

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid
Ibn Badis Mostaganem
Faculté des sciences de
la Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة
والحياة

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
Mémoire de fin d'études

Présentés par

BENABDELHADI Amina et ELANDALOUSSI Henni

Pour l'Obtention du Diplôme de
MASTER EN BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION DES PLANTES

Thème

*Etude de l'activité insecticide de l'huile
essentielle de Myrtus communis vis-à-vis
d'Aphis spiraecola (puceron vert des
agrumes)*

Soutenu publiquement le 07/07/2021

Devant le Jury :

Présidente :	Mme BOUALEM Malika	MAA	Mostaganem
Examinatrice :	Mme SAYAH Farida	MCB	Mostaganem
Promotrice :	Mme BERGHEUL Saida	MCB	Mostaganem
Co-promotrice :	Mlle HAFFARI Faouzia	Doctorante	Mostaganem

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

*Nous souhaitons adresser nos vifs remerciements à :
notre créateur (ALLAH) pour nous avoir donné de la force à
Accomplir ce travail.*

Notre gratitude pour notre encadreur, madame BERGFEL Saida et HAFFARI Fouzia

*Pour ces
précieux conseils, sa disponibilité, la confiance qu'elle nous a
toujours
témoigné et la sollicitude dont elle nous a entouré, et ce tout au long de
l'élaboration du présent travail.*

*Nous remercions vivement les membres du jury d'avoir accepté
d'examiner ce mémoire.*

*Nous adressons aussi notre sincère reconnaissance à nos amis pour
l'aide et les conseils qu'ils nous ont apportés.*

*Enfin, nous adressons une pensée particulièrement affective à nos
amis qui ont
rendu agréable nos longues années d'études*

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

A nos chers Parents,

*Pour tous vos sacrifices pour nous, nul mot ne saura exprimer nos amours
envers vous. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie, car
nous ne pourrions jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué par
lesquels*

ils nous ont toujours entouré depuis nos enfances.

A nos sœurs douces et nos chers frères

Que Dieu vous garde, nous vous aimons et nous vous souhaitons une vie

pleine de

succès et de réussite.

A nos oncles et à nos tantes

A tous les familles BENABDELHADI ; ELANDALOUSSI

À tous mes cher(e)s ami(e)s

Résumé

Les pucerons sont considérés actuellement parmi les ravageurs les plus nuisibles en agriculture, *Aphis spiraecola* est l'un des pucerons les plus abondants, spécialement sur les agrumes.

Afin de lutter contre ce ravageur, plusieurs méthodes dites biologique s'appuient sur une stratégie de défense écologique et durable, viennent corriger certaines lacunes que rencontrent les autres méthodes de lutte, toute en maintenant un équilibre naturel.

Les huiles essentielles et ces constituants majeurs, sont des composés aromatiques naturels qui se caractérisent par un large spectre d'activités biologiques.

Dans le cadre de la valorisation de la flore spontanée poussant en Algérie, nous avons mené ce travail qui consiste à évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Myrtus communis* sur *Aphis spiraecola* (puceron vert des agrumes)

Pour répondre à cet objectif, une extraction de l'huile essentielle par entraînement à la vapeur des feuilles de myrte a été réalisée. Afin d'évaluer sa toxicité sur l'insecte étudié, trois tests ont été réalisés : inhalation, contact et ingestion.

Les résultats obtenus montrent un effet insecticide remarquables de l'huile essentielle de myrte sur les pucerons .Un maximum de mortalité a été enregistrée à partir de la première heure de traitement et ceci pour tous les tests effectués comparativement aux lots témoins, avec une DL₅₀ estimée à 0.017µl/ml

Mots clés : *Aphis spiraecola*, *Myrtus communis*, DL₅₀, Huile essentielle, tests insecticides.

Abstract

Aphids are currently considered among the most harmful pests in agriculture, *Aphis spiraecola* is one of the most abundant aphids, especially on citrus fruits.

In order to combat this pest, several so-called biological methods are based on an ecological and sustainable defense strategy, correcting certain shortcomings encountered by other control methods, while maintaining a natural balance.

Essential oils and these major constituents are natural aromatic compounds which are characterized by a wide spectrum of biological activities.

As part of the enhancement of the spontaneous flora growing in Algeria, we carried out this work which consists in evaluating the insecticidal activity of the essential oil of *Myrtus communis* on *Aphis spiraecola* (green citrus aphid).

To meet this objective, an essential oil extraction by steam entrainment of the myrtle leaves was carried out. In order to assess its toxicity on aphids, three tests were performed : inhalation, contact and ingestion.

The results obtained show a remarkable insecticidal effect of the essential oil of myrtle on aphids. A maximum of mortality was recorded from the first hour of treatment and this for all the tests carried out compared to the control batches, with an LD₅₀ estimated at 0.017µl/ml

Keys words : *Aphis spiraecola*, *Myrtus communis*, LD₅₀, Essential oil, insecticide tests.

ملخص

تعتبر حشرات المن حاليًا من أكثر الآفات ضررًا في الزراعة، وهي واحدة من أكثر حشرات المن وفرة، خاصةً على ثمار الحمضيات.

من أجل مكافحة هذه الآفة، تعتمد العديد من الأساليب البيولوجية المزعومة على استراتيجية دفاع بيئية ومستدامة، وتصحيح بعض أوجه القصور التي تواجهها طرق المكافحة الأخرى، مع الحفاظ على التوازن الطبيعي.

الزيوت الأساسية وهذه المكونات الرئيسية هي مركبات عطرية طبيعية تتميز بمجموعة واسعة من الأنشطة البيولوجية.

كجزء من تقييم النباتات العفوية التي تنمو في الجزائر، قمنا بهذا العمل الذي يتمثل في تقييم النشاط المبيد للحشرات (من الحمضيات الخضراء) *Aphis spiraecola* على *Myrtus communis* للزيت العطري من نبات

لتحقيق هذا الهدف، تم إجراء استخراج الزيت العطري لأوراق الآس بالبخار. من أجل تقييم سميته على حشرات المن، تم إجراء ثلاثة اختبارات: الاستنشاق والتلامس والابتلاع.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها تأثير مبيد حشري للزيت العطري للآس على حشرات المن. تم تسجيل حد أقصى للوفاة $DL_{50} = 0.017 \mu\text{l/ml}$ من الساعة الأولى من العلاج وهذا لجميع الاختبارات التي أجريت مقارنة بدفعات التحكم، مع تقدير

الكلمات المفتاحية

Aphis spiraecola، *Myrtus communis*، DL_{50} ، الزيوت الأساسية، اختبارات المبيدات الحشرية.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Liste des planches	iii
Introduction Générale	1
Partie théorique	1
Chapitre I : Généralités sur les agrumes	
I.1. Historique et origine	2
I.2. Production des agrumes Dans le monde.....	2
I.3. En Algérie :.....	3
I.4. Au niveau de la wilaya de Mostaganem.....	5
I.5. Position systématique	5
I.6. Caractéristique botanique des agrumes	6
I.6.1. Fleurs.....	6
I.6.2. Fruits	7
I.6.3. Racines	8
I.6.4. Feuilles et les rameaux	8
I.7. Ecologie	8
I.8. Quelques variétés du patrimoine agrumicole algérien	9
I.8.1. Variétés cultivées d'Oranger.....	10
I.8.2. Variétés cultivées de Mandarinier.....	10
I.8.3. Variétés cultivées de Bigaradier (<i>Citrus aurantium</i>)	11
I.8.4. Variétés cultivées de Cédratier (<i>Citrus medica</i>)	12
I.8.5. Variétés cultivées de Lime	12
I.9. Cycle de développement des agrumes.....	13
I.9.1. Croissance végétative.....	13
I.9.2. Première poussée de sève (poussée de printemps)	13
I.9.3. Deuxième poussée de sève (poussée d'été)	13
I.9.4. Troisième poussée de sève (poussée d'automne)	14
I.10. Problèmes phytosanitaires des agrumes	14
Chapitre II : Présentation de l'insecte «Aphis spiraecola »	
II.1. Historique	16
II.2. Généralités sur les pucerons	16

Table des matières

II.3.	Systématique d' <i>Aphis spiraecola</i>	17
II.4.	Morphologie	18
II.5.	Biologie d' <i>Aphis spiraecola</i>	19
II.5.1.	Cycle biologique	19
II.6.	Dégâts causés par <i>Aphis spiraecola</i>	21
II.6.1.	Dégâts directs	21
II.6.2.	Dégâts indirects	22
II.7.	Moyens de lutte	22
II.7.1.	Lutte biologique	22
II.7.2.	Lutte curative (Insecticides chimique et bio-insecticides).....	24
II.7.3.	Lutte préventive	24
II.7.4.	Lutte biologique par l'utilisation des extraits des plantes.....	24

Chapitre III : *Myrtus communis*

III.1.	Généralités sur le genre <i>Myrtus</i>	26
III.2.	Distrubution du genre « <i>Myrtus</i> » dans le monde.....	26
III.3.	Systématique.....	27
III.4.	Description botanique de la plante	27
III.5.	Compositions chimiques de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> L	30
III.6.	Utilisation thérapeutique.....	31
III.7.	Activités biologiques et insecticides de l'huile essentielle de <i>M. communis</i>	31

Partie expérimentale	33
-----------------------------------	-----------

Chapitre I Matériel et méthodes

I.1.	Objectif du travail.....	33
I.2.	Présentation du lieu de travail	33
I.3.	Station expérimentale	33
I.4.	Matériel.....	35
I.4.1.	Matériel biologique	35
I.4.1.1.	Matériel végétale	35
I.4.1.2.	Matériel animal	35
I.5.	Extraction par d'entrainement à la vapeur.....	36
I.6.	Principe	36
I.7.	Mode opératoire.....	38

Table des matières

I.8.	Récupération, conditionnement et conservation d'huile essentielle.....	39
I.9.	Calcul du rendement.....	39
I.10.	Activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i>	39
I.11.	Tests biologiques	39
I.11.1.	Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i> par contact.....	40
I.11.2.	Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i>	41
I.11.3.	Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i> par fumigation.....	43
I.12.	Méthodes d'analyse des données.....	44
I.13.	Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott.....	44
I.14.	Détermination de la DL_{50}	44
I.15.	Analyse statistique des données (ANOVA)	44
Chapitre II : Discusion et résultat		
II.1.	Le rendement de l'huile essentielle de la plantes étudiée.....	45
II.2.	Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i> contact	46
II.3.	Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i>	47
II.4.	Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i> par fumigation ..	49
II.5.	Effet de l'insecticide	51
II.6.	Determination de la DL_{50}	51
II.7.	Les analyses statistiques	52
II.8.	Discussion générale	53
Conclusion générale		54

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique de la production mondiale d'agrumes (moyenne sur la période 2009-2010) (Anonyme, 2010).	3
Figure 2 : Fleurs des agrumes (Originale, 2021).	7
Figure 3 : Fruits des agrumes (Originale ,2021).	7
Figure 4 : Feuilles et rameaux des agrumes (Originale ,2021).	8
Figure 5 : Fruits d'orange de la variété Thomson (<i>citrus sinensis thomson L</i>)(Original ,2021).	10
Figure 6 : Fruit d'orange Mandarinier de la variété (<i>Citrus reticulata</i>) (Original ,2021).	11
Figure 7 : Fruit d'orange de la variété Bigaradier (<i>Citrus aurantium</i>) (Boutique végétale ,2016).	11
Figure 8 : Cédratier (<i>Citrus medica</i>) (Original ,2021).	12
Figure 9 : Lime (<i>Citrus × aurantiifolia</i>) (Léa Zubiria ,2020).	13
Figure 10 : Feuille d'agrumes infestée par l'insecte <i>A. spiraecola</i> (puceron vert des agrumes) (Benzait et Baghdad, 2017).	17
Figure 11 : Morphologie d'un puceron ailé (Cottier, 1953)	18
Figure 12 : Deux formes d' <i>Aphis speraecola</i> Aptère et Ailé (Evelyne ,2015).	19
Figure 13 : : Cycle et morphes chez les aphididae	20
Figure 14: Aire de distribution du genre <i>Myrtus communis</i> (Migliore et al.,2012).	26
Figure 15 : Localisation géographique de la station de collecte des Pucerons (Googleearth.com) (Consultation : juin 2021).	34
Figure 16 : Feuilles séchées de <i>Myrtus communis</i> (Original , 2021).	35
Figure 17 : Dispositif de la distillation à la vapeur d'eau (Original, 2021)	37
Figure 18 : Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> (Original, 2021).	41
Figure 19 : Dispositif expérimentale du test répulsif de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> (Original, 2021).	42
Figure 20 : Dispositif expérimentale du test répulsif de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> (Original, 2021).	43
Figure 21 : Huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> (Original,2021).	46
Figure 22 : Evaluation de la mortalité d' <i>Aphis spiraecola</i> vis-à-vis l'HE de <i>M. communis</i> (Original, 2021)	47
Figure 23 : Mortalité corrigée du puceron vert (<i>Aphis spiraecola</i>) par répulsivité d'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> (Original,2021).	48
Figure 24 : Résultat observé du test répulsif (Original, 2021)	48
Figure 25 : Evaluation de la de la mortalité du puceron vert (<i>Aphis spiraecola</i>) par fumigation	50
Figure 26 : Résultat observé du test de fumigation (Original,2021)	50
Figure 27 : Résultat du teste positif ACEPLAN 20 (Original, 2021).	51
Figure 28 : Détermination de la DL ₅₀ de l'huile essentielle de <i>Myrus communis</i> vis-a-vis l' <i>Aphis spiraecola</i>	52

