purs ou mélangés. Le peuplier noir peut vivre plus de 400 ans (AN VANDEN, 2003).

D'après CHEVALLIER (2000) les peupliers comprennent des espèces spontanées et des espèces cultivées (cultivars), la plupart sont d'origine hybride.

Parmi les espèces spontanées du genre *Populus*, nous pouvons recenser trois espèces européennes :

- *Populus tremula* L (BOUDROU, 1989) (Tremble)
- *Populus alba* L (BOUDROU, 1989) (Peuplier blanc)
- *Populus nigra* L (BOUDROU, 1989) (Peuplier noir), avec des races géographiques à l'origine de cultivars.

Le compartiment cultivé rassemble les espèces dédiées à la production de bois et celles à vocation ornementale comme *Populus nigra* var. *italica* (BOUDROU, 1989) « peuplier d'Italie » (CHAMAILLARD, 2011).

1.2. Taxonomie du peuplier :

Selon Boudrou (1989) le peuplier noir est classé comme suit :

- ♣ Règne : *Plantae*
- ♣ Embranchement : *Anthophyta*
- ♣ Classe : *Magnoliopsida*
- ♣ Ordre : *Salicales*
- ♣ Famille : *Salicaceae*
- ♣ Genre : *Populus*
- ♣ Espèce : *Populus nigra* L (Cronquist, 1981).

1.3. Etymologie :

- Noms latins : *Populus nigra* ; du latin *populus* (peuple).
- Noms communs : Liard, Liardier, Piboule, Peuplier franc, Peuplier suisse, Bouillard, Bioulassse.
- Nom anglais : Black Poplar.

D'après la légende, les Romains dénommaient cet arbre *Populus* car ses feuilles sont dans un état d'agitation perpétuelle comme souvent les peuples eux-mêmes car l'arbre était très populaire chez les Romains, ou parce que ceux-ci le plantaient dans des lieux publics (Jean-Denis, 1988).

2. Caractères botaniques et phénologiques du peuplier:

Selon BOSSARD et CUISANCE (1984) l'arbre est de 25 à 30 m de hauteur avec un tronc à écorce d'abord gris clair puis noirâtre, crevassée et boursoufflée par de nombreux broussins, parfois très volumineux.

-Les branches sont nombreuses donnant un aspect touffu et compact à la cime. Les rameaux sont arrondis, glabres, plus minces que ceux des peupliers noirs américains.

Synthèse Bibliographique

-Les bourgeons sont allongés , visqueux, feuilles vertes au débourrement, fermes , rhomboïdales , de 5-10 cm de longueur et de largeur un peu moindre , à petit pétiole sur les rameaux courts, plus amples, presque triangulaires, souvent tronquées ou arrondies à la base , à pétiole plus long et fin sur les pousses vigoureuses.

- Le limbe est vert brillant sur les deux faces, régulièrement et faiblement crénelé sur le bord. Aucune glande n'est à la jonction du pétiole et du limbe.

-Les chatons mâles sont longs de 4-6 cm, les fleurs ont 6-30 étamines, les anthères sont rouge foncé ; chatons femelles longs de 8-10(12) cm, dense, fleurs à deux stigmates, écailles laciniées.

-Les fruits sont des capsules sphériques à pédicelle grêle, s'ouvrant par deux valves.

D'après LEFEVE et *al.*, (1996) le peuplier noire est une espèce dioïque à pollinisation anémophile. Les graines sont transportées par le vent et l'eau dans leur coton, leur viabilité est courte. Différents modes de propagation asexuée sont également observés.

Il peut se régénérer également par voie végétative : par bouturage de rameaux ou des fragments de racines (TOPLU, 2005).



A



B



C



D



E



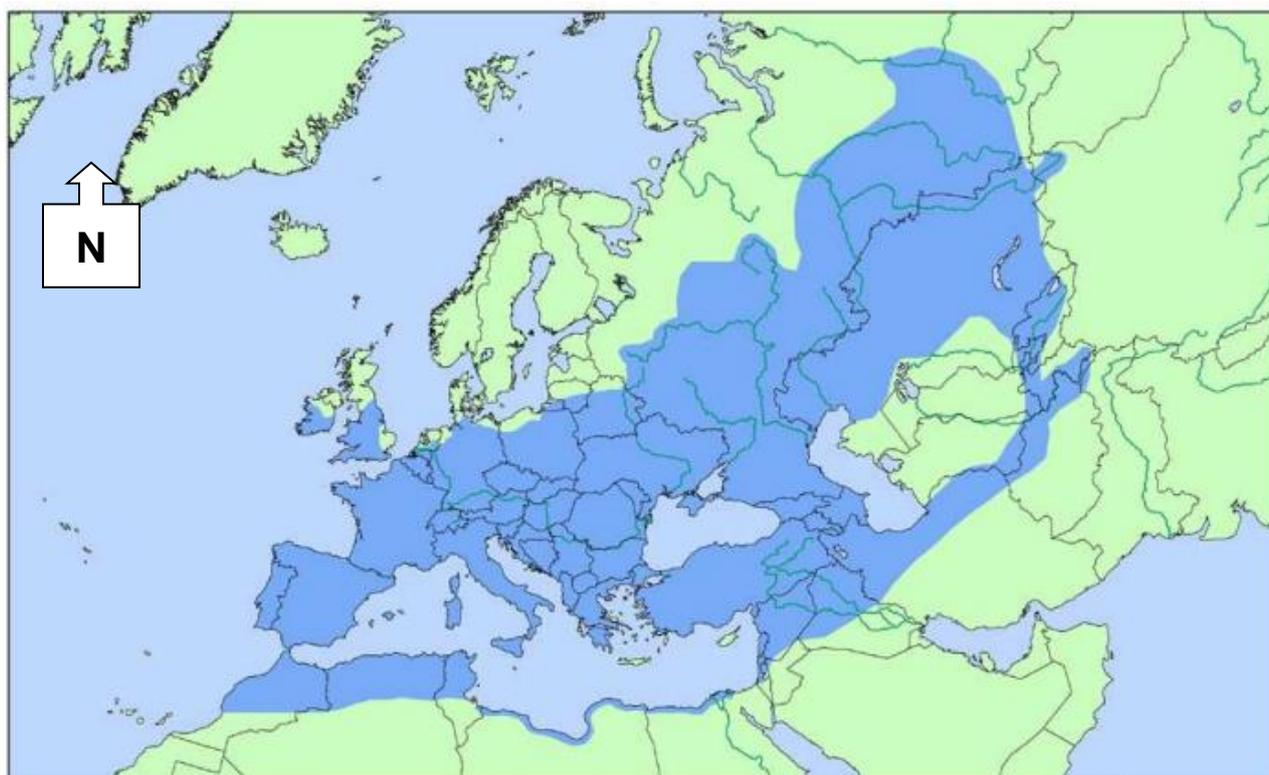
F

A : Inflorescence male, B : Inflorescence femelle, C : Graines de Peuplier noir dans leur capsule prêtes à être libérées, D : Diverses feuilles de Peuplier noir a partir d'un même plan, E : Ecorce d'un Peuplier noir, F : Graines de Peuplier noir encore accrochées au chaton mais prêtes à être dispersées.

Figure 1: Les caractères botaniques du *Populus nigra* (VILLARD, 2009).

3. Répartition géographique :

L'aire de répartition naturelle du peuplier noir *Populus nigra*, inclut presque toute l'Europe occidentale (sauf la Scandinavie, l'Irlande et l'Ecosse), l'Ukraine, la Fédération de Russie, et en Asie mineure dont la partie septentrionale de la République islamique d'Iran avec des franges en Asie orientale (jusqu'à l'extrémité Ouest de la Chine) et en Afrique du Nord (Maroc, vallée du Haut Atlas) (Guilloy-Froget, 2002).



0 500 1,000 2,000 Km

 La distribution naturelle de *Populus nigra*.

Figure 2 : Carte de distribution naturelle de *Populus nigra* (Euforgen, 2015).

4. Ecologie du peuplier :

Selon JEAN-DENIS (1988), le peuplier noir est souvent planté le long des rivières qui correspondent à leur biotope naturel pour la fixation des berges, près des fermes pour les protégés de la foudre, le long des routes, comme brise-vent, près des chapelles et des maisons comme arbres d'ornement. Il est très répandu surtout en basse altitude et n'apparaît que rarement dans l'étage montagnard où il prend une forme arbustive.

5. Exigences du peuplier noir :

5.1 Le sol :

La production du bois de peuplier est fortement liée au sol Chardenon (1982 in El Haouzali, 2009) estime que 90% des échecs sont dus à un mauvais choix de sol

Duchaufour (1965) a considéré que les sols les plus favorables pour le peuplier sont légers, profonds assez riches chimiquement et bien alimentés en eau. Ils doivent être équilibrés (50 à 70% de sables ; 30 à 50% de limon plus argile), avec une richesse suffisante en azote, en phosphore et en potassium. Ajoutons à cela un pH compris entre 6,5 et 7,5

Si le sol réunit les conditions optimales d'humidité et de richesse en humus, le peuplier atteint dès l'âge de 40-50 ans une hauteur de 20-25m. Mais si l'eau souterraine vient à lui manquer, par exemple lors de la rectification des cours d'eau, non seulement il cesse de croître mais montre des signes de dépérissement comme le dessèchement des hautes branches ou de l'apex (Jean-Denis, 1988).

5.2 Exigence en eau :

Le peuplier est une essence hygrophile, donc très exigeante en eau. La quantité d'eau conditionne l'extension des peuplements naturels. En culture, il est possible de produire du bois de peuplier si la pluviosité est suffisante ou s'il existe une nappe d'eau accessible aux racines. Les quantités annuelles nécessaires au peuplier varient entre 500 et 1000 mm (Piegey et *al.*, 2003).

Dans certaines régions la populiculture n'est possible qu'avec une irrigation. Dans ce cas il faut que le peuplement soit alimenté à raison de 600 à 1000 m³ d'eau par hectare et par mois (Duchaufour, 1965).

5.3 Exigence en lumière :

Les peupliers sont des essences héliophiles, ils se développent souvent en plein découvert. Leur activité photosynthétique est très intense : l'assimilation du gaz carbonique peut atteindre jusqu'à 25 milligrammes par heure et par décimètre carré de feuilles développées en pleine lumière (Roussel, 1972 in El Haouzali, 2009). Ils manifestent à des degrés divers, selon les espèces et les cultivars, une sensibilité au phototropisme. En effet les individus sensibles se courbent en direction de la lumière la plus intense.

5.4 Exigence en température :

Selon CHARDENON (1982, in El haouzali, 2009), on constate que pour les pays où le peuplier est cultivé ou exploité, la gamme des températures moyennes annuelles est très étendue, de 6°C dans le nord des Etats Unis ou l'est de la Turquie par exemple, à 18° C dans le sud de l'Espagne et de la Turquie ainsi qu'en Syrie, et même plus de 20°C dans l'Arizona, les pays d'Europe occidentale et le centre des Etats-Unis ont des températures comprises entre 9° et 15°C. Le froid intense et les variations de température brutales en périodes de gelées hivernales induisent des gélivures (Mertens et *al.*, 2003).

5.5 Le vent :

Généralement les peupliers sont sensibles au vent. Une pression ou une orientation constante du vent peut entraîner une courbure du tronc qui se traduit par une forme ovale et une grande proportion de bois de tension (El Haouzali, 2009).

6. Les principaux produits et usage du peuplier :

6.1. Usage en phytothérapie :

Le médecin grec Galien recommandait déjà l'usage d'une pommade à base de bourgeons de peuplier pour soigner les inflammations cutanées et les hémorroïdes. Aujourd'hui les propriétés anti-inflammatoires, antiseptiques, diurétiques et calmantes des bourgeons de peuplier noir sont utilisées contre diverses affections douloureuses. Les mêmes bourgeons servent également à la fabrication d'un sirop contre la toux et d'un tonique printanier (Hane et Dobbertin, 2006).

6.2. Usage en industries :

D'après Jean-Denis (1988) son bois léger et fibreux, très tendre, spongieux, se fond facilement. Même bien sec, il est peu durable, il était une source de bois importante pour les populations locales riveraines.

Le bois du peuplier utilisé dans la fabrication de la pâte à papier provient soit de produits issus de la première transformation soit de la trituration des bois issus de taillis à courte rotation ; il est utilisé également pour fabriquer des caisses et des boîtes, des allumettes et de la cellulose. On en fait également des sabots appelés « *zoccoli* » dans le canto suisse du Tessin. On l'utilise également pour fabriquer des structures de jeu pour les enfants, du contreplaqué et du placage pour les paniers de fruits. Aussi pour des produits de bois d'œuvre mélangés, des panneaux de particule, des travaux d'aménagement paysager et du bois de chauffage (El haouzali, 2009).

7. Intérêt du peuplier :

7.1. Contre l'Erosion :

D'après Piegay et al (2003), le réseau racinaire du peuplier est un système très complexe de cohésion et de fixation des matériaux alluvionnaires, engendrant un effet protecteur vis-à-vis de l'érosion. Lors des crues, le courant est freiné par la présence d'une prairie, d'une flore herbacée ou d'un sous-étage dans une plantation. Les matières en suspension (matière organique, argile, limon) transportées, se déposent alors et

contribuent à la fertilité des sols. Ce dépôt favorisé ne peut qu'améliorer la limpidité de l'eau (Chevallier, 2000).

8. La phytoremédiation du peuplier noir :

Le Peuplier noir *Populus nigra* 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 (Wan et *al.*, 2004) et de biosurveillance.(Madejon et *al.*, 2004).

Les ripisylves constituent également un véritable espace tampon entre le fleuve et les zones agricoles adjacentes, avec notamment une fonction épuratrice remarquable des nutriments. Dans les zones d'agriculture intensive, L'excès d'azote (sous forme de nitrates) et de phosphore (sous forme de phosphates) dans les eaux de ruissellement conduit à l'eutrophisation des milieux aquatiques. Les peupliers jouent un rôle d'épurateur, en mobilisant et en stockant ces éléments dans l'écorce (tronc, branches).De plus, la rhizosphère des peupliers favoriserait le développement d'une microflore du sol dénitrifiant, en apportant le carbone nécessaire à son développement. Ce rôle de purification du milieu peut être du même ordre de grandeur que celui d'une ripisylve et largement supérieur à celui d'une prairie (Chevallier, 2000).

Une synthèse a montré que selon l'importance de la ripisylve, dont notamment sa largeur, la fonction épuratrice peut représenter de 37 % à 100 % de réduction de la charge en azote (Piégay et *al.*, 2003).

Les branches font aussi le bonheur des Corneilles et des Etourneaux qui y font leurs nids. Le castor, quant à lui, ne se prive pas d'abattre quelques spécimens pour construire des huttes, et de manger l'écorce des jeunes pousses ainsi que les feuilles (Bastien et *al.*, 2009).

9. Menaces avérées au peuplier noir *Populus nigra* :

Etant inféodé à la ripisylve, le Peuplier noir n'échappe pas aux menaces que subit son habitat.

La première menace que subit le peuplier noir est d'ordre écologique et correspond à l'altération, la fragmentation et la réduction de son habitat engendrées par le développement de l'agriculture et des activités humaines. Les barrages hydroélectriques, les endiguements, l'extraction intensive de matériaux dans le lit mineur des rivières ainsi que l'augmentation du prélèvement d'eau notamment pour l'irrigation des zones agricoles ont modifié le régime hydrologique des rivières et perturbé les cycles naturels d'érosion et de sédimentation. Ces changements ont abouti à une réduction des surfaces favorables à la régénération (Naiman *et al.*, 2005).

A titre d'exemple, dans le Nord-Ouest de l'Europe la régénération du peuplier noir a pratiquement disparu des grands fleuves comme le Rhin ou le Danube (Lefèvre *et al.* 1998). En France, le Rhin, le Rhône et la Seine constituent les zones les moins favorables à la régénération due à la canalisation de ces fleuves (Piégay *et al.*, 2003).

-D'après Van den Broeck *et al.* (2005) la deuxième menace qui pèse sur le Peuplier noir est le risque d'abâtardissement des peuplements naturels par des clones de peupliers cultivés. Ces cultivars présentent une base génétique extrêmement étroite.

Deux types de cultivars présentent des menaces pour les populations sauvages : la variété ornementale « peuplier d'Italie » *Populus nigra var italica* (BOUDROU, 1989) qui est un peuplier noir de sexe mâle et les hybrides interspécifiques développés pour la production de bois (une vingtaine de clones environ, de formule *Populus deltoides* x *Populus nigra* ou *Populus deltoides* x *Populus trichocarpa*, de sexe mâle ou femelle). Ces cultivars clonaux de sexe mâle ou femelle, sont fertiles. Par exemple, le pollen des cultivars mâles, transporté sur de longues distances par le vent, peut féconder les fleurs des peupliers noirs femelles. La descendance ainsi produite ne présentera pas la pureté spécifique et la diversité requise et donc un risque de pollution génétique (Lefeve, 2001).

10. La biocénose associée au peuplier noir:

La durée de vie élevée du Peuplier noir est importante pour la biodiversité de ces milieux alluviaux car, dans son stade final (gros bois), l'arbre peut héberger grâce à son cortège de caches et de cavités naturelles une multitude d'insectes, oiseaux et chauves-souris (Villar, 2009).

Synthèse Bibliographique

D'après Villard et Auclerc (2007) le peuplier noir est une espèce arborescente qui joue un rôle très important dans la ripisylve. En effet, c'est l'essence dominante (pouvant atteindre 35 m de haut et vivre 200 ans) et les interactions qu'elle possède avec le milieu sont à l'origine de toute la diversité et l'originalité que l'on rencontre dans les différents cortèges floristiques et faunistiques qui se développent en milieux alluviaux.

Les bourgeons du peuplier sont très prisés, notamment par les abeilles qui viennent y chercher la résine collante qu'elles trouvent dessus pour restaurer leurs ruches ou pour embaumer le corps des agresseurs qu'elles exécutent. Les campagnols grimpent parfois pour les croquer, mais ils grignotent aussi écorce et racines en compagnie des lapins qui n'hésitent pas à se dresser sur leurs pattes pour améliorer les capacités de ce garde-manger improvisé. Les vaches ne sont pas les dernières à apprécier le feuillage qui constitue une nourriture riche en protéines.

Le tronc abrite la progéniture de nombreux insectes qui, se faisant, attaquent l'arbre sans pour autant le mettre en danger. C'est le cas d'un papillon nocturne, le Cossus gâte-bois, qui pond ses œufs dans les lésions de l'écorce. Les larves creusent ensuite des galeries. C'est aussi le cas au droit des racines des chenilles d'un autre papillon : la Grande Sésie. Un autre, le Grand Mars Changeant, pond sur les feuilles et ses chenilles, en sortant des œufs, en mangent les limbes... Les coléoptères ne sont pas en reste. Plusieurs larves ne dédaignent pas de s'attaquer aux feuilles, comme la Chrysomèle rouge. C'est aussi le cas d'un petit charançon. D'autres comme les larves de Grande Saperde s'attaquent au bois. Leur présence intéresse heureusement les Pics-verts et les Pics épeiches qui creusent eux aussi le bois pour pouvoir les manger. Pouillots et mésanges ne sont pas les derniers.

Enfin les chauves-souris prennent aussi leur part de butin (d'autant plus que le peuplier noir peut atteindre des stades "gros bois", renfermant alors une multitude de caches et de cavités).

En Algérie et dans la plaine de la Mitidja Djazouli (1997) a dressé un inventaire d'interaction de la faune de *Populus nigra* en prenant en considération la faune du tronc puis celle des rameaux et enfin celle des feuilles et des gales.

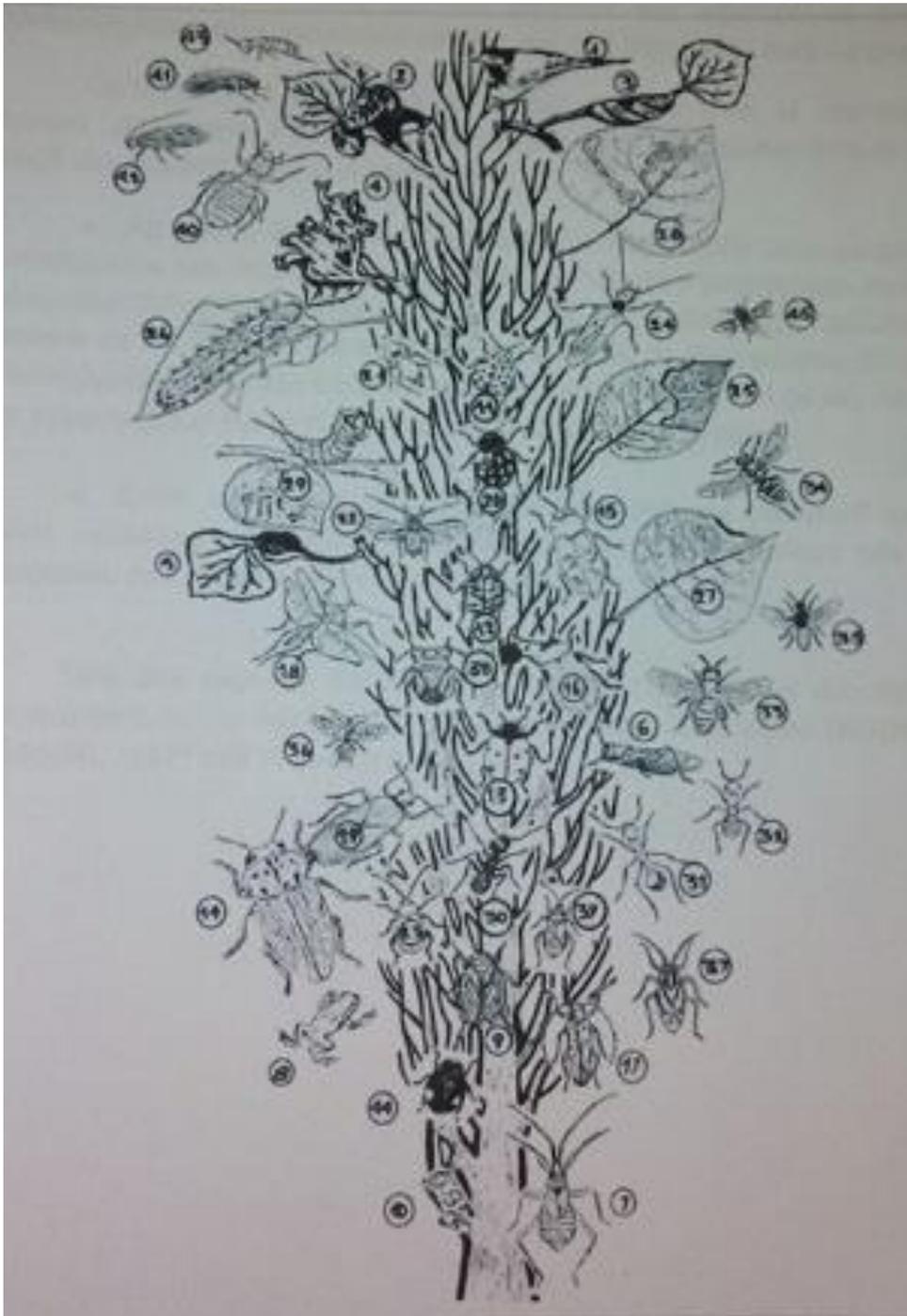


Figure 3 : Les espèces d'insectes associés au *Populus nigra* (Djazouli, 1997).

11. Les principaux insectes ravageurs du Peuplier noir :

A coté de sa sensibilité généralement élevée aux pathogènes (bactéries, virus, champignons) des feuilles, des tiges et des rameaux (Villard, 1998), le peuplier possède l'un des cortèges d'insectes phytophages le plus diversifié par rapport aux autres espèces feuillues (Whitham et *al.*, 1996).

En Europe, le peuplier compte environ 525 espèces d'insectes et acariens phytophages, dont une grande majorité appartenant aux guildes des défoliateurs et des xylophages mangeurs de pousses ou foreurs. En peupleraie, peu d'espèces sont responsables de dégâts significatifs (Delplanque, 1998).

Les principaux insectes piqueurs suceurs et xylophages sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les principaux insectes piqueurs suceurs et xylophage ravageurs du Peuplier noir (*Populus nigra*).

	Les principaux insectes ravageurs xylophages			Les principaux insectes piqueurs- suceur	
	La grande saperde <i>Saperda carcharias</i> L	Gâte bois <i>Cossus cossus</i> L	Charançon de la patiente <i>Cryptorrhynchus lapathi</i> L	Puceron lanigère <i>Phloeomyzus passerinii</i> L	Puceron vert <i>Chaitophorus leucomelas</i> L
Description	<p>Selon TOME (1889) c'est un gros longicorne de 20 à 30 mm, couvert d'un duvet roussâtre ou grisâtre, avec les antennes annelées, plus longues que le corps chez le mâle, les élytres larges et profondément ponctués.</p> <p>Il se nourrit du parenchyme des feuilles et de l'écorce tendre des jeunes tiges (Annexe 2, Fig : 1et2).</p>	<p>Une grosse chenille rouge lie de vin. La chenille atteint 70 à 100 mm de longueur.</p> <p>Le papillon de grande taille éclot en juillet et se tient pendant le jour immobile sur les écorces avec lesquelles il se confond par sa couleur grise.</p> <p>Le Cossus se rencontre surtout dans le tronc ou les grosses branches des arbres âgés (TOME, 1889) (Annexe 2, Fig : 3 et 4).</p>	<p>Selon TOME (1889) Son rostre arqué, son corps ramassé, long de 6 à 9 mm, et ses élytres brun noir avec le tiers postérieur recouvert d'écailles blanches plus ou moins rosées au moment de l'éclosion, permettent de le reconnaître facilement (Annexe 2, Fig : 5 et 6).</p>	<p>Les insectes sont de couleur vert-jaune ou vert sombre suivant les stades, ils sont généralement dissimulés sous d'abondantes sécrétions cireuses blanchâtres qui permettent une détection aisée des colonies (DARDEAU et al., 2011) (Annexe 2, Fig : 7).</p>	<p>D'après David (2013) les aptères 2.0 à 2.7 mm de long sont jaunes-verdâtre terne, avec des marques noires nettes; les larves sont plus claires, et de couleur souvent plus vive.</p>
Dommmages occasionnés	<p>la larve travaille dans les couches profondes du bois et introduit de l'air et de l'humidité dans le tronc ; le bois de peuplier creusé de galeries perd toute valeur comme bois d'œuvre (Centre Régional De La Propriété Forestière De Poitou-Charentes, 1996).</p>	<p>Il s'attaque le plus aux vieux sujets décrépés ou blessés dans lesquels la sève circule mal. Ecoulement de sève brunâtre sortant des trous ; et la présence de suintements et la sortie de copeaux ou de déjections. Les blessures sont des portes ouvertes aux maladies exemple : bactérioses (Chambre d'Agriculture de l'Hérault, 2005).</p>	<p>Les dégâts se manifestent par le brunissement de l'écorce, des déformations superficielles ayant l'aspect de chancres, en rapport avec l'importance des forages et par le rejet de sciure imbibée de sève (Département Santé des Forêts, 2015).</p>	<p>Les conséquences des attaques de puceron lanigère sont généralement en fonction de la proportion de tronc recouverte par les colonies. Un taux de colonisation compris entre 30 et 50 % aboutit à la formation de nécroses corticales qui affaiblissent les arbres et augmentent les risques de casse au vent. Au-delà de 50 % de colonisation, les risques de mortalités deviennent importants (Anonyme,2013)</p>	<p>Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture (Fournier, 2010). Ils peuvent causer de graves pertes aux plantes cultivées (Qubbaj et al., 2004).</p>

Tableau 1 : Les principaux insectes ravageurs du Peuplier noir (Originale, 2016).

Synthèse Bibliographique

Chapitre 06 :

Discussion

À l'heure actuelle, les infestations de pucerons sont généralement contrôlées à l'aide d'insecticides de synthèse tels que les néonicotinoïdes et les pyréthrianoïdes de synthèse. Malgré les progrès réalisés, ces insecticides restent responsables de nombreux problèmes tant pour l'environnement (persistance de métabolites à tous les échelons édaphiques) 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 Elbert, 2003).

Des études approfondies de mise au point ont abouti à donner aux dérivés de produits végétaux des fonctionnalités similaires à celles des produits d'origine chimique, en diminuant les doses de pesticides appliqués avec un bénéfice économique pour l'utilisateur ainsi qu'un bénéfice environnemental (Gauvrit et cabanne, 1993).

A travers cette étude, nous avons essayé d'estimer l'efficacité globale des bioformulations à base d'huiles essentielles de thym (*Thymus vulgaris L*) et de Bigaradier (*Citrus aurantium L*) en comparaison avec un produit de synthèse (Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine) sur les paramètres populationnels de *Chaitophorus leucomelas L* (Homoptère, Aphididae), et sur la reprise biocénotique de l'entomofaune associée à sa plante hôte le peuplier noir *Populus nigra L*.

Les résultats de cette étude semblent être intéressants et confirment le pouvoir insecticide des huiles essentielles formulées à savoir du thym et du bigaradier vis-à-vis du bioagresseur ciblé. Toutefois, ils dénotent les aspects suivants ;

6.1. Activité insecticide, efficacité précoce et effet choc similaires des deux traitements appliqués à savoir biologiques et chimique sur *Chaitophorus leucomelas*:

Les résultats ont montré que l'ensemble des doses appliquées (en dose complète D et en double dose DD) ont enregistré une réduction en termes d'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas L* par comparaison au témoin.

