

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département d'agronomie

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de :

Master II en Agronomie

Spécialité : Protection des cultures

Thème :

**Evaluation in vitro de l'effet insecticide du romarin
(*Rosmarinus officinalis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*)
vis-à-vis du puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*).**

Soutenu le : 11/07/2019

Par: - M. OUSAADI YOUCEF

- M. MOUKDAD NAIL

Devant le Jury :

- Président : Mme BERGHEUL

MCB

U. Mostaganem

- Encadreur : Mme SAIAH

MCB

U. Mostaganem

- Examineur : GHELAMALLAH

MCA

U. Mostaganem

Promotion 2018/2019



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres les plus chers à mon cœur, mes parents qui m'ont donné la vie et qui dans les moments difficiles m'aident toujours pour me rendre la vie facile

A mon frère et ma sœur pour leur aide, soutiens et encouragements.

A Mme SAIAH. F pour son énorme gentillesse, patience et compréhension.

A mon ami et binôme Youcef qui m'a aidé, soutenue et supporté. Sans lui ce travail n'aurait jamais vu la lumière du jour

« Ce n'est pas tant l'intervention de nos amis qui nous aide mais le fait de savoir que nous pourrons toujours compter sur eux »

A tous ceux qui ont bien voulu me donner un coup de pouce

A mon beau pays, l'Algérie



Naïf

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de la personne que j'ai tant aimé qu'elle assiste à ma soutenance, le regretté, mon père qui a souhaité vivre pour longtemps juste pour nous voir Qu'est- ce que nous allions devenir.

A la mémoire de mon cher ami et ex-binôme, Ilyes qui a tout le temps souhaité le meilleur pour moi.

Que dieu le miséricordieux vous accueillera dans son vaste paradis.

A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à toi chère mère toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.

A mes chers frères (épouses, filles et fils) et précieuses sœurs (maris)

A toute la famille AIT AMMAR RABAË, pour son accueil chaleureux, son aide inestimable, et pour toute les belles choses qu'on a dû partager durant cette année.

A tous les citoyens, (proches et amis) de mon village natal TASGAMELLOUL DE AIN EL HAMMAM.

A Mme SAIAË. F pour son énorme aide, compréhension, et sens de responsabilité.

A mes chers amis d'étude : Lyly, Lyes, Mustapha, Zizou, Sadek, Mnd Amokrane, Karim, et Ramadhane, Abdou, Mohamed, Amine, et Basset

A mon cher ami et binôme Nail qui m'a supporté durant ce travail, sans lui je ne saurais rien faire.

"Je ne sais pas le temps qui nous reste promis, Mais qu'importe le temps lorsqu'on a des amis."

Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

A mon beau pays, l'Algérie

Youcef

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice Mme SAIAH. F, enseignante à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, pour avoir accepté de diriger cette étude. C'est grâce à son aide démesurée et son soutien permanent, ses corrections, ses conseils et ses recommandations pertinentes que nous avons pu bien mener ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à Mme BERGHEUL S. enseignante à la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, qui a bien voulu nous honorer en présidente de jury. Nous lui témoignons toute notre reconnaissance.

Nos remerciements tout aussi vifs vont à Mr GHOULAMELLAH enseignant à la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, pour avoir accepté de faire partie de jury et d'évaluer ce mémoire.

Nous présentons aussi nos remerciements à : MAHIOUT DJAMEL, Mr ABAIDI AHMED, Mme HOUARIA JEZZAR, Mr BENTAHER MOHAMED CHERIF, Mme HOURIA BENDARBOUZ, et Mme ABOU SAADIA en témoignage des connaissances, conseils, et efforts qu'ils nous ont fourni durant la réalisation de ce projet.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants chargés de cours et TP de la spécialité protection des cultures, promotion 2018/2019, qui se sont fatigués tout un semestre rien que pour nous transmettre du bon savoir.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

En fin, Nous remercions Dieu le tout puissant, d'avoir éclairé notre voie et de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour mener à terme ce modeste travail.

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Partie théorique

Chapitre I : Données bibliographiques sur les agrumes.....02

Chapitre II : Données bibliographiques sur *Aphis spiraecola*.....15

Chapitre III : Huiles essentielles et plantes aromatiques étudiées.....23

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthodes.....34

Chapitre V : Résultats et discussions.....45

Conclusion générale.....59

Résumé

Annexe

Références bibliographiques

Table de Matières

Liste des figures

Figure 1. - Fleurs d'oranger.....	03
Figure 2. - Fleurs du citronnier.....	03
Figure 3. - Différentes parties d'orange et citron (Rameaux, feuilles, fruits)	05
Figure 4. - Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde.....	07
Figure 5. - Morphologie d'un puceron aptère (A) et ailé	17
Figure 6. - Adulte aptère d' <i>A. spiraecola</i>	17
Figure 7. - Cycle biologique complet d'un puceron.....	19
Figure 8. - Colonies de pucerons sur les feuilles.....	21
Figure 9. - <i>Rosmarinus officinalis</i> , région de Mostaganem.....	27
Figure 10. - <i>Salvia officinalis</i>	30
Figure 11. - Site d'expérimentation de Mazagran.....	35
Figure 12. - Verger d'agrumes (<i>Citrus limon</i>).....	35.
Figure 13. - Feuilles de la Sauge <i>Salvia Officinalis</i>	36
Figure 14. - Feuilles du <i>Rosmarinus officilanis</i>	36
Figure 15. - Puceron vert des agrumes <i>Aphis spiraecola</i>	37
Figure 16. - Feuilles après séchage, A : Sauge, B : Romarin.....	37
Figure 17. - Extraction par l'entraînement à la vapeur.....	38
Figure 18. - Huile végétale obtenue après extraction, A: Sauge, B: Romarin.....	38
Figure 19. - Préparation des boîtes de pétri pour l'essai.....	39
Figure 20. - Feuilles saines du citronnier préparées pour l'essai.....	40
Figure 21. - Préparation des doses de traitement pour chaque extrait végétal.....	40
Figure 22. - Différentes solutions préparées à base des deux extraits végétaux.....	41
Figure 23. - Application des doses des deux extraits végétaux par pulvérisation.....	41
Figure 24. - Dispositif expérimental final du test de toxicité d'extrait végétal de la sauge sur le puceron vert des agrumes.....	42
Figure 25. - Dispositif expérimental final du test de toxicité d'extrait végétal de la sauge sur le puceron vert des agrumes.....	42
Figure 26. - Effet répulsif de l'extrait pur des deux plantes étudiées sur les pucerons verts, A : extrait de la sauge, B : extrait du romarin.....	44
Figure 27. - Teneur en eau des feuilles fraîches du romarin.....	45
Figure 28. - Teneur en eau des feuilles fraîches du romarin.....	45
Figure 29. - Effet des différentes concentrations de l'extrait des feuilles du romarin sur le puceron vert des agrumes.....	47

Liste des figures

- Figure 30.** - Effet des différentes concentrations de l'extrait des feuilles de la sauge sur le puceron des agrumes.....48
- Figure 31.** - Comparaison de l'activité insecticide des extraits du romarin et de la sauge sur *Aphis spiraecola* sous différentes doses après 168H.....49
- Figure 32.** - Evolution dans le temps, de la mortalité corrigée en fonction des doses d'extrait du romarin sur *A.spiraecola*.....51
- Figure 33.** - Evolution dans le temps de la mortalité corrigée en fonction des doses de l'extrait de la sauge sur *A.spiraecola*.....52
- Figure 34.** - Comparaison entre les taux de répulsion des deux extraits.....55

Liste des tableaux

Tableau I : Superficies, productions et rendements des agrumes dans les principaux pays Producteurs en 2013.....	07
Tableau II : Superficies, productions et rendements des différents agrumes en Algérie en 2013.....	08
Tableau III : Ravageurs des agrumes en Algérie.....	13
Tableau IV : Les caractéristiques morphologiques de puceron.....	18
Tableau V : Variétés de <i>Salvia officinalis</i>	31
Tableau VI : Quantité de la matière végétale sèche entraînée à la vapeur.....	38
Tableau VII : Estimation de La répulsion des huiles essentielles purs	44
Tableau VIII : Rendement en huiles essentielles obtenus des deux plantes aromatiques....	46
Tableau IX : Comparaison entre les doses létales obtenues des deux extraits végétaux.....	52
Tableau X : Nombre moyen d'individus adultes d' <i>Aphis spiraecola</i> recensés dans le papier filtre à la dose pure de l'huile essentielle du romarin, et taux de répulsion.....	53
Tableau XI : Classe de l'huile essentielle pure de <i>Rosmarinus officinalis</i> selon le classement de McDonald et al., 1970.....	54
Tableau XII : Nombre moyen d'individus adultes d' <i>Aphis spiraecola</i> recensés dans le papier filtre à la dose pure de l'huile essentielle de la sauge, et taux de répulsion...	54
Tableau XIII : Classe de l'huile essentielle pure de <i>Salvia officinalis</i> selon le classement de McDonald et al., 1970.....	55



Introduction

générale

Le mot « agrume » provient du latin (acumen). Il désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides. Les agrumes sont très sensibles aux maladies cryptogamiques, et aux attaques de beaucoup de ravageurs qui causent des dégâts énormes et influent sur la rentabilité des vergers d'agrumes Algériens (Bâchés et bâchés, 2011).

Parmi les insectes inféodes aux agrumes, les pucerons occupent une place particulière. Ces aphides sont de petits insectes de quelques millimètres (Guenaoui, 1988). Ce sont des phytophages, se nourrissant de la sève élaborées, autrement dit, ils ont une alimentation phloémienne. (Christelle, 2007 ; Brault et *al.*, 2010).

Les pucerons sont considérés parmi les ravageurs les plus importants causant des pertes économiques notables. Ils provoquent des dommages conséquents directs correspondant à de multitudes de prises de nourriture, et indirects en intervenant d'une part par l'installation de la fumagine, sur le miellat expulsé par les pucerons et d'autre part par la transmission de phytovirus (Blackmant et Eastp, 1984).

Toutefois, le recours à la lutte chimique a entraîné des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune, les hommes et les animaux sans pour autant contenir l'invasion.

C'est dans le contexte de la chasse de nouvelles alternatives protégeant les vergers et contrôlant les insectes nuisibles par l'utilisation de leurs ennemis naturels (les prédateurs, parasitoïdes et entéropathogènes), ou en utilisant des extraits d'origines végétales ayant des potentialités bio-insecticides (Greathed et *al.*, 1994), que s'inscrit ce travail, qui vise à étudier l'activité insecticide et répulsive des huiles essentielles des feuilles de deux plantes aromatiques de la famille des lamiacées à savoir : *Rosmarinus officinalis* (Romarin) et *Salvia officinalis* (sauge), vis-à-vis du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*.

Cette étude est structurée en cinq chapitres partagés sur deux parties ; bibliographique et expérimentale, le premier est consacré à la présentation détaillée d'agrumes. La description générale du puceron vert des agrumes est inscrite dans le deuxième chapitre. La description des deux plantes aromatiques utilisées comme essence des huiles essentielles est rapportée au troisième chapitre. Le matériel et les méthodes appliquées sont rassemblés dans le quatrième chapitre. Le cinquième chapitre regroupe les résultats obtenus et discussions relatives à ces résultats. Une conclusion générale assortie de perspectives clôture ce travail.



Partie théorique



Chapitre I

Données bibliographiques sur les agrumes

I. - Données bibliographiques sur les agrumes

I. 1. - Historique et origine

D'après Praloran (1971), ils seraient originaires de l'Asie du sud. Ils étaient connus en Chine entre 2400 et 800 avant J.C. Ils apparaissent dans le bassin méditerranéen dès l'antiquité. C'est à partir du Bassin Méditerranéen et grâce aux grandes découvertes que les agrumes furent diffusés dans le monde (Loussert, 1987).

Ils ont été répandus selon trois voies principales, vers les côtes anglaises de l'Afrique au Xème siècle par les navigateurs arabes, En Haïti, îles des caraïbes, puis en Amérique central grâce à Christophe Colombe en 1493 et au cap par les Anglo hollandais en 1654 (Louassent, 1989).

Cette distribution est faite dans un premier temps par la voie terrestre, via l'Asie mineure et le Moyen-Orient, puis s'est accéléré grâce aux échanges maritimes dès le XVIème à des latitudes légèrement supérieures à 40°.

I. 2. - Position systématique

D'après Praloran (1971) la position taxonomique des agrumes, selon Swingle est indiquée comme suite :

Règne :	Végétale
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Eudicotes
Sous classe :	Archichlomydeae
Ordre :	Germinal (Rutales)
Famille :	Rutaceae
Sous-famille :	Aurantioideae
Tribus :	Citreae
Sous-tribu :	Citrinae
Genre :	<i>Poncirus, Fortunella et Citrus</i>

I. 3. - Caractéristique botanique des agrumes

Les agrumes sont des petits arbres ou arbustes, dont la taille peut varier de 2 à 10 mètres de haut suivant les espèces. Leur frondaison est généralement dense et leurs feuilles

sont persistantes, à l'exception des *Poncirus*. leurs fruits, constitués de quartiers remplis de petites vésicules très juteuses, constituent, leur principale originalité. les botanistes lui ont donné un nom particulier : hesperidium, du nom du jardin des Hespérides de la mythologie.

On ne connaît pas d'autres fruits ayant cette structure. Toutes les parties de l'arbre contiennent des glandes à essence : écorce, feuilles, branches, fleurs, fruits. Le parfum fait partie de l'agrume. Quant à leur durée de vie, les agrumes centenaires sont légions algériens (Bachés, (2011)).

I. 3. 1. – Fleur

Les fleurs sont généralement de couleur blanche, de 4 à 5 pétales imbriqués, souvent recourbés vers l'arrière, souvent très odorantes (fig. 1, 2). Selon les espèces, la floraison en grappe ou en fleur isolée est très abondante. L'époque de floraison varie selon les espèces et le climat, de mars à juillet. la pollinisation est assurée par le vent et les insectes. pour cette raison, il ne faudra pas oublier d'ouvrir les fenêtres ou de « faire l'abeille » avec un pinceau afin que les agrumes d'appartement fructifient (Bachés, 2011).



Fig. 1 - Fleures d'orange (www.promessedefleurs.com, 2019).



Fig. 2 - Fleurs du citron (www.promessedefleurs.com, 2019).

I. 3. 2. - Fruits

Selon les espèces, les fruits mûrissent de novembre à mars. Il faut donc 7 à 10 mois pour qu'une fleur se transforme en fruit. Forme, couleur et taille varient selon les espèces et leurs cultivars : du petit Kumquat au très gros pamplemousse, de verdâtre à jaune, orange ou rouge, de rond, ovale aux formes plus que bizarres du cédrat 'Digitata'. L'écorce varie aussi beaucoup. La maturité s'accompagne d'une modification de couleur du fruit et d'un enrichissement en sucres. Cette maturité du fruit s'évalue au taux de sucre et n'est pas forcément corrélée à la coloration. S'il est vrai que le fruit mûr est en général coloré, certains, précoces, comme la mandarine Satsuma, le sont après la maturité. Le froid lié aux variations d'intensité lumineuse (durée du jour) est responsable de la coloration des fruits. Ainsi, sous les tropiques, l'orange reste souvent verdâtre (yahoo.com, 2011).

La recherche éperdue de précocité des clémentines (notamment en Espagne) entraîne l'obligation, début octobre, du dévernissage artificiel des premières récoltes (Bachés, 2011).

I. 3. 3. – Racines

À part les *Poncirus* qui émettent des racines pivotantes profondes, l'enracinement est superficiel et peut s'étendre jusqu'à 6 à 7 m du pied de l'arbre, à la recherche de l'eau et des éléments nutritifs. Cette caractéristique explique la forte sensibilité des agrumes à la sécheresse (Bachés, 2011).

I. 3. 4. - Feuilles et rameaux

En général, les agrumes se ramifient facilement et naturellement, et possèdent une frondaison dense (Fig. 3). Il y a plusieurs poussées de végétation dans l'année, la plus importante étant au printemps, dès que la température dépasse 12 °C. Les rameaux sont assez souvent couverts d'épines (épineux ne signifiant pas sauvage). Les *Poncirus* ont une feuille trifoliée et pas caduque. Les *Citrus* et *Fortunella* ont une feuille entière et persistante. Cette persistance n'est pas éternelle. La feuille a une durée de vie limitée et les chutes interviennent naturellement quand de nouvelles pousses apparaissent (Bachés, 2011).



Fig. 3 - Différentes parties d'orange et citron (Rameux, feuilles, fruits, (Originale, 2019).

I. 4. - Cycle végétatif

Selon Praloran (1971). La multiplication des végétaux fait intervenir deux processus :

- La multiplication sexuée qui résulte de la fusion du gamète male et du gamète femelle.
- La multiplication asexuée (végétative) qui fait intervenir la capacité d'évolution de cellules peu différenciée comme celle du méristème. Des plus, de nombreux agrumes ont la possibilité de donner à côté de l'embryon sexué. Des embryons provenant du développement des cellules d'un tissu de l'ovule ; le nucelle : ces embryon correspondent donc à ne multiplication végétative particulière.

I. 4. 1. - Reproduction sexuée

Quand un équilibre s'établit entre le développement des différentes parties végétatives, l'arbre est alors en mesure d'assurer la pérennité de l'espèce parla reproduction.

A- La floraison

Les agrumes fleurissent au printemps, après le repos plus ou moins marqué de la saison froide. Certains limes, cédratier et citronnier fleurissent toute l'année (on parle dans ce cas de variété remontante). On observe parfois une apparition de fleurs hors saison.

B- La fructification

L'évolution normale, après la fécondation conduit au développement de la graine. Cependant, de nombreuses variétés dont les plus importantes du point de vue commercial, sont Aspermes ou presque dépourvus de graines.

Ces variétés ne produisent pas de graines suite à une dégénérescence de l'ovule ou par suite de non fécondation (parthenocarpie), le fruit des agrumes est une baie Pluriloculaires.

La croissance du fruit s'étend sur les trois quarts de l'année de floraison a lieu au printemps alors que la récolte des fruits a lieu dès la fin de l'automne et se poursuit pendant l'hiver (Praloran, 1971).

I. 4. 2. - Reproduction asexuée

La plus part des agrumes sont des végétaux très instables du point de vue génétique. L'intérêt de la reproduction asexuée réside dans la possibilité d'obtenir une plante ou l'orange mère, sans modification génétique de celui-ci, elle est très fréquente en agrumiculture. On a essentiellement recours au greffage; le bouturage est encore employé à titre expérimental.

I. 5. - Importance économique

Le marché des agrumes est pro-dominé par celui des oranges. Ces dernières peuvent être commercialisées sous forme de fruits frais ou transformées en jus (Lacirignola, 2009).

En plus de l'intérêt alimentaire, les agrumes sont très utilisés en pharmacologie. A titre d'exemple, ils contiennent de nombreux métabolites présentant des propriétés intéressantes pour la santé (Tadeo et al., 2008). En outre, le pomelo est souvent recommandé pour les personnes qui souffrent d'un excès de poids (Xiao et al., 2014), et il a de nombreux bienfaits pour la santé.

I. 5. 1. - Dans le monde

Les Citrus représentent la culture fruitière la plus importante dans le monde du point de vue économique (Tadeo et al., 2008). Les agrumes sont cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde. Ils sont cultivés dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, entre les latitudes 40°N et 40°S (Agustí et al., 2014) et les altitudes allant de zéro à 1000m (Hill, 2008). Les principales régions de production (Fig. 4), se localisent dans le Sud des États-Unis, la région méditerranéenne, l'Afrique du Sud, l'Amérique du centre, l'Australie, la Chine et le Japon (Hill, 2008).

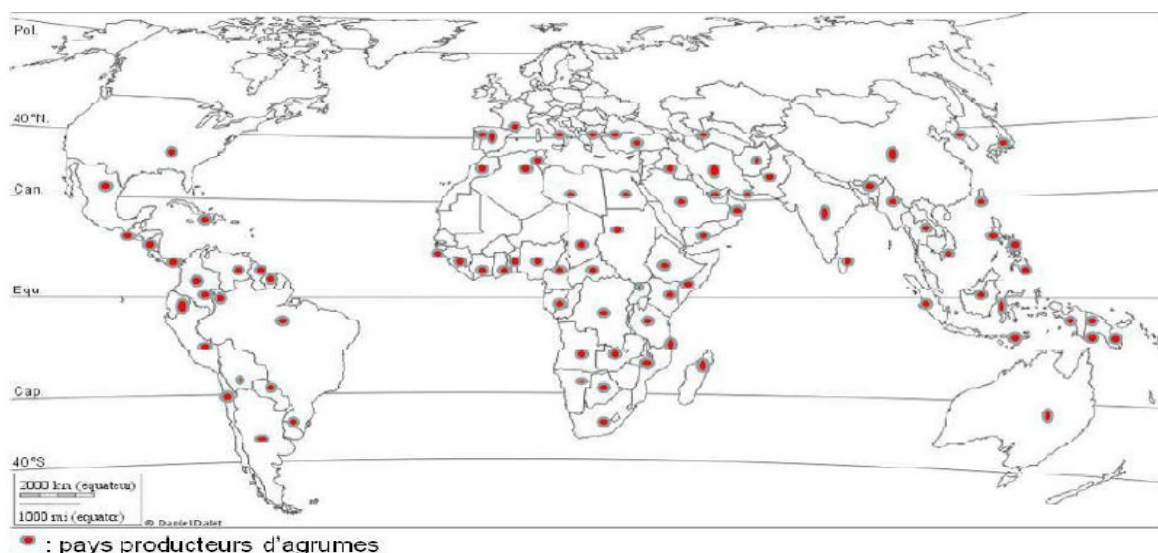


Fig. 4 - Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde (Ndo, 2011).

