

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ BLIDA 1**  
**FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIQUES**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**Spécialité : Phytopharmacie appliquée**

**Contribution à l'étude de l'efficacité globale de l'huile  
essentielle du bigaradier sur le puceron noir de la fève  
*Aphis fabae* Scop. (1763)**

Présenté par : M<sup>elle</sup> BELHADI Radia

M<sup>elle</sup> BOUREGHDA Yasmine

Devant les membres de jury :

M. DJAZOULI Z.E.	Professeur	U.Blida.1	Président
Mme BABA AISSA MOUSSAOUI K.	M.A.A	U.Blida.1	Promotrice
Mlle. BELKHOUMALI S.	Magistérante	U.Blida.1	Co-Promotrice
Mme YAHIA	M.C.B.	U.Blida.1	Examinatrice

Année Universitaire 2014/2015

## REMERCIEMENTS

En commençant tout d'abord par remercier et rendre grâce à **Dieu** le tout puissant, pour nous avoir donné le courage, la santé et la volonté de mener à bien et à bon terme ce travail.

J'exprime mes sincères remerciements à nos promotrice, Madame **BABA AISSA MOUSSAOUI K.** pour la qualité de son encadrement et pour l'intérêt qu'elle a apporté à notre travail. Nous la remercierons chaleureusement pour ses encouragements, orientations, aide, conseils, patience et ainsi que pour sa disponibilité et sa gentillesse.

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

Nous remercierons également Monsieur **MOUSSAOUI K.**, pour ses conseils et son soutien.

Nous tenons à remercier aussi nos Co-promotrice Mlle. **BELKHOUMALI S.** pour ses conseils, son aide et sa disponibilité durant mon étude.

Nos respects et nos remerciements vont à Mme **YAHIA** d'avoir bien voulu accepter d'être membres de jury pour examiner ce travail et l'enrichir.

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.

On ne saura 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

Mr. **BEN MALEM A.** et Mm. **DJEMAI Y.** les techniciens du laboratoire, 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.

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

***Radia et Yasmine***

## DEDICACES

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde, à mes parents qui m'ont guidé pour suivre le bon chemin dans ma vie et mes études, et pour leurs immenses sacrifices, et affection illimitée.

A ma sœur Ouarda, pour sa compréhension,

A mes chers frères Yasmine, Lotfi et AbdelHafid que je remercie pour leurs soutiens,

A ma belle sœur Amina que j'aime tant,

A ma meilleure ami, ma cousine Kadidja, pour son soutien,

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines, à toute ma famille,

A tout mes ami(e)s en particulier : Yasmine, Mériem, Ratiba, Romaisa, Hadjer, Radia, Soumaia et Amina que j'ai participé avec eux des belles moments.

Et à 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.

***Radia***

## DEDICACES

Tous d'abord, je tiens à remercier « DIEU » le tout puissant de m'avoir donné la foi, le courage et la patience pour continuer mon parcours.

J'ai l'immense plaisir de dédier ce travail à:

Mon très Cher Père Que Dieu bénisse son âme

A celle que j'adore le plus au monde ma chère maman qui m'encourage et me pousse toujours vers la réussite que DIEU la garde et la protège pour moi ;

Mes chers frères : ABDENOUR I et ABDELAMLEK YACINE

Ma chère sœur : IHCEN

A mon cher Mari ZINE EDDINE BENELFOUL qui m'a toujours soutenu

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes promoteurs Mme Baba-Aissa Moussaoui; Mr Moussaoui K., Djazouli ; Mr Aroun; Mme Nebih

A Mon binôme RADIA

Mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant toute ma formation. Je remercie également tous mes amies, les camarades les étudiantes que je n'ai pas cités et tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail

J'espère que notre mémoire servira de support pour les années à venir.

***Yasmine***

## Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Présentation de la plante hôte : la fève .....</b>	<b>3</b>
1. Classification botanique.....	3
2. Exigences de la culture.....	4
3. Les bioagresseurs de la fève.....	4
3.1 Les maladies .....	4
3.2 Les ravageurs.....	6
3.2.1. Les Nématodes .....	6
3.2.2. Bruche de la fève .....	6
3.2.3. Les aphides .....	6
3.2.3.1. <i>Acyrtosiphon pisum</i> .....	6
3.2.3.2. <i>Megouria viciae</i> .....	7
3.2.3.3. <i>Aphis fabae</i> .....	7
<b>CHAPITRE II: Les biopesticides.....</b>	<b>12</b>
1. Définition et différents types de biopesticides.....	12
2. Les insecticides d'origine botanique.....	13
2.1. Extraits aqueux.....	13
2.2. Huiles essentielles.....	13
2.2.1. Répartition et localisation des huiles essentielles.....	13
2.2.2. Composition chimique .....	15
2.2.3. Facteurs influençant la composition chimique .....	15
2.2.4. Notion de chémotype .....	15
3. Méthodes d'extraction .....	16
3.1. Entraînement à la vapeur d'eau .....	16
3.2. Hydrodistillation .....	16
3.3. Hydrodiffusion .....	17
3.4. Extraction à froid .....	17
4. Effets des huiles essentielles.....	17
4.1. Effet insecticide .....	18
4.2. Effets antimicrobiens .....	19
5. Présentation de la plante utilisée <i>Citrus aurantium</i> (Orange amère)....	19
5.1. Description de la plante.....	20

5.2. Composition chimique de l'huile essentielle de bigaradier.....	20
5.3. Effets insecticides de huile essentielle de bigaradier.....	20
<b>CHAPITRE III : Matériels et méthodes.....</b>	<b>22</b>
Présentation du site d'étude.....	22
1. Matériel biologique.....	23
1.1. Obtention des plantules de la fève :.....	23
1.2. Obtention de populations infestées du puceron noire de la fève...	24
1.3. Extraction de l'huile essentielle du Bigaradier.....	24
2. Produit phytosanitaire utilisé.....	25
3. Méthode d'étude .....	26
3.1. Application des traitements.....	26
3.2. Technique de prélèvements.....	27
3.3. Analyse statistique.....	28
<b>CHAPITRE IV : Résultats et Discussion.....</b>	<b>29</b>
<b>Résultats</b>	<b>29</b>
1. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur deux paramètres : l'un populationnel et l'autre démographique du puceron noir <i>Aphis fabae</i> .....	29
1.1. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur la densité du puceron noir <i>Aphis fabae</i> en tant que paramètre populationnel.....	29
1.2. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur la densité du puceron noir <i>Aphis fabae</i> en tant que paramètre démographique.....	32
<b>Discussion générale</b>	<b>35</b>
<b>Conclusion et Perspectives.....</b>	<b>40</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>41</b>

## Liste des abréviations :

- ha** : Hectare  
**%** : Pourcentage  
**n** : Nombre de chromosome  
**2n** : Nombre paire de chromosome  
**fig** : Figure  
**mm** : Millimètre  
**&** : Et  
**HE** : Huile essentielle  
**±** : Plus au moins  
**h** : Heure  
**cm** : Centimètre  
**g** : Gramme  
**L** : Litre  
**ml** : Millilitre  
**°C** : Degrée celcius  
**INRA** :  
**D1** : Le faible dose de l'huile essentielle formulé (0.016 %)  
**D2** : Le double dose de l'huile essentielle formulé (0.032 %)  
**D3** : Le triple dose de l'huile essentielle formulé (0.048 %)  
**N°** : Numéro  
**CL50** : Concentration létale qui tue 50% de population

## Liste des figures :

- Figure 1 :** Différentes parties de la fève (Wikipedia, 2015)
- Figure 2 :** Anthracnose
- Figure 3 :** Tâches chocolat
- Figure 4 :** Mildiou
- Figure 5 :** Rouille
- Figure 6 :** Bruche de la fève
- Figure 7 :** *Acyrtosiphon pisum* (INRA, 2013)
- Figure 8 :** La forme aptère du puceron ((Syngenta, 2013)
- Figure 9 :** La forme ailée du puceron ((Syngenta, 2013)
- Figure 10 :** Observation de localisation du cortège du puceron (ARVALIS)
- Figure 11 :** Localisation de la poche sécrétrice volumineuse des *Citrus* (a : photo réelle de poche sécrétrice, b : schéma de poche sécrétrice) (Perrot, 1943).
- Figure 12 :** Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur (Lucchesi, 2005).
- Figure 13 :** Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).
- Figure 14 :** plante du bigaradier (*Citrus aurantium*).
- Figure 15 :** Implantation de la serre expérimentale (Originale, 2015).
- Figure 16 :** Mise en place de la culture de la fève. (a: Semis, b: levée et c: transplantation des plantules de la fève).
- Figure 17 :** Infestation artificielle des plantules (Originale, 2015).
- Figure 18 :** les produits finaux obtenus de l'extraction.  
(A : l'huile essentielle, B : l'hydrolat).
- Figure 19 :** Schéma représentant le choix des blocs dans la serre.
- Figure 20 :** Schéma récapitulatif du suivie de l'étude.
- Figure 21 :** Evaluation temporelle de la densité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des huiles essentielles formulées de *Citrus aurantium*.
- Figure 22 :** Evaluation temporelle de la fécondité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des huiles essentielles formulées de *Citrus aurantium*.

## Liste des tableaux :

- Tableau 1 :** Maladie cryptogamique de la fève (BIRNIH et *al.*, 1984, cité par TIFFRENT, 2009)
- Tableau 2 :** Comparaison entre la densité moyenne de témoin TM et les doses appliquées.
- Tableau 3 :** Comparaison entre la densité moyenne et les doses appliquées.
- Tableau 4 :** Comparaison entre la fécondité moyenne de témoin TM et les doses appliquées.
- Tableau 5:** Comparaison entre la fécondité moyenne et les doses appliquées.

# **Contribution à l'étude de l'efficacité globale de l'huile essentielle du bigaradier sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scop. (1763)**

## **Résumé**

Dans ce travail, il a été question d'estimer l'efficacité de différentes doses d'une formulation d'un bioproduit à base d'huile essentielle de Bigaradier *Citrus aurantium* sur la densité et la fécondité du puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

Les résultats montrent que la toxicité de la formulation d'huile essentielle de bigaradier est dépendante de la dose, cela signifie que plus la dose augmente plus la formulation présente un effet biocide qui se traduit par la réduction de la densité des populations aphidiennes. Aussi, il existe une certaine similarité d'effet toxique sur la densité des populations aphidiennes entre la double dose D2 et la triple dose D3.

Ces mêmes résultats démontrent que l'huile essentielle formulée du bigaradier a eu un effet répressif sur la fécondité du puceron. Cependant, la double dose D2 (0.032%) agirait beaucoup plus sur la densité que sur la fécondité alors que la triple dose D3 (0.048%) agirait efficacement sur les deux paramètres.

**Mots clés :** *Aphis fabae*, Bigaradier, densité, fécondité, huile essentielle, toxicité.

## **Contribution to the study of the essential oil overall efficiency of Bitter Orange on the black bean aphid *Aphis fabae* Scop. (1763)**

### **Summary**

In this work was discussed to estimate the effectiveness of different doses of a formulation of an essential oil based bio-product of *Citrus aurantium* on the density and fertility of the black aphid *Aphis fabae* bean.

The results show that the toxicity of the essential oil formulation Bitter Orange is dose-dependent, this means that the higher dose increases over the formulation has a biocidal effect that results in the reduction of the density of aphid populations. In addition, there is a certain similarity of toxic effect on the density of aphid populations between double dose D2 and triple dose D3.

The same results demonstrate that the essential oil made of Bitter Orange had a repressive effect on the fertility of the aphid. However, the double dose D2 (0.032%) would be much more about the density on fertility while the triple dose D3 (0.048%) would act effectively on both parameters.

**Keywords:** *Aphis fabae*, Bitter Orange, density, fertility, essential oil, toxicity.

مساهمة لدراسة الفعالية العامة للزيت الأساسي المستخلص من البرتقال المر على المن الأسود للقول

## ***Aphis fabae* Scop. (1763)**

### ملخص

في هذا العمل هدفنا هو تقدير فعالية جرعات مختلفة لمنتوج بيولوجي تم صياغته من الزيت الاساسي للبرتقال المر على كثافة وخصوبة المن الاسود للقول.

أظهرت النتائج أن فعالية الزيت الأساسي للبرتقال المر تتغير حسب الجرعة، وهذا يعني أن كلما زاد مقدار الجرعة كلما اظهرت الصيغة تأثير كمبيد للحشرات الذي يلاحظ على شكل انخفاض في كثافة المن. أيضا، هناك تشابه معين في تأثير السم على الكثافة بين الجرعة المضاعفة والجرعة الثلاثية.

كما اثبت نفس النتائج ان الزيت الأساسي للبرتقال المر له تأثير على خصوبة المن السوداء للقول. حيث ان الجرعة المزدوجة (0.032%) لها تأثير على كثافة المن السوداء أكثر من تأثيرها على خصوبته. في حين أن الجرعة الثلاثية (0.048%) تعمل بشكل فعال على كل من المعيارين.

