

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux

Sujet

Etude de l'effet biocide des extraits aqueux de l'oranger (*Citrus sinensis*), du citronnier (*Citrus limon*), du clémentinier (*Citrus clementina*) et du pamplemoussier (*Citrus maxima*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera -

Présenté par : M^{elle} Sid Ali Zehira

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F.	Professeur	U.M.M.T.O.
Promotrice : M ^{me} BENOUFELLA-KITOUS K.	M.C.A.	U.M.M.T.O.
Co-promotrice : M ^{elle} BOUABIDA N.	Doctorante.	U.M.M.T.O.
Examinatrice: M ^{me} KHELFAANE-GOUCHEM K.	M.C.A.	U.M.M.T.O.

Promotion : 2018/2019

Remerciements

Avant tout je tiens à remercier le Dieu tout puissant de m'avoir donné la foi, la force, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Mes remerciements vont tout d'abord à ma promotrice Mme BENOUFELLA-KITOUS K., M.C.A. à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé et dirigé ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et les encouragements qu'elle m'a prodigués et le grand soutien et la confiance qu'elle m'a accordé pour la réalisation de cette étude.

Je remercie la Co-promotrice Melle BOUABIDA N. Doctorante à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour son aide.

Je tiens à remercier vivement Mme MEDJDOUB-BENSAAD F. Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir honoré ce jury en acceptant de le présider.

Je tiens également à remercier Mme KHELFANE-GOUCEM K. M.C.A. à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui a accepté d'évaluer et de juger ce travail.

Mes sincères remerciements s'adressent à Melle LAOUDI T. Doctorante à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour son aide dans l'analyse statistique

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à:

Mes très chers parents, qui peuvent être fiers et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit.

Mes chères sœurs

Mes chers frères

Toute ma famille

*Mon cher mari **BRAHIM** et toutes ma belle famille*

*Ma petite fille adorée **ALAA***

Tous mes amis sans exception;

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis **MERCI**.*

Zehira

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Chapitre I : Généralités sur la plante hôte : *Vicia faba*

1. Position systématique	03
2. Description de la fève	03
2.1 Appareil végétatif	03
2.1.1. Racine	03
2.1.2. Tige	03
2.1.3. Feuilles	04
2-2- Appareil reproducteur	04
2-2-1- Fleurs	04
2-2-2- Fruit	04
2-2-3- Graines	04
3. Cycle biologique	04
3-1- Phase de germination	04
3-2- Phase de développement végétatif	06
3-3- Phase de reproduction	06
4. Intérêts de la fève	06
4-1- Intérêts agronomiques	06
4-2- Intérêts alimentaires	06
5- Situation économique de la culture	07
5-1- Dans le monde	07
5-2- En Algérie	07
5-3- A Tizi-Ouzou	08
6. Contraintes de la culture de fève	08

Chapitre II : Généralités sur le ravageur : *Aphis fabae*

1. Classification d' <i>Aphis fabae</i>	14
2. Description d' <i>Aphis fabae</i>	14
3. Biologie et cycle de vie	15
4. Dégâts causés par <i>Aphis fabae</i>	16
4-1- Dégâts directs	16
4-2- Dégâts indirects	16

Sommaire

5. Moyens de lutte	16
5-1- Lutte préventive	17
5-2- Lutte curative	17

Chapitre III : Matériel et méthodes

1-Etude de l'effet biocide des extraits aqueux	21
1.1.Matériel d'étude	21
1.1.1.. Matériel de laboratoire	21
1.1.2. Matériel biologique	21
1.2. Méthodes expérimentales	25
1.2.1. Dispositif expérimental	25
1.2.2. Méthode d'obtention des plantes de fève	25
1.2.3. Méthode d'infestation des plants de fève	25
1.2.4. Méthode d'obtention des extraits végétaux.....	26
1.2.5. Préparation des doses	28
1.2.6. Application du traitement.....	28
1.2.7. Dénombrement de la population d' <i>A. fabae</i>	29
1.3.Exploitation statistique des résultats	29
2. Analyses qualitative et quantitative de la composition des quatre extraits testés	29
2-1- Matériels d'étude	30
2-2- Méthodes expérimentales	30
2.2.1. Analyse qualitative des extraits testés (Screening phytochimique)	30
2.2.2. Analyse quantitative des composés phénoliques.....	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats	34
1-1- Etude de l'effet biocide des extraits aqueux	34
1.1.1. Effet de la dose sur l'efficacité de l'extrait sur les populations d' <i>A. fabae</i>	34
1.1.1.1. Extrait de citronnier.....	34
1.1.1.2. Extrait de clémentinier	35
1.1.1.3. Extrait d'oranger.....	35
1.1.1.4.Extrait de pamplemoussier	36
1.1.2. Effet du temps sur l'efficacité de l'extrait sur les populations d' <i>A.fabae</i>	37
1.1.2.1.Extrait de citronnier	37
1.1.2.2. Extrait de clémentinier	38
1.1.2.3. Extrait d'oranger.....	39