Discussion

Les résultats relatifs aux traitements biologiques appliqués en dose (D) et en (DD) et chimique en (DH) ont présenté un effet choc dès les trois premiers jours qui suivent l'application sur l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas L.* avec un effet plus modéré de la dose (D) de l'huile essentielles du thym par rapport à sa double dose (DD)

Cependant, le bioproduit formulé à base d'huile essentielle de Thym a signalé une précocité d'action par rapport à la bioformulation à base d'huile essentielle de Bigaradier mais dont l'effet toxique sur l'abondance des pucerons se rapproche à partir du sixième jour et se maintient jusqu'à la fin du suivi avec une absence de reprise des abondances.

De même, le traitement avec la dose homologuée (DH) du produit conventionnel a montré une précocité d'action et une plus forte toxicité par rapport aux bioproduits utilisés du début du suivi jusqu'au 9^{ème} jour après traitement où une reprise de l'abondance aphidiennes est signalée

Toutefois, tous les stades biologiques (larvaires, adultes aptères et adultes ailées) de *Chaitophorus leucomelas L* s'avèrent très sensibles aux traitements biologiques et au traitement chimique avec la même modération d'action de la (D) de l'huile essentielle du thym et la même reprise des abondances causée par la dose homologuée (DH) du produit conventionnel

Les résultats relatifs à l'estimation de l'évolution temporelle des populations résiduelles sous l'effet des deux bioproduits formulés à base d'huile essentielle de Thym (*Thymus vulgaris L*) et de Bigaradier (*Citrus aurantium L*) et du produit chimique (Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine) ont montré la même tendance d'action que celle obtenue sur les abondances en affichant une forte toxicité qui se traduit par des taux de populations résiduelles relativement bas après le 3^{ème} du traitement.avec une augmentation de la toxicité jusqu'à la fin du suivi pour l'huile essentielle formulée à base de bigaradier et un effet précoce du bioproduit à base de thym et du produit de synthèse à partir du 1^{er} jour après traitement. Néanmoins ces derniers affichent une reprise des populations résiduelles plus importante pour le produit de synthèse que pour la formulation à base d'huile essentielle de thym.

Cet état de fait nous amène à suggérer que l'activité biologique d'une huile essentielle est en relation avec sa composition chimique (en fonction de la nature

Discussion

des groupes fonctionnels portés par les composés majoritaires) mais aussi avec les proportions de ces différents composés. On se pose la question si certains composés chimiques des huiles essentielles sont plus actifs que d'autres?

Selon Chiasson, Belauges *et al.*, (2001), la composition chimique de l'huile essentielle varie d'une plante à une autre. D'après Deguine et Vaissayre (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).

Kawashty *et al.* (2000), affirment que les composés chimiques de plus grande efficacité et ayant la cible la plus large sont des phénols (thymol, carvacrol et eugénol), des alcools (α -terpinène, terpinène-4-ol, linalole), des aldéhydes, des cétones et plus rarement des terpènes.

Le bioproduit formulé à base de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L* a engendré un effet toxique important sur les populations larvaires et adultes aptères du puceron vert du peuplier noir, cette forte toxicité pourrait s'expliquer par la présence en composé majoritaire du Thymol (41.39%), du γ -terpinène (22.25%) et du p-cymène (15.59%) qui se révèle très toxique selon Dorman *et al.* (2000) qui soulignent que le thymol possède le plus large spectre d'activité contre 25 genres de bactéries testées.

Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille et la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre. (Momar T, 2010)

Les travaux entrepris par Belkhoumali et Belhani (2012) sur l'évaluation de la toxicité de différentes huiles essentielles ont montré que le traitement à base de thym à Thymol a présenté une plus forte toxicité par rapport à celui du thym à base de Carvacrol sur l'abondance de *C.leucomelas*.

Les résultats obtenus concernant l'activité insecticide de la bioformulation à base de bigaradier vis-à-vis du puceron vert du peuplier semblent montrer une plus grande toxicité sur l'abondance de *Chaitophorus leucomelas L*. cette différence

Discussion

reviendrait probablement à une différence qualitative et quantitative des composés majoritaires des deux huiles essentielles utilisées.

Haubruge et *al.*, 1989 affirme que l'acétate de linalyle (56.80%) dont la concentration est la plus élevée serait la matière active qui joue un rôle déterminant dans l'activité biocide de l'huile essentielle de *Citrus aurantium L.*

Nos résultats sont conformes à ceux trouvés par Regnault rauger et Hamraoui (1995) qui ont constaté un effet très toxique du linalole sur la bruche du haricot

En effet, Haubruge et *al.*(1989) ont testé la toxicité de cinq huiles essentielles de *Citrus* à l'égard de trois coléoptères. Les résultats du test par contact des grains traités ont indiqué que l'huile extraite du bigaradier est la plus efficace simultanément à l'égard de *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera : Curculionidae), *Prostephanus truncatus* (Coleoptera : Bostrychidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Ces auteurs ont constaté aussi que *S. zamaïs* est le plus sensible envers ces huiles vu qu'ils ont noté pour cet insecte une mortalité de 96% à la dose de 5 µl de l'huile du bigaradier après 7 jours. Pour le test par application topique, les travaux de ces auteurs ont montré que la longivité de *P. truncatus* est d'une journée à la dose de 2 µl de l'huile du bigaradier. En effet des mortalités de 28%, 98%, 34% et 24% des adultes de *S. zamaïs* ont été enregistrées à la dose 2 µl après 24 heures, respectivement pour les huiles de l'orange douce, du bigaradier, du citron et du pamplemousse.

Nous pensons que l'effet répressif et permanent des huiles essentielles ainsi que la suprématie des bioformulations à base d'huile essentielle du Bigaradier et d'huile essentielle du Thym. Pourraient s'expliquer par la nature et les constituants qui ont maintenu l'intégrité des huiles essentielles par leur stabilité chimique et physique et par conséquent renforcer leurs modes d'action qui pourrait être par contact et/ou par ingestion.

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

Il a été démontré que les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Isman (2000) émet cette hypothèse

Discussion

car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou.

La présente hypothèse rejoint les travaux ayant traité la toxicité des huiles essentielles à mode d'actions différents, les travaux réalisés par Kassimi *et al.* (2011) dégage que comme le puceron est un insecte ravageur qui s'alimente en continu, le temps après le traitement sera proportionnel à la quantité de produit du traitement administré dans le corps de l'insecte et par conséquent l'augmentation de la mortalité. Ceci est confirmé par d'autres chercheurs (Simpson, 1982 et Diop et Wilps, 1997).

Les travaux récents montrent que les monoterpènes agissent au niveau des récepteurs de l'acétyl-cholinestérase des jonctions neuromusculaires (Ngamo et Hance 2007). En effet, d'après les travaux d'Obeng-Ofori *et al.* (1997), certains composants des huiles au contact avec les insectes agissent en bloquant la synthèse de l'hormone juvénile, ils inhibent l'acétyl-cholinestérase en occupant le site hydrophobique de cet enzyme qui est très actif. En général, les huiles essentielles sont de nos jours connues comme des neurotoxines (Ngamo et Hance 2007).

REAU *et al.* (2005) confirme que le produit ingéré passe dans les organes de détoxification (intestin moyen, tubes de Malpighi), avant d'être réparti dans tout le corps. Par contre, le produit appliqué sur le thorax traverse la cuticule au travers des canalicules cireux et la distribution s'effectue directement dans l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles Gilbert et Wilkinson (1975).

L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte (Padilla, 1995) Il a été démontré une accumulation progressive des molécules toxiques dans la corde nerveuse puis dans les corps gras (site à monooxygénase) chez la blatte américaine (*Periplaneta americana* (L) [Burt, 1971]).

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Regnault-Roger et Hamraoui (1995) ont observé l'effet du linalole, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus du bruche du haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités de

Discussion

linalole et de thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

Le mécanisme par lequel les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens est en relation avec le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable (Wigglesworth 1972). La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie (Hélène et Beloin, 2007).

On peut émettre l'hypothèse que le produit homologué a été fortement toxique sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* L à cause des deux matières actives qui lui compose le Thiamethoxam et le Lambda cyhalothrine qui appartiennent à deux familles différentes les néonicotinoïdes et les pyréthrinoides respectivement, et agissent par contact, ingestion et systémie.

L'action des produits phytosanitaires sur les déprédateurs des cultures peut occasionner divers changements internes une fois le produit chimique dans l'organisme en altérant directement le système endocrinien ou indirectement l'attribution d'énergie, ce qui affecte la capacité reproductrice de l'individu qui engendrera des perturbations sur le plan individuel et interindividuel (Mayer et al.,1992)

Concernant la différence de la vitesse d'action du produit chimique par rapport aux produits biologiques celle-ci serait affectée à la vitesse de métabolisation. Soderlund et al. (1983) stipulent que les arthropodes métabolisent en quelques heures la plupart des matières actives des pesticides de synthèse mais aucune étude n'a encore été faite sur la métabolisation des molécules bioactives des huiles essentielles. Il serait intéressant d'étudier plus finement cet aspect afin d'expliquer le mode d'action et le devenir de ces produits biocides

Riba et Silvy (1989) affirment que le Thiamethoxam agit par systémie, ce qui implique le passage de la matière active lors de la prise de nourriture et de l'assimilation de la sève dans l'organisme, à conduit à une réaction négative de l'ensemble des populations de *Chaitophorus leucomelas* L. cette réaction est due à la perturbation des informations neurologiques sous l'action neurotrophe de la matière active.

Moberg et Calabrese (1999) signalent en effet que lorsqu'un individu perçoit une menace à son homéostasie, et dans notre cas l'application des traitements biologiques et chimique a dose complète et double dose, ceci provoque une perturbation de l'homéostasie à laquelle l'organise réagit par une surcompensation de l'effet ce qu'on appelle par phénomène d'hormesis ce qui pourrait justifier la reprise biocénotique des individus de *C. leucomelas* qui serait due essentiellement à leurs performances physiologiques.

Quant à l'effet dose, les résultats obtenus de cette étude indiquent que les concentrations les plus élevées pour les deux biopesticides à base d'huile essentielle du bigaradier et de thym amoindrissent efficacement les abondances de *Chaitophorus leucomelas* que lorsqu'elles sont en faible dose.

6.2. Evaluation de l'effet biocides des huiles essentielles formulées et du produit homologué sur la biocénose associée au *Chaitophorus leucomelas* L :

6.2.1. Evaluation de l'effet biocide du produit homologué sur la biocénose associée au *Chaitophorus leucomelas* L :

Nous avons vu à travers les résultats recueillis sur l'abondance des communautés entomofauniques que les traitements chimique (Thiamethoxame/Lambda- cyhalothrine) et biologiques ont diminué globalement les abondances des familles de parasitoïdes et que dans la succession temporelle, certaines espèces disparaissent, ce qui exprime leur sensibilité.

Les traitements utilisés qu'ils soient de nature biologique ou chimique, présentent un effet répressif sur l'abondance du ravageur qui influence directement l'abondance des auxiliaires qui à son tour influence les relations tri trophiques.

Discussion

Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par (Tchaker F.Z, 2011) qui ont permis de constater que l'effet de la matière active (Thiamethoxame/Lambda-cyhalothrine) exerce une pression très importante sur la disponibilité des populations entomofauniques du peuplier noir.

Les insecticides jouent un rôle important dans la limitation de populations d'insectes ravageurs et dans l'amélioration de la production agricole. Le travail d'enquête a mis en évidence que la plupart des agriculteurs ne maîtrisent pas réellement la technique de lutte intégrée en matière d'utilisation d'insecticides. Les problèmes écotoxicologiques ne sont pas pris en compte lors de l'homologation des produits phytosanitaires, malgré des indices d'effets sur les insectes auxiliaires, tels que l'absence de l'action des parasitoïdes dans les champs et les traces d'insecticide dans les échantillons d'abeilles mortes analysées. . (Halitiana, 2003)

Plusieurs auteurs (JOHANSEN, P, 1963) et (LOUVEAUX,1984) et (CHAMBON J,P1982) ont également signalé l'effet néfaste des pesticides sur la faune auxiliaires. (BOHAN et *al*, 2000), expliquent que la présence de proies influence les agrégations des arthropodes ou des peuplements d'arthropodes (auxiliaire).

Les insectes utiles courent un risque important d'exposition aux pesticides et en particulier aux insecticides. La quantité déversée lors de l'invasion du criquet migrateur et la non maîtrise de la lutte chimique par les agriculteurs favorisent un déséquilibre environnemental. Les effets d'intoxication existent et peuvent aboutir à l'absence d'action des parasitoïdes de pucerons dans la culture de coton, et à l'inquiétude des apiculteurs à cause de la disparition progressive de leurs ruches.

L'évaluation des effets des insecticides sur les abeilles dans une région productrice d'agrumes, et sur les parasitoïdes dans des parcelles de choux, a permis d'apporter des informations plus précises sur les risques occasionnés à ces auxiliaires pour l'utilisation d'insecticides. (Halitiana J, 2003)

Lors de cette étude, les résultats ont montré que l'ensemble des traitements utilisés dénotent le maintien de certaines familles de parasitoïdes principalement celle des Braconidae. Cet état de fait pourrait être expliqué par l'existence de

populations résiduelles qui constitueraient ainsi des sites de ponte pour ces parasitoïdes.

D'autre part, ces mêmes résultats signalent la disparition de certains auxiliaires tels que les Coccinellidae sous l'effet du traitement chimique. Cette constatation serait probablement dû soit à un effet par contact direct de la molécule chimique sur ces auxiliaires soit à l'ingestion de ravageurs contaminés ou encore à l'absence et la non disponibilité de l'alimentation directe suite à l'effet toxique de l'insecticide sur le puceron vert *Caitophorus leucomelas* L.

L'observation de plus en plus le pourcentage de réduction de d'oeuf-larve au stade nymphal, causée par le chlorpyrifos et le lambda-cyhalothrine / thiaméthoxame peut être dû à l'ingestion de ces résidus chimiques par le parasite lors de l'ouverture du trou d'émergence, comme le suggère par Consoli et al. (2001) et Moura et al. (2006). (Jander R et al., 2014)

Halitiana, 2003, avance que les résultats de deux années d'expérimentation ont montré que les insecticides ont un effet direct sur les Hyménoptères parasites (mortalité des jeunes stades, mortalité des adultes) ou différé (retard d'infestation, diminution du nombre de momies). Toutefois, le traitement insecticide ne supprime pas l'action des Hyménoptères parasites qui continuent à limiter les pucerons quand l'insecticide n'est plus efficace.

6.2.2. Evaluation de l'effet des produits biologiques formulés à base d'huile essentielle de thym et de bigaradier sur l'entomofaune associée au *Populus nigra* L :

Les résultats obtenus ont montré que la succession des espèces varie selon le mode d'exposition à différentes huiles essentielles, et que les auxiliaires inventoriés dans la communauté paraissent beaucoup plus affectés par l'huile essentielle du bigaradier que celle du thym. En revanche une stabilité de certaines familles de parasitoïdes à savoir *Braconidae*, *Coccinellidae* et *Encyrtidae* est

Discussion

constatée après application de la DD du bioproduit à base de bigaradier par rapport à sa dose D. Ce résultat serait pourrait être relié à la présence d'une strate herbacée (constatée lors de notre travail sur terrain) au stade floraison pouvant constituer un lieu de refuge pour ces auxiliaires.

Les huiles essentielles de bergamote, thym et laurier ont montré un effet biocide par inhalation plus important sur le bruche du haricot. (GOUCEM Née KHELIFANE K, 2014)

Les huiles Essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs (Momar T,2010)

Les parasitoïdes se présentent comme de bons auxiliaires de par leur capacité à repérer de faibles densités d'hôtes, leur spécificité parasitaire et leur synchronisme saisonnière avec leur hôte (MURDOCH W et *al* ,1985)

Dans des paysages constatés ou en partie liés aux pratiques agricoles, les traits d'histoires de vie, le fonctionnement, et la capacité de dispersion des parasitoïdes peuvent faire face à des effectifs et des distributions spatiales variables de leurs hôtes proies (ZADOKS J,1993)

Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles agissent par répulsion en émettant des substances volatiles (terpènes) qui constituent une barrière empêchant les insectes et les autres arthropodes de se mettre en contact avec la surface de l'hôte (Brown et Herbert, 1997). (GOUCEM Née KHELIFANE K, 2014)

Parmi les plantes aromatiques, la famille des Lamiacées (Labiatae) a montré des effets insecticides les plus prononcés. Cette famille est bien connue pour sa composition en quantités élevées en huiles essentielles (Regnault-Roger et *al* ., 1993) mais aussi en substances polyphénoliques qui sont également capables de protéger les plantes contre les attaques d'insectes ravageurs (Regnault-Roger et Hamraoui, 1994, 1995 ; Regnault-Roger et *al*.,2004).

D'après Burel, 2009, le recours à l'application des molécules bioactives est considéré comme étant une méthode respectueuse de l'environnement, surtout lorsqu'elles sont comparées à la lutte chimique, et bien qu'elle soit présentée comme telle par certains scientifiques, leurs effets sur les arthropodes et notamment les auxiliaires des cultures ne sont pas nuls, même si les résultats rapportés dans la

Discussion

littérature peuvent être divergents notamment pour les extraits de neem. L'utilisation de certaines molécules d'extraits végétaux à certaines concentrations semble exercer une attraction sur des auxiliaires, il semble que des effets de phytotoxicité ainsi que des effets attractifs vis-à-vis de certains ravageurs soient parfois observés. Il semble donc plausible que ces huiles puissent également avoir des effets sur de nombreux arthropodes auxiliaires)

Le retard d'apparition des parasitoïdes dans les parcelles traitées peut s'expliquer par trois types d'action ; effet répulsif éventuel de l'insecticide, action du produit sur l'hôte et action du produit sur les parasitoïdes.

Résumé :

L'utilisation des produits de synthèse pour le contrôle des insectes soulève plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces non cibles, et au développement des populations résistantes. Pour pallier à tous ces problèmes et dans le contexte de la lutte biologique contre les insectes ravageurs, le recours aux huiles essentielles comme molécules naturelles d'intérêt écologique et économique aux propriétés insecticides se révèle très prometteuse.

La présente étude consiste à l'évaluation temporelle de l'activité biocide de deux huiles essentielles formulées, l'une à base de *Thymus vulgaris L* et l'autre de *Citrus aurantium L* sous différentes doses comparée au produit homologué Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine sur les populations de *Chaitophorus leucomelas L* d'une part et leur impact sur l'entomofaune associée au peuplier noir *Populus nigra L*.

Les résultats montrent que l'ensemble des doses des traitements appliqués ont enregistré une réduction importante en termes d'abondance et des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas L* avec une précocité d'action de l'huile essentielle du Thym et du produit homologué et une supériorité de toxicité de l'huile essentielle du bigaradier. Toutefois, cette dernière signale la présence d'une reprise des populations aphidiennes modérée comparée à celle causée par le traitement chimique.

Les fluctuations des abondances des communautés de parasitoïdes varient relativement avec l'ordre de recrutement des différentes espèces. Les abondances diminuent globalement par rapport au témoin. et certaines espèces disparaissent dans la succession temporelle sous l'effet de différents traitements tels que les Coccinellidae alors que le maintien de certaines familles de parasitoïdes principalement celle des Braconidae est enregistré.

En revanche, l'huile essentielle du thym s'est montrée toxique sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* mais sans effet néfaste sur la biocénose associée à ce dernier.

Mots clés :

Biopesticides, Huiles essentielles, puceron, Peuplier, biocénose.

Abstract :

Evaluation of biocidal activity of two essential oils of thyme and sour orange formulated on the biocenose associated with the black poplar

The use of synthetic products for insect control raises several concerns related to the environment, human health, non-target species, and the development of resistant populations. To overcome all these problems and in the context of biological control against insect pests, the use of essential oils as natural molecules of interest to environmental and economic insecticidal properties appears very promising.

This study involves the temporal evolution of the biocidal activity of two essential oils formulated. one based *Thymus vulgaris L* and the other of *Citrus aurantium L* under different doses compared to the approved product Thiamethoxam / Lambda cyhalothrin on population *Chaitophorus leucomelas* The one hand and their impact on the insect fauna associated with the black poplar *Populus nigra L*.

The results show that all treatments applied doses showed a significant reduction in terms d'abondance and residual populations of *Chaitophorus leucomelas L* with an essential oil Thyme early action and the approved product and superiority essential oil of bitter orange toxicity. However, it indicates the presence of a resumption of moderate aphid populations compared to that caused by chemical treatment.

Fluctuations in abundance of parasitoids communities vary in relation with the recruitment order of the different species. Abundances decreased overall compared to témoin.et some species disappear in the time sequence in response to various treatments such as Coccinellidae while maintaining certain parasitoid families mainly that of Braconidae is recorded.

However, the essential oil of thyme has proven toxic to populations *Chaitophorus leucomelas* but without adversely affecting the biota associated with it.

Keywords :

Biopesticides, essential oils, aphids, poplar, biocenose.

ملخص

تقييم نشاط مبيدين حيويين لاثنين من الزيوت الاساسية من الزعتر البري وشجرة النارج على حشرة *Chaitophorus leucomelas L* والحشرات المرتبطة بأشجار الحور السوداء

استخدام المنتجات الصناعية لمكافحة الحشرات يثير العديد من المخاوف المتعلقة بالبيئة صحة الإنسان، والأنواع غير المستهدفة، وتطوير خلايا المقاومة. للتغلب على كل هذه المشاكل وفي سياق مكافحة البيولوجية ضد الآفات الحشرية، واستخدام الزيوت العطرية كما الجزيئات الطبيعية التي تهم خصائص المبيدات البيئية والاقتصادية يبدو واعدة جدا.

تتضمن هذه الدراسة التقييم الزمني للمبيد بيولوجي لاثنين من الزيوت الأساسية تمت صياغتها، الأولي مستخلصة من الزعتر البري، والآخر من النارج تحت جرعات مختلفة مقارنة مع المنتج الكيميائي ثيامثوكسام /لندا سيهاوثرين على حشرة *Chaitophorus leucomelas L* من جهة، وتأثيرها على الحشرات المرتبطة بأشجار الحور الأسود.

وأظهرت نتائج تطبيق مختلف الجرعات انخفاضا كبيرا من حيث الكم والأعداد المتبقية من *Chaitophorus leucomelas L* مع العمل المبكر للزيت العطري للزعتر *Thymus vulgaris L*، والمنتج الكيميائي مقارنة مع نتائج شجرة النارج *Citrus aurantium L*. ومع ذلك، فإنه يشير إلى وجود استئناف معتدل بالمقارنة مع تلك التي تسببها المعالجة الكيميائية.

لاحظنا تقلبات في وفرة مجتمعات الطفيليات بعد استعمال مختلف المبيدات مقارنة بالكاشف. انخفاض الكميات المتوفرة إلى حد كبير وتختفي بعض الأنواع في الخلافة الزمنية. مثل الدعسوقات.

كلمات البحث.

المبيدات الحيوية. الزيوت العطرية. أشجار الحور السوداء.

REMERCIEMENTS :

Louange à Allah, nous Le glorifions, Lui demandons aide et invoquons Son pardon contre le mal de nos péchés, celui qui fut guidé personne ne peut l'égarer et celui qui est égaré personne ne peut le guider. Je témoigne qu'il n'y a point de divinité digne d'adoration sauf Allah, l'Unique, qui n'a point d'associé et je témoigne aussi que Mohammed est Son Serviteur et Son Messenger, que la bénédiction d'Allah soit sur Lui, sa famille, ses compagnons, et tous ceux qui le suivent sur le droit chemin jusqu'au Jour Dernier. Ensuite...

Nous tenons à exprimer nos sincères gratitudee à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier en premier lieu **Mme : Moussaoui-Baba Aissa K** maitre assistante A à l'université de SAAD DAHLEB DE BLIDA de nous avoir fait l'honneur de diriger ce travail, pour son soutien, sans faille, et pour l'intérêt qu'elle a continuellement porté à cette étude, ses encouragements et ses conseils.

Nous remercions également Mr : **Djazouli Z.H** professeur à l'université de SAAD DAHLEB DE BLIDA pour ses encouragements, orientations, aide, chers conseils, patience ainsi que pour sa disponibilité et sa gentillesse.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Mr **AROUN M.E.F** qui nous a fait l'honneur de présider le jury ainsi que pour la peine qu'il a prise pour nous aider, par ses conseils judicieux et surtout son soutien et ses apports tant enrichissants.

Nos respects et nos sincères remerciements vont à **Mme Allal-Benfekih L** d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury pour examiner ce travail et l'enrichir.

Une mention particulière est réservée à **Mr : Moussaoui K** pour son aide, son soutien et ses encouragements tout le temps.

Nos remerciements vont à nos deux familles qui ont cru en nous et n'ont cessé de nous donner du courage et de nous soutenir pendant les moments difficiles.

Nous ne saurons terminer cette liste de remerciements sans dire notre profonde gratitude à tous nos enseignants et nos professeurs qui ont assuré notre formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida, en particulier Mme **DJEMAI Y.** la technicienne du laboratoire

de zoologie, et à nos ami(e)s pour leur gentillesse, leur aide et leur disponibilité, que cela traduise le plaisir réciproque que nous avons eu le privilège de travailler ensemble.

Nous tient à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci

Asma et Nesrine

DEDICACES :

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leurs immenses sacrifices, et affection illimitée. Toute ma gratitude

A ma Sœur Hadjer

A mon frère Mohamed Abed El-Rahman

A tout mes oncles et tantes, cousins et cousines

*A ma promotrice : **Mme BABA-AISSA MOUSSAOUI K.***

*A mon co-promoteur : **Dr DJAZOULI Z E***

A tout mes ami(e)s en particulier : Nesrine, Djihade, Amel, Amira, Imane, Waffa, Amel, Hafida, Kheira, Saida, Malika, Hamide, Iselam.

Spécialement a M : BEN AMAR khaled et M : REZELI Tayeb pour leurs aide au moment de la collecte du matériel végétale.

Et a tous mes collègues de promo de Phytopharmacie Appliquée.

A l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail :

A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents ma mère et mon père que dieu les garde pour moi, qui ont tout fait pour que je réussisse

A mes sœurs SIHEM et ASMA et mes frères CHEMSE EDDINE et ABOUBAKRE

A mes chers grands parents

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines

*A ma promotrice : **Mme BABA-AISSA MOUSSAOUI K.***

*A mon Co-promoteur : **Dr DJAZOULI Z E***

*A mon fiancé: **MAHREZ***

*A tous mes ami(e)s en particulier : **Asma, Houda, Khadidja, Ryma***

Et a tous mes collègues de promo de phytopharmacie Appliquée.

A tous qui me sont chers.

NESRINE

Liste des figures :

- Figure 1:** Les caractères botaniques du *Populus nigra*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 2 :** Carte de distribution naturelle de *Populus nigra* **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 3 :** Les espèces d'insectes associés au *Populus nigra*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 4:** Femelles aptères vivipares **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 5:** la tête d'une femelle vivipare aptère..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 6:** Antenne d'une femelle vivipare aptère **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 7:** Segment apicale d'un rostre..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 8:** (1) cauda, (2) cornicule **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 9:** Cycle évolutif de *Chaitophorus leucomelas*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 10:** Les cocíneles auxiliares **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 11:** Adulte de Chrysope (*Chrysoper lacarnea L*) **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 12:** Localisation géographique de la plaine de la Mitidja. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 13:** Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région de Soumâa pendant la période 2010/2014..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 14 :** Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région de Soumâa pendant L'année d'étude 2015/2016. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 15 :** Localisation de la Mitidja sur le Climagramme D'EMBERGER pour L'année 2015 - 2016 et la période 2010-2014. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 16 :** Localisation des cites d'étude. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 17 :** Arbre de bigaradier *Citrus aurantium L* **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 18 :** Bouquet de Thym *thymus vulgaris L* **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 19 :** Formes biologique de *Chaitophorus leucomelas L*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 20 :** Matériel végétale séché. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 21 :** Bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Thymus vulgaris L* et de *citrus aurantium L*. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 22 :** Produit de synthèse le Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 23 :** Schéma représentatif du protocole expérimental. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 24 :** Schéma directeur des traitements appliqués..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 25 :** Blocs destinés aux traitements biologiques et chimique . **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 26 :** Identification des familles de parasitoïdes associées au peuplier noir *Populus nigra L* **Error! Bookmark not defined.**

- Figure 27 :** Evolution temporelle de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des huiles essentielles formulées et du produit de synthèse par rapport au témoin **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 28 :** Evolution temporelle de l'abondance des formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des différentes doses des huiles essentielles formulées et du produit de synthèse..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 29:** Evolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier et de l'insecticide de synthèse. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 30 :** Evolution temporelle des populations résiduelles larvaires de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet de différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 31 :** Evolution temporelle de populations résiduelles aptères de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet de différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 32 :** Evolution temporelle de populations résiduelles adultes ailées de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet de différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 34 :** Rangs / fréquences des familles des espèces parasitoïdes avant et après l'application des différentes doses des traitements (biologiques et chimique).**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 33 :** Analyse en composante principale (A.C.P) de l'effet comparé de l'efficacité des traitements biologiques et chimique sur l'abondance des formes biologiques du puceron vert *Chaitophorus leucomelas L* de peuplier noire..... **Error! Bookmark not defined.**

Liste des tableaux :

- Tableau 1 :** Les principaux insectes piqueurs suceurs et xylophage du ravageurs. **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2:** Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie dans la Région de Soumâa durant la campagne agricole 2015/2016. **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 3 :** Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie dans la région de Soumâa durant la période 2010-2014. **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 4:** Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie **Error! Bookmark not defined.**

Tableau 5: Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de l'huile essentielle du thym (*thymus vulgaris L*).
..... **Error! Bookmark not defined.**

Tableau 6 : Estimation du rendement en huiles essentielles obtenu par Hydrodistillation :**Error! Bookmark not defined.**

Tableau 7 : Le rendement en huiles essentielles obtenu par Hydrodistillation . **Error! Bookmark not defined.**

Tableau 8 : one-way ANOVA appliquée sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués. **Error! Bookmark not defined.**

Tableau 9 : Résultats relatifs au test du Tukey sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués. **Error! Bookmark not defined.**

Sommaire :

Résumé.