كلمات البحث: *Aphis fabae*، البرتقال المر، الكثافة، الخصوبة، الزيت الاساسي، سمية.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Pour l'alimentation humaine et animale, les légumineuses occupent la seconde place après les céréales, (Gepts *et al.*, 2005); elles sont consommées dans la plupart des régions du monde. Ce sont des plantes qui s'adaptent facilement aux différents milieux (Bousalem, 1982).

Les légumineuses sont une des familles les plus abondantes et diversifiées des cultures de plantes supérieures, avec environ 20 000 espèces. Ces dernières sont cultivées principalement comme source de protéines pour la consommation humaine (haricot, pois, fève,...) ou l'alimentation du bétail (soja, luzerne,...) grâce à la fixation symbiotique de l'azote. Elles sont aussi une source importante d'huiles végétales (arachide) et de bois de qualité (bois de rose, ébène).

En Algérie, bien que le rendement a clairement diminué ces deux dernières décennies, la fève occupe toujours la première place parmi les légumes secs, (ITGC, 2010), (Benachour *et al.*, 2007).

Malheureusement, la culture de fève est soumise à la pression d'un grand nombre de bioagresseurs (champignons, bactéries, virus, nématodes et insectes) pouvant soit occasionner des pertes sévères en rendement, soit altérer la qualité des productions ou des plants (Bellabas, 2010).

Les pucerons affaiblissent la plante en prélevant la sève et peuvent provoquer des maladies suite à une transmission de phytovirus (Perera *et al.*, 2005). De plus, ils déprécient indirectement à travers l'installation des fumagines, la qualité commerciale des fruits (Bellabas, 2010). La présence d'*Aphis fabae* sur la fève est un problème fréquent, les colonies s'installent souvent sur les tiges.

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

que dans les aliments). 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).

Ce qui a conduit les scientifiques à rechercher de nouvelles approches de lutttes, utilisées seules ou en combinaison avec les méthodes existantes qui permettraient de contrôler efficacement ces ravageurs tout en limitant les impacts négatifs des produits antiparasitaires sur l'environnement et la santé humaine (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

Parmi ces méthodes, les biopesticides occupent une place de choix (Bambara et Tiemtore., 2008).Les substances d'origine végétale, en particulier les huiles essentielles, sont aussi efficaces que les produits de synthèse. En général ils ont une efficacité à large spectre de ravageurs phytophages. (Cseke et *al.*, 1999 ., Chiasson et Beloin, 2007).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, en effet, nous nous sommes proposés dans la présente étude d'évaluer l'efficacité de trois différentes doses D1 (0.016%), D2 (0.032%), D3 (0.048%).d'une huile essentielle formulée de Bigaradier *Citrus aurantium* L. (1753) sur la densité et la fécondité des populations du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scop. (1763), pendant une durée de suivi de 10 jours après traitement.

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses qui se résument dans :

- Quel serait l'impact de l'application de l'huile essentielle formulée à base l'huile essentielle du bigaradier sur deux paramètres à savoir sur la densité des populations et la fécondité du puceron noir de la fève ?

- La faible dose, la double dose et la triple dose présentent-elles la même toxicité ? Et quelle serait donc la dose à préconiser ?

## **CHAPITRE I :**

# **Présentation de la plante hôte: La fève**

## CHAPITRE I : Présentation de la plante hôte: La fève

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007).

Sa richesse protéique assure une fonction importante. Elle corrige les carences en protéine animales inaccessibles à une large couche de la population (ZEGHOUNE, 1991). Aussi, elle joue un rôle significatif, l'amélioration de la structure et fertilité du sol avec leur système racinaire dense et pivotant est enrichissant le sol en matière organique (SACI, 1995).

D'après (Douaer, 1992). Les légumineuses sont capables de se développer sans apport azoté grâce à leurs nodosités qui apparaissent à une certaine phase du développement de la plante. Elle à un rôle très important dans la rotation car elle constitue un excellent précédent du blé dans les zones pluviométrie.

Malheureusement cette culture est confrontée à l'attaque de plusieurs ravageurs en particulier les pucerons comme *Aphis fabae* (Sahraoui et al, 2001).

### A. Classification botanique



Figure 1 : Différentes parties de la fève (Anonyme, 2015).

La fève est une espèce diploïde ( $2n=12$  chromosomes), (Fig. 1). D'après Leroy (1982), *Vicia fabae* appartient à l'embranchement des *Spermaphytes*, au sous-embranchement des *Angiospermes*; à la classe des *Dicotyledonae*, et sous classe des *Rosidae*. Elle fait partie de l'ordre des *Rosales*, à la famille des *Fabaceae*, et à sous famille des *Papilionoidées*.

## **B. Exigences de la culture**

La fève est une plante annuelle, les besoins en eau sont faibles, à partir du semis jusqu'au début de la levée. Par la suite, ils augmentent pour devenir le maximum durant la floraison et se prolongent jusqu'au stade grain plein « 50% de matière sèches » (Saci, 1995).

L'excès d'eau (sol asphyxiants), limite l'enracinement et réduit le développement des nodosités (Saci, 1995).

Cependant, la fève est capable de se développer normalement sous tous les climats. Elle supporte l'humidité et s'accommode à des périodes de sécheresse et à des écarts importants de température, ainsi elle est très sensible aux gelées (Laumonier, 1979).

## **3. Les bioagresseurs de la fève**

### **A. Les maladies cryptogamiques**

Le tableau ci-dessous présente les principales maladies cryptogamiques rencontrées chez la fève.

**Tableau 1** ; Maladie cryptogamique de la fève (Birnih *et al.*, 1984, cité par Tiffrent, 2009).

Maladie	Agent	Symptôme	
-Anthracnose (Moreau et Leteinturier, 1997)	<i>Ascochyta fabae</i> , <i>Ascochyta rabiei</i>	- Nécroses importantes sur les feuilles et gousses (Fig 2).	
-Tâches chocolat (Moreau et Leteinturier, 1997).	<i>Botrytis fabae</i> <i>Botrytis cinerea</i>	Assez fréquente en culture de fève, - Elle apparaisse sous forme des petits points nécrotiques sur feuilles. - Les gousses peuvent également être atteintes avec chute partielle du feuillage (Fig 3).	
-Mildiou (Moreau et Leteinturier, 1997)	<i>Peronospora sp</i>	- La face supérieure : caractérisée par une décoloration jaunâtre. - La face inférieure : on remarque un feutrage gris-violacé (Fig 4).	
-Pourriture blanche (Moreau et Leteinturier, 1997)	<i>Sclerotinia trifoliorum</i>	Ce champignon se manifeste comme un feutrage mycélien blanc et des sclérotés noirs sur les plants atteints.	
-Pourriture grise (Moreau et Leteinturier, 1997)	<i>Botrytis cinerea</i>	Il s'installe sur des tissus sénescents (pétales, feuilles) au privilège d'une humidité persistante.	
-Rouille (Moreau et Leteinturier, 1997)	<i>Uromyces viciae-fabae</i>	Maladie généralement tardive lorsque la température est 20 °C. Des nombreuses pustules prennent la couleur rouille, visibles sur les deux faces de la feuille (Fig 5).	

## **B)- Les ravageurs**

### **1- Les Nématodes**

Selon Jarso et Keneni, (2006), plusieurs nématodes affectent la fève, on cite : les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), le nématode de la tige (*Ditylenchus dipsaci*) et les nématodes des lésions de racines (*Pratylenchus* spp.). Par ailleurs, *Heterodera gottlingiana*, semble être le nématode le plus important de la fève. Il exerce un effet nocif direct sur les racines, (Messiaen *et al.*, 1991).

### **2- Bruche de la fève**

Les femelles de *Bruchus rufimanus* pondent leurs œufs sur les jeunes gousses, lorsque la température atteint 19 à 20 °C. Les larves se développent dans les grains pour donner des adultes, ces derniers sortent des gousses avant la récolte (Moreau et Leteinturier, 1997) (Fig. 6).



**Figure 6** : Bruche de la fève (INRA, 2013).

### **3-Les aphides**

Les pucerons, constituent un groupe d'insecte extrêmement répandu dans le monde. Ils se diversifient parallèlement à celui des plantes à fleurs (angiospermes) dont presque toutes les espèces sont hôtes d'aphides, ils sont présents généralement sur les gymnospermes (Giove et Abis, 2007). Parmi eux, on cite :

#### **3-1-Acyrtosiphon pisum**

Le puceron vert est l'un des agents vecteurs de viroses, et se localise sur feuilles. (Moreau et Leteinturier, 1997) (Fig. 7).



**Figure 7 :** *Acyrthosiphon pisum* (INRA, 2013).

### **3-2- *Megouria viciae***

Appelé également le puceron de la vesce. C'est un grand puceron vert aux extrémités noires. Il colonise les Fabacées et plus particulièrement la fève, (Hulle *et al.*, 1999).

### **3-3- *Aphis fabae***

#### **3.3.1. Classification :**

D'après Van-Harten *et al.*, (1994), la position taxonomique du puceron noir de la fève est comme suit :

Super/ordre ..... Hemipteroides  
 Ordre .....Homoptères  
 Sous ordre ..... *Aphidinea*  
 Super-Famille ..... *Aphidoidea*  
 Famille .....*Aphididae*  
 Sous famille .....*Aphidinae*  
 Tribu .....*Aphidini*  
 Genre .....*Aphis*  
 Espèce .....*Aphis fabae* Scop. (1763).

#### **3.3.2. Description**

- **La forme aptère :**

La forme aptère du puceron noir de la fève *A. fabae* mesure environ 2mm (Hullé *et al.*, 1999) (Figure 8). Elle est de couleur verte olive foncé à noir mat et recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche (Leclant, 1999). Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda. Ce dernier est digitiforme et trapu (Leclant, 1999).



**Figure 8 :** Forme aptère du puceron (Syngenta, 2013).

- **La forme ailée :**

La forme ailée d'*A. fabae* est plus allongée que l'aptere (Hullé *et al.*, 1999). Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes et qui représentent environ les deux tiers de la longueur du corps (Hullé *et al.*, 1999). D'après Leclant (1999), le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensoria secondaires disposés irrégulièrement. Parfois il existe quelques sensoria sur le quatrième article antennaire (Fig. 9).



**Figure 9 :** Forme ailée du puceron (Syngenta, 2013).

### 3.3.3. Cycle de développement

Le puceron noir de la fève est doecique (Hullé *et al.*, 1999). Il alterne son développement entre son hôte primaire, en général le Fusain, et ses hôtes secondaires, des plantes herbacées appartenant à de très nombreuses familles botaniques. Dès le mois de mars, après l'éclosion des œufs d'hiver, plusieurs générations parthénogénétiques se développent sur l'hôte primaire. La proportion d'ailés augmente alors au sein des colonies. Les premiers ailés s'observent au cours du mois d'avril. Ces individus seront à l'origine de colonies en manchons parfois très denses sur les plantes hôtes secondaires sauvages et cultivées. Les ailés impliqués dans la reproduction sexuée apparaissent à l'automne et regagnent l'hôte primaire. La fécondation et la ponte intervenant au courant du mois d'octobre. La reproduction sexuée n'est pas toujours obligatoire chez ce

puceron. Dans les régions à climat doux, des populations peuvent maintenir tout l'hiver sur des hôtes secondaires en continuant à se multiplier par parthénogenèse (Hullé *et al.*, 1999).

### 3.3.4. Les dégâts des pucerons

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde (Fournier, 2010), ils causent des pertes économiques sensibles aux cultures sous serre et de plein champ dont les dommages occasionnés sont de deux types (Christelle, 2007 ; Eaton, 2009) (Fig. 10).



**Figure 10** : Observation de localisation du cortège du puceron (Meradsi, 2009).

#### 3.3.4.1. Les dégâts directs

D'après Harmel *et al.*, (2008), il s'agit d'une espèce à appareil buccal piqueur-suceur, qui se nourrit en prélevant la sève de leur hôte. 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).

Les fortes infestations d'*Aphis fabae* sur la fève provoquent l'avortement des fleurs, le dessèchement et la chute des feuilles (Aroun, 1994).

### 3.3.4.2. Les dégâts indirects

- **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 empêcher 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 (Christelle, 2007 ; Giordanengo et *al.*, 2010).

- **Transmission des virus phytopathogènes**

*Aphis fabae* présent par ses infestations considérables est l'un des ennemis les plus redoutables des plantes cultivés (Assameur, 1995), Cette espèce peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007). . Berthelem et al. (1969) montrent que le virus de la mosaïque de la féverole et que les virus de l'enroulement de la féverole, sont transmis par cette espèce. Dedryver (1976), reconnaît également le virus de la jaunisse de la betterave, comme étant transmis par ce puceron.