Sommaire

1.1.2.4.Extrait de pamplemoussier	40
1.1.3. Effet de la nature de l'extrait sur les populations d' <i>A. fabae</i>	41
1-2- Etude la composition des plantes testées	42
1-2-1- Analyses qualitative et quantitative de la composition des quatre extraits testés	42
1-2-2- Analyse quantitative des polyphénols totaux des extraits méthanoliques	45
1-2-2-1- Dosage spectrale des polyphénols totaux	45
2. Discussion	46
Conclusion	49
Références bibliographiques	51
Annexe	

Listes des figures

Figure 1 : Appareils végétatif et reproducteur de <i>V. faba</i> (ORIGINALE, 2019).....	05
Figure 2 : Principales maladies fongiques de la fève (ORIGINALE, 2019).....	11
Figure 3 : Insectes ravageurs de la fève (FRAVAL, 2006).....	12
Figure 4 : Colonies du puceron noir de la fève (ORIGINALE, 2019).....	13
Figure 5 : Formes aptère et ailée d' <i>Aphisfabae</i> (MERADSI, 2009).....	14
Figure 6 : Cycle biologique d' <i>Aphisfabae</i> (FRAVAL, 2006).....	16
Figure 7 : Prédateurs de pucerons (HAZEM, 2010)	19
Figure 8 : Principaux parasitoïdes d' <i>Aphisfabae</i> (FRAVAL, 2006)	20
Figure 9 : Pucerons noirs de la fève <i>Aphisfabae</i> (ORIGINALE, 2019).....	22
Figure 10 : Graines de la variété Aguadulce (ORIGINALE, 2019).....	22
Figure 11 : Morphologie de l'oranger (ORIGINALE, 2019).....	23
Figure 12 : Morphologie du citronnier (ORIGINALE, 2019)	24
Figure 13 : Morphologie du clémentinier (ORIGINALE, 2019).....	24
Figure14 : Morphologie du pamplemoussier (ORIGINALE, 2019).....	25
Figure 15 : Semis et levée des graines de fève (ORIGINALE, 2019)	26
Figure 16 : Méthode d'infestation des plants de fève par les pucerons (ORIGINALE, 2019).....	26
Figure 17 : Méthode d'obtention des extraits végétaux (ORIGINALE, 2019).....	27
Figure 18 : Préparation des doses (ORIGINALE, 2019)	28
Figure 19 : Application du traitement (ORIGINALE, 2019).....	28
Figure 20 : Dénombrement des pucerons (ORIGINALE, 2019)	29
Figure 21 : Infusé à 5 % (ORIGINALE, 2019).....	30
Figure 22 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités aux 5 doses d'extrait de citronnier par voie de contact.....	34
Figure 23 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités aux 5 doses d'extrait de clémentinier par voie de contact.....	35
Figure 24 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités aux 5 doses d'extrait d'oranger par voie de contact.....	36
Figure 25: Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités aux 5 doses d'extrait de pamplemoussier par voie de contact.....	37

Figure 26 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités à l'extrait de citronnier par voie de contact, en fonction du temps après traitement	38
Figure 27 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités à l'extrait de clémentinier par voie de contact, en fonction du temps après traitement	39
Figure 28 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités à l'extrait d'oranger par voie de contact, en fonction du temps après traitement.....	40
Figure 29 : Mortalité des individus d' <i>A. faba</i> traités à l'extrait de pamplemoussier par voie de contact, en fonction du temps après traitement	41
Figure 30 : Variation du taux de mortalité selon les extraits (citronnier, clémentinier, oranger et pamplemoussier) appliqués par voie de contact sur les populations aphidiennes.....	42
Figure 31 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique ug /ml	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la superficie et de la production de la fève en Algérie (FAO, 2016)	07
Tableau 2 : Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONYME, 2018).....	08
Tableau 3 : Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONYME, 2018).....	42
Tableau 4 : Résultats des réactions de Caractérisation phytochimique des quatre extraits végétaux	43
Tableau 5 : Concentration des polyphénols des extraits méthanoliques.....	46

Introduction

Introduction

Les légumineuses font partie de l'alimentation traditionnelle et constituent la principale source de protéines, disponible localement dans les pays en voie de développement. Elles présentent une grande importance alimentaire, économique et agronomique. Parmi ces légumineuses figurent les haricots, les pois chiches, les fèves (dont les féveroles) et les lentilles.

En Algérie, la fève occupe la première place parmi les légumineuses en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et de ses divers usages. Elle est principalement pratiquée dans les plaines côtières et de l'intérieur. 50% de la superficie réservée à cette culture est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain Témouchent et Biskra (MERADSI, 2009).