Abstract.

ملخص.

Remerciement.

Dédicace.

Liste des abréviations.

Introduction :.....-1-

Chapitre 1 :Taxonomie et caractères botaniques du
peuplier.....**Error! Bookmark not defined.**

Origine du peuplier : **Error! Bookmark not defined.**

Taxonomie dupeuplier : **Error! Bookmark not defined.**

Etymologie :..... **Error! Bookmark not defined.**

2. Caractères botaniques et phénologiques du peuplier noir.....

Error! Bookmark not defined.

3. Répartition

géographique :.....**Error! Bookmark not
defined.**

4. Ecologie du peuplier**Error!
Bookmark not defined.**

5.Exigencesdupeupliernoir:..... **Error!
Bookmark not defined.**

5.1. Le sol :..... **Error!
Bookmark not defined.**

5.2. Exigence en eau:.....
Error! Bookmark not defined.

5.3. Exigence en lumière :.....

Error! Bookmark not defined.

5.4. Exigence en température :..... **Error!**

Bookmark not defined.

5.5. Le vent :.....

Error! Bookmark not defined.

6. Les principaux produits et usage du peuplier :..... **Error!**

Bookmark not defined.

6.1 . Usage en phytothérapie :.....-13-

6.2 Usage en industries :.....-13-

7. Intérêt du peuplier :..... **Error!**

Bookmark not defined.

7.1 Contre l'Erosion :.....-13-

7.2 La phytoremédiation du peuplier noir :.....-14-

8. Menaces avérées au peuplier noir *Populus nigra* :.....

Error! Bookmark not defined.

9. Labiocénose associée au peuplier noir:..... **Error!**

Bookmark not defined.

10. Les principaux insectes ravageurs du Peuplier noir :..... **Error!**

Bookmark not defined.

Chapitre 02: Présentation du ravageur *Chaitophorus leucomelas* L.....-20-

2.1. Généralité sur les origines de la parasitose :.....	-20-
2.2. Diagnostique sur la présence de pucerons :.....	21-
2.3. Position systématiques :.....	-22-
2.4. Description morphologique des différents formes du cycle de développement de Chaitophorus leucomelas :.....	-23-
2.4.1. Les fondatrices :.....	-24-
2.4.2. Les fondatrigènes :.....	-25-
2.4.3. Les vivipares :	-26-
2.4.4. Femelle ovipare aptères (sexuée).....	-27-
2.4.5. Le male sexué ailé :.....	-28-
2.5. Cycle de vie	-28-
2.6. Répartition géographique :.....	-29-
2.6.1. Dans le monde :.....	-29-
2.6.2. En Algérie :.....	-30-
2.7. Plantes hôtes	-30-
2.8. Adaptation à la saisonnalité de l'arbre hôte :.....	-30-
2.9. Mode d'alimentation et adaptations associées :.....	-31-
2.10. Dégâts occasionné par le puceron dans les milieux forestier :.....	-32-
2.10.1. Les dégâts directs :.....	-33-
2.10.2. Les dégâts indirects :.....	-33-
2.10.2.1. Miellat et fumagine.....	-33-
2.10.2.2. Transmission des virus phytopathogènes des virus.....	-33-
2.11. Prévenir l'apparition des pucerons :	-34-
2.12. La lutte contre le puceron vert (Chaitophorus leucomelas L)	-35-
2.12.1. Auxiliaire :.....	-35-
2.12.1.1. Coccinelles :.....	-35-
2.12.2. Insecticide :.....	-38-

2.13. Moyens de lutte contre les ravageurs du peuplier noir :.....	-38-
2.14. Mécanisme de résistance du peuplier aux insectes :.....	-39-
2.15. Les mécanismes de défense constitutifs :.....	-39-
2.16. Mécanismes de défense induits :.....	-39-
Chapitre 3 : Les biopesticides	-40-
3.1. Introduction :.....	-42-
3.2. Historique :	-42-
3.3. Définition d'un biopesticide:.....	-43-
3.4 Les différents types de biopesticides :	-43-
3.4.1. Biopesticides microbiens:.....	-44-
3.4.1.1. Les bactéries :	-44-
3.4.1.2. Les virus :.....	-44-
3.4.1.3. Les champignons	-45-
3.4.2. Biopesticides animaux :	-45-
3.4.3. Les biopesticides d'origine botanique :.....	-46-
3.4.3.1. Les huiles végétales :.....	-46-
3.4.3.2. Les extraits aqueux	-47-
3.4.3.3. Les huiles essentielles :.....	-47-
3.4.3.3.1. Qu'est-ce qu'une huile essentielle (HE) ?.....	-48-
3.4.3.3.2. Rôle physiologique :.....	-48-
3.4.3.3.3. Méthodes d'extraction :.....	-49-
a- Entraînement à la vapeur :.....	-49-
b- Hydrodistillation simple :.....	-49-
c- Distillation à vapeur saturée :.....	-49-
d- Hydrodiffusion :.....	-50-
e- Extraction par CO2 super critique :.....	-50-

f- Extraction assistée par micro-onde :.....	-50-
3.4.3.3.4. Composition chimique :.....	-51-
3.4.3.3.5. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles :.....	-51-
3.4.3.3.6. Domaines d'utilisation :.....	-52-
3.4.3.3.7. Modes d'action :	-52-

Chapitre 4 : Matériel et méthode

4.1. Objectif du travail.....	-50-
4.2. Présentation de la région d'étude.....	-50-
4.2.1 Situation géographique.....	-50-
4.2.2 Synthèse climatique de la région d'étude.....	-51-
4.2.2.1. Température et pluviométrie.....	-51-
4.2.2.1.1. Diagramme ombrothermique.....	-51-
4.2.3. Présentation du site d'étude et condition expérimentale.....	-53-
4.3. Matériel d'étude.....	-56-
4.3.1. Matériel végétale.....	-57-
4.3.1.1. Présentation des plantes destinées à l'extraction.....	-58-
4.3.1.1.1. Le bigaradier citrus aurantium L.....	-58-
4.3.1.1.1.1. Partie utilisée.....	-58-
4.3.1.1.1.2. Présentation de la commune de CHEBLI.....	-59-
4.3.1.1.1.3. Caractérisation de l'huile essentielle de bigaradier.....	-60-
4.3.1.1.2. Le Thym Thymus vulgaris L.....	-62-
4.3.1.1.2.1. Description.....	-62-
4.3.1.1.2.2. Partie utilisé.....	-63-
4.3.1.1.2.3. Présentation de la commune de BEN-CHICAO.....	-63-
4.3.1.1.2.4. Caractérisation climatiques.....	-63-
4.3.1.1.2.5. Caractérisation de l'huile essentielle de Bigaradier.....	-65-

4.3.2. Matériel animal.....	-65-
4.3.3. Obtention des bioproduits à base des huiles essentielles de Bigaradier et de Thym.....	-66-
4.3.3.1. Echantillonnage.....	-66-
4.3.3.2. Séchage.....	-66-
4.3.3.3. Extraction par hydro-distillation.....	-66-
.....4.3.3.4. Le rendement.....	-67-
.....4.3.3.5. Formulation.....	-68-
.....4.3.3.6. Dispositif expérimental.....	-69-
4.3.4.7. Application des traitements sur le puceron vert du peuplier noir.....	-71-
4.3.4.8. Technique de dénombrement des formes biologiques	-73-
de <i>Chaitophorus leucomelas</i> L.....	-73-
4.3.4.9. Estimation de la biocénose associée au puceron.....	-73-
4.4. Evaluation de l'activité biocide des différents traitements appliqués.....	-76-
4.4.1. Estimation de l'abondance de <i>Chaitophorus leucomelas</i> L.....	-76-
4.4.2. Estimation des populations résiduelles de <i>chaitophorus leucomelas</i> L.....	-76-
4.4.3. Traitement des données	-77-

Chapitre 05 : Résultats et discussion

5.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thym et de bigaradier et du traitement chimique sur les paramètres populationnels de <i>Chaitophorus leucomelas</i> L.....	-78-
--	------

5.1.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thymus vulgaris L et de Citrus aurantium L et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance globale du puceron vert du peuplier <i>Chaitophorusleucomelas</i> L :.....	-78-
---	------

5.1.1.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thymus vulgaris L et de Citrus aurantium L et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance larvaire du puceron vert du peuplier <i>Chaitophorusleucomelas</i> :.....	-79-
--	------

5.1.1.2. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thymus vulgaris L et de Citrus aurantium L et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance des adultes aptères du puceron vert du peuplier Chaitophorusleucomelas L :.....	-80-
5.1.1.3. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thymus vulgaris L et de Citrus aurantium L et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance des adultes ailés du puceron vert du peuplier Chaitophorusleucomelas L :.....	-80-
5.1.2. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thymus vulgaris L et de Citrus aurantium L et de l'insecticide conventionnel sur les populations résiduelles de C.leucomelas L.....	-84-
5.2. Analyses statistiques des données:.....	-91-
5.2.1. Estimation de l'abondance des différentes formes biologique de Chaitophorusleucomelas L sous l'effet des traitements appliqués	-91-
5.2.2. Fluctuation temporelle de la disponibilité entomofaunique sous l'effet des traitements biologiques et chimique	-97-
5.2.2.1. Ordre d'arrivée et reprise biocénotique de la biocénose associée peuplier noir sous l'effet des traitements biologiques et chimique	-101-

Chapitre 6 : Discussion:

Conclusion générale:

Liste des références bibliographiques

Annexes

Résultats et Interprétations

Dans le but de favoriser l'utilisation des bioproduits dans la lutte contre les bioagresseurs, l'activité biocide des huiles essentielles formulées sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* L et sur la biocénose associée a été évaluée.

5.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de thym et de bigaradier et du traitement chimique sur les paramètres populationnels de *Chaitophorus leucomelas* L :

5.1.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *thymus vulgaris* L et de *Citrus aurantium* L et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance globale du puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas* L :

Les graphes ci-après présentant l'évolution temporelle des abondances des populations de *Chaitophorus leucomelas* L sous l'effet des différentes doses d'huiles essentielles formulées a base de thym (*thymus vulgaris* L) et de bigaradier (*Citrus aurantium* L) et de l'insecticide conventionnelle (Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine) (Figure 27,a, b, c) stipulent que globalement l'ensemble des bioproduits appliqués en dose complète (D) et en double dose (DD) ont enregistré une réduction en terme d'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* L comparé au témoin. Les traitements appliqués à savoir biologiques ou chimique ont exercé un effet de choc avec une toxicité importante à partir du 3eme jour (j+3) après traitement. L'effet toxique des huiles essentielles formulées se maintient durant les 6 premiers jours (j+6) qui suivent le traitement avec une reprise modérée des différentes formes biologiques à partir du 9eme jour (j+9) spécifiquement pour les spécimens exposés à la dose (D) (Figure 27. A) tandis que la régénérisance était plus importante avec le produit de synthèse.

Aussi, pour la (Figure 27 B) la comparaison temporelle des différentes doses (D) et (DD) de la bioformulation à base de l'huile essentielle de thym avec la dose homologuée (DH) du produit chimique et le témoin a montré une baisse remarquable de l'abondance durant la première période après traitement (j+3 -- j+9) et cela pour les différentes applications avec une suprématie de toxicité de la (DD) qui se maintient jusqu'à la fin du suivie par rapport aux autres doses (D) et (DH) qui ont toutes deux montré une reprise à la fin du suivie (j+9) mais avec un taux plus prononcé pour cette dernière.

L'effet comparé des doses d'huile essentielle de bigaradier (D) et (DD) à celle de la DH et le témoin dans le temps (Figure : 27 C) ont dévoilé une forte baisse de l'abondance des populations de *C.leucomelas L* qui se traduit par une forte toxicité durant la période (j+3 -- j+9) alors que la dose homologuée (DH) a montré la même efficacité mais avec une reprise plus importante à la fin du suivi.

5.1.1.1. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *thymus vulgaris L* et de *Citrus aurantium L* et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance larvaire du puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas* :

En comparaison avec le témoin, tous les traitements appliqués à savoir biologiques ou chimiques présentent des fluctuations dans le temps en enregistrant un effet choc durant la 1^{ère} période du suivi (j+3) et avec une précocité d'action de la dose homologuée par rapport au reste des doses. Cependant, les deux doses (D et DD) du traitement à base de bigaradier ainsi que la dose (D) du bioproduit à base de thym ont exercé une très forte baisse de l'abondance larvaire du puceron vert de peuplier noir avec un taux nul (0%) durant toute la 2^{ème} période (j+6 –j+9) qui suit le traitement.

Tandis que la dose (D) de la bioformulation à base de thym a montré une discontinuité d'action avec une légère reprise à (j+6) mais qui s'annule à (j+9). En revanche, la reprise est observée pour tous les traitements appliqués à la fin du suivi.

5.1.1.2. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *thymus vulgaris L* et de *Citrus aurantium L* et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance des adultes aptères du puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas L* :

Les résultats concernant l'estimation de l'effet comparé des doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques ou chimiques avec le témoin sur les adultes aptères ont montré une similarité de toxicité qui se révèle hautement importante pour toutes les doses (D et DD) jusqu'à la fin du suivi.

Les deux doses du traitement à base de Bigaradier et du traitement à base de Thym se révèlent fortement toxiques à partir de (j+3) jusqu'à la fin du suivi avec un taux d'abondance de (0%), contrairement à la (D) de la bioformulation de Thym qui montre une

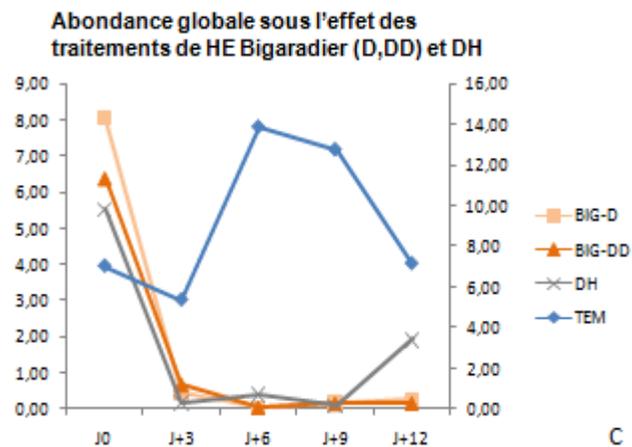
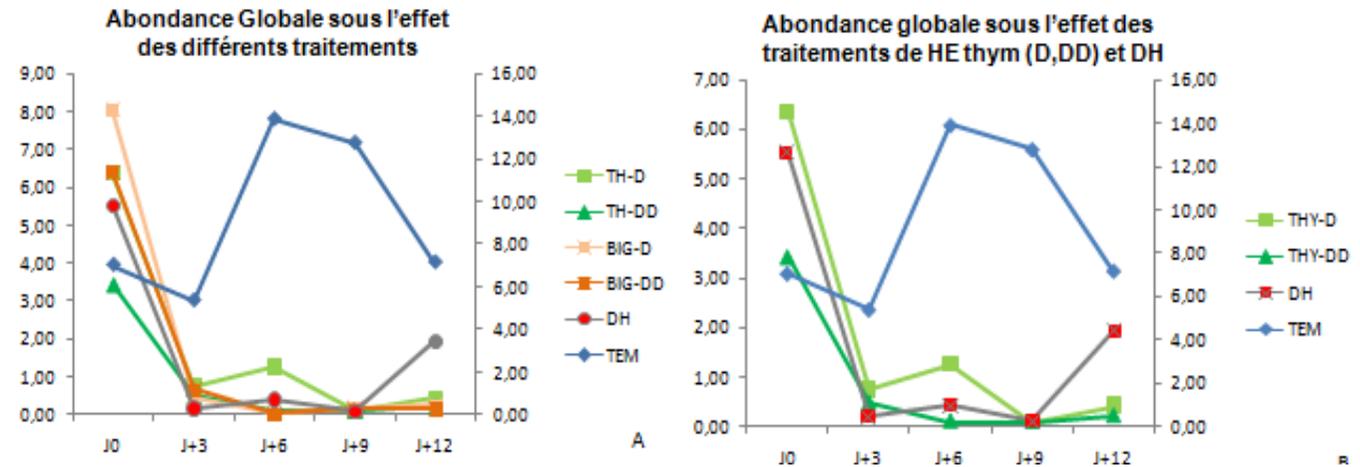
reprise à (j+6) mais qui se diminue et s'annule à (j+9). Cependant la DH stipule une précocité d'action et une reprise importante par rapport aux autres doses (Figure : 28 b).

5.1.1.3. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *thymus vulgaris L* et de *Citrus aurantium L* et de l'insecticide conventionnel sur l'abondance des adultes ailés du puceron vert du peuplier *Chaitophorus leucomelas L* :

Selon la figure 28 c, durant la première période après traitement et en comparaison avec le témoin, les résultats montrent que toutes les doses ont un effet considérable sur l'abondance des adultes ailés du *Chaitophorus leucomelas L* avec une gradation de toxicité allant de la DH qui affiche la plus forte toxicité (0 % 0 j+3) suivi de la double dose (DD) et de la dose complète (D) du traitement a base de huile essentielle de bigaradier, puis la double dose (DD) du traitement a base de thym et en fin la dose (D) de ce dernier présentant la plus faible toxicité.

Néanmoins, a partir de (j+3) les deux doses du bioproduit a base de bigaradier ainsi que la double dose de la bioformulation a base de thym ont signalé un accroissement permanent de toxicité (j+6) dépassent même celle de la DH qui montre une reprise de l'abondance des adultes ailés (j+9), alors que la dose complète du thym a montré de plus en plus une baisse de l'abondance des ailés du puceron vert de peuplier noir.

Résultats et interprétations



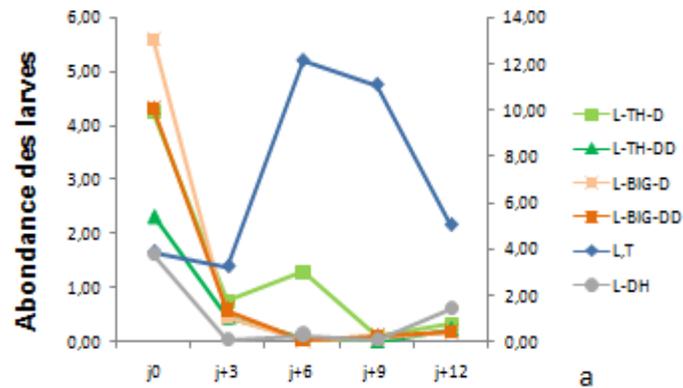
Résultats et interprétations

A : Evolution temporelle de l'abondance globale de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des traitements biologiques et chimique appliqués. B : Evolution temporelle de l'effet dose du traitement à base de thym sur l'abondance globale de *chaitophorus leucomelas L* comparé au traitement chimique. C : Evolution temporelle de l'effet dose du traitement à base de bigaradier sur l'abondance globale de *chaitophorus leucomelas L* comparé au traitement chimique

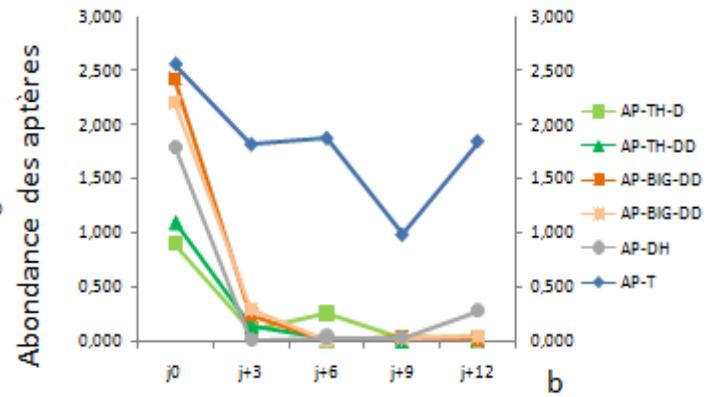
Figure 1 : Evolution temporelle de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des huiles essentielles formulées et du produit de synthèse par rapport au témoin

Résultats et interprétations

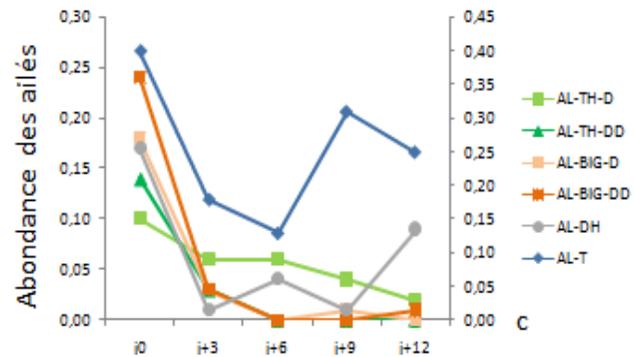
Abondance des larves sous l'effet dose



Abondance des aptères sous l'effet doses



Abondance des ailes sous l'effet doses



Résultats et interprétations

Résultats et interprétations

a: Evolution temporelle de l'abondance des larves sous l'effet des différents traitements appliqués. b: Evolution temporelle de l'abondance des aptères sous l'effet des différents traitements appliqués: Evolution temporelle de l'abondance des larves sous l'effet des différents traitements appliqués.

Figure 2 : Evolution temporelle de l'abondance des formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas L* sous l'effet des différentes doses des huiles essentielles formulées et du produit de synthèse

5.1.2. Evaluation de l'effet toxique des huiles essentielles formulées de *thymus vulgaris L* et de *Citrus aurantium L* et de l'insecticide conventionnel sur les populations résiduelles de *C.leucomelas L* :

L'évolution temporelle globale des populations résiduelles sous l'effet des différentes doses des traitements appliquées sur le puceron vert du peuplier noir démontre que lors de la première période après traitement (de j0 à j+3), les produits biologiques ont pu changer leur statut de toxicité d'un bioproduit neutre ($PR > 60\%$) pour les deux doses (D et DD) de l'huile essentielle formulée à base de bigaradier (*Citrus aurantium L*) et d'un bioproduit de toxicité moyenne ($40\% < PR < 60\%$) pour celles (D et DD) de l'huile essentielle formulée à base de thym (*Thymus vulgaris L*) en un bioproduit très toxique ($10\% < PR < 20\%$) avec une meilleure efficacité de la double dose. Cette forte toxicité s'accroît jusqu'à la fin du suivi.

En revanche, la dose homologuée (DH) du produit de synthèse (Thiamethoxam /Lambda cyhalothrine) affiche non seulement une précocité d'action (de j0 à j+9) par rapport au reste des traitements mais aussi une toxicité très élevée qui se traduit par un PR relativement nul jusqu'au 9^{ème} jour où une reprise est signalée (Figure : 29, a).

Dès les 3 premiers jours après traitement, les différentes doses appliquées enregistrent une très forte toxicité pour l'ensemble des populations de *Chaitophorus leucomelas L* ($10\% < PR < 20\%$). Cette forte toxicité est beaucoup plus apparente chez la forte dose (DD) avec un taux de $PR < 30\%$ ($10\% < PR < 20\%$). La stabilité de la bioformulation appliquée exprime le maintien de l'effet biocide des huiles essentielles jusqu'à la fin des investigations (12^{ème} jour). Exception faite pour la dose homologuée (DH) qui affiche un très faible taux de population résiduelle dès le (j 0) avec un taux de PR nul (0%) mais une reprise importante à partir du 9^{ème} jour après traitement avec un taux de $PR < 30\%$ ($20\% < PR < 30\%$) (Figure : 29, b, c, d ; e, f).

Chez les populations résiduelles larvaires (Figure : 30,a,b,c,d,e,), les traitements appliqués en bioformulation à base de Bigaradier en dose (D) et double dose (DD) et à base de Thym en (D), ainsi que la dose homologuée (DH) ont pu changer toxicité d'un produit neutre en (j0) avec un ($PR > 60\%$) en un produit toxique avec un PR nul (0%) en (j+3). Cependant la (DD) de la bioformulation à base de Thym a montré une toxicité

Résultats et interprétations

moyenne au début du suivi (j0) qui devient de plus en plus toxique dans un laps de temps court (j+3) en enregistrant un taux de population résiduelle compris entre (0% et 30%).

La toxicité des doses des différents traitements appliqués restent permanente jusqu'à la fin du suivi (j+12) sauf pour la (DH) qui signale au même moment la reprise des populations

Les populations adultes aptères ont été fortement touchées par les traitements à base de Bigaradier appliqués en (D) et en (DD) et de la (DH) du Thiamethoxam/ Lambda cyhalothrine, en basculant d'un produit de toxicité neutre à (j0) avec un (PR> 60%) à un produit toxique avec un taux de population résiduelle inférieur à 30% (0<PR<30%).

Par contre, le bioproduit formulé à base d'huile essentielle de Thym appliqué en (D) et en (DD) montre une toxicité moyenne en (j0) en affichant un taux de population résiduelle PR<60% (40%<PR<45%). cette toxicité s'exprime plus au bout du 3^{ème} jour après traitement où le bioproduit devient fortement toxique avec un taux de population résiduelle se rapprochant de 5% (5%<PR<10%).

La toxicité des traitements biologiques restent permanente jusqu'à la fin du suivi (j+12) alors que le produit de synthèse enregistre une reprise des populations aphidiennes à (j+9) (Figure : 31 a, b, c, d, e, f).

Les résultats concernant les adultes ailés dévoilent que les bioproduits formulés à base d'huile essentielle de Bigaradier appliqué en (D) et (DD) et à base de Thym appliqué en (DD) présentent une toxicité moyenne au début du suivi (j0) avec un taux de populations résiduelles moyen (40%<PR<60%) qui augmente à partir de trois jours (j+3) après traitement pour devenir de plus en plus toxique avec un taux de PR de plus en plus bas (0%<PR<15%) jusqu'à la fin du suivi.

néanmoins le bioproduit à base de Thym appliqué en (D) affiche une irrégularité d'action sur les adultes ailé en étant toxique à (j0) avec un taux de PR inférieur à 30% (20%<PR<30%) puis moyennement toxique à partir du 3^{ème} jour et jusqu'au 6^{ème} jour (30%<PR<45%) et enfin plus toxique au delà de (j+6) avec un taux de population résiduelle relativement plus bas (10%<PR<20%).

De même, l'effet de la dose homologuée (DH) du produit chimique Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine appliqué sur les adultes ailés, dénote des fluctuations

Résultats et interprétations

de toxicité dans le temps. Cependant, les résultats ont signalé une toxicité moyenne au début du suivi (j0) avec un taux population résiduelle supérieur à 30% ($40\% < PR < 60\%$) puis une toxicité plus accrue à (j+3) et à (j+9) avec un PR ne dépassant pas les 10% ($0\% < PR < 10\%$). En revanche, une forte reprise des populations d'adultes ailés est enregistrée à (j+6) et (j+12) (Figure : 32 a, b, c, d, e, f).