La production mondiale d'agrumes se situe autour de 100 millions de tonnes (MT), y compris 62 MT d'oranges (*Navel, Maltaises, sanguines, Valencia late...*), 22 MT de petits fruits (*satusma, clémentines, mandarines ...*) et 12 MT de limons (*citrons, limes*) (Lebdi Grissa, 2010). Les superficies, les productions et les rendements des agrumes dans certains pays à travers le monde en 2013 sont exposés dans le tableau I.

Tableau. I : Superficies, productions et rendements des agrumes dans les principaux pays producteurs en 2013 (FAOstat, 2016).

Pays	Superficies (ha)	Productions (tonnes)	Rendement (qx/ha)
Chine	3 051 300	33 104 744	108,49
Inde	970 000	10 090 000	104,0
Brésil	802 862	19 734 725	245.80
Nigéria	795000	3 800 000	47.8
Mexique	556 789	7 613 105	136.73
États-Unis	322 714	10 133 246	314.00
Espagne	307 900	6 379 100	207.18
Pakistan	195 300	2 150 000	110.09
Égypte	173 007	4 092 339	236.54
Italie	154 764	2 744 779	193.32
Iran	145 837	2 730 920	187.26
Argentine	145 595	2 814 697	193.32
Turquie	125 383	3 681 158	293.59
Maroc	113 122	1 467 925	129.76
Vient Nam	81 116	971 560	119.77
Thaïlande	86 755	1 064 942	122.75
Afrique du sud	73 731	2 407 180	326.48
Colombie	72 140	1 153 547	159.90
Pérou	69 279	1 052 282	151.89

I. 5. 2 - En Algérie

En Algérie, l'arboriculture fruitière constitue un intérêt social, économique et alimentaire (**Abd Elhamid, 2009**).

Durant la campagne 2006/2007, la superficie réservée aux agrumes au niveau national est estimée à 62 606 ha (**Biche, (2012)**). Les orangers, en particulier, les variétés précoces (Washington Navel et Thomson Navel), occupent 50 % de cette superficie (**Kerboua, (2002)**).

Les superficies, les productions et les rendements des différentes espèces d'agrumes, sont présentés sur le tableau II.

Tableau II : Superficies, productions et rendements des différents agrumes en Algérie en 2013 (FAOstat, 2016).

Agrumes	Superficies (ha)	Production (tonnes)	Rendement (qx/ha)
Oranges	41 382	890 674	215.23
Tangerines, Mandarines, Clémentines, Satsumas	12 115	231 233	190.86
Citrons et limes	3 897	80 999	207.85
Pamplemousses et pomelos	85	1 945	228.82
Total	57 929	1 205 401	Rendement moyenne = 208.08

Les grandes zones de production par ordre d'importance, sont la plaine de la Mitidja (44 %), Habra à Mascara (25 %), le périmètre de Bounamoussa et la plaine de Saf Saf à Skikda (16 %) et le périmètre de la Mina et le bas Chélif (14 %) (**Biche, 2012**).

Par ailleurs, l'Algérie, possède une collection composée de 178 variétés d'agrumes au niveau de la station de l'ITAF à Tessala El Merdja. Cette collection renferme un patrimoine génétique important, composé de 65 variétés d'orangers, 40 variétés de mandariniers, 11 variétés de tangerines, 24 variétés de citronniers/cédratiers, 13 variétés de pomelos/pamplemoussiers et 5 variétés de limes et limettes (**Kerboua, 2002**).

I. 6. - Écologie

Les agrumes présentent une grande capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques très différentes. La culture des agrumes est possible partout où la température moyenne de l'année est supérieure à 13 °C et inférieure à 39 °C. Les agrumes préfèrent les climats maritimes des zones subtropicales. En terme de besoins en eau, 120 mm par mois, soit 1200 à 1500 mm par an, représentent une quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes nécessite une irrigation (**Larousse**, (2002)).

La lumière a une action très remarquée sur la qualité et la coloration des fruits. Les arbres fruitiers sont plus exigeants sur les caractéristiques physiques du sol et non sur les caractéristiques chimiques qui peuvent être corrigées par des apports d'engrais et d'amendements. Les sols doivent être profonds et de préférence légers (sablo-argileux ou argilo-sableux) et bien drainés. Les agrumes redoutent les eaux salines (au-dessus de 0,5 %). Le Ph idéal est situé entre 5,5 et 7,5.

C'est à cet effet que le choix du porte-greffe est un des facteurs essentiels de réussite car il peut conférer à la plante une tolérance à des maladies et à des contraintes abiotiques (salinité, pH, froid, sécheresse et calcaire). L'optimum d'altitude pour un bon développement des agrumes se situe entre 1000 et 1300 m car ces derniers ne doivent pas être trop exposés aux vents (Larousse, 2002).

I. 7. - Variétés d'agrumes du genre *Citrus*

Le genre *Citrus* constitue, avec ses 145 espèces dénombrées, le genre le plus important.

C'est au sein de ce genre que se rencontrent les principales espèces cultivées qui sont :

I. 7. 1. - Oranger (*Citrus sinensis* L.)

Cette espèce est caractérisée par des feuilles lancéolées à pétiole étroitement ailé. Le fruit est sub-globuleux à épiderme orange ou rougeâtre la pulpe est juteuse et sucrée acidulée. Les cotylédons et les embryons sont blanc (**Bousbia**, 2011).

I. 7. 2. -Bigaradier (*Citrus aurantium* L)

Ils se distinguent des orangers doux par leurs feuilles plus étroitement lancéolées et pointues à pétiole nettement ailé, leurs fruits est à peau rugueuse et à pube acide et amère

(Bousbia, 2011). Cette espèce offre une bonne résistance à des parasites ce qui explique son utilisation comme porte-greffe des agrumes durant plus d'un siècle.

D'autres porte-greffes sont proposés en remplacement au bigaradier, mais ils ne donnent pas satisfaction dans toutes les situations, ce qui explique que le bigaradier reste encore utilisé dans certaines régions chez nous et notamment dans la zone allant de Chlef à Mohammedia (Belabbas, 2010).

I. 7. 3. - Pamplemoussier (*Citrus grandis L*)

Ce sont des arbres qui peuvent atteindre et même dépasser 10 m de haut. Leurs feuilles sont grandes, ovales; à pétiole amplement ailé et pubescent. Les fleurs, sont de grandes dimensions, mesurent plus de 3 cm de diamètre. Les fruits, de couleur jaune, à écorce épaisse, peuvent atteindre la taille de la tête d'un enfant, sont caractérisés par une pulpe grossière, un vide placentaire bien marqué et des pépins mono embryonnés (Bousbia, 2011).

I. 7. 4. - Pomélo (*Citrus paradiac Macf*)

Elle est originaire des Caraïbes, c'est une espèce satellite du *Citrus grandis* dont elle serait issue par mutation gemmaire ou hybridation. Le grapefruit se distingue du pamplemousse par un ensemble de caractères faciles à reconnaître ; feuilles à pétiole plus étroitement ailé et glabre, Fruits produits en grappes, de taille nettement inférieure, à écorce plus fine ; Pulpe tendre, juteuse, pépins polyembryonnés (Bousbia, 2011).

I. 7. 5. - Mandarinier (*Citrus reticulata BL*)

Ce sont des petits arbres plus ou moins épineux, à feuilles étroitement à largement lancéolées. Leurs fruits globuleux souvent aplatis aux deux pôles ont une peau fine, non adhérent, de couleur orange ou rouge. La chair sucrée, habituellement bien parfumée, est très appréciée. Les pépins se particularisent par la couleur verte des embryons (Bousbia, 2011).

I. 7. 6. - Citronnier (*Citrus Limon L*)

Ce sont des arbustes épineux à grandes feuilles ovales, vert pâle, avec un pétiole simplement marginé. Les jeunes pousses et boutons floraux sont lavés de pourpre. Les fruits ovoïdes, de couleur jaune, ont une pulpe fine, juteuse et acide. (Bousbia, 2011).

I. 7. 7. - Cédratier (*Citrus media L*)

Ces arbres ont en commun avec le citronnier la couleur des fleurs et des bourgeons qui sont lavés de pourpre. Ils se distinguent des autres espèces par les pétioles non articulés de leurs grandes feuilles et l'épaisseur considérable de l'écorce des fruits volumineux (Bousbia, 2011).

I. 7. 8. - Limettier (*Citrus aurantifolia*)

Ce sont des arbustes épineux à petites feuilles elliptiques vert pale, Quelquefois, les boutons floraux sont légèrement lavés de pourpre, les fruits ovales, de petite." ont une peau très fine, adhérente, de couleur jaune. La pulpe juteuse, très acide, se singularise par sa coloration verdâtre (Imbert, 2009).

I. 8. - Exigences

Les agrumes sont cultivés dans les régions tropicales et subtropicales. Les sols limoneux-sableux, profonds et bien drainés, sont considérés comme les meilleurs pour la production d'agrumes (Agustí et al., 2014).

Du point de vue climatique, les *Citrus* sont très sensibles aux variations thermiques et ils exigent des températures élevées au moment de la croissance et la maturation des fruits (Singh & Rajam, 2009) Ces mêmes auteurs ont noté également que des températures moyennes de 20 °C la nuit et 35 °C le jour, sont nécessaires pour une croissance optimale de ces espèces. Par ailleurs, il est à mentionner que les agrumes sont généralement classés parmi les cultures moyennement sensibles au froid. Ils sont vulnérables aux dégâts de froid à des températures inférieures à - 2 °C (El-Otmani, 2005). Les besoins en eau des agrumes sont estimés à environ 1200 mm /an, répartis sur toute l'année (El macane et al., 2003).

Il est à noter qu'ils ne supportent pas les zones tropicales très humides (Hill, 2008).

I. 9. - Maladies des agrumes

I. 9. 1. - Maladies bactériennes

La bactériose des agrumes est provoquée par la bactérie *Pseudomonas syringae* Vanhall. Cette maladie se manifeste est surtout sur les feuilles et les rameaux. Les attaques sur fruits sont observées, sur citronnier. De nombreuses maladies bactériennes présentant des aspects très divers peuvent se développer sur agrumes, parmi lesquelles, nous citons le cancer des *Citrus* dont l'agent causal est *Phytoplasma citri* Hass (Loussert, 1987).

I. 9. 2. - Maladies à virus ou viroses

Les maladies virales importantes et qui touchent les agrumes un peu partout dans le monde sont :

- Le Greening qui est transmise par deux espèces de psylle *Diaphorina citri* et *Trioza erythrae*.
- Le Stubbon causé par un mycoplasme le bois de greffé et des cicadelles.
- L'Exocortis cachexie (xyloporose) causé par un viroïde et se transmet par voie mécanique, le complexe de la Psorose causé par *Citriovirus psorosis* est souvent une maladie latente sur la plupart des espèces des agrumes, elle se diffuse par greffage,
- La Tristeza causé par *Citriovirus viatoris* (Loussert, 1987).

I. 9. 3. - Maladies d'origine cryptogamique

- **La Pourriture sèche racinaire** : causée par *Fusarium* sp., dont les symptômes sont, une mort brutale des arbres. Un dépérissement unilatéral des arbres. Et une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron (ITAFV, 2012).

- **Gommose à *Phytophthora*** : Le champignon responsable est localisé à la base des charpentières, il provoque un craquellement de l'écorce avec exsudation de gomme et entraîne un flétrissement annonçant la mort de l'arbre au moyen et à long terme (ITAFV, 2012).

- **Pourridié (pourriture des racines)** : A la suite d'une blessure ou sur certaines variétés sensibles, le mycélium de différents champignons peut envahir les racines, provoquant l'arrêt de la circulation de la sève et par suite la mort de l'arbre (ITAFV, 2012).

- **La fumagine** : Cette maladie est généralement la conséquence d'une forte attaque de cochenille et de puceron, ou d'aleurode. En effet, ces insectes rejettent sur les feuilles et la rameaux, un miellat sur lequel le champignon responsable de la fumagine (*Capnodium citri*) trouve un milieu favorable à son développement (ITAFV, 2012).

- **L'anthracnose** : Connue sous le nom de « flétrissure des rameaux » est causée par *Colletotrichum gloeosporioides*. Elle sévit au début de l'automne elle affecte les arbres affaiblis souffrant des déséquilibres hydriques ou minérales. Elle provoque des dessèchements très caractéristiques des jeunes rameaux sur la cime des arbres.

• **Le mal secco** : causée par *Phoma tracheiphilia* ; champignon qui se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève causant un dessèchement des grosses branches et dépérissement total de l'arbre en un ou deux ans. L'espèce la plus sensible est le citronnier, mais on peut aussi l'observer sur clémentinier.

• **L'alternariose** : Causée par *Alternaria citri* et *Alternaria pierca*, elle est appelée pourriture noire, car elle est à l'origine d'une pourriture spécifique sur les fruits. Ses dégâts sont localisés dans la zone de l'ombilic, atteignant également une partie de la pulpe qui se transforme en amas poudreux de couleur noir.

I. 10. - Principaux ravageurs d'agrumes

Tableau. III : Ravageurs des agrumes en Algérie (Bich, 2012).

Ravageurs	Noms		Dégâts
	Scientifique	Commun	
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux, et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule	
	<i>Chrysomphalus dictyspermi</i>	Pou rouge de Californie	
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche	
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H	
	<i>Icerya purshasi</i>	La cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise	
	<i>Pseudococcus citri</i>	Cochenille Farineuse	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles. Développement d'abondantes colonies des pucerons sur les parties jeunes des arbres.
	<i>Aphis spiraeicola</i>	Puceron vert des citrus	
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier	
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des agrumes	
	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert de pécher	

	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citrus	Provoque des nuisances et développement de la fumagine
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses
	<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits
Nématode	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifique de cette espèce
Acarien	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des ; nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<i>Hemitarsonemus latus</i>	Acarien ravisseur	
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarien des bourgeons	



Chapitre II
Données bibliographiques
sur Aphis spiraeicola

II. - Puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*)

II. 1. - Généralités

Les pucerons ou aphides, constituent un groupe extrêmement répandu dans le monde, qui s'est diversifié parallèlement à celui des plantes à fleurs (Angiospermes) dont presque toute les espèces sont hôtes d'aphides (Simon, 1994) ; (Sullivan, 2008) ; (Kaygin et al, 2009) ; (Harmel et al, 2010).ils comptent actuellement environ 350 genres avec 3500 espèces décrites (Imenes et al, 2002).

Appelé encore *Aphis citricola* Van der Goot, le puceron de la spirée ou encore puceron vert de l'oranger. Originellement appelé *A. spiraecola* Patch, il a été rebaptisé *A. citricola* en 1975. *Aphis spiraecola* (*A. citricola*) est une espèce anholocyclique en France comme dans toute l'Europe ou elle est limitée aux régions méridionales. Ailleurs dans le monde, ces ravageurs sont parmi les organismes provoquant des pertes importantes au niveau de la production agricole, surtout au sein des zones tempérées de la planète (Evelyne et al., 1999) ;(Holman , 2009)

Ces organismes sont des insectes de type piqueur-suceur : ils insèrent leur « stylet » dans la plante hôte et s'alimentent de sa sève élaborée. Les dégâts provoqués par ces organismes résultent de ce mode d'alimentation ; les pucerons peuvent également représenter des vecteurs de phytovirus, et par le dépôt de miellat, une substance riche en sucre secrétée par les pucerons (Alford, 2011).

II. 2. - Aperçu historique et position systématique

Originaire d'extrême orient, il a été introduit en Amérique du nord en 1907.en Australie en 1926, en nouvelle Zélande en 1931, dans la région méditerranéenne vers 1939 et en Afrique en 1961 (**Blackman et Eastop**, (1984) il appartient à l'ordre des homoptères, et à la famille des Aphididea.

Il s'attaque à une grande variété d'espèce végétales dans de vingt familles différentes dont les Amaranthaceae, Caprifoliaceae, Compositae, Euphorbaceae, Rsaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Urticaceae et Verbenaceae mais il est très important sur les Citrus (Lycouressis, 1990).cet aphide a été signalée par (Sekkat, 2007), comme peu polyphagie, et comme le ravageur le plus important sur Citrus du Maroc.

Il peut transmettre des phytovirus, tels que Cucumber mosaic virus (CMV), Plum poxvirus (PPV) et Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) (Blackman & Eastop, 2007).

Les conditions climatiques du printemps interviennent également sur les pullulations telles que les précipitations qui détruisent une forte proportion de pucerons ailes. L'espérance de vie des pucerons décroît également avec la température entre des limites définies .en effet, les températures extrêmes peuvent être un facteur létal important : ceci est très net à 30°C, température à laquelle aucun puceron ne pond plus de larve viable et à laquelle sa propre survie est minimale. Le froid est également un facteur limitant. Tous ces facteurs sont très variables d'une espèce ou d'une souche à une autre, d'une plante hôte a une autre, mais on peut retenir qu'en pratique, l'agriculteur peut compter que, par une température diurne de 20°C, le nombre de pucerons est susceptible de doubler en moyenne tous le trois jour, si toutes les conditions optimales de multiplication sont réunies.

II. 3. - Position systématique

La position systématique d'*Aphis spiraecola* est présentée selon (Jourdan et Mille, (2006), comme suit :

Règne :	Animalia.
Embranchement :	Arthropoa.
Sous embranchement :	Hexapoda.
Classe :	Insecta.
Ordre :	Hemiptera.
Super-famille :	Aphoidoidea.
Famille :	Aphididae.
Sous-famille :	Aphidinae.
Genre :	<i>Aphis</i> .
Espèce :	<i>Aphis spiraecola</i> (1914).

II. 4. - Morphologie

En fonction des cycles de vie, la même espèce aphidienne, peut développer plusieurs formes. D'une façon générale, ce sont des insectes de petite taille (1 à 4 mm), avec des téguments mous, un corps ovale et un peu aplati (Fraval, 2006). Les cornicules sont rarement absentes chez les Aphididae (Brues & Melander, 1932). Ils ont des yeux composés et des antennes longues et fines (Sullivan, (2008) composées de 3 à 6 articles (Fraval, 2006) (Fig. 5, 6). De plus, ils ont, une nervation assez complexe ; à l'extrémité de l'aile, la radiale émerge du

stigma pour former une cellule ouverte. La nervure médiane présente deux ou trois branches (Roth, 1980).

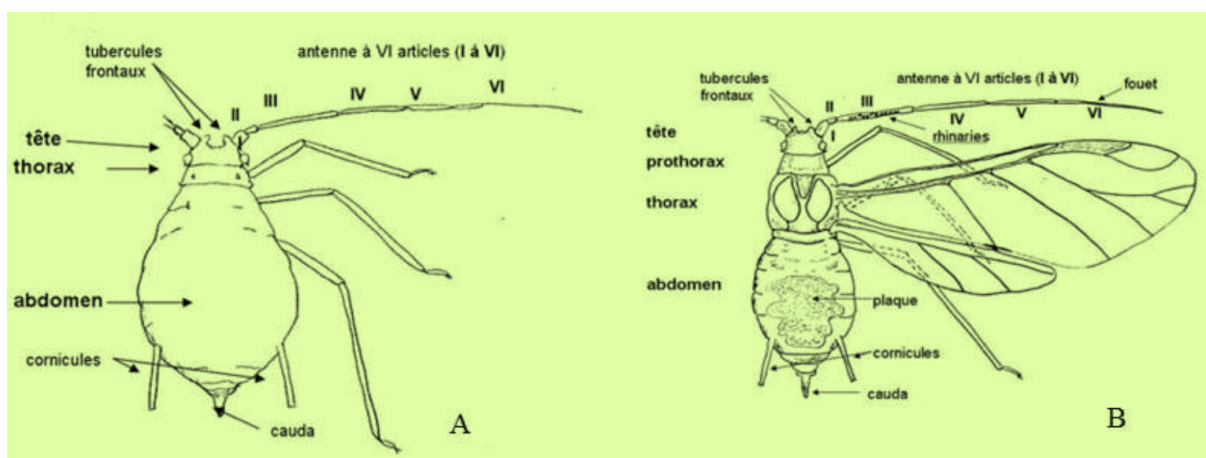


Fig. 5 - Morphologie d'un puceron aptère (A) et ailé (B) (Turpeau *et al.*, 2015).



Fig. 6 - Adulte aptère d'*A. spiraecola* (Originale, 2019).