Cette légumineuse alimentaire constitue une très grande source de protéines végétales qui peut corriger le déficit en protéines animales (DAOUI, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté.

Malgré la stimulation et les encouragements accompagnant la culture de la fève, cette dernière est sujette à de nombreuses attaques d'ordre abiotiques comme le froid hivernal, les gelées printanières, la chaleur, la salinité et biotiques, à savoir les maladies fongiques, les plantes parasites et les insectes ravageurs, réduisant les récoltes à un niveau considérable (MAATOUGUI, 1996).

Parmi les insectes, les pucerons sont considérés comme l'un des principaux groupes de ravageurs des cultures maraichères. Ils causent des dégâts directs en se nourrissant de la sève phloémienne et provoquent des décolorations et des déformations des feuilles et/ou des fruits. Les dégâts indirects sont dus à la transmission des virus (BONNEMAIN et CHOLLET, 2003).

L'impact des aphides sur les cultures est déterminé d'une part, par leur taux de multiplication rapide grâce à l'alternance de plusieurs générations parthénogénétiques avec une seule génération sexuée au cours de leur cycle évolutif. D'autre part, par leur mode de dispersion produisant des ailés qui colonisent d'autres plantes hôtes (TAGU *et al.*, 2004).

La lutte contre ces ravageurs des cultures est basée sur l'utilisation des produits chimiques. Ces derniers entraînent des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune auxiliaire et les animaux ainsi que des effets délétères sur la santé humaine (CHANDRASHEKAR et SRINIVASA, 2003).

Afin de palier à ces inconvénients, plusieurs chercheurs se penchent actuellement sur des moyens de lutte biologique dans le but de limiter les pullulations et la nocivité des divers ennemis des cultures (SAHARAOUI et HEMPTINNE, 2009).

Introduction

Dans cette optique, la valorisation des plantes à effet insecticide prend de plus en plus d'ampleur au niveau des programmes de recherche dans le monde et particulièrement en Afrique. Les plantes sont exploitées sous plusieurs formes afin de limiter les pertes des récoltes, soit entière, soit sous forme de poudre végétale, d'huile essentielle, d'huile végétale ou d'extrait aqueux.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, dont l'objectif est d'évaluer l'effet insecticide de quatre extraits végétaux sur le puceron noir de la fève qui sont prélevés à partir des feuilles de quatre espèces d'agrumes, à savoir le citronnier (*Citrus limon*), l'oranger (*Citrus sinensis*), le clémentinier (*Citrus clementina*) et le pamplemoussier (*Citrus maxima*).

Après cette introduction générale, plusieurs parties sont à distinguer dans notre travail. Le chapitre I présente la plante hôte (*Vicia faba*). Le chapitre II concerne l'insecte ravageur *Aphis fabae* Scopoli, 1763. Le chapitre III est consacré à la méthodologie de travail. Le chapitre IV présente les résultats obtenus et la discussion de ces derniers. Nous terminons ce travail par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

Chapitre I

*Généralités sur la plante hôte : *Vicia faba**

Vicia faba Linné est la culture qui fait partie de nos systèmes agraires depuis longtemps dans différentes zones agricoles du pays. En Algérie, la fève est parmi les plus importantes légumineuses alimentaires (BOUZNAD *et al.*, 2001). Elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée (DRIDI *et al.*, 2011).

1-Position systématique

D'après DAJOZ (2000), la fève est classée comme suit :

Règne	Plantes
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Caliciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées
Sous-famille	Papilionacées
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce	<i>Vicia faba</i> L.

2-Description de la fève

La fève est une plante herbacée diploïde ($2n = 12$ chromosomes) et partiellement allogame (WANGETAL., 2012).

2-1-Appareil végétatif

L'appareil végétatif de la fève est constitué par les racines, la tige et les feuilles.

2-1-1- Racines

Selon DUC (1997), le système racinaire de *V. faba* est formé par une racine principale pivotante, puissante, et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium leguminosarum*) (Fig.1a)

D'après CHAUX et FOURY (1994), le système racinaire de la fève peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres.

2-1-2- Tige

La tige est simple, dressée, creuse, de section quadrangulaire, sans ramifications, se dressant à plus d'un mètre de haut (PERON, 2006).

2-1-3- Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées et constituées par 2 à 4 paires de folioles amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre (Fig. 1b), accompagnées de deux larges stipules (CHAUX et FOURY, 1994).

2-2- Appareil reproducteur

L'appareil reproducteur de la fève est constitué par les fleurs, les fruits et les graines.

2-2-1- Fleurs

Les fleurs, grandes de 2 à 3 cm de long, apparaissent en petites grappes de 3 à 8 à l'aisselle d'une feuille (BOYELDIEU, 1991). Elles sont de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron (PERON, 2006) (Fig. 1c)

2-2-2- Fruit

Le fruit est une gousse large, plus ou moins longue (15 à 30 cm) qui contient un nombre très variable de graines (4 à 9) (PERON, 2006).