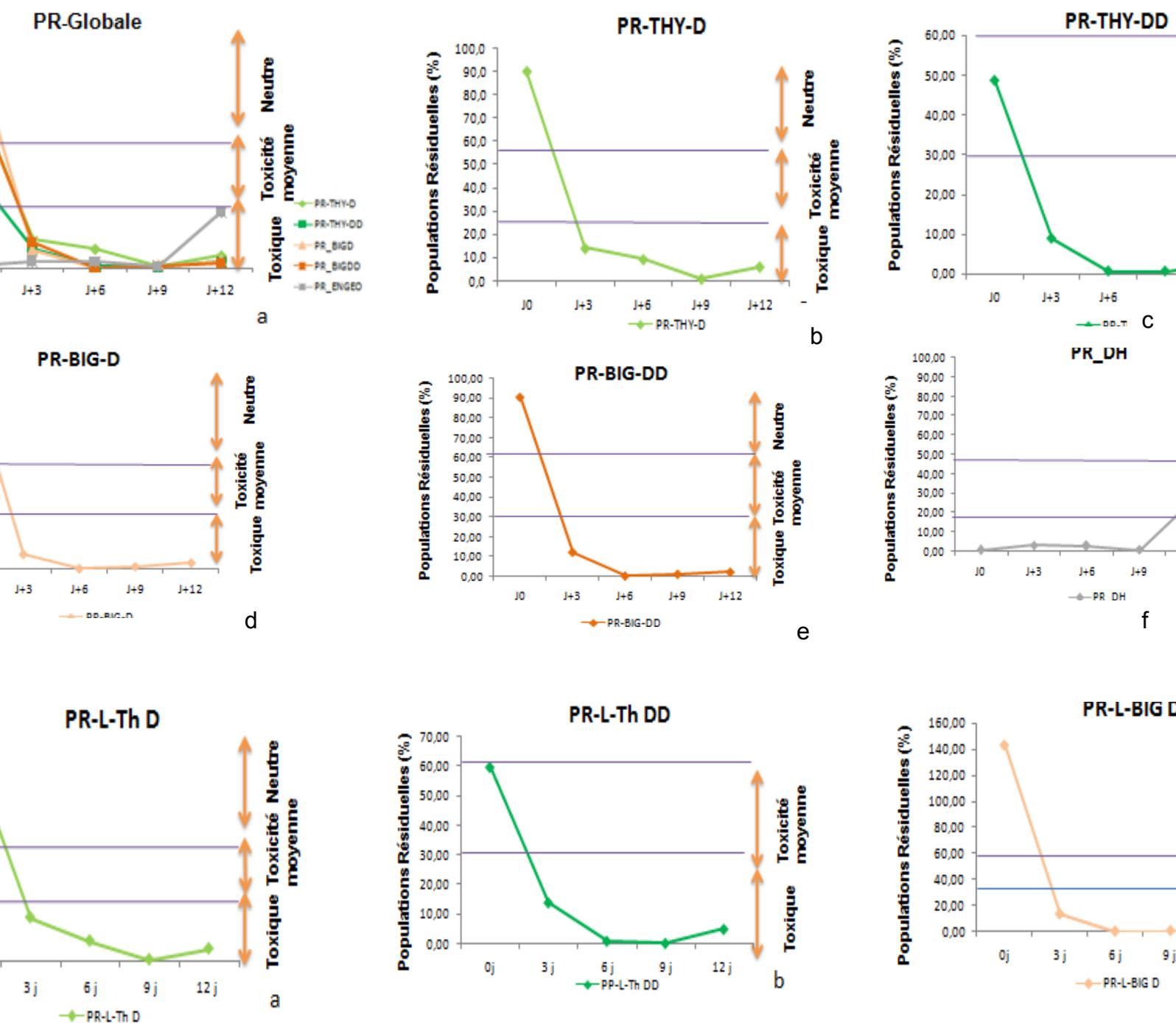


Figure 3: Evolution temporelle des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* L sous l'effet des huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier et de l'insecticide de synthèse.

Résultats et interprétations

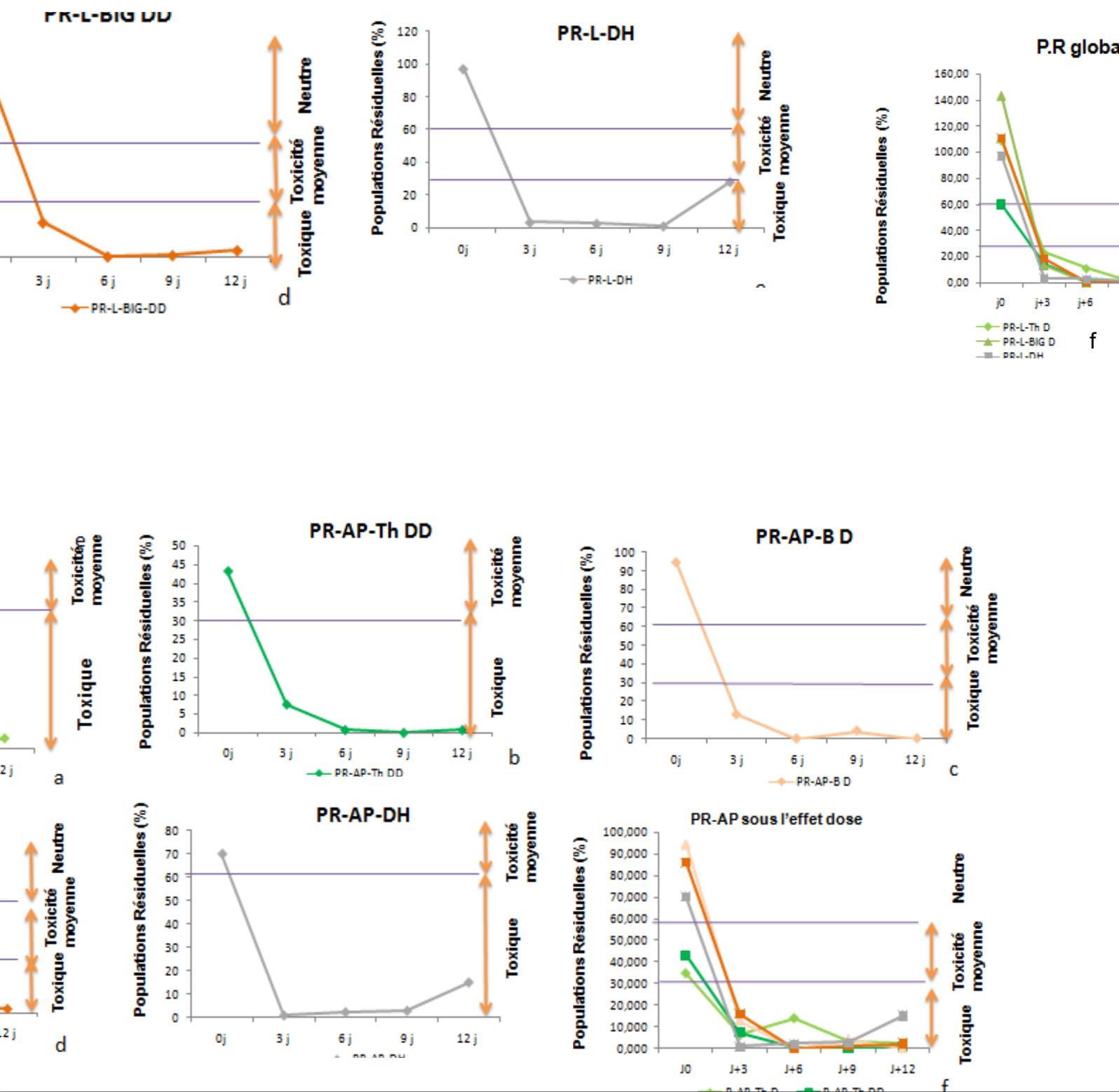


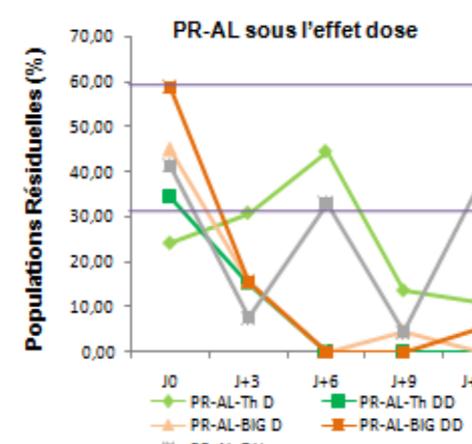
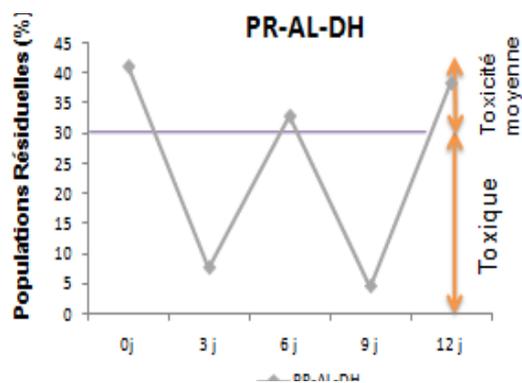
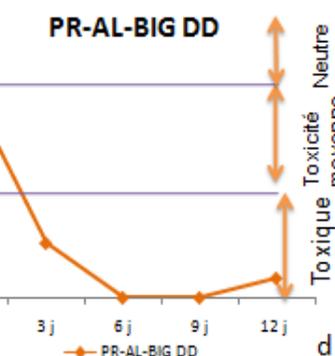
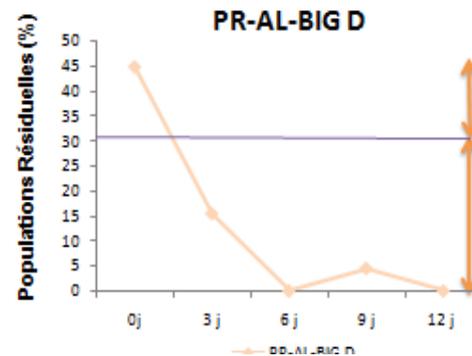
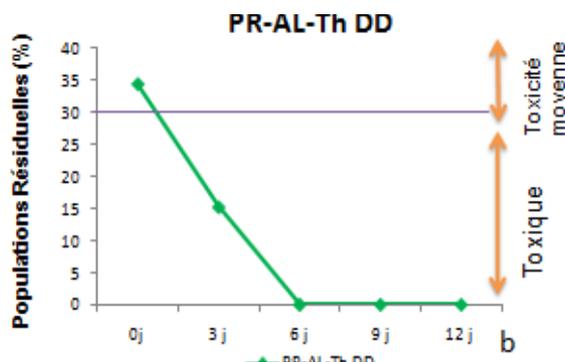
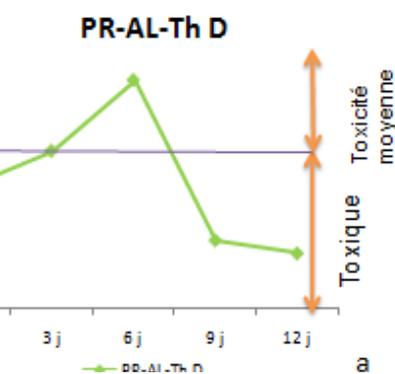
Figure 4 : Evolution temporelle des populations résiduelles larvaires de *Chaitophorus leucomelas* L sous l'effet des différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse.

Figure 5 : Evolution temporelle des populations résiduelles larvaires de *Chaitophorus leucomelas* L

Figure 6 : Evolution temporelle de populations résiduelles aptères de *Chaitophorus leucomelas* L sous l'effet de différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse.

Figure 8 : Evolution temporelle de populations résiduelles adultes ailées de *Chaitophorus leucomelas* L sous l'effet de différentes doses d'huiles essentielles formulées de Thym et de Bigaradier ainsi que l'insecticide de synthèse.

Résultats et interprétations



5.2. Estimation de l'abondance des différentes formes biologique de

Chaitophorus leucomelas L sous l'effet des traitements appliqués :

5.2.1. Estimation de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* L par une analyse multivariée en composantes principale (A.C.P):

Sur la base des axes de l'analyse en composantes principales (A.C.P), les contributions dépassent les 80% et par conséquent l'analyse multivariée est acceptée.

Selon la projection des données d'abondance sur les 2 axes, nous essayons de faire ressortir l'activité biocide des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* L et *Citrus aurantium* L, et le traitement homogénéisé Thiaméthoxam/Lambda cyhalothrine sur le puceron vert du Peuplier noir *Populus nigra* L seulement en interprétant les projections sur l'axe 1 dont la contribution est la plus élevée.

La projection des vecteurs dans la partie positive de l'axe 1 (Figure :33 A) désigne une similitude d'effet entre la DH du Thiaméthoxam/ Lambda cyhalothrine et la dose complète (D THY) du traitement à base d'huile essentielle de Thym.

Concernant les autres traitements biologiques à savoir les deux doses (BIG D et BIG DD) du traitement à base de bigaradier et la (DD) du traitement à base de Thym, se disposent dans la partie négative de l'axe 1 et par la suite leur effet se rapproche et diffère de celui de la (DH) et la (D THY).

Sur l'axe 2, les projections des abondances globales montrent que l'ensemble des traitements présentent un effet précoce graduel jusqu'au 9^{ème} jour après traitement, la reprise modérée des abondances est signalée dès le 9^{ème} jour pour les traitements biologiques, alors qu'elle est plus importante pour la (DH) à partir du 12^{ème} jour.

D'après la Figure 33,B, les projections des valeurs d'abondance larvaire apparaissent dans la partie négative de l'axe (1) et désignent ainsi l'effet précoce des traitements biologiques et chimique appliqués (j+3 à j+9). Cependant, la reprise de l'abondance des populations est très appréciable sous l'effet de la dose homologuée du produit chimique au bout du 12^{ème} jour.

Les doses appliquées en (D) et (DD) pour les traitements biologiques montrent un effet qui se rapproche de ce qui est le cas pour les bioformulations à base de Thym ou à base de Bigaradier.

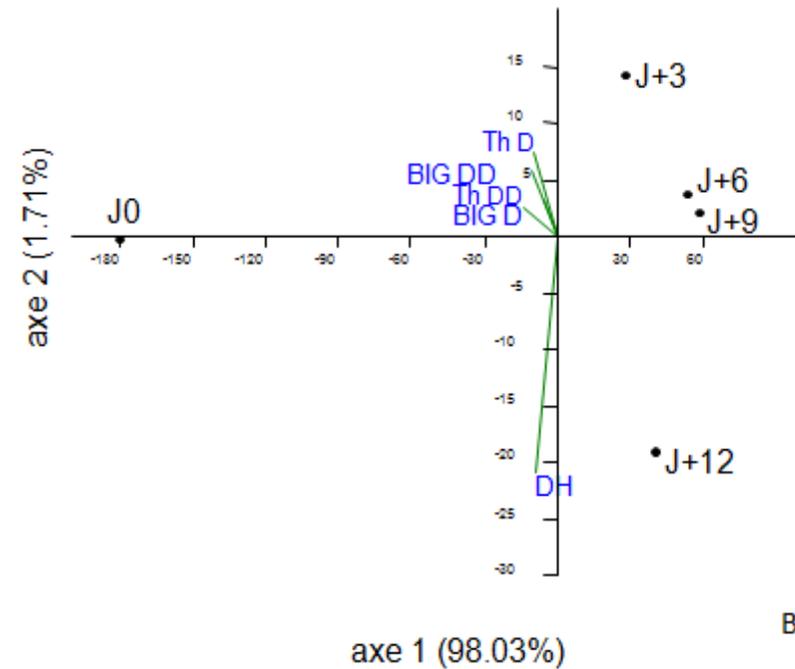
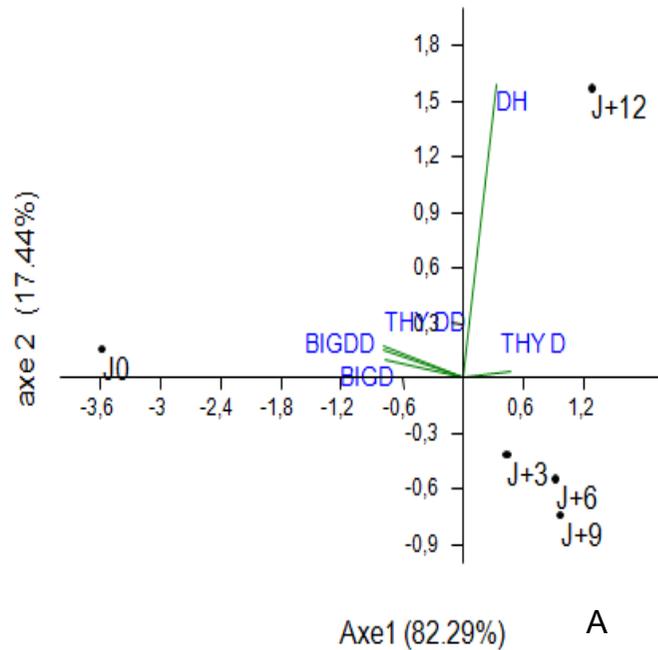
Résultats et interprétations

Sur la base de l'axe (2), les projections des abondances larvaires montrent que les bioproduits présentent un effet contrasté par comparaison au produit de synthèse (DH).

La même tendance des projections des abondances des adultes aptères figure 33,C et des adultes ailés figure 33,D est signalée concernant l'effet précoce des doses appliquées et la dissymétrie de l'activité biocide entre les traitements biologiques et le produit de synthèse.

En ce qui concerne les résultats des traitements biologiques appliqués en (D) et (DD) à base Bigaradier et de Thym, dévoilent que leurs effets sur la majorité des stades biologiques étudiés se rapproche avec l'activité toxique du produit de synthèse.

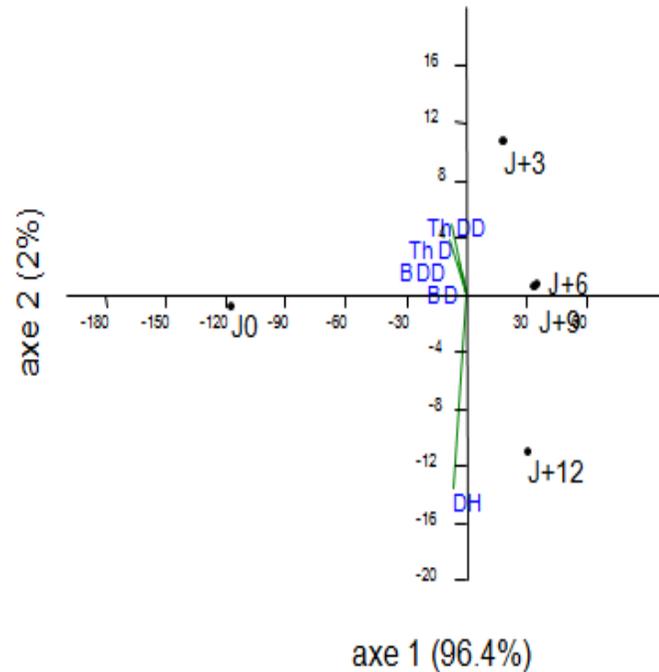
Résultats et interprétations



A: Analyse en composantes principales (A.C.P) de l'effet des traitements appliqués biologiques et chimique sur l'abondance de *Chaitophorus leucomelas* L (axe 1 et2)

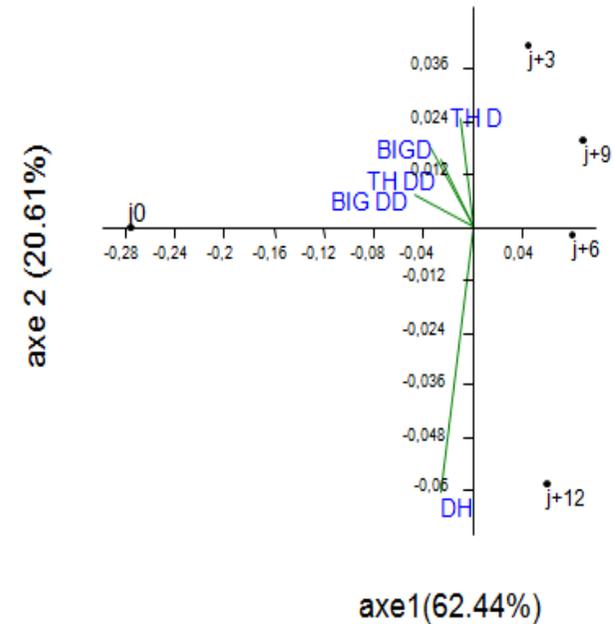
B: Analyse en composantes principales (A.C.P) de l'effet des traitements appliqués biologiques et chimique sur l'abondance larvaire (axe 1 et2)

Résultats et interprétations



C

C: Analyse en composantes principales (A.C.P) de l'effet des traitements appliqués biologiques et chimique sur l'abondance des adultes aptères (axe 1 et2)



D

D: Analyse en composantes principales (A.C.P) de l'effet des traitements appliqués biologiques et chimique sur l'abondance des adultes ailés(axe 1 et2)

Figure 9 : Analyse en composante principale (A.C.P) de l'effet comparé de l'efficacité des traitements biologiques et chimique sur l'abondance des formes biologiques du puceron vert *Chaitophorus leucomelas L* de peuplier noire

Résultats et interprétations

5.2.2. Estimation de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas L* par l'analyse de one-way ANOVA:

A fin d'estimer l'abondance des larves, des adultes aptères et ailés du puceron vert du peuplier noir *Populus nigra L* sous l'effet des doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques en (D) et (DD) et chimique (DH), on a eu recours au test 'One-way ANOVA'.

Les résultats de l'analyse de la variance résumés dans le tableau 8 ; ont signalé la présence de différence significative entre les traitements appliqués pour tous les stades biologiques à savoir larves, adultes aptères et ailés avec des probabilités respectives de : $P=0,001637$, $P=0,02391$, $P=0,0014$.

Tableau 1 : one-way ANOVA appliquée sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués.

		somme des carrés	DDL	moyenne des carrés	F-ratio	P
Larves	Entre groupe	152,4	5	30,48	5,501	0,001637
	inter groupe	132,982	24	5,54091		
	totale	285,382	29			
Aptères	Entre groupe	8,70334	5	1,74067	3,19	0,02391
	inter groupe	13,0969	24	0,545703		
	totale	21,8002	29			
Ailés	Entre groupe	0,174827	5	0,0349653	5,65	0,0014
	inter groupe	0,14852	24	0,00618833		
	totale	0,323347	29			

Tableau 2 : Résultats relatifs au test du Tukey sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués.

	T- TH D	T-TH DD	T-BIG D	T-BIG DD	T-DH
Larves	0,0085	0,0027	0,0075	0,0053	0,0062
Aptères	0,030	0,028	N, S	N, S	0,06
Ailés	0,0065	0,0023	0,0037	0,0065	0,0096

Résultats et interprétations

La comparaison par paires réalisée par le Test de Tukey sur les abondances des larves du puceron vert du peuplier noir *Populus nigra L* sous l'eff et des doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques en (D) et (DD) et chimique (DH), ont signalés la présence de différence hautement significative

s par rapport au témoin.

De même que pour les aultes ailés qui présentent une différence hautement significatives entre les doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques à base de Thym en (D) et (DD) et chimique le Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine(DH).

Contrairement aux adultes aptères qui ne signalent qu'une différence significative entre le traitement par la bioformulation à base de Thym aux deux doses d'application par rapport au témoin.

5.3. Fluctuation temporelle de la disponibilité entomofaunique associée de au peuplier noir sous l'effet des traitements biologiques et chimique :

L'évolution temporelle de la disponibilité faunistique à été évaluée sous l'effet des traitements biologiques formulés à base d'huiles essentielles de Thym et de Bigaradier comparés à un insecticide conventionnel (thiamethoxame /lambda cyhalothrine) au cours de quatre semaines de suivi.

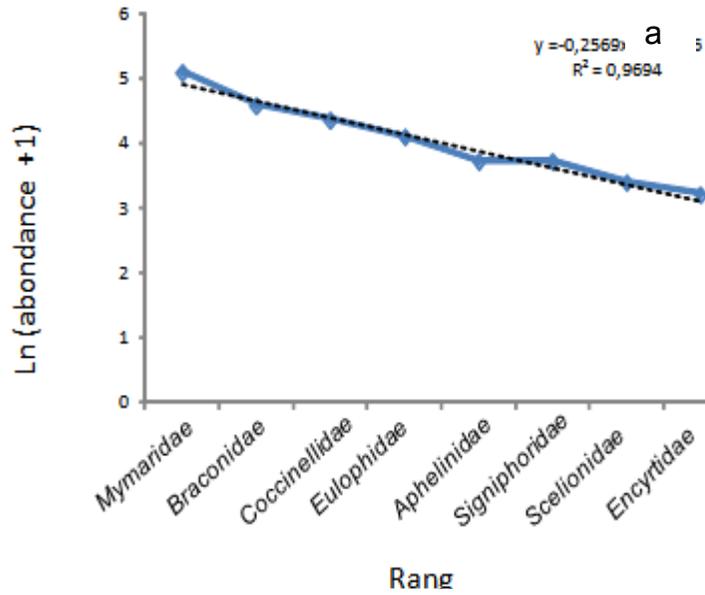
La (Figure 37 A) représente l'évolution des spécimens inventoriés au niveau des arbres du peuplier noir *Populus nigra* avant traitement tandis que (la Figure 37 B, C, D, E, F) est relative à l'évaluation de ceux inventoriés sur les mêmes arbres après traitement.

Par comparaison du potentiel d'efficacité des traitements biologiques et chimique utilisés, nous constatons une divergence d'action sur la disponibilité des familles d'espèces parasitoïdes (Figure 37).

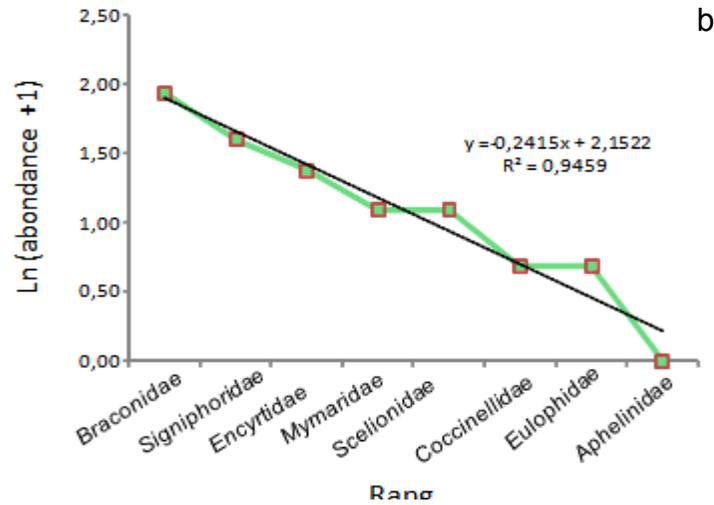
Les observations relatives à la fluctuation de l'entomofaune de *Populus nigra* avant traitement font apparaître une disponibilité faunistique très distincte représentée principalement par les ordres des Hyménoptères, Coléoptères, diptères, Hemipteres, Thysanopteres, Araignéesetc .

Cependant 8 familles d'espèces parasitoïdes ont été identifiées à savoir des *Mymaridae*, *Braconidae*, *Coccinellidae*, *Eulophidae*, *Aphelinidae*, *Signiphoridae*, *Scelionidae* et *Encyrtidae*.