## 4. Lutte contre les pucerons

Le niveau des populations de pucerons dans les cultures est extrêmement variable d'une année à l'autre et peut évoluer très rapidement au sein d'une même culture. Il dépend bien sûr des capacités reproductives propres aux différentes espèces mais aussi des facteurs extérieurs dépendant de l'environnement physique et biologique. Ces facteurs peuvent être très nombreux, ce qui explique les différences rencontrées dans les tentatives de modélisation de leur influence sur le développement des populations de pucerons (Hulle *et al.*, 1999).

### 4.1. Lutte préventive

Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture car l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver ainsi que la destruction par des hersages ou sarclages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps (Wang et *al.* 2000; Lambert, 2005).

## **4.2. Lutte curative**

### **4.2.1. Lutte chimique**

D'après Ferrero (2009), l'utilisation des pesticides reste le moyen le plus largement utilisé aujourd'hui et le plus efficace pour réduire les dégâts d'insectes.

Selon Hulle *et al* (1999), les principes de la lutte chimique sont :

- L'empêchement d'acquisition du virus lors de piqûres d'essai par l'utilisation d'huiles végétales non phytotoxiques.

- Le choix des produits : ils doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile. Ces produits doivent aussi être dotés d'un effet de choc élevé, et d'une bonne rémanence, en plus ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Il est de préférence que le choix porte sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles.

### **4.2.2. Lutte biotechnique**

Ce moyen de lutte est basé sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou des traitements par tâches (Ryckewaert et Fabre, 2001).

### **4.2.3. La lutte biologique**

Elle basée sur l'utilisation des organismes vivants (insectes, bactéries, nématodes,...) ou de leurs dérivés dont le but est de contrôler les populations de nuisibles et empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés aux cultures (Hautier (2003) ; Lambert (2005) et Maisonhaute, (2009)).

# **CHAPITRE II :**

## **Les biopesticides**

## CHAPITRE II :Les biopesticides

Depuis longtemps, la lutte contre les ennemis des cultures est basée sur l'utilisation des pesticides de synthèse (Chandrashekar K. & Srinivasa N., 2003). Mais, l'usage intensif et abusif de ces derniers, réduit leurs efficacités à travers l'apparition des phénomènes de résistance et les risques de pollution, qui atteignent à la santé des applicateurs et des personnes présentes dans les zones traitées (Janzen *et al.*, 1998).

Pour ces raisons, aujourd'hui, il y a nécessité de développer des méthodes de substitution dans la protection des cultures (Ouédraogo, 2004), parmi ces derniers, on cite, les biopesticides qui ont l'avantage d'être économiques, efficaces, sains, biodégradables et respectueux pour l'environnement. Le neem (*Azadirachta indica* A. Juss) par exemple a un large spectre d'action sur plus de deux cents (200) espèces de ravageurs (Anonyme, 2007).

### 1. Définition et différents types de biopesticides

Les biopesticides pourraient être définis comme des organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de limiter ou supprimer les ennemis des cultures (Thakore, 2006).

Selon Philogène *et al.*, (2002) les biopesticides désignent trois groupes de substances :

- Les pesticides biochimiques : issus essentiellement de substances d'origine naturelle. On peut citer parmi les plus connus : la nicotine, la roténone, les pyrèthres, les huiles végétales et les extraits de neem...

- Les biopesticides microbiens constitués de micro-organismes (bactérie, champignons, virus).

- Les composés protecteurs des plantes : ou substances pesticides synthétisés par les plantes génétiquement modifiées à cet effet, comme l'entomotoxine de *Bacillus thuringiensis* dans les feuilles de soja, maïs.

### 2. Les insecticides d'origine botanique

#### 2.1.Extraits aqueux

Dans nombreux pays, les extraits des plantes naturels sont utilisés pour lutter contre les bioagresseurs des cultures (Niber, 1994).

Trois procédés sont utilisés pour l'extraction des extraits aqueux : l'infusion qui consiste à verser de l'eau bouillante sur la matière végétale sèche pendant une durée variable selon la nature de la plante (Allaoui- Boukhris, 2009), la décoction ou le végétal est directement placé dans de l'eau froide et chauffer jusqu'à ébullition (Dohou et al., 2003) et la macération qui consiste en trempage de feuilles de plantes dans de l'eau (Gakuru, et fouabi, 1996).

Les extraits de *Melia azaderach* et d'*Azadirachta indica* ont affecté la fécondité et la mortalité de *Bemisia tabaci* (Coudriet, 1985 ; Nardo et al., 1997 ; Desouza, Vendramim, 2000). La poudre et les extraits de *Capsicum frutescens* (Solanaceae) ont montré un pouvoir répulsif contre *Callosobruchus maculatus* (Ofuya, 1986, Zibokere, 1994, Onu et Aliyu, 1995), *Rhyzopertha dominica* (EL-Lakwah, et al., 1997), *Sitophilus zeamais* Motsch et *Tribolium castaneum* (Morillo-Rejesus, 1987 ; Trematerra, Sciarretta, 2002). La toxicité des extraits des fruits du piment fort a aussi été notée chez *Rhyzopertha dominica*, *S. oryzae* (L.) et *T. confusum* J. du Val (Williams, Mansingh, 1993 ; Gakuru et Foua, 1996).

Les extraits d'algues confèrent également une protection des plantes contre les attaques des insectes (Booth, 1964 ; Booth et Stephenson, 1966). La fécondité de certains insectes serait réduite suite à leur application (Booth et Stephenson, 1966).

## **2.2. Huiles essentielles**

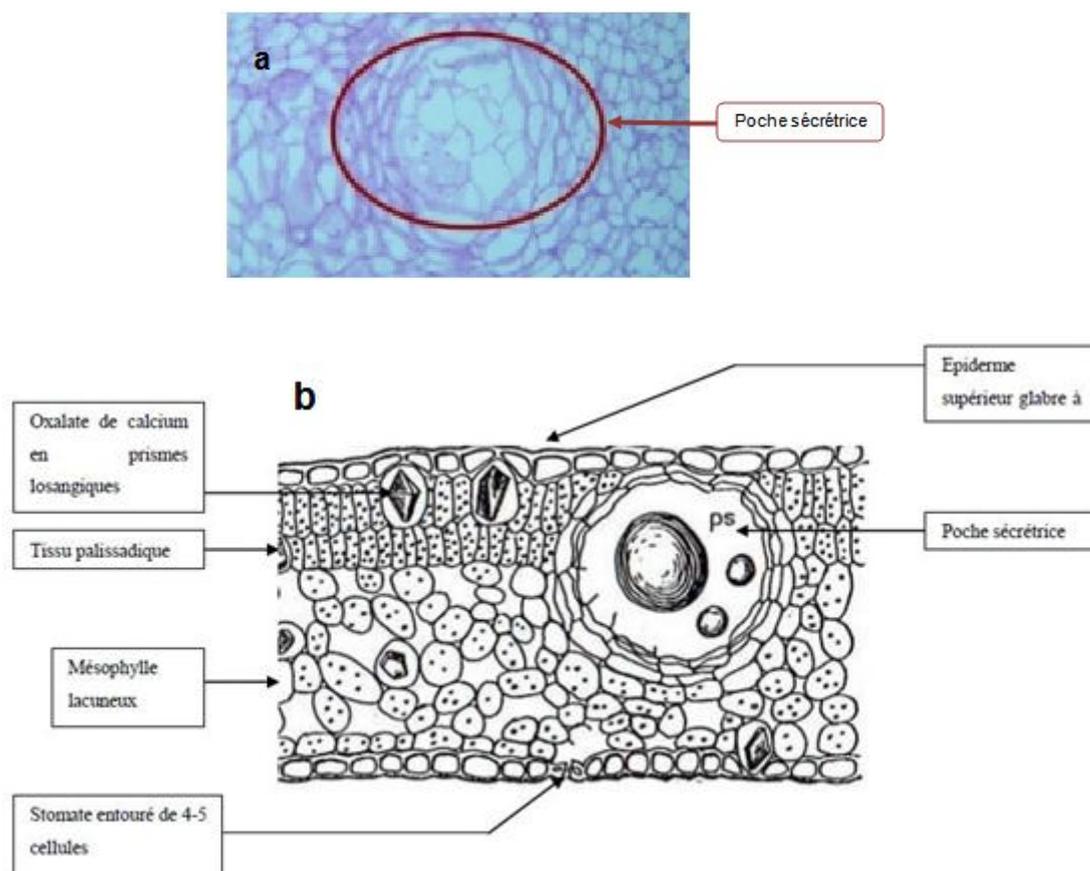
### **2.2.1. Répartition et localisation des huiles essentielles**

Selon Sell, (2006), les huiles essentielles constituent une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives pour prendre la place des insecticides chimiques dans le domaine de la phytoprotection.

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes (monoterpène, sesquiterpènes...) (Fanny, 2008).

D'après Benayad (2008), environ 1% des espèces élaborent des essences, ils peuvent être stockées dans divers organes : les fleurs (Lavande, Menthe), dans les écorces (Cannelier), les racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), les fruits (Anis, Fenouil, Badiane), le bois (Camphrier), les feuilles (Citronnelle, Eucalyptus), les graines (Muscade) et les boutons floraux (clou de Girofle) (Ghuestem *et al.*, 2001).

Les structures anatomiques spécifiques spécialisées dans la sécrétion des huiles essentielles sont très diverses (Bruneton, 1999) : pour la famille des *Lamiaceae*, elle se situe dans les poils sécréteurs, chez les *Myrtaceae* et les *Rutaceae* au niveau des poches sécrétrices (Fig. 11) ou encore des canaux sécréteurs et pour les *Asteraceae*, souvent localisées sur la surface des plantes. (Hernandez, 2005).



**Figure 11** : Localisation de la poche sécrétrice volumineuse des *Citrus* (a : photo réelle de poche sécrétrice, b : schéma de poche sécrétrice) (Perrot, 1943).

### **2.2.2. Composition chimique**

Sur le plan chimique, les huiles essentielles sont des mélanges de structure extrêmement complexe, pouvant contenir plus de 300 composés différents. Ces substances sont des molécules très volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes comme les monoterpènes (myrcène, pinène, terpinène) et les sesquiterpènes (caryophyllène, humulène, bisabolène etc.) (Croteau *et al.*, 2000).

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition Chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (Lahlou, 2001) et les effets synergiques entre les composants. Ainsi la nature des structures chimiques qui la constituent, mais aussi leurs proportions jouent un rôle déterminant (Pibiri, 2006).

### **2.2.3. Facteurs influençant la composition chimique**

Il existe beaucoup de facteurs externes pouvant influencer la composition chimique des huiles essentielles tel que : la température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la période de récolte, la composition du sol, la partie de la plante utilisée, le cycle végétatif de la plante, la méthode utilisée pour l'extraction ; et peuvent également avoir un impact sur la teneur en huile essentielle, c'est le cas par exemple des *Citrus* lorsque la température est élevée, la teneur est plus importante (Bruneton, 1999).

### **2.2.4 Notion de chémotype**

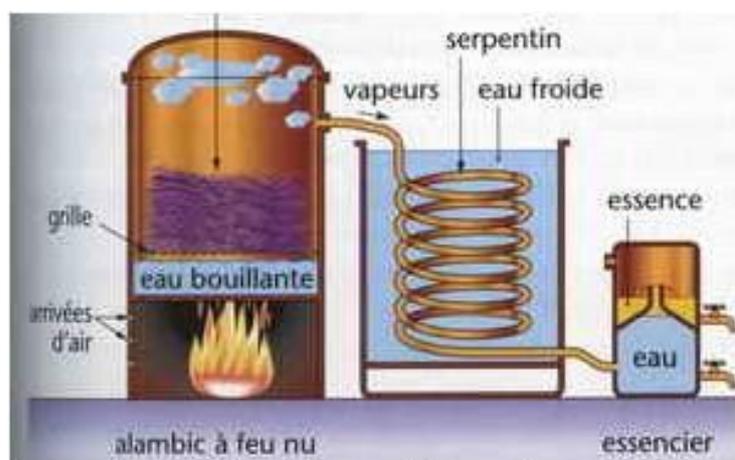
Le chémotype d'une huile essentielle est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif, présent dans l'huile essentielle. C'est l'élément qui permet de distinguer des huiles essentielles extraites d'une même variété botanique mais, d'une composition biochimique différente. Cette classification permet de sélectionner les huiles essentielles pour une utilisation plus précise, plus sûre et plus efficace. Ce polymorphisme chimique existe chez certaines espèces : *Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*. Il est important de noter que les huiles essentielles à chémotypes différents présentent non seulement des activités différentes mais aussi des toxicités très variables (Pibiri, 2005).

### 3. Méthodes d'extraction

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales (Garnero, 1977) :

#### 3.1. Entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est placé sur une grille perforée au travers de laquelle passe la vapeur d'eau (Fig. 12). La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles, qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques (Richard et Peyron, 1992).