À l'état jeune, la gousse est verte et dressée, puis retombe lors de la maturation du grain (Fig. 1d). Enfin d'évolution, elle se ride et prend une coloration noire.

2-2-3- Graines

La graine est charnue, verte à l'état jeune puis d'un brun-rouge à maturité, aplatie et à contour arrondi (PERON, 2006). Son poids varie entre 0,9 g et 2,05 g (CHAUX et FOURY, 1994).

La graine possède un hile clair ou de couleur noir parfois entouré de taches de couleur marron (DUC, 1997) (Fig. 1e).

3- Cycle biologique

D'après LAUMPNIER (1979 *in* BITOUCHE, 2015), la fève est une plante annuelle et parfois bisannuelle accomplissant son cycle phénologique en 24 à 28 semaines (5 à 7 mois). Son développement est caractérisé par trois phases distinctes :

3-1- Phase de germination

La germination est hypogée pour la fève car les cotylédons restent dans le sol et la radicle apparaît en premier, suivie par la tigelle. Elle dure de 6 à 12 jours (PATRICK, 2008).



a-

Racines de *V. faba*-Tige et feuilles de *V. faba*



c-Fleurs de *V. faba*-Gousses de *V. faba*



e- Graines de *V. faba*

Figure1 : Appareils végétatif et reproducteur de *Vicia faba* (ORIGINALE, 2019)

3-2- Phase de développement végétatif

Selon PATRICK (2008), la fève est une plante à croissance indéterminée. Cette phase dure de 40 à 60 jours durant laquelle il y'a apparition de la racine, des tiges et enfin des feuilles. La fertilité d'un nœud dépend de l'activité photosynthétique des feuilles, de la formation et du développement des nodosités.

3-3- Phase de reproduction

La phase reproductrice est caractérisée par l'apparition des nœuds au début et par la floraison qui s'étale sur une longue période cumulée. Il existe un chevauchement de la phase de formation du nombre de grains avec celle du remplissage. Ainsi, des gousses à des stades très variables de bas en haut de la plante et des gousses au cours de remplissage peuvent se retrouver en même temps. La formation de la feuille cesse dès la maturité des fruits. Le taux de fécondité varie selon les conditions pédoclimatiques (PATRICK, 2008).

4- Intérêts de la fève

4-1- Intérêts agronomiques

Comme toutes les légumineuses alimentaires, *V.faba* contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisant dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (KHALDI et al., 2002).

Les racines de *V.faba* vivent en symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, leur permettant de fixer l'azote atmosphérique et d'enrichir ainsi le sol en azote, ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (SILLER et al., 2010).

Selon HAMADACHE (2003), la fève améliore la structure du sol par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

LOPEZ-BELLIDO et al. (2005) rapportent que *V.faba* joue un rôle dans la rotation des cultures améliorant ainsi la fertilité du sol et réduisant l'incidence des mauvaises herbes, des maladies et des insectes ravageurs.

4-2- Intérêts alimentaires

La fève est l'une des légumineuses à graines les plus communes, utilisée pour la consommation humaine et animale (GOYOGA et al., 2011). Elle a une teneur en protéines élevée et est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc) (GORDON, 2004). Elle constitue également une source considérable d'énergie (344 Kcal/100g) (CAIEB et al., 2011).

5- Situation économique de la culture

5-1- Dans le monde

Selon CHAUX et FOURY (1994), la culture de la fève est pratiquée dans tous les pays tempérés, notamment sur le pourtour de la méditerranée. Sa culture dans le monde, couvrait en 1994 une superficie de 4,7 millions d'hectares. Selon la FAO (2019), la Chine est le premier pays producteur mondial de fève avec une production de 1803019 millier de tonnes en 2017, suivie par l'Éthiopie (943964). L'Algérie est positionnée au 13^{ème} rang avec 40507 tonnes.

5-2- En Algérie

La fève est cultivée sur l'ensemble des zones agro écologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures et les hauts plateaux (FELIACHI, 2002).

D'après MAATOUGUI (1996), plus de 80% de la superficie de fèves est cultivée dans les zones de plaines côtières et intérieures, où les pluviométries annuelles moyennes sont respectivement de 613 et 533 mm/an. Leur faible importance dans les zones arides est due au froid et à la sécheresse terminale au niveau des hauts plateaux, et à la faiblesse des ressources hydriques dans les zones sahariennes. Selon le même auteur, la consommation de la fève en Algérie se fait beaucoup plus en gousses fraîches qu'en graines sèches, ce qui influe sur les niveaux de rendements en grain.

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 2006-2016 sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Evolution de la superficie et de la production de la fève en Algérie (FAO, 2016).