La femelle ailée parthénogénétique mesure 1,08 mm de long, avec la tête, le thorax et les cornicules (organes situés à la partie postérieure de l'abdomen) bruns, et l'abdomen du même vert tendre que les jeunes feuilles des agrumes. La femelle aptère parthénogénétique également, mesure 1.05 mm de long, elle est complétement verte, sauf les cornicules brunes et la tête brunâtre (Franchois et Georget, 2006). (Tab. IV)

Tableau. IV : Les caractéristiques morphologiques de puceron (Turpeau et *al.*, 1999).

Aptère	
Corps	De couleur jaune à vert pomme
Cauda	Noire
Cornicules	Noires, de longueur moyenne
Ailé	
Corps	Vert à vert jaunâtre
Antennes	Courtes (de dimension du corps)
Abdomen	Avec des sclérites marginaux
Cornicules	Noires, plus courtes que les aptères
Cauda	Aussi noir que les cornicules, longues et contractée

II. 5. – Biologie

Les pucerons affichent un large éventail de cycles de vie relativement compliqués (Williams & Dixon, 2007). Ils peuvent se reproduire à la fois asexuellement et sexuellement. Dans les régions tempérées, la reproduction sexuée s'effectue à l'automne et aboutit à la production d'œufs hivernants, qui éclosent au printemps suivant et lancent un autre cycle (Kindlmann et al., 2007). L'alternance des phases sexuée (fin de l'été ou à l'automne) et asexuée (printemps et été) est sous le contrôle des paramètres environnementaux, en particulier la photopériode (Bonnemain, 2010).

La biologie des aphides est extrêmement complexe, du fait de la présence successive ou simultanée de ses différentes formes. Il peut également y avoir succession de différents hôtes au cours de l'année (Praloran, 1971). Les espèces de pucerons dites monoéciques, accomplissent tout leur cycle de développement sur un seul type de plante. D'autres espèces, dites dioéciques alternent entre deux types de plantes, en général très différentes l'une de

l'autre (Dedryver & Turpeau-Ait Ighil, 2011). Au cours de l'automne ; sous l'effet d'un photopériodisme court et des températures basses, les femelles fécondées (sexuées), pondent des œufs hivernants très résistants au froid (jusqu'à -30°C). Au printemps, ces œufs donnent exclusivement des femelles (fondatrices) parthénogénétiques. Après 12 et 20 générations de femelles parthénogénétiques durant le printemps et l'été, une génération de femelles sexuées se forme à l'automne suivant (Dedryver, 2010).

Il a été démontré par plusieurs auteurs, entre autres, que le polymorphisme qui caractérise les pucerons, est sous le contrôle du système endocrinien et neuroendocrinien. Les pucerons peuvent produire des formes adultes ailées ou aptères afin d'accomplir des fonctions écologiques différentes (dispersion à grande distance). Ce polyphénisme, unique dans le monde des insectes, est sous la dépendance de divers facteurs, en particulier, l'effet de groupe, l'état physiologique de la plante hôte, les températures et les caractéristiques génétiques de la lignée parthénogénétique de l'aphide (Dedryver, 2010). Ce polyphénisme s'observe clairement chez les espèces qui vivent sur plusieurs hôtes. Les pucerons qui vivent exclusivement sur des arbres à feuilles caduques, développent peu de formes (espèces anholocycliques) comparativement aux autres espèces (espèces holocycliques) (Dixon, 2005).

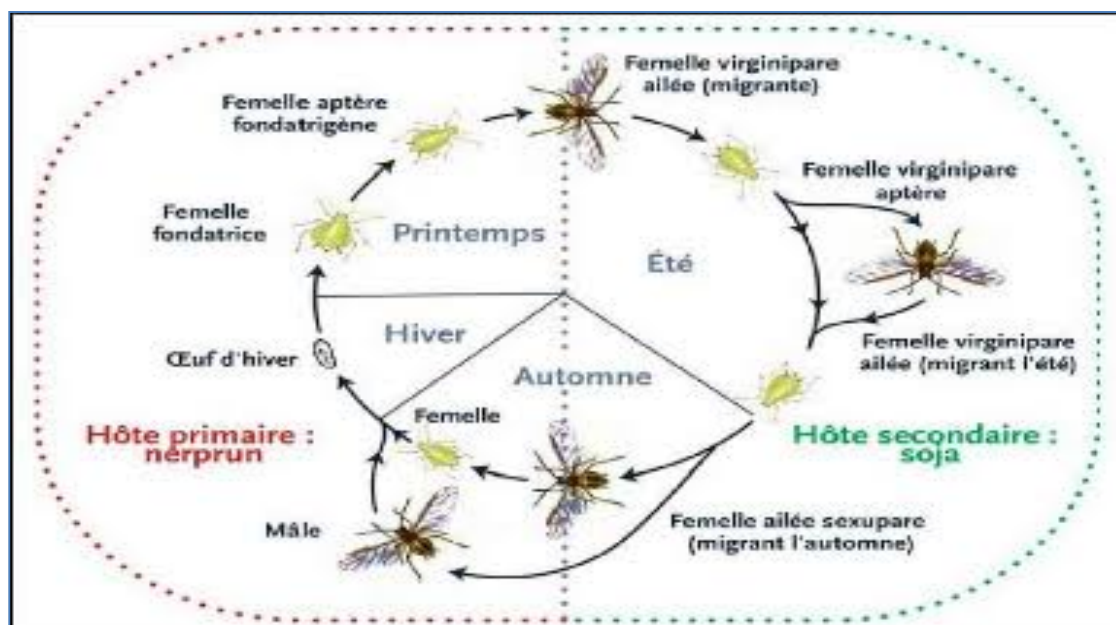


Fig. 7 - Cycle biologique complet d'un puceron (anonyme, 2019)

Les pucerons sont hémimétaboles ; leurs stades larvaires mènent le même mode de vie que les adultes (Sauvion, 1995). Leur développement passe par quatre stades de croissance

successifs, entre lesquelles, ils se débarrassent de leur exosquelette ; c'est la mue (Rabasse, 1979).

Plusieurs générations se développent au cours de l'année sur les Citrus (Fig. 7). Dans le bassin méditerranéen, l'espèce est polyphage et se reproduit par parthénogenèse. Les femelles aptères sont présentes surtout au début de la saison et pendant la période froide ; elles sont les fondatrices de nombreuses colonies larvaires au printemps. Les femelles ailées sont observées particulièrement pendant les périodes les plus chaudes de l'année et leurs pullulations sont moins importantes (INPV, 2010).

II. 6. - Dégâts causés par *Aphis spiraecola*

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et L'horticulture (Fournier, 2010). Redoutable ravageurs, les pucerons s'attaquent à toutes les cultures, sans distinction. Ils peuvent entraîner de graves dégâts sur les pousses et les fruits. Ces insectes piqueurs et suceurs prélèvent d'importantes quantités de sèves sur les plantes, dont toutes les parties peuvent être colonisées (Fig. 8). Les dégâts occasionnés varient selon la plante et l'espèce du puceron (Qubbaj et al., 2004). D'après Christelle (2007) et Eaton (2009), les pertes que causent les pucerons sont de deux types :

II. 6. 1. - Dégâts directs

Le prélèvement et l'absorption de la sève des plantes représentent la première conséquence de colonisation de la plante par le puceron (Harmel et al., 2008). Les piqûres alimentaires sont également irritatives et toxiques pour la plante, induisant l'apparition de galles qui se traduisent par la déformation des feuilles ou des fruits et donc une perte de rendement (Christelle, 2007).



Fig. 8 - Colonies de pucerons sur les feuilles (originale, 2019).

II. 6. 2. - Dégâts indirects

Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés par les pucerons sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit, directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (fruits par exemple) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (Christelle, 2007) Les pucerons favorisent la transmission virale. En effet, en se déplaçant d'une plante à une autre, les pucerons créent des contacts indirects entre les végétaux distants et immobiles (Brault et al., 2010). Cette caractéristique est efficacement exploitée par les virus des plantes, incapables de se déplacer d'un hôte à un autre de façon autonome. Ainsi, de très nombreuses espèces virales utilisent l'action itinérante des aux pucerons pour se propager et se maintenir dans l'environnement.

II. 6. 3. - Lutte

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

A. - Lutte préventive

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

B. - Lutte curative (Insecticides chimique et bio-insecticides)

Certains insecticides chimiques ont prouvé leurs aptitudes à contrôler efficacement les insectes (pucerons), mais ils sont difficilement accessibles aux paysans et ont un défaut majeur de contribuer à la dégradation de l'environnement. C'est le cas du dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) qui a remporté une victoire sur les ravageurs des cultures, les mouches des fruits, les lépidoptères des fruits, les déflateurs du cotonnier, et ... etc. mais qui à cause de sa rémanence et à persistance, s'accumule chez les êtres dans les tissus adipeux (Campbell et Reece, 2004 ; Lavabre, 1999). Aujourd'hui son usage est défendu.

Parmi les premiers insecticides locaux utilisés, on cite les poudres de pyrèthre, les macérations de roténone extraites des *Denis*, *Tephrosia*, *Tabac*, etc. Étant donné que certaines plantes comme le tabac, la *tephrosia* et le piment ont des effets insecticides, bactéricides et/ou fongicides (Lefevre, 1989 ; Lambert et *al.*, 1993) elles auraient des effets positifs insecticides et/ou insectifuges contre les pucerons des agrumes. Certaines substances végétales ont une action relativement généralisée, d'autres agissent très spécifiquement sur tel ou tel ravageur, mais pas sur d'autres. C'est l'expérimentation qui détermine le spectre d'action. L'avantage des substances phytosanitaires naturelles est qu'elles sont biodégradables et ne présentent donc pas de grand danger à long terme pour le milieu et les êtres vivants (Hugues et *al.*, 2001).

C. - Lutte biotechnique

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

Il est tout de même judicieux de combiner intelligemment et raisonnablement entre tous les moyens cités ci-dessus en adoptant l'approche de la lutte intégrée.



Chapitre III

*Huiles essentielles et plantes
aromatiques étudiées*

III. 1. - Huiles essentielles

III. 1. 1. - Généralités

L'huile essentielle, essence ou également appelé huile volatile, est l'ensemble d'extraits volatils de composition complexe obtenues des plantes aromatiques. D'après l'Association Française de Normalisation (AFNOR, Edition 2000), a défini les huiles essentielles comme étant : des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de Citrus par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques.

Les huiles essentielles sont composées par des molécules aromatiques présentant une très grande diversité de structure. Cependant ces huiles essentielles sont obtenues avec des rendements très faibles (de l'ordre de 1%) ce qui en fait des substances fragiles, rares, mais toujours précieuses. Ainsi les différentes techniques d'extraction des huiles essentielles ou extraits aromatiques doivent d'une part, tenir compte de ces caractéristiques et d'autre part, apporter des performances quantitatives satisfaisant une forte demande toujours plus exigeante.

Basée sur différents phénomènes physiques : la distillation, l'extraction ou la séparation, ces techniques d'extraction seront présentées selon le principe sur lequel elles sont basées, et classées en deux catégories distinctes selon le produit final obtenu : une huile essentielle ou un extrait aromatique.

III. 1. 2. - Historique

Toutes les civilisations anciennes connues à la race humaine avaient recours aux pratiques reliées aux huiles essentielles (JESSICA, 2010).

L'histoire des huiles essentielles remonte à 4000 avant JC, Les Egyptiens, Grecs, Romains, les Perses, les Chinois et les Indiens étaient connus pour avoir pratiqué l'aromathérapie avec l'assistance des huiles essentielles dans leurs médicaments pendant des siècles (Kesbi, 2011).

III. 1. 3. - Définition

Les huiles essentielles (essences: huiles volatiles) sont des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation (Brunton, 1993).

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke et Kaufman 1999). Selon (Smallfield, 2001) les huiles essentielles sont des mélanges de composés aromatiques des plantes, qui sont extraites par distillation par la vapeur ou des solvants. D'après (Parini et Lucheron, 1996) les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches, les bois, elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal. Elles sont odorantes et très volatiles (Brunton, 1993). Selon la 8^{ème} édition de la pharmacopée française (1965), les huiles essentielles (essences = huiles volatiles) sont des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. (Brunton, 1993). Elles sont très sensibles à l'oxydation et ont également tendance à se polymériser pour former des produits résineux. L'AFNOR atteste qu'une huile essentielle est un produit obtenu à partir d'une matière végétale définie botaniquement après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par un entraînement à la vapeur d'eau, soit par un procédé mécanique à partir de l'épicarpe pour les citrus, soit par distillation sèche

III. 1. 4. - Certification botanique

La plante utilisée pour fabriquer une huile essentielle doit être définie par son genre, son espèce et si possible la sous-espèce à laquelle elle appartient. Il est très important de bien définir l'huile essentielle car il existe plusieurs espèces. En fonction de l'espèce, les propriétés vont être très différentes.

III. 1. 5. - Répartition et localisation

Parmi les espèces végétales 800.000 à 1.500.000 selon les botanistes, 10 % seulement sont dites aromatiques. Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles telles que les : Lamiaceae, Lauraceae Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (Brunton, 1999).

La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface du végétal (Bruneton, 1987). Il existe en fait quatre structures sécrétrices :

- Les cellules sécrétrices : Chez les Lauracées et les Zingibéracées.
- Les poils glandulaires épidermiques : Chez les Lamiacées, Géraniacées, etc.
- Les poches sphériques schizogènes : Les glandes de type poche se rencontrent chez les familles des Astéracées, Rosacées, Rutacées, Myrtacées, etc.
- Les canaux glandulaires lysigènes : On les retrouve chez les Conifères, Ombellifères, ... etc.

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes.

Les teneurs en huiles essentielles sont généralement très faibles, il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle. A l'exception de celle du bouton florale du giroflier où le rendement en huile essentielle atteint largement les 15 % (Makhloof, 2002).

III. 1. 6. - Classification

Chacou M. et Bassou K, (2012) notent que selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens, et grâce à l'indice aromatique obtenu par des aromatogrammes, les huiles essentielles sont classées en groupes suivants :

- ✓ Les huiles majeures.
- ✓ Les huiles médiums.
- ✓ Les huiles terrains.

III. 1. 7. - Composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpenoïdes, d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquent, d'autre part (Abdoul dorosso samate, 2002).

III. 1. 8. - Rôle

Les huiles essentielles sont des messagers chimiques utilisés par les plantes aromatiques pour interagir avec leur environnement. Les huiles essentielles permettent d'éloigner les maladies, les parasites, mais aussi jouent un rôle protecteur face aux rayonnements du soleil. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la reproduction et la dispersion des espèces végétales puisqu'elles permettent d'attirer les insectes pollinisateurs.

III. 2. - Plantes aromatiques étudiées

III. 2. 1. - Romarin (*Rosmarinus officinalis*)

III. 2. 1. 1. – Historique

Le romarin fait l'objet de très nombreuses mentions historiques et légendaires. Les Anciens Grecs lui vouaient une grande vénération. On s'en servait généreusement dans toutes les fêtes, qu'il s'agisse de cérémonies nuptiales, funéraires ou de célébrations profanes. Les mariées portaient des couronnes de romarin, symboles d'amour et de fidélités

Les Égyptiens plaçaient des rameaux de romarin dans la tombe des pharaons afin de fortifier leur âme. Le romarin est un symbole du souvenir et de l'amitié. Les étudiants grecs s'en confectionnaient des couronnes, qu'ils portaient durant les examens pour stimuler leur mémoire.

III. 2. 1. 2. - Définition

Le nom latin *Rosmarinus* est interprété, comme dérivé de "ros" rosée et "marinus" appartenant à la mer autrement rosée marin, ce qui fait référence à la présence du romarin sur les côtes et les îles de la Méditerranée et à diverses légendes liées à cette plante (Guinochet, 1973).

III. 2. 1. 3. - Distribution géographique

Le romarin se trouve dans toutes les contrées mondiales de l'Europe, plus particulièrement sur le pourtour méditerranéen, de préférence dans les lieux secs et arides, exposés au soleil, à l'état sauvage il se trouve sur des sols calcaires (Fig. 9).



Fig. 9 - *Rosmarinus officinalis*, région de Mostaganem (Originale, 2019).

III. 2. 1. 4. - Description botanique

Le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est un arbrisseau de la famille des Labiées, répandu sur toutes les rives de la méditerranée (Gildemeister et Hoffmann, 1912).

Il est dominant dans les communautés arbustives post-feu, principalement dans les sols calcaires. Il s'agit d'un germe à semences obligatoire et à floraison abondante. Son caractère ensoleillé et son effort de reproduction élevé lui permettent de coloniser les paysages découverts (Sardans et al.2005), C'est un arbrisseau toujours vert de 0,5 à 2 m. la tige ligneuse est couverte d'une écorce grisâtre et se divise en de nombreux rameaux opposés. Les feuilles sont sessiles, opposées et coriaces; enroulées sur les bords. Les fleurs bleu violacées, visible de janvier à mai. Sont groupées en grappe à l'extrémité des rameaux le fruit à une forme ovoïde, entouré par un calice brun et persistant. L'inflorescence et le calice ont une pilosité très courte; l'inflorescence est en épis très courts et les bractées mesurent 1 à 2 mm.

La reproduction peut se faire par voies sexuée (graine) et asexuée (bouture et éclat de touffes). Les modes de dissémination qui lui sont propres sont : la gravité, le vent, l'eau, les animaux (mammifères, oiseaux, insectes) l'homme (Chfai et al., 2014).

III. 2. 1. 5. - Taxonomie

Le romarin tien son nom du latin, ros, rosée, et marinus, de mer : allusion à son parfum et à son habitat sur les coteaux maritimes. Sa taxonomie botanique a été mentionnée par Quezel et Santa (1963) est comme suit :

Règne :	Plantae.
Embranchement:	Spermaphytes.
S/Emb :	Angiospermes.
Classe :	Dicotylédones.
S/Classe :	Gamopétales.
Ordre :	Lamiales.
Famille :	Lamiaceae.
Genre :	<i>Rosmarinus</i> .
Espèce :	<i>Rosmarinus officinalis</i> .

III. 2. 1. 6. - Principes actifs

Les principaux constituants du romarin responsables des différentes propriétés sont :

- **A : Les acides phénoliques** : acide vanillique, acide caféique, acide p-Coumarique (Ibañez E., Kubátová A., Señoráns F. J., Cavero S., Reglero G. et Hawthorne)
- **B : Les flavonoïdes** : genkwanine, cirsimaritrine (Ibañez E., Kubátová A., Señoráns F. J., Cavero S., Reglero G. et Hawthorne), ériocitrine, hespéridine, diosmine, lutéoline (Okamura N., Haraguchi H., Hashimoto K. ET Yaghi A), apigénine (Yang R. Y., Lin S. et Kuo G. 2008) .

III. 2. 1. 7. - Composition chimique

L huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient : de 1 \pm -pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 38%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène.

Auxquels s'ajoutent : 2 à 4% de dérivés triterpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques : picrosalvine, dérivés de l'acide carnosolique, rosmanol, rosmadial, des acides phénoliques, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque , des acides gras organiques : acide citrique, glycolique et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage (Bellakhdar 1997) et de la résine (Beloued, 1998).

Le criblage phyto-chimique de l'extrait éthanoïque des parties aériennes du romarin a indiqué la présence des flavonoïdes, des tannins et des saponines, et l'absence des alcaloïdes détecté dans l'extrait aqueux. Les flavonoïdes détectés par la chromatographie sur couche.

III. 2. 2. - Sauge (*Salvia officinalis*)

III. 2. 2. 1. – Historique

La sauge était probablement déjà employée en Égypte, environ 6000 ans avant J-C. Elle a vraisemblablement été cultivée pour la première fois en Grèce puis introduite en Europe centrale à partir du VIII^e siècle ou elle était cultivée dans les monastères et les jardins. Dès le Moyen Age, elle devient une véritable panacée. Elle fut partie des plantes dont la culture était recommandée par Charlemagne dans l'ordonnancement rural « capitulaire de villis » (Brieskorn, 1991 et al. ; Laux H.E et al. 1993; Ruegg et al. 1997).

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) appartenant à la famille des labiées figure, parmi les plantes les plus utilisées dans la pharmacopée Algérienne (Maatoug, 1990). C'est une plante annuelle et biannuelle d'origine méditerranéenne de la famille des labiées (Djerroumi, 2004, Perry, 1996, Puuevsky, 1992)

Il existe environ 900 espèces identifiées autour du monde (Maksinovic et al., 2007). (Longaray et al., 2007). En Algérie les espèces qui ont été déterminées sont dans l'ordre d'une trentaine. Plusieurs appellations ont été données à la sauge. Selon Ibn el Beytar, les andalous la nomment « essalma » qui ajoute qu'elle est appelée « salbia » par les botanistes en Espagne. El Djazairi indique l'expression « souek ennebi ». (Madi, 2009).

III. 2. 2. 2. - Classification

Selon Madi (2009), la sauge appartient à :

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotyledones
Ordre	Labiales
Famille	Labiées
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> L.

III. 2. 2. 3. - Description morphologique

La sauge est un aromate réputé et une des principales plantes médicinales. Le nom scientifique de la sauge indique clairement l'importance de cette plante en phytothérapie; la sauge vient de *salvare* qui en latin, signifie « guérir » selon un dicton « qui a la sauge dans son jardin n'a pas besoin de médecin » (Beloued, 2009).