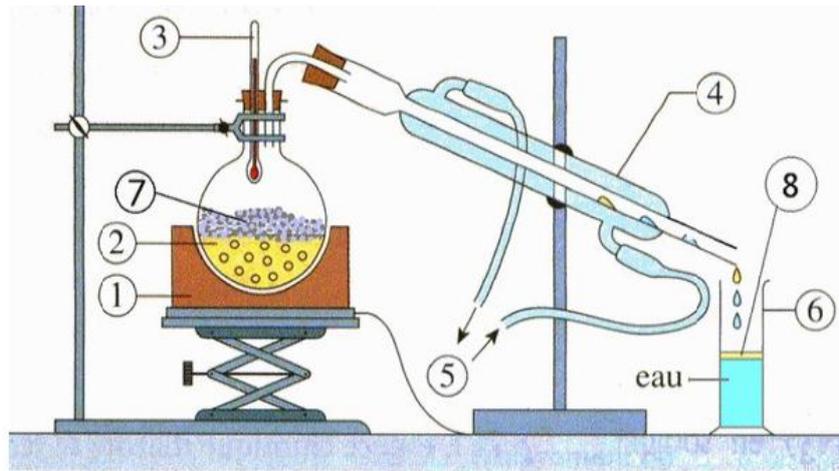


Alambic pour Lavande.

**Figure 12** : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur (Lucchesi, 2005).

#### 3.2. Hydrodistillation

C'est la méthode la plus utilisée. Elle a été proposée par Garnier en 1891. La matière végétale est immergée directement dans un alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'HE étant plus légère que l'eau, elle flotte au-dessus de l'hydrolat (Lucchesi, 2005) (Fig. 13).



- |                   |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| 1- Chauffe ballon | 5 - Entrée et sortie d'eau       |
| 2- Ballon         | 6 - Erlenmeyer                   |
| 3- Thermomètre    | 7 - Matière à extraire l'essence |
| 4- Réfrigérant    | 8 - La couche d'H.E              |

**Figure 13 :** Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).

### 3.3. Hydrodiffusion

Cette technique est relativement récente, elle exploite l'action osmotique de la vapeur d'eau dont cette dernière passe au travers la matrice végétale, à petite pression du haut vers le bas. L'intérêt de ce moyen est d'être plus court ; moins attentatoire pour les composés volatils, et plus économique vu le temps réduit de la distillation et de la consommation de vapeur (El Haib, 2011).

### 3.4. Extraction à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (Basil *et al.*, 1998).

## 4. Effets des H.E

D'après El Akhal et al, (2014), les plantes aromatiques possèdent de plus en plus un atout considérable grâce à la valorisation de leurs huiles essentielles dans différentes applications notamment en tant que anti-inflammatoires,

antiseptiques, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides et insectifuges, etc.

#### 4.1. Effet insecticide

Selon Regnault-Roger (2002), les huiles essentielles agissent sur les mécanismes respiratoires et pénètrent dans la cible soit par contact, soit par ingestion ou encore par inhalation. Elles provoquent une hyperactivité générale, perturbant les mouvements, l'alimentation et entraînent des tremblements et ou des convulsions, aboutissant à la paralysie et à la mort de la cible.

Par ailleurs, ils ont constitué un outil remarquable de défense contre les insectes nuisibles en générale et ceux des denrées stockées en particulier (Keita, et al., 2002).

En 2000, Solsoloy, a montré que l'huile de *Jatropha curcas* L. ayant un effet sur la croissance d'*Aphis gossypii* Glover (Homoptère : *Aphididae*) et *Helicoverpa armigera* Hübner (Lépidoptère : *Noctuidae*). Aussi elle a un effet biocides sur les termites (Menandro et al., 2009).

Les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques de l'Afrique occidentale *Melaleuca quinquenervia* (L) et *Ocimum gratissimum* (L) ont été testées par fumigation à différentes concentrations à une température de  $27,5 \pm 0,2$  °C et à une humidité relative de  $80,3 \pm 1,6$  %.

Ces analyses montrent que ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent, chez les femelles de *Callosobruchus maculatus*, une réduction très significative de la ponte par rapport à celle dans le témoin (Badama Philomène et al., 2004).

Les huiles essentielles des plantes appartenant aux genres *Chenopodium*, *Eucalyptus*, ont témoigné de leur efficacité insecticide, la poudre de *Chenopodium ambrosioides* était testée sur six ravageurs de denrées stockées (*Callosobruchus maculatus*, *Callosobruchus chinensis*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais* et *Prostephanus truncatus*) une concentration de

0,4% provoqua la mortalité de plus de 60% des bruches après deux jours de traitements (Tapondjou *et al.*, 2002).

#### **4.2. Effets antimicrobiens**

les huiles essentielles de *Citrus* sont efficaces contre les bactéries pathogènes, les spores bactériennes, mais également sur certaines bactéries responsables de toxi-infection alimentaire telles que : *Mycobacterium jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella thyphimurium* et *Acrobacter butzleri* (Belletti *et al.*, (2004) et Fisher *et al.*, (2007)).

Selon les travaux de Prudent *et al.* (1995) ; Sharma-Tripathi, (2006) ; et Viuda-Martos *et al.* (2008), les huiles essentielles de *Citrus* : d'orange douce, de citron, de mandarine et de pamplemousse montrent une activité antifongique contre *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* et *Penicillium verrucosum*.

Schumacher & Reichling (2003) ont montré que les virus sont généralement fortement sensibles aux molécules aromatiques des huiles essentielles telles que les monoterpénols et les monoterpénals. Ainsi, de nombreuses pathologies virales sévères traitées avec des huiles essentielles ont montrées des améliorations importantes. L'effet antiviral de l'huile essentielle de *Mentha piperita* a été étudié « in vitro » contre les virus de *Herpes Simplex* (hsv-1 et HSV-2), une inhibition de 50% est obtenue avec des concentrations entre 0.002% et 0.008%.

### **5. Présentation de la plante utilisée *Citrus aurantium* (Orange amère)**

Noms communs : Bigarade, orange amère, Petit grain Bigaradier

Famille : Rutacées

Nom scientifique : *Citrus aurantium* (L., 1753) (Fig. 14).



**Figure 14** ; plante du bigaradier (*Citrus aurantium*) (L., 1753).

### **5.1. Description de la plante**

Le bigaradier (*Citrus aurantium* L.), est un arbrisseau épineux très décoratif de 4 à 5 m de haut, qui produit l'orange amère. Il est largement implanté en région méditerranéenne. Son tronc est très ramifié et ses feuilles sont d'un vert brillant. Ses fleurs blanches à l'intérieur et pourpres en dehors, sont très odorantes. Le fruit, plus petit que celui d'un oranger doux, est ovoïde et jaune foncé, souvent sont des baies cloisonnées à pulpe vésiculeuse et juteuse formée de poils intracarpellaires: ce sont des hespéridés propres aux agrumes (Hadrich et *al.*, 2008).

### **5.2. Composition chimique de l'huile essentielle de bigaradier**

D'après Haubruge *et al.* (1989), l'analyse de la composition chimique des huiles, 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 monoterpéniques et d'autre part qu'ils existent des différences nettes, au niveau de la composition, entre l'huile de Petit Grain Bigaradier et les autres huiles de *Citrus*. En effet, le limonène est la substance principale des huiles extraites de l'Orange douce (90.7%), du Citron (67.3%) et du Pamplemousse (93.7%); alors que les principaux composés, présents dans l'huile de petit grain bigaradier sont, par ordre décroissant: l'acétate de linalyle (56.8%), le linalol (17%), le limonène (4.4%) et d'autres substances (20.8%).

### 5.3. Effets insecticides de huile essentielle de bigaradier

Un travail qui a été mené par Al Akhal et *al.* (2014) sur la valorisation des huiles essentielles de deux plantes de la famille des Rutacées cultivé au Maroc (*Citrus sinensis* et *Citrus aurantium*), les résultats ont dévoilés qu'après 24h de traitement par contact, l'huile essentielle de *Citrus aurantium* a exprimé une forte activité larvicide avec 100% de mortalité sur les larves de l'espèce *Culex pipiens* à partir d'une concentration de 300ppm.

Pavela (2009) a trouvé également des résultats intéressants concernant l'activité de *Citrus aurantium* sur *Culex quinquefasciatus*, avec une CL50 = 179,8 ppm et une CL90 de 351,1 ppm.

Des essais ont été réalisés en conditions normalisées : 27°C et 70% d'humidité. Les résultats ont montrés que l'huile extraite du Petit Grain Bigarade est très toxique à l'égard des trois ravageurs des denrées stockées (*Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* et *Tribolium castaneum*) et que *S. zeamais* est l'espèce la plus susceptible à cette huile ; dont le pourcentage de mortalité après 5 jours d'application topique est de 98, 92 et 100%, respectivement pour *S. zeamais*, *P. truncatus* et *T. castaneum* (Haubruge et *al.*, 1989 ).

# **CHAPITRE III :**

## **Matériel et Méthodes**

### CHAPITRE III : Matériel et Méthodes Objectifs ;

Ce présent travail a pour objectif d'évaluer la capacité biocide de l'huile essentielle du bigaradier (*Citrus aurantium*) sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

#### Présentation du site d'étude

Notre étude a été réalisée en premier lieu au laboratoire qui consistait à extraire l'huile essentielle du Bigaradier (*Citrus aurantium*) ; Et ensuite à la station expérimentale de la faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'Université de Blida1 pour l'application des différents traitements et par suite l'évaluation de leur pouvoir biocide sur le puceron noir de la fève.

Les essais de notre expérimentation ont été suivis pendant une période de trois mois comprise entre le 07/01/2015 et le 22/04/2015.

Le dispositif a été conduit sous un abri serre, qui a enregistré durant toute la période d'expérimentation, une température oscillant entre 28 et 35°C avec une humidité relative de l'aire de 70 à 85% (Fig. 15).



**Figure 15** : Implantation de la serre expérimentale (Originale, 2015).

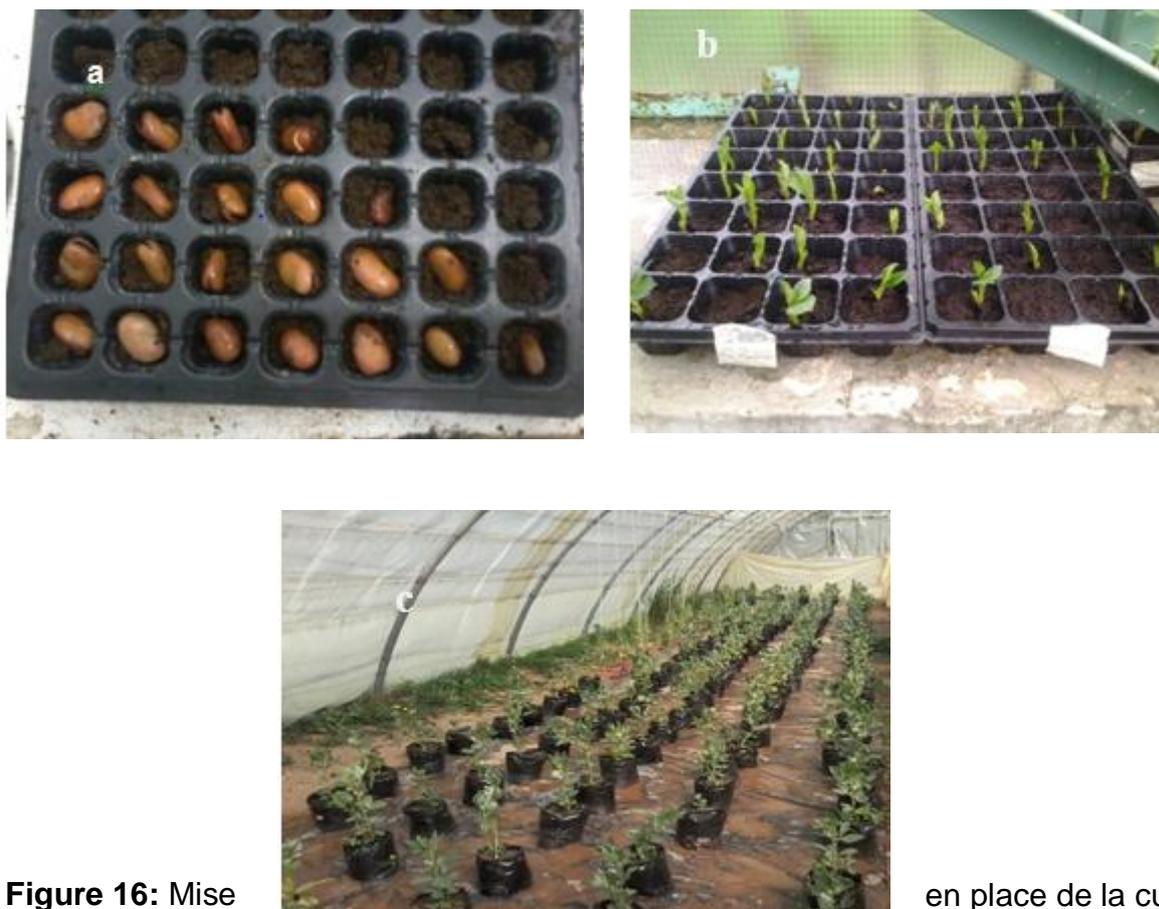
## 4. Matériel biologique

### 4.1. Obtention des plantules de la fève

Nous avons commencé par une prégermination qui consistait à mettre les graines sèches de la fève *Vicia fabae major* L. (Fabaceae) dans de l'eau pendant 24 heures puis mises dans des alvéoles noires contenant de la tourbe.