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2006-2007	31284	279735	8,9
2007-2008	30688	235210	7,7
2008-2009	32278	364949	11,3
2009-2010	34210	366250	10,7
2010-2011	37090	379820	10,2
2011-2012	36835	405070	11
2012-2013	37668	423860	11,2
2013-2014	37499	413889	11
2014-2015	39977	448070	11,2
2015-2016	35147	375980	10,7
Moyenne	35267,6	369283,3	10,39

D'après le tableau 1, la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 35267,6 ha. Elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne de dix années est de 369283,3 qx. Nous

constatons également des fluctuations du rendement qui présente une moyenne de 10,39 qx/ha.

5-3- Dans la wilaya de Tizi-Ouzou

Comme dans la plupart des régions d'Algérie, la culture de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou s'étend sur de grandes superficies.

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou, pour la décennie 2007-2017 sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONYME, 2018).

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2007-2008	675	7440	11,02
2008-2009	727	8415	11,57
2009-2010	803	10222	12
2010-2011	819	10016	12
2011-2012	835	11644	14,50
2012-2013	894	11313	13
2013-2014	772	9840	13
2014-2015	467	6113	13
2015-2016	505	7404	15
2016-2017	518	7570	15
Moyenne	701,5	8997,7	13,009

D'après le tableau 2, la superficie moyenne réservée à la culture de la fève dans la wilaya Tizi-Ouzou durant la décennie 2007-2017 est de 701,5ha. Elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi et dont la moyenne est de 8997,7 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement qui présente une moyenne de 13,009 qx/ha.

6- Contraintes de la culture

6-1- Contraintes culturelles

Selon ZAGHOUANE (1991), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- L'insuffisance de contrôle des mauvaises herbes,
- L'absence de mécanisation,
- Les semences de mécanisation sont souvent vectrices de plusieurs maladies,
- L'indisponibilité de semences certifiées,
- Les prix exorbitant et indisponibilité des intrants, tels que les fertilisants, les herbicides et les pesticides.

6-2- Contraintes socio-économiques

La culture de la fève impose des charges de mains d'œuvres élevées. De plus, les prix à la production offerte aux agriculteurs sont insuffisants pour que cette culture soit vue comme profitable. De même que très peu d'efforts financiers sont consentis pour cette culture par les agriculteurs qui ont en fait en culture marginalisée (MAATOUGUI, 1996).

6-3- Contraintes abiotiques

6-3-1- Froid hivernal et gelées printanières

D'après MAATOUGUI (1996), les gelées printanières et le froid hivernal provoquent la coulure des fleurs et aussi la mortalité des plantes sur les hauts plateaux et parfois sur les plaines intérieures.

6-3-2- Sécheresse terminale

La sécheresse, caractéristique structurelle du climat sur les hauts plateaux et les plaines littorales à sol léger, constitue le stress abiotique le plus important, pour l'instabilité et la production de la fève (EL BOUHAMDY et SADIKI, 2002).

6-3-3- Chaleur

La chaleur est la contrainte la plus néfaste dans les zones sahariennes ainsi que dans les hauts plateaux et les plaines intérieures à cause du sirocco (MAATOUGUI, 1996).

6-3-4- Salinité

Le problème de salinité est exprimé surtout en zones sahariennes où la fève est arrosée avec les eaux chargées en sodium. L'effet du sel sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol réduit la productivité (MAATOUGUI, 1996).

6-4- Contraintes biotiques

La fève subit sévèrement les attaques de nombreuses maladies fongiques et virales ainsi que les attaques des ravageurs

6-4-1- Maladies fongiques

6-4-1-1- Rouille

Selon SILLERO et al. (2010), *Uromyces viciaefabae* est le champignon en cause de la rouille chez la fève, c'est l'une des maladies les plus sévères dans le monde.

La rouille se distingue par la présence sur les deux faces de la feuille de nombreuses petites pustules de forme ovale, de couleur marron, de 1 mm de diamètre qui se développent à la surface des folioles, de la tige et des gousses (Fig. 2a) (STODDARD et al., 2010).

6-4-1-2- Taches chocolat

Les taches chocolat est l'une des maladies les plus destructives affectant la fève. Elle est causée par un champignon *Botrytis fabae* qui est présent près de toutes les zones de culture de la fève. Les premiers symptômes sont des tâches de couleur brun foncé entourées par un anneau de couleur brun orangé sur les feuilles, les fleurs et les tiges (Fig. 2b). Ce champignon cause une défoliation et peut tuer la plante en seulement 2 jours (STODDARD *et al.*, 2010).

6-4-1-3-Anthraxose ou ascochytose

L'ascochytose est une maladie causée par un champignon *Ascochyta fabae* qui peut entraîner jusqu'à 90% de pertes de rendement. Ce champignon attaque les gousses, les feuilles et les tiges des plantes. Les dégâts sont une réduction de la surface photosynthétique, l'avortement des gousses et l'infestation des graines (SILLERO *et al.*, 2010). Cette maladie se caractérise par des lésions de couleur grise, présentant un anneau distinctif de couleur noire sur les feuilles et les tiges (Fig. 2c) (STODDARD *et al.*, 2010).