Liste des tableaux

Table 1 : Le rendement des principaux agrumes dans les principaux producteurs dans le monde en 2019 (FAOSTAT, 2021).	3
Table 2 : Rendement/Production des agrumes en Algérie 2019 (FAOSTAT,2021).....	4
Table 3 : Production d'agrumes dans la wilaya de Mostaganem (DSA, 2018).	5
Table 4 : Classification des agrumes.	6
Table 5 : Les principaux variétés d'agrumes en Algérie (Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et Vigne, 2013).	9
Table 6 : Les principaux ravageurs des agrumes (Biche, 2012).	15
Table 7 : La classification d' <i>Aphis spiraecola</i>	17
Table 8 Les caractéristiques morphologiques des pucerons (Evelynes et <i>al.</i> , 1999)	19
Table 9 : Les ennemis naturels des pucerons des agrumes.....	23
Table 10 : Classification botanique de <i>Myrtus communis</i> (Grêté, 1965)	27
Table 11 : Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de <i>M.communis</i>	47
Table 12 : Rendement en huiles essentielles obtenus des deux plantes aromatiques (Originale, 2021).	61
Table 13 : Taux de contact (%) (ANOVA).	61
Table 14 : Taux de répulsivité (%) (ANOVA).	61
Table 15 : Taux de fumigation (%) (ANOVA).	62
Table 16 : Mortalité enregistrée des pucerons par test de contact.	62
Table 17 : Mortalité enregistrée des pucerons par répulsivité	63
Table 18 : Mortalité enregistrée des pucerons par fumigation	63

Liste des planches

Planche 1 : Caractéristiques botaniques de <i>Myrtus communis</i> (Migliore, 2011).	29
Planche 2 : Echantillons d' <i>Aphis spiraecola</i> utilisés lors de l'expérimentation (Originale ,2021)	36
Planche 3: Protocole d'entraînement a la vapeur (Originale,2021).....	38

Abréviations

AC : Acéton

DDT : Dichloro diphényl trichloroéthane

DL50 : Dose létal qui tue 50% des pucerons

HE : Huiles essentielles

ITAFV : Institut Technique De L'Arboriculture Fruitière

OMS :Organisation mondiale de la Santé

Introduction générale

Introduction Générale

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne. Le secteur Algérien des agrumes joue un rôle clé en termes économiques (Schimmenti *et al.*, 2013). Après avoir connu un essor grandissant, les Citrus algériens endurent, depuis quelques années, un déclin considérable de la production et de la qualité des fruits a été remarqué. Parmi les causes de ce déclin, les maladies et les ravageurs, qui tiennent une place prépondérante dans l'agriculture (Boulfekhar Ramdani, 1998).

Les pucerons sont considérés comme étant de redoutables agresseurs d'agrumes. En raison des particularités biologiques et éthologiques de ces aphides, notamment leurs potentiels biotiques extraordinaires et leurs surprenantes adaptations à l'exploitation maximale du milieu par leur polymorphisme. De nombreuses espèces sont classées comme des ennemis très redoutables des cultures, Lors de la prise alimentaire à partir de la sève des plantes, les pucerons injectent des toxines salivaires et des virus phyto-pathogènes. Leurs toxiques provoquent, entre autres, un enroulement caractéristique des feuilles et un ralentissement de la croissance des branches (Fouarge, 1990).

La protection phytosanitaire des agrumes a évolué d'une façon considérable au cours des dernières années. En effet, la lutte chimique classique a été remplacée par un système de production basée sur l'utilisation de produits naturels biologiques dans le cadre de la protection, essentiellement suite au phénomène de la résistance croissante des ravageurs aux insecticides (ben halima *et al.*, 1994).

L'utilisation de la lutte biologique semble être l'une des méthodes de lutte alternatives les plus intéressantes, en raison de ses avantages multiples sur le plan économique et écologique. Elle s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable, qui vient de corriger certaines lacunes que rencontrent les autres méthodes de lutte, toute en maintenant un équilibre naturel.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, qui vise à étudier l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Myrtus communis vis-à-vis* du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*.

Partie théorique

Chapitre I :

Généralité sur les agrumes

I.1. Historique et origine

On a longtemps pensé que les agrumes avaient leur origine dans les régions comprises entre l'Inde et les régions avoisinantes de Chine et de Birmanie, voire plus au sud, en Malaisie et dans l'Asie du Sud-est. Cependant les analyses moléculaires récentes de Bayer et *al.* (2009) suggèrent que l'évolution de Citrus s'est faite en Australasie (Australie, Nouvelle-Guinée, Mélanésie, Nouvelle-Zélande. Cependant les données historiques misent en faveur de l'existence de trois origines diversifiés (Scora, 1988) dont;

- Le Nord-est de l'Inde, les régions proches de la Birmanie et de la Chine, caractérisés par l'apparition de *C. medica*, de *C. aurantifolia*, *C. limon*, *C. aurantium* et *C. sinensis* ;
- La Malaisie et l'Indonésie sont citées comme centre d'origine de *C. grandis* ;
- Le Vietnam, le Sud de la Chine et le Japon comme la zone de diversification de *C. reticulata* (Anonyme, 1998).

I.2. Production des agrumes Dans le monde

La production des agrumes est très diversifiée avec 68 Mt d'oranges; 29 Mt des petits agrumes; 14 Mt de citrons et de limes et 5 Mt de pomelos en 2009. (Loeillet, 2010). La production mondiale des oranges est de l'ordre de 66,4 millions de tonnes en 2010 ce qui représente une hausse de 14 pour cent par rapport au volume enregistré pendant la période 1997-1999. Et de 60 millions de tonnes en 2000, dont 18 millions de tonnes produites par le Brésil à lui seul, suivi par la Floride avec 11 millions et le bassin méditerranéen avec 10 millions. (Anonyme, 2012). Cette spéculation est cultivée dans plus de 100 pays à travers le monde où la superficie consacrée à cette culture dépasse largement les 3 millions d'hectares. La plupart est cultivée dans l'Hémisphère Nord, comptant pour environ 70% de la production totale. Les principaux pays producteurs d'agrumes sont le Brésil, les pays du bassin méditerranéen, la Chine, les Etats-Unis et l'Inde (figure 1).

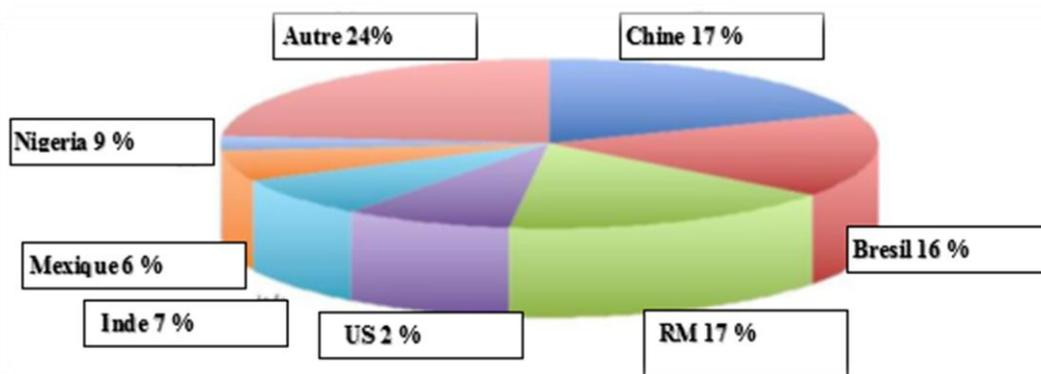


Figure 1 : Répartition géographique de la production mondiale d'agrumes (moyenne sur la période 2009-2010) (Anonyme, 2010).

Le tableau suivant explique le rendement des principaux agrumes dans les principaux producteurs dans le monde en 2019 :

Table 1 : Le rendement des principaux agrumes dans les principaux producteurs dans le monde en 2019 (FAOSTAT, 2021).

	Citrons et limes	Oranges	Pamplemousses et pomelos
Afrique du Sud	208021	428415	307757
Argentine	331027	223332	242894
Chine, continentale	2666082	185760	556076
États-Unis d'Amérique	398880	234193	254426
Thaïlande	89129	219474	166221
Turquie	236583	226329	477183
Viet Nam		142347	124327

I.3. En Algérie :

La culture des agrumes en Algérie remonte à une époque lointaine. Son développement a pris de l'ampleur à partir du XIV^{ème} siècle avec l'arrivée des musulmans d'Andalousie. Durant les années soixante l'Algérie exportait, en moyenne 25% de sa production. La période 1970/80 a connu la réorientation de la production destinée à l'exportation vers la satisfaction de la demande du marché intérieur. De la fin des années 80 jusqu'à 1999 l'agrumiculture a connu une régression dont les effets

sont : un arrêt de développement, une érosion du savoir faire due à un délaissement des vergers (ITAFV, 2013).

Les agrumes couvre une superficie de 63 296 ha, soit environ 6,8% de la superficie totale occupée par l'arboriculture fruitière. Les orangers seuls occupent 46 310 ha dont 19 300 ha de Thomson Navel soit 33% et 11.700 ha de Washington Navel soit 20%.

La production totale en agrumes pour l'année 2007 a atteint 689 467 tonnes dont 539 000 tonnes d'oranges, 100 000 tonnes en clémentines plus mandarine et 50 000 tonnes pour le citron et le pomelo. Les grandes zones de production par ordre d'importance sont la plaine de la Mitidja 44%, Habra Mascara 25%, le périmètre Bounamoussa et la plaine de Saf Saf Skikda 16% (Biche, 2012).

Table 2 : Rendement/Production des agrumes en Algerie 2019 (FAOSTAT,2021)

Zone	Produit	Année	Element	Unité	Valeure
Algerie	Citrons et limes	2019	Superficie récoltée	ha	3994
			Rendement	hg/ha	217867
			Production	tonnes	87016
	Oranges	2019	Superficie récoltée	ha	46071
			Rendement	hg/ha	260367
			Production	tonnes	1199535
	Pamplemousses et pomelos	2019	Superficie récoltée	ha	73
			Rendement	hg/ha	231644
			Production	tonnes	1691

I.4. Au niveau de la wilaya de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem occupe une place très importante dans la production des agrumes en Algérie. D'après les données de la direction des services agricoles de la wilaya de Mostaganem (DSA, 2018). La production totale d'agrumiculture dans la wilaya durant la campagne 2017/2018 a été de 1294860 qx avec une superficie totale de 5001 ha

Table 3 : Production d'agrumes dans la wilaya de Mostaganem (DSA, 2018).

Production		SUP TOT (ha)	Nbre d'arbre totale	SUP récoltée (ha)	Production récoltée (qx)	Rdt (qx/ha)
Orange	<i>Thomson N</i>	1446.5	433950	1219.5	345340	283
	<i>Washington Navel</i>	1775.5	532650	1495	435383	291
	<i>Double fine</i>	210	63000	210	63930	304
	<i>Double Fine améliorée</i>	350	105000	350	100300	287
	<i>Sanguine</i>	271	81300	270	88965	330
Petits fruit	<i>Clémentine</i>	680.5	204150	670.5	187372	279
	<i>Mandarine</i>	16.5	4950	16.5	4710	285
Citron	<i>Citron</i>	251.0	75300	249	68860	277
Totale	Totale	5001	1500300	4480.5	1294860	289

I.5. Position systématique

Sous le nom d'agrumes trois genres sont regroupés *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*. Ces genres appartiennent de la famille des « *Rutaceae* »

Le genre *Citrus* est celui qui renferme le plus d'espèces et de variétés d'agrumes commercialisées (Praloran, 1971).

Selon Emilien et Jocelyne (1975) la systématique des *Citrus* est très difficile à cause des croisements inter génétiques et interspécifiques qui s'opposent facilement entre eux. Il existe deux systèmes principaux de classification pour le genre *Citrus* :

Celui de Swingle qui ne comprend que 16 espèces et celui de Tanaka beaucoup plus précis avec 156 espèces. D'après Swingle in Praloran(1971). La taxonomie des agrumes est la suivante :

Ce tableau explique la classification des agrumes.

Table 4 : Classification des agrumes.

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta (ou Angiospermes)
Classe	Magnoliopsida (ou Dicotylédones)
Ordre	Sapindales
Famille	Rutaceae
Genre	<i>Poncirus, Fortunella et Citrus</i>

I.6. Caractéristique botanique des agrumes

Selon Praloran (1971) les agrumes sont de petits arbres, ou des arbustes, atteignant de 5 à 15 m de hauteur, assez souvent épineux et à feuillage dense, persistant à l'exception de quelques variétés hybrides dont les feuilles sont caduques ou semi-persistantes. D'un vert généralement très foncé, les jeunes plants et les jeunes pousses étant d'un vert nettement plus clair. Le fruit est formé de segments contenant les graines. Les segments sont entourés d'un endocarpe blanc à l'extérieur duquel, et une écorce à très nombreuses glandes à essence, devenant jaune ou orange à maturité. La distinction des espèces entre elles s'effectue à partir des caractères notés dans la clef dichotomique de Swingle. Elotmani (2005) mentionne que les agrumes sont généralement classés parmi les espèces végétales pérennes moyennement sensibles au froid.

Benedicte et Bache(2011) ont donné la description suivante :

I.6.1. Fleurs

Sont généralement de couleur blanche de 4 à 5 pétales imbriqués souvent recourbés vers l'arrière, souvent très odorantes, selon les espèces, la floraison en grappe ou en fleur isolée est très abondante, la pollinisation est assurée par les insectes.



Figure 2 : Fleurs des agrumes (Originale, 2021).

I.6.2. 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 mûr. 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 ou de forme plus que bizarre de *Cédrat Digitata*. L'écorce varie aussi de très fine mandarine au cédrat très épais. Les graines sont selon les variétés inexistantes ou très nombreuses.



Figure 3 : Fruits des agrumes (Originale, 2021).

I.6.3. Racines

A 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.