Sept plaques contenant chacune 32 alvéoles ont été utilisées. Après la levée, 200 plantules au stade trois feuilles ont été transplantées dans des sachets en plastique contenant un mélange de tourbe et de terre puis déposés sur un paillage noir en plastique (Fig. 16).

Durant toute la période de l'essai, les alvéoles seront irriguées régulièrement selon les besoins de la culture. L'espacement entre les lignes est de 100 cm et entre les plants est de 88 cm. Ainsi, la culture est conduite sans aucun traitement insecticide et sans fertilisation.



**Figure 16:** Mise en place de la culture de la fève. (a: Semis, b: levée et c: transplantation des plantules de la fève) (Originale, 2015).

#### 4.2. Obtention de populations infestées du puceron noire de la fève

Au niveau de la serre, nous avons procédé à l'infestation par la mise en place de plants infestés récoltés de chez un agriculteur particulier situé au niveau du centre de Hallouiya (Blida). Cependant, au stade « 4 feuilles », l'ensemble des plantules de la fève, ont été infestées artificiellement par le puceron noir *A. fabae* Scop. (Fig. 17).

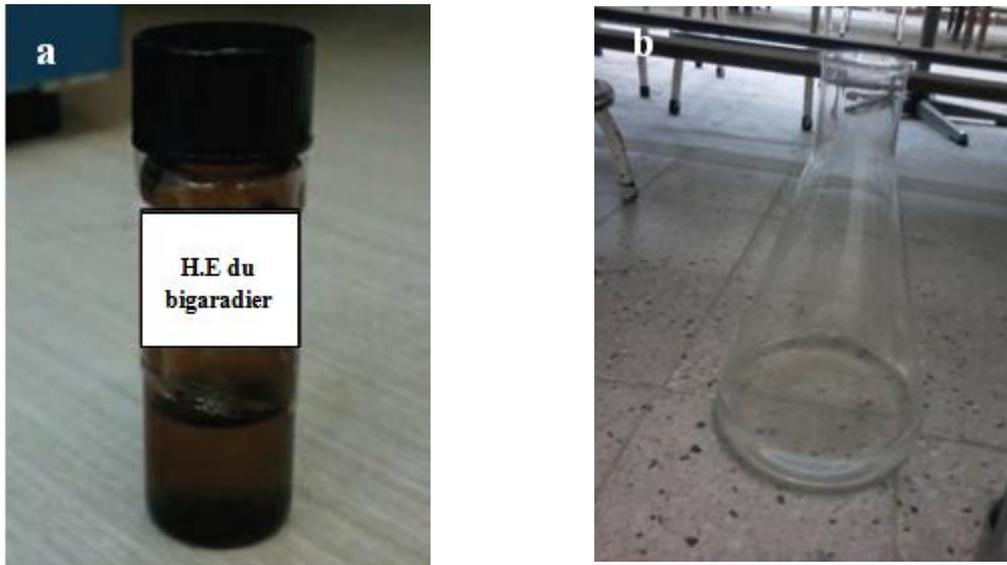


**Figure 17:** Infestation artificielle des plantules (Originale, 2015).

#### 4.3. Extraction de l'huile essentielle du Bigaradier

Les feuilles de bigaradiers ont été collectées durant les mois de Janvier et Février 2015 de chez un agriculteur particulier du centre de Hallouya de la commune de Soumaa.

L'huile essentielle a été extraite par la méthode de distillation à la vapeur d'eau (hydrodistillation), qui consiste à découper, peser, puis macérer le végétale. Dans un ballon mise en chauffage, on place 200g de feuilles fraîches du bigaradier avec 2L d'eau, le tout ensuite porté à l'ébullition. La vapeur d'eau est refroidie dans un réfrigérant pour former une condensation. La vapeur condensée constitue un mélange d'eau et de l'huile essentielle. Celui-ci est recueilli dans une burette graduée dont on observe : l'huile essentielle flotter à la surface de l'hydrolat. Cette séparation est due à une différence de densité d'où l'huile essentielle est plus légère que l'eau. La phase organique est récupérée et conservée dans un tube opaque en verre et la phase minérale est récupérée dans un erlenmeyer (Fig. 18, A et B).



**Figure 18** : les produits finaux obtenus de l'extraction. (a : l'huile essentielle, b : l'hydrolat).

### 5. Produit phytosanitaire utilisé

Dans cette étude, nous avons utilisé un bioproduit à base d'huile essentielle du bigaradier (*Citrus aurantium*) formulée à 1 % par Mr MOUSSAOUI K. du laboratoire de phytopharmacie appliquée. A partir de cette dernière, nous avons préparé une solution mère en mélangeant 25ml de l'huile essentielle formulée avec 75ml d'eau distillée pour obtenir au final une solution de 100ml.

Les dilutions préparées pour l'évaluation de l'efficacité de cette bio formulation sur le puceron noir de la fève sont :

D1 : constituée de 16 ml de la solution mère dilué dans 1L d'eau distillée qui représente la dose complète

D2 : constituée de 32 ml de la solution mère dilué dans 1L d'eau distillée correspondant à la double dose

D3 : constituée de 48 ml de la solution mère dilué dans 1L d'eau distillée qui symbolise la triple dose.

## 6. Méthode d'étude

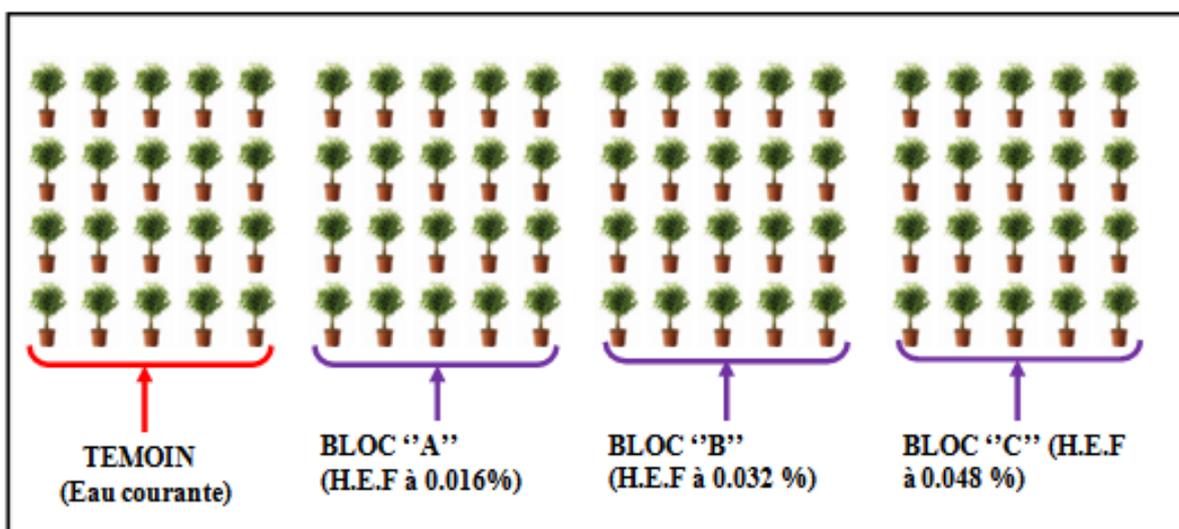
### 6.1. Application des traitements

Afin de réaliser une collection homogène du matériel biologique (les plantes), le protocole expérimental a été réparti en quatre blocs pour l'application des différents traitements. Ces derniers sont basés sur l'apport d'une seule application foliaire du bioproduit formulé et testé à trois doses différentes qui sont respectivement : D1 (0.016%), D2 (0.032%) et D3 (0.048%).

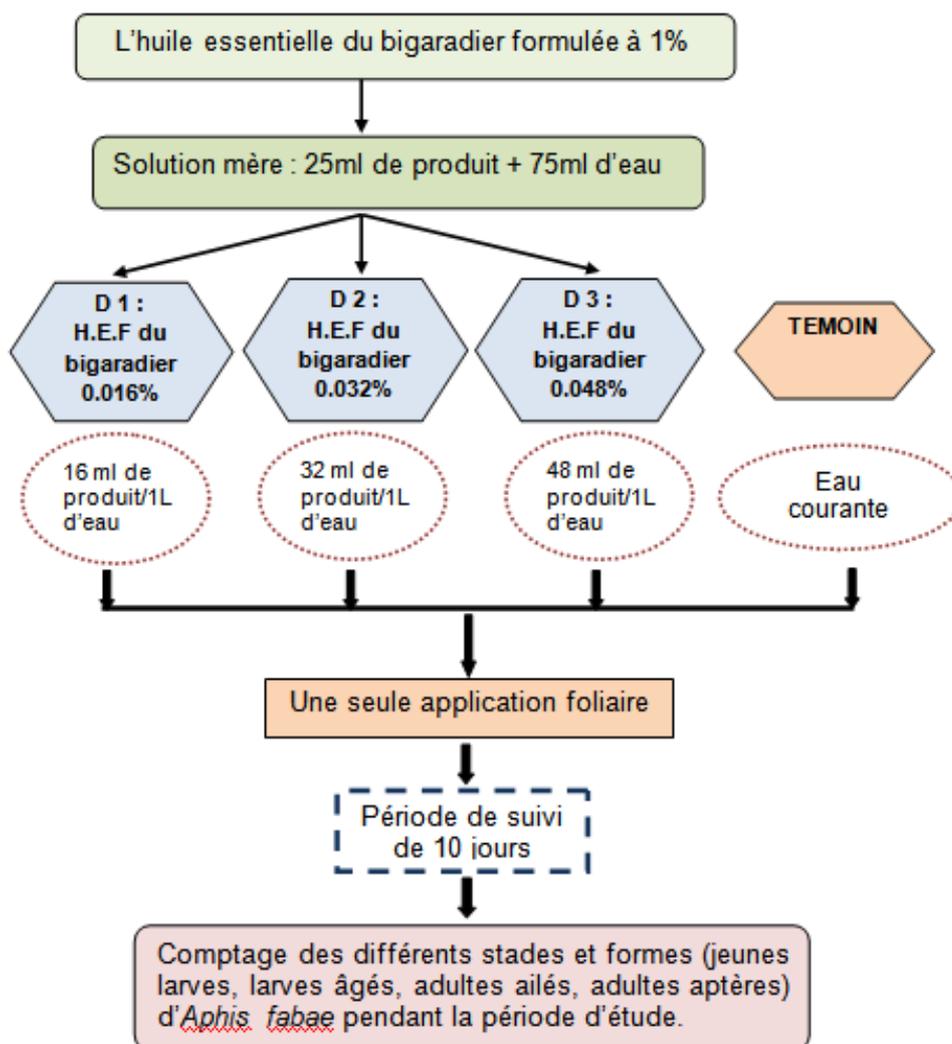
Cependant, les différentes doses D1, D2 et D3 sont respectivement attribuées comme traitements aux blocs A, B et C, comparés au bloc D qui correspond au bloc témoin n'ayant subi aucun traitement mais uniquement pulvérisé à l'eau courante. Chacun de ces blocs est formés de 20 plants de fève. L'application foliaire a été réalisée par un pulvérisateur manuel.

Le suivi des populations d'*Aphis fabae* a été conduit sur une période de 10 jours.

Le protocole de l'étude été synthétisé par les schémas si dessous (Fig. 19, 20).



**Figure 19** : Schéma représentant le choix des blocs dans la serre.



**Figure 20** : Schéma récapitulatif du suivi de l'étude.

## 6.2. Technique de prélèvements

Le dénombrement des individus vivants d'*Aphis fabae* s'est effectué sur les plants de la fève constituant les blocs expérimentaux. La méthode consiste à prélever aléatoirement deux tiges de 10 cm de long de chaque bloc avant l'application des traitements puis renouveler les prélèvements après leur application dans le but de suivre l'incidence de ces derniers sur l'évolution du nombre de pucerons et leur abondance. Par ailleurs les différentes formes biologiques seront estimées à savoir le nombre des jeunes larves, des larves âgées, ainsi que des adultes ailés et aptères.

