

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'AGRONOMIE

# *Mémoire*

*De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master*

*Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (S.N.V.)*

*Filière : Sciences Agronomiques*

*Spécialité : Protection des végétaux*

Intitulé du thème :

**Evaluation de l'activité insecticide des huiles  
essentielles d'*Artemisia herba alba* (Armoise) et  
*Citrus aurantium* (Bigaradier) sur le puceron noire  
de la fève *Aphis fabae*, (Homoptera, aphididae)**

Présenté par : Mr Benaidja mourad

Mémoire soutenu le 20/09/2020 devant l'honorable jury composé de :

**Président de jury** : Mr HADDAD Mostefa (Maitre de conférences A, Université Djillali Liabes )

**Examineur** : Mr Rahmani Abdelkader (Maitre assistant A, Université Djillali Liabes)

**Promoteur** : Mr ZAID Radouane (Maitre assistant A, Université Djillali Liabes)

*Année universitaire 2019 – 2020*

# Remerciements

*Je remercie tout d'abord **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce mémoire de fin d'études.*

*Je tiens particulièrement à remercier mon encadreur, **Mr Zaid Radouane** Maitre assistant A à l'Université Djillali Liabes de m'avoir encadré, dirigé et soutenu au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie vivement :*

***Mr Haddad Mostefa**, MCA à l'université Djillali Liabes d'avoir bien voulu accepter de présider ce jury.*

***Mr Rahmani Abdelkader**, MMA à l'université Djillali Liabes pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de le juger.*

*Merci pour tous ceux et celles qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre dans mon travail :*

***Mr :Mahi Tayeb .***

*Je remercie tendrement ma famille et mes proches amis qui m'ont toujours soutenue et encouragé même dans les périodes les plus difficiles, merci pour votre soutien inépuisable.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail, à mes très chers parents.*

*A mon épouse*

*A mes frères et sœurs*

*A toute la famille Benaidja*

*A mes amis spécialement Mr Lekhal ahmed*

*A mes collègues.*

*A toute personne qui me connait.*

*Benaidja. M*

## RESUME

### **Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* (armoise) et *Citrus aurantium* (Bigaradier) sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae*, (Homoptera, aphididae)**

L'utilisation des produits chimiques de synthèse pour le contrôle des ravageurs soulève plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces utiles, et au développement des populations résistantes.

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

La présente étude a pour objectif de contribuer, dans les conditions de laboratoire, à évaluer l'efficacité de deux bioproduits, à base d'huiles essentielles du bigaradier *Citrus aurantium*, du groupe des agrumes, et d'*Artemisia herba-alba*, sur certains paramètres populationnels et démographiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae* évoluant sur une variété demi précoce *Vicia faba* pendant une durée de suivi de dix (10) jours après application. Les huiles essentielles des feuilles des deux plantes sélectionnées ont été obtenues par hydrodistillation avec un appareil de type Clévenger. Les rendements en huiles essentielles ont été de l'ordre de 0,82% pour l'*Artemisia herba elba* et de 0,54% pour *Citus aurantium*. Le protocole élaboré de traitement par ces deux bioproduits formulés n'a pu être concrétisé, à ce jour, en raison de prises de décisions provisoires de sécurité sanitaire depuis mars 2020 pour lutter contre la COVID19.

**Mots clés** : Biopesticides, huiles essentielles, *Artemisia herba alba*, *Citrus aurantium*, *Aphis fabae*, *Vicia faba*.

## المخلص

تقييم النشاط الحشري للزيوت الأساسية لنبتة *Artemisia herba alba* (الشيح الابيض) ونبتة *Citrus aurantium* (النارنج) على *Aphis fabae* للفلول (*Vicia faba*).

يثير استخدام المواد الكيميائية الاصطناعية في مكافحة الآفات العديد من المخاوف المتعلقة بالبيئة وصحة الإنسان والأنواع المفيدة وتنمية المجموعات المقاومة. تتمتع النباتات العطرية حاليًا بميزة كبيرة بفضل اكتشاف تطبيقات زيوتها الأساسية في مكافحة البيولوجية لآفات المحاصيل.

الهدف من هذه الدراسة هو المساهمة ، في ظل الظروف المختبرية ، في تقييم فعالية اثنين من المنتجات الحيوية على أساس الزيوت الأساسية من *Citrus aurantium* ، من مجموعة الحمضيات و *Artemisia herba alba* على المعايير الديموغرافية ل *Aphis fabae* على صنف شبه مبكر للفلول لفترة متابعة مدتها عشرة (10) أيام بعد التطبيق. الزيوت العطرية للنبتين المختارتين تم الحصول عليهما عن طريق التقطير المائي بجهاز من نوع Clevenger. مردود الزيوت العطرية كان على التوالي بالنسبة للنارنج 0.45 % و 0.82 % بالنسبة للشيح الابيض .

لم يتحقق البروتوكول المفصل للعلاج بهذين المنتجين الحيويين المصوغين حتى الآن بسبب قرارات الأمن الصحي المؤقتة المتخذة منذ 20 مارس لمحاربة جائحة كورونا.

**الكلمات المفتاحية :** المبيدات الحيوية ، الزيوت الأساسية، *Artemisia herba alba* ، *Citrus aurantium* ، *Aphis fabae* ، *Vicia faba*

## Abstract

### **Evaluation of the insecticidal activity of essential oils of *Artemisia herba alba* (Sagebrush) and *Citrus aurantium* (Bitter orange) on the black Aphid of faba bean *Aphis fabae*, (Homoptera, aphididae)**

The use of synthetic chemicals for pest control raises several concerns related to the environment, human health, beneficial species, and the development of resistant populations.

Currently, aromatic plants have a considerable advantage through to the discovery of the applications of their essential oils in the biological control of crop pests.

The purpose of this study is to contribute, under laboratory conditions, to the evaluation of the efficacy of two bioproducts, based on the essential oils of bitter orange *Citrus aurantium*, from the citrus group, and *Artemisia herba-alba*, on certain population and demographic parameters of the black aphid *Aphis fabae* evolving on a half-early variety *Vicia faba* for a follow-up period of ten (10) days after application. The essential oils of the leaves of the two selected plants were obtained by hydrodistillation with a Clevenger apparatus. The yields of essential oils were 0.82% for *Artemissia herba alba* and 0.54% for *Citus aurantium*. The protocol developed for the treatment of these two formulated bioproducts has not been realized to date due to interim health safety decisions since March 2020 to control COVID19.

**Key words:** Biopesticides, Essential oils, *Artemisia herba alba*, *Citrus auratium*, *Aphis fabae*, *Vicia faba*.

# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale** ..... 1

## **Partie bibliographique**

### **Chapitre I : les bio-pesticides**

I. Introduction ..... 4

I.1 Les bio-pesticides..... 4

I.1.1 Définition..... 4

I.1.2 Les différents types de bio-pesticides ..... 5

I.1.2.1 Les bio-pesticides microbiens ..... 5

I.1.2.1.1 Bactéries ..... 5

I.1.2.1.2 Virus ..... 6

I.1.2.1.3 Champignons..... 6

I.1.2.1.4 Protozoaires ..... 7

I.1.2.2 Bio-pesticides animaux ..... 7

I.1.2.3 Bio-pesticides végétaux ..... 7

I.1.3 Les avantages des bio-pesticides ..... 8

I.1.4 Les inconvénients des bio-pesticides ..... 8

I.2 Les huiles essentielles ..... 9

I.2.1 Définition des huiles essentielles ..... 9

I.2.2 Localisation dans la plante ..... 9

I.2.3 Origine des constituants volatils ..... 10

I.2.3.1 La voie de l'acide mévalonique ..... 10

I.2.3.2 La voie de l'acide shikimique ..... 11

I.2.4 Rôle des huiles essentielles ..... 11

I.2.5 Caractéristiques physiques des huiles essentielles ..... 12

I.2.6 Composition chimique des huiles essentielles ..... 13

I.2.7 Les facteurs de variabilité ..... 14

I.2.8 Méthodes d'extraction des huiles essentielles ..... 14

I.2.8.1 Distillation ..... 15

I.2.8.2	Expression à froid .....	17
I.2.8.3	Extraction par les solvants organiques .....	17
I.2.8.4	Extraction par CO2 supercritique (SFE).....	18
I.2.8.5	Extraction assistée par micro-ondes .....	19
I.3	Présentation de l'Artemisia herba alba .....	20
I.3.1	Historique et localisation.....	20
I.3.2	Taxonomie .....	20
I.3.3	Description botanique .....	21
I.3.3.1	Partie aérienne .....	21
I.3.3.2	Partie souterraine .....	22
I.3.4	Cycle annuel.....	22
I.3.5	Principaux constituants de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> .....	23
I.3.6	Activités d'Artemisia herba alba .....	23
I.3.6.1	Activités biologiques et thérapeutiques .....	23
I.3.7	Intérêts économiques .....	24
I.4	Présentation de <i>Citrus aurantium</i> .....	25
I.4.1	Historique et localisation .....	25
I.4.2	Taxonomie .....	25
I.4.3	Description botanique .....	26
I.4.3.1	Le système racinaire .....	27
I.4.3.2	La feuille .....	27
I.4.3.3	La graine .....	27
I.4.3.4	La fleur .....	27
I.4.3.5	Le fruit .....	27
I.4.4	Principaux constituants de l'huile essentielle de <i>Citrus aurantium</i> .....	28
I.4.5	Intérêts biologiques, thérapeutiques et économiques de <i>C. aurantium</i> .....	28
I.4.5.1	Intérêts thérapeutiques et biologiques .....	28
I.4.5.2	Intérêts économiques .....	29

## **Chapitre II : La fève et les bio-agresseurs**

II.1	Description générale de la plante hôte : la fève .....	30
II.1.1	Origine .....	30
II.1.2	Description .....	30

II.1.2.1 Les racines .....	30
II.1.2.2 La tige .....	31
II.1.2.3 Les feuilles .....	31
II.1.2.4 Les fleurs .....	31
II.1.2.5 Les fruits .....	31
II.1.2.6 Les graines .....	31
II.1.3 Position systématique .....	32
II.1.4 Les variétés de fève existantes en Algérie .....	33
II.1.4.1 La Séville .....	33
II.1.4.2 L'Aguadulce .....	33
II.1.4.3 La Muchaniel.....	33
II.1.4.4 La Sidi Moussa .....	33
II.1.4.5 La Féverole .....	34
II.1.5 Intérêt et production de la fève dans le monde.....	34
II.1.5.1 Dans le monde.....	34
II.1.5.2 En Algérie .....	36
II.1.5.3 Intérêt nutritionnel .....	37
II.1.5.4 Intérêt agro-économique .....	37
II.1.6 Les contraintes .....	38
II.1.6.1 Contraintes abiotiques.....	38
II.1.6.2 Contraintes biotiques .....	39
II.1.7 Les principaux ravageurs .....	39
II.2 Les Aphides .....	41
II.2.1 Systématique des aphides .....	42
II.2.2 Biologie ou cycle de vie des pucerons .....	42
II.2.3 Le puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i> .....	44
II.2.3.1 Description du puceron noir de la fève .....	44
II.2.3.1.1 Forme aptère .....	44
II.2.3.1.2 Forme ailée .....	44
II.2.3.2 Position systématique.....	45
II.2.3.3 Cycle de vie.....	45
II.2.3.4 Les dégâts du puceron noir .....	46
II.2.3.5 Les moyens de lutte contre <i>Aphis fabae</i> .....	47
II.2.3.5.1 Lutte préventive.....	47

II.2.3.5.2 Lutte curative .....	47
II.3.5.2.1 Lutte chimique .....	47
II.3.5.2.2 Lutte biologique .....	48
<b>Partie experimentale</b>	
<b>Chapitre III : Matériel et methodes</b>	
III.1 Situation géographique des régions de collecte .....	50
III.2 Synthese climatiques .....	52
III.2.1 Caracteristiques climatiques .....	52
III.2.1.1 Temperatures .....	52
III.2.1.2 La pluviométrie .....	53
III.2.2 Diagramme ombothermique des régons d'études .....	54
III.2.3 Climagramme d'Emberger .....	55
III.3 Materiel d'études .....	57
III.3.1 Materiel biologique .....	57
III.3.1.1 Préparation du matériel vegetale destiné a l'extraction des huiles essentielles .....	57
III.3.1.2 Matériel végétale destiné a l'application des huiles essentielles .....	58
III.3.1.3 Matériel animal .....	58
III.3.2 Procédé d'extraction des huiles essentielles .....	59
III.4 Methodes d'études .....	60
III.4.1 Echantillonnage et détermination des stades larvaires du puceron noire ..	60
III.4.2 Methode d'application des bio-pesticides.....	60
III.5 Exploitation des données .....	61
III.5.1 Detrminaiion du rendement d'extraction.....	61
III.5.2 Calcul de la DL <sub>50</sub> et DL <sub>90</sub> .....	61
III.5.3 Calcul de la mortalité corrigée .....	61
III.5.4.Populations résiduelles .....	62
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1 Huiles essentielles obtenus .....	63
IV.2 Rendements des huiles essentielles obtenus .....	63
IV.3 Travaux anterieurs sur l'effet insecticide de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> et de <i>Citrus aurantium</i> .....	64
<b>Conclusion</b> .....	66
<b>Références bibliographiques</b>	

## Liste des abréviations

**C°** : degré Celsius

**%** : pourcentage

**A. fabae**: *Aphis fabae*

**V. faba**: *Vicia faba*

**R%** : Rendement en huile essentielle en %

**MC** : mortalité corrigées

**FAO**: Food and Agriculture Organization.

**DSA**: Direction des services agricoles

**DL50**: Dose létale, qui tue 50% de population traité dans un temps déterminé.

**DL90**: Dose létale, qui tue 90% de population traité dans un temps déterminé.

**HE**: Huile essentielle.

**MS** : Matière sèche

**ha** : hectares

**cal** : calorie

**PR** : population résiduelle

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Différents organes sécréteurs.....	10
<b>Figure 02</b> : Structures chimiques de quelques composés des huiles essentielles.....	13
<b>Figure 03</b> : Distillation à la vapeur d'eau.....	15
<b>Figure 04</b> : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.....	16
<b>Figure 05</b> : Schema d'hydrodistillation Clevenger.....	16
<b>Figure 06</b> : Extraction par expression à froid.....	17
<b>Figure 07</b> : Appareil de Soxhlet et appareil de Licken-Nickerson .....	18
<b>Figure 08</b> : Montage d'extraction par le CO <sub>2</sub> supercritique.....	19
<b>Figure 09</b> : Montage d'extraction assistée par micro-onde.....	19
<b>Figure 10</b> : Illustration des différents aspects morphologiques d' <i>Artemisia herba-alba</i> .....	22
<b>Figure 11</b> : Fleurs, feuilles et fruit de <i>Citrus aurantium</i> .....	26
<b>Figure 12</b> : Aspects morphologiques de <i>Vicia faba</i> .....	32
<b>Figure 13</b> : Les variétés de la fève présentes en Algérie.....	34
<b>Figure 14</b> : Schéma de l'anatomie générale d'un puceron.....	41
<b>Figure 15</b> : Cycles annuels de vie des pucerons avec alternance ou non de plantes hôtes.....	42
<b>Figure 16</b> : Plantes hôtes et cycles biologiques du puceron .....	43
<b>Figure 17</b> : Le puceron noir <i>Aphis fabae</i> .....	44
<b>Figure 18</b> : Colonies de puceron noir sur la fève.....	46

<b>Figure 19</b> : Prédateurs de pucerons.....	49
<b>Figure 20</b> : bigaradier <i>Citrus aurantium</i> .....	50
<b>Figure 21</b> : <i>Artemisia herba alba</i> .....	51
<b>Figure 22</b> : Présentation des régions de collectes.....	51
<b>Figure 23</b> : Diagramme Ombrothermique des deux régions de collecte.....	55
<b>Figure 24</b> : Climagramme pluviométrique d'Emberger pour les deux régions de Sidi Bel Abbes et de Ténira, 2019/2020.....	56
<b>Figure 25</b> : Dispositif de séchage des feuilles de <i>Citrus aurantium</i> (a) et d' <i>Artemisia herba-alba</i> (b).....	57
<b>Figure 26</b> : Variété Aguadulce.....	58
<b>Figure 27</b> : Le puceron <i>A. fabae</i> .....	58
<b>Figure 28</b> : Montage d'hydrodistillation type Clevenger.....	59
<b>Figure 29</b> : Huiles essentielles après extraction.....	63

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau n° 01</b> : Classification de la plante d' <i>Artemisia herba alba</i> .....	21
<b>Tableau n°02</b> : Origine de quelques espèces de Citrus.....	25
<b>Tableau n°03</b> : Classification de <i>Citrus aurantium</i> .....	25
<b>Tableau n°04</b> : classement des 15 pays producteurs de fève en 2016 en termes de tonnes produites et de valeur(\$).....	35
<b>Tableau n°05</b> : Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie.....	36
<b>Tableau n°06</b> : Les températures moyennes mensuelles de la région de Sidi Bel Abbes, période 2019-2020.....	52
<b>Tableau n°07</b> : Les précipitations mensuelles de la région de Sidi Bel Abbes, période 2019-2020.....	53
<b>Tableau n°08</b> : Les précipitations mensuelles de la région de Sidi Bel Abbes, pour l'année 2019-2020.....	53
<b>Tableau n°09</b> : Les précipitations mensuelles de la région de Tenira, pour l'année 2019-2020.....	54
<b>Tableau n°10</b> : Rendement des huiles essentielles des deux plantes .....	63

## Introduction

En Algérie, la superficie affectée aux légumineuses (85 000 ha) permet de produire environ 1 00 000 tonnes, toutes espèces confondues (fèves et féverole, pois, haricots, pois chiches et lentilles), soit 35% des besoins du pays. Les besoins sont estimés à 280 000 tonnes dont la différence est comblée par les importations, soit 180 000 tonnes (MADR, 2017). Les légumineuses alimentaires occupent donc une place importante dans les systèmes de cultures et dans l'alimentation de la population en tant que sources importantes de protéines végétales (Zahaf, 2016). Les fèves et féverole occupent la première place en production comparativement aux autres espèces de légumineuses alimentaires (haricot sec, pois chiche, lentille et pois sec) avec une production moyenne de 40 000 tonnes pour une superficie moyenne de 36 800 ha (MADR, 2017). Les fèves et féverole sont cultivées comme légumes frais alimentation 'et comme graines sèches utilisées dans l'alimentation humaine et animale.

La fève ou *Vicia faba L.* présente des intérêts agronomiques, économiques et nutritionnels. Sur le plan agronomique, cette légumineuse est une bonne tête d'assolement pour les cultures céréalières et pour son utilité dans la fixation de l'azote atmosphérique et dans la fertilité des sols (Maatougui, 1997 ; Vioque, 2012 ; Wang et *al.*, 2012). Sur le plan économique et nutritionnel, la fève est un aliment riche .homme et les ruminants'en protéines, 25 à 35%, pour l'homme et les ruminants. Cette légumineuse est également une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (Gordon, (2004) in Mezani, 2011) et F.A.O STAT, 2013).

Cependant, cette culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes socio-économiques (conduite manuelle, surtout en semis et récolte, problèmes de semences certifiées, prix à la production non attractifs et coût élevé de la main d'œuvre) (Geerts et *al.*, 2011), abiotiques (froid hivernal et gelées printanières, chaleurs et sirocco, salinité) ((Wolfgang et Sadiki, 1996, Maatougui, 1996 in Mezani,

2011) et biotiques (maladies fongiques, maladies virales, puceron noir de la fève ou *Aphis fabae*, nématode et les plantes parasites) qui limitent sa production,

son développement et son extension (Bailly *et al.*, 1990; Placquert et Girard, 1987; Brink et Belay 2006; Abbad 2001 in Mezani, 2011; Boughdad 1994 in Mezani, 2011; Zaghouane, 1991). Le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) est un puceron piqueur suceur, qui vit en colonies compactes, à l'extrémité des plantes de fève. Il attaque en colonies les nouvelles pousses, les jeunes feuilles et les gousses. Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles en suçant la sève. En conséquence, il cause de graves chutes de rendement de la culture de la fève (BAILLY, 1990).

Les infestations de pucerons sont traitées avec des insecticides. Plusieurs matières actives sont homologuées pour usage contre les pucerons notamment l'alléthrine, le malathion, la pyréthrine et la perméthrine. Malgré les avantages de la lutte chimique, se dissimulent des effets négatifs sur l'environnement (contamination de l'air, des eaux de surface et souterraines, des sols, de la faune et de la flore et qualité des produits agricoles) (Brévault *et al.*, 2008) et sur la santé humaine (Barbouche *et al.*, 2001), lors de la fabrication de ces insecticides, leur transport, leur utilisation et leur élimination (Margni *et al.*, 2002) par la présence de résidus.

Quand à la lutte biologique, elle repose sur l'utilisation d'organismes (prédateurs, insectes parasitoïdes et champignons pathogènes), appelés ennemis naturels ou auxiliaires des cultures, pour réduire les populations de pucerons (Hullé *et al.*, 1998). Les pucerons constituent une ressource alimentaire abondante et régulière pour ces nombreux organismes. Parmi, les prédateurs des pucerons on y compte les coccinelles dont les larves et les adultes se nourrissent de pucerons, mais aussi les syrphes et les chrysopes dont seules les larves sont prédatrices de pucerons. Les parasitoïdes de pucerons appartiennent à l'ordre des hyménoptères, tout comme les guêpes appartenant principalement à la famille des *Braconidae* (sous-famille des *Aphidiinae*) mais aussi des *Aphelinidae*. Certaines espèces de champignons essentiellement des entomophthorales, peuvent infecter les pucerons. Leurs cadavres sporulent sous l'action combinée de l'humidité et de la température (Evelyne *et al.*, 2011).