Comme la figure 10 le montre, *S. officinalis* est un sous-arbrisseau très rameux, buissonnant, à rameux dressés. Les feuilles, opposées, ont un limbe oblong-ovale à elliptique (2-10 x 1-2 cm), à extrémité arrondie ou subaiguë. Le limbe, gris-vert et finement granuleux sur la face supérieur, est blanc et pubescent sur la face inférieure. Les fleurs, bleu-violacé, nettement bilabiées, sont groupées par trois en faux verticilles au sommet des rameux (Bruneton, 2008).

Ces grains se cultivent en sol léger et perméable voire rocailleux, toujours à exposition ensoleillée. La multiplication se fait par bouturage ou division des touffes.








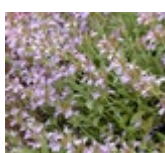
Fig. 10 - *Salvia officinalis* (Originale, 2019).

III. 2. 2. 4. - Variétés

On connaît plusieurs variétés dont les plus proéminentes sont la sauge à large feuilles, la sauge à feuilles frisées, que quelque auteurs regardent comme les variétés d'une espèce particulière, appelée ; *Salvia tomentosa* ; la sauge à feuilles étroites, à oreilles ou sans oreilles,

ou sauge de catalogne (TAB. V), que certains n'hésitent pas à la classer comme une espèce à part ; la sauge tricolore et la sauge panachée, qui peuvent appartenir non seulement au type de l'espèce, mais encore à ses variétés (Rozier 1989).

Tableau. V : Variétés de *Salvia officinalis* (Elisabeth et Julien, 2014).

Variété	Feuillage	Qualités	
Sauge officinale 'Berggarten'	Grandes feuilles oblongues vert-grisâtre.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Icterina'	Feuillage panaché vert et jaune.	Ne fleurit quasiment pas.	
Sauge officinale 'Tricolor'	Feuillage gris-vert panaché avec du pourpre et du crème.	Fleurs violet pâle. Un peu moins rustique.	
Sauge officinale 'Purpurascens'	Feuillage pourpre quand il est jeune. Devient vert foncé en vieillissant.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Aurea' ou sauge officinale dorée	Feuillage vert marginé de doré.	Fleurs bleu mauve.	
Sauge officinale 'Albiflora'	Feuillage vert foncé.	Fleurs blanches.	
Sauge à feuilles de lavande (<i>Salvia lavandulifolia</i>)	Feuilles ressemblant à celles de la lavande.	Fleurs bleu lavande. La plus parfumée.	

III. 2. 2. 5. - Usage thérapeutique

III. 2. 2. 5. 1. -Usage interne

En usage interne, la sauge est utilisée pour traiter toutes les faiblesses organiques, l'asthénie, la neurasthénie, les dyspepsies par atonie gastro intestinale, les digestions lentes, l'inappétence, les affections nerveuses (tremblement, vertiges, paralysies), l'apoplexie, les

bronchites chroniques et l'asthme. On se sert aussi pour soigner les sueurs nocturnes des tuberculeux et des convalescents, les sueurs profuses des mains et des aisselles, les adénites, le lymphatisme, les fièvres intermittentes, la diurèse insuffisante, la stérilité, les symptômes de la ménopause, les diarrhées des tuberculeux et des nourrissons, la cancérose. Enfin on s'en sert pour faire tarir la lactation (Ahami, 2007).

Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémique, aussi pour les stressées et déprimées, et conseillée pour les étudiants en période d'examen (Djerroumi et Nacef, 2004). Les infusions de la sauge sont appliquées pour le traitement de plusieurs maladies de la circulation sanguine et les troubles digestifs (Radulescu et Eliza, 2004).

III. 2. 2. 5. 2. - Usage externe

En usage externe, la sauge est utilisée pour soigner les leucorrhées, les aphtes, les stomatites, les angines, les laryngites, les névralgies dentaires, l'asthme, les plaies atones, les ulcères, les dermatoses, la débilité infantile, le rachitisme, la scrofuleuse, l'alopecie et les piqures des guêpes et d'insectes. Enfin elle sert aussi à désinfecter les habitations (Beloued, 2009). Elle utilisé pour traiter les enfants affaiblis, les rachitiques, les scrofuleux et les rhumatisants, vous pouvez ajouter de l'infusion de sauge à leur bain (Ahami, 2007).

Avec son odeur rude et son gout puissant, légèrement amer et camphré, elle est utile partout dans la maison pour parfumer les aliments, assainir les armoires. Elle sert également à protéger la ligne, préserver la beauté et soigner les maladies (Duling, 2007).

III. 2. 2. 6. – Production

Pour des plantations datant d'un an, la récolte se fait fin Aout, alors qu'elle est pratiquée début juillet et fin Aout lors de la 2^e année de culture. Après fauchage, le matériel végétal doit être rapidement séché à 45⁰C, les tiges étant éliminées avant ou après séchage. Une partie de la drogue est récoltée a l'état sauvage (Dachler et *al.*, 1999).

Pour un usage personnel, les feuilles fraîches peuvent être récoltées de mai à septembre. Les jeunes tiges feuillées doivent être cueilles juste avant la floraison, puis sont mises à sécher.

III. 2. 2. 7. –Toxicologie

D'après nos connaissances, aucune toxicité aigüe ou chronique n'a été signalée après emploi aux doses usuelles des feuilles de sauge et de son huile essentielle (jusqu'à 15 gouttes par jour).

Cependant, la thuyone provoque non seulement un effet local irritant, mais également des effets centraux psychomimétiques, après sa résorption. Une consommation chronique de thuyone peut ainsi conduire à des troubles irréversibles du système nerveux centrale, à des perturbations des fonctions hépatiques, rénales et cardiaques (Rice, *et al.*, 1976 ; Lewin *et al.*, 1992 ; Teuscher *et al.*, 1994).

Dans la mesure où la quantité de drogue, employée à des fins culinaires reste très faible, tout danger lié à la présence d'une forte teneur en thuyone semble exclu pour le consommateur. Cependant, des quantités importantes de drogue (dose supérieure à 15g de drogue sèche) peuvent engendrer une sécheresse de la bouche, l'apparition de sueurs, de tachycardies et de vertiges. Un cas de toxicité aiguë après administration d'une forte dose d'huile essentielle (2g et plus) a été décrit, ainsi, la consommation régulière de sauge, même sous forme de tisane, ne paraît pas recommandée (Centini *et al.*, 1987 ; Saller *et al.* 1996) . Le potentiel de sensibilisation est faible, des réactions allergiques restent jusqu'à présent ponctuelles et seraient liées à la présence d'acide carnosolique qui agirait comme allergène (Futrell *et al.*, 1993 ; Hjorth *et al.*, 1997 ; Hänsel *et al.*, 1999).

III. 2. 2. 8. - Composition chimique

La sauge officinale renferme de 1 à 3 % de flavonoïdes. Ceux-ci sont des glycosides de l'apigénol et du lutéolol (cosmosioside, cynaroside, *ect.*) et, comme chez beaucoup de Lamiaceae, des flavones substitués en C-6 (dérivés 6 hydroxy et 6-méthoxy du lutéolol, de l'apigénol et de leurs dérivés O-méthylés en C-7 : genkwanine, scutellanéine, hispiduline, cupafoline, Cirsiliol, *Etc.*). La feuille renferme aussi : de nombreux triterpènes dérivés de l'ursane (l'acide ursolique est majoritaire) et de l'oléanane (acide oléanolique et dérivés hydrocylés et en C-2) ainsi que des diterpènes (carnosol, rosmanol, épirosmanol, acide carnos(ol)ique, épirosmanol, camosate de méthyle, acide carnosique-12-méthyléther- γ -lactone, rosmadial). Des acides-phénols dérivés de l'acide hydroxycinnamique (acides rosmarinique, caféique, salvianolique I, glycosides caféiques, benzoïque et féruliques)) ainsi que des glycosides d'acétophénone.



Partie expérimentale



Chapitre IV

Matériel et méthodes

IV. 1. - Objectif de l'étude

Le travail réalisé avait pour objectif l'étude du pouvoir insecticide et de la propriété répulsive, de l'extrait méthanoïque des feuilles sèches de la sauge *Rosmarinus officinalis* et de celles de *Salvia officinalis* vis-à-vis le puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*, nos expériences ont été réalisées dans le laboratoire de biochimie et de protection des végétaux, de l'université de Mostaganem.

IV. 2. - Matériels

IV. 2. 1. - Région d'étude

IV. 2. 1. 1. - Situation géographiques

Mostaganem est une wilaya côtière, limitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est par les wilayas de Chlef et Relizane, à l'Ouest par la wilaya d'Oran et au Sud par la wilaya de Mascara (Fig.). Elle se caractérise par une façade maritime de 124 km et une superficie de 226 900 ha (DSA, 2015).

➤ Sol

Nous distinguons deux grandes zones dans la wilaya : le plateau de Mostaganem dont la superficie est de 88 629 ha (62%) avec un sol à texture généralement sablonneuse, et la plaine du Dahra, dont la superficie est de l'ordre de 55 060 ha (38%), avec des sols à texture généralement argilo-limoneuse et dont la pente varie de 3 à 25% (DSA, 2015).

➤ Climat

D'un point de vue climatique, la région se caractérise par l'irrégularité de ses précipitations, dont la moyenne annuelle ne dépasse les 350 mm sur le plateau et avoisine les 400 mm sur le Dahra, avec une humidité relativement oscillante qui varie entre 60 et 70% pendant la période estivale. Le climat en hiver, doux et chaud en été -est une caractéristique des climats semi-arides (Boualem, 2009).

IV. 2. 1. 2. - Station expérimentale

Au sein de notre étude, la plante hôte a été recueillie dans un verger d'agrumes installé au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mostaganem « ex ITA », cette ferme qui s'étend sur une superficie de 63,24ha (Toudert, 1991) (fig. 11) est bordée au nord par la daïra de Mostaganem, au sud par la daïra de Hassi Mameche, à l'ouest par la commune de Mazagran et à l'est par Douar Djedid (Toudert, 1991). D'un point de vue climatique, la région se caractérise par un climat semi-aride avec une hygrométrie comprise entre 60 à 70% pendant la

période estivale. Les températures moyennes se situent entre 25 et 30° C en été et de 6 à 13°C pendant l'hiver (Boualem, 2009 ; Boutaiba, 2015).



Fig. 11 - Site d'expérimentation de Mazagran (Google Earth, 2015).

IV. 2. 2. - Matériel végétal

IV. 2. 2. 1. - Plante hôte

L'hôte est représenté par des feuilles d'agrumes saines récoltées en mois d'Avril 2019 au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie, université de Mostaganem sise Mazagran (Fig. 12).



Fig. 12 - Verger d'agrumes (*Citrus limon*) (Originale, 2019).

IV. 2. 2. 2. - Plantes aromatiques

Dans notre étude, tout l'intérêt a été mis uniquement aux feuilles (Fig. 13,14) de *Salvia officinalis* et *Rosmarinus officinalis* qui ont été collectées au début du mois Avril 2019 au niveau du jardin du site 3 de l'université de Mostaganem (ex ITA). Les feuilles ont été séparées des deux plantes et séchées par la suite durant une semaine entière.



Fig. 13 - Feuilles de la Sauge *Salvia Officinalis* (www.truffaut.com).

Le séchage a été réalisé dans une étuve à 37°C, température inférieure à 40°C pour ne pas altérer les molécules qui seraient thermolabiles, (Heuze, 1860). Enfin, les feuilles sèches de ces deux plantes aromatiques ont été coupées en parties très fines (2-5 mm).



Fig. 14 - Feuilles du *Rosmarinus officinalis* (Originale, 2019).

IV. 2. 2. 3. - Matériel animal

L'insecte étudié au sein de cette expérimentation est le puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*, la population du ravageur a été échantillonnée sur des feuilles de citronnier du verger d'agrumes cultivés au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie de l'université de Mostaganem (Fig. 15).



Fig. 15 - Puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* (originale, 2019).

IV. 3. - Méthodes

IV. 3. 1. - Extraction

Au cours de notre travail, l'extraction a été assurée par la technique d'entraînement à la vapeur (Annexe III), ainsi nous avons introduit 2 litres d'eau distillée et respectivement, 800 g et 600 g de feuilles sèches de *Rosmarinus officinalis* et de *Salvia Officinalis* (Fig. 16, Tab. VI) sur la grille perforée, en suite et grâce à une plaque chauffante appropriée en deux (02) heures de temps l'extraction a été mis en œuvre. Les feuilles sèches de *Rosmarinus officinalis* ont suivi le même protocole d'extraction (Fig. 17).



Fig. 16 - Feuilles après séchage, A : Sauge, B : Romarin. (Originale, 2019).

Tableau. VI - Quantité de la matière végétale sèche entraînée à la vapeur (Original, 2019).

	<i>Salvia Officinalis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Partie distillée	Feuilles sèches	Feuilles sèches
Masse (g)	600	800

Le but de cette méthode est d'entraîner avec la vapeur d'eau les constituants volatils des produits bruts. La vapeur détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur, chargée d'essence de la matière première distillée, se condense dans le serpentin de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier (vase de décantation pour les huiles essentielles). Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle surnageant (Fig. 18). L'huile essentielle obtenue a été mis à l'obscurité et à une température de 4°C.



Fig. 17 - Extraction par l'entraînement à la vapeur (Originale, 2019).

Les extractions fournissent des huiles végétales essentielles de couleur jaunâtre avec une très forte et persistante odeur de la sauge, et du romarin.

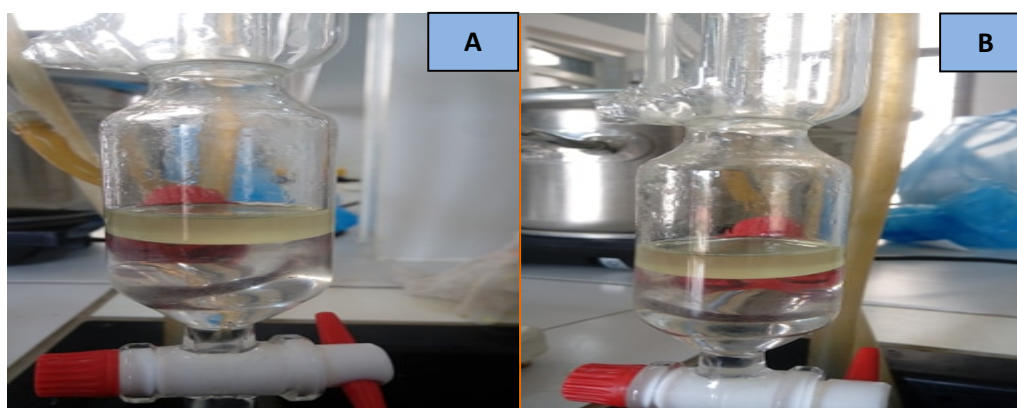


Fig. 18 - Huile végétale obtenue après extraction, **A**: Saugé, **B**: Romarin. (Originale, 2019).

IV. 3. 2. - Détermination du taux d'humidité (H%)

02 kg de matière fraîche des plantes aromatiques destinées à l'extraction par entraînement à la vapeur ont été placés dans l'étuve réglée à 37° C, après une semaine la matière sèche est pesée.

L'humidité est calculée selon la relation :

$$H (\%) = \left[\frac{M_f - M_s}{M_f} \right] \times 100$$

Avec :

- **Mr** : masse de la plante à l'état frais.
- **Ms** : masse de la plante à l'état sec.

IV. 3. 3. - Détermination du rendement en huiles essentielle (Rdt%)

Le rendement en l'huile essentielle est donné par la relation suivante :

$$Rdt (\%) = \left[\frac{V}{M_s} \times 100 \right]$$

Avec :

- **Rdt (%)**: rendement en huile essentielle en (ml/g).
- **V**: volume d'huile essentielle recueilli.
- **Ms**: masse de la matière végétale sèche.

IV. 3. 4. - Conduite de l'essai "in vitro".

Des boîtes de pétris, dont le fond est recouvert d'une couche de papier humide absorbant ont été préparées, le couvercle de chaque boîte a été troué et recouvert par la suite avec de la toile (Fig. 19).



Fig. 19 - Préparation des boîtes de pétri pour l'essai, (Originale, 2019).

Dans chaque boîte, une feuille d'agrumes saine est déposée pour permettre le bon développement des insectes durant la période d'observation (Fig. 20). Cinq (05) pucerons verts adultes sont déposés dans chaque boîte.



Fig. 20 - Feuilles saines du citronnier préparées pour l'essai, (Originale, 2019).

Cinq (05) doses de traitement ont été préparées avec chaque extrait des deux plantes aromatiques (Fig. 21), auxquelles s'ajoute une solution contenant le tween 20 seulement (T⁺). Les différentes doses ont été préparées pour chaque extrait végétal de la manière suivante :

- 1 ml d'extrait végétal + 9 ml de tween 20 → 10 %
- 1 ml de la dose 10 % + 9 ml de tween 20 → 1 %
- 1 ml de la dose 1 % + 9 ml de tween 20 → 0,1 %
- 1 ml de la dose 0,1 % + 9 ml de tween 20 → 0,01 %
- 1 ml de la dose 0,01 % + 9 ml de tween 20 → 0,001 %

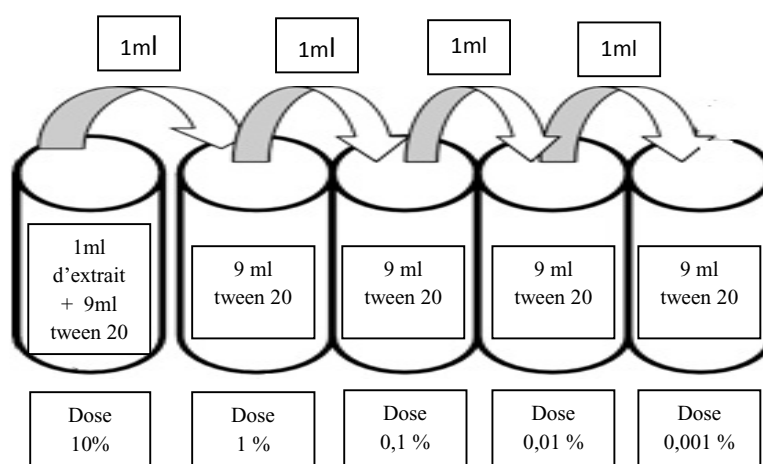


Fig. 21 - Préparation des doses de traitement pour chaque huile essentielle (Originale, 2019).

Les doses préparées ont été protégées de la lumière avec du papier aluminium, et mises au froid pour une éventuelle future utilisation (Fig. 22).

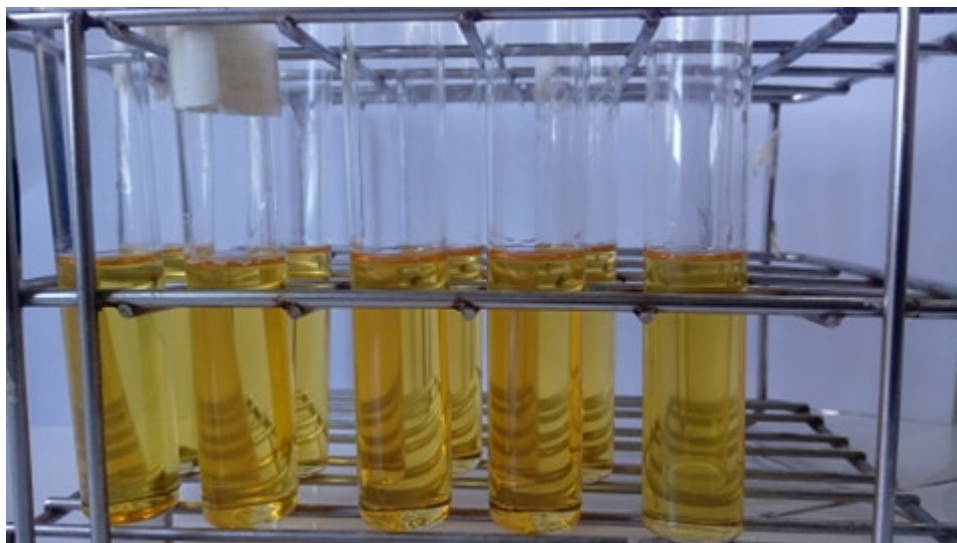


Fig. 22 - Différentes solutions préparées à base des deux huiles essentielles (originale, 2019).

Par ailleurs un témoin négatif avait été prévu, contenant seulement des feuilles saines de citrus ainsi que le même effectif du puceron vert introduit que pour tout l'essai (Fig. 23).

Chaque dose a été appliquée à raison de cinq (05) répétitions pour chaque extrait végétal testé, c'est le cas pour les deux témoins (positif, et négatif) (Fig. 24,25).



Fig. 23 - Application des doses des deux huiles essentielles par pulvérisation (originale, 2019).



Fig. 24 - Dispositif expérimental du test de toxicité de l'huile essentielle du romarin sur le puceron vert des agrumes (Originale, 2019).



Fig. 25 - Dispositif expérimental du test de toxicité de l'huile essentielle de la sauge sur le puceron vert des agrumes (Originale, 2019).