Pendant toute la période du suivi, les échantillonnages ont été réalisés à un intervalle de temps de 24 heures.

Pour la conservation des échantillons, les tiges sont placées dans des sachets transparents, étiquetés portant toutes les informations nécessaires (date de prélèvement, N° de plants, N° du bloc, ...etc.) puis placés dans un réfrigérateur pour être examinés ultérieurement. Au laboratoire, le comptage des différentes formes biologiques des populations d'*Aphi fabae* a été réalisé sous loupe binoculaire (GX40).

### **6.3. Analyse statistique**

Les résultats, présentés sous forme de courbes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel.

Le test de Wilcoxon et le test de Monte Carlo ont été adoptés pour estimer la densité et la fécondité des populations de puceron noir de a fève au niveau des différents blocs expérimentales. Les tests statistiques ont été déroulés par le logiciel PAST version 3.1 (Hammer *et al.*, 2001).

# **CHAPITRE IV :**

## **Résultats et Discussion**

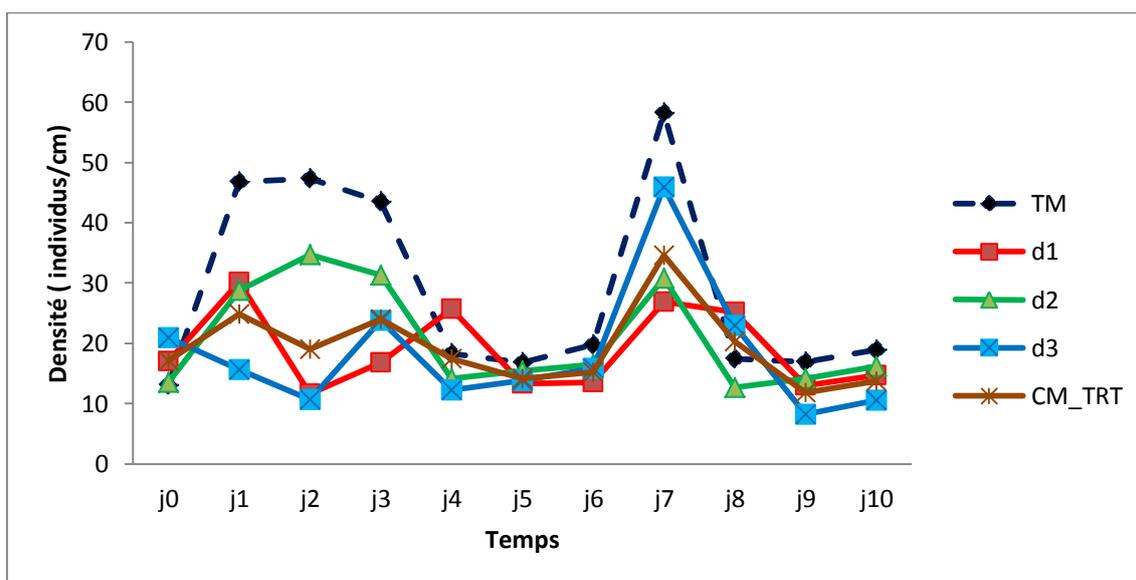
## CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

### Résultats

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats relatifs à l'effet toxique des différentes doses D1 (0.016%), D2 (0.032%) et D3 (0.048%) de l'huile essentielle formulée du bigaradier *Citrus aurantium* sur la disponibilité, la structuration et la stabilité des formes biologiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

#### 1. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur deux paramètres : l'un populationnel et l'autre démographique du puceron noir *Aphis fabae*

##### 1.1. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur la densité du puceron noir *Aphis fabae* en tant que paramètre populationnel



**Figure 21** : Estimation temporelle de la densité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *Citrus aurantium*.

Dans l'esprit de mieux visualiser l'effet biocide du bioproduit formulé, nous avons été conduits à tracer la courbe moyenne des traités. Cette dernière a permis de dire que les différentes doses du bioproduit ont enregistré un effet toxique appréciable sur la densité du puceron noir de la fève par rapport à la fluctuation des densités chez le témoin durant toute la période d'étude (Fig 21).

Cette même figure révèle que les fluctuations des populations aphidiennes traitées par les différentes doses de l'huile essentielle du bigaradier formulée suivent la même trajectoire que celle du témoin en affichant deux phases distinctes correspondant respectivement à deux périodes de pics l'une en début du suivi et l'autre à sa fin. Cependant les différentes doses testées sur la densité populationnelle du puceron noir ont enregistré une plus grande toxicité dans la première période par rapport à celle de la deuxième en accusant une déperdition à la fin du suivi tout en maintenant la densité en dessous de celle du témoin.

En revanche, la double et la triple dose à savoir D2 et D3 ont présenté une action plus ou moins similaire.

Le palier séparant les deux pics correspond à la fin d'une génération aphidiennes et au début d'apparition d'une nouvelle vu la baisse simultanée de la densité au niveau du bloc témoin et des blocs traités.

La lecture individualisée de la fluctuation des densités d'*Aphis fabae* fait ressortir le facteur dose comme élément de restriction de l'évolution des densités du bioagresseur. Ce constat est confirmé par les probabilités calculées par le test de Wilcoxon, qui stipule l'existence d'une différence hautement significative entre le témoin (traités à l'eau courante) et la double dose D2 (0.032%) avec une probabilité de ( $p=0.0044391$ ) et une probabilité significative entre le témoin et la triple dose D3 ( $p=0.026231$ ). Le même test fait ressortir que l'effet biocide de la formulation est tributaire de la dose du principe actif (Huile essentielle du bigaradier) cela signifie que plus la dose augmente plus la formulation extériorise son effet biocide sur les populations du puceron noir (Tab. 2).

Cet état de fait est confirmé par les probabilités calculées par le test de Wilcoxon (Tab 3), qui affiche l'existence d'une différence significative entre la faible dose D1 (0.016%) et la double dose D2 (0.032%) avec une probabilité de ( $p=0.02211$ ) et entre la faible dose et la triple dose D3 enregistrant une probabilité de ( $p=0.047691$ ).

Le test de Monte Carlo confirme les résultats obtenus par le test de Wilcoxon.

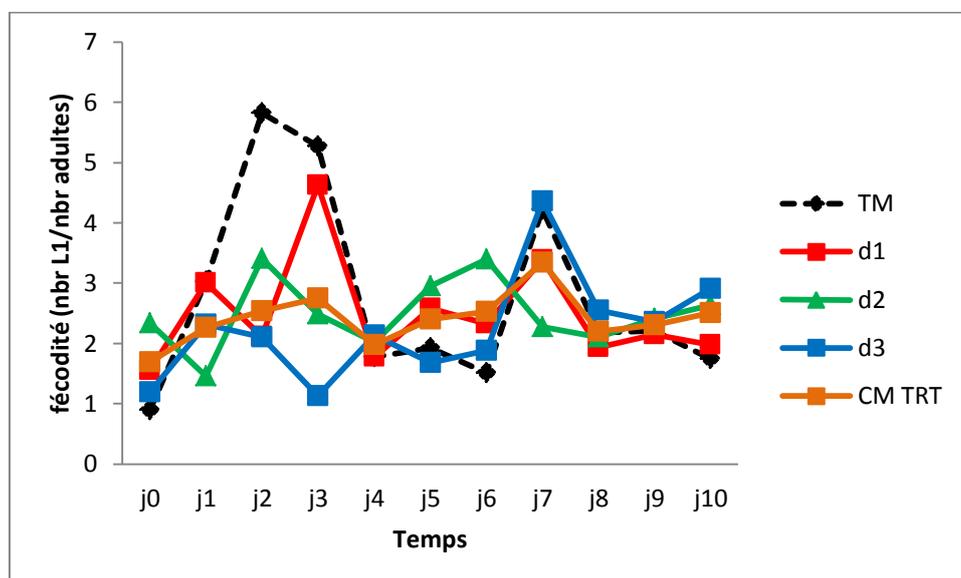
**Tableau 2** : Comparaison entre les densités moyennes des doses appliquées et la densité moyenne du témoin.

	TM	D1	TM	D2	TM	D3
N	11		11		11	
Mean	28.834	18.902	28.834	20.755	28.834	18.248
Median	18.975	16.8	18.975	16.175	18.975	15.675
Wilcoxon test	0.13067		0.0044391		0.026231	
Monte carlo	0.14847		0.00185		0.02445	

**Tableau 3** : Comparaison entre les densités moyennes des doses appliquées.

	D1	D2	D1	D3	D2	D3
N	11		11		11	
Mean	18.902	20.755	18.902	18.248	22.755	18.248
Median	16.8	16.175	16.8	15.675	16.175	15.675
Wilcoxon test	0.02211		0.047691		0.4236	
Monte carlo	0.051982		0.05157		0.46401	

## 1.2. Estimation de l'activité biocide du bioproduit sur la densité du puceron noir *Aphis fabae* en tant que paramètre démographique



**Figure 22** : Estimation temporelle de la fécondité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *Citrus aurantium*.

L'effet recherché à travers l'application du bioproduit formulé est de révéler sa capacité perturbatrice du potentiel biotique du puceron noir. Dans cette optique, nous avons choisi d'apprécier la progéniture du puceron noir en estimant sa fécondité (nombre L1/nombre d'adultes) sous l'effet des trois doses du bioproduit D1 (0.016%), D2 (0.032%) et D3 (0.048%) de l'huile essentielle formulée du bigaradier *Citrus aurantium* dans le temps. Cependant, le principe de la courbe moyenne des traités a été adopté dans cette évaluation.

De même que pour la densité, l'effet comparé des différents traitements par rapport au témoin sur la fécondité du puceron noir, a montré une discontinuité des fluctuations dans le temps. Mais d'une façon générale, les résultats ont montré que toutes les doses de l'huile essentielle formulée du bigaradier ont présenté un effet répressif sur la fécondité par rapport au témoin (Fig.22).

Les résultats correspondant à l'effet de l'huile essentielle du bigaradier sur la fécondité a affiché une évolution bi phasique, montrant une plus grande répression pendant la première que la deuxième phase. En effet, la courbe moyenne des traités présente un profil montrant une forte réduction de la fécondité qui s'étale jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour d'exposition, dès le 6<sup>ème</sup> jour et au-delà, la fécondité d'*Aphis fabae* semble enregistrer un rehaussement par rapport à la fécondité du témoin (Fig.22).

En effet, au début des suivi, on constate que la triple dose D3 a montré une régression importante de la fécondité par rapport aux autres doses et au témoin.

Au milieu de suivi, les doses D1 et D2 ont enregistré une augmentation de la fécondité dépassant celle du témoin et cela du 4<sup>ème</sup> au 6<sup>ème</sup> jour après traitement contrairement à la forte dose qui a maintenu une stabilité de la fécondité durant la même période.

En revanche, à la fin de traitement, le triple dose qui exprime l'effet contraignant de l'accroissement de la fécondité des adultes d'*Aphis fabae*.

Les résultats obtenus par le test de Wilcoxon qui a montré une probabilité non significative entre le témoin et les doses D1 et D2 avec les valeurs respectives de ( $p=0.2845$ ) et ( $p=0.65664$ ) par rapport à la triple dose D3 qui enregistre une probabilité significative soit ( $p=0.02915$ ) sont confirmés par le test de Monte Carlo (Tab.4).

Après le 6<sup>ème</sup> jour l'effet répressif du produit sur la fécondité du puceron et En revanche, le traitement des données de phase de reprise du potentiel biotique au test de Wilcoxon, confirme que la majoration signalée chez les traités en terme de fécondité ne désigne pas une différence significative par rapport à la fécondité du témoin (Tab.5).

**Tableau 4** : Comparaison entre les fécondités moyennes des doses appliquées et la fécondité moyenne du témoin TM.

	TM	D1	TM	D2	TM	D3
N	11		11		11	
Mean	2.7797	2.4936	2.7797	2.4973	2.7797	2.2374
Median	2.1825	2.1429	2.1825	2.4083	2.1825	2.1354
Wilcoxon test	0.2845		0.65664		0.02915	
Monte carlo	0.32211		0.69947		0.03601	

**Tableau 5** : Comparaison entre les fécondités moyennes des doses appliquées.

	D1	D2	D1	D3	D2	D3
N	11		11		11	
Mean	2.4936	2.4973	2.4936	2.2374	2.4973	2.2374
Median	2.1429	2.4083	2.1429	2.1354	2.4083	2.1354
Wilcoxon test	0.72211		0.05886		0.04691	
Monte carlo	0.76276		0.90073		0.51799	

## Discussion générale

L'utilisation des pesticides chimiques efficace contre les organismes a entraîné de multiples conséquences sur l'environnement. Il devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes.

Des études récentes ont montré que les produits naturels issus des plantes et les métabolites secondaires représentent une importante source de molécules pouvant être exploitées dans différents domaines entre autres la phytoprotection.