En conséquence, les travaux de recherches actuels se sont orientés vers la mise au point de méthodes de protection, issues des phytopesticides ou bio-pesticides, sous formes d'extraits aqueux (Aouinty et al., 2006), d'extraits organiques (Regnault-Roger et al., 1993) et d'huiles végétales (Kellouche, 2005), qui se présentent comme alternatives prometteuses évidentes aux pesticides chimiques de synthèse plus respectueuses de la santé humaine, animale et de l'environnement (Lahlou, 2004).

Dans ce contexte, nous proposons d'étudier au cours de ce travail l'effet bio insecticide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques présentes en Algérie, à savoir, l'*Artémisia herba alba*, appartenant à la famille des Composés ou des Astéracées, (Seddiek et al., 2011) et l'oranger bigaradier *Citrus aurantium*, appelé Zanbouâ ou Anreje en arabe, du groupe des agrumes, appartenant à la famille des Rutacées, sur le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*).

Les activités biologiques de molécules naturelles issues d'huiles essentielles de ces plantes ont été étudiées et ont révélé qu'elles sont d'intérêt en raison de leurs nombreuses propriétés notamment anti parasitaire, antibactérien, antiviral et insecticide, pour l'*Artémisia herba alba* (Sharifian et al., 2012 ; Zaim et al., 2012 ; Boudjelal, 2013 ; Delimi et al., 2017) et bactéricide (Ghédira et Goetz, 2015) et insecticide (Dosoky et Setzer, 2018 ; Zerrad et al., 2017 ; Ben Bnina E et al., 2019), pour le bigaradier *Citrus aurantium*.

## I. Introduction

La lutte biologique contre les insectes ravageurs prend diverses formes, mais celle qui attire l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation des substances naturelles d'origine végétale. La méthode qui met en œuvre l'utilisation des bio-pesticides d'origine végétale notamment les huiles essentielles sont considérées aujourd'hui comme méthode substitutive c'est-à-dire qu'elle est considérée comme complémentaire à la lutte chimique qui emploie des pesticides organiques de synthèse. Elle est en pleine croissance parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et de la santé humaine et est comporte de grandes promesses d'avenir en terme d'impact socio-économique et de transfert technologique (Benhamou, 2009).

### I.1 Les bio-pesticides

#### I.1.1 Définition

Le bio-pesticide se définit étymologiquement comme tout pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire, organismes vivants ou de substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la synthèse chimique. Pour certains auteurs, le terme de bio-pesticide doit être réservé aux agents biologiques de lutte ou de contrôle des insectes, comme les arthropodes entomophages, les champignons pathogènes et enfin les bactéries (Van Driesche, 1996 ; Vincent, 1998).

Il comprend également les produits issus du métabolisme des organismes biologiques comme les composés sémi-chimiques (phéromones et allomones). Par conséquent, il est cependant fondé étymologiquement d'appeler les molécules phytochimiques à caractère phytosanitaire des « bio-pesticides d'origine végétale » (Philogène et *al.*, 2002).

## I.1.2 Les différents types de bio-pesticides

Les produits considérés comme des bio-pesticides par les agences de réglementation européennes et mondiales sont d'origines diverses. Selon leur origine, les bio-pesticides peuvent être classés en trois grandes catégories : les bio-pesticides microbiens, les bio pesticides végétaux et les bio-pesticides animaux (Chandler et *al.*, 2011 ).

### I.1.2.1 Les bio-pesticides microbiens

La lutte microbiologique apparaît comme très fructueuse grâce à la grande diversité des microorganismes présents dans tous les écosystèmes (Jourdeuil et *al.*, 1991). Les micro-organismes utilisés comprennent les virus, les bactéries, les champignons et les protozoaires (Kouassi, 2001). L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même (Deravel et *al.*, 2013).

Les micro-organismes ont des spectres d'action assez étroits à cause de certains facteurs abiotiques qui peuvent être limitant pour leur développement optimal (les UV, les variations sub-optimales de température, l'humidité) (Doberski, 1981).

#### I.1.2.1.1 Bactéries

Selon Starnes et *al.*, (1993), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel en lutte biologique. Ces bactéries entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les Bacillaceae, Enterobacteriaceae et Pseudomonaceae (Greathead et *al.*, 1994).

*Bacillus thuringiensis* Berliner et *B. sphaericus* sont les espèces les plus utilisées en lutte contre les ravageurs (Singer, 1981).

Le *B. thuringiensis* est efficace contre certaines espèces de coléoptères, lépidoptères et diptères (Ahmed et *al.*, 1994). Cependant il ne serait pas efficace contre les acridiens en raison de l'acidité intestinale (Greathead et *al.*, 1994).

#### **I.1.2.1.2 Virus**

Les virus entomopathogènes sont regroupés en sept familles, les Baculoviridae, Reoviridae, Poxviridae; les Iridoviridae, Parvoviridae, Picornoviridae et les Rhabdoviridae. Elles renferment la plupart des 650 espèces de virus entomopathogènes identifiés (Khachatourians, 1986). Les baculovirus présentent un intérêt principalement pour leur spécificité. Ils n'ont été observés que chez les invertébrés notamment chez les insectes (Devauchelle, 1993).

Les caractéristiques principales des bio-insecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (Dent .D, 1991).

#### **I.1.2.1.3 Champignons**

Les microchampignons entomopathogènes sont des agents de lutte très intéressants du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact à tous les stades de son développement (Carruthers et Soper, 1987). Plusieurs souches du champignon filamenteux du genre *Trichoderma* sont utilisées pour la protection biologique des plantes. Elles ont généralement une activité antifongique contre plusieurs pathogènes du sol ou des pathogènes foliaires (Dodd et *al.*, 2003). L'activité antifongique de cette souche est attribuée à plusieurs mécanismes d'action qui agissent en synergie. Parmi ces mécanismes, l'antibiose, ou la production d'enzymes spécifiques de dégradation des parois cellulaires comme les chitinases ou protéases (Brunner et *al.*, 2005).

#### I.1.2.1.4 Protozoaires

Les familles les plus utilisées en lutte biologique sont les Amoebidae et les Nosematidae (Greathead et *al.*, 1994). Par exemple *Bralamoeba locustae* (Amoeba appartenant au phylum des Sarcomastigophora) est très efficace pour le contrôle des locustes (Canning, 1982). Parmi les néogregarines, ce sont les micro-sporidies qui offrent le plus de potentiel en lutte microbiologique en tant qu'organismes unicellulaires eucaryotes. Ce sont des parasites intracellulaires obligatoires qui forment des spores caractéristiques (Canning, 1982).

Chez les micro-sporidies du genre Nosema, l'infection se réalise par ingestion des spores ; celle-ci germe dans le tube digestif et traverse les tissus épithéliaux (Maddox, 1987).

#### I.1.2.2 Bio-pesticides animaux

Ces bio-pesticides sont des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Saidenberg et *al.*, 2009 ; Aquiloni et *al.*, 2010).

Il existe plusieurs espèces de nématodes parasites d'insectes comme *Phasmarhabditis hermaphrodita* qui est utilisée pour la lutte contre les limaces et les gastéropodes en général. Quoique de bons agents en lutte biologique, l'utilisation des nématodes en zone sèche est limitée par les facteurs abiotiques particulièrement les UV, qui sont délétères pour tous micro-organismes et peuvent entraver le processus d'infection de l'hôte (Greathead et *al.*, 1994).

Les phéromones d'insectes sont de bons exemples de molécules semio-chimiques utilisées comme alternative à l'utilisation des insecticides. Il s'agit de molécules naturellement produites par les insectes qui sont largement utilisées aussi bien pour limiter les insectes ravageurs *via* des techniques de piégeage ou de confusion sexuelle que pour surveiller leur nombre.

### I.1.2.3 Bio-pesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ou métabolites secondaires ayant diverses propriétés notamment insecticides. Ces substances d'origine végétale telles que des extraits végétaux (nicotine, alcaloïdes, pyrèthres, huiles essentielles et les phéromones) exercent une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes. Ils sont appelés éliciteurs ou stimulateurs des défenses naturelles (SDN) (Thakore, 2006). A titre d'exemple, le biopesticide d'origine végétale le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (Schmutterer, 1990). Egalement, le *Tanacetum cinerariaefolium*, appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyréthrinés, attaquent le système nerveux de tous les insectes.

### I.1.3 Les avantages des bio-pesticides

L'utilisation de bio-pesticides en agriculture comporte des avantages et des inconvénients (Deravel et *al.*, 2014). Plusieurs raisons justifient le choix de ces pesticides biologiques ou bio-pesticides. En effet, ils restreignent ou éliminent l'utilisation des pesticides chimiques, sont moins toxiques que les pesticides chimiques, diminuent les risques de développer de la résistance, ont une plus grande spécificité d'action et sont efficaces à des quantités très faibles (Xu et *al.*, 2011). Par ailleurs, ils améliorent la qualité de vie des travailleurs agricoles, n'exigent pas de délai requis avant récolte, offrent aux consommateurs des produits sains qui ont une meilleure presse auprès des consommateurs. Ils se dégradent rapidement diminuant ainsi le risque de pollution (Yovo et *al.*, 2007).

### I.1.4 Les inconvénients des bio-pesticides

Les difficultés limitant leur développement sont le manque d'infrastructures de production à grande échelle, les difficultés liées à la formulation de ces produits, le processus d'homologation laborieux et coûteux, ainsi que le manque de financement requis pour la réalisation de toutes ces étapes (infrastructures, formulation...) (Deravel et *al.*, 2014).

## I.2 Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des produits naturels produites par les plantes (Heni, 2016). Elles constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (Sell, 2006).

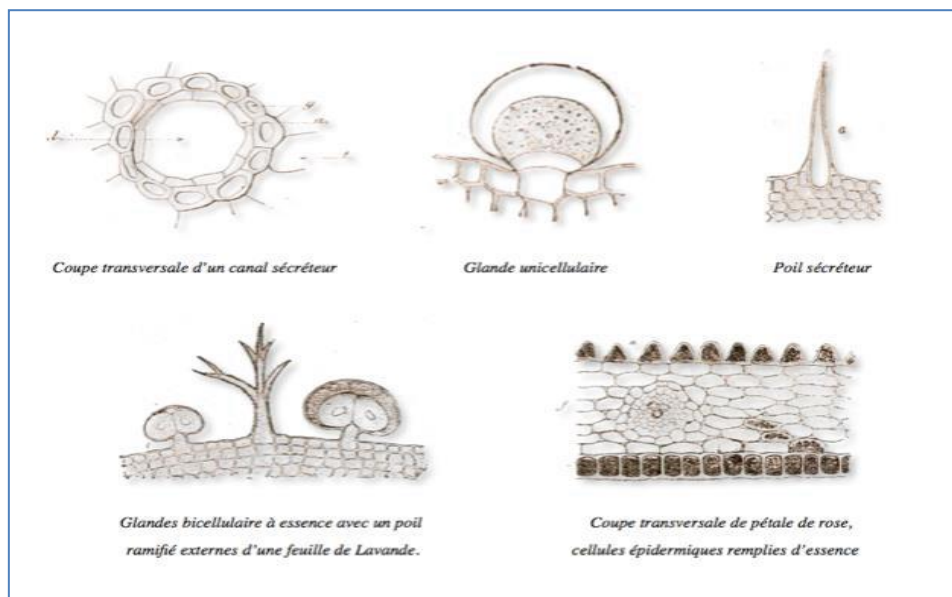
### I.2.1 Définition des huiles essentielles

La norme **AFNOR** définit une huile essentielle comme étant l'extrait obtenu à partir d'une matière végétale, par entraînement à la vapeur d'eau, par distillation sèche ou par expression des épicarpes de Citrus. Cette définition par procédé d'obtention est restrictive, elle exclut les produits obtenus par tout autre procédé d'extraction (solvants organiques, fluides à l'état supercritique, corps gras, etc...). Ainsi, c'est l'origine de la matière première et le mode technologique de préparation qui définissent une huile essentielle (Bruneton, 1993).

### I.2.2 Localisation dans la plante

Dans le règne végétal, les huiles essentielles se retrouvent généralement chez les végétaux supérieurs. Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme cellulaire dit "secondaire" (Bendif, 2017).

La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans un organe sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées qui selon l'espèce botanique peuvent être des cellules sécrétrices, des poches sécrétrices, des poils sécréteurs ou des canaux sécréteurs (Figure 01). Les huiles essentielles sont présentes dans des sommités fleuries (ex : Lavande, Menthe...), dans les racines ou rhizomes (ex : Vétiver, Gingembre), dans les écorces (ex: Cannelles), le bois (ex: Camphrier), les fruits (ex: Citron), les graines (ex: Muscade) (Bendif, 2017).



**Figure 01** : Différents organes sécréteurs (Zekri, 2016)

### I.2.3 Origine des constituants volatils

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer l'origine des huiles essentielles dans la plante. Actuellement, il est admis que deux voies métaboliques secondaires conduisent à la formation des principaux constituants des huiles essentielles :

#### I.2.3.1 La voie de l'acide mévalonique

Bio-génétiquement, le précurseur universel de tous les terpènes est l'acide mévalonique, obtenu après condensation enzymatique de trois molécules d'acides acétique. Sa phosphorylation suivie d'une décarboxylation aboutit à l'unité isoprénique de base : le pyrophosphate d'isopentène-3-yle (PPI-3) qui en s'isomérisant donne pyrophosphate d'isopentène-2-yle (PPI-2) (Gerhard, 1993).

Sa propriété d'être un agent d'alkylation électrophile lui permet de fixer des unités (PPI-3) donnant une combinaison qu'est à l'origine selon le nombre d'unités isopréniques fixées des intermédiaires biosynthétiques suivant :

- Géranylpyrophosphate (C-10) : donne naissance aux monoterpènes.
- Farnésylpyrophosphate (C-15) : aboutit aux sesquiterpènes.
- Géranylgéranylpyrophosphate (C-20) conduit aux diterpènes.

### I.2.3.2 La voie de l'acide shikimique

Précurseurs des composés aromatiques. C'est la voie la plus courante et qui conduit principalement aux acides cinnamiques et à leurs dérivés via les acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine). Les deux précurseurs de cette voie biosynthétique sont le phospho-énol-pyruvate et l'érythrose-4-phosphate qui conduit par une série de réactions à l'acide shikimique, métabolite central de l'élaboration des composés aromatiques (Andrianoelisoa et *al.*, 2006).

### I.2.4 Rôle des huiles essentielles

Enumérer des hypothèses émises par quelques auteurs tels que Veschaffelt et Stahl, Lutz, Croteau, Nicolas H et Erman (les essences naturelles constituaient un moyen de défense contre les prédateurs, source d'énergie et de régulateur thermique, les mono- et sesquiterpènes pouvaient jouer des rôles variés et importants dans la relation des plantes avec leur environnement, pollinisation et la dispersion des diaspores, etc...). De ce fait, elles ont des propriétés multiples et multiformes, principalement :

- **En parfumerie et en cosmétologie** pour leurs propriétés parfumantes ; L'exemple le plus notable est celui de l'eau de Cologne dont la formule, mise au point par Jean-Marie Farina, comportait principalement des huiles essentielles d'agrumes (fleur d'oranger, cédrat, bergamote) et d'aromates (romarin, thym) complétées par des extraits de fleurs (huiles essentielles de lavande et de rose double, eau de mélisse et extrait de jasmin) (Fernandez et Chemat, 2012).

Les huiles essentielles, matières premières par excellence des parfumeurs, à titre d'exemple, l'essence de vétiver est très recherchée en parfumerie haut de gamme associée à d'autres essences telles que le santal, le patchouli ou la rose ; L'huile essentielle d'ylang-ylang est très employée en cosmétologie, en parfumerie et en savonnerie de luxe (Jouhanneau, 1991).

- **En pharmacie (phyto et aromathérapie)** pour leurs propriétés thérapeutiques ; les huiles essentielles sont surtout utilisés dans les antiseptiques externes, à titre d'exemple, l'huile essentielle d'eucalyptus est largement utilisée pour ses propriétés anti-infectieuses, cicatrisantes, stimulant de l'expectoration dans les bronchiques chroniques et dans le traitement des inflammations du nez et de la gorge (Holzner, 1977).

Les huiles essentielles sont également utilisées pour l'aromatisation des formes médicamenteuses destinées à la voie orale (complexes à vaporiser, pastilles, gélules, dentifrices, etc...) (Gavahian et al., 2012).

- **Dans l'industrie agro-alimentaire** pour leurs propriétés aromatisantes ; Les huiles essentielles ont un parfum très prononcé, ce qui en fait des arômes naturels de choix. Le domaine le plus grand consommateur d'huiles essentielles est celui des boissons gazeuses. Celle qui est la plus utilisée dans le monde pour l'agroalimentaire est celle *Citrus sinensis* (Garneau, 2005).

De nombreux arômes de fruits sont utilisés dans les laitages. Les huiles essentielles sont des concentrés à odeur et saveur très agréables qui présentent une alternative à l'usage des plantes entières, qu'il s'agisse de la menthe, du citron, du thym, du basilic, etc ...(ONIPPAM, 1997).

### **I.2.5 Caractéristiques physiques des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont des substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux. Elles sont sous forme liquide à température ambiante et leur grande volatilité les opposent aux "huiles fixes" (lipides) ; elles peuvent être incolores ou colorées (Rouiler, 1990 ; Rhayour, 2002) ; leur densité est généralement inférieure à 1 (ex : eau) (Abraham, 2006).

Leur indice de réfraction est souvent élevé (Rhayour, 2002) ; elles sont peu solubles dans l'eau et, solubles dans la plupart des solvants organiques (Bouguerra, 2012).

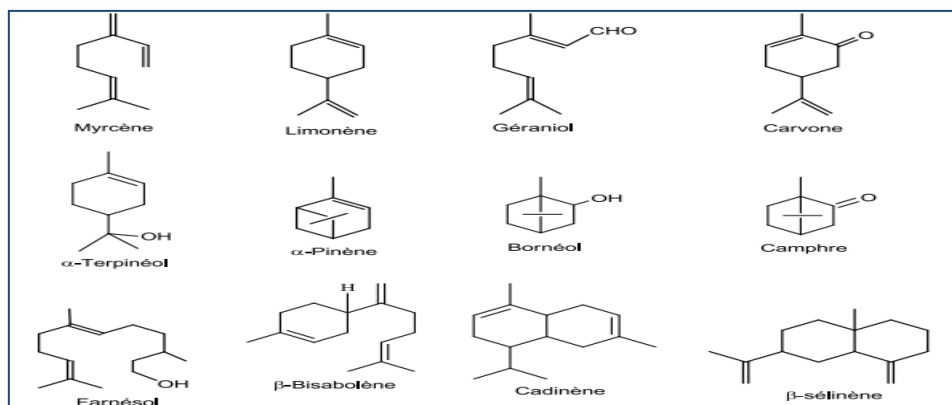
### I.2.6 Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de différents composés chimiques, dissous l'un dans l'autre, formant des solutions homogènes (Fig.02) (Kehal, 2013).

Les principaux constituants des huiles essentielles appartiennent, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (terpènes volatils, mono- et sesquiterpènes. Ce sont des hydrocarbures ayant respectivement dix et quinze atomes de carbone saturés ou insaturés, acycliques, monocycliques, bicycliques ou polycycliques, dérivés oxygénés tels que alcools, esters, éthers, aldéhydes, cétones, etc...) et le groupe des composés aromatiques dérivés (ex : dérivés du phénylpropane) (Bruneton, 1993).

Ce sont très souvent des allyle- et propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, etc.: anéthole, anisaldéhyde, apiole, méthylchavicol) mais aussi celles de girofle, muscade, des cannelles, etc... (eugénol, myristicine, asarones, cinnamaldéhydes, ...) (Bruneton, 1993).

En dehors des composés d'origines divers (alcools, aldéhydes, cétones, etc...), de faibles quantités de composés acycliques non terpéniques et de poids moléculaires peu élevés peuvent se retrouver dans certaines huiles essentielles (Jouhanneau, 1991).



**Figure 02** : Structures chimiques de quelques composés des huiles essentielles (Bruneton, 1993)

### I.2.7 Les facteurs de variabilité

Les huiles essentielles sont très fluctuantes dans leur composition, qui peut varier en fonction des conditions suivantes :

- Conditions géographiques et climatiques (la température, l'humidité relative, le régime des vents, l'alternance de chaleur et de lumière, etc.) (Guignard, 1983)
- Du terrain de culture de la plante, car l'influence du sol ou facteur édaphique est aussi très grande. Les propriétés physiques du sol (porosité, rétention d'eau...), sa nature (argileuse, sablonneuse...), sa composition (teneur en azote, terrains calcaires, siliceux...) etc... (Guignard, 1983).
- Du mode cultural, tel que : la densité de la population, l'intensité et les modalités de l'irrigation, l'apport des engrais, etc... (Guignard, 1983).
- De la période de récolte, par exemple Chez la coriandre *Coriandrum sativum* , la teneur en linalol est cinquante pour cent plus élevée dans le fruit mûr que dans le fruit vert (Bruneton, 1993).
- De l'organe considéré car la composition chimique peut varier d'un organe à un autre. C'est le cas de la cannelle *Cinnamomum zeylanicum*, dont l'écorce renferme une essence riche en aldéhyde cinnamique, la racine fournit un extrait à base de tandis que l'eugénol prédomine dans les feuilles (Rovesti, 1972).
- De la méthode d'extraction, par exemple Sous l'action de la chaleur, du pH et de la pression du milieu d'extraction, de nombreuses réactions peuvent se produire: réactions d'hydrolyse, de réarrangement photochimique, de racémisation, d'oxydo-réduction, d'élimination (déshydratation), d'addition (hydratation, estérification), de cyclisation, etc (Retamar, 1986).