I.6.4. Feuilles et les rameaux

En général, les agrumes se ramifient facilement et naturellement, et possèdent une frondaison dense. 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). Le *Poncirus* a une feuille trifoliée et caduque. Les genres *Citrus* et *Fortenulla* ont une feuille entière et persistante.



Figure 4 : Feuilles et rameaux des agrumes (Originale ,2021).

I.7. Ecologie

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 (Anonyme, 2006).

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), bien drainés. Les agrumes redoutent les eaux salines (au-dessus de 0,5%). Le pH idéal est situé entre 5,5 et 7,5 (Walali Loudyi et *al*, 2003 ; Van Ee, 2005). 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, 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. Loussert (1989) signale qu'au-dessous de 800 m, les fruits manquent de saveur. La peau des oranges reste verte, les cloisons deviennent plus épaisses.

I.8. Quelques variétés du patrimoine agrumicole algérien

Ce tableau présente Les principaux variétés d'agrumes en Algérie :

Table 5 : Les principaux variétés d'agrumes en Algérie (Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et Vigne, 2013).

	Orangers	Clémentiniers	Mandarini ers	Citronniers	Pomélos et Pamplemoussier	Limetiers et Cédratiers
Les variétés	-Washington. Navel -W.bernar d -Thomson navel -Hamlin -Portugaise -Maltaise -Double fine -Shamouti (jaffa) -Cadénéra -Sanguine -Sanguinilli - Salustiana -Valancia -Late	Nova Clémentine 2749 (Sans pépins) Montréal	-Satsuma -Mandarine - commune -Mandarine de Blida -Willking Mandarine ortanique	-Eureka4 -Feminello -Lisbonne -Santa -Tereza - Villafranca	-Marsh-seedless -Pamplemousse à chaire rose - Pamplemousse rose	-Lime -Tahiti -Lime -Mexicaine -Cédratier de Corse -Cédratier -Etrog

I.8.1. Variétés cultivées d'Oranger

D'après Rebour (1966) les variétés cultivées d'oranger sont au nombre de 6. Le groupe du navel qui est représenté par Thomson navel et Washington navel, le groupe des blondes sans pépins (pulpe blonde) représenté par différentes variétés comme : *Hamlin*, *Cadenera*, *Salustiana*, *Shamouti* et Maltaise blonde. Un troisième groupe est celui des sanguines sans pépins comme les variétés Portugaise, double-fine et double-fine améliorée. Le groupe des tardives est représenté surtout par *Valencia late* et Verna. Pour ce qui est du groupe des communes ont de nombreux pépins et leur qualité varie d'un arbre à l'autre. Enfin le groupe des douces qui sont l'Orange douce, Orange lime, Meski, Doucera et Impérial.



Figure 5 : Fruits d'orange de la variété Thomson (*Citrus sinensis thomson L*) (Original, 2021).

I.8.2. Variétés cultivées de Mandarinier

Loussert (1989) signale que les Mandariniers constituent un ensemble d'espèces que l'on peut différencier comme par exemple les Mandariniers Satsuma (*Citrus unshiu*), les Mandariniers communs (*Citrus deliciosa*), les Clémentiniers (*Citrus clementina*) et les autres Mandariniers (*Citrus reticulata*).



Figure 6 : Fruit d'orange Mandarinier de la variété (*Citrus reticulata*) (Original ,2021).

I.8.3. Variétés cultivées de Bigaradier (*Citrus aurantium*)

Selon Esclapon (1975), le Bigaradier avec ses divers clones est cultivé surtout pour les fleurs, les fruits, les feuilles et les brouts de taille, qui assurent la production (après distillation) de l'eau de fleur d'oranger, de confitures (avec les fruits mûrs) et de vins apéritifs avec les fruits verts. C'est un excellent porte-greffe, car il est résistant à la Gommose et accepte les sols calcaires.



Figure 7 : Fruit d'orange de la variété Bigaradier (*Citrus aurantium*) (Boutique végétale ,2016).

I.8.4. Variétés cultivées de Cédratier (*Citrus medica*)

Esclapon (1975) rapporte que les Cédratiers autrefois étaient très cultivés, puis abandonné, semble à la faveur de conditions économiques favorables. Ce fruit intéresse les producteurs de fruits confits et accessoirement ceux de la liqueur « Cédratine ». Des essais de greffage réalisés avec des greffons sélectionnés, sur le *Citrus volkameriana*, comme pour le citronnier, donnent des sujets résistants à la gommoses est productifs.



Figure 8 : Cédratier (*Citrus medica*) (Original ,2021).

I.8.5. Variétés cultivées de Lime

Selon Esclapon (1975), ils ont la taille d'un petit citron, se récolte principalement entre la fin septembre et la fin décembre lorsque sa peau est encore verte.



Figure 9 : Lime (*Citrus × aurantiifolia*) (Léa Zubiria ,2020).

I.9. Cycle de développement des agrumes

I.9.1. Croissance végétative

Les Citrus dites arbres à feuillage persistants sauf pour *Poncirus trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007), Ils sont caractérisés par une émission régulière de feuillages durant l'année. Représentée par l'apparition des jeunes ramifications (rameau) dites poussées de sève au cours de trois périodes distinctes de l'année :

I.9.2. Première poussée de sève (poussé de printemps)

De fin Février jusqu'au début Mai : les ramifications s'allongent et développent des jeunes feuilles de coloration vert-claire, sur ces nouvelles pousses apparaissent en Avril et Mai les organes fructifères. Cette poussée est la plus importante du point de vue masse végétative développée (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

I.9.3. Deuxième poussée de sève (poussée d'été)

De juillet à Aout : se développent de nouvelles pousses qui sont en général moins importantes que celles de printemps et d'automne (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

I.9.4. Troisième poussée de sève (poussée d'automne)

De Septembre à Novembre : elle assure le renouvellement du feuillage. Ces trois poussées sont le résultat de trois flux de sève qui commandent le développement végétative de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

I.10. Problèmes phytosanitaires des agrumes

Les agrumes souffrent de différentes maladies et ravageurs qui peuvent affecter considérablement la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres .Les principales maladies sont le chancre des agrumes, la psorose écailleuse, la gommose, le pourridié et la fumagine .Les planteurs doivent apporter un soin particulier au cours de la croissance et de la récolte des fruits. Les arbres et les fruits sont également sensibles à différents types d'insectes dont le plus important est le puceron vert des agrumes « *Aphis spiraecola* » et la mineuse des feuilles des agrumes « *phyllocnistis citrella* » (Elisabeth et Julien, 2014).

Table 6 : Les principaux ravageurs des agrumes (Biche, 2012).

Ravageurs	Nom		Dégâts
	Scientifique	Commun	
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Pou de Californie</i>	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	<i>La cochenille moule</i>	Développement de la fumagine, chute des feuilles et déperissement des fruits
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	<i>La cochenille virgule</i>	
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	<i>Pou rouge de Californie</i>	
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	<i>Pou noir de l'oranger</i>	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	<i>Cochenille blanche</i>	
	<i>Saissetia oleae</i>	<i>Cochenille H</i>	
	<i>Icerya purchasi</i>	<i>La cochenille australienne</i>	
	<i>Coccus hesperidum</i>	<i>Cochenille plate</i>	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	<i>Cochenille chinoise</i>	
	<i>Pseudococcus citri</i>	<i>La cochenille farineuse</i>	
	<i>Aphis spiraecola</i>	<i>Puceron vert des citrus</i>	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles.
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier	Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres
Nématode	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	<i>Nématode des agrumes</i>	Croissance ralentie des arbres ; Pas de symptômes spécifiques de cette espèce
Acariens	<i>Hemitarsonemus latus</i>	<i>Acarien ravisseur</i>	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons

Chapitre II :

Présentation de l'insecte «*Aphis spiraecola* »

II.1. Historique

Appelé encore *Aphis citricola* Van der Goot, le puceron de la spirée ou encore, puceron vert de l'oranger. Originellement appelé *Aphis spiraecola* Patch, il a été rebaptisé *Aphis citricola* en 1975. Originaire des Etats-Unis, Introduit dans le bassin méditerranéen vers 1960, ce puceron, habituellement hôte des agrumes et des spirées, mais peut également coloniser les arbres fruitiers. Il est de forme ovale, globuleuse, de couleur verte et à cornicules brunes. Il ressemble fort à *Aphis pomi* avec lequel il peut être confondu (Anonymes, 1999). Saharaoui et *al.* (2009) ont mentionné que ce puceron est très dommageable aux agrumes en Algérie.

II.2. Généralités sur les pucerons

Les pucerons sont de petits insectes d'environ 2 à 4 mm de taille, à téguments mous et corps ovale peu aplati (Fraval, 2006) qui sont apparus il y a environ 280 millions d'années (Harper, 2006), Ils forment des colonies grégaires de dizaines, voire de centaines d'insectes si serrés les uns contre les autres qu'on discerne seulement leurs arrière-trains. Ils présentent différentes formes avec ou sans ailes et selon l'espèce à laquelle ils appartiennent, peuvent être verts, jaunes, bleutés, rouges, bruns, gris, noirs ou blancs (Anonyme, 2009).

Ces phytoparasites sont considérés comme l'un des groupes les plus nocifs aux plantes et comme une source perpétuelle de frustration pour les agriculteurs et les jardiniers (Powell et *al.*, 2006), et comptent actuellement d'environ 4 000 espèces (Dedryver et *al.*, 2010).

Ce sont des insectes de type piqueur-suceur : ils insèrent leur « stylet » dans la plante hôte en s'alimentant de sa sève élaborée. Les dégâts provoqués par ces organismes résultent de ce mode d'alimentation, ils sont des vecteurs de phytovirus (Alford, 2011).



Figure 10 : Feuille d'agrumes infestée par l'insecte *A. spiraecola* (puceron vert des agrumes) (Benzait et Baghdad, 2017).

II.3. Systématique d'*Aphis spiraecola*

D'après Iluz (2011), les pucerons sont classés comme suit :

Table 7 : La classification d'*Aphis spiraecola*.

Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Ordre	Hemiptera
Famille	Aphididae
Genre	<i>Aphis</i>
Espèce	<i>Aphis spiraecola</i> Patch

II.4. Morphologie

Aphis spiraecola mesure de 1,2 à 2,2 mm de long, sa coloration varie du jaune verdâtre au vert pomme (Lykouressis, 1990 ; Ellenreider, 2003). Selon (Evelyne et al. 2011), l'identification de l'espèce repose essentiellement sur des critères morphologiques des adultes ailés dont les principaux sont présentés dans la figure 11.

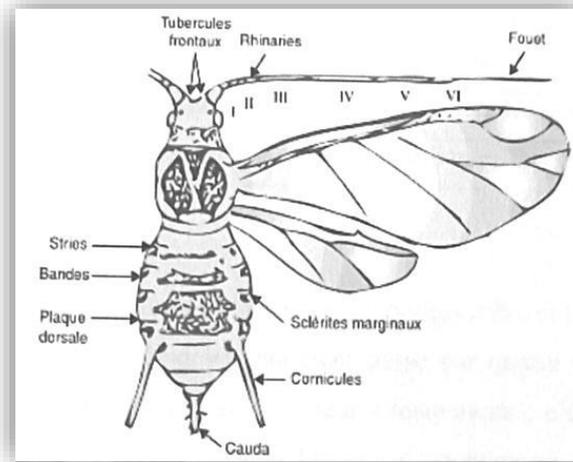


Figure 11 : Morphologie d'un puceron ailé (Cottier, 1953)

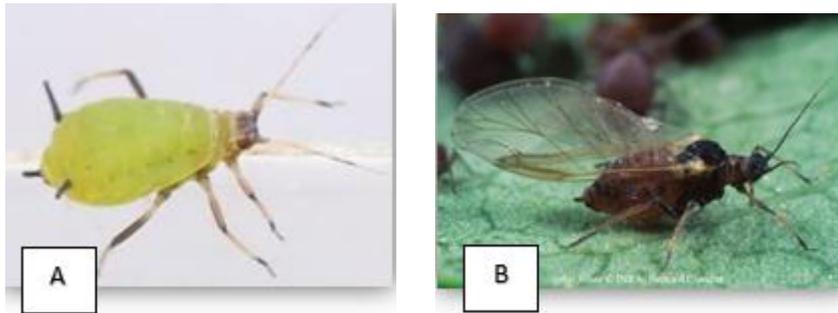
Sur la tête sont insérées les antennes ; elles sont formées généralement de six articles dont le dernier comprend une partie plus renflée, la massue, et une partie plus fine souvent plus longue, le fouet ; les antennes sont insérées directement sur le front ou sur des protubérances, appelées tubercules frontaux. Certains articles antennaires possèdent des organes olfactifs : les rhinaries, dont le nombre et la forme sont un critère d'identification.

Le thorax comprend trois segments ; le thorax, le mésothorax et le métathorax, chez l'ailé le mésothorax est sclérifié. Le thorax porte les trois paires de pattes, et les deux paires d'ailes pour les formes ailées.

L'abdomen comporte dix segments difficiles à différencier. Le cinquième ou le sixième porte une paire de cornicules qui sont des organes. Leur longueur et leur forme sont très utiles pour séparer les espèces. Le dernier segment constitue le cauda. Sur l'abdomen, la pigmentation due aux stries, bandes, plaques, sclérites est également un critère d'identification. Les principales caractéristiques morphologiques des formes aptère et ailé sont représentés dans le tableau suivant ;

Table 8 Les caractéristiques morphologiques des pucerons (Evelynes et al., 1999)

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

**Figure 12 : Deux formes d'*Aphis spiraecola* Aptère et Ailé (Evelyne ,2015)**

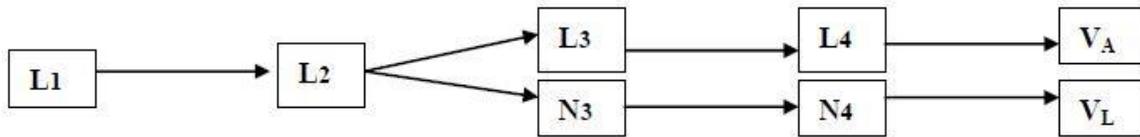
A : Aptère B : Ailé

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 complètement verte, sauf les cornicules brunes et la tête brunâtre (Francbois et Georget, 2006).