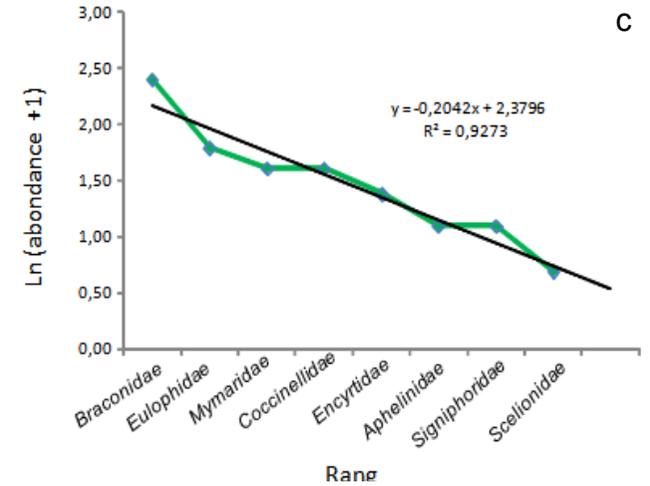
Résultats et interprétations



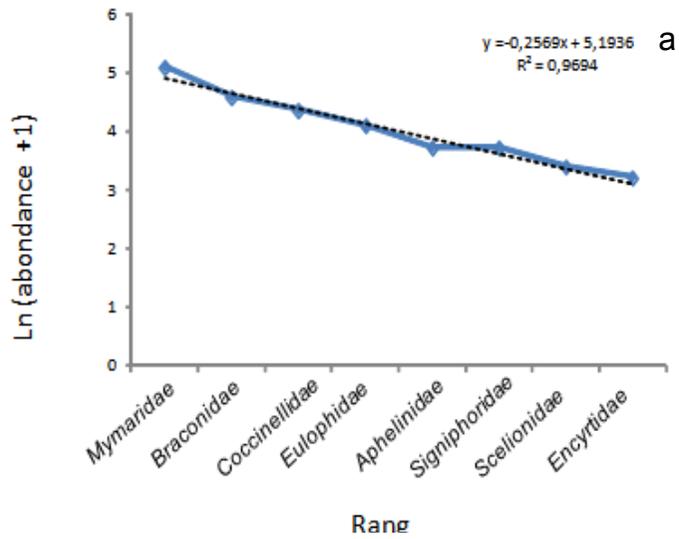
Abondance des parasitoïdes avant traitement



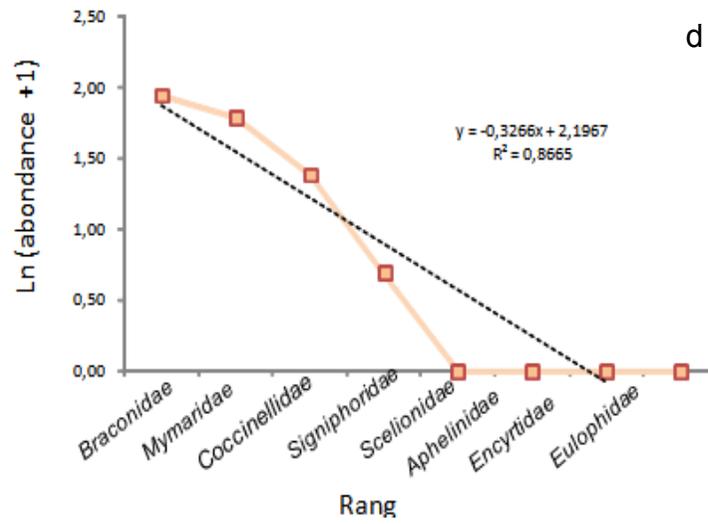
Abondance des parasitoïdes après le traitement à base de Thym (D) et DD



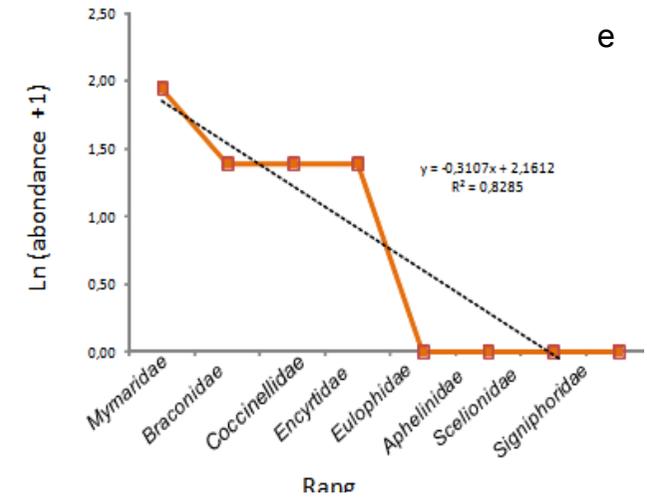
Résultats et interprétations



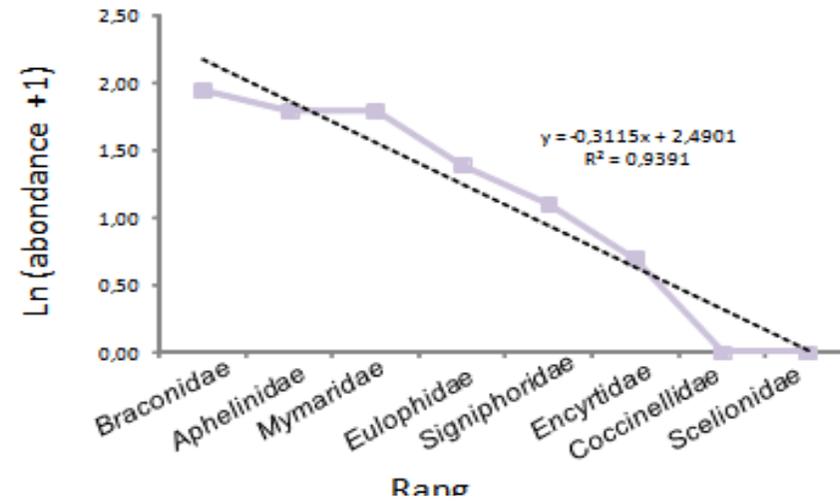
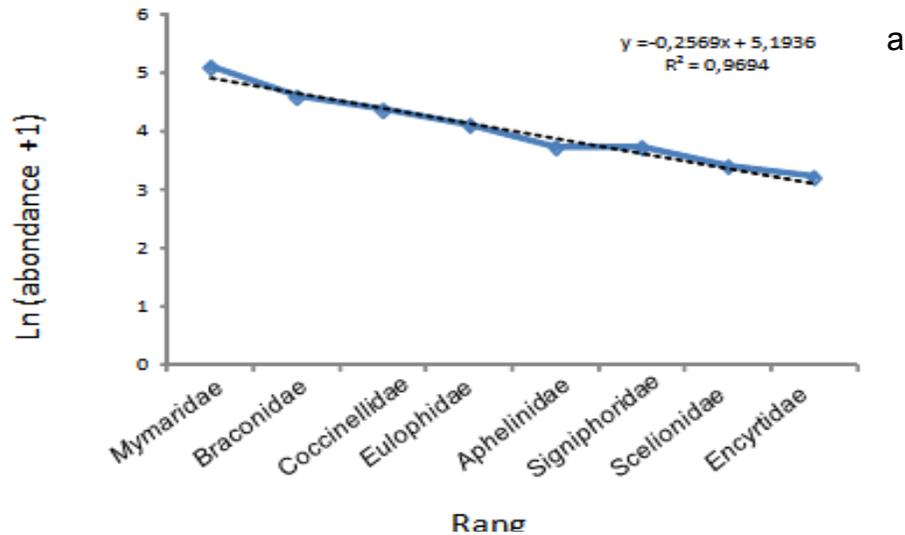
Abondance des parasitoïdes avant traitement



Abondance des parasitoïdes après le traitement à base Bigradier (D) et (DD)



Résultats et interprétations



Abondance des parasitoïdes avant traitement

Abondance des parasitoïdes après l'application de insecticide conventionnelle

a : témoin. b : espèces traitées par la (D) de bigaradier. c : espèces traitées par la (D D) de bigaradier. d : espèces traitées par la (D) du Thym.

e : espèces traitées par la (DD) de Thym. f : espèces traitées par la DH

Figure 10 : Rangs / fréquences des familles des espèces parasitoïdes avant et après l'application des différentes doses des traitements (biologiques et chimique).

5.2.1. Ordre d'arrivée et reprise biocénotique de la biocénose associée peuplier noir sous l'effet des traitements biologiques et chimique :

Nous avons essayé d'étudier la structuration des différentes familles de parasitoïdes associées au peuplier noir sous l'effet des différentes doses d'Huiles essentielles formulées à base de Thym (*Thymus vulgaris L*) et de bigaradier (*Citrus aurantium L*) et de l'insecticide conventionnel (thiamethoxame /lambda cyhalothrine) en fonction du temps d'exposition par l'élaboration des diagrammes rang/fréquences afin d'estimer l'abondance des familles d'espèces identifiées en ayant

Dans le but d'étudier la fluctuation d'arrivée des familles d'espèces entomofauniques inventoriées, nous avons eu recours au modèle géométrique MOTOMURA pour la réalisation des diagrammes rang-fréquence, en considérant les valeurs logarithmiques des abondances. Les diagrammes rang/fréquences des espèces sont tracés en classant les espèces par ordre de fréquence décroissantes. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs fréquences en ordonnées avec une échelle logarithmique.

Les résultats obtenus ont montré que la succession des espèces qui varie selon le mode d'exposition aux différents traitements (biologiques et chimiques). Avant traitement, la communauté des auxiliaires bénéfiques est stable car les fluctuations des abondances se rapprochent de la droite de MOTOMURA. Cependant nous signalons une succession de *Mymaridae*, *Braconidae*, *Coccinellidae*, *Eulophidae*, *Aphelinidae*, *Signiphoridae*, *Scelionidae* et *Encyrtidae*.

Globalement, les fluctuations des abondances des communautés de parasitoïdes varient relativement avec l'ordre de recrutement des différentes espèces. Les abondances des auxiliaires diminuent globalement et certaines espèces dans la succession temporelle disparaissent. L'ordre de succession et la composition des différentes communautés n'est pas le même selon les traitements appliqués. (Figure 37).

Une fois la biocénose confrontée au différentes doses de l'huile essentielle formulée à base de Thym à savoir la dose (D) et la double dose (DD), on assiste à une stabilité de la diversité (Figure 37 B, C). Seule la famille d'Aphelinidae n'apparaît pas après traitement sous l'effet de la dose (D) du bioproduit à base de thym ce qui démontre leur plus grande sensibilité par rapport aux autres espèces composant la communauté. Bien

Résultats et interprétations

que leurs abondances diminuent également sous l'effet de la (DD) de ce bioproduit, les *Braconidae* se maintiennent et restent les premiers à recoloniser la biocénose parasitoïde du peuplier.

Après l'application de la dose (D) du bigaradier on a marqué que pour les *Braconidae*, *Mymaridae* et *Coccinellidae*, bien que leurs abondances diminuent, ces familles ne semblent pas être très affectées puisqu'elles arrivent à recoloniser la communauté et se positionner parmi les premiers. En revanche, les *Scelionidae*, *Eulophidae*, *Aphelinidae* et *Encyrtidae* sont absentes ce qui se traduit par une plus sensibilité.

De même, après l'application de la double dose (DD) du bioproduit à base de bigaradier, les résultats ont révélé une communauté maigre montrant que certaines familles telles que *Eulophidae*, *Aphelinidae*, *Scelionidae*, *Signiphoridae* ont été très affectées.

Toutefois, Il est constaté que les auxiliaires inventoriés dans la communauté paraissent beaucoup plus affectés par l'huile essentielle du bigaradier que celle du thym.

Après l'application de l'insecticide conventionnel, une diminution des abondances et une disparition des *Encyrtidae*, *Coccinellidae* et *Scelionidae* sont enregistrées alors que dans l'ordre de succession, les *Braconidae* arrivent les premiers et se positionnent au premier rang.

Cependant, la comparaison entre l'effet des différents traitements appliqués stipule qu'avant traitement on constate une communauté stable des *Coccinellidae* et qu'elles sont placées parmi les trois premières familles dominantes. Après l'application des deux doses du thym on signale l'installation de *Coccinellidae* en nombre réduit avec une certaine résistance tandis qu'après l'application de la (D) et la (DD) de l'huile essentielle du bigaradier on a remarqué que les *Coccinellidae* ont gardé leur positionnement selon la distribution théorique de MOTOMURA.

En revanche, après l'application la dose homologuée (DH) de l'insecticide conventionnel, cette même famille des *Coccinellidae* disparaît.

Dans la succession temporelle, il est a signalé que les *Aphelinidae*, *Eulophidae*, *Encyrtidae*, *Scelionidae*, *Signiphoridae* et *Coccinellidae* sont les familles qui accusent le plus de sensibilité à l'effet choc des matières actives utilisées à savoir

5.2.3. Estimation de l'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* L par l'analyse de one-way ANOVA:

A fin d'estimer l'abondance des larves, des adultes aptères et ailés du puceron vert du peuplier noir *Populus nigra* L sous l'effet des doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques en (D) et (DD) et chimique (DH), on a eu recours au test 'One-way ANOVA'.

Les résultats de l'analyse de la variance résumés dans le tableau 8 ; ont signalé la présence de différence significative entre les traitements appliqués pour tous les stades biologiques à savoir larves, adultes aptères et ailés avec des probabilités respectives de : $P=0,001637$, $P= 0,02391$, $P=0,0014$.

Tableau 3 : one-way ANOVA appliquée sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués.

		somme des carrés	DDL	moyenne des carrés	F-ratio	P
Larves	Entre groupe	152,4	5	30,48	5,501	0,001637
	inter groupe	132,982	24	5,54091		
	totale	285,382	29			
Aptères	Entre groupe	8,70334	5	1,74067	3,19	0,02391
	inter groupe	13,0969	24	0,545703		
	totale	21,8002	29			
Ailés	Entre groupe	0,174827	5	0,0349653	5,65	0,0014
	inter groupe	0,14852	24	0,00618833		
	totale	0,323347	29			

Résultats et interprétations

Tableau 4 : Résultats relatifs au test du Tukey sur les abondances des larves, des adultes aptères et ailés sous l'effet des doses des différents traitements appliqués.

	T- TH D	T-TH DD	T-BIG D	T-BIG DD	T-DH
Larves	0,0085	0,0027	0,0075	0,0053	0,0062
Aptères	0,030	0,028	N, S	N, S	0,06
Ailés	0,0065	0,0023	0,0037	0,0065	0,0096

La comparaison par paires réalisée par le Test de Tukey sur les abondances des larves du puceron vert du peuplier noir *Populus nigra L* sous l'eff et des doses des différents traitements appliqués a savoir biologiques en (D) et (DD) et chimique (DH),ont signalés la présence de différence hautement significatives par rapport au témoin.

De même que pour les aultes ailés qui présentent une différence hautement significatives entre les doses des différents traitements appliqués à savoir biologiques à base de Thym en (D) et (DD) et chimique le Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine(DH).

Contrairement aux adultes aptères qui ne signalent qu'une différence significative entre le traitement par la bioformulation à base de Thym aux deux doses d'application par rapport au témoin.

Chapitre 4 :
Matériel et méthodes

4.1. Objectif du travail :

L'objectif du travail est d'évaluer dans les conditions naturelles la performance de deux bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de Thym « *Thymus vulgaris L* » et de Bigaradier « *Citrus aurantium L* » comparée à un produit chimique Thiamethoxam et Lambda cyhalothrine en estimant leur activité biocide sur le puceron vert du peuplier noir « *Populus nigra* » ainsi que sur la biocénose qui lui est associée.

4.2. Présentation de la région d'étude :

4.2.1. Situation géographique :

Notre site d'étude est situé dans la région de Soumâa, dans la plaine de la Mitidja; cette dernière est une vaste plaine littorale étroite du Nord. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 à 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 (Allal-Benfekih, 2006).

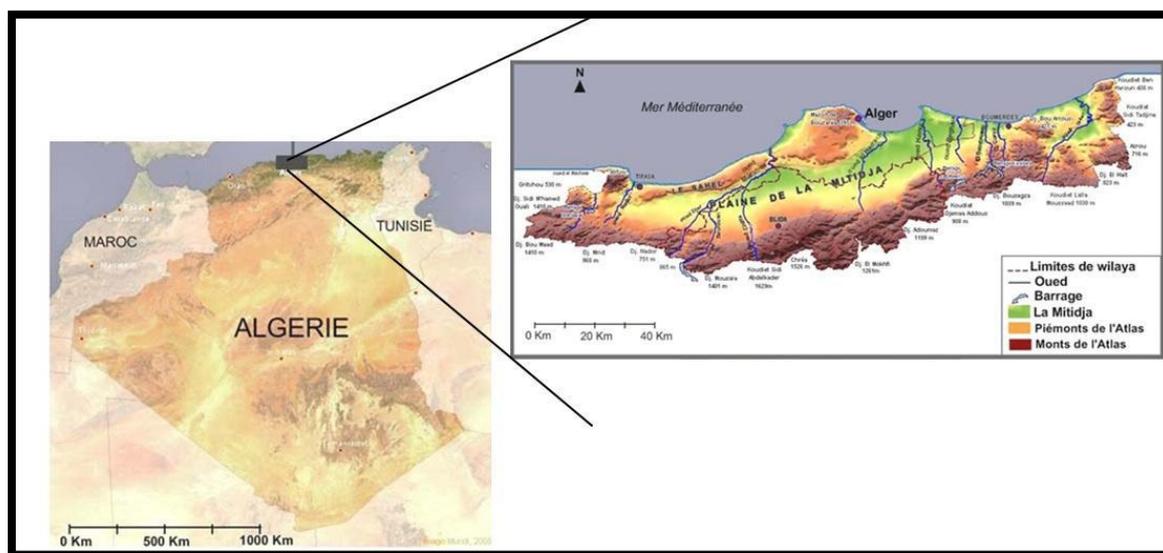


Figure 1: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja (Programme d'aménagement côtier (PAC), 2006. In Allal-Benfekih, 2006).

4.2.2. Synthèse climatique de la région d'étude :

4.2.2.1 Température et pluviométrie :

La température interne du corps des insectes varie avec la température ambiante. Leur métabolisme lui est étroitement lié et croît en même temps qu'elle. Cependant, la vie des insectes n'est possible qu'entre certaines valeurs limites de la température caractéristique de l'espèce et même du stade auquel elle est étudiée ; tout caractère biologique varie en fonction de la température de manière à passer par un optimum pour un degré déterminé; il en est ainsi, par exemple, de la rapidité du développement, de la croissance, de la survie, de la longévité et de la fécondité (Cachan, 1961).

Nous nous intéressons aux variations mensuelles des températures ainsi que ceux de la pluviométrie dans la région de Soumâa durant la campagne agricole 2015-2016 (Tableau 2) ainsi que les données de la période 2010-2014 (Tableau 3). Les données recueillies auprès de la station météorologique de Soumâa ont fait l'objet de l'étude de la synthèse climatique.

Tableau 1: Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie dans la Région de Soumâa durant la campagne agricole 2015/2016.

Paramètres	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T max	24,1	19	26,4	30,6	40,2	36,7	42,6	35,4	38,3	26,4	26,4	22,7
Tmin	3,8	1,9	5,7	5,8	8,6	6,8	3,9	18,9	1,4	9,7	5,8	5,6
T moyennes	13,95	10,45	10,35	18,2	24,4	21,75	23,25	27,15	19,85	18,05	16,1	14,15
Pluviométrie	118,7	86,3	96,7	0	21,1	9	0	0	30,2	98,7	71,3	0

A.N.R.H. 2015

Tableau 2 : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie dans la région de Soumâa durant la période 2010-2014.

Paramètres	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T max	22,04	18,94	27,48	24,36	33,08	44,12	46,9	41,18	35,76	31,22	26,1	23,42
T min	2,62	1,2	3,1	5,74	9,48	16,1	13,26	8,74	12,86	9,88	8,28	2,96
T moyennes	12,33	10,07	15,29	15,05	21,28	30,11	30,08	24,96	24,31	20,55	17,19	13,19
Pluviométrie	83,92	124,88	93,36	82,16	74,58	17,94	0,08	17,06	14,58	51,88	104,38	83,4

A.N.R.H. 2010-2014

L'analyse de la température fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de Janvier, Février, Mars, Juillet, Septembre, Novembre et Décembre. Tandis que les hautes températures sont enregistrées aux mois du Janvier, Avril, Mai, juillet et Septembre. Les moyennes des minimas du mois le plus froid sont enregistrées au mois de Mars avec une température de 10,35°C, et les moyennes des maximas du mois le plus chaud sont enregistrées au mois d'Aout avec une température de 27,15°C.

Concernant les quatre dernières années 2010/2014, les basses températures sont enregistrées aux mois de Janvier, Février, Mars et Décembre. Tandis que les hautes températures sont enregistrées aux mois de Juin et Juillet. Les moyennes des minimas du mois le plus froid sont enregistrées au mois de Février avec une température de 10,07°C, et les moyennes des maximas du mois le plus chaud sont enregistrées au mois de Juillet avec une température de 30,08°C.

Les précipitations mensuelles dans la région de Soumâa ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été. La distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance des saisons humide et sèche jouent un rôle dans la régulation des activités biologiques des ravageurs (Bale et *al.*, 2002).

Durant la période 2010-2014, les précipitations moyennes enregistrées font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 748,22 mm.

Pour l'année d'étude 2015/2016 les précipitations moyennes font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 532mm.

4.2.2.2.1. Diagramme Ombrothermique :

Bagnouls et Gausson (1957) et Dajoz (1980) définissent le mois sec lorsque la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température de ce mois ($P/2 > T$). Ils ont proposé un diagramme où on juxtapose les précipitations et les températures. Lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière, nous avons une période sèche.

Matériel et méthodes

A partir de ce concept, nous traçons les diagrammes Ombrothermiques sur lesquels sont portés en abscisse les mois et en ordonnées les températures mensuelles moyennes et la pluviométrie.

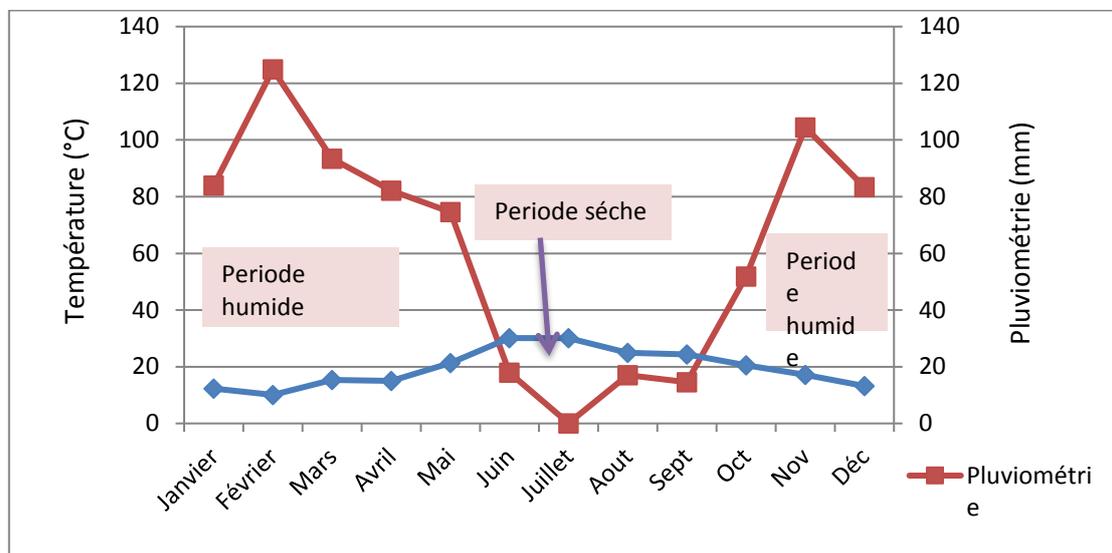


Figure 2: Diagramme Ombrothermique de Gausson pour la région de Soumâa pendant la période 2010/2014

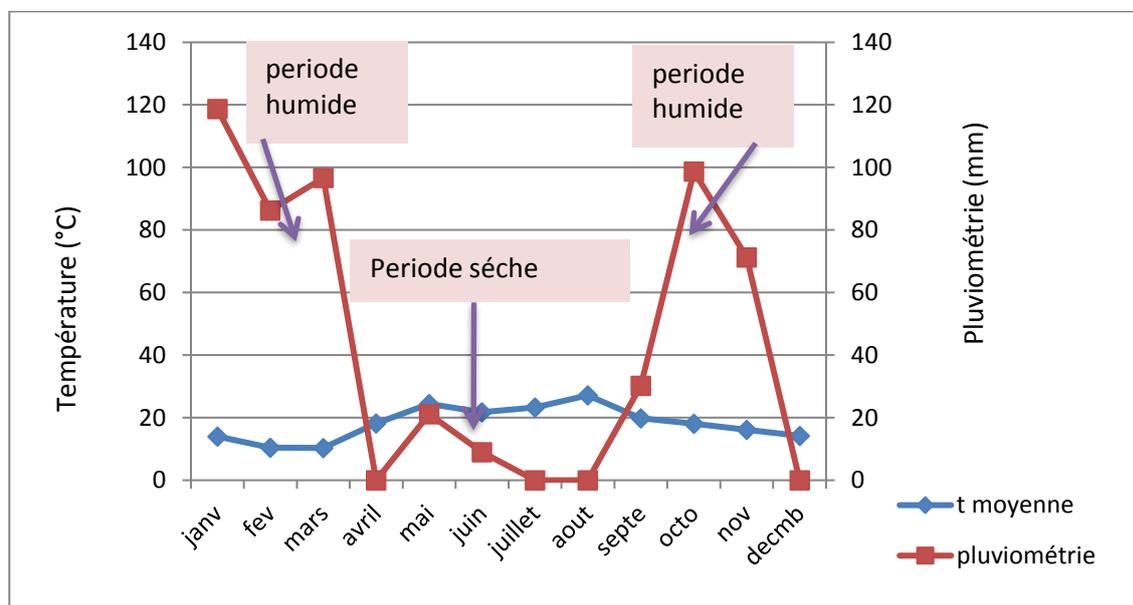


Figure 3 : Diagramme Ombrothermique de Gausson pour la région de Soumâa pendant L'année d'étude 2015/2016.

L'analyse du diagramme ombrothermique des années de la période 2010/2014 montre l'irrégularité du climat ; on remarque que la période sèche s'étale de mi- Juin jusqu'à mi- Septembre à raison de 4 mois et la période froide de janvier au début Juin et de la fin Septembre jusqu'à Décembre à raison donc de 9 mois.

L'analyse du diagramme ombrothermique de l'année d'étude 2015/2016 montre aussi l'irrégularité du climat ; on remarque que la période sèche s'étale de mi- Avril jusqu'à mi- Aout soit de 5 mois et la période froide de janvier au début Avril et de Septembre jusqu'à Décembre soit à raison de 8 mois.

4.2.2.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER) :

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans les différents étages bioclimatiques. L'indice d'EMBERGER où le coefficient pluviométrique est calculé selon la formule:

$$Q_2 = 3.43 \times P/M-m$$

Avec:

P: pluviométrie annuelle (mm);

M: Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud;

m: Moyennes des températures minimales du mois le plus froid (Jaakola et *al.*, 2004)

En plaçant les valeurs (T_{min} ; Q_2) sur le diagramme d'EMBERGER, nous avons défini l'étage bioclimatique pour notre région d'étude et qui se situe dans l'étage semi aride à hiver doux pour les quatre dernières années de 2010 à 2015.

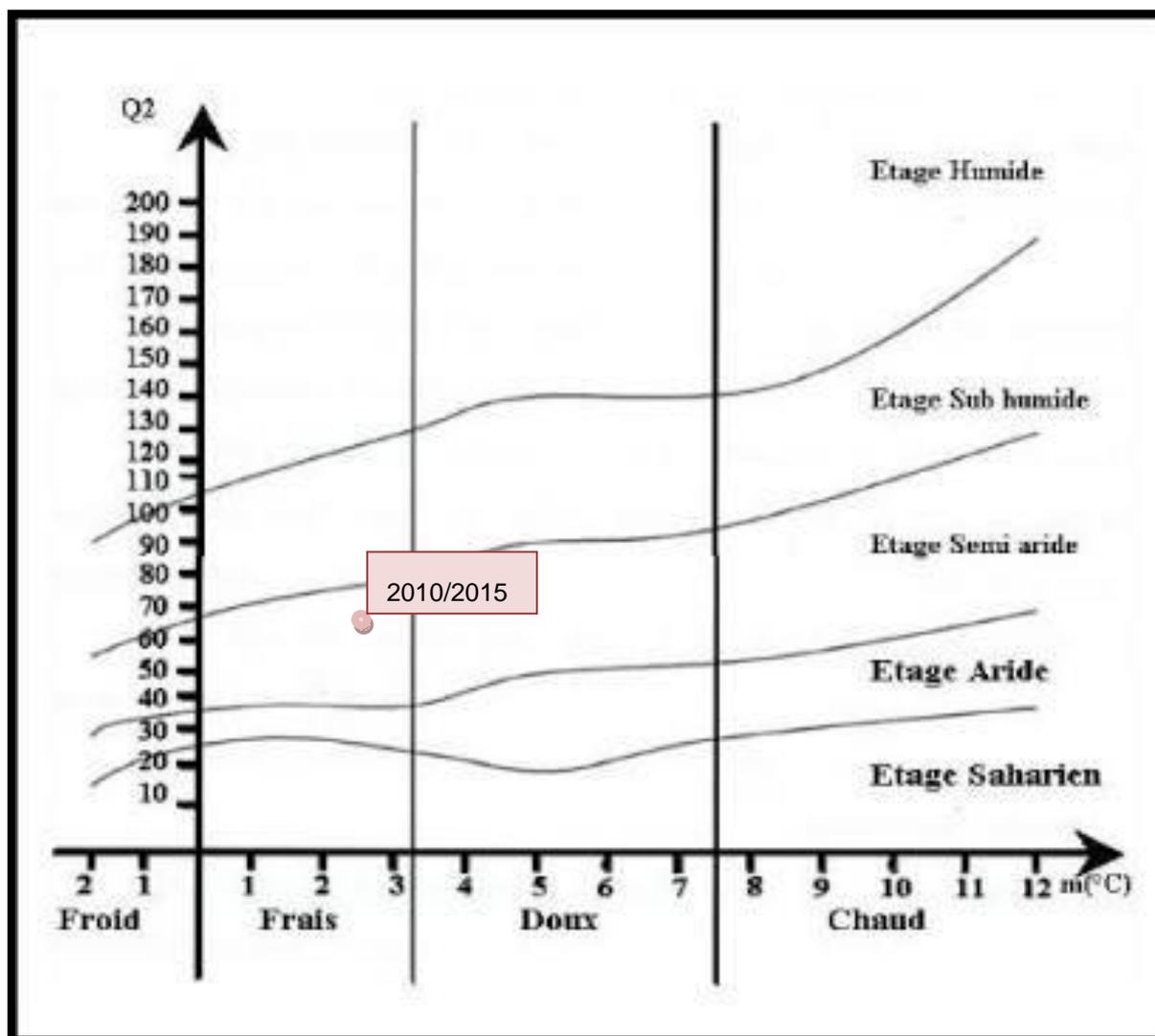


Figure 4 : Localisation de la Mitidja sur le Climagramme D'EMBERGER pour L'année 2015 - 2016 et la période 2010-2014.

4.2.3. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales :

L'expérimentation a été réalisée en deux étapes : La première consacrée à l'extraction et la formulation des huiles essentielles du thym et du bigaradier a été réalisée au niveau du laboratoire de Phytopharmacie appliquée du département des Biotechnologies, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie durant la période comprise entre le 07/02/2016 et le 22/03/2016.

La deuxième consistait à la réalisation des tests relatifs à l'évaluation de l'activité biologique des bioproduits formulés au niveau de la résidence universitaire n°07 durant une période d'essai allant du 21/04/2016 au 15/05/2016 (figure :16).