### I.2.8 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs techniques d'extraction des biomolécules à partir des végétaux. Les méthodes conventionnelles d'extraction à pression (l'hydrodistillation, l'extraction par Soxhlet, etc...). Elles présentent plusieurs inconvénients tels que la durée d'extraction très longue, l'obtention de rendements faibles, la consommation

élevée d'énergie, la toxicité pour l'homme et l'environnement, etc. Pour lever ces contraintes majeures, plusieurs techniques nouvelles d'extraction ont été étudiées et mises en œuvre dont les extractions par fluides supercritiques, par micro-ondes et par ultrasons (Mnayer, 2014).

### I.2.8.1 Distillation

C'est une technique de séparation qui se base sur la différence de densité entre un liquide et la vapeur engendrée (Garnero, 1996). Elle implique la condensation de la vapeur et la récupération des fractions liquides résultantes. Les huiles essentielles ont une densité inférieure à l'eau donc flottent à la surface. Il existe en effet deux procédés: l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation. Dans cette première méthode (l'entraînement à la vapeur d'eau) (Fig.03), la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau. Cette opération s'accomplit dans un alambic. Un flux de vapeur d'eau traverse une cuve remplie de plantes aromatiques disposées sur des plaques perforées. La vapeur détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. Après refroidissement de l'eau liquide, on obtient à la surface une couche d'huile essentielle, insoluble dans l'eau (Roux .D, 2008).

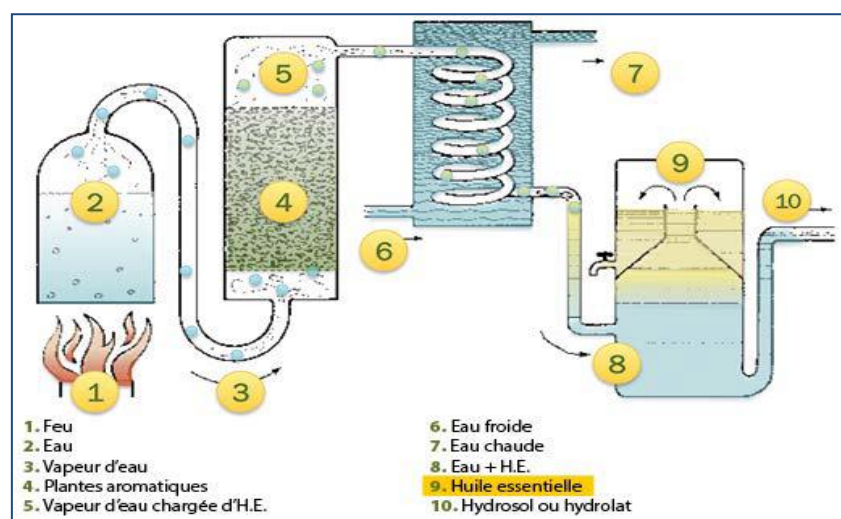
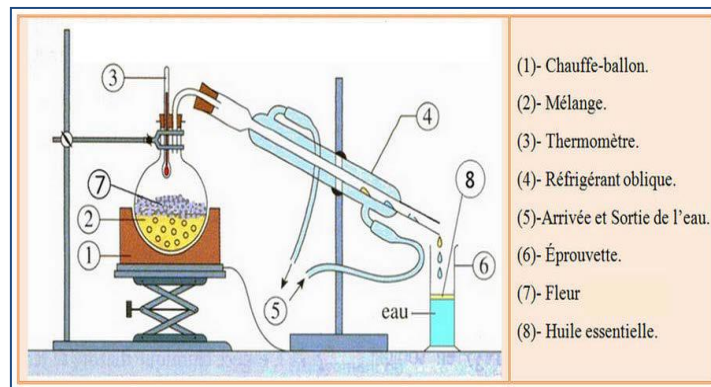


Figure 03 : Distillation à la vapeur d'eau (Baudoux et al ., 2012)

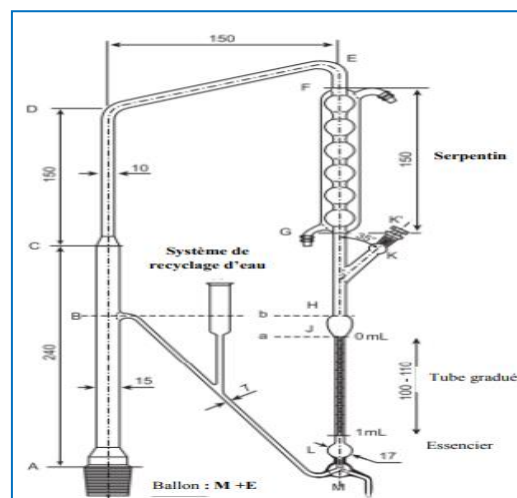
Quant à l'hydrodistillation, c'est une technique très proche de la distillation à vapeur saturée ; la seule grande différence est que la plante aromatique est directement immergée dans un alambic rempli d'eau (Laurent, 2017).

Ce mélange est ensuite porté à ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité (Fig.04) (El Haib, 2011).



**Figure 04** : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).

Un système équipé d'un cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger (Fig.05) Les eaux aromatiques ainsi prélevées sont ensuite recyclées dans l'hydrodistillateur afin de maintenir le rapport plante/eau à son niveau initial (El Haib, 2011).



**Figure 05**: Schéma de l'appareil de Clevenger (Pharmacopée Européenne, 2014)

### I.2.8.2 Expression à froid

Cette méthode ne s'applique qu'aux agrumes dont l'écorce des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Il est réservé à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes des hespéridés ou encore d'agrumes (citron, orange, mandarine...) (Buronzo, 2008). Cette méthode se fait sans chauffage (Fig.06) et consiste à dilacérer (briser mécaniquement) les péricarpes ou «zestes» en y exerçant une forte pression à l'aide d'une presse hydraulique. Cela permet de faire sortir l'essence contenue dans les sacs oléifères (procédé physique) et reçoit le produit habituel de l'entraînement à la vapeur d'eau (Bruneton, 2016).

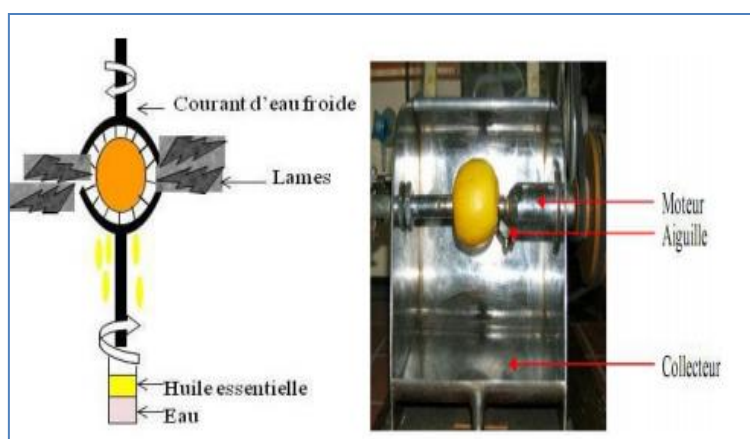


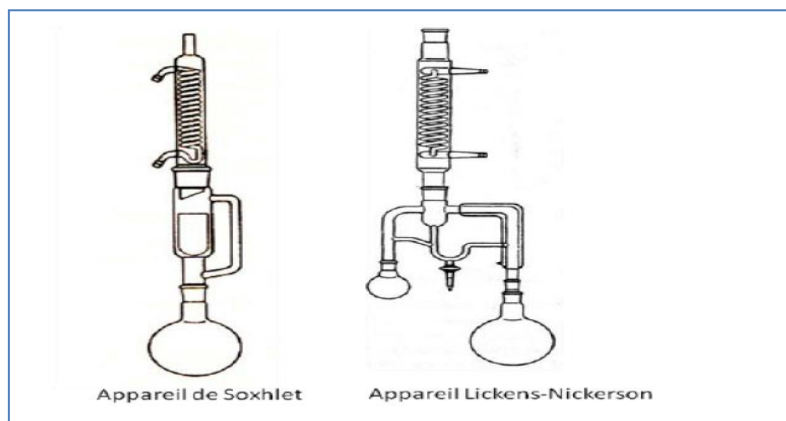
Figure 06 : Extraction par expression à froid (Mnayer, 2014).

### I.2.8.3 Extraction par les solvants organiques

Certains organes de végétaux, en particulier les fleurs, sont trop fragiles et ne supportent pas les traitements par entraînement à la vapeur d'eau ou par hydrodistillation (fleurs de jasmin, d'œillet, de tubéreuse, etc...). Il faut donc, recourir à l'extraction par les solvants fixes (extraction par l'hexane) (Garnero, 1996).

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur Soxhlet ou un appareil de Lickens-Nickerson (Fig.07), un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique.

L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. (Kim, 2002).



**Figure 07** : Appareil de Soxhlet et appareil de Licken-Nickerson (Boutayeb, 2013)

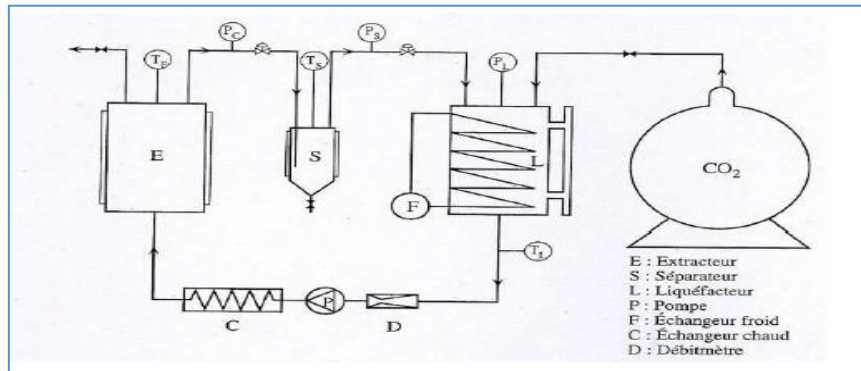
#### I.2.8.4 Extraction par CO<sub>2</sub> supercritique (SFE)

Le domaine supercritique est défini quand la température et la pression de la substance dépassent leurs valeurs critiques. Au point critique, les masses volumiques des deux phases (vapeur et liquide) deviennent identiques. Au-delà de ce point, la substance n'existe plus en tant que liquide ou gaz, mais plutôt sous forme d'une seule phase, le fluide supercritique (Fernandez, 2012).

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le fluide supercritique (P= 74 bars et T= 31°C) le plus utilisé pour ces multiples avantages (non toxique, ininflammable, chimiquement stable, état gazeux à pression atmosphérique, disponible à une pureté élevée et à bas prix, durée d'extraction courte, sélectivité élevée et facilité d'éliminer le solvant après l'extraction par simple décompression, etc...).

La méthode d'extraction est considérée comme coûteuse en investissement car elle exige une consommation d'énergie importante pour établir les pressions et les températures pendant les différentes étapes d'extraction (Fig.08) (Piochon, 2008).

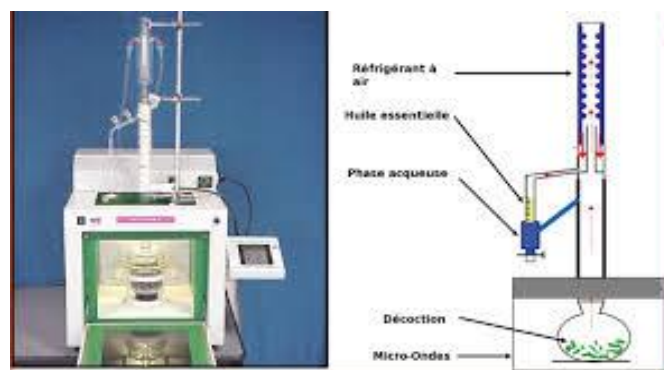
Le principe de la technique est le suivant : le CO<sub>2</sub>, porté aux conditions de température et de pression souhaitées, chemine au travers de la matière première végétale dont elle tire et volatilise les molécules aromatiques. Le mélange passe ensuite dans un séparateur, où le CO<sub>2</sub> est détendu et se vaporise. Il est soit éliminé, soit recyclé. L'extrait se condense et est récupéré (Fernandez, 2012).



**Figure 08** : Montage d'extraction par le CO<sub>2</sub> supercritique (El Haib, 2011).

### I.2.8.5 Extraction assistée par micro-ondes

Ce procédé est une combinaison entre une technique d'extraction conventionnelle et une technologie innovante. En effet, le chauffage par micro-ondes a permis de réduire de façon considérable les temps d'extraction sans ajout d'eau ni de solvant. L'effet des micro-ondes a pour conséquence une libération plus rapide de l'huile essentielle contenue dans la plante grâce à l'ouverture quasi instantanée des glandes et poils sécréteurs (Fig.09) (Wang et al., 2006).



**Figure 09** : Montage d'extraction assistée par micro-onde (Boutayeb, 2013).

### I.3 Présentation de l'*Artemisia herba alba*

#### I.3.1 Historique et localisation

L'*Artemisia herba-alba* (armoïse herbe blanche) a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV<sup>ème</sup> siècle av. J.-C (Khireddine, 2013). Elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordán Claudio de Assoy del Rio (IPNI, 2014). L'*Artemisia herba-alba* est une plante médicinale et aromatique sauvage qui pousse dans les zones semi arides et arides du bassin méditerranéen (ex : l'Espagne) (Salido et al., 2004).

En Afrique du nord, cette espèce couvre d'immenses territoires évalués à plus de dix millions d'hectares sous climats secs et chauds formant, en Algérie, des peuplements importants dans les zones semi désertiques, désertiques et les hauts plateaux (Nabli, 1989 ; Benmansour, 1999). L'*Artemisia herba-alba* est absente des zones littorales nord (Nabli, 1989). Elle résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés (Nabli, 1989).

#### I.3.2 Taxonomie

Le genre Artémisia appartient à la famille des composés, il comprend environ 400 espèces regroupées en quatre sections : Abrotanum, Absinthium, Seriphidium et dracunculus. La classification de l'*A. herba alba* la plus utilisée dans la systématique du genre Artémisia est celle donnée par (Quezel et Santa, 1963). Le tableau ci-dessous (Tableau 01) représente la position systématique d'*A. herba alba*.

Tableau n° 01 : Classification de la plante d'*Artemisia herba alba* (INPI, 2014)

<b>Règne</b>	Plante – Plantae
<b>Embranchement</b>	Spermaphytes (Phanérogames)
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes (Plantes à fleurs)
<b>Classe</b>	Dicotylédones (Magnoliopsida)
<b>Sous-classe</b>	Asteridae
<b>Ordre</b>	Asterales
<b>Tribu</b>	Anthemideae
<b>Sous-tribu</b>	Aremisiinae
<b>Famille</b>	Astéracées ou composée
<b>Genre</b>	<i>Artemisia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Artemisia herba alba</i>

### I.3.3 Description botanique

*Artemisia herba alba* est une plante vivace de forme buissonnante, à tiges nombreuses, tomenteuses (Quezel et Santa, 1963). Elle pousse généralement en touffes de tailles réduites. La morphologie générale de la touffe dépend des conditions du milieu (Fig.10) (Aidoud, 1988). L'armoise blanche se présente comme suit :

#### I.3.3.1 Partie aérienne

- Tige : Partie ligneuse, ramifiée de 30 à 50 cm de long, très feuillée avec une couche épaisse. La touffe des tiges est plus importante selon la pluviométrie (Ozenda, 1985).

- Feuilles : Elles sont courtes, alternées, très divisées, laineuses, blanches, pubescentes. Elles diminuent de taille au fur et à mesure que les rameaux s'allongent. Cette diminution de taille des feuilles entraîne une réduction considérable de la surface transparente, et par conséquent, permet à la plante de résister à la sécheresse (Pourrat, 1974).

- Fleurs : Elles sont groupées en grappes, à capitules très petites et ovoïdes. L'involucre est à bractées imbriquées, le réceptacle floral est nu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites (Pottier, 1981).

### I.3.3.2. Partie souterraine

Elle se présente sous forme d'une racine principale, ligneuse et épaisse, bien distincte des racines secondaires et qui s'enfonce dans le sol tel un pivot. Quand le Chih (*Artemisia herba- alba* Asso) se développe dans une région plus humide, ses racines pénètrent profondément jusqu'à 40 à 50 cm et ne se ramifient qu'à cette profondeur (Pourrat, 1974).

Cette espèce est capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité.



**Figure 10** : Illustration des différents aspects morphologiques d'*Artemisia herba-alba* (Abderrabi, 2018)

### I.3.4 Cycle annuel

*Artemisia herba-alba* fleurit au mois d'octobre - novembre, fructifie et dissémine ces graines en décembre (Aidoud, 1988). Cette floraison d'automne constitue une stratégie adaptative adoptée par beaucoup d'espèces des régions arides. Elle permettrait aux graines d'échapper à la prédation durant la période estivale (Solbrig, 1977). Dans son cycle annuel, les feuilles de l'armoise blanche montrent un polymorphisme saisonnier. Les premières qui se développent en hiver, en général, sont grandes et découpées. Les suivantes sont de taille plus réduite et de moins en moins découpées, ce qui permet la réduction de la surface transpirante ; car ce polymorphisme constitue l'un des caractères adaptatifs de l'espèce à la sécheresse (Aidoud, 1983).

### I.3.5 Principaux constituants de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*

Diverses études, relatives à la composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*, ont été décrites (Salido et al., 2004). Généralement, l'huile est composée de mono-terpénoïdes, tels que le 1-8 cinéole, le chrysanthénone,  $\alpha$  et  $\beta$  thujones, le davanone et le camphre comme composants majeurs (Mohamed et al., 2010). En Espagne, le chémotype est Davanone / 1.8 cinéole / Chrysanthénone (Salido et al., 2004) ; au Maroc le composant majeur est  $\alpha$ -thujone (Sbayouet al., 2014) et en Tunisie les chemotypes  $\alpha$  et  $\beta$  thujone sont les composants majoritaires (Boukrich et al., 2010).

En Algérie, les chémotypes sont, à l'Est, Camphre /Chrysanthénone (Dahmani et al., 2010), à l'ouest (Mechria),  $\beta$  thujone /Camphre (Bendahou, 2007) et Tlemcen,  $\alpha$ -thujone / $\beta$  thujone/Camphre (Benmanssour, 1999).

### I.3.6 Activités d'*Artemisia herba alba*

#### I.3.6.1 Activités biologiques et thérapeutiques

L'*Artemisia herba alba* a été utilisée, comme aromatisant dans le thé et le café (Beloued, 2005). En médecine traditionnelle arabo-musulmane, l'infusion de l'armoise est employée par les bédouins du Néguev (Palestine) pour soulager les maux gastro-intestinaux (Friedman et al., 1986).

Plusieurs études scientifiques ont prouvé ses propriétés antidiabétiques, anti parasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant, anti malarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (Boudjelal, 2013). Elle est indiquée dans les syndromes neurologiques et psychiatriques (hypotension, syncope, épilepsie), dans les affections du foie et de la vésicule biliaire (Benmansour, 1999).

Les effets de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* ont été rapportés sur *Tribolium castaneum*, *C. maculatus*, *R. dominica* (Sharifian et al., 2012), *Ephestia kuehniella* (Lépidoptère: Pyralidae) (Delimi et al., 2017) et sur des criquets adultes

d'*Euchorthippus albolineatus* (Zaim et al., 2012). A fortes doses, elle peut causer des intoxications très graves dues à certains composés cétoniques tels que l' $\alpha$ -thujone,  $\beta$ -thujone et le Camphre (Dahmani, 2004).

### **I.3.7 Intérêts économiques**

Les huiles essentielles de l'*Artemisia herba alba* sont utilisées en parfumerie et en cosmétologie à cause de leur pouvoir antiseptique et aromatique ; elles servent à augmenter la durée de conservation des produits cosmétiques tout en leur assurant une odeur agréable (Dahmani, 2004). *Artemisia herba alba*, connue aussi sous l'absinthe du désert, est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver (Messai, 2011). L'armoise blanche présente un intérêt écologique en tant que moyen de lutte contre l'érosion et la désertification (Ayad et al., 2014).

## I.4 Présentation de *Citrus aurantium*

### I.4.1 Historique et localisation

Le terme agrume (*Citrus*) provient du latin « *Acrumen* » qui signifie dans l'antiquité des arbres à fruits acides (Khan et *al.*, 2010). Lesne et Pavageau, (1999) rapportent que la majorité des agrumes sont originaires de Chine et de l'Inde (Tableau 02) où ils étaient connus, il y a 4200 ans et, cultivés depuis 3000 ans.

Le bigaradier, le citronnier et l'oranger ont été introduits dans le bassin méditerranéen vers la moitié du XII<sup>e</sup> siècle (Spiegel-Roy et *al.*, 1996). En Algérie, le bigaradier embellissait, durant la période Ottomane, les jardins des Beys (Casbah, Hauteurs d'Alger et Constantine) (Hadj Sahraoui, 2007).

**Tableau n° 02** : Origine de quelques espèces de *Citrus* (Gmitter et *al.*, 2007).

<b>Agrumes</b>	<b>Nom scientifique</b>	<b>Origine</b>
Citron	<i>Citrus medica</i>	Inde et Chine
Mandarine tangerine	<i>Citrus reticulata</i>	Sud Est Asiatique
Lime	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Est de l'Inde
Orange amer	<i>Citrus aurantium</i>	Chine
Orange douce	<i>Citrus sinensis</i>	Chine
Pamplemousse	<i>Citrus grandis</i>	Malaisie et Inde
Pomelo	<i>Citrus paradisi</i>	Iles Barbade
Clémentine	<i>Citrus clementina</i>	Algérie

### I.4.2 Taxonomie

D'après Guignard (2001), la position systématique de *Citrus aurantium* est comme suite (Tableau 03) :

Tableau n° 03 : Classification de *Citrus aurantium* (Guignard, 2001)

<b>Règne</b>	Végétale
<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Eudicotylédones
<b>Ordre</b>	Rutales
<b>Famille</b>	Rutacées
<b>Genre</b>	Citrus
<b>Espèce</b>	<i>Citrus aurantium</i>

#### I.4.3 Description botanique

Le *Citrus aurantium* est le seul type d'oranger cultivé grâce à sa grande résistance aux intempéries ; ce petit arbre sert de porte greffe à d'autres Citrus (Boullard, 2001). Le bigaradier est un petit arbre de 3 à 10 mètres, épineux, à feuilles persistantes, à fleurs très odorantes (Fig.11). Il se distingue des oranges douces par son fruit à peau plus épaisse et plus rugueuse et à pulpe acide et amère (Leroy, 1968).