Dans cette partie, nous exposons les hypothèses relatives aux effets des différentes doses d'un bioproduit formulé à base d'huile essentielle de bigaradier *Citrus aurantium* sur la densité et la fécondité du puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

Les résultats de cette étude semblent être intéressants et confirment leur pouvoir protecteur vis-à-vis des bioagresseurs ciblés. Toutefois, ils dénotent les aspects suivants ;

Les fluctuations des populations aphidiennes traitées par les différentes doses de l'huile essentielle du bigaradier formulée suivent la même trajectoire que celle du témoin en affichant deux phases distinctes correspondant respectivement à deux périodes de pics l'une en début du suivi et l'autre à sa fin séparées par un palier enregistrant une faible densité entre le 4ème et le 6ème jour après traitement.

Cet état de fait nous amène à suggérer que le palier séparant les deux pics avec une forte sensibilité des aphides serait lié à une baisse naturelle des populations qui pourrait correspondre à la fin d'une génération aphidiennes et au début d'apparition d'une nouvelle vu la baisse simultanée de la densité au niveau du bloc témoin et des blocs traités.

Les résultats obtenus après les tests biologiques réalisés avec le bioproduit ont montré une relation directe entre les taux de mortalité des pucerons d'une part et la concentration en produits et la durée d'exposition d'autre part.

Cependant les différentes doses testées sur la densité populationnelle du puceron noir ont enregistré une plus grande toxicité dans la première période par rapport à celle de la deuxième en accusant une déperdition à la fin du suivi tout en maintenant la densité en dessous de celle du témoin. En revanche, la double et la triple dose à savoir D2 et D3 ont présenté une action plus ou moins similaire.

Cette diminution d'efficacité pourrait être expliquée par la dégradation du principe actif du bioproduit après son application.

L'effet répressif de l'huile essentielle formulée à base de bigaradier rejoint les nombreuses études qui ont fait un état des lieux sur la qualité des composantes des huiles essentielles. French (1985), souligne que ce sont les propriétés comme la volatilité, la nature éphémère et la biodégradation qui constituent les avantages d'une utilisation des HE comme pesticides.

Il a été démontré que les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Isman (1999) émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou. C'est le cas du FACIN qui exerce une répression satisfaisante sur les thrips, les pucerons, les aleurodes et certains acariens et qui s'est avéré moins efficace avec des insectes à carapace dure tels que des coléoptères et hyménoptères adultes et certains acariens prédateurs. Il reste à déterminer le mécanisme par lequel les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens.

Le produit appliqué sur le corps des larves 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. L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte (Padilla, 2005)

Les activités des huiles essentielles décrites sur les insectes sont variées : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance. La plupart des huiles essentielles agissent en perturbant la structure de la membrane cellulaire mais, pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs tels que le GABA (acide gamma-

aminobutyrique) et l'octopamine, ou par inhibition de l'acétyl cholinestérase. Enfin, certaines huiles essentielles peuvent potentialiser l'action d'autres molécules en inhibant les cytochromes P450 qui, normalement les détoxifient.

Selon Lahlou (2004), les huiles essentielles ont prouvé leur pouvoir insecticide, antiparasitaire et antimicrobien. Cependant elles agissent selon le rythme de séparation et libération des molécules.

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

La lecture individualisée de la fluctuation des densités d'*Aphis fabae* fait ressortir le facteur dose comme élément de restriction de l'évolution des densités du bioagresseur entre les doses enregistrées chez le bloc témoin et les blocs traités. Le même test met en évidence que l'effet biocide de la formulation est tributaire de la dose du principe actif (Huile essentielle du bigaradier) cela signifie que plus la dose augmente plus la formulation extériorise son effet biocide sur les populations du puceron noir. La progression de toxicité va alors de la faible dose (D1) suivi de la double dose (D2) et enfin de la forte dose (D3).

Ainsi, ces résultats sont confirmés par ceux trouvés par al Akhal *et al.* (2014) qui ont déterminé l'activité larvicide sur *Culex pipiens* de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivée au Maroc et qui ont trouvé que plus la dose est élevée plus le taux de mortalité augmente car pour 120ppm ils ont obtenu un taux de mortalité de 67.88% et ce dernier arrive à 100% pour une dose de 220ppm.

Concernant la différence de toxicité de la double dose et de la triple dose par rapport à la faible dose celle-ci pourrait s'expliquer par la vitesse de métabolisation. On sait que les arthropodes métabolisent en quelques heures la plupart des matières

actives des pesticides de synthèse (Soderlund *et al.*,1983) 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.

Les résultats de l'évaluation temporelle de la fécondité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des différentes doses de l'huile essentielle formulée de *Citrus aurantium* ont montré que ces dernières ont présenté un effet répressif sur la fécondité par rapport au témoin. En effet, on constate que la triple dose D3 a montré une régression importante de la fécondité par rapport aux autres doses et au témoin.

La réduction de la fécondité sous l'effet de la triple dose est due probablement à une stratégie évolutive de l'espèce face à un stress causé par l'application du bioproduit.

En effet, selon la théorie d'allocation du sujet énergétique, les femelles consacrent leur énergie dans la dégradation de la matière du principe actif au détriment du développement ovarien.

Cette hypothèse trouve son appui dans les travaux effectués par plusieurs auteurs, qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur le paramètre démographique de certains ravageurs.

L'environnement peut avoir un effet sur le comportement de ponte chez les insectes. Certaines matières actives peuvent être répulsives pour les insectes provoquant une diminution du nombre d'œufs pondus. L'effet répulsif de ces dernières peut également induire une diète ou une baisse de l'alimentation chez l'insecte pouvant conduire à une réduction de la fécondité (Li *et al.*, 2007).

Certaines huiles essentielles à pouvoir entomotoxique peuvent avoir un effet sur la fécondité ou la fertilité chez les femelles exposées aux molécules actives, provoquant une diminution du nombre de descendants pour la génération suivante en ayant probablement un coût métabolique important et donc des répercussions négatives sur la fitness des adultes survivants.

Boivin *et al.*, ( 2001) a montré que les femelles exposées à une matière active ont une durée de développement larvaire allongée et une fécondité diminuée.

De même, les adultes de *Callosobruchus maculatus* exposés à des doses sublétales d'huiles essentielles végétales ont une durée de vie moins importante et une fécondité réduite suggérant l'éventuelle mise en place d'un mécanisme de détoxification coûteux (Huignard *et al.*, 2002). Une faible fitness a également été observée chez une souche de moustiques résistante aux insecticides (Raymond *et al.*, 1989).

En outre, le contact direct de la matière active avec la plante conduit cette dernière à élaborer une réponse induite qui provoque également un effet important sur les femelles qui présentent une forte diminution de leur fécondité potentielle.

Ainsi, une réponse induite chez une plante affectant la fécondité du phytophage a déjà été observée chez le puceron *Sipha flava* se nourrissant sur *Sorghum halepense* (Costa-Arbulù *et al.*, 2001).

## **Conclusion et Perspectives**

## Conclusion et Perspectives

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans la lutte biologique contre les ravageurs des cultures.

Par le présent travail, nous avons contribué en premier lieu à l'étude de l'effet d'un bioproduit à base d'huile essentielle de bigaradier formulée sur la densité en tant que paramètre populationnel et en second lieu sur la fécondité comme paramètre démographique du puceron noir de fève *Aphis fabae* sous l'effet de différentes doses D1 (0.016%), D2 (0.032%) et D3 (0.048%).

Les résultats montrent que la toxicité de la formulation d'huile essentielle de bigaradier est dépendante de la dose, cela signifie que plus la dose augmente plus la formulation présente son effet biocide sur les populations du puceron noir *Aphis fabae*.

Les résultats de cette étude ont montré qu'il existe une certaine similarité d'effet toxique sur la densité des populations aphidiennes entre la double dose et la triple dose D3. Cette dernière exprime un effet apparent en termes de perturbations du paramètre de fécondation par rapport à la D2.

### Perspectives

Les résultats de cette étude semblent être intéressantes et confirment que les huiles essentielles formulées de bigaradier ont un pouvoir insecticide et une courte rémanence ce qui n'influe pas sur la disponibilité des groupes fonctionnels.

En perspective, il serait intéressant d'évaluer l'efficacité globale des bioproduits formulés testés.

# **Références bibliographique**

## Références bibliographique

**Akhal F., Greche H., Ouazzani Chahdi F., Guemmouh R., El Ouali Lalami A.,** (2014). Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipens* d'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivé au Maroc. J. Master. Environ.Sci 6 (1), PP 214-219.

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

**Assameur D.M. , and marschal J.C., 1995.** Stress induced by topograpy and crustal density heterogeneties : implications for the seismicity of south eastern Canada : Tecctonophysics, v. 241, p. 179-192.

**Badama Philomène Seri-Kouassi, Coffi Kanko, Louis Roi Nondenot Aboua, Kouassi Alphonse Bekon, Adolé Isabelle Glitho, Gérard Koukoua., Yao Thomas N'Guessan, 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. C. R. Chimie 7, 1043- 1046.

**Bambara D et Tiemtore J., 2008.** Efficacité biopesticide de *HYPTIS SPICIGERA* Lam., *Azadirachta indica* A. Juss. et *Euphorbia balsamifera* Ait. Sur le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp.TROPICULTURA, vol 26 (n° 1) :53-55.

**Basil A, Jimenez-carmonna M. M. & Clifford A.A., 1998.** Extraction of rosemary by super-heated water. Journal of food chemistry.46p. : 5205-5209.

**Bellabas A, 2010.** Rapport de mission : Etude de base sur les agrumes en Algérie.

**Belletti N, Ndagijimana M, Sisto C, Guerzoni ME, Lanciotti R, Gardini F., 2004.** Evaluation of the antimicrobial activity of citrus essences on *Saccharomyces cerevisiae*. *J Agric Food Chem* 52(23):6932-8.

**Bellitti N., Nidagijimana M., Sisto C., Guerzoni M.E., Lanciotti R., et Gardini F., 2004.** Evaluation of the antimicrobial activity of Citrus essences on *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 52 (23), 6932-6938.

**Benachour N., Sipahutar H., Moslemi S., Gasnier C., Travert C., Seralini G.E., 2007.** Time- and dose-dependent effects of roundup on human embryonic and placental cells *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53, pp. 126–133.

**Benayad N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Université Mohammed V- Agdal. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair. Département de Chimie. Faculté des Sciences de Rabat. P61.

**Blackman. R. L., & Eastop. V. F., 2000.** Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide. 2nd Ed. New York. : John Wiley et Sons Publishers, 466p.

**Boivin, T., Chabert d'Hières, C., Bouvier, J.C., Beslay, D. & Sauphanor, B. (2001).** Pleiotropy of insecticide resistance in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomol. Exp. Appl.* **99**: 381-386.

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

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

**Boussalem S., 1987.** Etude d'un virus affect la fève en Algérie. Effet du virus sur la croissance et le rendement. Modification cytologique induite par le virus. Thes. Magist, Inst. Nat. Agro. El Harrach, p78.

**Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie et plants médicinales. 3eme Ed. Tec. Et Doc., paris. P461-769.

**Chaisson H., Beloin N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides nouveaux ». Revue de littérature. Bulletin de la société d'entomologie du Québec. Antennae, 14 (1) :3-6.

**Chandrashekar K. & Srinivasa N., 2003.** Residual toxicity of selected pesticides, against two spotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch (*Acari: Tetranychidae*) infesting French bean. J. Ent. Res. 27, 3, 197- 201.

**Chiasson H. et Beloin N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides «Nouveau genre». Revue de literature "Antennae", vol. 14 (1): 3-6.

**Chiasson H., Bélanger A. and Bostanian N., 2001.** Acaricidal properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (*Asteraceae*) essential oils obtained by three methods of extraction. J. Econ. Entomol. 94: pp.167-171.

**Christelle. L., 2007.** Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris.p 43-44.

#### **Costa-Arbulú**

**C., Ernesto Gianoli, Wilfredo L. Gonzáles, Hermann M. Niemeyer, 2001.** Feeding by the Aphid *Sipha flava* Produces a Reddish Spot on Leaves of *Sorghum halepense*: an Induced Defense. Volume 27, Issue 2, pp 273-283.

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

**Credland P.F., 1992.**The structure of bruchid eggs may explain the ovocidal effects of oils. *Journal of Stored Product Research.* 28(1), PP 1-9.

**Crouteu R., Kutchan T.M., et Lewis N.G., 2000.** Natural Product (secondary metabolites). In : BOUCHANAN B., GRUISSEM W., JONES R. (Eds.), *biochemistry and molecular biology of plants.* American society of plant physiologists, pp 1250-1268.