II.5. Biologie d'*Aphis spiraecola*

II.5.1. Cycle biologique

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). Selon Sauvion (1995), le développement larvaire d'un puceron peut être comme suit ;



- L1, L2, L3, L4 : Larves du 1er, 2ème, 3ème et 4ème .
- N3, N4 : Larves à ptérothèque du 3ème et 4ème stade larvaire de la forme ailée.
- VA : Adulte virginipare aptère.
- VL : Adulte virginipare ailée.

Le cycle annuel complet d'un puceron se déroule ainsi : au printemps une femelle parthénogénétique éclos à partir d'un œuf, c'est la fondatrice. Elle va donner par parthénogenèse plusieurs femelles parthénogénétiques aptères et/ou ailées. Celles-ci vont elles-mêmes donner naissance par parthénogenèse à d'autres femelles parthénogénétiques aptères et/ou ailées. Ces cycles parthénogénétiques vont se succéder durant toute la belle saison. A l'automne des femelles particulières les sexupares vont donner naissance par parthénogenèse aux sexués mâles et femelles. Un accouplement va avoir lieu et des œufs vont être pondus. Ceux-ci vont passer l'hiver en l'état de diapause pour donner une fondatrice au printemps suivant.

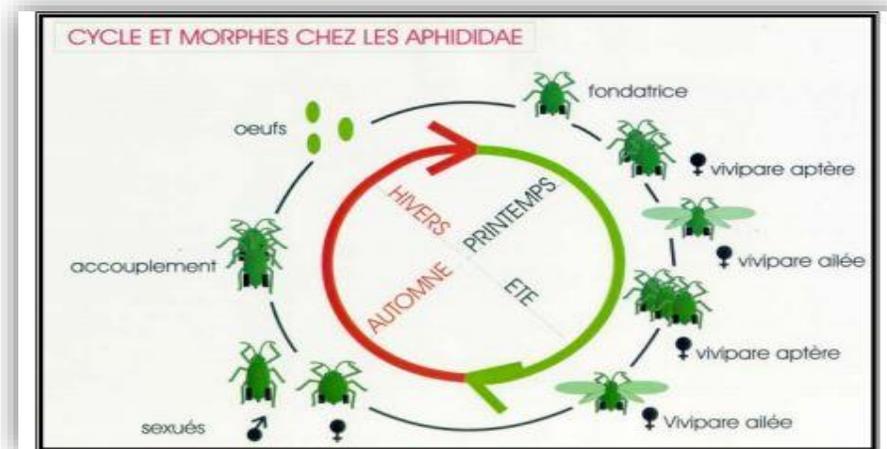


Figure 13 : : Cycle et morphes chez les aphididae

II.6. Dégâts causés par *Aphis spiraeicola*

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. 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).

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.7. Moyens de lutte

II.7.1. Lutte biologique

L'agent de lutte peut être un parasitoïde, un prédateur, un agent pathogène (champignon, bactérie, virus ou protozoaire), ou un concurrent du bio-agresseur visé (Dore et *al.*, 2008).

Table 9 : Les ennemis naturels des pucerons des agrumes.

Agent utile	Auxiliaire	Ordre	Espèce	Référence
Entomopathogènes	Entomophtorales	Zygomycète	<i>Pandora neophidis</i>	Chaubet (1992) et Ronzon (2006)
			<i>Harmon axyridis</i>	Lucas (1993) ; katsoyannos (1997) ; Specty (2002) ; Bebendreier (2007) ; Brown et al. (2008)
	Coccinelles	Coléoptère	<i>Coccinella septempunctata</i> <i>Hippodamia variegata</i>	Ben Halima et Ben Hamouda (2005)
Prédateur			<i>Adalia bipunctata</i> <i>Coccinella algerica</i>	Sahraoui et Gourreau, (2000)
			<i>Hippodamia convergens</i>	Hussein et Hagen (1991) ; Boisclair et al. (2010)
	Syrphes	Diptère	<i>Episyrphus balteatus</i>	Sahraoui (2006) ; Lambion et al. (2004)
	Cécidomyies		<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Guenard (2007) et Boiscalair et al. (2010) Guadah (2009)
	<i>Chrysopes</i>	Névrotère	<i>Chrysoperla carnea</i>	Tauber et al. (2000) et Capinera (2008)
Parasitoides	<i>Aphidius</i>	Hyménoptère	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	Laamare et al. (2009)
	<i>Brachonides</i>			
	<i>Ichneumonides</i>			

II.7.2. 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).

II.7.3. 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).

II.7.4. Lutte biologique par l'utilisation des extraits des plantes

Les substances défensives des plantes ont servi d'insecticides contre les arthropodes ravageurs des cultures avant l'utilisation des produits de synthèse modernes. Les extraits de plantes sont utilisés comme répulsif ou comme insecticides. Le mode de préparation et la dilution des extraits d'une même plante ont une influence sur leur efficacité contre une espèce donnée, ils doivent donc être judicieusement choisis. L'utilisation optimale des extraits végétaux est atteinte dans un contexte agricole peu intensif, ou il n'est

pas question d'éradiquer totalement les populations de ravageurs, mais seulement de les réduire. Il est particulièrement important de protéger les espèces auxiliaires indigènes qui se nourrissent des ravageurs, en plaçant des nichoirs, abris, etc., et en n'utilisant pas de substances agressives (Aubertot et *al.*, 2005). Ces mesures, associées aux extraits végétaux, peuvent diminuer la pression des ravageurs jusqu'à ce qu'elle soit supportable par la plante cultivée. Toutefois, elles ne sont pas toujours suffisantes et doivent s'accompagner parfois de rotations des cultures mieux adaptées, de l'élimination des débris de culture et des plantes atteintes, de l'acclimatation ou de fréquents lâchers d'auxiliaires (Bernard et *al.* 2009).

Chapitre III :

Myrtus communis

III.1. Généralités sur le genre *Myrtus*

Les Myrtacées constituent un modèle de choix pour l'étude de l'évolution chez les Angiospermes, puisque les genres sont caractérisés par un nombre important en espèces. Nous citons quelques exemples, le genre *Syzygium* contient entre 1200 et 1500 espèces (Biffin et *al.*, 2010), *Eugenia* inclue approximativement 1050 espèces et *Eucalyptus* environ 700 espèces (Brooker, 2000).

En Algérie, la plante sauvage connue sous le nom de « Al-Rihan » ou « Halmouche » pousse très bien dans de nombreuses régions, sur des monticules ou des collines, dans des zones côtières ou dans des zones plus reculées. Dans certaines régions, son utilisation est recommandée pour abaisser la glycémie ainsi que pour améliorer la digestion. Cependant, son utilisation principale est conseillée pour le traitement des problèmes respiratoires (Zougali et *al.*, 2012).

III.2. Distribution du genre « *Myrtus* » dans le monde

Le genre *Myrtus* appartenant à la grande famille des Myrtacées est le seul genre qui soit localisé aussi bien en Méditerranée qu'au Sahara (Bouzabata, 2013). *Myrtus communis* est très répandu sur l'ensemble du pourtour méditerranéen et dans les îles, ainsi qu'en Macaronésie et en Asie occidentale (Figure 15) (Migliore, 2011). Cette espèce pousse spontanément et en abondance sur tout le littoral de la Corse et de la Sardaigne. Elle est également cultivée comme plante ornementale dans toute la France méridionale et sur le littoral atlantique, jusqu'en Bretagne.



Figure 14: Aire de distribution du genre *Myrtus communis* (Migliore et *al.*, 2012).

III.3. Systématique

La classification de cette espèce est définie comme suit :

Table 10 : Classification botanique de *Myrtus communis* (Grêté, 1965)

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtacées
Genre	<i>Myrtus</i>
Espèce	<i>Myrtus communis</i> L.
Nom vernaculaire	Rihane

III.4. Description botanique de la plante

Le myrte commun est une phanérophyste sempervirente, en général de 1 à 3 m de hauteur, mais qui peut former un véritable arbre dans des conditions favorables de sol profond à humidité quasi-permanente.

Les rameaux sont quadrangulaires et à légère pubescence les deux premières années, ils présentent une écorce de couleur cannelle, lisse, se détachant en lambeaux (Planche 1 [4]).

Le myrte se caractérise par des feuilles opposées, munies d'un pétiole très court. Mesurant 20-24 × 4-11 mm (forte variation en fonction de l'exposition), les feuilles sont entières, ovales, un peu convexes et à extrémités aiguës pointues. Elles ont une consistance ferme, en étant lisses, coriaces et d'un vert foncé brillant (quelques petits poils transparents les parsèment). Élément important dans la valorisation du myrte, les feuilles renferment de nombreuses petites glandes translucides à huiles essentielles qui les rendent très aromatiques au froissement (Planche 1 [10-11]).

La floraison peut débuter à partir de mai - juin et s'étale jusqu'en août sous la forme de fleurs odorantes, aux pétales d'un blanc éclatant ou taché de rose (Planche 1 [2-3-6]). Les fleurs sont solitaires,

jusqu'à 3 cm de diamètre, isolées à l'aisselle des feuilles et portées par de longs pédoncules. Elles sont régulières de type 5 et abritent un bouquet d'étamines proéminentes.

Le pistil est constitué de deux ou trois carpelles soudés et l'ovaire est surmonté d'un très long style, qui traverse un disque nectarifère blanc et pentagonal. La pollinisation est effectuée par les insectes (abeilles, par exemple).

Le fruit est une baie ovale (7-10 × 6-8 mm), au sommet d'un pédoncule ténu, couronnée par le calice et de couleur noir-bleuâtre, quelquefois blanche (Planche 1 [7-8]). Sous la peau bleu foncé, la chair blanche est plus ou moins épaisse, parfois presque entièrement résorbée, de saveur âpre, résineuse et astringente. Devenus bleus, eux aussi, les lobes libres des sépales se sont rabattus vers l'intérieur.

Les graines sont nombreuses avec des irrégularités de formes et de tailles. Elles sont généralement réniformes, luisantes, couleur ivoire et de saveur résineuse (Planche 1 [9]) (Migliore, 2011).



Planche 1 : Caractéristiques botaniques de *Myrtus communis* (Migliore, 2011).

1 : Dessin général **2 :** Coupe longitudinale fleur **3 :** Diagramme floral **4 :**Tronc

5 : Plantule **6 :** Florison **7/8 :** Fructification **9 :** Graines **10 :** Feuilles **11 :** Fleure

12/13 : Glandes a HE sur épiderme

III.5. Compositions chimiques de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L

En plus des métabolites primaires, des minéraux et de la matière azotée, le myrte commun contient des métabolites secondaires, dont on peut citer les huiles essentielles et les composés phénoliques. (Belaiche, 1979). Les HE du myrte commun sont des mélanges complexes constitués de plusieurs dizaines, voire plus d'une centaine de composés, principalement des terpènes (Cevat et Musa, 2007). Les feuilles et les fruits sont riches en tannins, flavonoïdes et anthocyanidines (Fioretto et *al.*, 2007).

Les composés majoritaires des huiles essentielles des feuilles de myrte sont le 1,8- cinéole, l' α -pinène, le limonène, le linalol et parfois l'acétate de myrtényle. Ces huiles essentielles d'origines diverses ont été classées en deux groupes en fonction de leur teneur en α -pinène supérieure à 50% (Corse et Tunisie), inférieure à 35% (Maroc, Liban, Yougoslavie) (Chalchat et *al.*, 1998).

Une autre classification de ces huiles essentielles, basée sur des composés majoritaires (acétate de myrtényle, 1,8-cinéole, α -pinène, limonène et linalol) a été proposée par le laboratoire « Chimie et Biomasse » de l'université de Corse (Bazzali, 2016).

Les échantillons de l'île de Chypre (Akin et *al.*, 2010) et du Maroc (Farah et *al.*, 2006) se caractérisent par un pourcentage plus important en 1,8-cinéole.

Exceptionnellement, les échantillons isolés des plantes cueillies dans le Nord-est Tunisien (Cap Bon) contiennent de l'acétate de myrtényle (2,7-27,7%), accompagné de l' α -pinène (jusqu'à 20,5%), du 1,8-cinéole (jusqu'à 30,1%), du limonène (jusqu'à 20,6%) et du linalol (jusqu'à 14,4%) (Naceur et *al.*, 2006).

Par ailleurs, une autre étude porte sur la composition chimique des huiles essentielles des feuilles de myrte d'Algérie a été publiée par Zermane et *al.* (2014). Bien que le pourcentage des constituants n'a pas été mentionné. Dans cet article, diverses familles de composés ont été identifiés: monoterpènes, à savoir : l' α -pinène, le 1,8-cinéole, le linalol, l' α -terpinéol, l'acétate de géranyle et l'acétate de linalyle ; sesquiterpènes, à savoir : le (E)- β -caryophyllène et l'oxyde de caryophyllène ; un phénylpropanoïde, à savoir : le méthyle eugénol et le nonadécane, le squalène : le 10- diméthyle-squalène, l'acide palmitique et l'acide oléique. On pourrait noter que la composition de cet extrait différerait sensiblement de ceux des huiles essentielles de myrte

III.6. Utilisation thérapeutique

Le Myrte est utilisé pour lutter contre les bronchites et les dilatations bronchiques, les catarrhes muco-purulentes des voies respiratoires et urinaires, la tuberculose pulmonaire, la rhinorrhées, la sinusite, les otites, les diarrhées, les prostatites, et les hémorroïdes. Elle est connu également par leur effet hypoglycémique (Baba Aissa, 1999, Mimica-Dukic et *al.*, 2010).