Figure 11 : Fleurs, feuilles et fruit de *Citrus aurantium* (Ernould, 2008)

**I.4.3.1 Le système racinaire**

Le système racinaire occupe plus de 70% de la taille de l'arbre. Les racines ont un pivot qui peut dépasser 2 m en dessous de la surface du sol. Ces racines fibreuses se prolongent généralement bien au-delà de la canopée (Walter et Sam, 2002).

**I.4.3.2 La feuille**

L'oranger amer possède des branches épineuses pourvues de feuilles vertes brillantes, ovales, subaiguës au sommet, à pétiole articulé et plus ou moins ailé, mesurant environ 8cm de longueur et 4 cm de largeur (Festy, 2004).

**I.4.3.3 La graine**

Les graines sont de couleur blanchâtre à verdâtre pâle, aplaties et angulaires. Elles sont poly-embryonnaires (plusieurs embryons qui peuvent germer). Les embryons sont soit zygotiques, dérivant de la pollinisation de l'ovaire par reproduction sexuée, soit nucellaire, provenant entièrement de la plante mère et présentant des caractéristiques très similaires (Polese, 2008).

**I.4.3.4 La fleur**

La fleur peut atteindre 25mm, blanche et parfumée (Escartin, 2011) ; possède 4 à 5 pétales imbriqués, et sont souvent recourbés vers l'arrière (Polese, 2008). Les fleurs poussent isolément ou en groupes, dispersées sur les branches. À la surface des feuilles, de très petites ouvertures appelées stomates sont facilement visibles (Khouri et *al.*, 2006).

**I.4.3.5 Le fruit**

Le fruit appelé « Bigarade » est rond parfois ovale ou aplati. Le fruit est une orange à jus très chargé d'acidité et d'amertume. Il porte au moins 15 à 20 pépins. La peau est rugueuse plus au moins épaisse et piquetée (Messaoudi, 2005).

#### I.4.4 Principaux constituants de l'huile essentielle de *Citrus aurantium*

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales et le mode d'extraction (Guignard, 2000).

Selon les travaux de Bendali et *al.*, (2019), *Citrus aurantium* de la région de Blida est composé de deux composants majeurs qui sont le Terpinéol et le Géraniol acétate avec des taux respectifs de 21% et 18%. Au Maroc, l'huile essentielle du *Citrus aurantium* est très riches en mono terpènes dont le limonène est le constituant majoritaire avec un pourcentage de 95,36% (EL-Akhal et *al.*, 2014).

#### I.4.5 Intérêts biologiques, thérapeutiques et économiques de *Citrus aurantium*

##### I.4.5.1 Intérêts thérapeutiques et biologiques

*Citrus aurantium* est très prisé en phytothérapie et est utilisé comme sédatif, anxiolytique, hypotenseur, hypolipémiant, anti-inflammatoire, spasmolytique, anti-infectieux, tonique digestif, hémostatique (Kim et *al.*, 2003 ; Espina et *al.*,2011). L'extrait d'orange amère est une substance thermogène, qui augmente le métabolisme basal, ainsi que la quantité de calories brûlées durant la journée La saveur amère et aromatique de la pulpe ouvre l'appétit et facilite la digestion (Teuscher et *al.*, 2005).

Les huiles essentielles du *Citrus aurantium* ont des propriétés antimicrobiennes (Sawamura, 2010). L'activité antibactérienne des huilles essentielles de l'orange amère a été rapportée sur plusieurs espèces de pathogènes telles que, *Listeria innocua*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, et *Aeromonas hydrophila* (Dosoky et Setzer, 2018).

Il a été également prouvé les effets insecticides de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* sur des ravageurs tels que *Tribolium castaneum* (Ben Bnina et *al.*, 2019).

L'activité des extraits d'écorces de *C. aurantium* a été prouvée vis à vis de *Bactrocera oleae* et *Ceratitis capitata* (Diptère : Tephritidae) (Siskos *et al.*, 2007).

#### **I.4.5.2 Intérêts économiques**

L'orange amère est utilisée pour la fabrication de jus et des marmelades (confitures d'orange) (Ersus *et al.*, 2007). Très parfumée, la fleur du bigaradier sert à la fabrication de l'eau de fleur d'oranger et de l'essence de néroli riche en terpènes (Kim *et al.*, 2003); elle est utilisée également en parfumerie pour aromatiser les aliments (Ersus *et al.*, 2007).

Les huiles essentielles de *Citrus aurantium* (L.) sont utilisées dans plusieurs produits comme aromatisants et additives tels que les aliments, les jus, les produits cosmétiques et médicaux (Mukhopadhyay, 2000).

## II.1 Description générale de la plante hôte : la fève

### II.1.1 Origine

La fève a été domestiquée très tôt dans le monde (Saxena, 1991). Certains auteurs comme Nuessly et *al.*, (2004) ; Mikic (2011), la considèrent originaire d'Asie centrale. Selon Cubero (2011), le centre d'origine de *Vicia faba* serait le Proche-Orient, cette plante aurait été disséminée d'abord vers l'Europe centrale et la Russie puis vers l'est de la méditerranée et à partir de l'Égypte et les côtes arabes vers l'Abyssinie puis de la Mésopotamie vers l'Inde et la Chine. Au cours du 16<sup>ième</sup> siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnols et vers la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, elle réussit à atteindre l'Australie.

### II.1.2 Description

La fève est une plante herbacée annuelle ; c'est une espèce diploïde ( $2n=12$  chromosomes) partiellement allogame (Wang et *al.*, 2012) ; elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles ; quant à son appareil reproducteur, il est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines.

#### II.1.2.1 Les racines

Selon Duc (1997) et Chaux et Foury (1994), le système racinaire de *V. faba* peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, comporte un pivot et des ramifications très abondantes portant des nodosités dans les 30 premiers centimètres et contiennent des bactéries symbiotiques *Rhizobium léguminosarum* fixatrices d'azote atmosphérique dans le sol sous forme d'ions utilisables par les plantes (Foltet, 2010).

**II.1.2.2 La tige**

La tige est simple, dressé, creuse de section quadrangulaire ; sa hauteur est généralement comprise entre 0.80 à 1,20 m (Chaux et Foury, 1994). La tige est pourvue d'un ou plusieurs rameaux à la base et présente un type de croissance indéterminé (Fig.12a) (Brink et Belay, 2006).

**II.1.2.3 Les feuilles**

Les feuilles stipulées (Fig.12a), alternes, composées-pennées, sont constituées par 2 à 4 paires de folioles ovales, sans vrille, d'un vert glauque ou grisâtre (Chaux et Foury, 1994).

**II.1.2.4 Les fleurs**

Les fleurs sont de type papilionacé (Fig.12 b), de 2 à 3 cm de long, zygomorphes (à symétrie axiale), hermaphrodites et à pollinisation entomophile, de couleur blanche maculées de noires (Boyeldieu, 1991). Des inflorescences en grappe de 4 à 5 fleurs, en moyenne, sont situées à l'aisselle des feuilles. La floraison dépend de la photo-période et de la température (Brink et Belay, 2006).

**II.1.2.5 Les fruits**

Les fruits sont des gousses (Fig.12c), de 10 à 20 cm de long, selon les variétés, pendantes noircissant à maturité ; elles peuvent contenir un nombre variable de graines (4 à 9) (Brink et Belay, 2006).

**II.1.2.6 Les graines**

Les graines sont charnues (Fig.12d), vertes et tendres à l'état immature ; elles développent, à maturité complète, un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à contour presque circulaire réniforme.



**Figure 12** : Aspects morphologiques de *Vicia faba* (Meziani, 2016).  
a : Tige et feuilles ; b : Fleurs ; c : Gousses ; d : Graines

### II.1.3 Position systématique

La classification de *Vicia faba* est la suivante (Cronquist, 1981) :

**Règne** : Plantae

**Sous-Règne** : Tracheobionta

**Division** : Magnoliophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Sous-Classe** : Rosidae

**Ordre** : Fabales

**Famille** : Fabaceae

**Genre** : *Vicia*

**Espèce** : *Vicia faba* L.

D'après Gallais et Bannerot, (1992) et Nuessly et *al.*, (2004), la classification de la fève est basée selon le poids de 1000 graines et la longueur de la graine, en 3 sous espèces qui sont :

- Sous-espèce *Vicia faba* subsp. Major, la fève maraichère à grosses graines destinées à la consommation humaine.
- Sous-espèce *Vicia faba* var. minor, la petite fève ou féverole utilisée pour l'alimentation du bétail.
- Sous-espèce *Vicia faba* var. equina, la fève à grains moyens appelée féverole ou févette. Elle est destinée à l'alimentation du bétail.

#### II.1.4 Les variétés de fève existantes en Algérie

Les variétés de fève présentes en Algérie sont :

##### II.1.4.1 La Séville

C'est une variété précoce à gousses longues, renfermant cinq (05) à six (06) grains volumineux (Fig.13a). Sa tige est d'une hauteur de 70 cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (Chaux et Foury, 1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3 cm et une longueur de 25 cm (Laumonier, 1979).

##### II.1.4.2 L'Aguadulce

L'Aguadulce est une variété demi-précoce, très répandue en culture. Elle est caractérisée par une végétation haute de 1,10 à 1,20m. Ses gousses sont volumineuses, très longues pouvant atteindre 20 à 25cm, renfermant 7 à 9 graines (Fig.13b). C'est une variété très productive (Chaux et Foury, 1994). Elle est introduite, avec la Séville d'Espagne (Zaghouane, 1991).

##### II.1.4.3 La Muchaniel

La Muchaniel est une variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair de 20cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains (Fig.13c). Elle est très productive (Chaux et Foury, 1994).

##### II.1.4.4 La Sidi Moussa

La Sidi Moussa est la variété de fève qui convient à tous les types de sol et peut résister aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche sp.*) et aux nématodes. Cette variété a été sélectionnée à El-Harrach en 1965 (Zaghouane, 1991).

### II.1.4.5 La Féverole

Selon Thomas (2008), la féverole (Fig.13d) possède un système racinaire très repoussant et structurant, et l'une des plus performantes en matière de fixation de l'azote. La féverole (*V. faba* var.minor) est l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale.



**Figure 13 :** Les variétés de la fève présentes en Algérie (Mezani, 2011)

## II.1.5 Intérêt et production de la fève dans le monde

### II.1.5.1 Dans le monde

Les légumineuses à graines permettent d'apporter 33% des besoins humains en protéines alimentaires. Cette part est fournie essentiellement par les cultures du petit pois, le haricot, pois chiche, et fève. Cette dernière culture est d'une importance considérable dans les pays d'Asie, du Nord-est de l'Afrique (Vance et al., 2001). la superficie totale cultivée pour la fève dans le monde est de 2.463.966 hectares avec une production de 4.840.090 tonnes en 2017 (Merga et al., 2019, FAO 2019).

Les données statistiques de production de la fève pendant les cinq années (2013 à 2017) ont montrés que l'Asie est le premier continent mondial avec une productivité moyenne 8,276,692 tonnes, suivi de l'Afrique avec une production moyenne de 6.873.438 tonnes (Merga et *al.*, 2019).

Actuellement, la Chine est le plus grand producteur de fève représentant plus d'un tiers de la production mondiale, suivi par l'Éthiopie, l'Australie, le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne, le Soudan, l'Égypte, la Suède, l'Italie...(Tableau n° 04) (Merga et *al.*, 2019, FAO 2019).

**Tableau n° 04:** classement des 15 pays producteurs de fève en 2016 en termes de tonnes produites et de valeur (\$).

Classement	Pays	Production	Valeur (Million \$ Int)
1	chine	1.627.776	328.43
2	Ethiopie	878.010	298.10
3	Australie	423.527	115.82
4	Royaume uni	291.791	105.41
5	France	198.246	45.05
6	Allemagne	157.700	46.47
7	Soudan	1.121.412	222.04
8	Egypte	119.056	65.06
9	Suède	103.900	40.1
10	Italie	100.013	74.47
11	Pérou	71.919	43.75
12	Tunisie	67.000	30.84
13	Espagne	53.625	16
14	Algérie	38.048	10.93
15	Mexique	36.970	24.21

### II.1.5.2 En Algérie

La culture de la fève *Vicia faba* Linné a fait partie de nos systèmes agraires depuis longtemps dans différentes zones agro-écologiques du pays. En Algérie la fève est la plus importante parmi les légumineuses alimentaires avec une superficie moyenne réservée pour la culture de 30.055 ha (FAO STAT, 2015), elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi.

Les données statistiques sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 2001- 2015 (Tableau n° 05).

**Tableau n° 05** : Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie (FAO STAT, 2015).

Compagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2004/2005	35 031	268 330	7,66
2005/2006	33 537	242 986	7,25
2006/2007	31 284	279 735	8,94
2007/2008	30 688	235 210	7,66
2008/2009	32 278	364 949	11,31
2009/2010	27 782	366 252	8,93
2010/2011	27 937	2 483 465	8,92
2011/2012	30 172	2 577 002	8,75
2012/2013	30 833	2 969 634	9,80
2013/2014	30 833	2 959 716	9,61
2014/2015	30 055	2 495 373	8,37

En Algérie, la fève est semée en automne et fleurit entre février et avril (Benachour et al, 2007). Feliachi (2002) rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agroécologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures

Tlemcen, Mascara, Guelma, Boumerdes et Constantine), les Hauts Plateaux (Médéa, Relizane, Ain Defla, Msila et Bouira) et au niveau du sud du pays (Biskra, Adrar et Gherdaia).

La fève est une culture vivrière très appréciée par les agriculteurs car elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée (Dridi et *al.*, 2012).

### **II.1.5.3 Intérêt nutritionnel**

La fève constitue un aliment nutritif très important notamment pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (Shiran et Mashayekh, 2004). D'après Goyoaga et *al* (2011), la fève renferme un taux élevé en protéine et de 20 % de la M.S, tout en restant un aliment énergétique (55 % de glucides ; 340 cal /100g).

Gordon M.M (2004) indique que cette légumineuse est également une excellente source de fibres solubles et insolubles, de vitamines B9 et C et de minéraux tel le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc.

### **II.1.5.4 Intérêt agro-économique**

En Algérie la fève reste la plus importante et occupe toujours la première place parmi les légumes sec (Benachour et *al.*, 2007). Selon Huignard et *al* (2011), la culture des légumineuses est la plus respectueuse de l'environnement puisque ce sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité de bactéries symbiotiques, du genre *Rhizobium*. De ce fait, *V. faba* contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (Sillero et *al.*, 2010).

Elle a une incidence positive sur les performances des cultures qui les suivent (Khaldi et *al.*, 2002). En effet, elle est appréciée en tant que bon précédent cultural pour la céréaliculture, via les reliquats d'azote laissés (Rachef et Ouffroukha, 2005), ou à travers l'amélioration de la structure du sol par son système racinaire puissant et dense (Migliorini et *al.*, 2008).

Jensen et *al.* (2010) rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha. Selon Al-Ghamdi et Al-Tahir (2001) ; Rachef et *al.* (2005), cette culture améliore aussi, grâce à ses exsudats racinaires, la disponibilité du Phosphore du sol pour le blé qui la succède.

### **II.1.6 Les contraintes**

Les contraintes sont surtout d'ordre abiotique et biotique.

#### **II.1.6.1 Contraintes abiotiques**

Le froid hivernal et les gelées printanières sont des contraintes principales dans la zone des Hauts Plateaux et les plaines intérieures ; elles provoquent la coulure des fleurs et la mortalité des plantes (Maatougui, 1996 ; Mezani, 2011). La sécheresse, constitue le stress abiotique le plus important, pour l'instabilité et la production de la fève. En zones Sahariennes, la fève doit être impérativement irriguée intégralement (Wolfgang et Sadiki, 1996).

Le Sirocco, dans les plaines intérieures, les Haut Plateaux et les zones Sahariennes, affecte la production de gousses et limite aussi la grosseur des graines (Mezani, 2011). La salinité, est un problème spécifique aux zones Sahariennes ; la productivité est réduite par les effets du sel sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol (Wolfgang et Sadiki, 1996).

### II.1.6.2 Contraintes biotiques

Les contraintes biotiques sont liées aux adventices, aux maladies et aux ravageurs. La fève est sensible à la compétition des mauvaises herbes, qu'il est nécessaire de juguler pendant les 3 à 8 semaines après la levée des plantules (Brink et Belay, 2006). Le problème des adventices est plus sévère en zone bien arrosées et dévastateur dans les zones non irriguées suffisamment (Maatougui, 1999 ; Mezani, 2011).

Les maladies fongiques les plus importantes de la fève sont : le Botrytis de la fève (*Botrytis fabae*) lorsque les conditions de température, comprise entre 15 et 20°C, et l'hygrométrie supérieure à 85%, sont favorables au développement de la maladie (Placquert et Girard, 1987).

Après généralisation des lésions nécrotiques sur feuilles et tiges, la plante se dessèche (Bailly et *al.*, 1990). L'antracnose de la fève (*Ascochyta fabae*) entraîne des dégâts dès la levée de la végétation et provoque l'éclatement des tiges et des gousses (Bailly et *al.*, 1990).

La rouille *Uromyces fabae* entraîne le dessèchement des feuilles lorsqu'elle est favorisée par des températures supérieures à 20 °C. Les maladies virales les plus importantes de la fève sont le virus de la mosaïque jaune du haricot, le virus de l'enroulement des feuilles du haricot et le virus des taches de la fève (Brink et Belay, 2006).

### II.1.7 Les principaux ravageurs

Le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), un insecte piqueur suceur, qui attaque les nouvelles pousses, les jeunes feuilles et les gousses. Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (Bailly et *al.*, 1990). Le puceron vert du pois (*Acythosiphon pisum*) parasite la plante et provoque une chute de rendement (Placquert et Girard, 1987).

Le Sitone du pois (*Sitona lineatu*) est un petit insecte polyphage dont les larves consomment les nodosités fixatrices d'azote sur les racines et les adultes s'attaquent aux feuilles des plantules (Placquert et Girard, 1987).

Le bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dont la femelle pond ses œufs sur les gousses et les larves se développent aux dépens des graines, qui perdent leur pouvoir germinatif et leur poids (Boughdad 1994 in Mezani, 2011).

Le nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) limite le développement de la culture de la fève en provoquant le gonflement et la déformation de la tige. Il cause la souillure (Abbad. A, 2001 in Mezani, 2011).

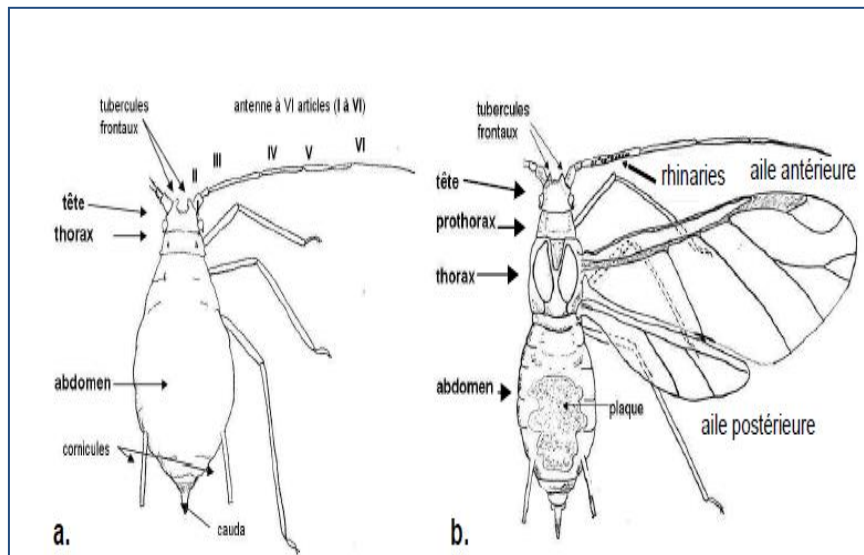
Les problèmes d'ordre abiotique et biotiques notamment le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), insecte ou puceron piqueur suceur, polyphage, de la famille des Aphididae, restent des obstacles majeurs qui empêchent l'obtention de rendements élevés (Maatougui 1996 in Mezani, 2011). En Algérie, les pertes de rendement en grains secs ont été estimées entre 15 et 20 % (Placquert et Girard, 1987).

## II.2 Les Aphides

Les pucerons ou aphides (Fig.14) constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud (Laamari, 2010), et qui s'est diversifié parallèlement à celui des plantes à fleurs (Angiospermes) (Shaposhnikov, 1987).

Ce sont des insectes ravageurs majeurs des cultures, plantes ornementales, arbres fruitiers et forestiers (Harmel et *al.*, 2010). Plusieurs caractéristiques biologiques en font des ravageurs redoutables (fécondité, mobilité, phytophage, piqueur-suceur de sève, aspect très varié au sein d'une même espèce ou selon l'espèce en réponse à leur environnement biologique et abiotique- taille, forme, couleur de leurs corps et appendices- cycle de vie complexe, polymorphisme varié, plasticité phénotypique, etc...) (Remaudière et Remaudière, 1997 ; Blackman et Eastop, 2007).

La croissance des populations de pucerons est fortement influencée par la qualité de la plante hôte et les facteurs abiotiques, en particulier la température (Bale et *al.*, 1994).