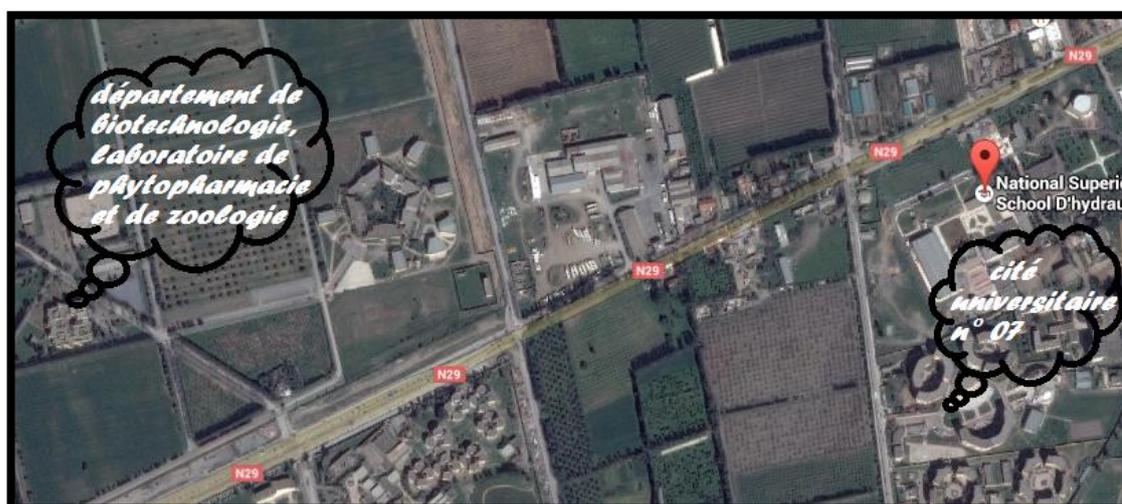


Figure 5 : Localisation des cites d'étude (184 m d'altitude) (Anonyme, 2016).

4.1. Matériel d'étude :

4.3.1. Matériel végétal :

4.3.1.1. Présentation des plantes destinées à l'extraction :

4.3.1.1.1. Le bigaradier (*citrus aurantium*) :

Selon BOSSARD et CUISANCE (1984) c'est un petit arbre de 6-8cm de hauteur à écorce lisse, ramure arrondie régulière, épines flexibles, pointues, dispersées sur les

rameaux. Les feuilles sont de 7 à 10 cm de longueur avec un limbe à base plus au moins angulaire et un pétiole largement ailé.

Les fleurs solitaires ou en petites cymes axillaires sont blanches à l'intérieur et pourpres en dehors et très odorantes (B. Hadrich et *al.*, 2008).

Les fruits globuleux, à peau adhérente et au centre creux ont une pulpe de saveur très amère à usage industriel

Le Bigaradier est l'un des agrumes les plus résistants au froid. Il fait partie du décor de la plupart des villes et des terrasses de la côte d'Azur ou il est également traité en petite arbre d'alignement. C'est une plante d'orangerie classique ; elle vit très longtemps lorsqu'elle est cultivée en bac de grande taille. C'est un porte-greffe habituel des citrus ornementaux, il est résistant à la gommose. (BOSSARD et CUISANCE ,1984).

4.3.1.1.1.1 Partie utilisée :

C'est la feuille du bigaradier qui est le plus souvent utilisée pour l'extraction des principes actifs. De couleur verte sombre ces feuilles sont très riches en huile essentielle qui peut entrer dans la composition de quelques parfums. Pour la médecine naturelle, la feuille est utilisée pour ses propriétés sédatives et adoucissantes. Les feuilles de bigaradier sont donc considérées parmi les plantes aromatiques et médicinales. L'écorce d'orange amère est couramment employée dans la préparation de boissons et liqueurs ; Les fleurs sont quant à elles utilisées dans la préparation de parfums comme l'huile de Néroli ou l'eau de fleurs d'oranger (Hadrich et *al.*, 2008).

Nous avons réalisé notre collecte durant le mois février 2016 dans la région de Chebli wilaya de Blida.



Figure 6 : Arbre de bigaradier *Citrus aurantium* L (Originale, 2016)

4.3.1.1.1.2 Présentation de la commune de Chebli :

Chebli est une ville algérienne, située dans le daïra de Bouinan et la wilaya de Blida. La ville s'étend sur 61,5 km² et compte 29 660 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 482,6 habitants par km² sur la ville. Entourée par Ouled Chebel, Bouinan et Sidi Moussa, Chebli est située à 3 km au sud-est d'Ouled-Chebel la plus grande ville des environs. Située à 51 mètres d'altitude, la ville de Chebli a pour coordonnées géographiques :

Latitude: 36° 34' 60" nord

Longitude: 3° 1' 0" est (annuaire-mairie.fr, 2016).

4.3.1.1.1.3 Caractérisation de l'huile essentielle de bigaradier :

D'après Haubruge et *al.* (1989), l'analyse de la composition chimique de huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse et par spectrométrie de masse, permet de constater d'une part que la plupart des substances identifiées sont des hydrocarbures monoterpénique et d'autres part qu'il existe des différences nettes au niveau de la composition.

Matériel et méthodes

Les composés présents dans l'huile essentielle de Bigaradier sont l'acétate de linalyle (56.8%), le linalole (17%), le limonène (4.4%), et d'autres substances (20.8%).

Tableau 3: Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de l'huile essentielle du bigaradier (*Citrus aurantium L*).

Matériel et méthodes

Composantes (Nom chimique)	Pourcentage	Composantes (Nom chimique)	Pourcentage
α -Pinène	0.2	Acétat de linalyle	56.80
B-Pinène	2.4	α -terpinol	3.7
Sabinène	0.4	Acétat de géranyl	3.2
B-Myrcène	1.5	Nérol	0.8
Limonène	4.5	Trans-géranol	2.30
m-Cymène	0.5	Caryophyllène	/
Terpinène	1.6	Carène	/
Terpinolène	0.2	Citral	0.1
Linalol	17	Acétat de neryl	0.8

**Tableau 4: Concentration des différents composés identifiés de l'huile essentielle du Bigaradier
(*Citrus aurantium L*) (Haubruge et al., 1989)**

4.3.1.1.2. Le Thym (*thymus vulgaris L*) :

4.3.1.1.2.1. Description :

Sous-arbrisseau délicat de 10 à 30 cm de haut, rarement un peu couché, à petits rameaux ligneux (dans les climats froids le thym n'est pas ligneux, il est annuel). Les feuilles de 4-10mm, de long sont opposées, linéaires à elliptiques, un peu enroulées sur les bords ; leur face supérieure est peu velue, tandis que la face inférieure est feutrée. Les fleurs, de 3-7 mm De long, sont roses à lilas et disposées en verticilles à l'aisselle des feuilles supérieures. Floraison : juin à aout. Toute la plante a une odeur et une saveur aromatique agréable (Hans Fluck, 1977).

4.3.1.1.2.2. Partie utilisée :

Nous avons réalisé notre récolte durant le mois février 2016 dans la région de Ben-Chicao (wilaya de Médéa).



Figure 7 : Bouquet de Thym *thymus vulgaris L* (originale, 2016).

4.3.1.1.2.3. Présentation de la commune de Ben-Chicao :

Selon KARAR et *al.* (2015) La commune de Ben-Chicao se situe au sud-est du chef-lieu de la wilaya de MEDEA à une distance de 22 Km. Elle est limitée au nord par la commune d'OUZRA, au sud par la commune de BERROUAGHIA à l'ouest par les communes de TIZI MEHDI et SI MAHDJOURB.

4.3.1.1.2.4. Caractéristiques climatiques :

La région de Ben-Chicao est caractérisée par un relief accidenté et des pentes plus ou moins importantes, avec une altitude qui varient entre 1000m et 1200m (zone montagneuse de l'atlas tellien). Le climat de la région de Ben-Chicao est caractérisé par:

Un automne assez doux et pluvieux ; Un hiver très froid, pluvieux, neigeux avec des gelées noires, Un printemps assez pluvieux avec quelques gelées tardives (gelées blanches), Un été sec et chaud. Ces caractéristiques définissent le type de climat de la région qui est subhumide, la vocation principale de la région en relation avec son climat est la viticulture et l'arboriculture (Mohamedi et *al.*, 2015).

4.3.1.1.2.5. Caractérisation de l'huile essentielle de bigaradier :

Selon El-Akhal et *al.* (2014) l'analyse de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L* a l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-MS) a permis l'identification de 99% des constituants (tableau 5). Le thymol présente la teneur la plus élevée de l'ordre 41,4 %, γ -terpinène 22,25% et p-cymène 15,59%.

Tableau 4: Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de l'huile essentiel du thym (*thymus vulgaris L*).

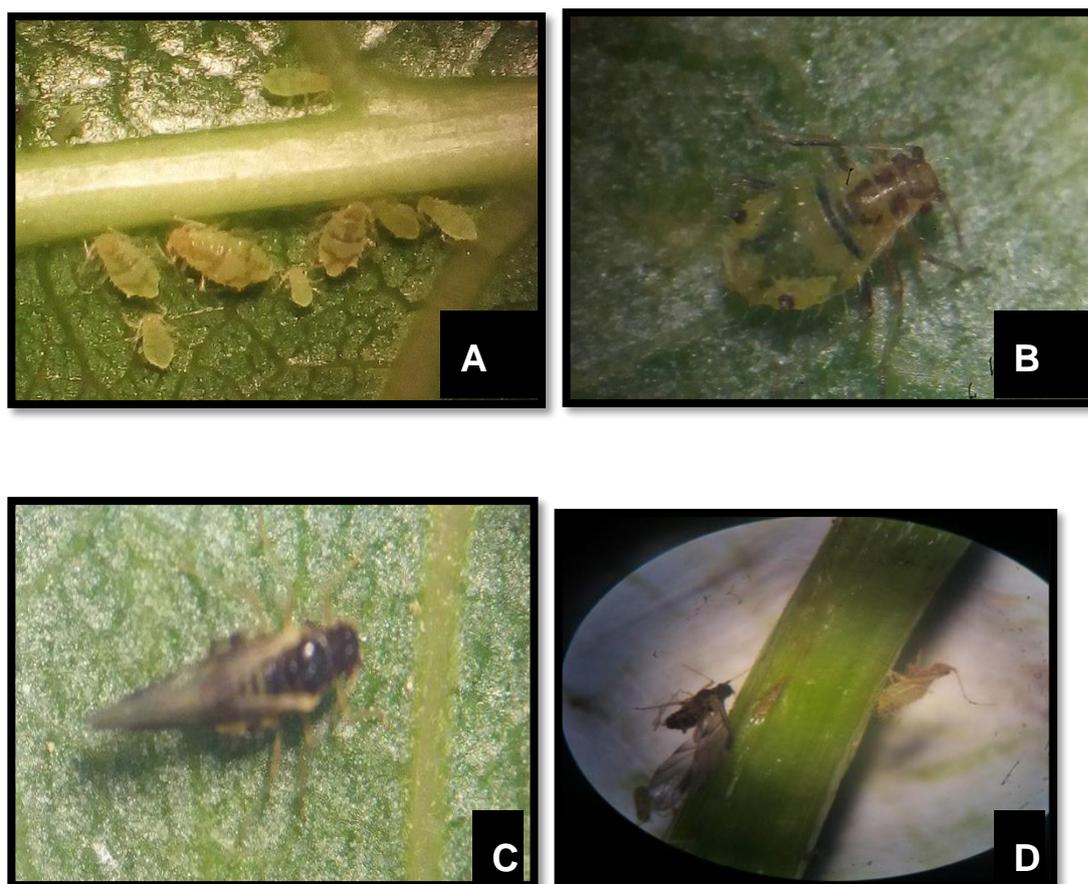
Matériel et méthodes

Composantes (nom chimique)	Pourcentage %	Composantes (nom chimique)	Pourcentage
α -Thujène	1.76	Camphène	0.40
α -Pinène	0.85	Terpinolène	0.16
Sabinène	0.33	Isothymol	0.27
B-Pinène	1.63	Linalol	1.79
α -Phellandréne	0.28	Camphe	0.24
α -Terpinène	3.25	Bornéol	0.65
p-Cymène	15.59	Thymol	41.39
γ -Terpinène	22.25	Carvacrol	2.06

Tableau5 : Concentration des différents composés identifiés de l'huile essentielle du thym
(*Thymus vulgaris L*) (El-Akhal et al. 2014)

4.3.2. Matériel animal :

Pour notre étude, nous avons ciblé les populations de *Chaitophorus leucomelas* L (Figure : 19) évoluant sur les feuilles et pétioles du peuplier noir *Populus nigra*, ainsi que sa biocénose associée.



(A1, A2): des œufs - (B) : colonie de larve - (C) : femelle aptère - (D) : adulte aillé - (E) : larve + adulte aillé

Figure 8 : Formes biologique de *Chaitophorus leucomelas* L (G×80) (Originale, 2016)

4.3.3. Obtention des bioproduits à base des huiles essentielles de bigaradier et de thym :

4.3.3.1. Echantillonnage :

Le thym (*thymus vulgaris* L) et le bigaradier (*citrus aurantium* L) ont été récoltés durant la période hivernal.

4.3.3.2. Séchage

Les deux plantes ont été séchées à température ambiante, à l'abri de la lumière afin d'éviter la photo-oxydation des substances, et dans un endroit bien aéré pour éviter les moisissures.



(A) : Echantillon de 500 gr de Bigaradier, (B) : Echantillon de 300 gr de thym

Figure 9 : Matériel végétale séché (Originale, 2016).

4.3.3.3. Extraction par hydro-distillation :

La matière végétale est en contact avec l'eau bouillante. Les cellules végétales **éclatent et libèrent les molécules odorantes**, Les plus volatiles d'entre elles sont emportées avec la vapeur. Celle-ci est ensuite refroidie dans un condenseur et les différentes substances à savoir l'hydrolat et l'huile essentielle sont récupérées séparément dans de la verrerie de laboratoire.

4.3.3.4. Le rendement :

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (Belyagoubi, 2006).

Le rendement en huile essentielle (exprimé en pourcentage par rapport au 100 g de matière sèche) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M \text{ MV}) \times 100$$

Avec:

Rd HE (%) : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.

V : volume d'huile essentielle en ml.

M MV : La masse de la matière végétale utilisée (sèche).

Tableau 5 : Estimation du rendement en huiles essentielles obtenu par Hydro distillation :

Plantes utilisées	La matière végétale en gr	Huile essentiel en %
Le thym (<i>Thymus vulgaris</i> L)	800	0.125
Le bigaradier (<i>Citrus aurantium</i> L)	900	0.44

Tableau 6 : Le rendement en huiles essentielles obtenu par Hydrodistillation (Originale, 2016).

4.3.3.5. Formulation :

Dans cette étude, deux types de produits ont été utilisés :

- 1- Des bioproduits à base d'huiles essentielles; l'une de bigaradier et l'autre de thym formulées par Moussaoui et *al.* (2012) (figure : 21), dont la matière active est concentrée à 10%.

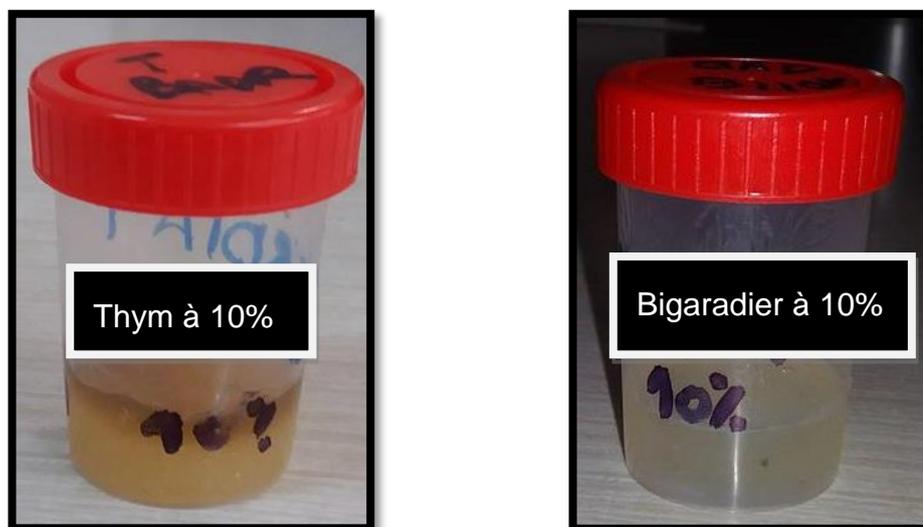


Figure 10 : Bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Thymus vulgaris* L et de *Citrus aurantium* L (Originale, 2016).

- 2- Un insecticide de synthèse ENGEO dont la composition chimique est l'association de deux matières actives le Thiamethoxam et la Lambda cyhalothrine respectivement à des proportions de (141g/l Thiamethoxam + 106g/l Lambda cyhalothrine). le Thiamethoxam appartient à la famille des néonicotinoides ; de formule brute $C_8H_{10}ClN_5O_3$, sa solubilité dans l'eau est de 4.1gr/l et sa température de fusion est de 139.1°C. La Lambda cyhalothrine, de formule brute chimique $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, fait partie de la famille des pyréthrinoides (neurotoxique également) sa solubilité dans l'eau est nulle et sa température de fusion est de 49.2°C. Le mélange Thiamethoxam et Lambda cyhalothrine agit par trois modes d'action (contact, ingestion et systémique), en bloquant la perméabilité membranaire et l'ouverture des canaux sodiques (Mekki, 2010) (figure : 22).



Figure 11 : Produit de synthèse le Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine (Originale, 2016)

4.3.4.1. Dispositif expérimental :

Notre protocole expérimental comprend 18 plants de *Populus nigra L* partagés en 6 blocs éloignés l'un de l'autre de 50m. Chaque bloc contient 3 arbres et sur chaque arbre on a prélevé quatre rameaux correspondant aux quatre coins cardinaux, à un intervalle de 3 jours durant la période d'investigation qui s'est étalée sur une période de 12 jours. Les rameaux sont placés dans un sac en papier portant toutes les informations nécessaires et indispensables (date de prélèvement, N° d'arbre, la direction, N° du bloc, ...etc.) puis conservés dans un réfrigérateur pour d'éventuels dénombrements. Et placés pour chaque

plan de Peuplier noir un piège jaune englué pour estimer la biocénose associée au puceron avant d'appliquer le traitement pour une période de 15jr et après traitement pour une période de 10 jr (Figure23).

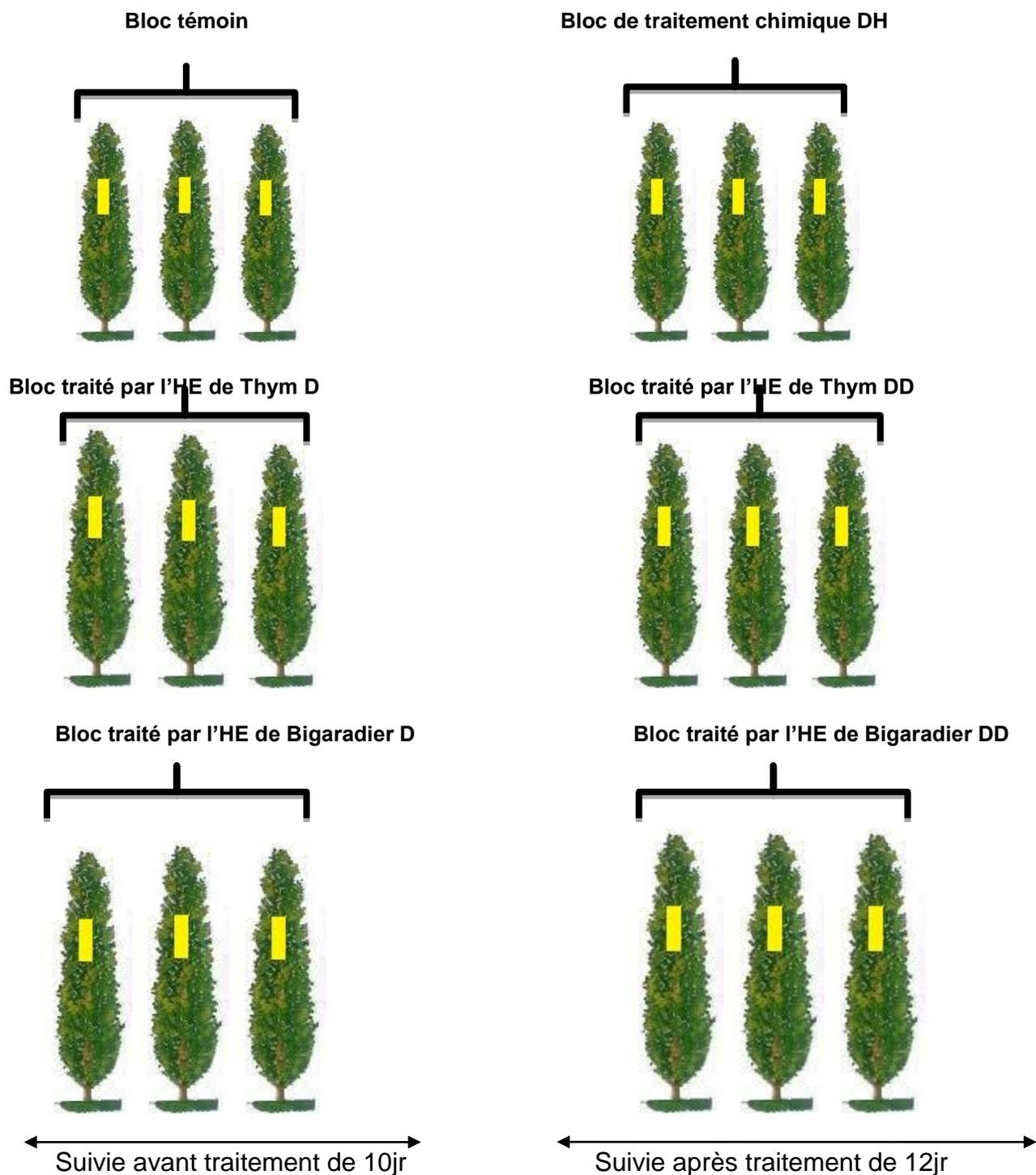


Figure 12 : Schéma représentatif du protocole expérimental (Original, 2016).

4.3.4.2. Application des traitements sur le puceron vert du peuplier :

La date du 08/05/2016 correspond à l'application des traitements, L'efficacité des différents produits a été évaluée sur une durée de 12 jours après traitements réalisés à l'aide d'un pulvérisateur manuel.

Pour chaque traitement biologique, une dose complète D= 1,5 gr/l correspondant à la dilution de 1,5 gr d'huile essentielle formulée dans 1l d'eau courante et une double dose DD= 3gr/l ont été préconisées. De même que pour le produit chimique qui a été utilisé avec une dose homologuée complète DH (1g /l), comparé a un témoin traité par l'eau courante selon le schéma directeur ci-après (Figure : 24).

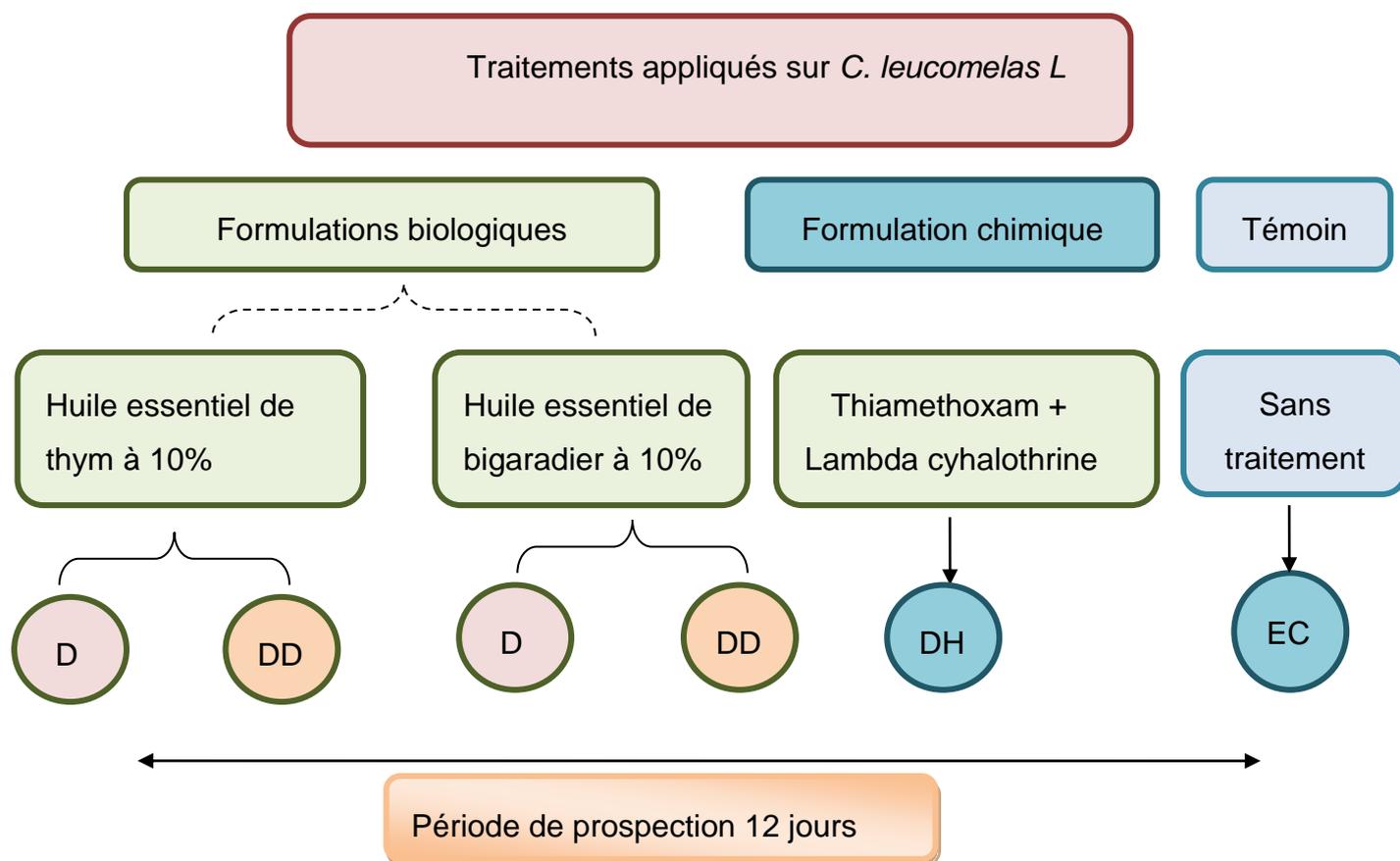


Figure 13 : Schéma directeur des traitements appliqués

Les bioproduits sont pulvérisés par voie foliaire à l'aide d'un pulvérisateur à main selon les doses arrêtées sur les 18 arbres de *Populus nigra* infestés naturellement par *C. leucomelas*. Pour le transect témoin, les essences de *P. nigra* ont subi une pulvérisation à l'eau courante. La prospection des activités biologiques est maintenue durant 10 jours dès l'apport des bioproduits.

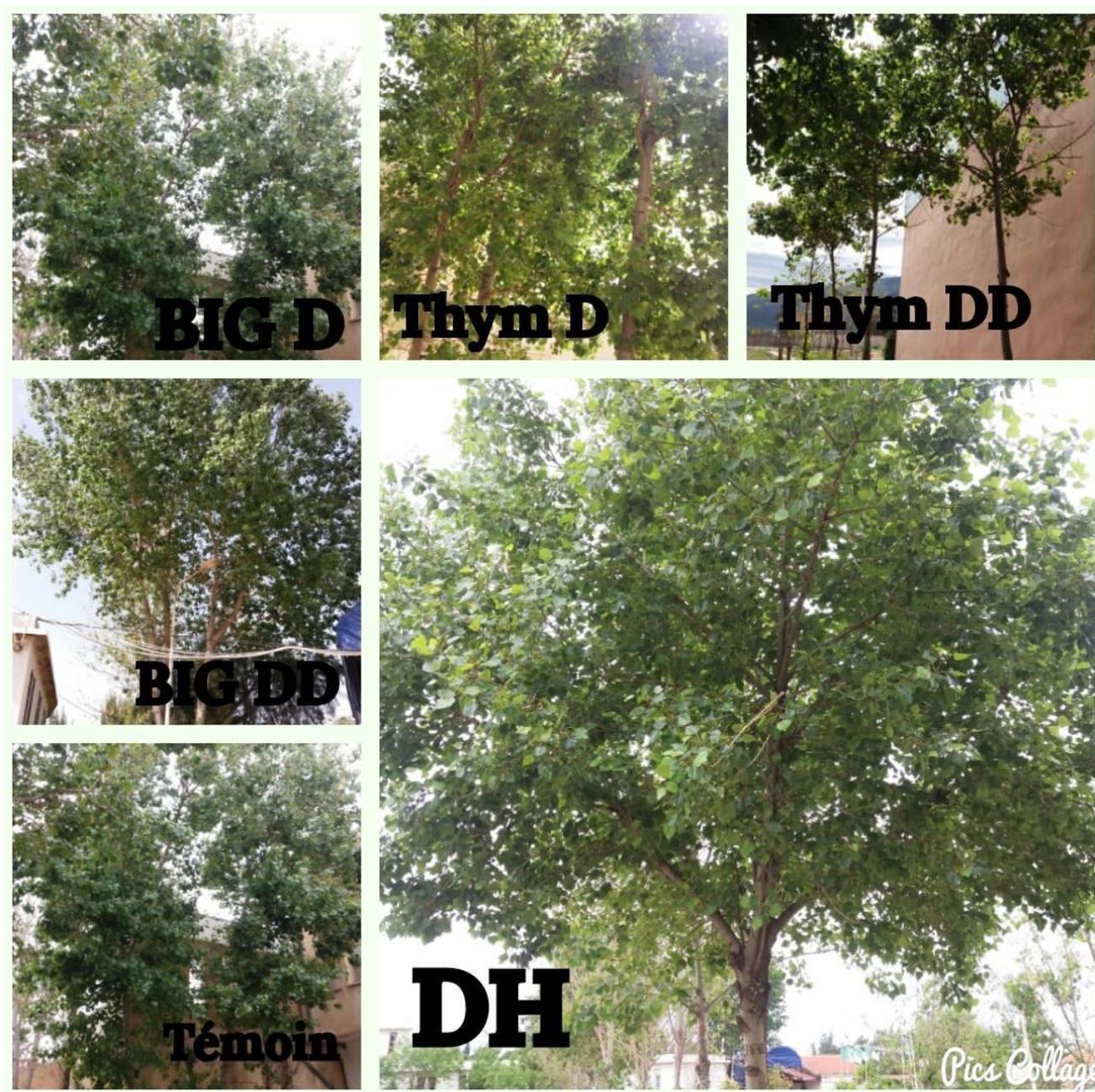


Figure 14 : Blocs destinés aux traitements biologiques et chimique (Originale, 2016).