6-4-2- Maladies virales

D'après KUMARI et VAN LEUR (2011), les principales maladies virales de la fève sont :

- La mosaïque jaune du haricot (bean yellow mosaic virus : BYMV) transmise par les pucerons selon le mode non persistant et par les semences.
- Le virus de l'enroulement des feuilles du haricot (bean leaf roll virus : BLRV) transmis par les pucerons mais pas par les semences.
- Le virus des taches de la fève (broad bean stain virus : BBSV) transmis par les coléoptères selon le mode non persistant.
- Le virus jaune nécrotique de la fève (fabae bean necrotic yellow virus : FBNYV) transmis par les pucerons selon le mode persistant.



a- Symptômes de la rouille *Uromyces fabae* b- Symptômes du botrytis (*Botrytis*) sur les feuilles *Vicia faba*



c- Symptômes de l'anthracnose (*Ascochyta fabae*) sur les feuilles de *Vicia faba*

Figure 2 : Principales maladies fongiques de la fève (ORIGINALE, 2019)

6-4-3-Ravageurs

6-4-3-1- Nématodes

Parmi les espèces de nématodes affectant la fève, le nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) est le plus fréquent et le plus destructif. Les symptômes causés par ce nématode sont la limitation du développement de la culture, la décoloration des tiges et nécroses sur les entrenœuds avec déformation des feuilles, l'éclatement des gousses et le rabougrissement de la plante (ABBED-ANDALOUSSI, 2001).

6-4-3-2- Insectes

Les principaux insectes ravageurs de la culture de la fève sont :

6-4-3-2-1-Sitone du pois *Sitona lineatus* Linnaeus, 1758

Selon RACHEF et al. (2005), les sitones (Coleoptera, Curculionidae) sont des petits insectes très allongés de couleur grise, dont la dimension varie entre 2 et 8 mm (Fig. 3a). Les adultes se nourrissent du feuillage des plantules en provoquant des encoches semi circulaires. Les larves vivent sous terre et se nourrissent des nodosités fixatrices d'azote sur les racines de la fève (AVERSENQ et al., 2008).

6-4-3-2-2- Bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boheman, 1833

Les bruches (Coleoptera, Chrysomelidae) sont des ravageurs qui attaquent toutes les superficies cultivées en fève en Algérie (RACHEF et al., 2005). Il occasionne d'importants dégâts où plus de 64 % des graines peuvent être infestées (Fig. 3b). Les adultes pondent des œufs sur les gousses. La larve creuse un petit trou à travers la gousse et entre dans la graine en développement où va se dérouler son cycle de vie (WEIGAND et BISHARA, 1991).



Adulte de la Sitone du pois *Sitona lineatus* a- Adulte du bruche de la fève
(FRAVAL, 2006) *Bruchus rufimanus* (FRAVAL, 2006)

Figure 3 : Insectes ravageurs de la fève (FRAVAL, 2006)

6-4-3-2-3- Puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763

Aphis fabae est l'un des ravageurs les plus importants de plusieurs cultures à travers le monde. Il provoque l'enroulement et la chute des feuilles, la diminution du nombre de grains par gousse et du poids des grains ainsi que le dessèchement et la chute des feuilles. Il peut également transmettre plus de 30 virus pathogènes (BLACKMAN et EASTOP, 2007).



Figure 4 :Colonies du puceron noir de la fève *Aphis fabae*(ORIGINALE, 2019)

Chapitre II

*Généralités sur le ravageur : *Aphis fabae**

Les pucerons constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde (HULLE et *al.*, 1998). Plus de 4000 espèces de pucerons sont connus, ils sont phytophages (ALFORD, 1994) et colonisent la plupart des plantes à fleurs, ainsi que les conifères, les mousses et les fougères (HULLE et *al.*, 1998).

1- Classification d'*Aphis fabae*

D'après RAMAUNDIERE et RAMAUNDIERE (1997), *A. fabae* se classe comme suit :

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insectes
Super-ordre	Hémiptéroïdes
Ordre	Homoptères
Famille	Aphides
Genre	<i>Aphis</i>
Espèce	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763

2- Description d'*Aphis fabae*

A. fabae sous sa forme aptère mesure environ 2 mm. Le corps est trapu, noir à verdâtre, avec trois paires de taches blanches cireuses sur l'abdomen (TURPEAU et *al.*, 2011) (Fig. 5a) . L'ailé a une forme plus élancée que l'aptère, il mesure entre 1,6 et 2,3 mm de long (BENOUELLA-KITOUS, 2005). Il possède des antennes courtes, de longueur environ les deux tiers du corps. L'abdomen est foncé avec des taches blanches et des sclérites marginaux noirs (Fig. 5b). Les cornicules sont courtes et noires. les cauda est courte, trapue et noire (TURPEAU et *al.*, 2001).



a- Forme aptère d'*Aphis fabae*



b- Forme ailée d'*Aphis fabae*

Figure 5 : Formes aptère et ailée d'*Aphis fabae* (MERADSI, 2009)

3- Biologie et cycle de vie

L'une des plus remarquables caractéristiques des pucerons est leur polymorphisme lié à leur cycle de vie souvent compliqué, où peuvent succéder sur des plantes fort différentes des formes aptères et des ailées (RAVAL, 2006).