**Figure 14 :** Schéma de l'anatomie générale d'un puceron.  
a. Femelle vivipare aptère. b. Femelle vivipare ailée  
(Encyclop'Aphid c INRA 2012)

### II.2.1 Systématique des aphides

Les pucerons (aphideae) appartiennent à la super-famille des Aphidoidea qui comprend près de 4700 espèces réparties en dix familles et 600 genres taxonomiques. La famille des Aphididae est divisée en trois sous-familles, celles des Blatichaitophorinae, des Pterocommatinae et des Aphidinae (Remaudière et Remaudière, 1997 ; Blackman et Eastop, 2006).

Remaudière et al (1997) classent les pucerons dans leur catalogue « les Aphididae du monde » comme suit :

**Embranchement** : Arthropode

**Classe** : Insectes

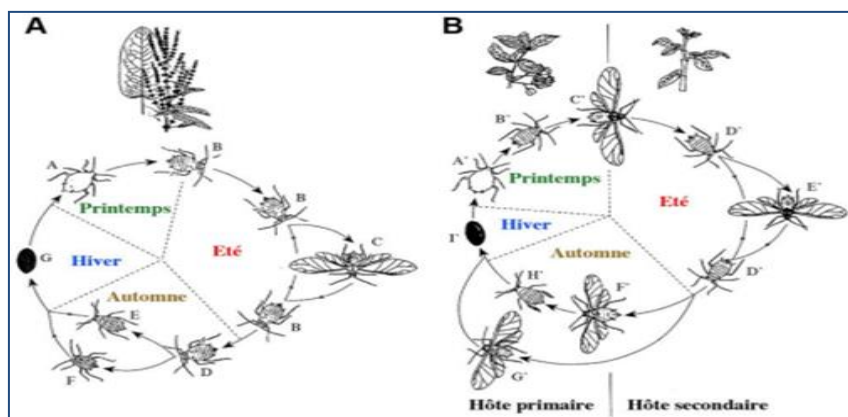
**Ordre** : Homoptera

**Super /famille** : Aphidoidea

**Famille** : Aphididae

### II.2.2 Biologie ou cycle de vie des pucerons

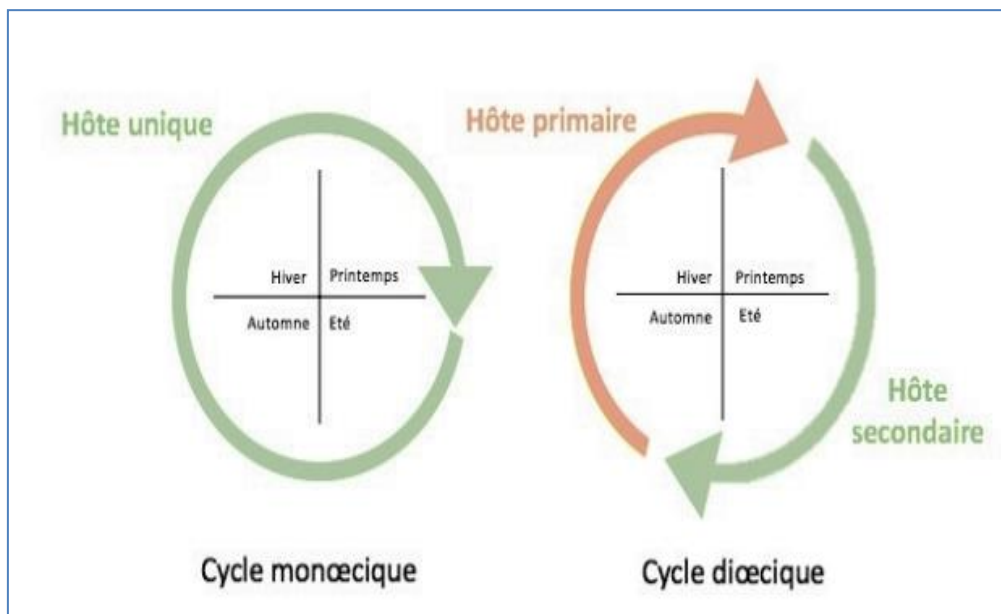
Ces pucerons sont capables de produire au cours de leur cycle de vie une succession d'individus ayant des morphologies différentes (morphes aptères, ailes, sexués ou vivipares) (Fig.15) et accomplissant des fonctions écologiques différentes qui sont sous la dépendance de divers facteurs comme l'effet de groupe, l'état physiologique de la plante hôte ou la diminution de la qualité de la sève, la température et la présence des prédateurs ou des parasitoïdes (Dedryver, 2010).



**Figure 15** : Cycles annuels de vie des pucerons avec alternance ou non de plantes hôtes (Dixon, 1998)

Les pucerons peuvent être monœciques ou diœciques (Simon et *al.*, 2010, Turpeau-Ait Ighil et *al.*, 2011). Plus de 90% des espèces de pucerons sont monœciques (une plante hôte). Cela signifie que la totalité de leur cycle de développement est accompli sur plusieurs plantes d'une même espèce ou d'espèces apparentées très voisines d'un point de vue botanique (Fig.16) (Sullivan, 2008).

Dans le cas de pucerons diœciques (environ 10% des espèces), deux types de plantes hôtes, généralement très différentes, sont requises pour la réalisation du cycle complet. Les pucerons diœciques peuvent être qualifiés de polyphages suite à cette alternance entre les plantes hôtes (Hardy et *al.*, 2015).



**Figure 16** : Plantes hôtes et cycles biologiques du puceron  
(Turpeau-Ait Ighil et *al.*, 2011)

### II.2.3 Le puceron noir de la fève *Aphis fabae*

#### II.2.3.1 Description du puceron noir de la fève

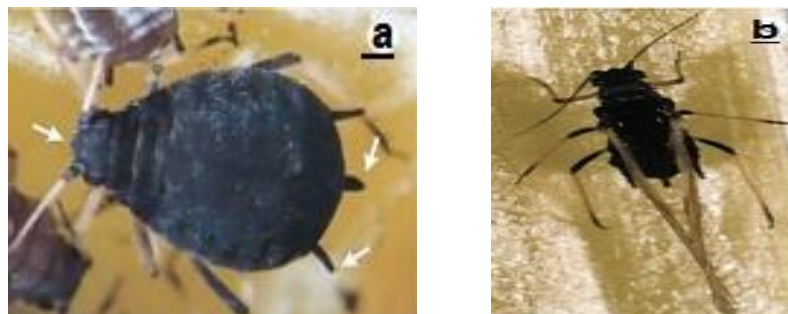
Le puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Fig.17), est une espèce très polyphage, dont la gamme de plantes-hôtes est très large, tels que la betterave, la pomme de terre et le colza avec une préférence pour les Fabacées (Fredon, 2008). Il peut s'attaquer aux tiges, rameaux, feuilles, fleurs, bourgeons et fruits de toutes les cultures et plantes spontanées, en plein champs et sous abri (Aroun, 1985).

##### II.2.3.1.1 Forme aptère

La forme aptère du puceron noir de la fève mesure entre 2 et 2,4 mm (Hullé et *al.*, 1999). Elle est de couleur vert olive foncé à noir mat et recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche (Fig.17 a). Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda. Ce dernier est digitiforme et trapu (Leclant, 1999).

##### II.2.3.1.2 Forme ailée

La forme ailée d'*A. fabae* est plus allongée que la forme aptère (Fig.17 b). Il est de couleur sombre, avec des antennes courtes représentant environ les deux tiers de la longueur du corps (Hulle et *al.*, 1999). L'abdomen de l'ailé est souvent orné de bandes transversales irrégulières et de sclérites marginaux de couleur sombre. Les cornicules sont noires. La cauda est noire et arrondie à son extrémité (Benoufella-kitous, 2005).



**Figure 17:** Le puceron noir *A. fabae*: **a** : adulte aptère, **b** : adulte ailé (Godin et Bovin, 2002)

### II.2.3.2 Position systématique

Remaudiere et Remaudiere, 1997 ont classé *A. fabae* comme suit :

**Règne** : Animal

**Embranchement** : Arthropodes

**Sous embranchement** : Mandibulates

**Classe** : Insectes

**Sous-classe** : Ptérygotes

**Super ordre** : Hémiptéroïdes

**Ordre** : Homoptères

**Superfamille** : Aphidoidea

**Famille** : Aphididae

**Sous-famille** : Aphidinae

**Genre** : Aphis

**Espèce** : *Aphis fabae* Scopoli, 1763

### II.2.3.3 Cycle de vie

Ce puceron a un cycle dioécique. A l'automne, il dépose ses œufs pour hiverner sur les hôtes primaires comme le fusain d'Europe *Eunymus europe* (Duffus, 1971). Au printemps, les pucerons qui éclosent à partir de ces œufs, sont des femelles sans ailes, connues sous le nom de fondatrices. Elles sont capables de se reproduire de manière asexuée par « parthénogenèse » qui n'implique pas d'accouplement et qui donnent naissance à des femelles et peuvent se reproduire aussi sans s'accoupler. La génération suivante produit généralement des formes ailées, et celles-ci entreprennent des migrations vers les hôtes secondaires comme la fève (*Vicia fabae*), l'épinard (*Spinacia oleracea*) et la betterave (*Beta vulgaris*) à partir de mai. Des formes à ailes et sans ailes se multiplient tout au long de l'été.

Vers l'automne, la migration vers les hôtes primaires se produit, et c'est sur ces plantes que les femelles accouplées pondent des œufs qui hiverneront, ce qui permettra au cycle entier de recommencer l'année suivante (Blackman et Eastop, 2000).

#### **II.2.3.4 Les dégâts du puceron noir**

Il s'attaque à plus de 200 espèces de plantes qui appartient à plusieurs familles : Fabaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Solanaceae et diverses cultures florales et ornementales (Fernandez-Quintanilla et *al.*, 2002).

*Aphis fabae* attaque en colonies les nouvelles pousses et les jeunes feuilles (Fig.18), et même les gousses de la fève. S'il n'est pas traité rapidement il cause de graves chutes de rendement, à cause de dessèchement qu'il provoque en suçant la sève (Blackman et Eastop, 2007). Il peut affecter directement la croissance de la plante en prélevant la sève, ce qui entraîne une chlorose dû à une insuffisante de chlorophylle, ainsi qu'une perte de fleurs (Blackman et Eastop, 2000).

Chaque année, les pertes dans la production de féverole (*Vicia fabae*) et de betteraves sucrière (*Beta vulgaris*) causées par *A. fabae* peuvent dépasser 60% (Hurej et Vanderwerf, 1993). De plus, il produit le miellat favorisant la croissance de plusieurs champignons qui entravent la photosynthèse et affaiblissent les plantes (Hurej et Vanderwerf, 1993). Cependant, le principal dommage causé par *A. fabae*, est son rôle comme vecteur pour le virus de la jaunisse de betterave qui affecte la croissance des plantes et réduit le stockage du sucre dans les racines. *A. fabae* peut donc affecter gravement la production végétale à travers de multiples mécanismes (Simpson et *al.*, 2012).



**Figure 18** : Colonies de puceron noir sur la fève (Kheloul, 2014)

### II.2.3.5 Les moyens de lutte contre *Aphis fabae*

Afin d'éviter les dégâts et les pertes économiques causés par le puceron, il est essentiel de contrôler les populations déjà présentes mais aussi de prendre les précautions pour diminuer la dispersion des individus responsables de la transmission des maladies virales (Turpeau et *al.*, 2013). Pour cela, différentes méthodes de lutte ont été préconisées dont :

#### II.2.3.5.1 Lutte préventive

Elle se base sur les différentes pratiques culturales pouvant réduire les dégâts tels que la détermination d'une date de semis et de récolte adéquate, la rotation des cultures, les associations culturales et la suppression des mauvaises herbes ou résidus de cultures qui pourraient héberger des pucerons (Sullivan, 2008).

Jaloux (2010) rapporte que l'association d'une plante hôte avec une plante compagne mettant des composés volatils différents va permettre de masquer ou d'altérer l'odeur de la plante hôte, ce qui va perturber sa localisation par les pucerons (ex Parcelle de culture associée blé dur et petit pois).

Jensen et *al.* (2010) signalent que l'association des fèves avec les céréales réduit la contamination des plantes par *A. fabae*. De même, la lutte variétale qui consiste à employer des cultivars résistants aux pucerons et aux virus transmis par ces derniers constitue une lutte préventive (Dedryver, 2010).

#### II.2.3.5.2 Lutte curative

#### II.2.3.5.3 Lutte chimique

Le seuil indicatif d'intervention aphicide sur fève est de 20 % de plantes portant au moins une colonie (Hullé et *al.*, 1999). Les insecticides utilisés sont les organophosphorés, les carbamates, les pyréthrinoïdes de synthèse et les chloronicotiniles (Dedryver, 2007). Actuellement, des molécules spécifiques aux pucerons tels que le Pirimicarbe est toujours utilisé d'une manière préventive, d'autres à large spectre telle que la Deltamethrine, ou des aphicides moins

dangereux pour leur phytotoxicité à base de sels potassiques d'acide gras sont également appliqués (Fytoweb, 2013).

#### II.2.3.5.4 Lutte biologique

La lutte biologique peut se faire par l'utilisation des :

- **Ennemis naturels**

Les pucerons sont attaqués par un certain nombre d'ennemis naturels qui peuvent produire un taux élevé de prédation ou de parasitisme, parmi eux les coccinelles, les chrysopes et les Syrphes. Selon les travaux de Landis & Van der Werf, (1997) l'intervention précoce de plusieurs coléoptères prédateurs (comme les coccinelles) (Fig.19a, Fig.19b) a considérablement affecté l'établissement des colonies de pucerons dans les champs et a entraîné une réduction de la propagation du virus de la jaunisse de betterave. Plus que 81% d'*A. fabae* exposés aux prédateurs (coccinelles) sur les jeunes plants de betterave ont disparu au cours d'une période de 24 h, contre 10% pour les pucerons qui ont été protégés par des clip cages.

Selon Georcret et Scherom (1995) les larves de syrphes (*Diptera Syrphidae*) (Fig.19e, Fig. 19f) peuvent dévorer chaque jour 40 à 50 pucerons. J.C. Maisonneuve, N. Hugon et F. Lolivier (2003) ont montré qu'une larve de chrysope (Fig.19c, Fig.19d) peut consommer entre 300 et 400 pucerons sur la durée de son développement sachant que le stade le plus consommateur est le dernier stade larvaire qui représente 75% de sa consommation totale.

Concernant les parasitoïdes, Stary et al., (2014) ont identifiés six espèces de parasitoïdes (*T. angelicae*, *T. acalephae*, *A. colemani*, *A. matricariae* ; *A. avenae* et *L. fabarum*).



**Figure 19 :** Prédateurs de pucerons (Dib, 2010)

- **Les huiles essentielles (Bio-insecticides)**

La lutte chimique contre les pucerons pose souvent des problèmes du fait que ces insectes se fixent généralement à la face inférieure des feuilles et qu'ils sont difficiles à atteindre par les traitements (Sauvion, 1995) par conséquent, l'usage très répandu de ces pesticides a entraîné l'apparition de formes de résistance chez les insectes traités (Leonard et Ngamo, 2004).

A cet effet, de nombreux travaux récents se sont penchés sur la recherche de substances naturelles ayant des pouvoirs insecticides et respectueux de la santé humaine et de l'environnement tel que les travaux de Tapondjou et al., 2003; Bouchikhi-Tani et al., 2018; Hedjal, 2014 ; Aissaoui et al 2019 qui avaient pour but de déterminer l'effet insecticide des huiles essentielles. Ces derniers détiennent actuellement une place importante dans les systèmes de lutte représentant une solution alternative pour la protection des cultures (Lahlou, 2004).

Cependant, pour améliorer les performances des principes actifs, garantir la stabilité et augmenter l'efficacité de ces phyto-pesticides en permettant notamment une réduction des doses d'emploi limitant ainsi leur impact sur la faune et la flore, le recours à la formulation des huiles essentielles comme molécules naturelles d'intérêt écologique et économique aux propriétés insecticides se révèle une étape cruciale et très prometteuse (Holloway, 1993).

## Objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer, dans les conditions de laboratoire, l'activité insecticide de deux bioproduits à base d'huiles essentielles de *Citrus aurantium* et *Artemisia herba-alba* sur certains paramètres populationnels et démographiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae* évoluant sur *Vicia faba* pendant une durée de suivi de 10 jours après traitement.

### III.1 Situation géographique des régions de collecte

La plante *Citrus aurantium* (Fig.20) a été collectée dans la commune de Sidi Bel Abbas, Chef-lieu de Wilaya, et de coordonnées géographiques latitude 35°12'44,8" nord et longitude 0°37'56,4" est. Elle est située à environ 500 mètres d'altitude et à 80 Km au sud d'Oran (Fig.22). Elle est délimitée, au nord-ouest, par la commune de Ain Thrid ; au nord est par la commune de Sidi Brahim ; au Sud par la commune de Amarnas, à l'est par la commune de Tilmouni et à l'ouest par la commune de Sidi Lahcene.

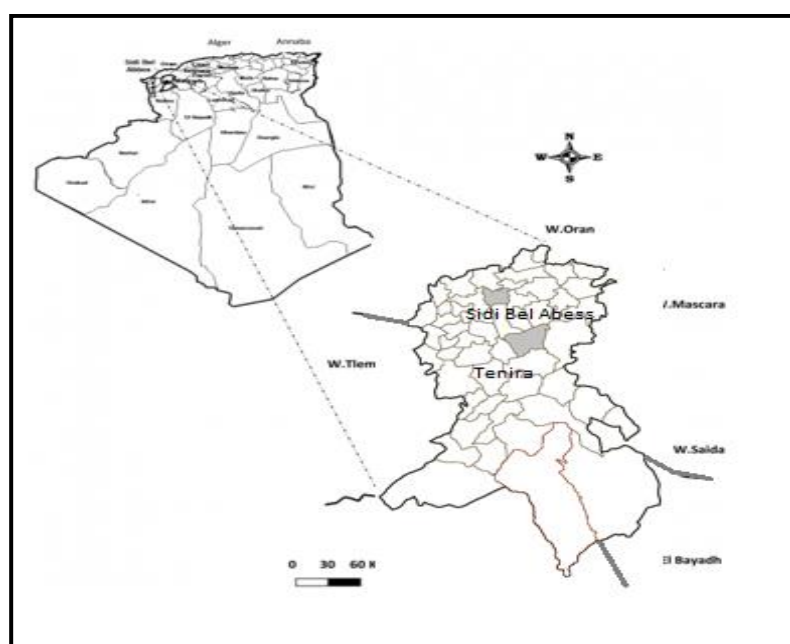


**Figure 20** : Bigaradier *Citrus aurantium* (Photo originale, 2020)

La plante *Artemisia herba-alba* (Fig.21) a été collectée dans la commune de Ténira, située à 22 Km, du Chef-lieu de la Wilaya de Sidi Bel Abbès, et de coordonnées géographiques latitude 34° 55' 35'' nord et longitude 0° 25' 40'' est (Fig.22). Elle est délimitée, au nord, par la commune Sidi Dahou ; au sud par la commune de Téghalimet ; à l'est par la commune d'Oued Sefioune et à l'ouest par la commune de Benachiba Chelia.



**Figure 21** : *Artemisia herba alba* (Photo originale, 2020)



**Figure 22** : Localisation des deux régions de collecte des plantes

## III.2 Synthèse climatique

### III.2.1 Caractéristiques climatiques

Les principaux facteurs climatiques, la température, la pluviométrie et l'hygrométrie, contribuent au développement de la végétation. Les principales caractéristiques de ces trois facteurs pour nos deux régions de collecte sont les suivantes :

#### III.2.1.1 Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Les valeurs thermiques représentées par les températures moyennes minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles  $[(M+m) / 2]$  de l'année 2019-2020, pour Sidi Bel Abbes et Ténira, sont indiquées dans les tableaux n° 06 et n°07 (DSA, 2019 et 2020). Elles révèlent que pour Sidi Bel Abbes, la moyenne de température la plus élevée a été enregistrée au mois d'août, avec 29,8°C, alors que le mois le plus froid est janvier, avec 8,25°C.

**Tableau n°06** : Les températures moyennes mensuelles de la Région de Sidi Bel Abbes, pour l'année 2019-2020.

Mois T °C	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
T. Max (°C)	31.5	26.6	17.6	17.8	15.9	21.7	20.3	21.9	28.7	31.9	38.1	39.7
T. Min (°C)	16.2	10.8	8.8	5.8	0.6	2.9	6.6	10.1	11.7	14.7	19.6	19.9
T. Moy (°C)	23,85	18,7	13,2	11.8	8.25	12.3	13.45	16	20.2	23.3	28.85	29.8

Pour la région de Ténira, la température la plus élevée est au mois de juillet, avec 30,1°C, et la température la plus basse a été enregistrée au mois de janvier (11°C) (tableau n°07).

**Tableau n°07** : Les températures moyennes mensuelles de la Tenira, pour l'année 2019-2020.

Mois T °C	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
T. Max (°C)	29.5	26.2	19.6	17.7	15.7	17.0	19.3	23.1	27.5	31.5	36.3	35.4
T. Min (°C)	20.2	16.9	11	8.7	6.6	7.2	7.8	10.5	15.4	19.6	24.2	24.5
T. Moy (°C)	24.9	21.6	15.3	13.2	11.0	12.0	13.5	16.6	21.4	25.6	30.1	30.0

### III.2.1.2 La pluviométrie

Outre la température, la pluviométrie contribue au développement des cultures, à l'apparition de certaines maladies cryptogamiques et à la pullulation de ravageurs (Benddine, 1991). Elle est un facteur climatique essentiel pour déterminer les mois secs et humides au cours de l'année. Les tableaux n°08 et n°09 indiquent les quantités de pluie mensuelles enregistrées durant l'année 2019/2020 dans les deux régions de collecte. Le mois d'avril, pour Sidi Bel Abbes, est celui où il y a eu plus de quantité d'eau de pluie avec 60,9mm, alors que les mois les plus secs sont, juin, juillet et aout, et exceptionnellement le mois de février (tableau n° 8).