III.7. Activités biologiques et insecticides de l'huile essentielle de *M. communis*

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de myrte appliquée sur les bactéries à Gram positif et négatif a été décrite dans plusieurs travaux. Les bactéries Gram positif se sont montrées plus sensibles que les bactéries à Gram négatif (De Laurentis et *al.*, 2005 ; Parviz Owlia, 2009). L'huile essentielle du myrte Algérien, a été testée sur plusieurs souches bactériennes. Djenane et *al.* (2011) ont montré que *S. aureus* (CMI= 0,12% (v/v), soit 1,2 µl/ml) était plus sensible que *E. coli* (CMI= 0,22% (v/v), soit 2,2 µl/ml) vis-à-vis de l'action de l'huile essentielle de *Myrtus communis* extraite des parties aériennes provenant du centre algérien (région de Tizi Ouzou).

L'activité antioxydante de l'huile essentielle de myrte est faible car il s'agit d'une huile essentielle riche en monoterpènes (α -pinène, 1,8-cinole, β -pinène, linalol, etc.), qui sont des composés connus pour avoir un pouvoir antioxydant limité, contrairement aux dérivés du phénol tels que le thymol et le carvacol (Wannes et *al.*, 2010).

D'après Cherrat et *al.* (2013), l'huile essentielle des parties aériennes de *Myrtus communis* récoltées au Maroc montre un pourcentage d'inhibition très faible avec une valeur moins de 10% par rapport au standard BHT (83%).

Maxia et. (2011), ont rapporté que l'effet anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *M. communis* (α -pinène, 11% ; 1,8-cinéole, 16% ; linalol, 12%) administrée aux doses de 1ml/kg et de 2 ml/kg, réduisait différents paramètres du processus inflammatoire : épaisseur de la formation de l'œdème induit par l'huile de croton, activité enzymatique de l'amyéloperoxydase, la masse du granulome et le taux sérique des IL-6 et TNF- α , en comparaison avec des drogues de synthèse qui sont la dexaméthasone et l'indométacine.

Le mode d'action des huiles essentielles est de mieux en mieux connu chez les insectes. Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens.

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

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

I.1. Objectif du travail

L'étude effectuée vise à tester in vitro dans des conditions contrôlées, l'efficacité de l'huile essentielle de *Myrtus communis* en tant que biopesticide sur *Aphis spiraecola* puceron vert des agrumes.

I.2. Présentation du lieu de travail

Notre travail expérimental a été effectué au niveau des laboratoires de biochimie et de biologie végétale à l'Université Abdelhamid ben Badis (Mostaganem).

I.3. 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) (figure 15) 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 ; Boutaïba, 2015).

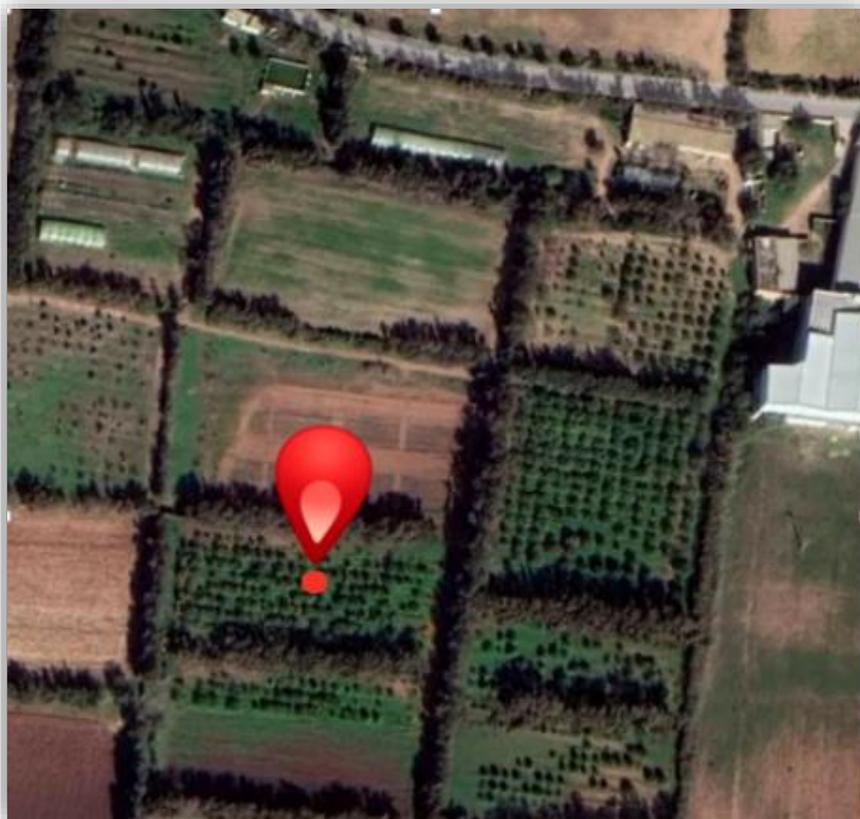


Figure 15 : Localisation géographique de la station de collecte des Pucerons (Googleearth.com) (Consultation : juin 2021)

I.4. Matériel**I.4.1. Matériel biologique****I.4.1.1. Matériel végétale**

La plante choisie pour cette étude est le myrte (*Myrtus communis*) La partie prise en considération pour réaliser cette étude est la partie aérienne (les feuilles). Cette dernière provient du marché local, récoltée de la région de Mostaganem, en mars 2021 puis séchée à l'ombre à une température ambiante.



Figure 16 : Feuilles séchées de *Myrtus communis* (Original , 2021)

I.4.1.2. Matériel animal

Un grand nombre d'individus en adultes d'*A. spiraecola* nécessaires à notre travail a été obtenue à partir d'un verger d'agrumes (citronnier et bigaradiers) dans la ferme expérimentale à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, située entre la commune de Mostaganem au Nord, Mazagran à l'Ouest, Hassi Mameche au Sud et Douar Djdid à l'Est. Sous une température de 25 °C et une humidité de 55%.

Les insectes sont placés dans une boîte en plastique contenant des feuilles vertes en quantité suffisante pour la nutrition avant de les distribués dans les boîtes pétris.

L'insecte a été identifié par des guides entomologiques sous loupe binoculaire par Melle Haffari faouzia doctorante spécialiste en « Protection des végétaux » à l'université de Mostaganem.

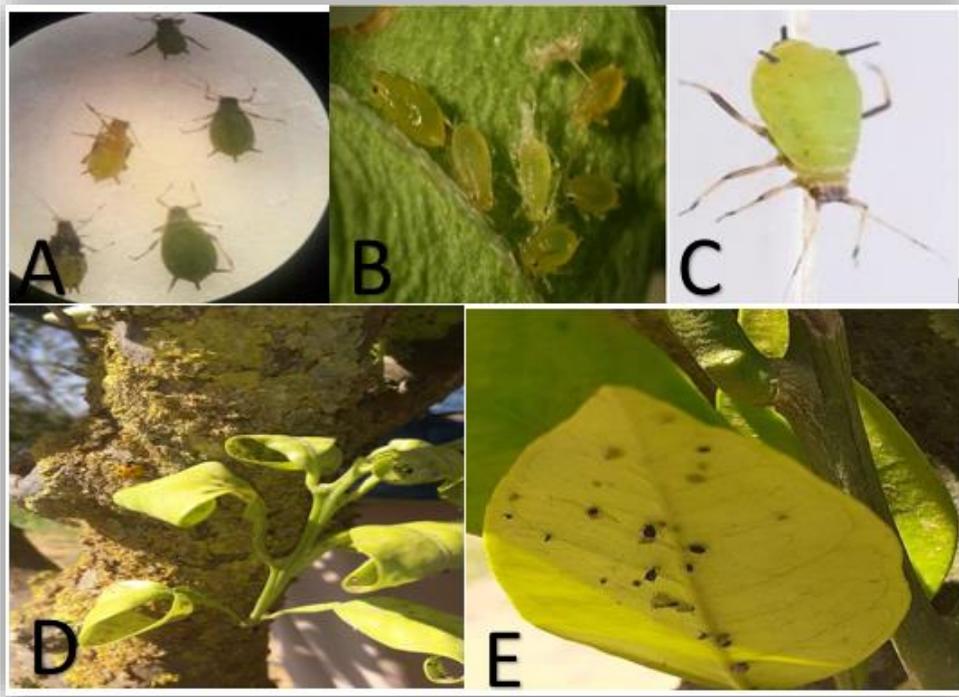


Planche 2 : Echantillons d'*Aphis spiraecola* utilisés lors de l'expérimentation (Originale ,2021)

A : Colonie de pucerons sous loupe **B** : Production d'une substance d'alarme

C : Enroulement des feuilles **D** : Différents stades de pucerons **E** : Colonie du puceron sur jeune feuille

I.5. Extraction par entrainement à la vapeur

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles et pouvoir les séparer à l'état pur avec un meilleur rendement

I.6. Principe

L'entraînement à la vapeur est l'un des procédés les plus anciens d'extraction des matières volatiles (Bernard et *al.*, 1988). Cette technique d'extraction est basée sur le fait que la plupart des composés odorant volatiles contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau. Cet entrainement dépend de plusieurs facteurs : le coefficient de partage des composés entre la vapeur d'eau et la plante,

la vitesse de diffusion des composés, leur solubilité dans l'eau, la pression partielle de vapeur, la durée et la vitesse de transfert de chaleur (Figure17) (Boelens et *al.*, 1990).

- La distillation à vapeur saturée, le matériel végétal n'est pas en contact avec l'eau, il est placé sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic.

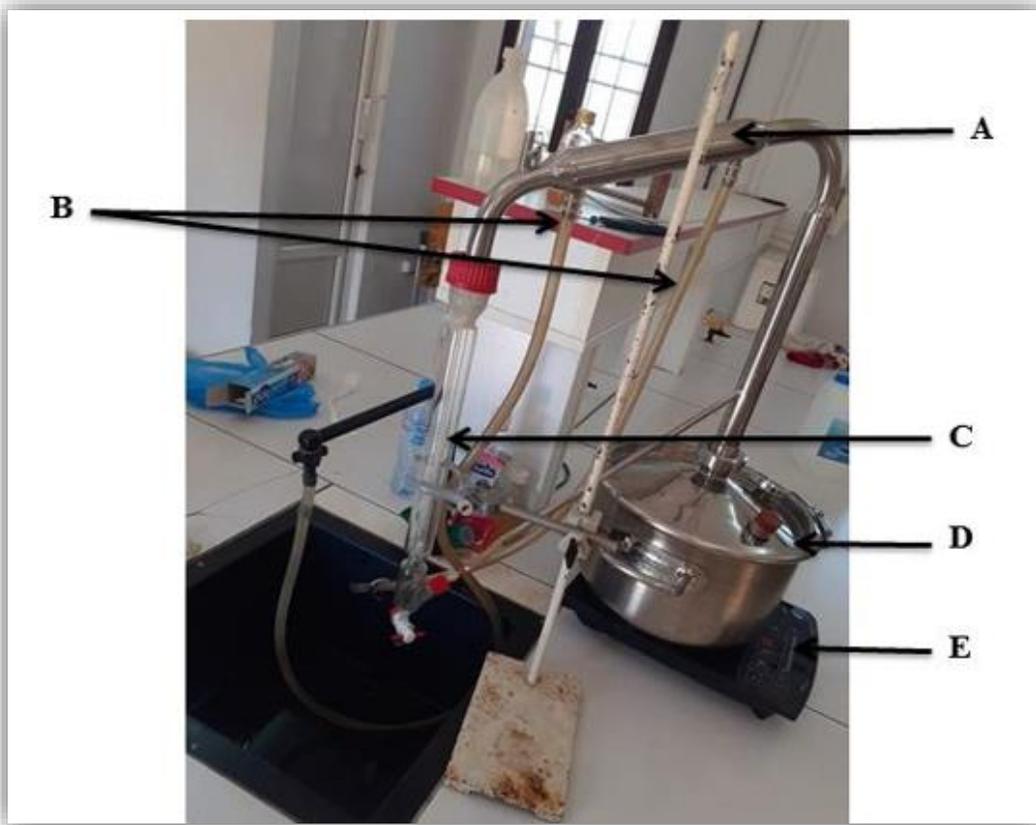


Figure 17 : Dispositif de la distillation à la vapeur d'eau (Original, 2021)

A : Réfrigérant **B** : Accès et sortie de l'eau réfrigérant **C** : Florentin (Base : hydrolat) (Haute : HE) **D** : Cocote remplis de la matière végétal et d'eau distillée **E** : plaque chauffante

I.7. Mode opératoire

Au cours de notre travail, l'extraction a été assurée par la technique d'entraînement à la vapeur, ainsi nous avons introduit 1 litres d'eau distillée et respectivement, 500 g de feuilles sèches du *Myrtus communis* (planche 3) 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. L'eau s'évapore entraînant avec elle les constituants de l'huile essentielle qui sont ensuite canalisées dans un condensateur et réfrigérées à une température de 17°C à 22°C pour se liquéfier à nouveau. Par la suite, l'huile qui flotte à la surface de l'eau de distillation est récupérée dans une ampoule à robinet. L'huile essentielle est conditionnée dans des tubes « eppendorf ». Une fois remplis, les tubes sont fermés et couverts avec du papier aluminium pour éviter toute altération de l'huile.