IV. 3. 5. - Tests biologiques

IV. 3. 5. 1. - Evaluation de l'activité insecticide

La mortalité d'individus traités est contrôlée à partir du jour de traitement jusqu'à la mort de tous les individus, les résultats obtenus seront exprimés en cumulée et en pourcentage

IV. 3. 5. 1. 1. - Correction de la mortalité cumulée

Un produit est dit efficace par l'évaluation de l'effet mortel qu'il peut engendrer; si on prend en considération la mortalité naturelle qui était observée dans le témoin négatif, le dénombrement des individus morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel des individus tués par ce toxique d'où l'intérêt de procéder à la correction de la mortalité en utilisant la formule d'Abott (Bouras et Benhamza, 2013) :

$$Mc\% = [(M_0\% - M_T\%) / (100 - M_T\%)] \times 100$$

Avec :

- **Mc%** : mortalité corrigée exprimé en %.
- **M0%** : mortalité observée après la pulvérisation.
- **MT%** : mortalité observé dans le témoin.

IV. 3. 5. 1. 2. - Détermination de la DL50

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50 qui représente la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% des individus d'un même lot respectivement. Elles sont déduites à partir de l'équation de la droite de régression ($y=a+xb$) correspondant aux taux de mortalité corrigée en fonction des doses de traitement (wabo-poné, 2005).

IV. 3. 5. 2. - Evaluation du pouvoir répulsif

Le test consiste à préparer trois (03) boîtes de pétries aérées; ou l'on place un papier filtre découpé en deux moitiés et ressoudé par un ruban adhésif. Une moitié du disque est trempée à l'aide d'un pulvérisateur de l'extrait pur, l'autre moitié est arrosée avec de l'eau distillée uniquement. Dix (10) pucerons verts sont libérés au centre de chaque papier filtre, les boîtes sont fermées. Le test est réalisé avec les extraits des deux plantes aromatiques utilisées.

Après deux (02) heures (McDonald et *al.*, 1970), les individus sont dénombrés sur chaque partie du disque, le nombre d'insectes présents dans la partie du papier filtre traitée avec

l'extrait pur et le nombre de ceux qui se sont dirigés vers la partie traitée uniquement à l'eau distillée seront relevés (Fig. 26).

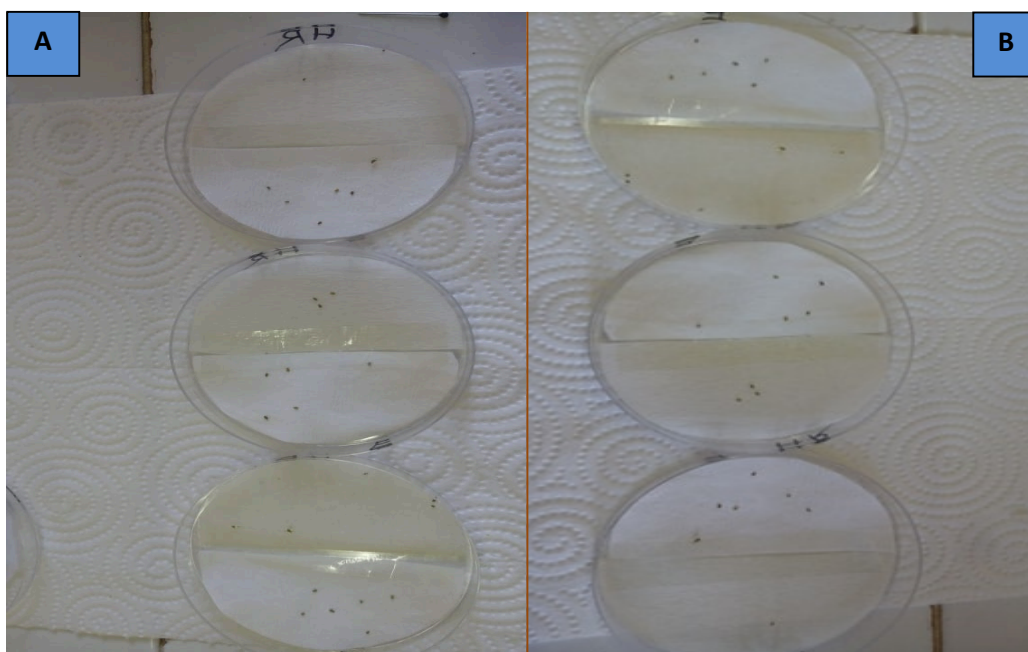


Fig. 26 - Effet répulsif de l'extrait pur des deux plantes étudiées sur les pucerons verts, A : extrait de la sauge, B : extrait du romarin (Originale, 2019).

Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Avec :

- **NC** : nombre de l'individu présent sur la partie traitée uniquement avec l'eau distillée.
- **NT** : nombre de l'individu présent sur la partie traitée avec l'extrait végétal.

Le pourcentage moyen de répulsion pour l'huile essentielle a été calculé et attribué pour chaque extrait selon le classement de McDonald et *al.* (1970) à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à 5 (Tab. VII).

TableauVII - Estimation de la répulsion des huiles essentielles purs (McDonald et *al.*, 1970).

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	PRd0 ,1%	N'est pas répulsive
Classe 1	0,1%<PRd20%	Très faiblement répulsive
Classe 2	20%<PRd40%	Faiblement répulsive
Classe 3	40%<PRd60%	Modérément répulsive
Classe 4	60%<PRd80%	Répulsive
Classe 5	80%<PRd100%	Très répulsive



Chapitre V

Résultats et discussion

V. 1. - Résultats et interprétations

V. 1. 1. - Taux d'humidité H (%)

Au sein de notre étude, les résultats obtenus de la détermination de la teneur en eau indiquent que les feuilles fraîches de *Rosmarinus officinalis* contiennent 60% en eau, tandis que les feuilles fraîches de *Salvia officinalis* présentent un taux d'humidité élevé (70%) (Fig. 27, 28).

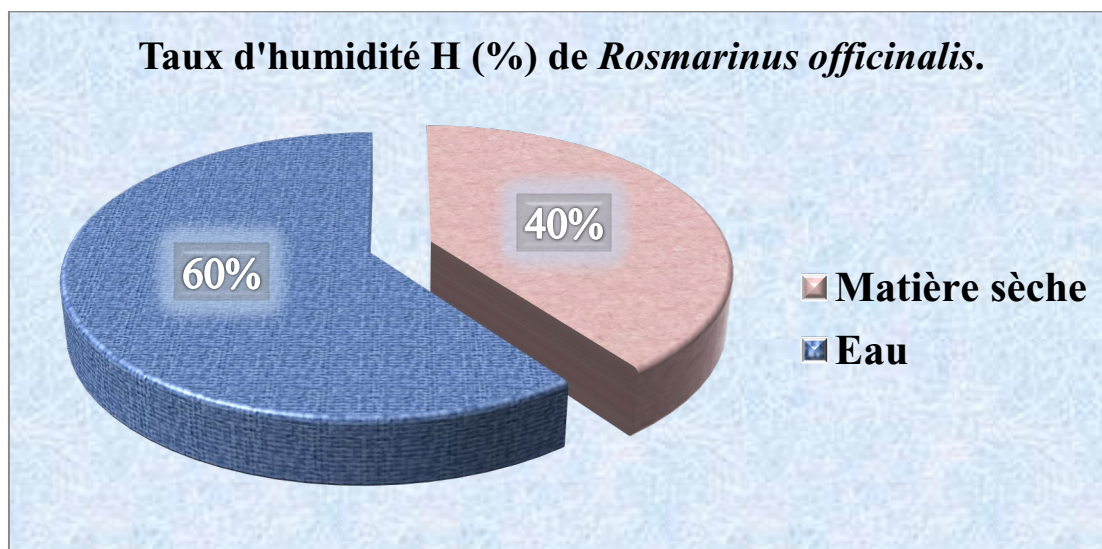


Fig. 27 - Teneur en eau des feuilles fraîches du romarin

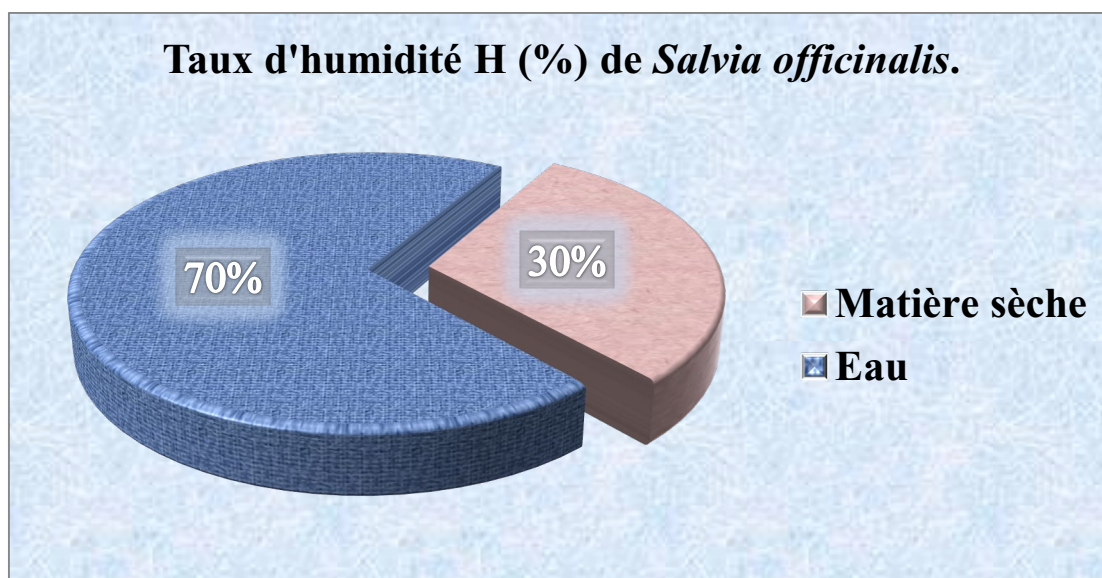


Fig. 28 - Teneur en eau des feuilles fraîches du romarin.

Dans l'optique de ces résultats, on notera que les deux plantes aromatiques étudiées tout comme la majorité des végétaux, renferment des quantités importantes en eau, tout de

même on a noté une supériorité du taux d'humidité des feuilles fraîches de la sauge (70%) contre celui enregistré sur les feuilles fraîches du romarin (60%).

V. 1. 2. - Rendement en huiles essentielles

Les résultats de l'extraction des huiles essentielles réalisée par entraînement à la vapeur des feuilles sèches du romarin, et de la sauge, sont résumés dans le Tableau VIII.

Tableau. VIII - Rendement en huiles essentielles obtenus des deux plantes aromatiques (Originale, 2019).

Plante	Masse introduite (g)	Durée d'extraction (mn)	Volume de l'huile végétale récupéré (ml)	Rendement(%) $Rdt (\%) = \left[\frac{V}{M_{st}} \times 100 \right]$
<i>R. officinalis</i>	800	120	5	0,62
<i>S. officinalis</i>	600	120	5	0,83

Le rendement en huiles essentielles extraites par entraînement à la vapeur pendant deux (02) heures, des feuilles sèches du romarin est de 0,62%. Ce rendement est inférieur à celui obtenu des feuilles de la sauge (0,83%).

Pour notre essai, Il s'avère bien qu'après la comparaison des rendements en huiles essentielles obtenus, que *Salvia officinalis* est plus riche en huile essentielle que *Rosmarinus officinalis*.

V. 1. 3. - Activité insecticide

V. 1. 3. 1. - Taux de mortalité

V. 1. 3. 1. 1. - Extrait du romarin

Le dénombrement d'insectes d'*Aphis spiraecola* morts sous l'effet de l'huile essentielle du romarin, a permis de dresser le tableau mentionné en annexe II, l'inventaire de la mortalité a été suivi chaque 24 h, et pendant 08 jours.

La figure démontre l'évolution des taux de mortalité en pourcentage des pucerons verts des agrumes sous l'effet des différentes doses de l'extrait du romarin.

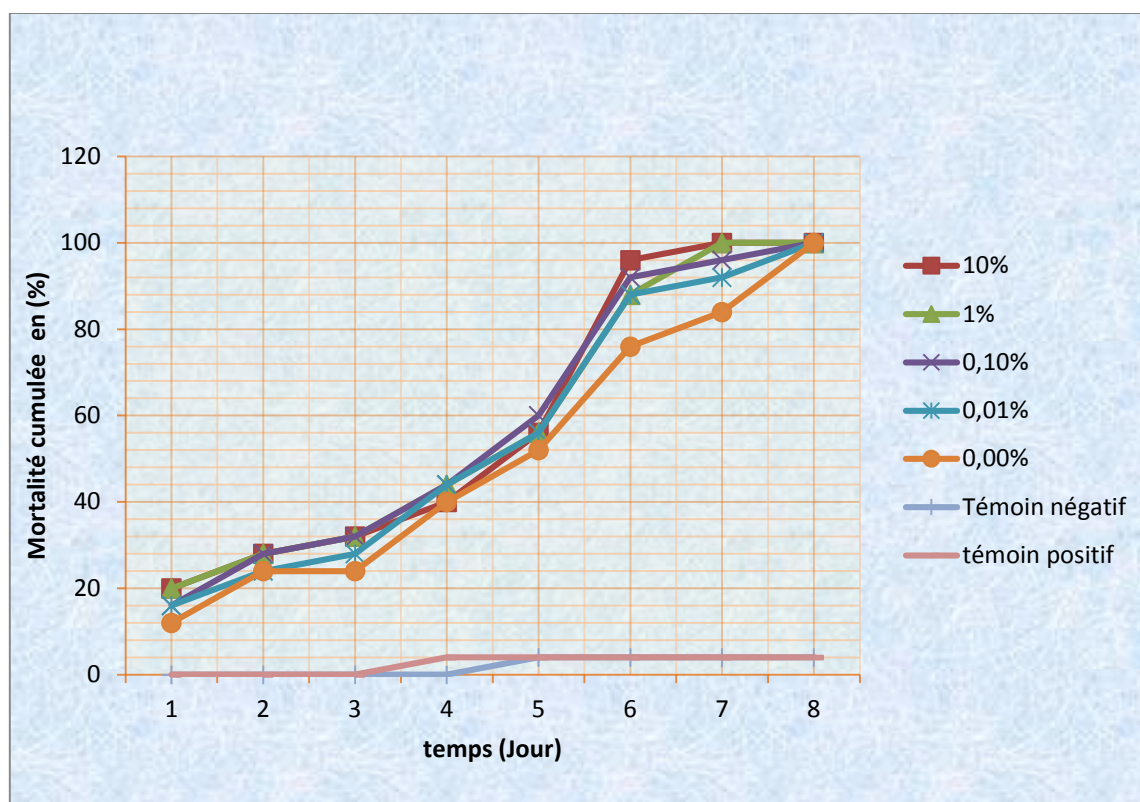


Fig. 29 - Effet des différentes concentrations de l'huiles essentielles des feuilles du romarin sur le puceron vert des agrumes (Originale, 2019).

Pendant le premier jour, les résultats obtenus ont révélé une faible activité insecticide de l'huile essentielle du romarin pour toutes les doses. Annexe. V

La mort de 50% des individus testés a été enregistrée au 5^{ème} jour sous l'effet de toutes les concentrations de l'extrait sauf pour les deux témoins. (Annexe. V)

Un effet mortel considérable de toutes les doses a été relevé le 6^{ème} jour, comme il a été observé que cet extrait a réussi avec une dose de 10% au 6^{ème} jour d'éliminer 96% de la population et la totalité (100%) des pucerons verts au 7^{ème} jour. (Annexe. V)

La dose 0,1% a anéanti la totalité d'*Aphis spiraecola* au 7^{ème} jour. Bien qu'une évolution considérable du pouvoir insecticide a été enregistrée pour les doses 0,1%, 0,01%, 0,001%, ces dernières n'ont pas réussi à éliminer la totalité de la population des pucerons verts jusqu'au 8^{ème} jour, (Fig. 29).

La mort d'un individu a été enregistrée dans le témoin positif et négatif, respectivement au 4^{ème} et 5^{ème} jour, un incident qui ne s'est jamais reproduit durant tout l'essai. (Annexe. II).

V. 1. 3. 1. 2. - Extrait de la sauge

L'inventaire du nombre d'insectes du puceron vert des agrumes morts sous l'effet de l'extrait de la sauge, a permis d'enregistrer les résultats mentionnés en annexe, le dénombrement de la mortalité a été suivi chaque 24 h, et pendant 08 jours. (Annexe. 3)

La figure 30 montre l'effet des différentes doses de l'huile essentielle de la sauge sur la mortalité des pucerons verts des agrumes.

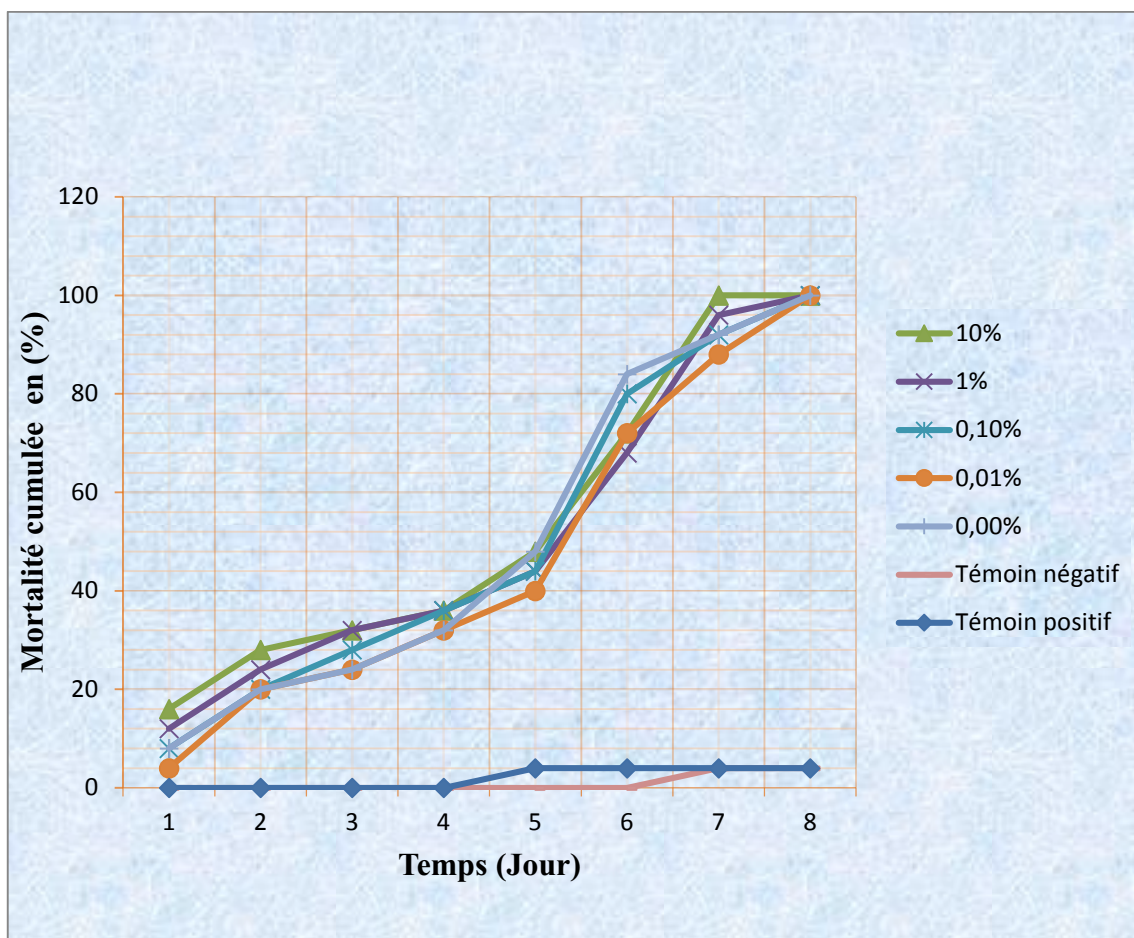


Fig. 30 - Effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de la sauge sur le puceron des agrumes (Originale, 2019).

L'essai a démarré avec une faible activité insecticide de l'huile essentielle de la sauge pour toutes les doses. Au deuxième jour, la mortalité enregistrée dans l'ensemble des lots traités a dépassé les 20% (Fig. 30).

Les résultats obtenus montrent aussi que la dose de 10% de l'huile essentielle de sauge a décimé la totalité du lot au 7ème jour (Annexe 7).

La dose 1 % a anéanti 96% de la population d'*Aphis spiraecola* au 7^{ème} jour. Bien qu'une évolution considérable du pouvoir insecticide a été enregistrée pour les doses 0,1 %, 0,01 %, 0,001 %, ces dernières n'ont pas réussi à éliminer la totalité de la population des pucerons verts jusqu'au 8^{ème} jour, (Fig. 30).

En effet, la mortalité n'a pas cessé d'augmenter au fil des jours, pour atteindre son maximum, le 8^{ème} jour de l'essai.