**Tableau n°08** : Les précipitations mensuelles de la région de Sidi Bel Abbes, pour l'année 2019-2020.

Mois	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
Précipitations	18.5	29.5	54.8	59.2	18.9	0.0	23.0	60.9	24.8	0.0	0.0	0.0

Les données pluviométriques de l'année 2019/2020 de la région de Tenira révèlent une année exceptionnellement sèche (tableau n°09).

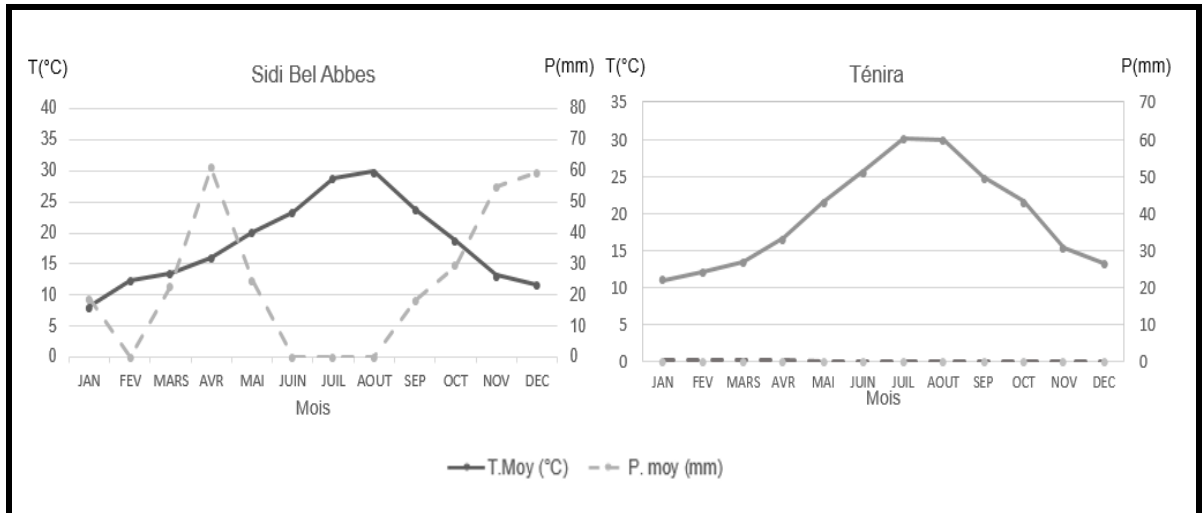
**Tableau n°09** : Les précipitations mensuelles de la région de Tenira, pour l'année 2019-2020.

Mois	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
Précipitations	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0

### III.2.2 Diagramme Ombrothermique des régions d'études

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls est une représentation graphique de la période de sécheresse en un lieu donné. Le diagramme ombrothermique se construit en portant sur le même graphique les températures et les précipitations de chaque mois avec  $P \leq 2T$  où P représente les précipitations mensuelles et T les températures moyennes mensuelles : Les intersections de la courbe thermique et de la courbe des précipitations déterminent la durée de la période sèche (Fig.23).

Pour Sidi Bel Abbes, la période sèche dure cinq mois, exceptionnellement le mois de février, puis elle débute au mois de juin jusqu'au mois de septembre. La première période humide s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de janvier et la deuxième débute au mois de mars jusqu'au mois de mai. Quant à Ténira, le diagramme indique une période sèche durant toute l'année (Fig.23).



**Figure 23** : Diagramme Ombrothermique des deux régions de collecte (Année 2020)

### III.2.3 Climagramme d'emberger

Emberger (1952) in Mutin (1977) a défini un quotient pluviométrique permettant de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen. Il est calculé selon la formule suivante :

$$Q2 = 3.43 (P / (M - m))$$

P : pluviométrie annuelle exprimée en mm.

M : moyenne des températures maximales du mois les plus chauds exprimés en °C.

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en °C.

3,43 est une constante,

Q2 : Le quotient pluviométrique d'Emberger,

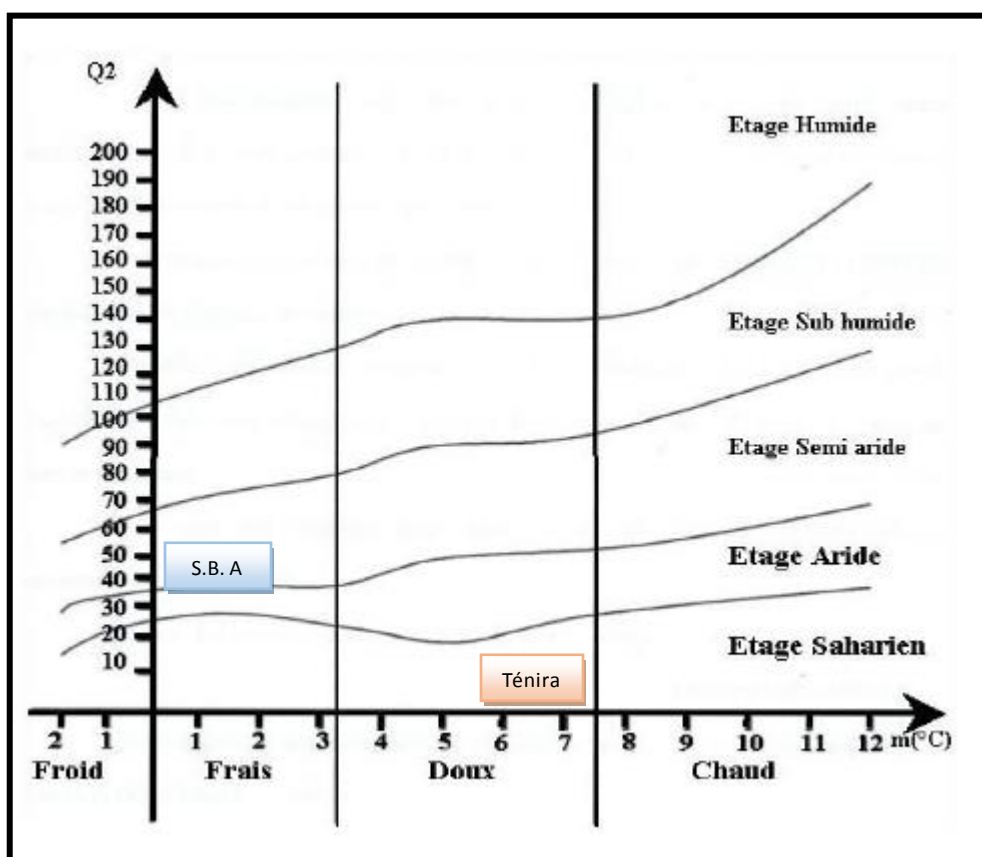
P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm,

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C,

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

La classification bioclimatique d'Emberger (1952) et de Sauvage (1963) est largement adoptée dans la région méditerranéenne. Sur la base du Q2, cinq étages bioclimatique sont définis pour l'Algérie : humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien.

En portant les valeurs de  $Q_2=25,40$  et  $m=0,6^\circ\text{C}$  sur le climagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Sidi Bel Abbes est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride, à hiver frais. Quant à la région de Ténira, son quotient pluviométrique  $Q_2= 0,16$  et  $m=6.6^\circ\text{C}$ , elle est située dans l'étage bioclimatique saharien, à hiver doux (Fig.24).



**Figure 24** : Climagramme pluviométrique d'Emberger pour les deux régions de Sidi Bel Abbes et de Ténira, 2019/2020

### III.3 Matériel d'études

#### III.3.1 Matériel biologique

##### III.3.1.1 Préparation du matériel végétal destiné à l'extraction des huiles essentielles

Nous avons récolté les feuilles des deux plantes aromatiques, *Citrus aurantium* et *Artemisia herba-alba* au mois de février 2020.

Les plantes fraîchement récoltées ont été lavées à l'eau de robinet pour éliminer les impuretés, puis étendues sur du papier journal pour subir l'opération de séchage (Fig.25), pendant au moins 20 jours, à l'abri de la lumière, de l'humidité et à température ambiante afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules ; ensuite elles ont été broyées dans un moulin électrique. Les poudres des deux plantes ont été conservées dans des sacs en papier en vue de les utiliser pour l'extraction des huiles essentielles.



**Figure 25** : Dispositif de séchage des feuilles de *Citrus aurantium* (a) et d'*Artemisia herba-alba* (b) (Photos originales, 2020).

### III.3.1.2 Matériel végétal destiné aux applications des huiles essentielles

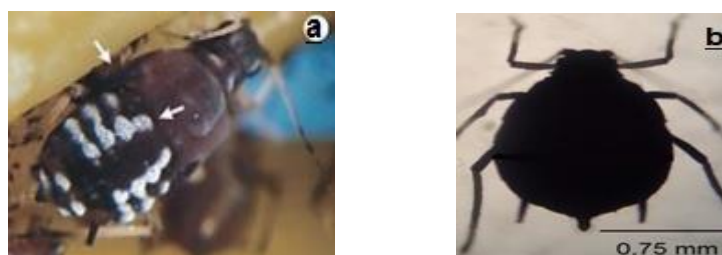
Notre choix s'est porté sur la fève var. Aguadulce. C'est une variété demi-précoce, très répandue et caractérisée par une partie végétative haute (1,10 à 1,20 m). Ces gousses sont volumineuses et très longues, 20 à 25cm, renfermant 7 à 9 grains (Fig.26 a). Les graines de *Vicia faba* L. ont été sélectionnées rigoureusement en fonction de leur taille, couleur et état sanitaire. Ces graines ont été désinfectées à l'eau de javel pendant 5 mn, puis, elles ont subi un rinçage à l'eau distillée pendant 1 mn. Ensuite, elles ont été semées dans des alvéoles contenant que du terreau, et arrosées à l'eau distillée durant 15 jours. Après germination des graines, les plantules ont été repiquées dans des pots (Fig.26 b).



**Figure 26** : Variété Aguadulce (Photos Originales, 2020)  
a) Graines ; b) après germination

### III.3.1.3 Matériel animal

Notre étude porte sur les différents stades biologiques du puceron noir *Aphis fabae* évoluant sur sa plante hôte *Vicia faba* (Fig.27).



**Figure 27** : Le puceron *A. fabae* (Meradsi, 2017)  
a) Larve, b) Adulte aptère d'*Aphis fabae*

### III.3.2 Procédé d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles, de *Citrus aurantium* et d'*Artemisia herba-alba*, a été effectuée au mois de Janvier 2020, par hydro-distillation type Clevenger au niveau du laboratoire de Zoologie du Département des Sciences Agronomiques (Fig.28). Une quantité de 50g de poudre fine de *Citrus aurantium* a été transvasée dans un ballon dans lequel on a ajouté un volume de 500 ml d'eau distillée. Le mélange a été porté à ébullition durant trois heures. Après éclatement des cellules du végétal, des molécules odorantes ont été libérées, puis ont été entraînées par la vapeur d'eau. Après condensation de la vapeur d'eau dans un réfrigérant, le mélange eau-huile a été recueilli dans une burette graduée.

L'huile essentielle est récupérée et conservée au réfrigérateur dans des tubes en verre opaques et hermétiques, à une température de 4°C. La même quantité de 50g de poudre fine d'*Artemisia herba-alba* a été utilisée avec le même procédé qui a été utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de *Citrus aurantium*.

Du fait de la non miscibilité de l'huile essentielle dans de l'eau, une formulation a été préconisée, dans ce sens, conformément à un protocole élaboré par Moussaoui et *al.*, (2014) pour obtenir un bioproduit homogène, stable, efficace et facilement utilisable.



**Figure 28** : Montage d'hydrodistillation type Clevenger (Photo originale, 2020).

### III.4 Méthodes d'études

#### III.4.1 Échantillonnage et détermination des stades larvaires du puceron noir

L'objectif de cette étape a été de déterminer les différents stades larvaires du puceron noir. Pour cela, sur une parcelle infestée, les individus ont été récoltés, à l'aide d'un ciseau, à la base, au milieu et à l'apex, des feuilles infestées de chaque plante. Ensuite, ils ont été mis dans des sachets en papier kraft. Les stades larvaires du puceron noir ont été identifiés, à l'aide d'une loupe binoculaire.

#### III.4.2 Méthode d'application des biopesticides

Le protocole élaboré comprendrait des tests préliminaires pour sélectionner une gamme de concentration. Après trois doses, des bio essais seraient sélectionnés à partir d'une dose initiale (D1, D2, et D3 ml/l) et seraient appliqués selon une progression géométrique à raison de 2. L'évaluation de l'effet par contact serait réalisée après introduction de 50 individus (25 adultes et 25 larves) dans chaque pot de *Vicia faba* L, lequel serait couvert par une moustiquaire à mailles très fines pour empêcher toutes fuites des individus. Après introduction des individus d' *A. fabae*, les différents traitements seraient appliqués par pulvérisation. Le témoin positif ne contiendrait que de l'eau. Le suivi de l'évaluation de la mortalité serait réalisé durant 10 jours, et l'ensemble des traitements serait effectué en 3 répétitions. Ce protocole d'application des biopesticides à base de d'huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* et *Citrus aurantium* ne pouvait être mis en application à cause des mesures de confinement sanitaire, à l'échelle nationale, depuis mars 2020.

### III.5 Exploitation des données

#### III. 5.1 Détermination du rendement d'extraction :

Conformément à la norme **AFNOR (1986)**, le rendement en huile essentielle (R), est définie comme étant le rapport de la masse de l'huile essentielle ( $M_1$ ) et la masse de la matière végétale utilisée ( $M_0$ ) pendant l'extraction. Il est calculé par la formule suivante :

$$R \text{ HE} = M_1 / M_0 \times 100$$

**R HE** : Rendement en huile essentielle (en %),

**M<sub>1</sub>** : Masse d'huile essentielle obtenue (g),

**M<sub>0</sub>** : Masse de la plante sèche traitée (g).

#### III.5.2 Calcul de la DL<sub>50</sub> et DL<sub>90</sub>

Les doses létales DL50 et DL90 seraient déterminées selon la méthode de Finney (1952). Elles correspondraient à la mortalité de 50 et 90% des insectes testés et elles seraient évalués à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en transformant le pourcentage des mortalités corrigées en probits en fonction du logarithme des doses.

#### III.5.3 Calcul de la mortalité corrigée

La mortalité des populations d' *A.fabae* serait calculée et corrigée selon la formule d'Abbott (1925) en tenant compte de la mortalité naturelle observée dans le test de contrôle (témoin positif)

$$M_c = (M_o - M_t / 100 - M_t) \times 100$$

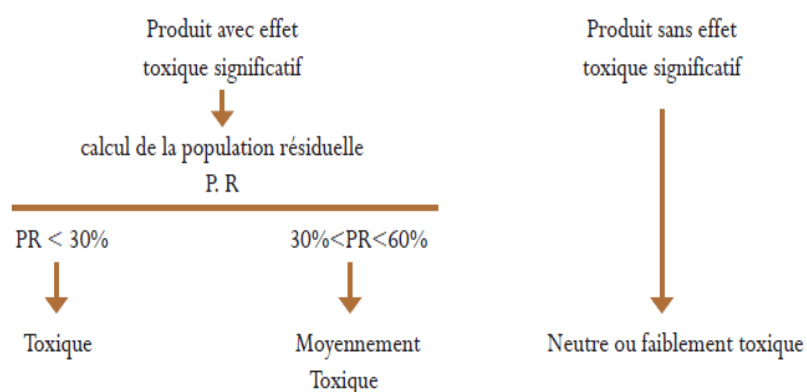
**M<sub>c</sub>** : Mortalité corrigée (%)

**M<sub>o</sub>** : Mortalité enregistrée dans les lots traités avec les huiles essentielles formulées étudiées (%)

**M<sub>t</sub>** : Mortalité enregistrée dans le test de contrôle (%)

### III.5.4 Populations résiduelles

L'évaluation de l'effet toxique des traitements biologiques serait estimée par la comparaison des populations résiduelles (P.R.) selon le test de DUNNETT (Magali, 2009).



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

### IV.1 Huiles essentielles obtenus

Les huiles essentielles ont été extraites à partir des poudres fines des deux plantes sélectionnées, et ceci par hydrodistillation dans un appareil de type Clévenger. Les huiles essentielles obtenues sont des composés naturels volatils, aromatiques et liquides à température ambiante (Fig 29a et Fig 29b). Nous avons obtenu une huile essentielle de couleur jaune pâle, à odeur forte, pour *Artémisia herba alba*. Quant à l'huile essentielle de *Citrus aurantium*, sa couleur est jaune pâle à jaune ambré. Son odeur rappelle celle des fleurs du bigaradier.

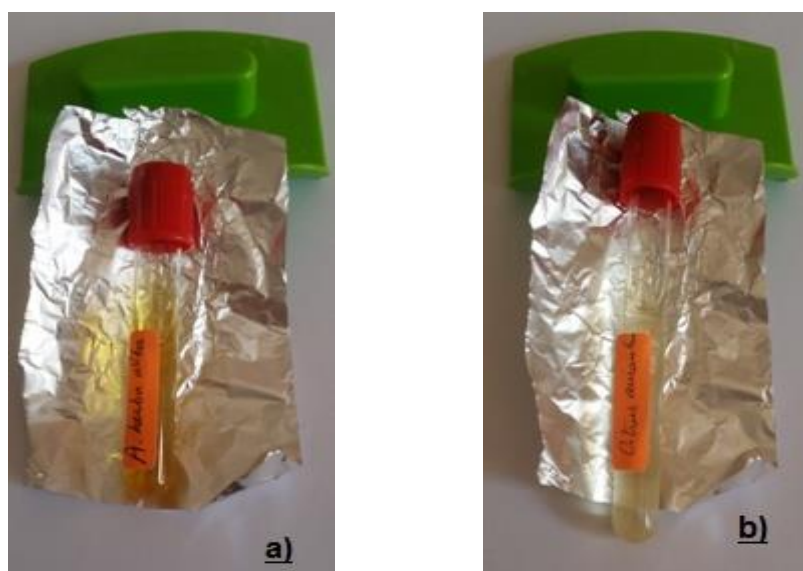


Figure 29 : Huiles essentielles après extraction

a) *Artémisia herba alba*, b) *Citrus aurantium*  
b)

### IV.2 Rendements des huiles essentielles obtenues

Le rendement de l'huile essentielle après hydrodistillation de chaque plante figure dans le tableau ci-dessous (Tableau n°10) :

Tableau n°10 : Rendement des huiles essentielles des deux plantes

Plante	<i>Artémisia herba alba</i>	<i>Citrus aurantium</i>
Rendement en %	0,82	0,54

Le rendement en huile essentielle d'*Artemisia herba alba* peut être considéré comme moyen par rapport à celui trouvé par d'autres auteurs cités ci-dessous. Il est proche de celui trouvé par Dahmani-Hamzaouia et *al.*, (2015) à Boussaâda (0,58%) et Bordj Bou Arrerrij (0,65%). Les rendements les plus importants sont de 3% en Jordanie (Abu-Darwish et *al.*, 2015) et de 4,9% en Tunisie (Boukrich et *al.*, 2010), cependant, il est supérieur à celui trouvé par Moumni, (2013) au Maroc (0,35%).

Le rendement en huile essentielle de *Citrus aurantium* est proche de celui obtenu par Ellouze, I et *al.*, (2012) en Tunisie (0,56%) et de Djenane, (2015) à Tizi Ouzou (0,58). Il est légèrement supérieur à celui enregistré par Hamdani, (2017) à Tlemcen (0,27%) et à celui indiqué par Haj Ammar et *al.*, (2012) en Tunisie (0,12%). Il peut être considéré comme inférieur par rapport à celui révélé par Boukhenoufa et *al.*, (2019) (1,0%) à l'ouest de l'Algérie. La différence de rendement varie en fonction de plusieurs paramètres notamment le climat, l'origine géographique de la plante, la variété, l'organe, le cycle végétatif, la période de récolte et la méthode d'extraction (Croteau, 1986 ; Bruneton, 1987 ; Abad et *al.*, 2012 ; Djouahri et *al.*, 2015 ).

#### **IV.3 Travaux antérieurs sur l'effet insecticide de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* et de *Citrus aurantium***

**Baba-aissa Karima et *al.*, 2017** ont montrés l'effet de la double dose administrée (D = 0,5g / l et D = 1g / l) de l'huile essentielle formulée de *Citrus aurantium* de la région de Blida par la voie de la pulvérisation des feuilles de la fève *Vicia faba* infestée d'*Aphis fabae* et par la voie de l'absorption racinaire indique que la voie foliaire est plus toxique sur la densité du puceron noir de la fève, celle relative à l'application racinaire se révèle plus efficace sur les populations résiduelles dès les 72 h d'application avec un taux de mortalité de 80% (Baba-aissa et *al.*, 2017).

L'huile essentielle formulée du Bigaradier est efficace contre tous les stades biologiques d'insectes, car Stamopoulos et *al.*, 2007 ont soulignés que la susceptibilité des insectes aux actions des huiles essentielles varie en fonction de l'âge des stades larvaires où les larves les plus âgées résistent mieux et peuvent

tolérer de fortes concentrations d'huile essentielle, Ceci s'expliquerait probablement par la taille des larves plutôt que par différence dans le mode d'action de l'huile. Alors que Ngamo et Hance., 2007 montrent qu'il ya une grande variation dans les sensibilités des espèces d'insectes pour une même huile essentielle.