**Cseke L. J., LU C.R. , Korrnfeld A. , Kirakosyan A., Warber S. L., Duke J. A et Brielmann H. L., 1999.** *Naturel products from plants, How and why these compounds are synthesized by plants,* edition Taylor et Francis, 2ème edition. P 611.

**Daoui K., 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de Doctorat. Sciences agronomiques et ingénierie biologique. Louvain. 227p.

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

**Deguine J-P., Vaissayre M., 2000.** Proposition pour une gestion durable des populations de puceron, d'aleurodes chez les petits producteurs de coton africain. Acte de la réunion Phytosanitaire Coraf- réseau coton. 22-25 Février 2000 Lomé (Togo) : 209-218.

**Dohou, N., Yamni K., Tahrouch S., Idrissi Hassani L. M., Badoc A. & Gmira N., 2003.** Screening phytochimique d'une endémique ibéro marocaine, *Thymelaea lythroides*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 142: 61-78.

**Don-Pedro K.N., 1989.** Mode of action of fixed oils against eggs of *Callosobruchus maculatus* (F). *Pesticide Science* 26, PP 107-16.

**Dorman H.J.D. and Deans S.G., 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88, pp. 308-316.

**Eaton. A., 2009.** Aphids. University of New Hampshire (UNH)., Cooperative Extension Entomology Specialist.

**EL-Lakwah F., Khaled O.M., Kattab M.M., Abdel-Rahman T.A., 1997.** Effectiveness of some plant extracts and powders against the lesser grain borer *Ryzopertha dominica* (F.). *Ann. Agric. Sci.* 35 (1), p. 567–578.

**Fanny B., 2008.** Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la réunion. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 78p.

**Ferrero. M., 2009.** Le systeme tritrophique tomate tetranyques tisserands-Phytoseiulus longipes : Etude de la variabilite des comportements alimentaires du predateur et consequences pour la lutte biologique. Thèse doctorat, Montpellier. Florida. *Entomol.* 80 (1), p. 92–94.

**Fisher K., Rowe C. et Phillips C., 2007.** The survival of three strains of *Acrobacter butzleri* in the presence of lemon orange and bergamot essential oils and their components in vitro and food. *Letters in Applied Microbiology*, 44, 495-499.

**Fournier. A., 2010.** Assessing winter survival of the aphid pathogenic fungus *pandora neoaphidis* and implications for conservation biological control. Thèse Doctorat. Univ Eth Zurich.

**Funk S. et Wagnall S., 2004.** Encyclopédie britannique FUNK et WAGNALL. URL: <http://www.FUNKandWAGNALLS.com>.

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

**Garneau F.X., 2005.** Le matériel végétal et les huiles essentielles. Huiles essentielles de la plante à la commercialisation. Manuel pratique. Ed. corporation laseve. Univer. De Chicoutimi, Québec.

**Garnero M.J., 1977.** Problèmes rencontrés au cours de l'étude de la composition chimique des huiles essentielles in Parfumes cosmétiques, arômes .14p. : 31-40.

**Gepts P, Beavis WD, Brummer EC, Shoemaker RC, Stalker HT, Weeden NF, Young ND.,2005.** Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. *Plant Physiology* 137: 1228– 1235.

**Ghestem A., Seguin E., Paris M. et Orecchioni A.M., 2001.** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, - Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC, Paris.

**Giove A., et Abis 2007.** Place de la méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes, note d'analyse de CIHEAM num.n.23, 32p.

**Hadrich B., Dahak K., Abdenouri N., et Kechaoul N., 2008.** Etude de séchage des feuilles de bigaradier. *Revue des énergies renouvelables.* SMSTS 08 Alger. Pp 145-149.

**Hammer Øyvind, David A.T. Harper, and Paul D. Ryan, 2001.** Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

**Harmel. N., Francis. F., Haubruge. E., & Giordanengo. P., 2008.** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons : vers une nouvelle stratégie de

lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. Cahiers Agricultures vol. 17, n°, 396: 395-398.

**Haubruge E., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J.C. et Gaspar CH., 1989.** Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus sp.* à l'égard de *Sitophilus zeamais* Motsch., *Prostephanus* (Horn) et *Tribolium castaneum* Herbst. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 54/3b, PP 1083-1093.

**Haubruge E., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J.C. et Gasparch., 1989.** Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus sp.* A l'égard de *Sitophilus Zeamais* Motsche, *Prostephanus truncatus*, (Horn) et *Tribolium Castaneum* Herbst. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv, Geant 54/3b, pp 1083-1093.

**Haubruge H., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J-C.,Gasper Ch., 1989.** Mémoire, Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus sp.* A l'égard de *Sitophilus zeamais* Motsch (COL., CURCULIONIDAE) ET *Tribolium castaneum* Herbst (COL., TENERBRIONIDAE), Fac Sciences agronomique de Gembloux, Belgique, Laboratoire de UNDA, Avenue Jules Bordé 118, 1040 Evere. PP : 1085- 1086.

**Hellal Z., 2010.** Contribution à l'étude des propriétés anti bactérienne et anti oxydantes de certaines huiles essentielles extraites des *Citrus*. Application sur la sardine *Sardina pilchardus*. Mémoire de magi. en biologie et biochimie appliquée et biotechnologie. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 78p.

**Hernandez-Ochoa L.R., 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « Solvant/ Actif ». D'origine végétale. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechniques de Toulouse. France.

**Huignard, J., Dugravot, S., Ketoh, K.G., Thibout, E. & Glitho, A.I. (2002).** Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. In: *Biopesticides d'origine végétale*, eds, C. Regnault-Roger, B.J.R. Philogène & C. Vincent, Lavoisier, Tech & Doc, Paris, pp. 133-149.

**Hulle M ., Turpeau-aitighil E., Robert Y., Monnet Y., 1999.** Les pucerons des plantes maraichères. Cycles biologiques et activités, Vol. Ed. ACTA, INRA, Paris. 136p.

**INRA, 2013.** L'Institut national de la recherche agronomique

**Isman B., 2000.** Plant essential oil for pest and disease management. *Crop protection*, 19.pp 603-608.

**ITGC, 2010:** Institut technique de grandes cultures

**Jarso et Keneni., 2006:** faba beau (*Vicia faba L.*) genetics and breeding research are view. Pp.42-52.

**Keita S.M., Vincent C., Schmit J.P., Ramasway S. et Belanger A., 2000.** Effect of varios essentials oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. Vol. 36 : 335-364.

**Koba K., Poutouli Pw, Nenonene YA., Songai MS, raynaud C., Sanda K., 2007.** Chemical composition and anti-termite activity of three tropical essential oils against termite species *Trinervitermes geminates* (wasmann). *J. Sci. Technol.*, 5(2): 39-46.

**Lahlou M., 2004.** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18 : pp. 435-448.

**Laumonier R., 1979.** Culture légumières et maraichère, 1978- editions JB Bailliére Cahier des Charges nature et Progres 2002, matières fertilisantes et supports de culture.

**Lazrek - Ben Friha F., 2008.** THÈSE du DOCTORAT De l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, Discipline ou spécialité : Biologie, soutenu le 29 Septembre 2008, Titre : Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. P 19.

**Leclant F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.

**Leroy J., 1982.** Précis de botanique de végétaux supérieurs 2eme édition.Ed : Masson, paris, 579p.

**Li, X., Schuler, M.A., Berenbaum, M.R., 2007.** Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annu. Rev. Entomol.* 52, 231–253.

**Lucchesi E., 2005.** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse Doctorat en sciences, discipline : chimie. Université de réunion Faculté des Sciences et Technologies.

**Maatougui M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Rev. Céréale.* 29: 6-14.

**Menandro N. Acda., 2009.** Toxicity, tunneling and feeding behavior of the termite, *Coptotermes vastator*, in sand treated with oil of the physic nut, *Jatropha curcas* *Journal of Insect Science*, 9 (64), 9p.

**Moreau et Leteinturier J., 1997.** La protection phytosanitaire ; légumes et petits fruits. Ed.CTIFL, Paris, 505p.

**Nardo EAD., De Costa AS., Lorencao AL., 1997.** Melia azadirach extract as an antifeedent to *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae). *Florida Entomol.* 80 (1), p. 92–94.

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

**Ofuya TL., 1986.** Use of word ash, dry chilli pepper fruits and onion scale leaves for reducing *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) damage in cowpea seeds during storage. *J. Agr. Sci.* 107 (2), p. 467–468.

**Onu I., Aliyu M., 1995.** Evaluation of powdered fruits of four peppers (*Capsicum* spp.) for the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) on stored cowpea seed. *Int. J. Pest Manag.* 41 (3), p. 143–145.

**Pavela R., 2009.** Larvicidal effects of some Euro-Asiatic plants against *Culex quinquefasciatus* Say larvae (*Diptera: Culicidae*), *Parasitology Research*, 105 (2009) 887-892.

**Perera M. R., Vargas R. D. F. and Jones M. G. K., 2005.** Identification of aphid species using protein profiling and matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 117: 243-247.

**Perrot E., 1944.** *Matières premières usuelles du règne végétal.* Edition Masson, Paris, 2, 1149-1155.

**Peyron L., Richard Hubert., 1992.** L'extraction des épices et herbes aromatiques et les différents types d'extraits. *Epices et aromates.* Tec et Doc – Lavoisier, APRIA., Paris.

**Pibiri M.C., 2005.** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse de Doctoral. Polytechniques fédérale de Lausanne.

**Pibiri M.C., 2006.** Assainissement de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. *Thèse de doctorat.* Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, pp. 28-52.

**Pichon M., 2008.** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore *Laurentienne* : composition chimique, activités pharmacologiques et héliosynthèse. Mémoire, Université du Québec à Chicoutimi, Canada.

**Raymond, M., Heckel, D.G. & Scott, J.G. (1989).** Interactions between pesticide genes: model and experiment. *Genetics* 123: 543-551.

**Regnault- Roger C., et Hamraoui A., 1995.** Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L., against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). J. stored Prod. Res., 29, PP 259-264.

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

**Regnault-Roger C., Philogene B.J.R. et Fabres G., 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec et Doc. Paris, 1013 p.

**Richard Hubert. 1992.** Epices et aromates. Tec et Doc – Lavoisier, APRIA., Paris.

**Rudent D., Perineau F., Bessiere J.M., Michel G.M. et Baccou J.C., 1995.** Analysis of the essential oil with oregano evaluation of its bacteriostatic and fungistatic properties. *Journal of Essential Oil Research*, 7,165-173.

**Saci M., 1995.** Effet du lit de semence et du mode de semis sur le rendement de la fève et fèverole et la station expérimentale d'Oued-smar. Thèse, ing. Agro. El harrach, 75p.

**Saharaoui. L., Gourreau. J. M., & Iperti. G., 2001.** Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'algérie (Coleoptera. Coccinellidae). Bull. Soc. Zool. Fr., 126 (4) : 351-373.

**Schuhmacher A. et Reichling P., 2003.** Virucidal effect of Peppermint oil on the enveloped viruses *Herpes Simplex Virus* type 1 and 2 in vitro, *Phytomedicine*, 10(6-7), 504-510.

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

**Sharma N. et Tripathi A., 2006.** Fungitoxicity of *Citrus sinensis* L. essential oil on post- harvest pathogens. *World Journal of Microbiological and Biotechnology*, 22,587-593.

**Soderlund D.M., Hessney C.W. ET Helmuth D.W., 1983** - Pharmacokinetics of cis- and trans- substituted pyrethrinoids in the american coakroach. *Prog. Pestic. Biochem. Toxicol.*20. pp: 161- 168.

**Songai MS., 2008.** Etude du potentiel insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. et d'*Ocimum canum Sims* sur *Trinervitermes germinatus* Wasmann et *Macrotermes subhyalinus* Rambur (Isoptère : Termitidae). Mémoire d'ingénieur Agronome, Université de Lomé, p.50.

**Tchoumboungang F., Dongmo PMJ, Sameza ML., ML.,Mbanjo EGN, Fotso G BT, Zollo PH A., Menut C., 2009.** Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13 (1) : 77-84.

**Tephenson WM., 1966.** The effect of hydrolysed seaweed on certain plant pests and diseases. In *Proc. 5th International Seaweed Symposium 5*: 405-415, Halifax, Canada.

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

**Vincent C. et Coderre D., 1992.** La lutte biologique. Tec et Doc Lavoisier. 12p.

**Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernandez-Lopez J. et Perez-Alvarez J., 2008.** Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (**Citrus reticulata**), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.), essential oil. *Food Control*, 19, 1130-1138.

**Anonyme, 2015.** <https://fr.wikipedia.org/wiki/F%C3%A8ve>.

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

**Zeghoune H., 1991.** Essai de caractérisation phytonimique des extraits de quelques plantes médicinales.

**Zibokere DS., 1994.** Insecticidal potency of red pepper (*Capsicum annum*) on pulse beetle (*Callosobruchus maculatus*) infesting cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds during storage. *Indian J. Agr. Sci.* 64 (10), p. 727–728.