D'après RABATEL(2011), le cycle de vie des pucerons témoigne de l'étonnante plasticité adaptative de ce groupe d'insectes, caractère qui contribue de manière considérable à leur succès en tant que ravageurs des plantes.

Selon FREDON (2008), les pucerons sont des insectes à métamorphose incomplète (hétérométabole). Pour grandir, ils subissent des mues et passent par 4 stades larvaires.

TURPEAU et *al.*, (2011) affirment que la plupart des espèces de pucerons présentent, au cours de leur cycle évolutif, une génération d'individus sexués (mâle, femelle) alternant avec une ou plusieurs générations se multipliant par parthénogenèse et constituée uniquement de femelles.

Au printemps, les œufs éclosent et donnent naissance à des femelles (les fondatrices) qui se reproduisent par parthénogénèse. Les fondatrices sont vivipares et sont à l'origine d'une succession de générations composées de femelle parthénogénétiques appelées fondatrigènes qui se développent au cours du printemps jusqu'au début de l'été (Fig. 6). Les fondatrigènes ailées quittent la plante sur laquelle elles se sont développées et vont s'alimenter sur d'autres végétaux de la même espèce ou d'espèces différentes (HULLE et *al.*, 1998).

En automne, la diminution de la température, de la durée de jour et de la qualité de la plante induit le retour des ailés vers leur hôte primaire et l'apparition de femelles capables d'engendrer des sexués. Ces sexupares produisent des mâles (andropares) ou des femelles (gynopares) ou les deux (amphotères)(LABRIE, 2010). Généralement, le mâle est ailé et la femelle est aptère. Cette femelle, pond un œuf, l'œuf d'hiver. Ces œufs éclosent au printemps suivant et le cycle recommence (KLASS, 2009 *in* BAKROUNE, 2012).

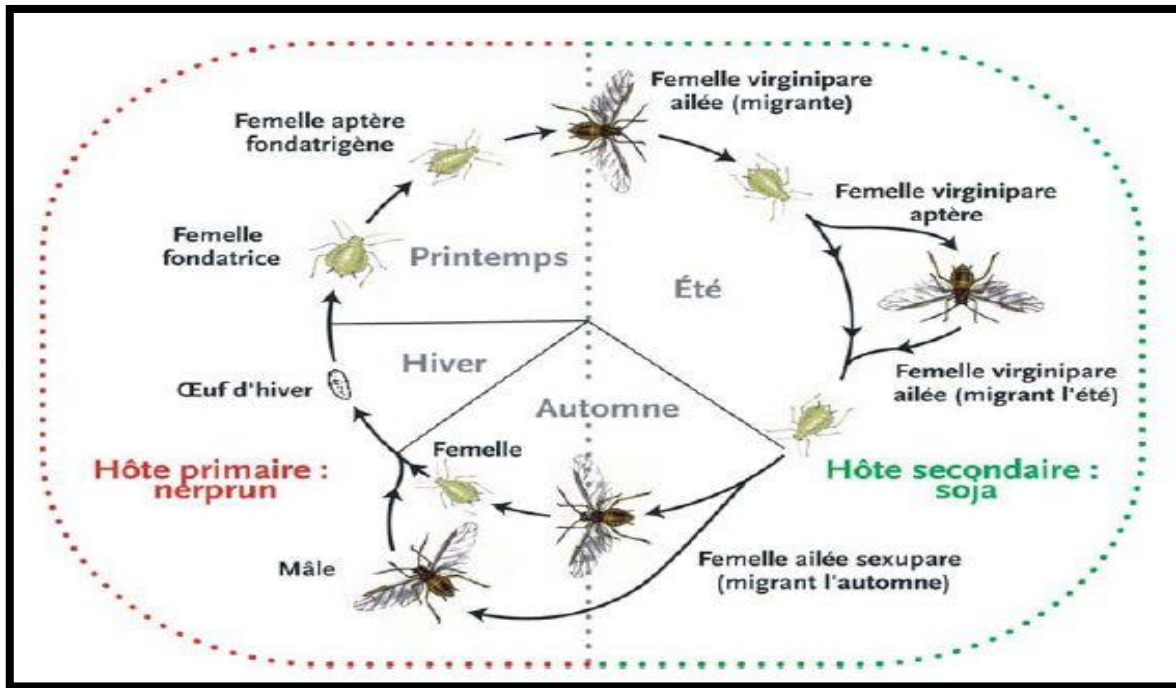


Figure 6 : Cycle biologique d'*Aphisfabae* (FRAVAL, 2006)