**Chaieb. I et al., 2018** ont étudié la composition chimique et le potentiel aphicide des huiles essentielles d'écorces de *Citrus aurantium* de Tunisie sur *Aphis fabae*. L'analyse GC/MS de l'huile essentielle a montré une richesse en monoterpènes (Limonene 67.1% et Linalool 8.37%). L'activité insecticide a été effectuée à des doses testées (0.2, 0.5, 1 et 2  $\mu$ L) équivalentes à des concentrations respectives de 3.33, 8.33, 16.66 et 33.33  $\mu$ L/L air. Après 24 h un taux de 60% de mortalités du puceron *Aphis fabae* a été enregistré à une concentration de 33.33  $\mu$ l / L, avec une LC50 égale à 31.22  $\mu$ l / L et une LC90 de l'ordre de 58.63. La toxicité de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* peut être due à sa richesse en monoterpènes et ceci a été prouvé par les résultats qui montrent l'abondance du Limonene comme composant majeur et ceci est en concordance avec les travaux de Tripathi et al., 2003 et de Malacrino et al., 2016 qui ont prouvé l'activité insecticide du limonene.

**Belkacemi ouafa et Mokhtari amina, 2019** ont étudié l'effet par effet contact et par inhalation, de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* formulée de la région de Bouira. L'huile essentielle d'*A. herba-alba* a montré après 72 h d'exposition, des taux de mortalité variant de 15 % à 70 % suite à l'exposition des individus d'*A. fabae* à une dose de 8  $\mu$ l/ml de la solution de l'huile essentielle. La TL50 et la TL90 sont respectivement de 20.89 h et 33.13h pour l'effet d'inhalation de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* vis-à-vis d'*A.fabae* à la concentration de 8 $\mu$ l/ml. Après les tests de toxicité, par effet contact, à des doses (2, 4, 8 et 16  $\mu$ l/ml), ils ont enregistré des taux de mortalité respectivement de 11%, 22%, 40% et 51 % après 24 h avec une DL50 égale à 013.4  $\mu$ l/ml et 8.31  $\mu$ l/ml pour la DL90 sur le nombre des individus d'*A. fabae* testés.

## Conclusion

Au cours de ce travail, nous nous sommes proposé d'étudier, dans les conditions de laboratoire, l'activité insecticide de deux bioproduits à base d'huiles essentielles de l'oranger bigaradier *Citrus aurantium*, du groupe des agrumes, appartenant à la famille des Rutacées et d'*Artemisia herba-alba*, appartenant à la famille des Composés ou des Astéracées, sur certains paramètres populationnels et démographiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae* évoluant sur *Vicia faba* pendant une durée de suivi de 10 jours après traitement. Cette contribution vise la mise au point de méthode de protection, issue de biopesticides, qui se présente comme alternative aux pesticides chimiques de synthèse plus respectueuse de la santé humaine, animale et de l'environnement. Les feuilles des deux plantes aromatiques, *Citrus aurantium* et *Artemisia herba-alba* ont été collectées, au mois de février 2020, respectivement, dans la commune de Sidi Bel Abbes, Chef-lieu de Wilaya, et dans la commune de Ténira, Ces feuilles ont subi toutes les opérations de préparation avant l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation avec un appareil de type Clévenger, au niveau du laboratoire de Zoologie du Département des Sciences Agronomiques de l'Université Djilali Liabes, à Sidi Bel Abbes.

Les résultats en rendements en huiles essentielles ont été de 0,82% pour les feuilles de la plante *Artémisia herba alba*, et de 0,54% pour les feuilles de *Citrus aurantium*. La différence de rendement, comme indiqué, varie en fonction de plusieurs paramètres notamment le climat, l'origine géographique de la plante, l'espèce et la variété et le cycle végétatif. Le protocole élaboré d'application des deux bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Citrus aurantium* et d'*Artemisia herba-alba*, sur certains paramètres populationnels et démographiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae* évoluant sur *Vicia faba* durant 10 jours de suivi après exposition ne pouvait être mis en œuvre à cause des mesures de confinement sanitaire, prises, à l'échelle du pays, depuis mars 2020. En l'absence de résultats propres, nous avons rappelé les réussites de certains chercheurs qui ont travaillé dans le même objectif, et sur le même matériel végétal et animal.

## Références bibliographiques

### A

**Abad, M. J., Bedoya, L. M., Apaza, L., Bermejo, P. (2012).** The Artemisia L. genus: a review of bioactive essential oils. *Molecules*, 17(3), 2542-2566.

**Abbott, W. S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.

**Abderrabi, K. (2018).** *Etude de la variabilité génétique et de potentialité d'adaptation chez Artemisia herba-alba dans la steppe de l'Ouest Algérien.* Thèse doctorat. Université Djillali Liabes de Sidi bel Abbes.

**Abu-Darwish, M. S., Cabral, C., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Cruz, M. T., Efferth, T., Salgueiro, L. (2015).** Artemisia herba-alba essential oil from Buseirah (South Jordan): Chemical characterization and assessment of safe antifungal and anti-inflammatory doses. *Journal of ethnopharmacology*, 174, 153-160.

**Abraham, E. (2006).** *Bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'Hibiscus sabdariffa L. et à l'Artemisia annua* (Doctoral dissertation).

**Ahmed, S. I., Leather, S. R. (1994).** Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management—some points for consideration. *International Journal of Pest Management*, 40(4), 287-292.

Aquiloni, L., & Gherardi, F. (2010). The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkii*: a field study. *Hydrobiologia*, 649(1), 249-254.

**Aidoud, A. (1983).** *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud-Oranais. Phytomasse, Productivité Primaire et applications pastorales.* Thèse 3ème cycle. Univ. Sci. Tech. H. Boumediène, 245.

**Aidoud, A. (1988).** Les écosystèmes à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), caractères, généraux. *Biocénoses*, 3, 1-2.

**Aissaoui, A. B., El Amrani, A., Zantar, S., & Toukour, L. (2018).** Activité Acaricide Des Huiles Essentielles Du Mentha Pulegium, Origanum Compactum Et Thymus Capitatus Sur L'acarien Phytophage Tetranychus Urticae Koch (Acari: Tetranychidae). *European Scientific Journal*, 14(3), 118.

**Al-Ghamdi, S. S., Al-Tahir, O. A. (2001).** Temperature and solar radiation effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and grain yield. *Saudi J. Biol. Sci*, 8(2), 171-183.

**Andaloussi, F. A. (2001).** Screening of *Vicia faba* for resistance to the 'giant race' of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. *Nematologia Mediterranea*, 29, 29-33.

**Andrianoelisoa, H. S., Menut, C., de Chatelperron, P. C., Saracco, J., Ramanoelina, P., Danthu, P. (2006).** Intraspecific chemical variability and highlighting of chemotypes of leaf essential oils from *Ravensara aromatica* Sonnerat, a tree endemic to Madagascar. *Flavour and fragrance journal*, 21(5), 833-838.

**Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F., Mahari, S. (2006).** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* , 10 (2) , 67 – 71.

**Aroun, M. E. F. (1985).** Les aphides et leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes de la Mitidja (Algérie). Thèse de magister. Institut National Agronomique, El Harrach, Algeria, 125.

**Ayad, N., Hellal, B., Hellal, T., Rahmani, A. et Bensmira, Z. (2014).** Qualités nutritionnelles de l'armoise blanche des parcours steppiques du sud de la préfecture de Tlemcen. *Revue Ecologie-Environnement* (10), 71-74.

## B

**Baba-Aissa, K., Moussaoui, K., Berahal, S., Verdeguer Sancho, M., Djazouli, Z. E. (2017).** Biocidal effect of formulated essential oil of bitter orange *Citrus aurantium* L.(1753) on the black bean aphid *Aphis fabae*.(Scopoli, 1763). *Agro Biologia*, 7(2), 512-522.

**Bailly, R., Robbe Durand, P., Fougeroux, A., Beyt, N.; D'Aguilar, J., Coutin, R., Faivre Amiot, A., Mimaud, J., Paitier, G., Raynal, G., My, J., De Saint**

**Barlett. (1951).** Effects of insecticides on biological control of insect pest of citrus. *J. Econ. Entomol.* 44, 372-383.

**Bailly, R., Robbe-Durand, P., & Association de coordination technique agricole (Paris). (1990).** *Guide pratique de défense des cultures: reconnaissance des ennemis, notions de protection des cultures.* Association de coordination technique agricole, 557.

**Bale, J. S., Strathdee, A. T., Strathdee, F. C. (1994).** Effects of low temperature on the arctic aphid *Acyrtosiphon brevicorne*. *Functional Ecology*, 621-626.

**Baudoux D, Breda, M., Zhiri, A. (2012).** *Aromathérapie scientifique : Huiles essentielles chémotypées.* 1e éd. Belgique , J.O.M, 88 .

**Belkacemi, O., Mokhtari, A. (2019).** *L'effet insecticide des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba* sur *Aphis fabae*.* (Mémoire de fin d'études pour Master en sciences agronomiques), 25-28.

**Beloued, A. (2005).** *Plantes médicinales de l'Algérie*, 28-216.

**Benachour, K., Louadi, K., Terzo, M. (2007).** Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera: Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. major)(Fabaceae) en région de Constantine (Algérie). In *Annales de la Société entomologique de France*, Taylor & Francis Group ,43(2), 213-219.

**Benddine, F. (1991).** *Action du pirimor sur la bio écologie d'Aphis gossypii Glover et contribution à l'étude de la résistance variétale du melon (Cucumis melo) vis à vis d'Aphis gossypii.* Thèse ing.agro. INES, Blida,61.

**Bendif, H. (2017).** *Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: Ajuga iva (L.) Schreb., Teucrium polium L., Thymus munbyanus subsp. Coloratus (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et Rosmarinus eriocalyx Jord & Fourr.* (Thèse de doctorat, l'école normale supérieure de KOUBA-Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale), 26.

**Benhamou, N. (2009).** *La résistance chez les plantes: principes de la stratégie défensive et applications agronomiques.* Éditions TEC & DOC - Lavoisier, Paris,376 .

**Benmansour, A. (1999).** *Etude et valorisation de l'armoise blanche de l'ouest Algérien et des noyaux de deux variétés de dattes algériennes.* Thèse de Doctorat d'Etat en chimie. Université Aboubeker Belkaid. Tlemcen.

**Benoufella-kitous, K. (2005).** *Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued-Aïssi (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation, INA), 221.

**Blackman, R. L., Eastop, V. F. (2007).** Taxonomic issues. *Aphids as crop pests*, 1, 1-29.

**Blanquat, A. (1990).** *Guide pratique de défense des cultures. Reconnaissance des ennemis. Notions de protection des cultures.* ACTA. France, Paris, 557 .4

**Bnina, E. B., Hajlaoui, H., Chaieb, I., Said, M. B., Jannet, H. B. (2019).** Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of the tunisian Citrus aurantium essential oils. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(2), 81-92.

**Bouchikhi-Tani, Z., Khelil, M. A., & Bendahou, M. (2018).** Evaluation des propriétés larvicides des huiles essentielles extraites de cinq plantes aromatiques d'Algérie: essai sur la mite Tineola bisselliella (Lepidoptera: Tineidae). *Lebanese Science Journal*, 19(2), 187-199.

**Boudjelal, A. (2013).** *Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (Ajuga iva,*

*Artemisia herba alba et Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar), 61.

**Boughdad, A. (1994).** *Statut de nuisibilité et écologie des populations de bruchus rufimanus boheman, 1833 sur vicia faba au maroc* (Doctoral dissertation, Paris 11),182.

**Bouguerra, A. (2012).** *Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de Foeniculum vulgare Mill. en vue de son utilisation comme conservateur alimentaire* .Mémoire magister. Université Mentouri Constantine.

**Boukhenoufa, A., Meddah, A. T. T., Meddah, B., Gabaldón, J. A., Sonnet, P. (2018).** Comparative study of artemisia herba alba asso and citrus aurantium essential oils. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(3), 622.

**Boukrich, F., Zouari, S., Neffati, M., Abdelly, C., Liu, K., Casanova, J., Tomi, F. (2010).** Chemical variability of Artemisia herba-alba Asso growing wild in semi-arid and arid land (Tunisia). *Journal of Essential Oil Research*, 22(4), 331-335.

**Boullard, B. (2001).** *Plantes médicinales du monde: Réalités et Croyances*. Estem, 174.

**Boutayeb, A. (2013).** *Etude bibliographique sur les huiles essentielles et végétales*. Thèse de licence. Université Ibn Tofail.

**Boyeldieu, J. (1991).** *Produire des grains oléagineux et protéagineux*. Technique et documentation, Lavoisier,185-198.

**Brévault, T., Achaleke, J., Sougnabe, S. P., Vaissayre, M. (2008).** Tracking pyrethroid resistance in the polyphagous bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), in the shifting landscape of a cotton-growing area. *Bulletin of Entomological Research*, 98(6), 565.

**Brink, M., Ramolemana, G. M., Sibuga, K. P. (2006).** *Vigna subterranea* (L.) Verdc. Record from Protabase. Brink, M. and Belay, G. *Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale*.(PROTA) Wageningen, Netherlands, 27.

**BRUNETON, J. (1987)** - Déments de phytochimie et de pharmacognosie. Paris, Lavoisier, 585p.

**Bruneton, J. (1993).** *Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales* . 2ème édition TEC & DOC- Lavoisier, Paris, 406-417.

**Brunner, K., Zeilinger, S., Ciliento, R., Woo, S. L., Lorito, M., Kubicek, C. P., & Mach, R. L. (2005).** Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. *Applied and environmental microbiology*, 71(7), 3959-3965.

**Buronzo, M. A. (2008).** *Grand guide des huiles essentielles: santé, beauté, bien-être*. Hachette pratique.

**Bendjilali, B., Richard, H., Liddle, P. (1984).** chémotypes d'armoise blanche du Maroc. congrès international de la société italienne de phyto-chimie, 131-151.

## C

**Canning, E. U. (1982).** An evaluation of protozoal characteristics in relation to biological control of pests. *Parasitology*, 84(4), 119-149.

**Carruthers, R. I., Soper, R. S. (1987).** *Fungal diseases*. In Fuxa, J. and Tanada, Y., Eds., *Epizootiology of Insect Diseases*, Wiley, J and Sons Inc., New York, 357-416.

**Chaieb, I., Zarrad, K., Sellam, R., Tayeb, W., Hammouda, A. B., Laarif, A., & Bouhachem, S. (2018).** Chemical composition and aphicidal potential of *Citrus aurantium* peel essential oils. *Entomol Gen*, 37, 63-75.

**Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., Grant, W. P. (2011).** The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1573), 1987-1998.

**Chaux, C., Foury, C. (1994).** Production légumière: *légumineuses potagères, légumes fruits*. Lavoisier, Paris, 4-8.

**Chaux, C., Foury, C. (1994).** *Légumineuses potagères, légumes fruits*. Lavoisier, 563.

**Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press, New York. *An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press, New York, 1262.*

**Croteau, R. (1986).** Biochemistry of monoterpenes and sesquiterpenes of essential oils. *Herbs, spices, and medicinal plants: recent advances in botany, horticulture, and pharmacology*. Vol. 1, Oryx Press, Phoenix, 81-133.

**Cubero, J. I. (2011).** The faba bean: a historic perspective. *Grain legumes*, 56, 5-7.

## D

**Dahmani, N. (2004).** *Extraction et analyse d'huiles essentielles d'armoise algérienne (ARTEMISIA herba alba)* (Doctoral dissertation).

**Dahmani-Hamzaoui, N., Baaliouamer, A. (2015).** Volatile constituents of Algerian *Artemisia herba-alba* essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 27(5), 437-446.

**Dedryver, C. A. (2007).** Pucerons: des dégâts et des hommes: Pucerons, les connaître pour mieux les combattre. *Biofutur (Puteaux)*, (279), 22-25.

**Dedryver, C. A., Le Ralec, A., Fabre, F. (2010).** The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damage and control strategies. *Comptes rendus biologiques*, 333(6-7), 539-553.

**Delimi, A., Faiza, T., Sabrina, B., Mahieddine, B., Nacera, H. S., Azzedine, C. (2017).** Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* (Asteraceae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Int J. Biosci.*, 10(2), 130-137.

**Dent, D.R. (1991).** *Insect pest management*, ed. CAB International, UK.v Debach, P. et B.

**Deravel, J., Krier, F., Jacques, P. (2013).** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse

bibliographique). *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*. (18), 220 -232.

**Dixon, A. F. G. (2012).** *Aphid ecology an optimization approach*. Springer Science & Business Media.

**Dib, H., Sauphanor, B., Capowiez, Y. (2016).** Effect of management strategies on arthropod communities in the colonies of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) in south-eastern France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 203-206.7

**Djenane, D. (2015).** Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of Algerian citrus essential oils and their application in *Sardina pilchardus*. *Foods*, 4(2), 208-228.

**Djouahri, A., Boualem, S., Boudarene, L., & Baaliouamer, A. (2015).** Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial crops and Products*, 63, 138-146.

**Doberski, J. W. (1981).** Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces farinosus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 37(2), 195-200.

Devauchelle, G. (1993). Les baculovirus des insectes intérêt et perspectives. *Dossiers de la Cellule Environnement*, 5, 97-99.

**Dodd, S. L., Lieckfeldt, E., Samuels, G. J. (2003).** *Hypocrea atroviridis* sp. nov., the teleomorph of *Trichoderma atroviride*. *Mycologia*, 95(1), 27-40.

**Dosoky, N. S., Setzer, W. N. (2018).** Biological activities and safety of Citrus spp. essential oils. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 1966.

**Dridi, S., Hirano, Y., Tarallo, V., Kim, Y., Fowler, B. J., Ambati, B. K., Goodrich, J. A. (2012).** ERK1/2 activation is a therapeutic target in age-related macular degeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(34), 13781-13786.

**Direction des services agricoles (DSA). (2019).** Bilan technique et statistique agricole de la wilaya de Sidi Bel Abbès. Alger: donnés climatiques,8.

**Duc, G. (1997).** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 99-109.

**Duffus, J. E. (1971).** Role of weeds in the incidence of virus diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 9(1), 319-340.

## E

**El-Akhal, F., Lalami, A. E. O., Zoubi, Y. E., Greche, H., Guemmouh, R. (2014).** Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Origanum majorana* (Lamiaceae) cultivated in Morocco against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9), 746-750.

**El Haib, A. (2011).** *Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

**Ellouze, I., Abderrabba, M., Sabaou, N., Mathieu, F., Lebrihi, A., & Bouajila, J. (2012).** Season's variation impact on *Citrus aurantium* leaves essential oil: chemical composition and biological activities. *Journal of food science*, 77(9), T173-T180.

**Emberger, L. (1952).** Sur le quotient pluviothermique. C. R. Acad. sci. Paris, 234, 2508-2510.

**Erman,W, F. (1985),** Chemistry of monoterpenes, Bale, Inc., New-York, 1-814.

**Ernould, A. (2008).** *Les vertus de l'oranger amer et de l'oranger doux* (Doctoral dissertation).

**Ersus, S., Cam, M. (2007).** Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *Citrus aurantium* fruits. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(5), 607-609.

**Espina, L., Somolinos, M., Lorán, S., Conchello, P., García, D., Pagán, R. (2011).** Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food control*, 22(6), 896-902.

**Evelyne, T. L. (2011).** Les pucerons des grandes cultures : Cycles biologiques et activités de vol. Ed Quae, 135.

## F

**FAO, STAT-Agriculture (2015).** Food and agricultural commodities production. *Food and agriculture organization*. Rome.

**FAO, (Food and Agriculture Organization). (2019).** *FAOSTAT Statistical Database of the United Nation* Food and Agriculture Organization (FAO) statistical division. Rome.

**Feliachi, K. (2002).** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. In : proceedings du symposium sur *le Devenir des légumineuses alimentaires au maghreb*. Hammamet, Tunisie, 32-39.

**Fernandez-Quintanilla, C., Fereres, A., Godfrey, L., Norris, R. F. (2002).** Development and reproduction of *Myzus persicae* and *Aphis fabae* (Hom., Aphididae) on selected weed species surrounding sugar beet fields. *Journal of Applied Entomology*, 126(4), 198-202.

**Fernandez, X. ,Chemat , F.(2012).** *La chimie des huiles essentielles*. Ed. Vuibert . p : 274.

**Festy, D. (2018).** *Ma bible des huiles essentielles*. Éditions Leduc. s.

**Finney, D. J. (1952).** Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge university press, Cambridge.

**Fredon. (2008).** Fiche technique sur les pucerons.

**Friedman, J., Yaniv, Z., Dafni, A., Palewitch, D. (1986).** A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of ethnopharmacology*, 16(2-3), 275-287.

**Foltete, A. S. (2010).** *Effets génotoxiques et systèmes de détoxification chez Vicia Faba (Fabaceae) dans le cadre de l'évaluation des sols pollués* (Doctoral dissertation, Université Paul Verlaine-Metz), 245.

**Fytoweb. (2013).** Liste officielle des pesticides à usage agricole autorisés en Belgique. Service Pesticides, <http://www.fytoweb.fgov.be/indexfr.htm>.

## G

**Gallais, A., Bannerot, H. (1992).** *Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection*. Editions Quae, 768.

**Garnéro, J. (1996).** Huiles essentielles. Techniques de l'Ingénieur, traité Constantes physicochimiques, K 345-1, 39.

**Gavahian, M., Farahnaky, A., Javidnia, K., Majzoobi, M. (2012).** Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 85-91.

**Geerts, P., Toussaint, A., Mergeai, G., Baudoin, J. P. (2011).** Phaseolus immature embryo rescue technology. In *Plant Embryo Culture*. Humana Press, 117-129.

**Georget, M., Scheromm, P. (1995).** *Lutte contre les insectes ravageurs des cultures: les apports de la biologie*. INRA Editions, 42.

**Gerhard, R. (1993).** *Métabolisme de végétaux, physiologie et biochimie*. Press polytechnique et universitaire romandes, Diffusion, Tec et Doc, France, 291- 292.

**Ghedira, K., Goetz, P. (2015).** *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) coriandre. *Phytothérapie*, 13(2), 130-134.

**Gmitter, F. G., Chen, C., Rao, M. N., Soneji, J. R. (2007).** Citrus fruits. In *Fruits and Nuts*. Springer, Berlin, Heidelberg, 265-279.