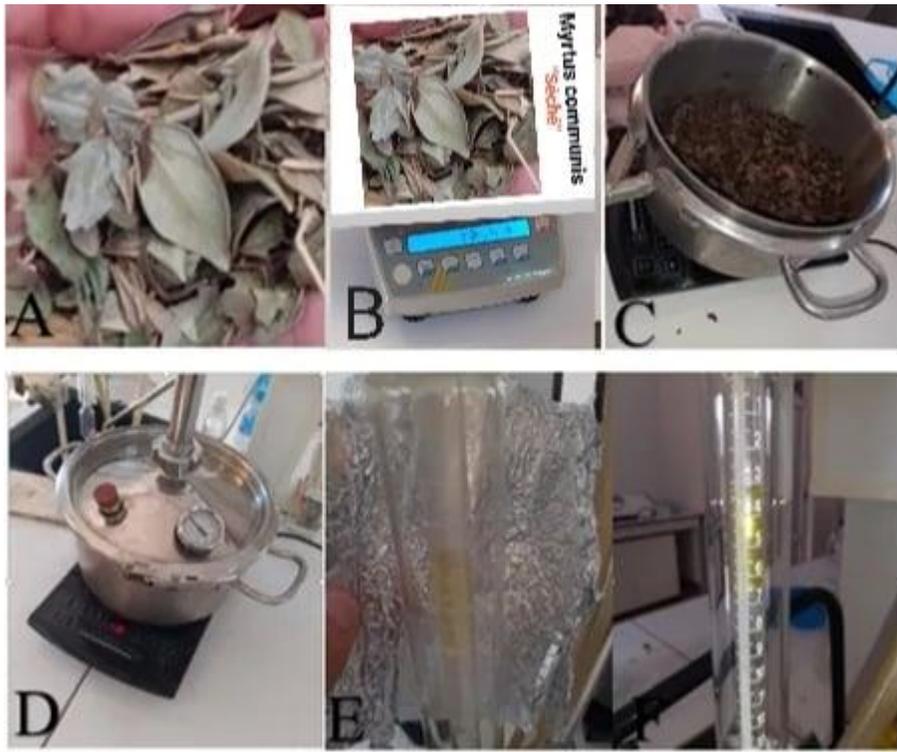


Planche 3: Protocole d'entraînement à la vapeur (Originale,2021)

- A** : Feuilles séchées de Myrte **B** : Feuilles pesée a 500g **C** : Feuilles placées dans une cocotte
D : plaque chauffante **E** : les tubes sont fermés et couverts avec du papier aluminium
F : Récupération d'HE

I.8. Récupération, conditionnement et conservation d'huile essentielle

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables (BURT, 2004). L'huile essentielle récupérée est conditionnée dans un tube à essai protégé avec du papier d'aluminium, hermétiquement pour éviter toute dégradation de l'huile essentielle due à l'action de l'air et de la lumière. Les flacons sont conservés à une température de $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

I.9. Calcul du rendement

Après chaque étape d'extraction, on calcule le rendement d'extraction ; le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la relation suivante:

$$R = \frac{M_{\text{ext}} \times 100}{M_{\text{éch}}}$$

Où :

R : Rendement en %.

M_{ext} : Masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en gramme.

M_{éch} : Masse de l'échantillon végétal en gramme (clémence et dongmo, 2009).

I.10. Activité insecticide de l'huile essentielle de *Myrtus communis*

Le test d'activité insecticide sur les pucerons *d'Aphis spiraecola* a été inspiré de la technique de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1963).

Un échantillonnage aléatoire sur des arbres d'agrumes a été réalisé dans la parcelle d'agrumes de la station expérimentale de l'université de Mostaganem.

I.11. Tests biologiques

Les bioessais au laboratoire s'effectuent selon la méthode IRAC (2009). Pour Préparer les boîtes Pétri, du tulle est collé sur la partie supérieure de chaque boîte préalablement troué à l'aide d'un scalpel chauffé, pour permettre une circulation de l'air à l'intérieur de la boîte tout en empêchant le puceron de s'enfuir, le fond est recouvert d'une couche de papier absorbant légèrement humide. Ce dernier permet

de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible. Dix pucerons verts des agrumes (*Aphis spiraecola*) portés sur des feuilles fraîches d'oranger sont introduits dans quatre boîtes Pétri. Le même nombre de puceron est placé dans des boîtes pulvérisées par l'eau distillée pour constituer le témoin. Les boîtes de Pétri avec leurs contenus sont placées dans les conditions de laboratoire (température ambiante: 28 °C ; humidité relative 80%) pour les différents tests. Les observations sont effectuées chaque heure pour déterminer l'effet du traitement sur la mortalité des pucerons en fonction du temps.

I.11.1. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *M.communis* par contact

Les bio-essais au laboratoire ont été effectués selon la méthode de contact direct entre huile essentielle et insecte. Les essais par contact des huiles essentielles sont réalisés selon la méthode décrite par Nadio et *al.*, 2015. Les tests ont été réalisés *in vitro* dans les conditions de laboratoire suivant un dispositif complètement aléatoire. Deux types de produits ont été utilisés : l'huile essentielle de *Myrtus communis* et le produit chimique de synthèse (témoin positif : ACEPLAN 20 , 1g/100ml.)

Pour l'huile essentielle de *M. communis* cinq concentrations ont été préparées : 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 µl. (Figure 18) La dose zéro (0), constituée d'eau distillée, a servi de témoin absolu (contrôle). Pour chaque concentration, les expériences ont été faites sur l'*Aphis spiraecola* placés dans des boîtes de Pétri distincts.

Pour cet essai dix pucerons sont placés dans des boîtes de Pétri aérées de 9 cm de diamètre et de 1.8 cm de hauteur contenant du papier filtre de même diamètre que la boîte de Pétri humidifiée afin de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible. Dans chaque boîte on met des feuilles saines de citronnier préalablement imprégnées par l'extrait à différentes concentrations. Les essais ont été répétés trois fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par dix insectes qui ont été prélevées à l'aide d'un pinceau et placés sur des feuilles saines. Les comptages des insectes morts ont été réalisés dans les conditions du laboratoire, chaque heure pendant une période de six heures.

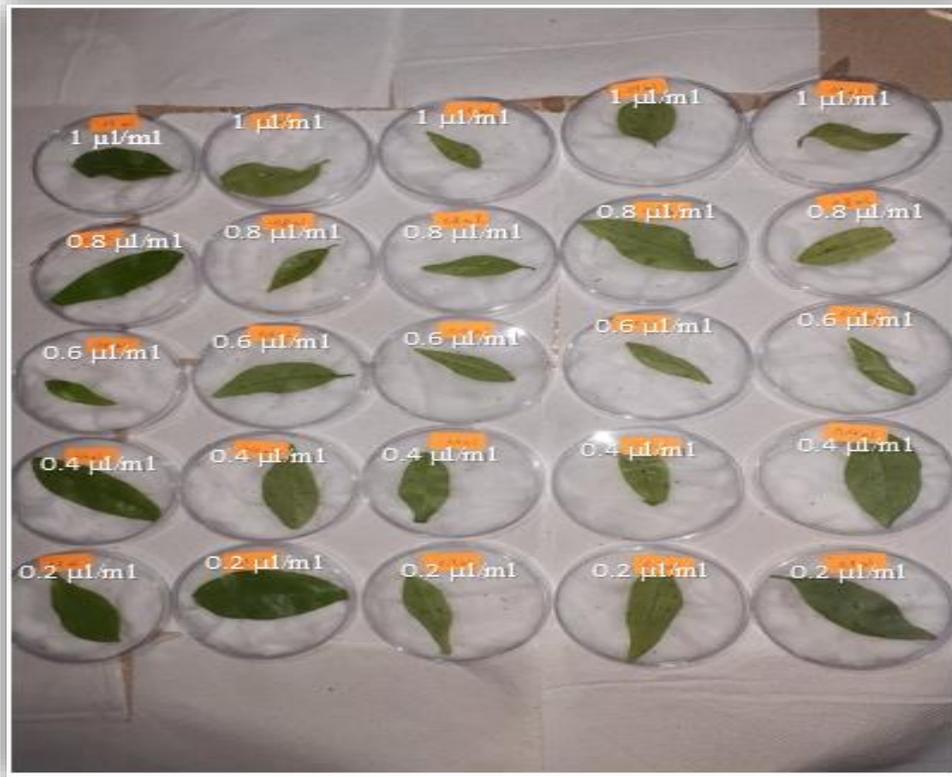


Figure 18 : Dispositif expérimental du test de toxicité par contact de l'huile essentielle de *Myrtus communis* (Original, 2021).

I.11.2. Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de *M.communis*

L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des pucerons (*Aphis spiraecola*) a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier Watman. Ainsi, les disques de papier watman de 8 centimètre de diamètre utilisés à cet effet ont été divisés en deux parties égales. Cinq concentrations de l'huile essentielles ont été préparés (0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 µl) (Figure19). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration. À l'aide d'une micropipette, une quantité de HE (0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 µl) de chaque solution a été uniformément répandue sur une moitié de chaque disque, tandis que l'autre moitié a reçu uniquement de 0,5 ml de l'acétone dilué 1%. Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri de 9cm de diamètre. Après une heure, les individus sont dénombrés sur chaque partie du disque.



Figure 19 : Dispositif expérimental du test répulsif de l'huile essentielle de *Myrtus communis* (Original, 2021).

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

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

-Nt : Les individus présents sur la partie traitée à l'huile essentielle

-Nc : Les individus présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone

Le pourcentage moyen de répulsion a été calculé et attribué selon le classement de McDonald et *al.*

(1970) à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V

Classe 0 (PR < 0,1%),

Classe I (PR = 0,1 – 20%),

Classe II (PR = 20,1 – 40%)

Classe III (PR= 40,1 – 60%),

Classe IV (PR= 60,1 – 80%)

Et classe V (PR= 80,1 – 100%).

I.11.3. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *M.communis* par fumigation

Des papiers watman de 4 centimètre de diamètre sont traités chacun avec une telle dose d'huile essentielle 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 μ l) (Figure 20). Après, chaque papier watman est placé dans le couvercle d'un flacon de 4 centimètre de diamètre et 7 cm de hauteur. Le couvercle est ensuite vissé hermétiquement sur le flacon qui contient dix insectes. De même que pour l'essai répulsif, cinq doses d'HE sont testés sur *Aphis spiraecola*. trois répétitions ont été réalisées après quelques minutes de l'exposition aux vapeurs d'huile essentielles,. La mortalité des insectes est observée chaque heure après le traitement.



Figure 20 : Dispositif expérimental du test répulsif de l'huile essentielle de *Myrtus communis* (Original, 2021).

I.12. Méthodes d'analyse des données

Les données brutes récoltées durant nos expériences sont soumises à un post-traitement qui tient compte des éventuelles causes de mortalité.

I.13. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Afin de trouver l'efficacité d'un produit traité, il est nécessaire de corriger la mortalité des insectes, car le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par la substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Pour cela, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés, la formule à suivre est :

$$MC(\%) = [M - Mt / 100 - Mt] * 100$$

Avec :

MC(%) : pourcentage de mortalité corrigée.

M(%) : pourcentage de mort dans la population traitée avec l'huile.

Mt(%) : pourcentage de morts dans la population témoin.

I.14. Détermination de la DL₅₀

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL₅₀ qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Ces valeurs ont été déterminées à partir d'une courbe étalon donnant les variations de la mortalité en fonction des concentrations croissantes des produits. Pour cela, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probités selon la méthode de Finney (1952).

I.15. Analyse statistique des données (ANOVA)

Pour estimer les effets insecticides des huiles essentielles, une analyse de la variance (ANOVA) avec deux critères de classification a été effectuée avec le nombre d'insectes morts en fonction des concentrations et du temps à l'aide du logiciel SPSS version 26. La comparaison des moyennes de différentes huiles essentielles a été effectuée par le test de Tukey à $\alpha = 0.05$.

Chapitre II

Discussion et résultats

II.1. Le rendement de l'huile essentielle de la plantes étudiée

L'huile essentielle de la plante étudiée obtenue par extraction à la vapeur d'eau est de couleur jaune clair (Figure 21), dégageant une forte odeur agréable avec un aspect liquide et huileux. Le rendement en huiles essentielles de 500g de feuilles sèches extraites par entrainement à la vapeur après deux heures d'extraction est de 0,70% (Annexe 01, Tableau 12)

Ces résultats concordent avec ceux de la littérature. En effet, l'étude réalisée par Bouzabata (2013) a prouvé que le rendement de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L des parties aériennes de myrte récoltées pendant les mois de Mai et Juin 2009, dans trois régions situées dans le Nord Est de l'Algérie: Ain Barbar, Forêt Domaniale de Khannguet Aoun et Djebel Zitouna et obtenu par extraction à la vapeur varié de 0,2 à 1,2% pour 100g de matière sèche.

Par ailleurs, Achouri et Belilet rapportent que le rendement en huile essentielle de l'espèce *Myrtus communis* L. récoltée dans cinq stations (Beni Khellad, Honaïne, Beni Ouarsous, Nedroma et Aïn Kebira) de la wilaya de Tlemcen durant le mois de février et mars 2018 sont très variables avec des moyennes de l'ordre de 0,31% à 0,88%.

Cette différence pourrait être expliquée, selon Kelen et Tepe (2008) par le choix de la période de récolte, car elle est primordiale en termes de rendement et qualité de l'huile essentielle, le climat, l'origine géographique, la génétique de la plante, la période de séchage, la méthode d'extraction employée, ...etc. Ce sont des facteurs qui peuvent avoir un impact direct sur les rendements en huiles essentielles.