4.3.4.3. Technique de dénombrement des formes biologiques de *Chaitophorus leucomelas* :

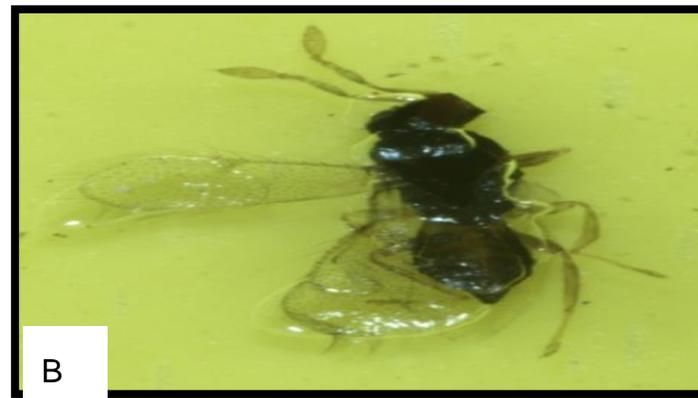
Au laboratoire de zoologie, le comptage des populations de *Chaitophorus leucomelas* L a été réalisé sous loupe binoculaire (Gx8) pour suivre les structures des femelles ailées et aptères et leurs stades larvaires. L'efficacité des différents produits appliqués a été révélée par l'estimation de l'abondance des populations des pucerons.

4.3.4.4. Estimation de la biocénose associée au puceron :

Les plaques jaunes engluées prélevées avant et après traitement ont été observées sous une loupe binoculaire (Gx80), pour estimer l'effet des différents traitements à savoir biologiques ou chimique sur le positionnement des espèces non cibles par l'ordre d'arrivée et la stabilité des familles des espèces parasitoïdes selon la distribution théorique de MOTOMURA.

Cependant un nombre de parasitoïdes a été identifié, l'identification des captures jusqu'au familles a été réalisées à l'aide de diverses clés taxonomiques de PERRIER (1927) BALACHOWSKY (1962), CHNERY (445), ZAHARDNIK (1984) ZIMMER (1989), NOYES et VALENTINE (1989), NOYES (2003) et CHOUINARD *et al*, (2000) les Coccinellidae ont été identifiés plus précisément à l'aide des clés de CHAZEAU *et al* (1974) et GOURREAU (1974) et sur la base des traveau réalisés par MAGRO *et al*. (2010) entre autres (figure : 26):

Matériel et Méthodes





A: Aphelinidea. B: Encyrtidae C: Eulophidae. D: Mymaridae. E : Braconidae. F : Coccinellidae.

G: Scionidae. H: Signiphonidae.

Figure 15 : Identification des familles de parasitoïdes associées au peuplier noir *Populus nigra* L
(Originale, 2016).

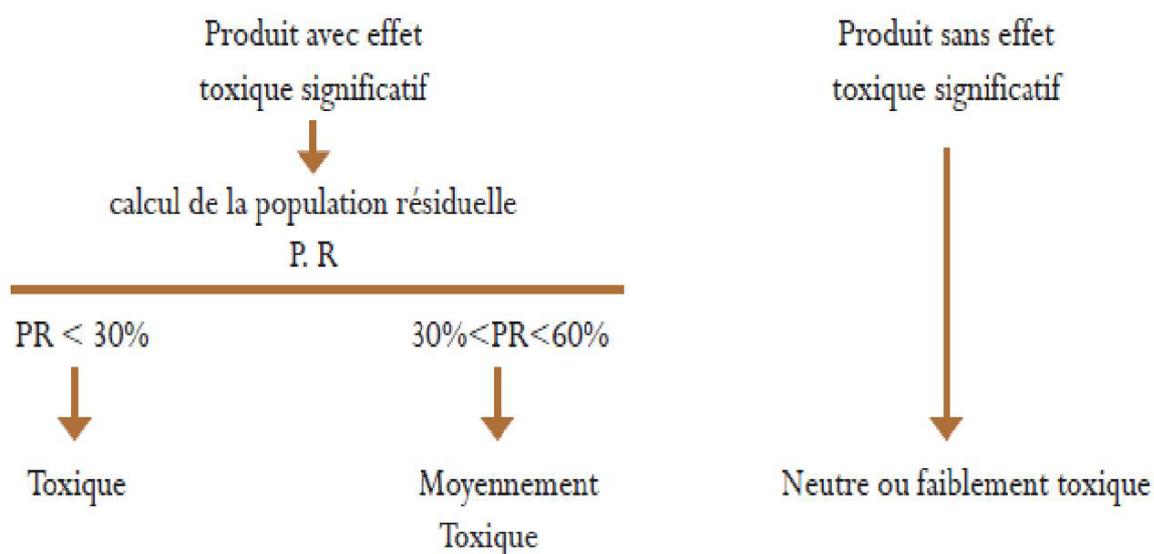
4.2. Evaluation de l'activité biocide des différents traitements appliqués:

4.4.1. Estimation de l'abondance de *Chaitophorus leucomelas* L :

La densité des populations globale et larvaire de *Chaitophorus leucomelas* L est définie par l'ensemble des d'individu comptés pour chaque prélèvement.

4.4.2. Estimation des populations résiduelles de *Chaitophorus leucomelas* L :

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



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

4.4.3. Traitement des données :

Les données recueillies en termes d'activités biocide des bioproduits à base de thym (*Thymus vulgaris* L) et de bigaradier (*citrus aurantium* L) ainsi que du produit chimique Thiamethoxam/Lambda cyhalothrine sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* L ont fait l'objet d'une analyse statistique. Les résultats présentés sous

forme de courbes rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces dernières ont été réalisées par Excel.

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P).

Lorsque le problème consiste à savoir si la moyenne d'une variable qualitative varie significativement selon les conditions (bioproduits, stades biologiques, l'abondance des populations résiduelles), nous avons eu recours à une analyse de one-way ANOVA qui permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale. La signification des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité P erreur 5% ;

$p > 0.05$: Différence non significative. $P < 0.05$: Différence signification. Le déroulement des tests est réalisé par le logiciel Past (vers. 1.37).

Liste des abréviations

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydraulique, Station régionale centre, Soumâa, 2015.

CO V : Composées Organiques Volatiles.

Gr : Gramme.

MI : Millilitre.

D : Dose.

DD : Double dose.

DH : Dose Homologuée.

l : litre.

PVY : sigle de Potato Virus Y

Th : Thym

BIG : Bigaradier

-

Liste des abréviations

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydraulique, Station régionale centre, Soumâa, 2015.

CO V : Composées Organiques Volatiles.

Gr : Gramme.

MI : Millilitre.

D : Dose.

DD : Double dose.

DH : Dose Homologuée.

l : litre.

PVY : sigle de Potato Virus Y

Th : Thym

BIG : Bigaradier

-

Chapitre 02:

Présentation du ravageur

Chaitophorus leucomelas L (Koch, 1854)

2.1. Généralité sur les origines de la parasitose :

Selon Asseray et *al* (2007) les pucerons sont des insectes parasites à sang froid, appartenant à la famille des Aphidoidés souvent rencontrés par le jardinier amateur aussi bien dans les jardins d'ornement que dans les potagers ou les vergers.

À part en hiver, où le froid et le repos végétatif ne leur permettent pas de se développer, **ils peuvent apparaître à tout moment de l'année** et d'abord au printemps à partir des œufs puis en été ainsi qu'en automne qui correspond à leur période de ponte.

Les pucerons sexués (femelles avec des ailes) apparaissent à l'automne et leurs pontes donnent des œufs qui vont hiverner jusqu'au printemps suivant où le cycle recommence par l'éclosion de femelles fondatrices.

Vous pourrez avoir à faire à de multiples variétés de pucerons selon les végétaux infestés. En Europe, il y en a plus de 800. Citons parmi les plus courants, le puceron noir, le puceron vert, le puceron cendré ou encore le puceron lanigère (ou puceron laineux) et bien d'autres, puceron des racines, puceron farineux, puceron jaune.

Ils peuvent s'attaquer à toutes les parties des plantes, des tiges aux racines, et surtout aux feuilles dont ils sucent la sève grâce à un appendice spécial appelé rostre.

Non traités, ils envahissent rapidement et de façon spectaculaire les plantes grâce à un mode de reproduction ultra rapide, la parthénogenèse (à partir d'œufs non fécondés comme pour les abeilles) s'ajoutant à la reproduction sexuée.

Synthèse bibliographique

Les dégâts sont surtout d'ordre esthétique, mais **les plantes affaiblies deviennent alors plus sensibles aux maladies à virus** qu'ils peuvent transmettre eux-mêmes lors des « piqûres » avec leurs rostrés.

Leur présence est souvent révélée à ses débuts par la présence de fourmis sur les rameaux de votre plante. En effet, les fourmis sont friandes du miellat excrété par les pucerons et pratiquent un véritable élevage intensif, in situ, de ces parasites.

2.2. Diagnostique sur la présence de pucerons :

De toutes petites tailles, 1 à 4 mm, les pucerons ne sont pas toujours facilement visibles en début d'infestation sauf les gros pucerons verts que l'on peut remarquer sur des boutons floraux situés en bout de tige comme pour les rosiers.

La présence de fourmis doit vous inciter à regarder de plus près et notamment à l'intérieur des feuilles enroulées comme chez le pommier.

D'une façon générale, vous observerez des déformations des feuilles qui jaunissent, se dessèchent, des boursouflures et craquelures de l'écorce ou des racines qui sont atteintes.

Parallèlement, le rejet de miellat donne un toucher poisseux et entraîne souvent l'apparition de *fumagine* et/ou de fourmis (Deuffic et *al.*, 2007).

2.3. Position systématiques :

Selon Grasse et *al.* (1970) le *Chaitophorus leucomelas* est classé comme suit :

- ✓ Domaine : Biota
- ✓ Règne : Animalia
- ✓ Phylum: Arthropoda
- ✓ Sous-Phylum : Hexapoda Blainville, 1816
- ✓ Classe : Insecta

Synthèse bibliographique

- ✓ Sous-Classe : Pterygota
- ✓ Infra-classe : Neoptera
- ✓ Ordre : Hemiptera
- ✓ Sous-Ordre : Sternorrhyncha
- ✓ Super-Famille : Aphidoidea Geoffroy, 1762
- ✓ Famille : Aphididae Latreille, 1802
- ✓ Genre : Chaitophorus
- ✓ Espèce : *Chaitophorus leucomelas* L Koch, 1854.

2.4. Description morphologique des différents stades du cycle de développement de *Chaitophorus leucomelas* :

D'après David (2013) le puceron des feuilles de peuplier, cette espèce généralement commune infeste, sans conséquences graves, le revers des feuilles. ainsi que les jeunes pousses du peuplier noir (*Populus nigra*) et de son cultivar « italica »

Les aptères 2.0 à 2.7 mm de long sont jaunes-verdâtre terne, avec des marques noires nettes; les larves sont plus claires, et de couleur souvent plus vive.

2.4.1. Les fondatrices :

Elles sont de couleurs vert foncé ou vert jaunâtres, sans pigmentation. L'abdomen est formé de neuf segments dont certains sont fusionnée (Szelegiewicz, 1961)

2.4.2. Les fondatrigènes :

Les fondatrigènes possèdent une tête, un thorax, des cornicules et des antennes à l'exception dès la base de 1^{er} article de couleur noir. L'abdomen de couleur vert ou vert jaunâtre, avec des bandes pigmentaire transversales et des marginales sombres sclérites et de même dimension (Szelegiewicz, 1961).

2.4.3. Les vivipares :

Femelles aptères vivipares sont ovales, plutôt allongé. 1 à 2,4 mm, les champignons très longs et abondants, leur donnant un aspect visuel "poilue" (Fig : 4). De couleur blanc verdâtre variable avec des taches plus intense ; noires vert pâle au vert foncé à presque noir. Les taches sombres longitudinales sont caractéristiques (Nieto, 1988).



Figure 1: Femelles aptères vivipares de *C. leucomelas* (Anonyme, 2011)

D'après Giganti et *al.* (2004) la tête (Fig. 5) et le thorax sont sombres, jamais fusionné; yeux sont de couleur rouge; les extrémités des antennes, du fémur et des tarsi sont également sombres ; tubercules frontaux sont non développés; le front est nettement convexe ; les 2^{ème}-15^{ème} tergites sont fusionnés ; la cuticule dorsale présente des nodules , qui se manifestent seulement dans les aires pigmentées ; les soies dorsales sont longues 3 à 6,5 fois la longueur de la base de 3^{ème} article antennaire et pointus, bien que certaines sont émoussés.

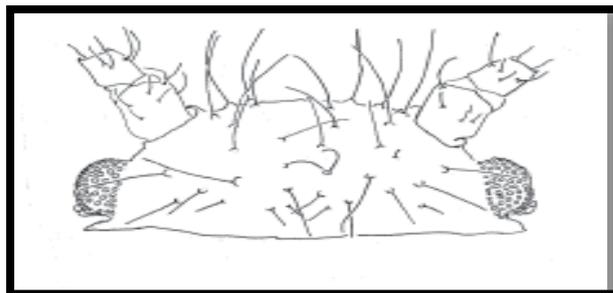


Figure 2: la tête d'une femelle vivipare aptère (Giganti et *al.*,2004)

Les antennes (fig.6) sont aussi longues que la moitié de la longueur du corps et sont dépourvues de sensoriels secondaires, l'article terminal est presque aussi long que la base au 3ème article antennaire (3 fois la longueur du 15ème article antennaire).

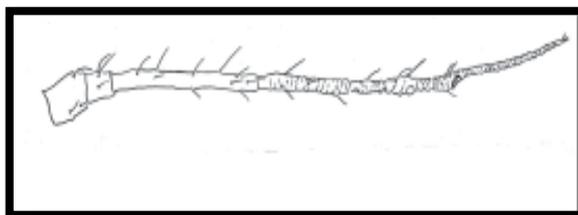


Figure 3: Antenne d'une femelle vivipare aptère (Giganti et *al.*, 2004)

Le segment apical du rostre est allongé en forme d'un triangle, avec des cotés convexes (Figure.7) ; les cornicules sont foncé, courts et tronqués apicalement, avec des réticulations polygonales, vers la partie basale elles se transforment en cellules Beaucoup plus transversales et finalement en stries; les cauda sont arrondis, moins pigmentés que les cornicules.

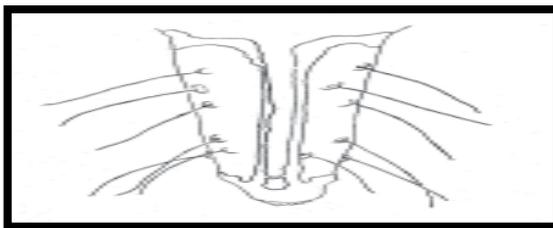


Figure 4: Segment apical d'un rostre (Giganti et al., 2004)

Les femelles vivipares ailées présentent des caractères semblables à ceux mentionnés chez les aptères, bien qu'en général elles sont plus pigmentées au niveau de la tête, le thorax et les antennes (excepté la base du 3ème de l'article antennaire), les cornicules sont noires.

De plus, la partie dorsale de l'abdomen présente des bandes transversales spino-pleurales noires, la base des sclérites marginales sont aussi pigmentées ; les antennes sont pourvues de sensoriaux secondaires (9-18) dans le 3ème article antennaire (fig.8) et on peut aussi retrouver jusqu'à deux dans le 5ème article antennaire.

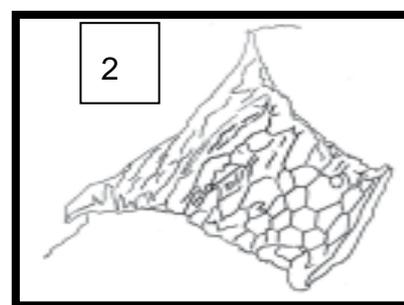
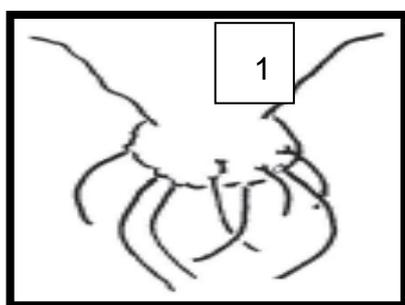


Figure 5: (1) cauda, (2) cornicule

(Giganti et al., 2004)

Les ptero-stigmates sont aussi de la même couleur. Les états juvéniles sont aux commencements rougeâtres et tout de suite deviennent d'une couleur châtain avec les rudiments ou ébauche alaire clairs de même que leurs pattes (Giganti et al., 2004).

2.4.4. Femelle ovipare aptères (sexuée) :

Elles sont de couleur jaune sale, les antennes sont blanches, portent des points sombres, les pattes et la cauda sont sombres, les cornicules sont claires (Szelegiewicz, 1961).

2.4.5. Le male sexué ailé :

La tête et le thorax sont marron sombre, tandis que l'abdomen est plus clair. Les sept premiers tergites abdominaux ont une pigmentation transversale sombre, (Szelegiewicz, 1961), les antennes sont longues de couleur marron sombre, formées de 6 articles.

2.5. Cycle de vie

Chaitophorus leucomelas Koch (1854) 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 amphi sexuelle 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* et *P. trichocarpa* en octobre, des niveaux populationnels très importants couvrant la majorité des feuilles, 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

Synthèse bibliographique

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 re-initié 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 (Djazouli, 1992).

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).

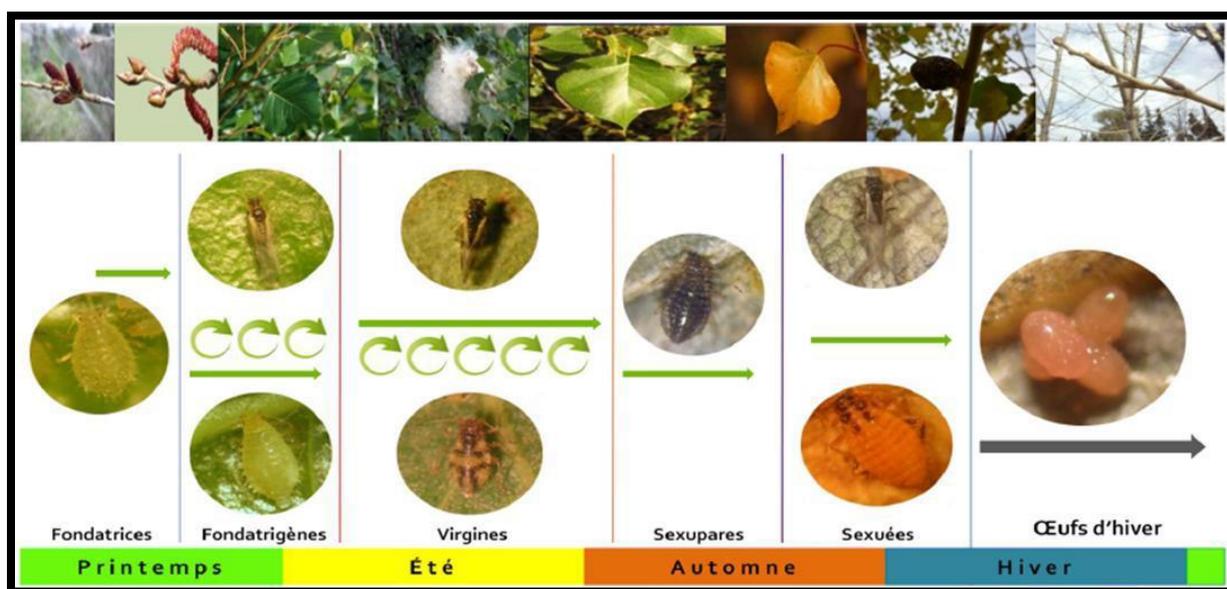


Figure 6: Cycle évolutif de *Chaitophorus leucomelas* (Zahraoui, 2010)

2.6. Répartition géographique :

2.6.1. Dans le monde :

On estime que le genre est d'origine holarctique. L'espèce est largement répartie en Europe, bien qu'avec des degrés districts de présence, elle est commune

Synthèse bibliographique

dans certains pays comme Bretagne et rare dans le nord de l'Allemagne (Beeche, 1995).

Il est également mentionné en Mongolie, en Asie centrale et au Moyen-Orient (Richards, 1972). Il a été introduit en Afrique et en Amérique, où il est largement trouvé distribué au Canada et aux États-Unis, ainsi que dans le Chili et 2001 en Argentine (Eastop, 1994).

2.6.2. En Algérie :

En Algérie L'espèce est signalée dans la région de Blida (Djazouli, 1992), et dans la région de Zéralda (Diallo, 2007).

2.7. Plantes hôtes

Le puceron *Chaitophorus leucomelas* Koch (Hemiptera: Aphididae) est l'un des ravageurs les plus importants de peuplier. Ils appartiennent à trois espèces, *Populus nigra* L., *Populus deltoides* Bartram ex Marshall et *Populus Euramericana* Guinier. ([Entomol.](#), 2010). l'un vit sur la face inférieure des feuilles et sur les jeunes pousses (Meurthe et al., 1964) Au printemps, les colonies sont visitées par les fourmis (Evelyne et al., 2015).

2.8. Adaptation à la saisonnalité de l'arbre hôte :

Selon Sophie (2011) les pucerons des arbres vivent dans un environnement saisonnier très contrasté, nutritionnellement très favorable au printemps et à l'automne et pauvre en été à la maturité du feuillage (Mordvilko, 1908). Au printemps, la croissance des feuilles crée une forte demande en azote (ou puits d'azote) puisque les feuilles constituent le compartiment majeur de stockage des composés azotés (protéines et acides aminés libres). Cette demande en azote chute à la maturité du feuillage en été. En automne, l'azote foliaire est remobilisé, recyclé et stocké sous forme d'acides aminés et de protéines dans les parties pérennes de l'arbre (Morot-Gaudry, 1997).

Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'hétéroécie pourrait constituer une réponse adaptative à cette variation saisonnière de la qualité nutritionnelle de l'arbre (Mackenzie & Dixon, 1991).

Synthèse bibliographique

Certaines espèces monoéciques associées aux feuilles, comme *Drepanosiphum platanoïdes* initient une diapause reproductive durant la période estivale (Hille Ris Lambers, 1966 ; Dixon, 2005). Chez de telles espèces la synchronisation de l'éclosion des œufs avec le débourrement des bourgeons et la synchronisation de la reproduction sexuée avec la chute des feuilles sont clairement des avantages sélectifs (Dixon, 2005).

2.9. Mode d'alimentation et adaptations associées :

La plupart des pucerons se nourrissent de sève élaborée qu'ils prélèvent au niveau du phloème grâce à leurs pièces buccales modifiées en stylets (Douglas, 2003). Elles sont composées de deux mandibules externes et de deux maxilles internes formant un canal salivaire et un canal alimentaire puis à l'extrémité un canal commun (Miles, 1999).

La sève élaborée est conduite passivement dans le canal alimentaire par la pression de turgescence des tubes criblés du phloème. L'alimentation par succion active est ponctuellement observée lors de la consommation de sève brute (au niveau du xylème) pour compenser un stress hydrique (Tjallingii, 1994).

La sève élaborée est un substrat alimentaire déséquilibré car riche en carbone (saccharose) mais pauvre en acide aminés essentiels (leucine, tryptophane, méthionine) non synthétisés par les pucerons (Douglas, 2003).

Ces derniers sont alors fournis par un endosymbionte bactérien mutualiste obligatoire (primaire), *Buchnera aphidicola* situées dans des cellules spécialisées nommées bactériocytes et transmis par la femelle à sa progéniture lors de la production des gamètes (transmission verticale ; Douglas, 1998).

Les pucerons se développant sur les feuilles, les pétioles, les aiguilles et les bourgeons, où le phloème est facilement accessible, ne présentent pas d'adaptations particulières. Un petit nombre d'espèces induit cependant des déformations d'organes (ou pseudo galls) ou des proliférations cellulaires anormales (hyperplasies) à l'origine de galls (Quisenberry et al., 2007).

Synthèse bibliographique

Les galles présentent souvent une structure complexe (galles organoïdes) (Stern et *al.*, 1995) Leur fonction principale est nutritive mais elles offrent également une protection pour la femelle et sa progéniture (Wool, 2004).

Les Adelgidae (ex : *Adelges* spp), les Phylloxeridae (ex : *Phylloxera* spp sur le pacanier) et les Aphididae des sous-familles Eriosomatinae (*Pemphigus* spp) et Hormaphidinae (ex : *Hormaphis* spp) sont les principaux groupes concernés (Auclair 1963 ; Pollard 1973 ; Miles 1989 ; Wool 2004). Ce sont essentiellement des espèces hétéroéciques qui induisent les galles sur leur hôte primaire ligneux (Wool, 2004), comme les espèces du genre *Pemphigus* sur les pétioles de feuilles de peuplier ou *Adelges abietis* L sur les bourgeons d'épicéa (Miles, 1989).

Les pucerons se développant sur les parties lignifiées nécessitent des adaptations morphologiques spécifiques, telles que de très long stylets pour pouvoir atteindre le phloème situé en profondeur sous l'écorce (Dixon et *al.*, 1995).

2.10. Dégâts occasionné par le puceron dans les milieux forestier :

En milieu forestier, les pucerons phloémophages induiront plutôt des dommages asymptomatiques ou des toxicoses (chloroses, nécroses, déformations, décoloration, voire chute prématurée des feuilles, dessèchement des pousses, formation de fumagine (Isabelle, 2016).

Tandis que les pucerons dont les stylets sont localisés au niveau du cortex induiront plutôt des galles (Quisenberry et *al.*, 2007)

D'après Sophie (2011) les dégâts que les pucerons infligent à leurs arbres hôtes sont directement liés à leur mode d'alimentation puisqu'ils sont rarement vecteurs de phytovirus (Blackman et *al.*, 1994).

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture (Fournier, 2010). Ils peuvent causer de graves pertes aux plantes cultivées (Qubbaj et *al.*, 2004).

D'après Christelle (2007) et Eaton (2009), les pertes que causent les pucerons sont de deux types:

2.10.1. Les dégâts directs :

D'après Harmel et *al.* (2008) c'est le prélèvement et l'absorption de la sève des plantes.

Les piqûres alimentaires sont également irritatives et toxiques pour la plante, induisant l'apparition de galles qui se traduisent par la déformation des feuilles ou des fruits et donc une perte de rendement (Christelle, 2007).

3.10.2. Les dégâts indirects :

Les dégâts indirects des pucerons sont essentiellement de deux ordres qui sont:

2.10.2.1. Miellat et fumagine :

Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (fruits par exemple) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (Christelle, 2007; Giordanengo et *al.*, 2010).

2.10.2.2. Transmission des virus phytopathogènes :

En se déplaçant d'une plante à une autre, les pucerons créent des contacts indirects entre les végétaux distants et immobiles (Brault et *al.*, 2010). Cette caractéristique a été efficacement exploitée par les virus des plantes, incapables de se déplacer d'un hôte à un autre de façon autonome. Ainsi, de très nombreuses espèces virales utilisent l'action itinérante des pucerons pour se propager et se maintenir dans l'environnement.

Synthèse bibliographique

D'après Raccah et Fereres (2009), il existe plusieurs milliers d'associations différentes faisant intervenir une espèce de puceron, un virus et une plante. Chaque espèce de virus ou de puceron possède en effet une gamme de plantes hôtes plus ou moins étendue, ne respectant pas forcément les barrières définies par les familles botaniques. Ainsi, un même virus peut être transmis par plusieurs espèces vectrices (le virus Y de la pomme de terre, PVY, peut être transmis par plus de 70 espèces de puceron), chacune pouvant transmettre plusieurs virus (le puceron vert du pêcher est capable de transmettre plus de 20 espèces virales différentes). En bref, les paramètres qui permettront à une maladie virale de se développer sont très variables et dépendent entre autres de la gamme de plantes hôtes de virus, du nombre de ses espèces vectrices, et des relations qui peuvent s'établir ou non entre ces plantes et ces insectes.

D'après Harmel et *al.* (2008) les pucerons sont susceptibles de causer jusqu'à 20 % de pertes en rendement dans le Nord de la France. L'acquisition du virus par son vecteur lors d'un repas sur une plante infectée s'effectue en une période pouvant durer quelques minutes à quelques heures. La variabilité de cette mesure dépend vraisemblablement de la répartition du virus dans la plante hôte et par conséquent, du temps nécessaire aux vecteurs pour atteindre lors du repas, les tissus infectés. Il existe une phase de latence, après le repas d'acquisition, durant laquelle le vecteur n'est pas infectant pour la plante. Ce phénomène correspond au temps nécessaire au virus pour s'accumuler sous forme infectieuse dans les glandes salivaires et donc dans la salive (Braulte et *al.*, 2010) Bien évidemment, puisque le virus se multiplie dans l'insecte durant son transfert, la durée de cette phase de latence est proportionnelle à la durée du cycle de multiplication virale (BAKROUNE, 2011).