**Godin, C., & Boivin, G. (2002).** Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraichères au Québec. *Agriculture et agroalimentaire Canada. AACCRDH/prisme*,(31), 04-30.

**Gordon, M. M. (2004).** Haricots secs: Situation, Prospective et Agroalimentaire.1-7.

**Goyoaga, C., Burbano, C., Cuadrado, C., Romero, C., Guillamón, E., Varela, A., Muzquiz, M. (2011).** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis*, 24(3), 391-397.

**Greathead, D. J., Kooyman, C., Popov, G. B., Launois-Luong, M. H. (1994).** *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Collection acridologie opérationnelle N CILSS/DFPV, Niamey, Niger.

**Guignard, J. L. (1983).** *Abrégé de botanique*, Masson, 5 ème édition, Paris, 259.

**Guignard, J. (2001).** Botanique systématique moléculaire (éd. 12e édition).

## H

**Haj Ammar, A., Bouajila, J., Lebrihi, A., Mathieu, F., Romdhane, M., Zagrouba, F. (2012).** Chemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of *Citrus aurantium* L. flowers essential oil (Neroli oil). *Pakistan journal of biological sciences*, 15(21), 1034-1040.

**Hamdani, F. Z., Allem, R. (2017).** Propriétés antifongiques des huiles essentielles des feuilles de *Citrus* vis-à-vis d'*Alternaria alternata* et *Penicillium* sp in vitro. *Phytothérapie*, 15(5), 263-266.

- Hardy, N. B., Peterson, D. A., Von Dohlen, C. D. (2015).** The evolution of life cycle complexity in aphids: Ecological optimization or historical constraint. *Evolution*, 69(6), 1423-1432.
- Harmel, N., Haubruge, É., Francis, F. (2010).** Étude des salives de pucerons: un préalable au développement de nouveaux bio-insecticides. *BASE*, 14(2), 369-378.
- Hedjal, M. (2014).** *Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux plantes aromatiques de provenance algérienne et tunisienne: Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, callosobruchus maculatus F. 1775 (Coleoptera: Bruchidae)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Heni, S. (2016).** *Sélection d'extraits bio-actifs des espèces du genre Thymus comme conservateurs antibactériens naturels.* Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba.
- Holloway, P. J. (1993).** Adjuvants for agrochemicals: why do we need them?. *Mededelingen van de Faculteit landbouwwetenschappen. Rijksuniversiteit Gent*, 58(2a), 125-140.
- Holzner, G. (1977).** *P.C.A.*, 15, 67- 79.
- Huignard, J., Glitho, I. A., Monge, J. P., Regnault-Roger, C. (2011).** *Insectes ravageurs des graines de légumineuses: Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique.* Éditions Quae, 147.
- Hullé, M. (1998).** *Les pucerons des arbres fruitiers: cycles biologiques et activités de vol.* Editions Quae. Paris, 98.
- Hullé, M. (1999).** *Les pucerons des plantes maraîchères: cycles biologiques et activités de vol.* Editions Quae, 134.
- Hurej, M., Werf, W. V. D. (1993).** The influence of black bean aphid, *Aphis fabae* Scop., and its honeydew on leaf growth and dry matter production of sugar beet. *Annals of applied Biology*, 122(2), 201-214.

**IPNI. (2014).** The International Plant Name Index.

## J

**Jaloux, B. (2011).** Cultures associées et contrôle des populations de pucerons, mécanismes et perspectives.

**Jensen, E. S., Peoples, M. B., Hauggaard-Nielsen, H. (2010).** Faba bean in cropping systems. *Field crops research*, 115(3), 203-216.

**Jouhannau, D. G. (1991).** La médecine des plantes aromatiques. *Phyto-Aromathérapie et Huiles essentielles de l'Océan Indien, Editions du Tramail, Azalées Editions, St Denis de la Réunion*, 153.

**Jourdheuil, P., Grison, P., Fraval. (1991).** La lutte biologique : *un aperçu historique*, in *La lutte biologique*. Dossier de la Cellule environnement de l'INRA, A, 5.

## K

**Kehal, F. (2017).** *Utilisation de l'huile essentielle de Citrus limon comme agent conservateur et aromatique dans la crème fraîche.* (Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires, option : Biochimie et Technologie Alimentaire. Université de Constantine 1, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires, Constantine).

**Kellouche, A. (2005).** *Etude de la bruche du poi-chiche, Callosobruchus maculatus (Coleoptera : bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte*, Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie, 154.

**Khachatourians, G.K. (1986).** Production and use of biological pest control agents. *Trends Bio. Tech.* 4, 120 - 124.

**Khaldi, A., Meddah, B., Moussaoui, A., Benmehdi, H., Gouri, S. (2012).** Screening phytochimique et effet antifongique de certains extraits de plantes sur le développement in vitro des moisissures. *European Journal of Scientific Research*, 80(3), 311-321.

**Khan, Y., Khan, R. A., Afroz, S., & Siddiq, A. (2010).** Evaluation of hypolipidemic effect of citrus lemon. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(1), 39-43.

**Kheloul, L. (2014).** *Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à la culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de fève Vicia faba minor et Vicia faba major dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri), 52.

**Khireddine, H. (2014).** *Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie* (Doctoral dissertation, Université de Boumerdès-M'hamed Bougara).

**Khoury, V., Nayeypour, M., Rakhshan, E., Mirabbasi, A., Zamani, M. (2006).** The effect of essence of Citrus Aurantium on the electrophysiological properties of isolated perfused rabbit AV-node.

**Kim, N. S., Lee, D. S. (2002).** Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from Lavandula species by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography a*, 982(1), 31-47.

**Kim, U., Jorgenson, E., Coon, H., Leppert, M. NR. (2003).** Positional cloning of the human quantitative trait locus underlying taste sensitivity to phenylthiocarbamide. *Science. Sciencemag. Org*, 299(5610), 1221-1225.

**Kouassi, M. D. (2001).** La lutte biologique: une alternative viable à l'utilisation des pesticides. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2(2).

## L

**Laamari, M., Jouselin, E., d'Acier, A. C. (2009).** Assessment of aphid diversity (Hemiptera: Aphididae) in Algeria: a fourteen-year investigation. *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*, 62(2), 73-87.

**Lahlou, M. (2004).** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 435-448.

**Landis, D. A., & Van der Werf, W. (1997).** Early-season predation impacts the establishment of aphids and spread of beet yellows virus in sugar beet. *Entomophaga*, 42(4), 499-516.

**Latreche, M., Mehasni, R., Feliachi, M. (2002).** Couplage des solutions analytique et numerique pour un calcul de champ électromagnétique. *Sciences & Technologie. A, sciences exactes*, 93-98.

**Laumonier, R., (1979).** *Culture légumière et maraîchère*. J,B Ballière Eds. Paris, Tome II : p276. Tome III, édition J.B Bablière, paris, 112- 279.

**Laurent, J. (2017).** *Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine* (Doctoral dissertation, université Toulouse 3).

**Leclant, F. (1999).** *Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification: 2. Cultures maraîchères*. Editions Quae, 97.

**Leroy, J. F. (1968).** *Les fruits tropicaux et subtropicaux* (No. 237). Presses universitaires de France,61-77.

**Leonard, S., Ngamo, T. (2004).** Conseil phytosanitaire interafricain, bulletin d'informations phytosanitaires. ed. *F.A.O* Rome, 44, 58.

**Lucchesi, M. E. (2005).** *Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles* (Doctoral en Sciences, discipline : chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies).

## M

**Maatougui, M. E. (1996).** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Revue Technique et Scientifique*, 29, 6-14.

**Maatougui, M. E. H. (2007).** Manuel de formation : *Les maladies, les adventices et les ravageurs des fèves en Algérie. Réseau maghrébin de recherche sur fèves* (Rémafève), Algérie, 4.

**Maddox, J. V. (1987).** *Protozoan diseases*. In: Fuxa, J. R. and Tanada, Y. (eds), *Epizootiology of Insect Disease*. John Wiley & Sons, Chichester, 417.

**MADR. (2017).** Le recensement général. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques.

**Magali, C. (2009).** Lutte intégrée en serres florales et en verger de pomme. Revue éditée dans le cadre du Programme National Agriculture et Développement Durable.

**Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., Jolliet, O. (2002).** Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93(1-3), 379-392.

**Maisonneuve, J. C., Hugon, N., Lolivier, F. (2003).** Biological control with *Chrysoperla lucasina* against *Aphis fabae* on artichoke in Brittany (France). *IOBC WPRS BULLETIN*, 26(3), 149-154.

**Merga, B., Egigu, M. C., Wakgari, M. (2019).** Reconsidering the economic and nutritional importance of faba bean in Ethiopian context. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1683938.

**Messai, L., Belkacemi, D. (2011).** Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'est Algerien.

**Mezani, S. (2011).** *Bioécologie de la bruche de la fève Bruchus rufimanus Boh. (Coleoptera: Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fèves différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou)* (Doctorat Université Mouloud Mammeri), 72.

**Migliorini, P., Tavoletti, S., Moschini, V., Iommarini, L. (2008).** Performance of grain legume crops in organic farms of central Italy, 1-6.

**Mikić, A. (2011).** Words denoting faba bean (*Vicia faba*) in European languages. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 48(1), 233-238.

**Mnayer, D., Fabiano-Tixier, A. S., Petitcolas, E., Hamieh, T., Nehme, N.,**

**Mnayer, D. (2014).** *Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens* (Doctorat en Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse).

**Mohamed, A. E. H. H., El-Sayed, M., Hegazy, M. E., Helaly, S. E., Esmail, A. M., Mohamed, N. S. (2010).** Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Records of Natural Products*, 4(1).

**Moumni, M., Elwatik, L., Kasimi, A. R., Homrani Bakali, A. M. (2013).** Induction du chemotype a davone de l'huile Essentielle d'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) par domestication à Errachidia (Sud-Est du Maroc). *Science Lib*, 2013a, 5.

**Moussaoui, K., Ahmed Hedjala, O., Zitouni, G., Djazouli, Z. (2014).** Estimation de la toxicité des d'huiles essentielles formulées de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *varroa destructor* (arachnida, varroidae). *Agrobiologie*, 4, 17-26.

**Mukhopadhyay, A. K., Kersulyte, D., Jeong, J. Y., Datta, S., Ito, Y., Chowdhury, A., Nair, G. B. (2000).** Distinctiveness of genotypes of *Helicobacter pylori* in Calcutta, India. *Journal of bacteriology*, 182(11), 3219-3227.

## N

**Nabli, M. A. (1989).** *Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes*. Faculté des Sciences de Tunis.

**Ngamo, L. S. T., & Hance, T. H. (2007).** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25(4), 215-220.

**NICOLAS H, J. (1973).** *Phytochemisly, Organic melaboliles* Vol. 1I Yonkers, New-York.

**Nuessly, G. S., Hentz, M. G., Beiriger, R., Scully, B. T. (2004).** Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist*, 87(2), 204-211.

**Nuessly, G. S., & Nagata, R. T. (2005).** Greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani)(Insecta: Hemiptera: Aphididae). *Institute of Food and Agricultural*

Sciences, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN63400.pdf>.

## O

**ONIPPAM. (1997).** Huiles essentielles et plantes aromatiques: bilan en demi-teinte, *Arômes Ingrédients Additifs*, 8, 23-26.

**Ozenda, P. (1985).** *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, 331.

## P

**Pharmacopée Européenne. (2014).** 8.0 édition, tome I. Strasbourg: Conseil de l'Europe.

**Philogène, B. J. R., Regnault-Roger, C., Vincent, C. (2002).** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui. *Biopesticides d'origine végétale*. (Regnault-Roger, C, Philogène, BJR, Vincent, C. Eds.). Tec&Doc Editions. Londres, 1-18.

**Piochon, M. (2008).** *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse*. Université du Québec à Chicoutimi.

**Placquaert, Ph ., GIRARD, Cl. (1987).** *La fève de printemps : Culture - Utilisation*. Ed ITCF. Paris, 32.

**Pottier-Alapetite, G. (1981).** Flore de la Tunisie (Tome 2): Angiospermes-Dicotylédones, Gamopétales. *Publication scientifique Tunisienne*, 970-972.

**Pourrat, Y. (1974).** Comparaison des mécanismes de la résistance à la sécheresse chez deux plantes désertiques: *Artemisia herba alba* Asso et *Carex pachystylis* (J. Gay) Asch. et Graebn, 12, 135- 147.

## Q

**Quezel, P., Santa, S. (1963).** *Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales*. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, I, 565.

## R

**Rachef, S. A., Ouamer, F., Ouffroukh, A. (2005).** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (Identification et caractérisation). *INRA*, 16, 36-41.

**Regnault-Roger, C., Hamraoui, A. (1993).** Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*, 29(3), 259-264.

**Remaudière, G., Remaudière, M. (1997).** *Catalogue Des Aphididae Du Monde (Homoptera Aphidoidea)=: Catalogue of the World's Aphididae*. Editions Quae, 478.

**Retamar, J. A. (1986).** Essential oils from aromatic species. *On essential oils*, 123-279.

**Rhayour, K. (2002).** Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*, 170.

**Roulier, G. (1990).** *Les huiles essentielles pour votre santé traitée pratique d'aromathérapie. Propriétés et indication thérapeutiques des essences de plantes*. Edition Dangles.

**Roux, D., Cieur, C., Chaumont, J. P. (2008).** Conseil en aromathérapie. 2e éd. France: Pro officina.

**Rovesti, P. (1972).** Ann. Acad. Bres. Genc. 44, 91-93.

## S

**Saidemberg, D. M., Ferreira, M. A., Takahashi, T. N., Gomes, P. C., Cesar-Tognoli, L. M., da Silva-Filho, L. C., Palma, M. S. (2009).** Monoamine oxidase inhibitory activities of indolylalkaloid toxins from the venom of the

colonial spider *Parawixia bistriata*: functional characterization of PwTX-I. *Toxicon*, 54(6), 717-724.

**Salido, S., Valenzuela, L. R., Altarejos, J., Nogueras, M., Sánchez, A., Cano, E. (2004).** Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain. *Biochemical systematics and ecology*, 32(3), 265-277.

**Sauvage, C. H. (1963).** Le quotient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. *Ann. Phys. Globe Météorol. Inst. Sci. Chérif*, 20, 11-23.

**Sauvion, N. (1995).** *Effets et modes d'action des deux lectines à mannose sur le puceron du pois, Acyrthosiphon pisum (Harris)-Potentiel d'utilisation des lectines végétales pour la création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons* (Doctoral dissertation, INSA de Lyon) ,179.

**Sawamura, M. (2011).** *Citrus essential oils: flavor and fragrance*. John Wiley & Sons, 398.

**Saxena, M. C. (1991).** Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes*, 10 (1), 5-20.

**Sbayou, H., Ababou, B., Boukachabine, K., Manresa, A., Zerouali, K., Amghar, S. (2014).** Chemical composition and antibacterial activity of *artemisia herba-alba* and *mentha pulegium* essential oils. *Journal of Life Sciences*, 8(1).

**Schmutterer, H. (1990).** Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual review of entomology*, 35(1), 271-297.

**Siskos, E. P., Konstantopoulou, M. A., Mazomenos, B. E., Jarvis, M. (2007).** Insecticidal activity of *Citrus aurantium* fruit, leaf.

**Seddiek, S. A., Ali, M. M., Khater, H. F., El-Shorbagy, M. M. (2011).** Anthelmintic activity of the white wormwood, *Artemisia herba-alba* against *Heterakis gallinarum* infecting turkey poults. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(16), 3946-3957.

**Sell, C. S. (Ed.). (2006).** *The chemistry of fragrances: from perfumer to consumer*. Royal Society of Chemistry, 329.

Sharifian, I., Hashemi, S. M., Aghaei, M., & Alizadeh, M. (2012). Insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso against three stored product beetles. *Biharean Biologist*, 6(2), 90-93.

**Shaposhnikov, G. Kh. (1987).** Organization (structure) of populations and species, and speciation. In Minks A.K. & Harrewijn P. (eds): *Aphids. Their Biology, Natural Enemies and Control*, 2A. Elsevier, Amsterdam, 415-430.

**Shiran, B., Mashayekh, A. M. (2004).** Evaluation of the chloroplast DNA among *Vicia faba* L. germplasm using restriction-site analysis. *Iranian Journal of Science and Technology (Sciences)*, 28(1), 51-55.

**Sillero, J. C., Villegas-Fernández, A. M., Emeran, A. A., Flores, F., Rubiales, D. (2011).** Multiple-disease resistance in *Vicia faba*: multi-environment field testing for identification of combined resistance to rust and chocolate spot. *Field Crops Research*, 124(1), 59-65.

**Simon, J. C., Stoeckel, S., & Tagu, D. (2010).** Evolutionary and functional insights into reproductive strategies of aphids. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6-7), 488-496.

**Simpson, K. L. S., Jackson, G. E., & Grace, J. (2012).** The response of aphids to plant water stress—the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. *capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142(3), 191-202.

**Singer, S. (1981).** Potential of *Bacillus sphaericus* and related spore-forming bacteria for pest control. *Microbial control of pests and plant diseases*, 1970-1980.

**Solbrig, O. T., Barbour, M. A., Cross, J., Goldstein, G., Lowe, C. H., Morello, J., Yang, T. W. (1977).** The strategies and community patterns of desert plants. *Convergent Evolution in Warm Deserts. US/IBP Synthesis*, (3), 67-106.

**Stamopoulos, D. C., Damos, P., & Karagianidou, G. (2007).** Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 571-577.

**Starnes, R. L., Liu, C. L., Marrone, P. G. (1993).** History, use, and future of microbial insecticides. *American Entomologist*, 39(2), 83-91.

Stahle (1911), Zeitsch. Natlfr. Mfedecille, 22.

**Starý, P., Rakhshani, E., TOMANOVIĆ, Ž., Kavallieratos, N. G., PETROVIĆ, A., Žikić, V., & Havelka, J. (2014).** Aphid-parasitoid Associations on the Impatiens Plants in Central Europe (Hemiptera, Aphididae; Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Journal of the Entomological Research Society*, 16(3), 33-43.

**Sullivan, D. J. (2008).** Aphids (Hemiptera: Aphididae). *Encyclopedia of entomology*, 191-215.

## T

**Tapondjou, L. A., Adler, C., Bouda, H., & Fontem, D. A. (2003).** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de "Chenopodium ambrosioides" et "Eucalyptus saligna" à l'égard de la bruche du niébé, "Callosobruchus maculatus" Fab.(Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers Agricultures*, 12(6), 401-407.

**Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A. (2005).** *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec & Doc, 522.

**Thakore, Y. (2006).** The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*, 2(3), 194-208.

**Thomas, f. (2008).** La féverole confirme son intérêt. *Techniques culturales simplifiées n°48*. 4ème édition, 102.

**Turpeau, E., Dedryver, C. A., Chaubet, B., & Hullé, M. (2011).** Les pucerons des grandes cultures: Cycles biologiques et activités de vol.

**Turpeau, E., Hullé, M. ., CHAUBET, B. (2013).** Encyclop'Aphid : *l'encyclopédie des pucerons - Dégâts*. In : [en ligne]. 4 juillet 2013.

## V

**Van Driesche, R. G., Bellows, T. S. Jr.(1996).** Biological Control. New York: Chapman and Hall.

**Vance, C. P. (2001).** Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant physiology*, 127(2), 390-397.

**Vincent, C. (1998).** Les biopesticides. *Antennae*, 5(1), 7-29.

**Vioque, J., Alaiz, M., Girón-Calle, J. (2012).** Nutritional and functional properties of Vicia faba protein isolates and related fractions. *Food chemistry*, 132(1), 67-72.

## W

**Walter, A., and C. Sam. (2002).** les iles du Pacifique à une époque préeuropéenne par les polynésiens (*Fruits of Oceania*. P. Ferrar from Fruits d'Océanie. ACIAR Monograph 85. ACIAR, Canberra, Australia.

**Wang, H., Singh, S. R., Zheng, Z., Oh, S. W., Chen, X., Edwards, K., & Hou, S. X. (2006).** Rap-GEF signaling controls stem cell anchoring to their niche through regulating DE-cadherin-mediated cell adhesion in the Drosophila testis. *Developmental cell*, 10(1), 117-126.

**Wang, H. F., Zong, X. X., Guan, J. P., Yang, T., Sun, X. L., Ma, Y., & Redden, R. (2012).** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. *Theoretical and applied genetics*, 124(5), 789-797.

**Wolfgang.B et Sadiki.M.(1996).** Rehabilitation of faba bean. Premier Séminaire du Réseau maghrébin de recherche sur la fève (Remafeve). Ed Actes. Rabat. 26.

## X

**Xu, X. M., Jeffries, P., Pautasso, M., & Jeger, M. J. (2011).** Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. *Phytopathology*, 101(9), 1024-1031.

## Y

**Yovo, K. (2010).** Consentement à payer les biopesticides: une enquête auprès des maraichers du littoral au Sud-Togo. *Tropicultura*, 2, 101-106.

## Z

**Zahaf, H. (2016).** *Activité insecticide de l'extrait méthanoïque de Nicotiana Glauca sur le puceron noir de la fève Aphis Fabae.* (Mémoire fin d'études).

**Zaim, A., El Ghadraoui, L., & Farah, A. (2012).** Effets des huiles essentielles d'Artemisia herba-alba sur la survie des criquets adultes d'Euchorthippus albolineatus (Lucas, 1849). *Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 34(2), 127-133.

**Zaghouane, O. (1991).** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires* 10, 123-125.

**Zekri, F. (2016).** *Contribution à l'étude des propriétés insecticides du Laurier noble, Laurus nobilis L. (Lauraceae), sur un insecte ravageur des denrées stockées, Ephestia kuehniella (Lepidoptera, Pyralidae).* (mémoire fin d'études), 14.