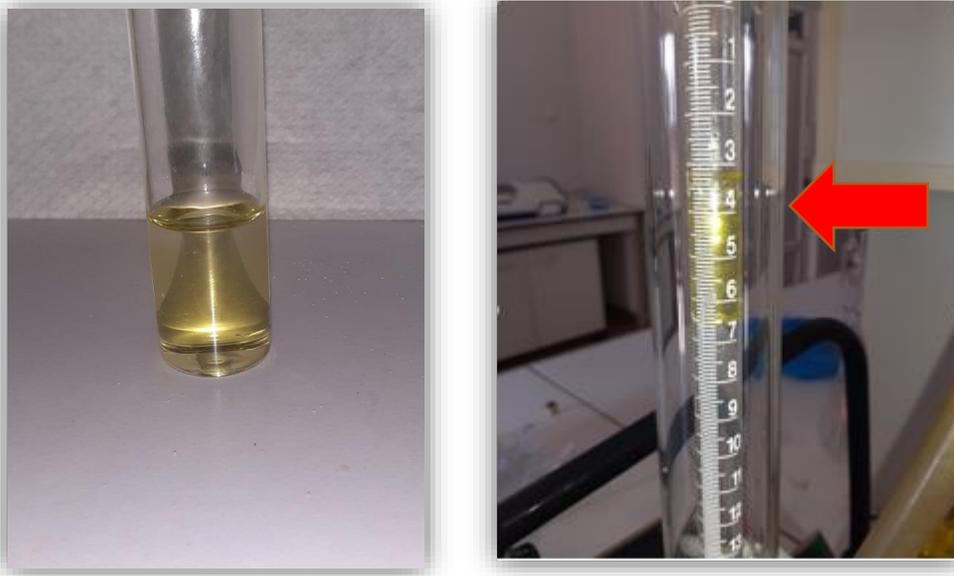


Figure 21 : Huile essentielle de *Myrtus communis* (Original,2021).

II.2. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *M.communis* contact

Les résultats du test de l'huile essentielle de *Myrtus communis* sur *Aphis spiraecola* montrent des variations de mortalités en fonction du temps et des doses comparativement au témoin.

Les résultats obtenus montrent un effet hautement significatif pour l'ensemble des doses de l'extrait de *M. communis* sur la mortalité d'*Aphis spiraecola* ($F = 56,397$; $P < 0,0001$) (Annexe 02 Tableau 13).

D'après la figure 22, on constate que la mortalité due à l'extrait est échelonnée en fonction du temps (30min, 1h, 2h, 3h, 4h) et de la concentration appliquée (0.2 $\mu\text{l/ml}$, 0.4 $\mu\text{l/ml}$, 0.6 $\mu\text{l/ml}$, 0.8 $\mu\text{l/ml}$, 1 $\mu\text{l/ml}$) Par contre, le taux de mortalité dans le lot témoin (l'eau distillée) était inférieur.

Une forte mortalité d'*Aphis spiraecola* a été notée sous l'effet de l'huile essentielle de *M. communis* dès les premières heures surtout pour les deux concentrations 0,8 μl et 1 μl par comparaison avec le témoin dont aucune mortalité n'a été enregistrée.

L'ensemble des lots traités pour les différentes doses ont atteint 100% de mortalité même pour les doses les plus faibles après trois heures de traitement.

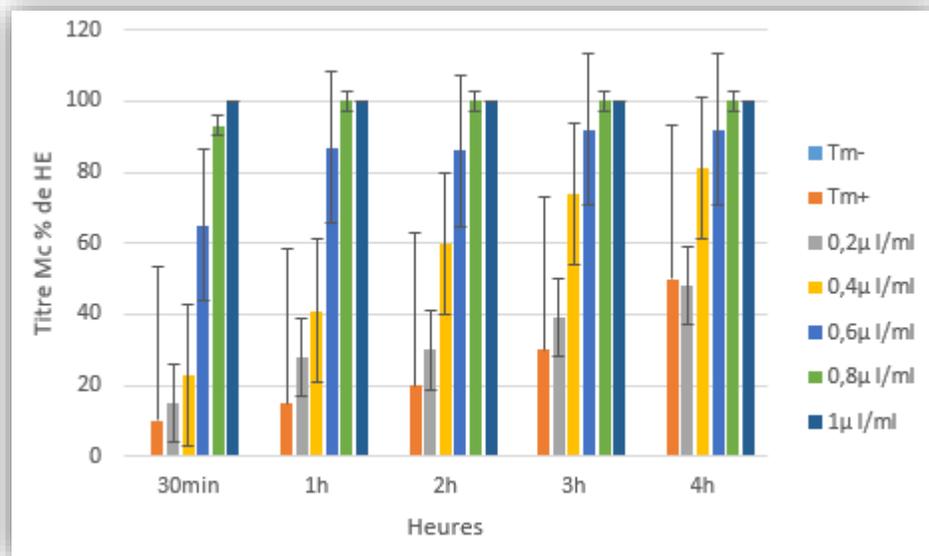


Figure 22 : Evaluation de la mortalité d'*Aphis spiraecola* vis-à-vis l'HE de *M. communis* (Original, 2021)

II.3. Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de *M.communis*

L'huile essentielle de *M. communis* a été évalué par effet répulsif vis-à-vis d'*Aphis spiraecola*. Les résultats obtenus suite à ce travail montrent une activité insecticide très prononcée de l'huile essentielle à des degrés variés, selon la dose et le temps. En effet, la plus faible dose (0,2 µl/ml) a provoquée 40% de mortalité après seulement 5min de traitement (figure 23), s'accroît après 2h et atteint un taux de 66,67%. A la plus forte dose (1 µ l/ml), on a enregistré un taux de 73,33% après 5min et de 100% après 3h d'exposition.

Table 11 : Evaluation de la répulsivité de l'huile essentielle de *M.communis*

Dose (µl/ml)	Effet (%)	Classe
0.2 µl/ml	56%	Classe III (PR= 40,1 – 60%)
0.4 µl/ml	72%	Classe IV (PR= 60,1 – 80%)
0.6 µl/ml	78.66%	Classe IV (PR= 60,1 – 80%)
0.8 µl/ml	80%	Classe IV (PR= 60,1 – 80%)
1 µl/ml	89.33 %	ClasseV (PR= 80,1 – 100%)

La comparaison des moyennes de différentes huiles essentielles a été effectuée par le test de Tukey ($p < 0,05$). Les résultats des tests montrent une différences hautement significatives ($F = 19,174$; $P < 0,0001$) (Annexe 04,Tableau14).

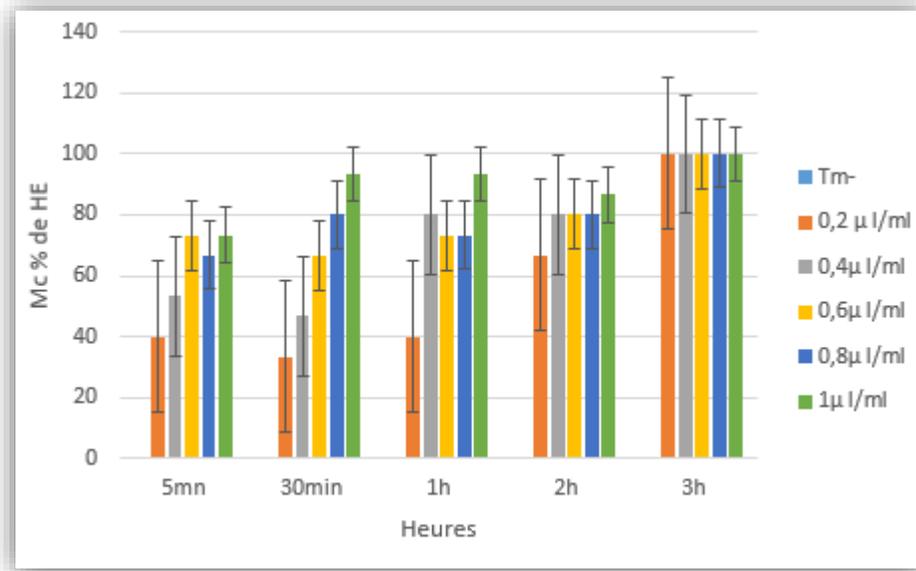


Figure 23 : Mortalité corrigée du puceron vert (*Aphis spiraecola*) par répulsivité d’huile essentielle de *Myrtus communis* (Original,2021)

La figure suivante montre l’effet répulsif de l’huile essentielle de *M.communis* sur l’*Aphis spiraecola*

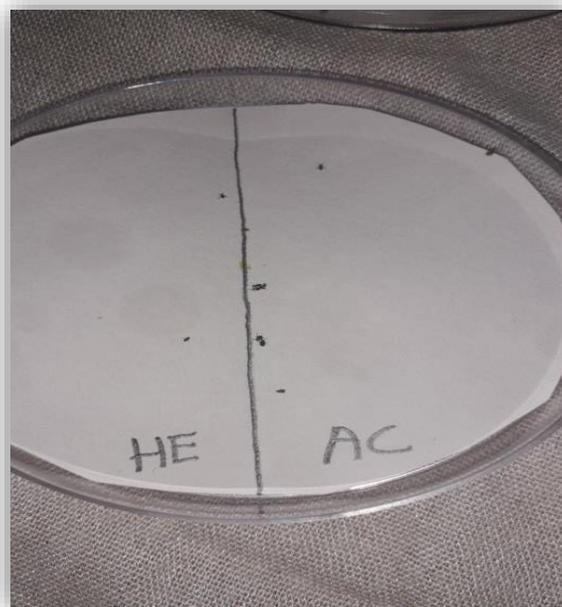


Figure 24 : Résultat observé du test répulsif (Original, 2021)

II.4. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *M.communis* par fumigation

La figure 25, illustre la mortalité des pucerons vert traités par des doses croissantes de l'HE de *Myrtus communis*, démontrant l'effet hautement significatif des doses utilisées sur la mortalité de l'insecte en fonction du temps ($F = 5,772$; $P < 0,0001$) (Annexe 03, Tableau 15). Par contre, le taux de mortalité dans le lot témoin (eau distillée) était inférieur. C'est à partir des premières heures, que nous avons remarqué les premières mortalités au niveau des différents traitements. Nous avons noté également que le taux de mortalité est lié aux concentrations et au temps d'exposition qui est plus prononcé à la troisième heure ou on a enregistré une mortalité totale à la dose $0,2 \mu\text{l/ml}$ contrairement aux témoins. Il en résulte que les taux de mortalité des individus observés augmentent en fonction des différentes doses et en fonction du temps.

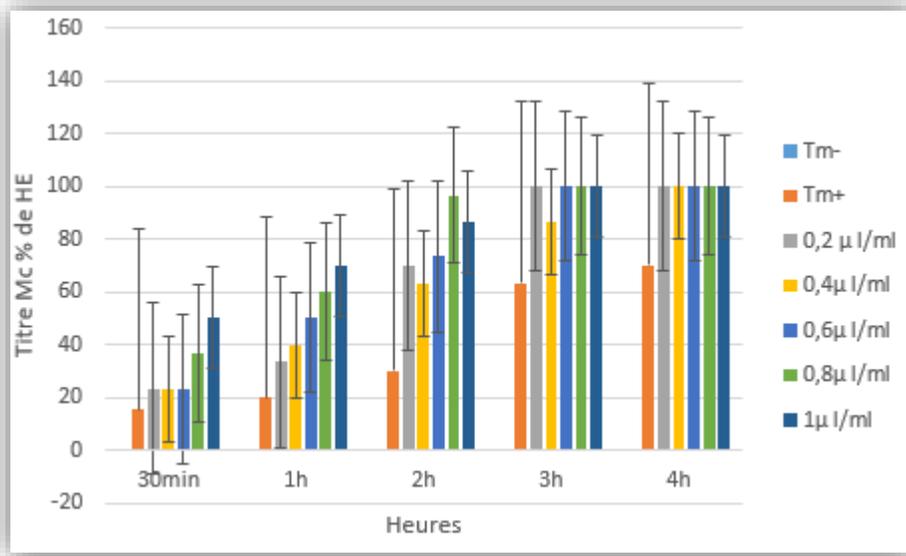


Figure 25 : Evaluation de la de la mortalité du puceron vert (*Aphis spiraecola*) par fumigation



Figure 26 : Résultat observé du test de fumigation (Original,2021)

II.5. Effet de l'insecticide

Le test a été réalisé in vitro dans les conditions de laboratoires suivant un dispositif complètement aléatoire. On a utilisé le produit chimique de synthèse (témoin positif :ACEPLAN 20 , 1g/100ml) (figure27).

Dans lequel l'effet de HE de *Myrtus communis* est hautement significatif que le témoin positif.



Figure 27 : Résultat du teste positif ACEPLAN 20 (Original, 2021)

II.6. Détermination de la DL₅₀

Pour la détermination de la DL₅₀, on a réalisé une droite de régression. Cette dernière représente le logarithme des doses testées et les pourcentages de mortalité corrigée en probit. La figure 28, représentent la relation proportionnelle qui existe entre les différentes doses et la mortalité corrigée des pucerons, Cette dernière démontre une corrélation positive entre les doses de l'huile essentielle de *Myrtus communis* et la mortalité du puceron.

On remarque également que la DL₅₀ obtenue est égale à 0.017μl/ml.