La mort d'un individu a été enregistrée dans le témoin positif et négatif, respectivement au 5^{ème} et 7^{ème} jour. (Annexe. 3)

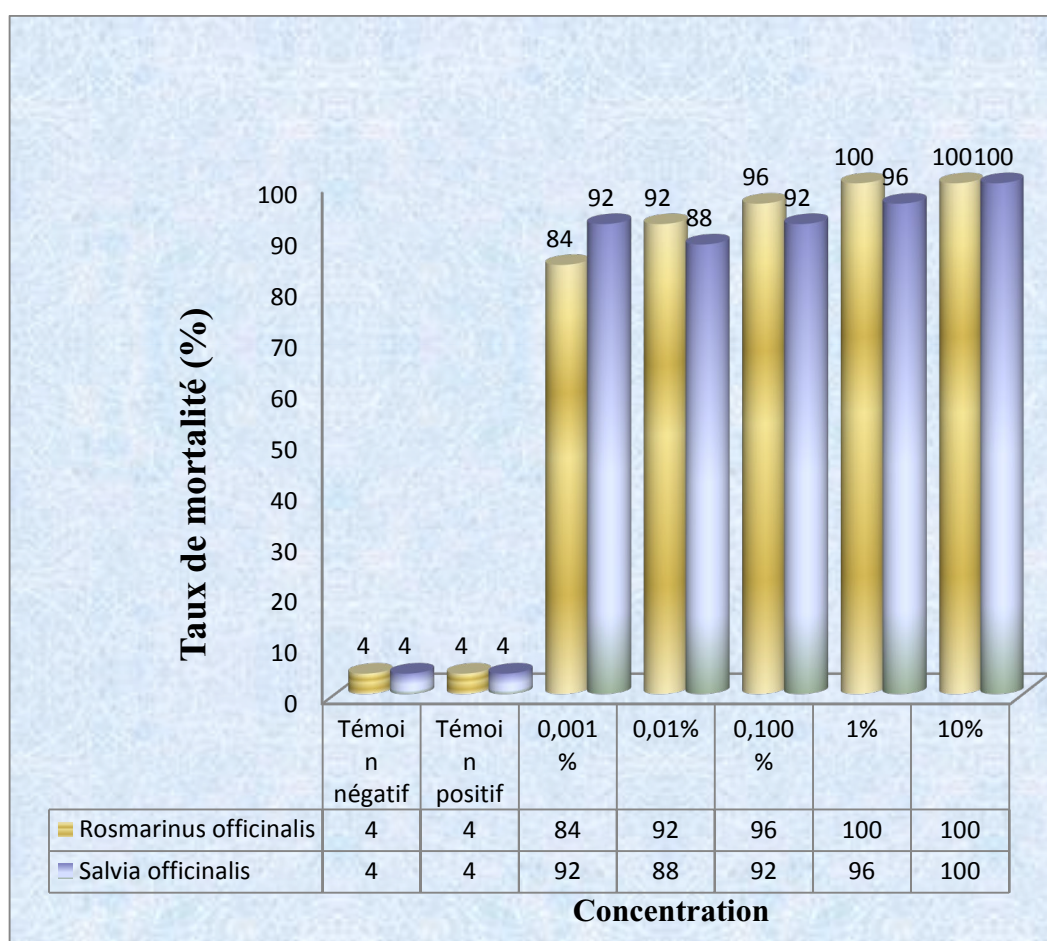


Fig. 31 - Comparaison de l'activité insecticide des huiles essentielles du romarin et de la sauge sur *Aphis spiraecola* sous différentes doses après 168 H (Originale, 2019).

La comparaison du pouvoir insecticide des huiles essentielles des plantes aromatiques étudiées sur la population d'*Aphis spiraecola* des agrumes, a révélé que ces deux dernières se comportent de la même manière, (Fig. 31).

Environ 50% des individus d'*Aphis* faisant l'objet de notre étude sont morts au 5^{ème} jour sous l'effet de toutes les concentrations des deux extraits, excepté au niveau des témoins.

En effet, on ne remarque aucune différence notable entre les deux huiles.

Les résultats obtenus affirment aussi que l'extrait du *R. officinalis* aux doses 1%, et 10% et que l'extrait de *S. officinalis* à la dose 10%, ont réussi à éliminer la totalité (100 %) des pucerons verts au 7^{ème} jour (Fig. 31).

V. 1. 3. 2. Détermination des doses létales 50%.

V. 1. 3. 2. 1. - Extrait du romarin.

Le Tableau. VIII en annexe rapportent les valeurs corrigées des taux de mortalité de l'extrait du romarin sur *Aphis spiraecola* des agrumes.

La mortalité corrigée est calculée selon la formule d'Abott, et avec l'Excel 2010. Après le calcul, les valeurs du témoin négatif deviennent nulles (0%) pour tous les jours, c'est le but recherché à travers la correction de la mortalité en éliminant l'effet de la mort naturelle de la population d'*Aphis* ; seulement l'effet de l'extrait du romarin sera pris en considération.

La figure 32, représente la relation proportionnelle qui existe entre les différentes doses de l'huile essentielle des feuilles du romarin et le taux de mortalité d'*A.spiraecola* après 5 jours du traitement.

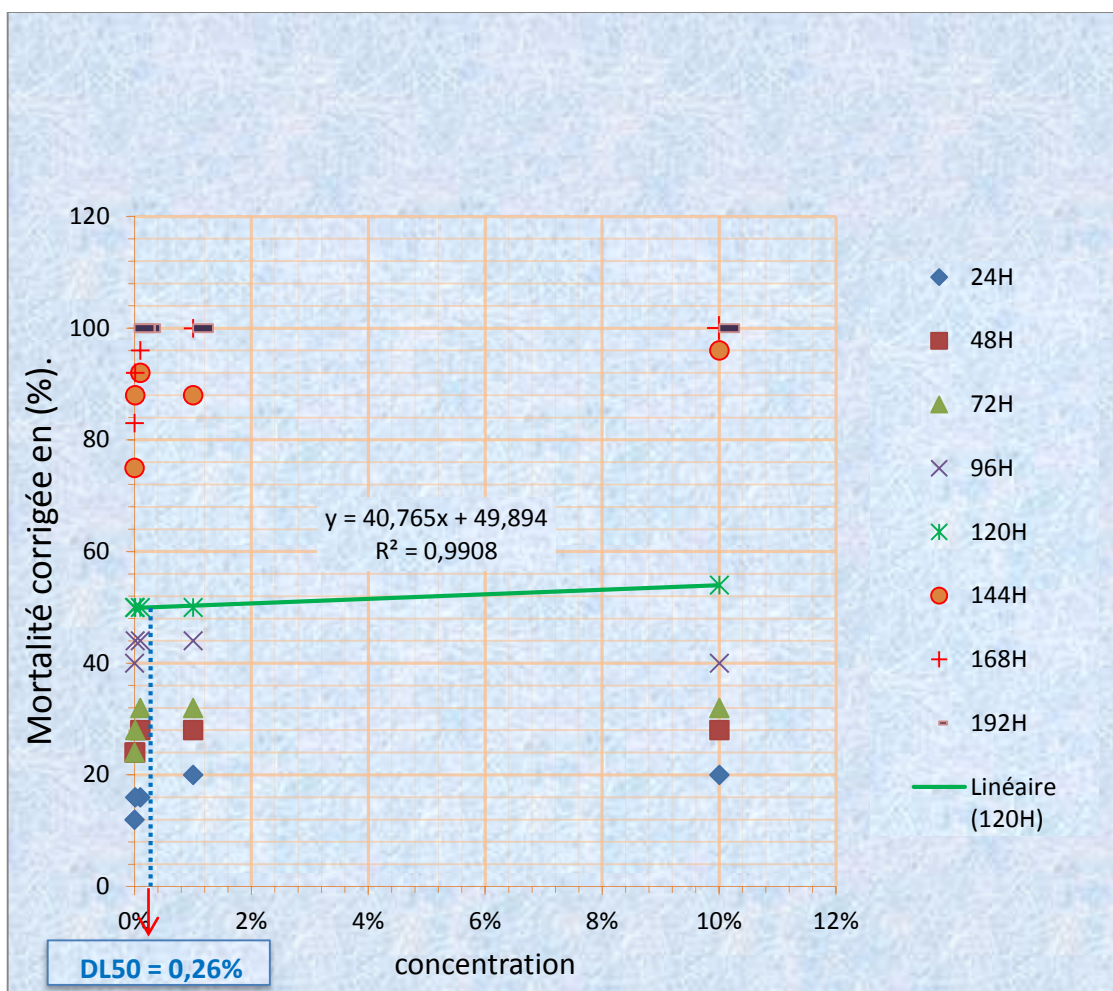


Fig. 32 - Evolution dans le temps, de la mortalité corrigée en fonction des doses de l'huile essentielle du romarin sur *A. spiraecola* (Originale, 2019).

Le graphe montre une relation positive entre les variables étudiées avec un coefficient de corrélation R de $\sqrt{0,9908} = 0,99$. On remarque également que la DL50 est de 0,26%.

Cela montre l'influence de l'extrait du romarin sur la mortalité d'adultes d'*A. spiraecola* pour toutes les doses au 5^{ème} jour.

Ce test a mis en évidence l'efficacité de l'extrait du romarin vis-à-vis de ce ravageur, qui ne cesse de causer des dégâts conséquents vue l'abondance et la densité de ses populations. En effet avec seulement une concentration de 0,26%, on serait en mesure de contenir 50% des individus adultes.

V. 1. 3. 2.- Extrait de la sauge

La figure 33, représente la relation proportionnelle qui existe au 6^{ème} jour entre les différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de sauge et le taux de mortalité d'*A. spiraecola*.

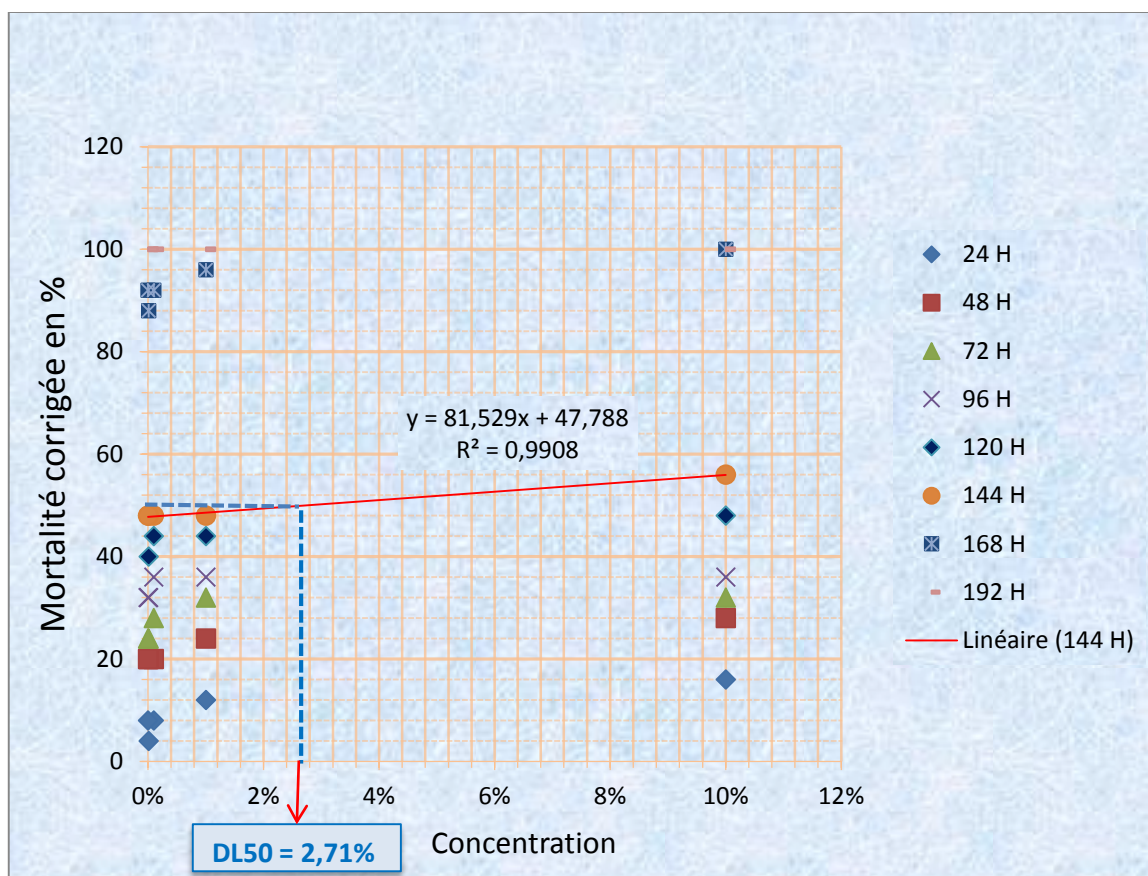


Fig. 33 - Evolution dans le temps de la mortalité corrigée en fonction des doses de l'huile essentielle de la sauge sur *A. spiraecola*

Le graphique ci-dessus montre une corrélation positive entre les variables étudiées avec un coefficient de corrélation R de $\sqrt{0,9908} = 0,99$. On remarque également que la DL50 est de 2,71%.

❖ Comparaison de la toxicité des deux extraits végétaux

Tableau. IX - Comparaison entre les doses létales obtenues des deux extraits végétaux.

Extrait	Ravageur testé	Linéaire	DL50 (%)
<i>R. officinalis</i>	<i>A. spiraecola</i>	120 H	0,26
<i>S. officinalis</i>	<i>A. spiraecola</i>	144 H	2,71

Nous pouvons déduire que les extraits des plantes étudiées sont doués de propriétés toxiques importantes « in-vitro ». Cependant la toxicité est très variable selon l'espèce végétale, la quantité utilisée, la durée de traitement et le ravageur en étude.

En effet, les huiles essentielles du romarin et de la sauge à des doses croissantes causent une toxicité variable.

Par ailleurs, on pourra maîtriser 50% de la population adulte d'*Aphis spiraecola* avec seulement une dose de 0,26% de l'extrait *Rosmarinus officinalis*, un objectif qui ne pourra être atteint sous l'effet de l'extrait de *Salvia officinalis* qu'avec une dose de 2,71% (Tab. IX).

V. 1. 4. - Test répulsif

V. 1. 4. 1. - Extrait du romarin

Le nombre moyen d'individus adultes d'*Aphis spiraecola* d'agrumes recensés dans le papier filtre ainsi que le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle pure du *Rosmarinus officinalis* sont récapitulés dans le Tableau (X).

Il en ressort qu'après deux (02) heures d'exposition, l'huile essentielle pure (100%) du romarin a occasionné 40% de répulsion vis-à-vis des adultes du puceron vert d'agrumes.

Tableau. X - Nombre moyen d'individus adultes d'*Aphis spiraecola* recensés dans le papier filtre à la dose pure de l'huile essentielle du romarin, et taux de répulsion.

Nombre de Boîte	Dose (%)	Nombre moyen d'individus adultes du puceron vert d'agrumes		Taux de répulsion (%) $PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$
		Dans la partie traitée (Nt)	Dans la partie non traitée (Nc)	
3	100	9	21	40

A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'huile essentielle de la plante *R.officinalis* a un effet faiblement répulsif à l'égard des adultes de cet insecte et appartiendrait selon le classement de McDonald et *al.*, 1970 à la classe de répulsive **II** avec un taux de répulsion moyen de 40 % (Tab. XI).

Tableau. XI - Classe de l'huile essentielle pure de *Rosmarinus officinalis* selon le classement de McDonald et al., 1970.

Huile essentielle pure	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Taux de répulsion (%)	40
Classe de répulsion	II
Effet	Faiblement répulsif

1. 4. 2. – Extrait de la sauge

Le nombre moyen d'individus adultes d'*Aphis spiraecola* d'agrumes recensés dans le papier filtre ainsi que le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sont consignés dans le Tableau XII.

Il en ressort qu'après deux (02) heures d'exposition, l'huile essentielle pure (100%) de la sauge a provoqué 26,66 % de répulsion vis-à-vis des adultes du puceron vert d'agrumes.

Tableau. XII - Nombre moyen d'individus adultes d'*Aphis spiraecola* recensés dans le papier filtre à la dose pure de l'extrait de la sauge, et taux de répulsion (Original, 2019).

Nombre de Boite	Dose (%)	Nombre moyen d'individus		Taux de répulsion (%). $PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$
		Dans la partie traitée (Nt)	Dans la partie non traitée (Nc)	
3	100	11	19	26,66

A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'huile essentielle de la plante *Salvia officinalis* a un effet faiblement répulsif à l'égard des adultes d'*Aphis spiraecola* et appartiendrait selon le classement de McDonald et al., (1970) à la classe répulsif II avec un taux de répulsion moyen de 26 % (Tab. XIII).

Tableau. XIII - Classe de l'huile essentielle pure de *Salvia officinalis* selon le classement de McDonald et *al.*, 1970

Huile essentielle pure	<i>Salvia officinalis</i>
Taux de répulsion (%)	26,66
Classe de répulsion	II
Effet	Faiblement répulsif

❖ **Comparaison de la propriété répulsive entre les deux huiles essentielles.**

Le calcul des taux répulsifs des extraits des deux plantes aromatiques vis-à-vis les individus adultes du puceron vert d'agrumes, a permis de constater que le taux de répulsion de l'extrait en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (40%) est plus élevés que celui de *Salvia officinalis* (26,66%) (Annexe X.)

Ceci montre que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est plus répulsive par rapport à celle de *Salvia officinalis* (Fig. 34).

Tout de même il s'avère selon le classement de McDonald et *al.*, 1970 que les deux extraits sont faiblement répulsifs en appartenant à la classe répulsive II.

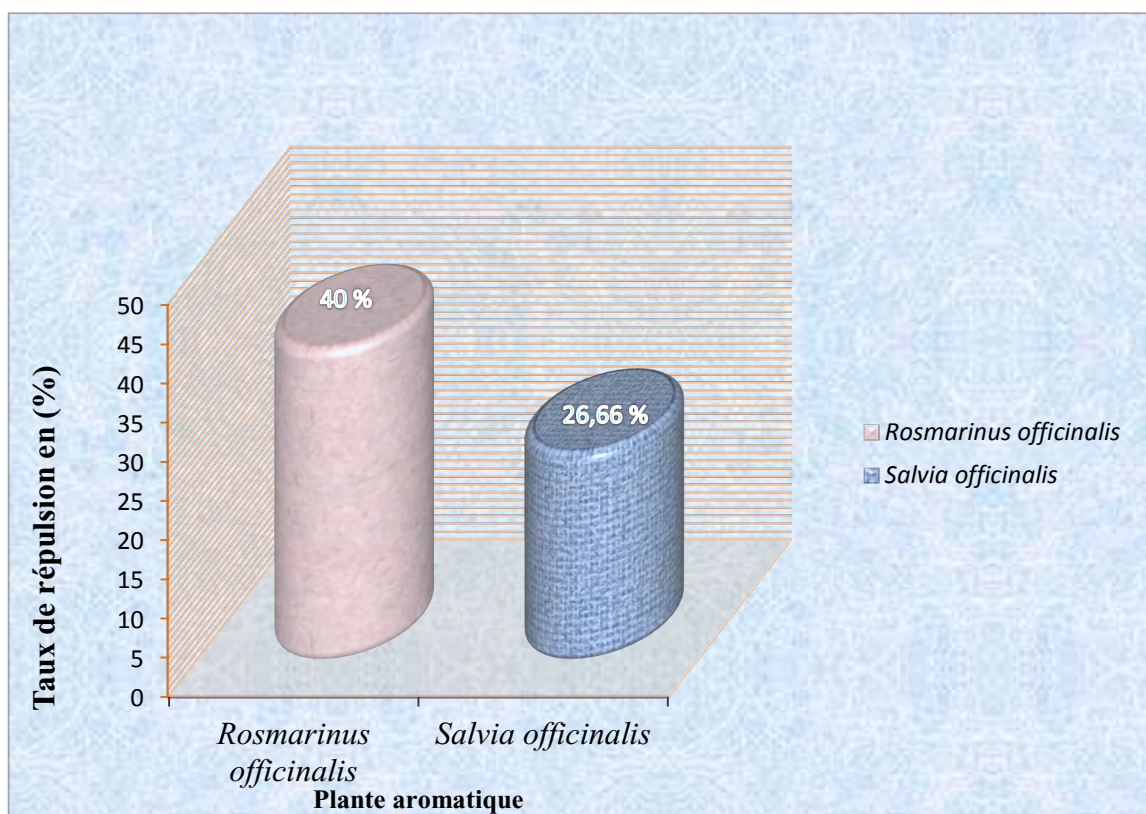


Fig. 34 - Comparaison entre les taux de répulsion des deux huiles essentielles.