2.11. Prévenir l'apparition des pucerons :

D'une façon générale, maintenir vos plantes en bonne santé renforcera leur résistance aux pucerons. L'emploi d'engrais chimiques favorise l'apparition des

Synthèse bibliographique

pucerons. Utilisez-les avec modération ou préférez-leur du compost ou des engrais organiques décomposés.

Dès la fin de l'hiver, avant le départ des branches charpentières enduisez le tronc des arbres fruitiers ou autres arbustes d'une ceinture de glu d'au moins 10 cm de large avec des bandes de glu ou de la glu en pot. Ainsi vous interdirez l'accès de l'arbre aux fourmis qui y élèvent les pucerons.

Attention : lorsqu'elles sont nombreuses, les fourmis en se collant sur la glu peuvent finir par former de véritables ponts de cadavres. Il faut donc ré-engluer régulièrement dans ces cas-là.

Favorisez la présence de prédateurs naturels des pucerons tels que coccinelles, syrphes et guêpes.

Plantez éventuellement dans votre jardin des plantes qui sont réputées pour éloigner les pucerons, tels que les œillets d'Inde, la lavande, la menthe, le thym, l'absinthe, la sarriette, la rue à côté de vos cultures menacées.

Ou, au contraire attirez-les au loin avec des capucines dont ils sont friands et qui vous permettront de les piéger (Guylaine et *al.*, 2007).

2.12. La lutte contre le puceron vert (*Chaitophorus leucomelas* L) :

2.12.1. Auxiliaire :

2.12.1.1. Coccinelles :

***Adalia bipunctata* L:** (La Coccinelle à deux points) est un coléoptère très commun de la famille des Coccinellidae qui se rencontre dans l'hémisphère nord. Elle se distingue par ses élytres habituellement rouges maculés de 2 points noirs.

- La femelle pond entre 20 et 50 œufs par jour. La larve des coccinelles est appelée [triongulin](#)
- L'adulte comme la larve se nourrissent d'aphidiens, de cochenilles et autres petits insectes.

Synthèse bibliographique

- La coccinelle à deux points peut manger 30 à 40 pucerons par jour et ses larves 12 à 50 ; Ses ailes lui permettent de dévorer les pucerons hauts perchés.

Cible : Nombreuses espèces de pucerons à tous les stades. *Adalia bipunctata* est recommandée comme mesure de correction quand les populations de pucerons augmentent et que les ravageurs apparaissent en colonies (Thorez et *al.*, 2008).

- ***Harmonia axyridis* L:**

Coléoptère : Coccinellidé est une coccinelle originaire du Sud-Est de l'Asie qui présente une très grande variabilité de couleurs entre individus d'où son nom en anglais de *multicoloure dasianladybird*, Comme toutes les coccinelles, la Coccinelle asiatique passe l'hiver à l'état adulte (Adriaens et *al.*, 2005).

Le printemps venu, l'accouplement a lieu et la femelle dépose des œufs par petits groupes à proximité d'une source de nourriture. Au bout de quatre à cinq jours, les œufs éclosent et donnent naissance à une larve au corps mou, d'allure très différente de l'adulte (mais de régime alimentaire similaire) (Hautier et *al.*, 2005).

Elle passe par quatre stades avant de se transformer en nymphe, stade immobile et fixé au feuillage. Après quelques jours le nouvel adulte émerge et le cycle recommence. Plusieurs générations peuvent se succéder au cours d'une même année (Martin et *al.*, 2005). Elle ne vole pas et reste ainsi concentrée sur son lieu -d'implantation (Anonyme, 2001).

Habitat : les milieux forestiers et autres terres boisées, bois de conifères, lignes d'arbres, de petits forêts anthropiques, bois récemment abattus, des bois à un stade précoce et de taillis (Helen et *al.*, 2008)



**Figure 7: Les cocíneles auxiliares A: *Adalia bipunctata* L.
B: *Harmonia axyridis* L (Brian et al., 2010)**

- ***Chrysoper lacarnea* :**

L'adulte frêle vert pâle avec des ailes transparentes en toit et de longues antennes, des yeux saillants dorés s'alimente avec du pollen et du nectar; les larves gris-vert équipées de fortes mandibules leur permettant d'attraper pucerons mais aussi acariens, thrips et autres proies (jusqu'à 50 pucerons par jour) (Thorez et al., 2008).

Très rapidement les larves de chrysope consomment les ravageurs et la population de ces derniers décroît (Anonyme, 2001).



**Figure 8: Adulte de Chrysope (*Chrysoper lacarnea* L)
(Anonyme, 2001)**

2.12.2. Insecticide :

- Insecticide biologique à base de pyrèthre naturel « Anti-pucerons Solabiol »

Synthèse bibliographique

- Huile d'hiver : huile minérale paraffinique qui détruit les stades hivernants des insectes et acariens sur les branches des arbres et arbustes d'ornement.

- **L'eau savonneuse** : à base de savon noir ou savon de Marseille, fondu dans de l'eau et vaporisé sur la plante, le savon empêche les pucerons d'adhérer aux feuilles. On fait ainsi fondre 150 gr de savon râpé et 1 cuillère à soupe d'huile dans 1 litre d'eau que l'on pulvérise ensuite sur les plantes (Anonyme, 2014).

2.13. Moyens de lutte contre les ravageurs du peuplier noir :

D'après Allegro (1993) une surveillance étroite doit être exercée sur les pépinières et les jeunes plantations notamment pendant l'hiver. Tous les rameaux portant des renflements suspects doivent être coupés et brûlés; il ne faut pas hésiter à supprimer les flèches atteintes et même à arracher et détruire les sujets fortement attaqués qui ne formeront jamais de beaux arbres.

Les ennemis naturels des insectes sont une autre arme. Les lâchers de parasitoïdes ou de prédateurs ne se sont guère développés en populiculture : les déprédateurs sont trop irréguliers dans l'espace et le temps pour en justifier un élevage. Une large diversité floristique favorisera leurs populations naturelles de même que celles d'autres entomophages dont, par exemple, les Pucidés : Ceux-ci sont de grands destructeurs de divers xylophages surtout en période hivernale. L'aide qu'ils apportent ainsi compense largement les dégâts dus à leur nidification.

2.14. Mécanisme de résistance du peuplier aux insectes :

Les espèces et les génotypes de peuplier hybrides présentent des niveaux très variables de sensibilité pour de nombreux insectes ; Toutefois les mécanismes impliqués dans de telles différences sont peu connus.

Les variations de préférences/performances des insectes selon les génotypes de peuplier suggèrent une variété de mécanismes de résistance impliqués dans les propriétés antibiotiques et antixénétiques du peuplier (Havill et Raffa, 1999).

Les mécanismes de résistance du peuplier impliquent diverses combinaisons de traits défensifs constitutives et induites impliquant des structures physiques

Synthèse bibliographique

défensives (exemple : structures anatomiques protectrices) et des composés chimiques (métabolites secondaires, enzymes et protéines). La phénologie de l'arbre joue également un rôle important dans la résistance de certains génotypes (Constabel et Major, 2005).

2.15. Les mécanismes de défense constitutifs :

Le peuplier possède une première barrière constitutive formée de caractéristiques défensives physiques et chimiques. Les trichomes foliaires et l'épaisseur de l'écorce constituent une première barrière évidente face aux insectes défoliateurs et xylophages (Philippe & Bohlmann 2007). Les performances des insectes peuvent être affectées par la qualité nutritionnelle des génotypes ou l'action toxique des métabolites secondaires. Les composés phénoliques tels que les phénolglucosides¹⁸ sont les principaux métabolites secondaires impliqués dans la défense constitutive du peuplier (Philippe et Bohlmann, 2007). La quantité et la nature des phénolglucosides fluctuent en fonction des espèces ou génotypes de peuplier, des saisons et des tissus. Ils ont une action antiappétante dissuasive ou toxique et leurs niveaux constitutifs sont généralement corrélés négativement aux performances des insectes défoliateurs spécialistes ou généralistes (Osier et Lindroth, 2004).

2.16. Mécanismes de défense induits :

Les défenses induites peuvent être locales ou activées de manière systémique. Elles peuvent agir directement sur l'insecte ou indirectement via l'attraction de ses prédateurs et parasitoïdes, les signaux qui activent les défenses induites ne sont pas bien connus chez le peuplier (Philippe et Bohlmann 2007).

Les composés phénoliques tels que les phénolglucosides et les tannins condensés sont les principaux métabolites secondaires induits par l'alimentation des insectes défoliateurs (Stevens et Lindroth, 2005) Les tannins condensés sont présents dans les feuilles et l'écorce et sont connus pour affecter indirectement les performances des insectes par action antigestive en diminuant la disponibilité des acides aminés disponibles par précipitation des protéines (Palo, 1984) ou directement par effet toxique (Hwang et Lindroth, 1997). Enfin, l'émission locale et

Synthèse bibliographique

systemique de composés organiques volatils (COVs) formés de composés phénoliques simples ou de terpénoïdes contribue aux défenses du peuplier, directement par effet répulsif pour l'insecte et/ou indirectement en agissant comme molécules sémiochimiques impliquées dans les défenses indirectes (Arimura et *al.*, 2004).

Chapitre 3 :
Les biopesticides

3.1. Introduction :

La plupart des manuels actuels traitant de ravageurs des cultures ou de pesticides font d'avantage référence à l'arrivée des produits chimiques de synthèse au milieu du XXe siècle et de leurs utilisations, ainsi que de l'usage de principe actifs ou d'extraits de plantes. Cependant, ces derniers ont joué un rôle important très tôt dans les activités agricoles de l'humanité et sont à la base de plusieurs observations anciennes qui ont structuré les disciplines naissantes de la biologie au XVIIe, au XVIIIe et au début du XIXe siècle. Mieux cernés à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, ils sont de nouveau d'actualité en ce début du XXIe siècle en raison des choix de société qui se posent aujourd'hui à l'ensemble de notre planète, notamment la mondialisation et le développement durable (PHILOGENE et *al.*, 2002).

L'évolution a doté les organismes biologiques de médiateurs chimiques impliqués dans les communications entre espèces et présentant une grande variété d'effets. Parmi ces composés, de nombreuses molécules qui présentent une action défensive du végétal contre les ravageurs ont été identifiées. Ainsi plus de 2 000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées. C'est donc à partir d'observations empiriques, constatant que certaines plantes se protégeaient mieux que d'autres contre des prédateurs qui importunaient aussi l'homme, que se sont développés les premiers usages phytosanitaires des végétaux (GRAINGE et AHMED, 1988).

3.2. Historique :

Les produits végétaux à action phytosanitaire ont une plus longue histoire que la plupart des autres pesticides. Dès l'antiquité, les Chinois, les Grecs, les Romains utilisent des plantes ou extraits de plantes avec du soufre et de l'arsenic (TSCHIRLEY, 1979). Il a été rapporté que les Romains utilisaient des poudres préparées à partir de *Veratum sp* Comme insecticides et rodenticides (JACOBSON, 1983).

Tandis que des extraits d'ifs (*Taxus baccata*) ont été utilisés pour certains peuples de l'hémisphère nord (SCHMUTTERER, 1992). Sous les tropiques, l'utilisation du neem (ou margousier) (*Azadirachta indica*) est répertoriée dans le Veda, ensemble de sanscrit archaïque qui datent d'au moins 4 000 ans (Larson, 1989).

Synthèse bibliographique

La traduction orale africaine rend plus difficile une datation précise de l'utilisation des plantes dans la préservation des denrées stockées, mais il permet de penser, au vu des habitudes qui se perpétuent jusqu'à nos jours et dont l'usage se perd dans la nuit des temps, que les extraits de plantes ont joué un rôle important pour la préservation des denrées stockées dans les greniers traditionnels en Afrique (THIAM et DUCOMMUN, 1993).

3.3. Définition d'un biopesticide :

Un biopesticides se définit comme tout pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire, organisme vivant ou substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie (PHILOGENE et *al.*, 2002).

3.4. 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 anti appétissantes, 297 possédant des propriétés répulsives, 27 avec des propriétés attractives et 31 avec des propriétés de stimulateurs de croissance (RANA SING, 2007).

Selon DRAVEL et *al.* (2013) les biopesticides désignent trois groupes de substances :

3.4.1. Biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même.

3.4.1.1. Les bactéries :

Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* sont les plus commercialisés. Ils ont une action insecticide. *Bacillus thuringiensis* est une bactérie à Gram qui produit, durant

Synthèse bibliographique

sa phase stationnaire de croissance, des protéines cristallines appelées delta-endotoxines ou pro-toxines Cry. Ces protéines sont libérées dans l'environnement après la lyse des parois bactériennes lors de la phase de sporulation et sont actives, une fois ingérées par les ravageurs, contre les lépidoptères, les diptères et les larves de coléoptères (Rosas-Garcia, 2009).

Des espèces bactériennes du genre *Bacillus* utilisant des mécanismes d'action autres que celui employé par *B. thuringiensis* peuvent également protéger les plantes. Il y a, parmi ces espèces, des souches de *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* ou *Bacillus subtilis*. *Bacillus amyloliquefaciens* auteur date et systématique et *B. subtilis* sont capables de coloniser les racines des plantes et de produire des molécules de nature lipopeptidique qui sont les surfactines, les iturines et les fengycines. Ces dernières peuvent soit activer les défenses des plantes, soit avoir un effet antibactérien ou antifongique direct (PEREZ-GARCIA et al., 2011).

5.2.2.1.1. Les virus :

Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire (Chen et al., 2002). Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a, à l'heure actuelle été répertorié dans l'infection des vertébrés ou des plantes. Cette propriété les rend particulièrement intéressants pour une utilisation en qualité de bio-insecticide, d'autant plus qu'ils peuvent tuer leur hôte en quelques jours (WASHBURN et al., 2003).

5.2.2.1.2. Les champignons :

Plusieurs souches du champignon filamenteux du genre *Trichoderma* spp systématique sont utilisées pour la protection biologique des plantes. Elles ont généralement une activité antifongique contre plusieurs pathogènes du sol ou contre des pathogènes foliaires. *Trichoderma atroviride* est notamment utilisée pour la protection biologique de la vigne (DODD et al., 2003).

L'activité de bio-contrôle de cette souche est attribuée à plusieurs mécanismes d'action qui agissent en synergie. Parmi ces mécanismes d'action, il y a la compétition pour les nutriments, l'antibiose, ou la production d'enzymes spécifiques de dégradation des parois cellulaires comme les chitinases ou protéases (BRUNNER et al., 2005).

3.4.2. Biopesticides animaux :

Ces biopesticides sont représentés par des arthropodes comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (GOETTEL et *al.*, 2001).

La coccinelle est l'insecte auxiliaire le plus connu. La coccinelle *Rodolia cardinalis* prélevée en Australie est couramment utilisée comme prédateur de la cochenille *Icerya purchasi*. Les effets des biopesticides d'origine animale et plus particulièrement des insectes auxiliaires sur la faune locale sont minutieusement étudiés avant leur utilisation (CALDERON ALVAREZ et *al.*, 2012).

Les biopesticides d'origine animale également répertoriés sous l'appellation « Semio-chimiques » sont des signaux chimiques produits par un organisme et qui changent le comportement d'individus de la même espèce ou d'espèces différentes. Ils ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée. Les phéromones d'insectes sont de bons exemples de molécules semio-chimiques utilisées comme alternative à l'utilisation des insecticides (LONGA et *al.*, 2009).

3.4.3. Les biopesticides d'origine botanique :

3.4.3.1. Les huiles végétales :

Les huiles végétales ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Ce sont à la fois des insecticides de contact qui agissent par leurs propriétés physiques et chimiques, et des adjuvants pour des molécules liposolubles et, dans certains cas, des synergistes.

Les propriétés insecticides des huiles végétales procèdent de différents niveaux. De leurs propriétés physiques résultent plusieurs types de toxicité : une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatiles, une toxicité de contact qui provient de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie, mais aussi d'une pénétration en profondeur grâce au caractère amphiphile de certains de leurs composés (Gauvrit et Cabanne, 1993).

Synthèse bibliographique

Des huiles de coton et maïs aux États-Unis, olive et arachide en France ont été expérimentées dans les années 1920, mais leurs effets secondaires sur les citronniers, le ralentissement de la pousse végétale des cultures sur lesquelles elles étaient appliquées, leurs prix de revient élevés, ont freiné leur développement comme principes actifs phytosanitaires (Balachovsky, 1951).

Aujourd'hui, les huiles végétales sont particulièrement utilisées aux États-Unis pour la protection des vergers, en particulier les pommeraies dont les insectes ravageurs, *Dysaphis plantaginea* auteur date et systématique et *Panonychus ulmi* (Koch) systématique sont devenus résistants aux organophosphorés, carbamates et pyrèthrinoides (Weinzerl, 1998).

3.4.3.2. Les extraits aqueux :

Les effets antiparasitaires des extraits de graines de neem *Azadirachta indica* auteur date et systématique ont démontré leur efficacité dans le contrôle de plus de 400 espèces d'arthropodes nuisibles et certaines maladies des plantes. Au Canada, ces extraits furent testés efficaces en serre et en champs dans le domaine de l'horticulture et de la foresterie.

Il ressort de plusieurs expériences menées avec des extraits de neem (graines, amandes et feuilles), l'effet anti-appétant, répulsif voire toxique (mortalité) sur quelques ravageurs comme les locustes.

L'application d'une suspension de fruits de neem sur des cultures de céréales, à raison de 300 à 600 V ha, protège celles-ci contre le même ravageur (Thiam & al, 1993).

Différentes références dans la littérature relatent l'efficacité insecticide et fongicide du pyrèthre, de la nicotine et, de la roténone et de diverses plantes incluant les conifères et leurs perspectives de production de préparations biologiques (BIEVER, 2003 In Benfekih-Allal, 2011).

3.4.3.3. Les huiles essentielles :

Toutes plantes émettent des composés volatils, qu'il s'agisse d'oxygène, de méthanol, d'isoprène ou de composés plus complexes issus du métabolisme carboné. Ces molécules interagissent avec leur environnement et peuvent par exemple attirer des pollinisateurs ou encore repousser ou intoxiquer des ravageurs : plus cette interaction est

efficace et plus la plante a un avantage par apport à sa voisine. Cette sélection naturelle a conduit à une énorme diversification des composés organiques volatils (COV) et des structures cellulaires dans lesquelles se déroule la biosynthèse de ces composés.

La plupart de ces COV sont lipophiles et souvent mélangés à d'autres composés lipophiles, voire, lipidiques mais moins volatiles. Ce mélange donne les huiles essentielles que l'homme a depuis longtemps appris à récupérer par extraction (Jean-claude et Sylvie, 2002).

3.4.3.3.1. Qu'est-ce qu'une huile essentielle (HE) ?

L'huile essentielle est le produit de la distillation à la vapeur d'eau d'une plante aromatique. L'hydrosol, eau florale ou hydrolat, est le produit second de la distillation. Grâce à la différence de densité, l'huile essentielle flotte au dessus de l'eau florale. La séparation se fait au moyen de l'essencier ou vase florentin (Grosjean, 2004).

3.4.3.3.2. Rôle physiologique :

Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme cellulaire dit "secondaire". La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans un organe sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées qui selon l'espèce botanique peuvent être des cellules sécrétrices, des poches sécrétrices, des poils sécréteurs ou des canaux sécréteurs.

Le rôle des constituants volatils dans la plante n'est pas bien défini. Il est vraisemblable qu'ils aient un rôle écologique.

Veschaffelt et Stahl (1911) pensaient que les essences naturelles constituaient un moyen de défense contre les prédateurs (micro-organismes, champignons, insectes, etc.) en modulant les comportements trophiques de ceux-ci vis-à-vis des plantes.

Lutz (1940) considérait les constituants volatils comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaires protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Certains de ces composés se comporteraient aussi comme source d'énergie à la suite d'une baisse de l'assimilation chlorophyllienne.

Synthèse bibliographique

Erman (1985) dégage le rôle incontestable des huiles essentielles dans la pollinisation et la dispersion des diaspores grâce à leur pouvoir attracteur sur les insectes pollinisateurs. Les relations entre angiospermes et les insectes pollinisateurs sont d'une grande importance écologique et physiologique.

Bouquet (1972) considère que certains constituants volatils seraient des composés intermédiaires du métabolisme et qu'ils se trouveraient à l'état libre durant certaines périodes en relation avec l'activité végétative de la plante.

3.4.3.3. Méthodes d'extraction :

a- Entraînement à la vapeur :

D'après MONIN (2012) la plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation et entraînement à la vapeur d'eau, trois variantes sont possibles selon la texture et la fragilité de la matière première à traiter.

b- Hydrodistillation simple :

La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les HE se séparent de l'eau par différence de densité.

c- Distillation à vapeur saturée :

Le matériel végétal n'est pas en contact avec l'eau, il est placé sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic. Les composés volatils entraînés par la vapeur d'eau vont pouvoir être séparés par décantation du distillat refroidi.

d- Hydrodiffusion :

L'hydrodiffusion consiste à faire passer un courant de vapeur d'eau à très faible pression à qualitatif de celle des produits obtenus par les méthodes précédentes.

L'industrie des parfums a utilisé jadis l'enfleurage pour les organes fragiles comme les fleurs, c'est-à-dire le contact avec un corps gras qui se sature d'essence. Le corps gras est épuisé par l'alcool absolu et ce solvant est évaporé sous vide à 0°C.

e- Extraction par CO2 super critique :

Synthèse bibliographique

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le CO₂ et de son état physique. Grâce à cette propriété, il permet l'extraction dans le domaine supercritique et la séparation dans le domaine gazeux. Le CO₂ est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie, ensuite il est injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, après le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, 2008).

f- Extraction assistée par micro-onde :

La technique d'extraction par micro-onde a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. Le procédé d'extraction est basé sur l'absorption de l'énergie de la micro-onde par les composantes du matériel végétal et qui sont mesurées par une constante diélectrique, cette absorption dépend aussi de la fréquence de l'onde et de la température du matériel végétal (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, 2008).

3.4.3.3.4. Composition chimique :

Les huiles essentielles sont des mélanges variables et complexes de différents composés chimiques, dissous l'un dans l'autre, formant des solutions homogènes. Les principaux constituants des huiles essentielles appartiennent de manière quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: le groupe des terpénoïdes et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane

D'une manière générale, les huiles essentielles ne contiennent que les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée: mono- et sesquiterpènes.

De manière moins systématique que les terpénoïdes, une autre famille chimique est fréquemment rencontrée parmi les composés volatils. Il s'agit des dérivés du phénylpropane. Ce sont très souvent des allyle- et propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, etc.) (BRUNETON, 1993).

3.4.3.3.5. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, ayant une odeur souvent forte et très caractéristique. En général, elles sont incolores à jaune pâle à quelques exceptions. Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques mais peu soluble dans l'eau (Bernard et *al.*, 1988).

Leurs densité est inférieure à l'unité (eau), l'exception faite des huiles essentielles de cannelle, de girofle et de saffran. Elles sont extrêmement volatiles et perdent rapidement leurs propriétés lorsqu'elles sont exposées au soleil ou à la chaleur, elles doivent être présentées dans des flacons ombrés pour une meilleure protection (Bruneton, 1993).

3.4.3.3.6. Domaines d'utilisation :

Les huiles essentielles sont utiles et efficaces dans de nombreux aspects de la vie quotidienne, elles ont des fonctions très variées depuis très long temps, elles sont utilisées pour leurs vertus médicinales ainsi que pour leurs arômes. Aussi elles sont utilisées en Agroalimentaire, essentiellement dans la technologie de fabrication des boissons non alcoolisées (Valnet, 1984).

L'industrie de la parfumerie et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs d'huiles essentielles, même si le coût consomme d'importants tonnages d'essences telles celles de la rose, jasmin, violette, verveine, citron, santal (Bruneton, 1993).

Les huiles essentielles ont une toxicité aiguë, une action répulsive, une inhibition de l'alimentation et un effet nocif sur le système de reproduction des insectes. Les métabolites issus des plantes sont récemment utilisés comme de nouveaux pesticides synthétiques comme la toxaphène (insecticide et herbicide) (Bruneton, 1993).

3.4.3.3.7. Modes d'action :

D'après Chemat et *al.* (2012) l'activité phytoprotectrice des plantes serait due aux métabolites secondaires tels que les huiles essentielles, les terpénoïdes, les polyphénols, les stéroïdes, et les alcaloïdes qu'elles synthétisent pour se protéger contre les agents phytopathogènes et les ravageurs.

Synthèse bibliographique

Plusieurs études ont montrées que les huiles essentielles présentait des propriétés insecticides, herbicides, nématocides, acaricides, virocides, bactéricides et fongicides. Leurs toxicités peut être par contact, inhalation (fumigation), ingestion ou par combinaison de ces modes. Elles peuvent être toxique aussi bien vis-vis des insectes adultes que des larves et des œufs et leur action peut se manifester de différentes manières. Elles interviennent comme poison et neurotrope sur le système nerveux des insectes. Leur action peut également affecter les mécanismes de la respiration cellulaire : soit en inhibant les oxydations cellulaires par interruption du transfère dans la chaine respiratoire soit par asphyxie suit à la formation d'un filme imperméable isolant l'insecte de l'air. Elles peuvent également avoir un pouvoir anti-appétant entrainent un retard de croissance ou une inhibition de l'activité enzymatique.

Synthèse bibliographique

Conclusion générale

Au terme de ce travail consacré d'une part à l'étude temporelle de l'activité biocide des huiles essentielles formulées sur les populations du puceron vert *Chaitophorus leucomelas* L du peuplier noir *Populus nigra* L et d'autre part sur sa biocénose associée, nous avons pu dégager certains résultats en réponse aux questions hypothèses de l'étude.:

Les résultats relatifs aux traitements biologiques par le biais des formulations à base des huiles essentielles de thym et de bigaradier et au traitement chimique le Thiamethoxam/ Lambda cyhalothrine ont présenté un effet répressif certain sur l'abondance des populations aphidiennes ciblées.

L'ensemble des bioproduits appliqués en dose complète et en double dose ont enregistré dans le temps une réduction en terme d'abondance des populations de *Chaitophorus leucomelas* par comparaison au témoin et ont montré une relation directe entre les taux de mortalité des pucerons, la concentration en produits et la durée d'exposition. La toxicité des bioproduits se renforce de plus en plus durant la période du suivi et se maintient jusqu'au dernier jour de l'étude.

La répercussion de l'huile essentielle du thym est claire puisqu'elle manifeste son effet biocide précoce dès le premier jour après traitement. En revanche, l'effet de l'huile essentielle du Bigaradier affiche une abondance régressive un peu plus tardivement que l'huile essentielle du thym et le produit chimique dont la dose homologuée exerce aussi une toxicité précoce importante mais avec une reprise plus prononcée vers la fin du suivi.

Les bioformulations à base de Bigaradier et de Thym avaient une toxicité importante sur les populations larvaires et adultes aptères, et une toxicité moindre sur les populations adultes ailés.

Ainsi, le bioproduit à base d'huile essentielle de *Citrus aurantium* L a montré une toxicité moyenne de l'ensemble des doses utilisées au bout de 3^{ème} jour après traitement alors que l'estimation des populations résiduelles sous l'action des huiles essentielles formulées à base de *Thymus vulgaris* L. dévoile le passage des molécules du statut moyennement toxique au statut très toxique au bout du 1^{er} jour après traitement.

Néanmoins, l'efficacité des bioproduits appliqués en dose et en double dose se rapproche au-delà du 3^{ème} jour et se maintient jusqu'au 12^{ème} jour après traitement.

Quant à l'influence des différents traitements à savoir biologiques ou chimique sur l'entomofaune associée au peuplier, les résultats révèlent d'une part un effet répressif sur l'abondance du ravageur qui influence directement l'abondance des auxiliaires qui à son tour influence les relations tri trophiques et d'autre part une diminution globale des abondances des familles de parasitoïdes par rapport au témoin et que dans la succession temporelle, certaines espèces disparaissent (Eulophidae, Signiphoridae, Coccinellidae, Encyrtidae, Aphelinidae, Scelionidae) sous l'effet de certains traitements, ce qui exprime leur grande sensibilité alors que d'autres sont maintenues stables (Braconidae, Mymaridae).

De ce que nous avons pu avancer comme résultats, il en ressort que les bioproduits à base l'huile essentielle de Bigaradier et Thym présentent un pouvoir insecticide élevé. En revanche, un certain contraste d'effet se révèle pour l'huile essentielle du thym qui se montre toxique sur les populations de *Chaitophorus leucomelas* mais sans effet néfaste sur la biocénose associée a ce dernier.

En perspective, il serait intéressant de faire la caractérisation chimique des huiles essentielles utilisées. Le calcul de la DL50 et de la TL50 reste un élément clé qui sera traité dans les études ultérieures afin de bien valoriser les biopesticides dans le cadre d'une production intégrée. Élargir les essais d'efficacité sur les ravageurs d'autres essences forestières.