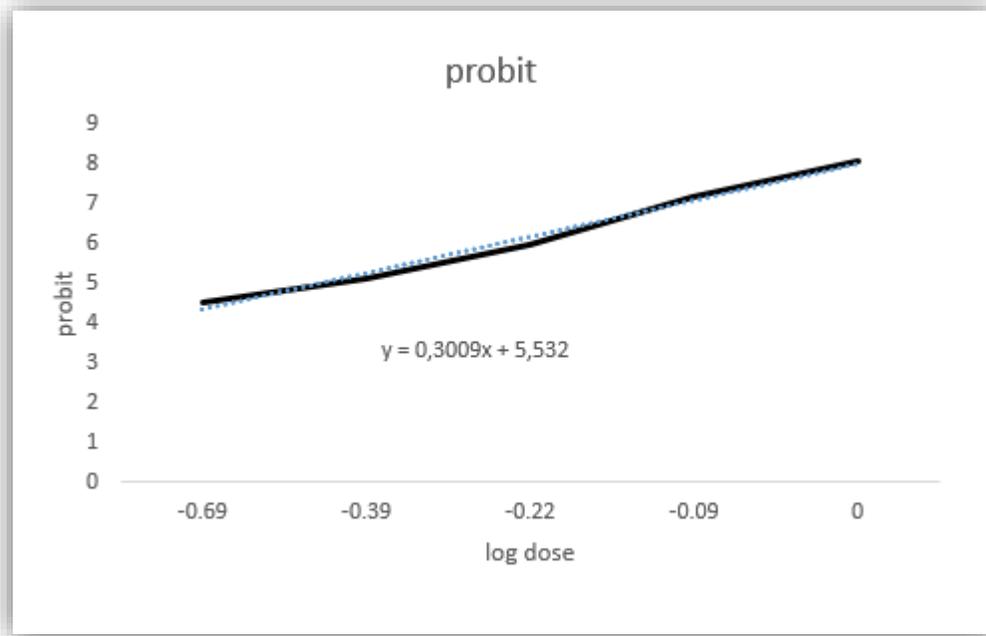


Figure 28 : Détermination de la DL₅₀ de l'huile essentielle de *Myrus communis* vis-a-vis l'*Aphis spiraecola*

II.7. Les analyses statistiques

Pour estimer les effets insecticides des huiles essentielles, une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée avec le nombre d'insectes morts en (Fonction des concentrations et du temps) à l'aide du logiciel SPSS version 26. La comparaison des moyennes de différentes huiles essentielles a été effectuée par le test de Tukey ($p < 0,05$).

II.8. Discussion générale

L'huile essentielle extraite à partir d'une plante méditerranéenne est testée pour ses effets insecticides à l'égard des pucerons (*Aphis spiraecola*). Cette étude est réalisée à travers l'évaluation de l'effet létal sur cet insecte (longévité) exposés aux différentes doses d'huiles et de l'effet sur leurs fonctionnements. De nombreux travaux ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur la longévité des pucerons.

A cause de leur volatilité importante, les HE et leurs constituants, essentiellement des monoterpènes, exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance de l'insect à différents stades de leur vie (Weaver et al., 1991 ; Konstantopoulou et al., 1992 ; Regnault-Roger et Hamraoui, 1994). Leurs efficacités varient en fonction du profil phytochimique des extraits des plantes et de la cible entomologique (Regnault-Roger et al., 2012). L'HE du *Myrtus communis* que nous avons testé semble avoir toutes un effet toxique sur la longévité d'*Aphis spiraecola*.

Des résultats similaires sont obtenus par Merrouche asma, Touati houda, Zemmar kawter en 2016, qui ont testé l'efficacité des HE extraites de trois plantes aromatiques (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*.

Ce qui nous intéresse l'effet insecticide de HE de *Myrtus communis*, Ils ont montré que l'extrait de *Myrtus communis* présente le taux de mortalités cumulées importants avec la valeur respective de 10% après 72h d'exposition. Nos résultats montrent aussi que l'extrait aqueux présente une activité larvicide efficace du *Myrtus communis* à l'égard des larves du troisième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens* avec un pourcentage de mortalité de 4%.

Des études similaires réalisées par Traboulsi et al. (2002) ont démontré l'activité insecticide de quatre plantes médicinales récoltées au Liban (*Myrtus communis*L., *Lavandul astoechas*L., *Origanum syriacum*L. et *Mentha microphylla*K.) Sur les larves de *Culex pipien smolestus* F. Les CL₅₀ obtenues étaient comprises entre 16 et 89 mg/l. Ainsi, notre traitement par l'extrait aqueux de *Myrtus communis* chez *Culex pipiens* affiche les même observations et révèle une DL₅₀ de 86.49 g/ pendant 24h d'exposition.

D'après notre étude HE de *Myrtus communis* a un effet insecticide plus efficace sur *Aphis spiraecola* que celui sur moustique *Culex pipiens*.

Conclusion générale

Conclusion générale

La flore Algérienne est riche en plantes aromatiques et médicinales et bon nombre d'entre elles sont des espèces endémiques pouvant être en tant que source de produit à forte valeur ajoutée.

Ces plantes par leur grande diversité, représentent un réservoir important de produits, notamment des huiles essentielles, ayant des activités diverses et par conséquent, pouvant avoir de multiples applications commerciales, tant dans la parfumerie et l'industrie alimentaire que dans les domaines pharmaceutiques et agronomique.

Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation des insecticides naturels. De nombreux chercheurs ont été intéressés par les composés biologiquement actifs isolés des extraits de plantes.

Afin de lutter contre le puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*), des nombreux travaux visent à chercher des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels extraites à partir de plantes médicinales. La présente étude vise à tester l'efficacité de l'huile essentielle de *Myrtus communis* vis-à-vis d'*Aphis spiraecola* (puceron vert des agrumes).

Pour répondre à cet objectif, une extraction de l'huile essentielle de *Myrtus communis* a été réalisé, afin d'évaluer sa toxicité sur les pucerons verts des agrumes, et ceci on appliquant trois différents tests ; inhalation, contact et ingestion.

Les trois tests de l'activité insecticides de l'huile essentielle de *Myrtus communis* a fait ressortir que l'insecte étudié a présenté une sensibilité importance vis-à-vis de l'extrait. En effet, les concentrations (0,8 et 1 μ l/ml) de l'huile essentielle ont conduit à la mortalité totale des pucerons verts et ceci après trois heures de traitements avec une DL₅₀, estimée à 0.017 μ l/ml. A travers cette étude et d'après les résultats satisfaisants obtenus ; on peut conclure que l'huile essentielle de *Myrtus communis* a présenté un effet insecticide remarquable à l'encontre du puceron vert des agrumes.

Dans la perspective de poursuivre et d'approfondir ce travail, il serait intéressant :

- ✓ De tester d'autres méthodes d'extractions et leurs influences sur la composition chimique et les activités biologiques ;

- ✓ D'approfondir l'analyse de la composition chimique des huiles essentielles, afin d'identifier les espèces chimiques responsables de leurs activités ;
- ✓ De tester les principaux composés et comparer leurs pouvoirs antimicrobiens avec ceux des extraits alcooliques ou aqueux ;
- ✓ D'évaluer ces résultats expérimentaux in vivo.

Bibliographie

Bibliographie

ALFORD, D.V., 2011 :Plant pests.Harper Collins, Londres, Royaume-Uni. Harper Collins Publishers Limited, 2011 ISBN : 0007338481,9780007338481.500p.

Amel Bouzabata. CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE PLANTE MÉDICINALE ET AROMATIQUE *MYRTUS COMMUNIS* L.. Sciences pharmaceutiques. Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie., 2015. Français. tel-01493134

Anonyme. (1998): Les agrumes. Bureau des Ressources Génétiques, plate-forme espèces tropicales et méditerranéennes

Anonyme(2012) :l'égère base de la production agrumicole en 2011/2012

Anonyme. (2006):Distribution map of Quarantine pests for Europe *Phaeoramularia angolensis*. EPPO.

ANONYMES., 1999 :Fiches phyto de la Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture. Page 4.

Anonyme, 2006 : Mémento de l'agronome. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Paris, France : 1691pp.

Biche M., 2012 :Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. Institut National de la Protection des végétaux et le ministère de l'agriculture et de développement durable et FAO 6,7 p

Boulfekhar-Ramdani H., 1998 : Inventaire des acariens des citrus en Mitidja. Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach 19, 30 - 39.

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

Brown M., Herbert A.A. 1997. Insect repellents: an overview. J. Am. Acad. Dermatol. 36: 243-249.

CHAUBET B., (1992): Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. Cour. Envir., (18) : 45-63.

Chiasson et Beloin, 2007. Prenatal insecticide exposures and birth weight and length among an urban minority cohort. *Environmental Health Perspectives* 112:1125–1132.

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.

Dedryver CA . (2010) :Les pucerons : biologie, nuisibilité, résistance des plantes. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques.23-26

D.S.A., 2018 :Bilan production annuelle des Agrumes à Mostaganem Direction des services agricoles la wilaya de Mostaganem

Elisabeth et Julien J., 2014 :Cultiver et soigner Les fruitiers. Ed. Sang de la terre et Eyrolles, Paris, 495 p.

El Otmani M., 2005 : Prodiure des agrumes en agriculture biologique. Ed. ITAB, Paris 3,4 pp

ESCLAPONG D. R., (1975): Les agrumes. Ed. La Somivac, Corse, n° 68, 12 p.

Evelyne T.A., Maurice H., Charles A.D., Bernard C., 2011 : Les pucerons des grandes cultures, cycle biologique et activité de vol. Edition Quae. ISBN: 978-2-7592-1026-8

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

Francois Maryline & Martine Georget, 2006 : P.B.I. en pépinière sous abri : cas du puceron vert des agrumes sur l'aurier-tin. *Phym-Revue Horticole*. N°485. Pages 31-34.

FRAVAL A., (2006) : les pucerons – 2e partie, *Insectes* N°142, Office pour les insectes et leur environnement, France, 3e trimestre 2006 : 27-30.

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

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.

I.T.A.F.V., 2013 : la culture des agrumes- Institut technique des arbres fruitière et des vignes

Loeillet(2010) : la production mondiale des agrumes ''les marchés mondiaux''

Loussert, R. (Ed.). (1989) : Les agrumes. 2-Production. Techniques agricoles méditerranéennes. Paris.

LOUSSERT R., (1989) :Les agrumes arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris, 113 p.

Loussert R., 1989 : Techniques agricoles méditerranéennes, les agrumes, l'agriculture Lavoisier, Paris . Vol I et II.

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

MERZOUG et HAFFARI 2017 : mémoire sur l' Etudes bioécologique de l'entomofaune de deux espèces d'agrumes (Oranger et citronnier) dans la région de Mostaganem p 12-30

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

Nicole C.M. 2002. Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae* 9(1): 5-9.

Praloran J.C ., 1971 : Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. 561 p

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: 145152p

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

Regnault-Roger C., Vincent C., Arnason J.T. 2012. Essential oils in insect control: low- risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology* 57: 405-424.

Regnault-Roger C., Hamraoui A. 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* 31: 291-299.

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

SCHIMMENTI E., BORSELLINO V. & GALATI A., 2013: Growth of citrus production among the Euro-Mediterranean countries: political implications and empirical findings. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11 (3), 561 - 577.

Scora, R. W. (1988): Biochemistry, taxonomy and evolution of modern cultivated citrus. Paper presented at the VIth International Citrus Congress.

Southgate B.J. 1979. Biology of the Bruchidae. *Annu. Rev. Entomol.* 24: 449-473.

Wannes et al., 2010. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management, *Journal of Pharmacognosy and phytotherapy* vol 5(1), 052-063

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

Wigglesworth, 1972. Assessing the risks and benefits of flowering field edges: strategic use of nectar sources to boost biological control. *Mémoire de Thesis, Wageningen University, Laboratory of Entomology, The Netherlands.*

https://lms.fun-mooc.fr/c4x/supagro/120001/asset/cycle_biologique_pucerons_explications_generales.pdf

Annexe

Annexe

Annexe 01

Table 12 : Rendement en huiles essentielles obtenus des deux plantes aromatiques (Originale, 2021).

Plante	Masse introduite (g)	Durée d'extraction (mn)	Volume de l'huile végétale récupéré (ml)	Rendement(%)
<i>Myrtus communis</i>	500	120	3,5	0.70

Les résultats des tests montrent une différence significative

Annexe 02

Table 13 : Taux de contact (%) (ANOVA).

ANOVA

Taux de contacte(%)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40337.600	5	8067.520	56.397	.000
Within Groups	3433.200	24	143.050		
Total	43770.800	29			

Annexe 03

Table 14 : Taux de repulsivité (%) (ANOVA).

ANOVA

Taux de repulsivité(%)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26630.649	5	5326.130	19.174	.000
Within Groups	6666.827	24	277.784		
Total	33297.476	29			

Annexe 04

Table 15 : Taux de fumigation (%) (ANOVA).

ANOVA

Taux de fumigation(%)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22625.357	5	4525.071	5.772	.001
Within Groups	18814.400	24	783.933		
Total	41439.757	29			

Annexe 05

Table 16 : Mortalité enregistrée des pucerons par test de contact.

	Tm-	Tm+	0,2 µ l/ml	0,4µ l/ml	0,6µ l/ml	0,8µ l/ml	1µ l/ml	1µ l/ml
30min	0	15,333	23,333	23,333	23,333	36,666	50	50
1h	0	20	33,333	40	50	60	70	70
2h	0	30	70	63,333	73,33	96,666	86,666	86,666
3h	0	63,333	100	86,666	100	100	100	100
4h	0	70	100	100	100	100	100	100
Moy	0	198,666	65,3332	62,6664	69,3326	78,6664	81,3332	81,3332

Annexe 06

Table 17 : Mortalité enregistrée des pucerons par répulsivité .

	Tm-	0,2 µ l/ml	0,4µ l/ml	0,6µ l/ml	0,8µ l/ml	1µ l/ml
5mn	0	40	53,333	73,33	66,67	73,33
30min	0	33,333	46,67	66,67	80	93,33
1h	0	40	80	73,33	73,33	93,33
2h	0	66,67	80	80	80	86,67
3h	0	100	100	100	100	100
Moy	0	56,0006	72,0006	78,666	80	89,332

Annexe 07

Table 18 : Mortalité enregistrée des pucerons par fumigation .

	30min	1h	2h	3h	4H	Moy
Tm-	0	0	0	0	0	0
0,2 µ l/ml	23,333	33,333	70	100	100	65,3332
0,4 µ l/ml	23,333	40	63,333	86,666	100	62,6664
0,6 µ l/ml	23,333	50	73,33	100	100	69,3326
0,8 µ l/ml	36,666	60	96,666	100	100	78,6664
01 µ l/ml	50	70	86,666	100	100	81,3332