2. – Discussion

2. 1. – Taux d’humidité H (%)

Les taux d’humidité que nous avons obtenus dans notre étude sur les feuilles sèches du romarin (60%), et celles de la sauge (70%) collectées à Mostaganem, en mois d’Avril, semblent similaires avec le résultat retrouvé par Rahmani *et* Rekhis. (2018) sur *Salvia officinalis* (68%) et Bousbia. (2011) qui a obtenu un taux d’humidité de 60,2% sur les feuilles de *Rosmarinus officinalis*, mais s’avèrent faibles comparé au taux obtenu par Metali *et* Kerras (2015) sur le Basilic (85%) et de celui retrouvé par Fellah *et* Mouaici (2015) sur *Lappia citriodora* qui était de 74.66%, en revanche le docteur Makhloufi (2010) a aperçu des taux d’humidités plus faibles: 20.80% et 28.17% respectivement pour *Matricaria pibescens* *et* *Rosmarinus officinalis L.* provenant de la région de Béchar. Selon Hamoudi (2012), la différence marquée entre les teneurs en eau pourrait être expliquée par la saison, le stade végétatif, l’organe et la région de la récolte, aussi les plantes cultivées dans les régions tempérées comme le sud Algérien, ont un taux d’humidité plus faible par rapport aux plantes cultivées dans le nord.

2. 2. – Rendement en huiles essentielles

Au sein de notre étude, nous avons obtenu après extraction par entrainement à la vapeur des extraits de couleur jaune clair et d’une odeur aromatique. Le rendement en huiles essentielles des feuilles sèches du romarin et de la sauge était respectivement de 0,62% et 0,83%. Varela *et al.* (2009), ont étudié 87 populations spontanées de *R. officinalis* collectées en Espagne un rendement en huile essentielle supérieur à 2%, tandis que Hasni *et* Zeghba. (2017), ont obtenu un rendement très faible de 01% par extraction au dispositif *Clevenger* des feuilles de *R.officinalis* collectées à M’sila en mois de février. Bousbia (2011) a obtenu 0,33%, et 0,35% respectivement par MHG *et* HD des feuilles du romarin collectées sur Alger. Le climat, la zone géographique, l’organe de la plante utilisé, la période de séchage, la technique d’extraction sont des facteurs entre autres qui peuvent avoir un impact direct sur les rendements en huiles essentielles. (Vekiari *et al.*, 2002). Chalchat *et* Michet (1998) ont montré que le rendement en huiles essentielles de *Salvia officinalis* obtenues par distillation pendant quatre heures dans un appareil *Clevenger* est en fonction de l’origine de la plante : France (2,05%), Hongrie (2,50%), Portugal (2,90%), Roumanie (2,30%). Rahmani *et* Rekhis (2018) ont eu un rendement de 0,93% par entrainement à la vapeur d’eau, tandis que Rekhis (2016) et avec l’évaporateur rotatif a obtenu un rendement très élevé de 37%. Cette variation dans le rendement peut être attribuée non seulement à l’origine de la plante et à la technique

d'extraction mais également à la période de prélèvement du matériel végétal. Ceci a été confirmé par (Fellah, 2001) qui a montré l'influence de la technique d'extraction d'une part, et l'influence du cycle végétatif d'autre part sur le rendement et la qualité des huiles essentielles. Le climat, la zone géographique, l'organe de la plante utilisé, la période de séchage, la technique d'extraction sont des facteurs entre autres qui peuvent avoir un impact direct sur les rendements en huiles essentielles. (Vekiari *et al.*, 2002).

2. 3. -Activité insecticide

Les végétaux produisent des composés secondaires (terpènes, alcool, polyphénols,.. etc) souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante contre divers ennemis (Auger *et al.*, 1999). L'utilisation de ces substances végétales en tant que biopesticide dans la protection des cultures contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale (Arthur, 1996). Les résultats obtenus après l'étude de l'activité insecticide des deux bio-pesticides ont montré l'existence d'une relation directe entre les taux de mortalité des pucerons et la concentration en produits d'une part, et la durée d'exposition d'autre part. En effet, nous avons constaté que les huiles essentielles des plantes testées, à savoir : *Romarinus officinalis L* et *Salvia officinalis* ont un effet insecticide très fort vis-à-vis d'*Aphis spiraecola* ; avec un taux maximum de mortalité de 100% aux doses 0,1% et 10% pour le romarin et à la dose de 10% pour la sauge après 168 h d'exposition , par ailleurs, il a été démontré que l'effet des autres doses pour les deux extraits persiste dans le temps et avec l'augmentation de la dose, avec une toxicité plus élevée de l'extrait du romarin (DL50 de 0,26%) sur celui de la sauge (DL50 de 2,71%). Les résultats que nous avons obtenus semblent similaires avec d'autres résultats enregistrés précédemment avec différents bio-pesticides extraits par différentes techniques, et sur différents ravageurs. Des traitements par fumigation, à base de *R. officinalis*, ont été effectués sur *S. oryzae* (Rozman *et al.*, 2006) ont révélé une activité insecticide qui a induit une mortalité de 100% de la population traitée après 24 h d'exposition à une dose basse de 0,1µl/720 ml. D'autres résultats ont été trouvés par Zoubiri et Baaliouamer (2001), où les mortalités, causées par l'huile essentielle de *R. officinalis* suite à un traitement par fumigation sur les adultes de *S. granarius*, ont enregistré 50% à la dose de 5 µl/l après 120 h de fumigation et de 100% à la dose de 500 µl/l après 24 h d'exposition. Lee *et al.*, (2002) notent que l'huile essentielle du romarin est sélectionnée pour sa toxicité potentielle et il est noté comme étant le fumigeant le plus puissant contre *T. castaneum* avec une DL50 de 7,8 µl/Lair et une DL90 de 13,5µl/Lair. Relativement à d'autres plantes comme l'anis, le cumin, l'eucalyptus et l'origan, le romarin est moins actif sur *T. castaneum*, où

seulement 65% de mortalité a été enregistrée avec une dose de 98,5µl/Lair (Tunc et al, 1999). Shaaya et al in Chiasson et Beloin (2007), ont testé des huiles essentielles de plusieurs plantes comme le Basilic, la Marjolaine, l'Anis, la Menthe ainsi que le Romarin et la Saugé. La majorité de ces plantes ont révélé jusqu'à une mortalité de 100% sur *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae*. L'effet toxique pourraient dépendre de la composition chimique des extraits testés et du niveau de sensibilité des insectes (Ndomo et al., 2009). En effet, *Salvia officinalis* contient des composés ayant des propriétés insecticides (Aubertot et al., 2005).

1. 4. – Effet répulsif

Il a été noté au sein de notre étude après la réalisation du test répulsif que les huiles essentielles pures du romarin et de la saugé, appartenant à la famille de Lamiaceae avaient un pouvoir répulsif vis-à-vis le puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*, avec des taux répulsifs de 26,66% pour *R. officinalis* et 40% pour *S. officinalis*, tout de même cette propriété répulsive s'avère faible selon le classement de McDonald et al., 1970. L'effet répulsif des huiles essentielles des plants sur les insectes ont été confirmé par plusieurs travaux. En effet, Ndomo et al., (2009), rapportent qu'après deux heures d'exposition, les différentes doses de huiles des feuilles de *Callistemon viminalis* (de 0.031 à 0.25 µl) ont occasionné une répulsion dont le taux varie de 36.6 à 80 % vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus*. De même, Tapounjou et al., (2003) constatent que l'huile de *C. ambrosioide* avait des propriétés répulsives relativement plus élevées (PR= 89 %) que celle d'*E. soligna* (PR=71%) Nerio et al. (2009) testent l'effet répulsif de sept huiles essentielles par la méthode des choix multiples, vis-à-vis de *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Ces huiles sont extraites de plantes qui proviennent de la Colombie, les résultats montrent que six huiles essentielles ont une activité répulsive avec un effet plus marqué pour l'huile extraite de *Lippia origanoides*. Les huiles extraites d'*E. citriodora* et de *Tagetes lucida* ont manifesté également un effet répulsif à des doses qui varient entre 0.063 et 0.503 ml/cm². Les résultats obtenus par Aiboud (2011) pour le test de répulsion sur le bruche du niébé *C. maculatus* mettent en évidence un effet dose pour les sept huiles essentielles testés. Le Thym (Lamiaceae), l'origan et le basilic ont montré une activité plus marquée par rapport aux autres huiles essentielles.



Conclusion générale

Conclusion

En Algérie, les agrumes sont souvent exposées à d'importantes attaques, par l'espèce Aphidienne; *Aphis spiraecola* (puceron vert des agrumes). Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation des bio-insecticides naturels. De nombreux chercheurs se sont intéressés sur les composés biologiquement actifs isolés à partir de différentes parties de plantes.

Notre étude s'inscrit dans un cadre de recherche d'alternatives nouvelles à la lutte contre les insectes ravageurs d'agrumes, dans le but de limiter les dégâts sanitaires et écologiques résultant de l'usage abusif des insecticides chimiques.

Ce travail avait pour objectif l'étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de deux plantes aromatiques ; le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la sauge (*Salvia officinalis*), vis-à-vis du puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*).

Les résultats obtenus montrent que les deux huiles essentielles ont démontré une véritable action insecticide vis-à-vis l'espèce Aphidienne testée, en causant la mortalité de la totalité (100%) de la population mise en expérimentation au 8^{ème} jour. L'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* avec une DL50 de 0,26% était plus efficace comparé à l'huile essentielle issue des feuilles de *Salvia officinalis*, qui n'a pu mettre à l'écart 50% des adultes d'*Aphis spiraecola* qu'à la dose de 2,71%. Cette différence d'efficacité a été confirmée en tirant les conclusions du test répulsif réalisé, où il a été noté que l'huile essentielle du romarin (40%) été plus répulsif sur celui de la sauge (26,66%).

Bien que les résultats obtenus s'avèrent très prometteurs et soulèvent beaucoup d'espoir en matière de contrôle biologique de ce ravageur, mais ils ne constituent qu'une première étape dans la recherche de substances naturelles biologiquement actives dans le domaine phytosanitaire.

De ce fait, le travail réalisé devra être reconduit dans les mêmes conditions de laboratoire, pour une éventuelle confirmation des résultats, avant d'être expérimenté. «In vivo» et en plein champs, pour certifier son efficacité réelle, dans les conditions naturelles.

Il est également important d'optimiser le rendement de cet extrait, car la méthode d'extraction utilisée dans ce travail a donné des rendements insatisfaisants. Il faut penser ainsi

à assurer l'extraction avec d'autres méthodes améliorées et performantes dans le but d'obtenir une quantité suffisante afin d'être utilisé à grande échelle « in vivo ».

Enfin, il serait judicieux d'identifier avec précision les molécules responsables de cette activité insecticide ainsi qu'une étude éco-toxicologique de ce dernier, pour une éventuelle utilisation comme produit phytosanitaire.

Résumé

Les pucerons sont classés parmi les insectes ravageurs les plus désastreux des agrumes vus les dégâts colossaux et les pertes économiques considérables que les colonies de cet insecte causent. Dans l'espoir de retrouver de nouvelles alternatives biologiques aux moyens chimiques néfastes afin d'éliminer ce péril permanent, un travail initial par la réalisation de deux tests biologiques a été mené; test de mortalité et test de répulsion des huiles essentielles du romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*) sur les adultes du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*. Le test a affirmé que les huiles essentielles testés ont causé la mortalité et la répulsion des populations aphidiennes. La mortalité était en parfait accord d'une part avec la durée d'exposition aux extraits, et d'autre part avec la dose administrée. Il a été confirmé aussi que l'huile essentielles du romarin avait un effet mortel (DL50 : 0,26%) et répulsif (PR : 40%) bien plus que l'huile essentielle de la sauge (DL50 : 2,71%, PR : 26,66%).

Mots Clés : Agrumes, *Aphis spiraecola*, Lutte Biologique, Romarin (*Rosmarinus officinalis*) La Saugé (*Salvia officinalis*), Bio Insecticides.

CE

#

##

(

(

(# 9

(

Abstract

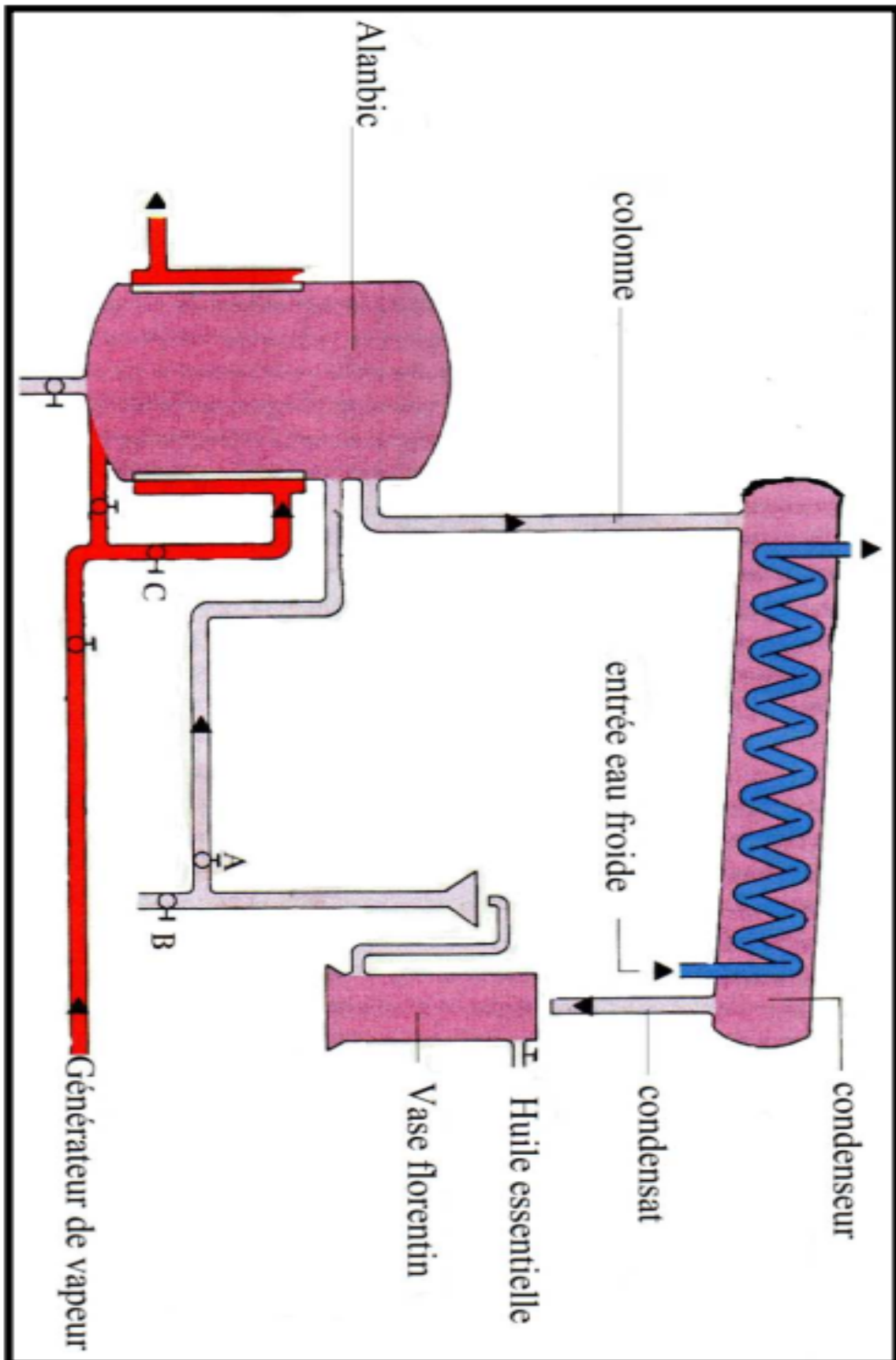
Aphids are classified today among the most disastrous insect pests of citrus seen the colossal damage and the economic losses that the colonies of this insect cause. In the hope of finding new biological alternatives to the harmful chemical means in order to eliminate this permanent peril, an initial experimentation of two biological tests was conducted; mortality and repulsion test of methanoid extracts of rosemary (*rosmarinus officinalis*) and sage (*Salvia officinalis*) on adults of the green citrus aphid *Aphis spiraecola*. The test asserted that the extracts tested caused the mortality and repulsion of the aphidien populations. The mortality was in perfect increase on the one hand with the duration of exposure to the biocides, and on the other hand with the dose administered. It was also confirmed that rosemary extract had a lethal effect (LD50: 0.26%) and repellent (PR: 40%) much more than the extract of sage (LD50: 2.71%, PR: 26.66%). Thus, the methanolic extract of can annihilate 50% of *Aphis spiraecola* in a dose of 0.26% after five days of exposure to the pesticide only.

Keywords: Citrus, *Aphis spiraecola*, Biological control, Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Sage (*Salvia officinalis*), Bio Insecticides.



Annexe

Annexe. II. - Machine d'extraction par entrainement à la vapeur.



Annexe. II. - Mortalité non cumulée d'*Aphis spericoela* traité par l'huile essentielle du romarin (Original, 2019).

J \ C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	5	2	1	2	4	10	1	0
1	5	2	1	3	2	9	3	0
0,1	4	3	1	3	2	10	1	1
0,01	4	2	1	4	2	9	1	2
0,001	3	3	0	4	3	6	2	4
T⁻	0	0	0	0	1	0	0	0
T⁺	0	0	1	0	0	0	0	0

Annexe. III. - Mortalité non cumulée d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle du la sauge (Original, 2019).

J \ C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	4	3	1	1	3	2	11	0
1	3	3	2	1	2	1	12	1
0,1	2	3	2	2	2	1	11	2
0,01	1	4	1	2	2	2	10	3
0,001	2	3	1	2	4	0	11	2
T⁻	0	0	0	0	1	0	0	0
T⁺	0	0	0	1	0	0	0	0

Annexe. IV - Mortalité cumulée d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle du romarin (Original, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	5	7	8	10	14	24	25	25
1	5	7	8	11	13	22	25	25
0,1	4	7	8	11	13	23	24	25
0,01	4	6	7	11	13	22	23	25
0,001	3	6	6	10	13	19	21	25
T⁻	0	0	0	0	1	1	1	1
T⁺	0	0	1	1	1	1	1	1

Annexe. V - Taux de mortalité cumulée d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle du romarin (Original, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	20	28	32	40	56	96	100	100
1	20	28	32	44	52	88	100	100
0,1	16	28	32	44	52	92	96	100
0,01	16	24	28	44	52	88	92	100
0,001	12	24	24	40	52	76	84	100
T⁻	0	0	0	0	4	4	4	4
T⁺	0	0	0	4	4	4	4	4

Annexe. VI - Mortalité Cumulée d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle de la sauge (Original, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	4	7	8	9	12	14	25	25
1	3	6	8	9	11	12	24	25
0,1	2	5	7	9	11	12	23	25
0,01	1	5	6	8	10	12	22	25
0,001	2	5	6	8	12	12	23	25
T⁻	0	0	0	0	0	0	1	1
T⁺	0	0	0	0	1	1	1	1

Annexe. VII - Taux de mortalité (%) d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle de sauge (Originale, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	16	28	32	36	48	56	100	100
1	12	24	32	36	44	48	96	100
0,1	8	20	28	36	44	48	92	100
0,01	4	20	24	32	40	48	88	100
0,001	8	20	24	32	48	48	92	100
T⁻	0	0	0	0	0	0	4	4
T⁺	0	0	0	0	4	4	4	4

Annexe. VIII - Mortalité corrigé (%) d'*Aphis spiraecola* traité par l'huile essentielle du romarin (Original, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	20	28	32	40	54	96	100	100
1	20	28	32	44	50	88	100	100
0,10	16	28	32	44	50	92	96	100
0,01	16	24	28	44	50	88	92	100
0,00	12	24	24	40	50	75	83	100
T⁻	0	0	0	0	0	0	0	0
T⁺	0	0	0	4	0	0	0	0

Annexe. IX - Mortalité corrigé (%) d'*Aphis spericoela* traité par l'huile essentielle de la sauge (Original, 2019).

J C (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
10	16	28	32	36	48	56	100	100
1	12	24	32	36	44	48	96	100
0,10	8	20	28	36	44	48	92	100
0,01	4	20	24	32	40	48	88	100
0,001	8	20	24	32	48	48	92	100
T⁻	0	0	0	0	0	0	0	0
T⁺	0	0	0	0	4	4	0	0

Annexe. X. - Résultats complet du test répulsif sur *Aphis spiraecola*.

L'huile essentielle pure	N° de la boîte	Nombre d'individus par boîte	Migration d'individus après 2 H		Taux de répulsion (%) dans chaque boîte. $PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$
			Dans la partie traitée (Nt)	Dans la partie non traitée (Nc)	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	10	3	7	40
	2	10	4	6	20
	3	10	2	8	60
<i>Salvia officinalis</i>	1	10	4	6	20
	2	10	4	6	20
	3	10	3	7	40

- Abott W. S., 1925.** a method for computing effectiveness of an insecticide. Journal. Ecological Entomology,18, pp:265-267
- Agustí et al., 2014.** Agusti A. Thorax. 2014;69:857–864. ABSTRACT. Our understanding of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) has changed.
- Ahami F., Belghyti D., Elqaj M., 2007-** la phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antis parasitaires journée scientifique ressources naturelles et antibiotiques, Maroc, pp89-154.
- Alford, D.V. 2011-** Plant pests.Harper Collins, Londres, Royaume-Uni. *Harper Collins Publishers Limited*, 2011 ISBN : 0007338481,9780007338481.500p.
- Arthur F.H., 1996:** Grain protectants current status and prospects for the future .J.Stored Prod .Res .Vol.32, pp.203-293.
- Bachés B. et Bachés M. 2011.** Agrumes: comment les choisir et les cultiver facilement. éditions Ulmer - édition 2011.p 09
- Bellabas A., 2010.** Rapport de mission : étude de base sur les agrumes en Algérie. Projet GTFS /REM /070/ITA –« Programme régional de gestion intégrée des Ravageurs pour le proch-orient ».
- Bellakhdar, J. 1997** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ibis Press (Ed). Paris,764 p
- Beloued A., 2009.** Plantes médicinales d’Algérie. Office des publications universitaires, 5^{ème} édition, pp ; pp 62-56
- Beloued, a. 1998** Plantes médicinales d’Algérie. 2^{ème}Edition. Office des publications universitaires (Ed). Alger, 274p.
- Bénédicte et Bachès M., 2002 -** Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96 p.
- Benkiki, N., 2006.** Etude phytochimique des plantes médicinales algérienne. Ruta montana, Matricaria pubescens et Hyperium perjoliatum. Thèse de Doctorat, Université Al-Hadj Lakhdar Batena, p. 112
- Biche M., 2012.** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. FAO (Algérie), 36 p.
- Blackman I et Eastop L., 1984.** Puceron et insecticides : prévention et gestion des résistances. Cultures légumières, numéro hors-série : environnement, France. pp : 11-15.
- Blackman R. L. & Eastop V. F., 2007.** Taxonomic issues. In: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 1 - 29.
- Bonnemain J. -L., 2010.** Aphids as biological models and agricultural pests. Comptes Rendus Biologies 333, 461 - 463.

- Bousbia N., 2011** : Extraction des huiles essentielles riches et antioxydants à partir de production naturels et deco-produits agroalimentaires, mémoire pour obtention le grade de Docteur en Sciences des aliments, Université d'Avignon des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique
- Brault. V., Uzest. M., Monsion. B., Jacquot. E., & Blanc. S., 2010** - Aphids as transport devices for plant viruses Les pucerons, un moyen de transport des virus de plante. *C. R. Biologies* 333 : 525-531
- Brieskorn C.H.,Z.phytother .12(2) :61-69 (1991)**
- Bruneton J;2009**, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales.4ème édition, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 643p.
- Capinera, J.L.2008**.encyclopedia of entomology.p4444
- Centini F. et al., Zacchia(Rom) 60 :263-274 (1987)**
- Chfai A li; Boukil a; Bacher mo; driss i. et Guermal a, 2014**. Projet PAM : intégration de la biodiversité dans les chaines de valeurs des plantes aromatiques et médicinales méditerranéennes au Maroc. 2014
- Christelle L., 2007**-Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris.p 43-44.
- Dachler M., H. Pelzmann, Arznei- und Gewürzpflanzen, Anbau, Ernte, Aufbe-reitung, Österreichischer Agrarverlag, Klos-terneuburg 1999.**
- Dedryver C.-A. & Turpeau-Ait Ighil E., 2011**. Variété des cycles biologiques chez les pucerons des arbres fruitiers. In : Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, 7- 8 décembre 2011, Rennes.
- Dedryver. C. A., 2010** - Les pucerons: biologie, nuisibilité, résistance des plantes. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques – 14 et 15 déc. 2010 à Angers
- Djerroumi A., et Nacef M., 2004**.100 plantes médicinales d'Algérie. ED Palais du livre. PP 135-131.
- Duling E.N ;Oven J.C ; John B.G ; Rosmery F.W ; Kevin.A.M ;Yeap L.F ; Nigel B.P,** Extraction of phynolic and essential oie from dried sage (*salvia officinalis*) using ethanol woter nixture. *Food chemistry.* , 2007, 110:927-931.
- El macane W. L. D., Ahmed S. & Alattir H., 2003**. Le bananier, la vigne et les agrumes. Ed. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (Maroc), 4 p.
- Elisabeth et Julien J., 2014** - Cultiver et soigner Les fruitiers. Ed. Sang de la terre et Eyrolles, Paris, 495 p.

- El-Otmani M., 2005.** Les agrumes et le maraîchage et le froid hivernal. Ed. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (Maroc), 4 p.
- Evelyne, T.A., Maurice, H., Charles, A.D., Bernard, C. 2011-** les pucerons des grandes cultures : cycle biologique et activités de vol. Edition Quae. ISBN : 978-2-7592-1026-8
- Evelyne, T.A., Maurice, H., Yvon, R., Yve, M.1999-** les pucerons des plantes maraichères: cycle biologiques et activités de vol. ISBN:2-7380-0857-7.
- FAOstat, 2015.** <http://faostat3.fao.org>. Consulté le 16 mars 2018.
- FAOstat, 2016.** <http://faostat3.fao.org>. Consulté le 01 avril 2016.
- Fellah A. ET Mouaici N : 2015 :** Etude d'extraction et de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits de la verveine *Lippia citriodora* ; Mémoire de master ; univ. Djilail bou Naama .Khemis Miliana.
- Fellah. S et al :** extraction et étude des huiles essentielles de la *salvia officinalis*. La cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie ; J.Soc.Alger.Chim., 2006, 16(2), 193-202
- FIMAB (fédération internationale des Mouvements d'Agriculture biologique), 2004.** Manuel de formation de l'IFOAM sur l'agriculture biologique dans les pays tropicaux. FIBL, Institut de recherche de l'agriculture biologique, Frick, Suisse.
- Fournier. A., 2010 -** Assessing winter survival of the aphid pathogenic *fungus pandora neoaphidis* and implications for conservation biological control. Thèse Doctorat. Univ Eth Zurich
- Fraval A., 2006a.** Les pucerons : 1ère partie. Insectes 141 (2), 3 - 8.
- Fraval A., 2006b.** Les pucerons : 2ème partie. Insectes 142 (3), 27 - 32.
- Futrell J.M., R.L. Rietschel,** Cutis 52(5) : 288-290 (1993)
- Gildemeister E. et Hoffmann fr., 1912 :** Les huiles essentielles. 2ème Edition. Edition
- Guinouchett, 1973.** Phytosociologie, Ed. Masson, France, 227p.
- Hänsel R. et al. (Hrsg): Hagers Handbuch der pharmazeutischen praxis, Drogen, Bde 4 bis 6,** Folgebde. 2 und 3, Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York (1992-1998)
- Harmel. N., Francis. F., Haubruge. E., & Giordanengo. P., 2008 -** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons : vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. Cahiers Agricultures vol. 17, n°, 396: 395-398
- Hill, 2008.** Hill, E. J., Grzywacz, J. G., Allen, S., Blanchard, V. L., Matz-Costa, C., Shulkin, S., et al. (2008).Defining and conceptualizing workplace flexibility. Community, Work & Family, 11(2), 149 - 163.
- Hjorther A.B. et al.,** Contact Dermatitis 37(3):99-100 (1997)

Holman, J. 2009- Host plant catalog of aphids in the Palaearctic Region. Springer Science, Dordrecht, Pays-Bas.

Hulle. M., Turpeau-Ait Ighil. E., Robert. Y., & Monet. Y., 1999 – *Les pucerons des plantes maraichères*. Cycle biologique et activités de vol. Ed A.C.T.A. I.N.R.A. Paris.

Imbert E., 2009. Les agrumes. Fruits 172, 1pp.5-50

Imenes S.D.L., Bergmann F.C., Peronti A.L.B.G., Ide S., Martin J.E.R., 2002 : Aphids (Hemiptera : Aphididae) and thier parasitoids (Hymenoptera) on *Ixora spp* (Rubiaceae) in the states of Bahia and Sao Paulo, Brazil-Formal records interactions. Arq.Inst.Biol., Sao Paulo, V.(69), N°:55-64.

Jourdan H. et Mille C. 2006. Les invertébrés introduits dans l'archipel néo-calédonien : espèces envahissantes et potentiellement envahissantes. Première évaluation et recommandation pour leur gestion. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, 14 - 15 décembre 2010, Angers.

Kaygin A.T., Gorure G. et Sadei F.C. 2009. Aphid (Hemiptera : Aphididae) species determined on herbaceous and shrub plants in province in Westem Blacksera Region of Turkey. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (12), pp.2893-2897, 17 June, 2009.

Kerboua M., 2002. L'agrumiculture en Algérie. Options Méditerranéennes B 43, 21 - 26.

Kindlmann P., Jarošík V. & Dixon A. F. G., 2007. Population dynamics. In: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 311 - 329

Lacirignola, 2009. Lacirignola C., Capone R., Mediterranean Diet: Territorial Identity and Food Safety. *New Medit*, 4(8): 2-3. 2009.

Lambert L., 2005 - Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec

Larousse, 2002 - Larousse Agricole. Ed. Larousse, Paris, 767 p.

Laux H.E. et al., 1993. *Gewürzpflanzen anbauen, ernten, verwenden*, Franckh, Stuttgart 1993.

Lavoisier, Paris Vol Àet ÀÀ

Longaray Delamare, A.P., Moschen-Pistorello, I.T., Atti-Seratîni, L., Echeverrigaray, S., 2007. Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia ojas'cinalzls' L.* and *Salvia tnlola L.* cultivated in South Brazil. *Food Chemistry* 100, 2: 603-608.

Loussert R., 1989. *Technique agricoles méditerranéennes, les agrumes, l'agriculture*.

Loussert R., 1989. Les Agrumes. Tome 2 : Production. Ed. Technique et Documentation - Lavoisier (Paris), 158 p.

Maatoug H., 1990- « Nos plantes médicinales ». Lexiques cliniques des plantes médicinales.

Madi A., 2009 : caractérisation et comparaison du contenu poly phénoliques de deux plantes médicinales (thym et sauge) et la mise en évidence de leur activité biologiques-thèse Magister, Uni de Constantine pp107.

Maisonneuve et Larox, Paris, T.XXI et XXII, 665p.

Maksimovic M., DAnijela V., Maladen M., Marija E.S., Sabaheta A., et sonja S.Y., 2007- Effect of the environmental condition on essential oil profile in two dinaric *Salvia* species: *Salvia brachydon vandas* and *Salvia officinalis L.* Biochemical Systematics and Ecology. 35: 473-478.

Mc Donald L.L., Guyr H.,Speire R. D. 1970. Preliminary evaluation of new candiolate materials as toxicants, repellent and attracts against stored product insect marketing Res.p189.

Ndomo A. F., Tapondjou A. L., Tendonkeng F., Tchouanguép F. M., 2009 : Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemonviminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelidesobtectus*(Say) (Coleoptera; Bruchidae), Tropicultura J., 27 (3): 137-143.

Nerio L., Olivero- Verbel J., Stashenkoe E., 2009: Repellent activity of essential oilsfromsevenaromatic plant grown in Colombia against *Sitophilus Zeamaismotschulsky* (Coleoptera) .J StredProd. Res, 45(3) : 212-214.

Praloran J.-C., 1971. Les agrumes. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larose (Paris), 565 p.

Praloran., 1971: Les agrumes, techniques agricoles et production tropicales. Ed

Praloran., 1971-les agrumes. Ed. éditeur 8348, paris n°5, 25p

Qubbaj T., Reineke. A., & Zebitz. C. P. W., 2004- Molecular interactions between rosy apple aphids, *Dysaphis plantaginea*, and resistant and susceptible cultivars of its primary host *Malus domestica*. *University of Hohenheim, Institute of Phytomedicine, Germany.*p145: 145-152p

Rabasse, J.M., 1979. Implantation d'*Aphidius matricariae* dans les populations d'*Aphis Gossypii glower* sous serre. In [Bull. Int.N « faune et flore auxiliaire en agriculture » Paris06-7

Radulescuet V.; Silvia C.; Eliza O.J; Capillary gas chromatography, mass spectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. Journal of chromatography a 2004; 121-126.

Rahmani et Rekhis 2018 : mémoire sur l'étude de l'activité antimicrobienne de l'extrait des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis L.*) sur le méristème racinaire de l'oignon (*Allium cepa L.*) p 20

Rice K.C., Wilson R.S., J. Med. Chem. 19:1054 (1976)

Rüegg, K.,W.O. Feißt, Großmu terküche, Müller Rüschnikon V Cham 1997.

Ryckewaert P., & Fabre. F., 2001- Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraichères à la Réunion. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Ed CIRAD, Saint Pierre, La Réunion

Sardans J., rodà f. et peñuelas J., 2005: Effects of water and a nutrient pulse supply

Sauvion N., 1995 : Effet et modes d'action de deux lectines à mannose sur le puceron du pois, *Acyrtosipho pisum* (harris). Potentiel d'utilisation des lectines végétales dans une stratégie de création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons. Thèse pour obtenir le grade de docteur en Analyse et Modélisation des systèmes biologique. Institut National des sciences Appliquées de Lyon :3-19

Sekkat, A.2007-les pucerons des agrumes au Maroc. Pour une agrumiculture plus respectueuse de l'environnement. ENA 18 Décembre 2007. [Site web] <http://agrumes.e-makane.net/sekkat.pdf>.consulté le 22 janvier 2018.

Simon H., 1994 : Agriculture d'aujourd'hui sciences techniques et application. la protection des cultures. Ed. Lavoisier Londres, Tec.et DOc., NEW YORK :21-22

Sullivan D.J.2008.Aphis (Hemiptera : Aphidae), fordham university, Bronox, NY , USA.191-215

Tadeo et al., 2008. Tadeo et D.J. IGLESIAS et al. al., 2008.

Tadeo, F.R., Cercós, M., Colmenero-Flores, J.M., Iglesias, D.J., Naranjo, M.A., Ríos, G.,Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Lliso, I., Morillon, R., 2008. Molecular physiology of development and quality of citrus. Adv. Bot. Res. 47, 147–223.

Wabo–Poné, J Mpoame M Bilong Bilong C F Kerboeuf 2005 , Etude comparée in vitro de l'activité nématocidique de l'extrait éthanolique de la poudre d'écorce de *Canthium manni* (Rubiaceae) et du Mébendazole p2

Wang. Y., Ma. L., Wang. J., Ren. X., & Zhu. W., 2000 - A study on system optimum control to diseases and insect pests of summer soybean. Acta Ecologica Sinica 20 : 502-509

Xiao Y.-J., Hu M. & Tomlinson B., 2014. Effects of grapefruit juice on cortisol metabolism in healthy male Chinese subjects. Food and Chemical Toxicology 74, 85 - 90.

yahoo.com, 2011. <https://fr.answers.yahoo.com>. Consulté le 17/06/2019.

Table de matières

Dédicaces

Remerciement

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

<i>Introduction</i>	01
----------------------------------	----

Partie théorique

Chapitre. I - Données bibliographiques sur les agrumes

I. 1. - Historique origine.....	02
I. 2. - Position systématique.....	02
I. 3. - Caractéristique botanique des agrumes.....	02
I. 3. 1. - Fleur.....	03
I. 3. 2. - Fruits.....	04
I. 3. 3. - Racines.....	04
I. 3. 4. - Feuilles et rameaux.....	04
I. 4. - Cycle végétatif.....	05
I. 4. 1. - Reproduction sexuée.....	05
A- La floraison.....	05
B- La fructification.....	05
I. 4. 2. - Reproduction asexuée.....	06
I. 5. - Importance économique.....	06
I. 5. 1. - Dans le monde.....	06
I. 5. 2. - En Algérie.....	08
I. 6. - Écologie.....	09
I. 7. - Variétés d'agrumes du genre citrus.....	09
I. 7. 1. - Oranger (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	09
I. 7. 2. - Bigaradier (<i>Citrus aurantium</i> L.).....	10
I. 7. 3. - Pamplemoussier (<i>Citrus grandis</i> L.).....	10
I. 7. 4. - Pomélo (<i>Citrus paradijal</i> Macf).....	10
I. 7. 5. - Mandarinier (<i>Citrus reticulata</i> BL).....	10
I. 7. 6. - Citronnier (<i>Citrus Limon</i> L.).....	11

I. 7. 7. - Cédratier (<i>Citrus media</i> L).....	11
I. 7. 8. - Limettier (<i>Citrus aurantifolia</i>).....	11
I. 8. - Exigences.....	11
I. 9. - Maladies des agrumes.....	12
I. 9. 1. - Maladies bactériennes.....	12
I. 9. 2. - Maladies à virus ou viroses.....	12
I. 9. 3. - Maladies d'origine cryptogamique.....	12
I. 10. - Principaux ravageurs d'agrumes.....	13

Chapitre II. - Puceron vert des agrumes (Aphis spiraecola)

II. 1. - Généralités.....	15
II. 2. - Aperçu historique et position systématique.....	15
II. 3. - Position systématique.....	16
II. 4. - Morphologie.....	16
II. 5. - Biologie.....	18
II. 6. - Dégâts causés par <i>Aphis spiraecola</i>	20
II. 6. 1. - Dégâts directs.....	20
II. 6. 2. - Dégâts indirects.....	21
II. 6. 3. - Lutte.....	21
A. - Lutte préventive.....	22
B. - Lutte curative (Insecticides chimique et bio-insecticides).....	22
C. - Lutte biotechnique.....	22

Chapitre III. - Huiles essentielles et plantes aromatiques étudiées

III. 1. - Huiles essentielles.....	23
III. 1. 1. - Généralités.....	23
III. 1. 2. - Historique.....	23
III. 1. 3. - Définition.....	23
III. 1. 4. - Certification botanique.....	24
III. 1. 5. - Répartition et localisation.....	24
III. 1. 6. - Classification.....	25
III. 1. 7. - Composition chimique.....	25
III. 1. 8. - Rôle.....	26
III. 2. - Plantes aromatiques étudiées.....	26

III. 2. 1. - Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	26
III. 2. 1. 1. - Historique.....	26
III. 2. 1. 2. - Définition.....	26
III. 2. 1. 3. - Distribution géographique.....	26
III. 2. 1. 4. - Description botanique.....	27
III. 2. 1. 5. - Taxonomie.....	27
III. 2. 1. 6. - Principes actifs.....	28
III. 2. 1. 7. - Composition chimique.....	28.
III. 2. 2. - Sauge (<i>Salvia officinalis</i>).....	29
III. 2. 2. 1. - Historique.....	29
III. 2. 2. 2. - Classification.....	29
III. 2. 2. 3. - Description morphologique.....	30
III. 2. 2. 4. - Variétés.....	30
III. 2. 2. 5. - Usage thérapeutique	31
III. 2. 2. 5. 1. - Usage interne.....	31
III. 2. 2. 5. 2. - Usage externe.....	32
III. 2. 2. 6. – Production.....	32
III. 2. 2. 7. - Toxicologie.....	32
III. 2. 2. 8. - Composition chimique.....	33

Partie expérimentale

Chapitre IV. – Matériels et Méthodes

IV. 1. - Objectif de l'étude.....	34
IV. 2. - Matériels.....	34
IV. 2. 1. - Région d'étude.....	34
IV. 2. 1. 1. - Situation géographique.....	34
IV. 2. 1. 2. - Station expérimentale.....	34
IV. 2. 2. - Matériel végétal.....	35
IV. 2. 2. 1. - Plante hôte.....	35
IV. 2. 2. 2. - Plantes aromatiques.....	36
IV. 2. 2. 3. - Matériel animal.....	37
IV. 3. - Méthodes.....	37
IV. 3. 1. - Extraction.....	37
IV. 3. 2. - Détermination du taux d'humidité (H%).....	39
IV. 3. 3. - Détermination du rendement en huiles essentielle (Rdt%).....	39

IV. 3. 4. - Conduite de l'essai "in vitro".....	39
IV. 3. 5. - Tests biologiques.....	42
IV. 3. 5. 1. - Evaluation de l'activité insecticide.....	42
IV. 3. 5. 1. 1. - Correction de la mortalité cumulée.....	43
IV. 3. 5. 1. 2. - Détermination de la DL50.....	43
IV. 3. 5. 2. - Evaluation du pouvoir répulsif.....	43

Chapitre V. - Résultats et discussions

V. 1. - Résultats et interprétations.....	45
V. 1. 1. - Taux d'humidité H (%).....	46
V. 1. 2. - Rendement en huiles essentielles.....	46
V. 1. 3. - Activité insecticide.....	46
V. 1. 3. 1. - Taux de mortalité.....	46
V. 1. 3. 1. 1. – Huile essentielle du romarin.....	46
V. 1. 3. 1. 2. – Huile essentielle de la sauge.....	48
V. 1. 3. 2. - Détermination des doses létales 50%.....	50
V. 1. 3. 2. 1. - Huile essentielle du romarin.....	50
V. 1. 3. 2. 2. - Huile essentielle de la sauge.....	51
V. 1. 4. - Test répulsif.....	53
V. 1. 4. 1. - Huile essentielle du romarin.....	53
V. 1. 4. 2. - Huile essentielle de la sauge.....	54
V. 2. - Discussion.....	56
V. 2. 1. - Taux d'humidité H (%).....	56
V. 2. 2. - Rendement en huiles essentielles.....	56
V. 2. 3. - Activité insecticide.....	57
V. 2. 4. - Effet répulsif.....	58
 <i>Conclusion générale</i>	 59

Résumé

Annexe

Références bibliographiques