4- Dégâts causés par *A. fabae*

Les dégâts peuvent être directs ou indirects :

4-1- Dégâts directs

D'après TURPEAU et *al.* (2010), les pucerons occasionnent des dégâts directs, liés au prélèvement de sève et à la toxicité de la salive. Le premier entraîne le flétrissement des plantes, une moindre croissance et une mauvaise fructification. Quant à la toxicité, elle provoque la destruction, la déformation, la décoloration des tissus végétaux et un avortement des fleurs (CHARBONNAUD et *al.*, 2011). D'importantes pertes de rendement et une altération de la qualité des produits végétaux comme les fruits sont les conséquences économiques de ces infestations (RABATEL, 2011).

4-2- Dégâts indirects

Les aphides sont également responsables de dégâts indirects. D'une part, par la production de miellat qui est à l'origine du développement de la fumagine. D'autre part, par la transmission de virus.

4-2-1- Miellat et fumagine

Le miellat est une substance qui 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. Elles souillent également les parties consommables (fruits) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (GIORDANENGO et *al.*, 2010).

4-2-2- Transmission de virus

Les pucerons sont responsables de dégâts indirects assez importants en véhiculant des virus phytopathogènes (HARMEL et *al.*, 2010). Le plus connu est le BLRV (Broad Leaf Roll Virus), mais il ya également le virus des taches nécrotiques (Broad Bean Stain Virus ou BBSV) (CHARBONNAUD et *al.*, 2017). Par cet aspect, les pucerons se montrent beaucoup plus nuisibles que par le prélèvement de sève (LECOQ, 1996).

5- Moyens de lutte

5-1- Lutte préventive (culturelle)

La lutte préventive se base sur les différentes pratiques culturelles pouvant réduire les dégâts tels que la détermination d'une date de semis et de récolte adéquate, la rotation des cultures et le semis d'une plante qui serait attrayante pour les pucerons (SULLIVAN, 2007 *in* KHELOUI, 2012).

5-2- Lutte curative

5-2-1- Lutte chimique

Aujourd'hui l'utilisation de produits chimiques reste le moyen le plus largement utilisé et le plus efficace pour réduire les dégâts des insectes sur cultures (FERRERO, 2009). Ces insecticides doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile. En plus, ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Le choix doit porter sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles (DEDRYVER, 2010).

5-2-2- Lutte physique

La lutte physique se base sur l'élimination du ravageur ou la détérioration physique de l'environnement de manière à le rendre inhospitalier ou inaccessible pour le ravageur, tels que le désherbage mécanique ou thermique et la désinfection à la vapeur (KUMAR, 1991).

5-2-3- Lutte biologique

La lutte biologique peut se faire par l'utilisation des ennemis naturels (les prédateurs et les parasitoïdes) et des bio-insecticides.

5-2-3-1- Ennemis naturels

5-2-3-1-1- Prédateurs

D'après GEORCRET et SCHEROM(1995), les principaux prédateurs sont :

- Les coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) qui sont polyphages et très voraces. Elles sont présentes en grand nombre et prédatrices de pucerons au stade adulte et aux quatre stades larvaires (JEAN, 2010) (Fig. 7a, Fig. 7b).
- Les chrysopes (Neuroptera, Chrysopidae) dont les larves sont extrêmement voraces et luttent efficacement contre les pucerons. Elles peuvent manger jusqu'à 500 pucerons par jour (ANONYME, 2012) (Fig.7c, Fig. 7d).
- Les syrphes (Diptera, Syrphidae) qui sont des agents de lutte biologique efficaces contre les pucerons (Fig.7e, Fig.7f).

5-2-3-1-2- Parasitoïdes

Les parasitoïdes se différencient des prédateurs en présentant une phase libre. Les stades œuf, larve et nymphe sont parasites tandis que l'adulte est libre (ABBOU, 2012). Il s'agit d'insectes appartenant à l'ordre des Diptères et des Hyménoptères (BOUALAM et *al.*, 2014). Ils peuvent être ectoparasites (à l'extérieur de leur hôte) ou endoparasites (à l'intérieur de leur hôte). Ils sont solitaires (un individu par hôte) ou grégaires (plusieurs individus par hôte) (PINTUREAU, 2001) (Fig. 8).

5-2-3-2- Bio-insecticides

La lutte biologique basée sur l'utilisation des extraits végétaux est une des possibilités envisagées pour réduire l'utilisation des produits chimiques. D'après HAMDANI(2012), les produits extraits à partir des végétaux sont utilisés comme bio pesticides contre les ravageurs. Le pyrèthre, molécule issue de la plante de chrysanthème *chrysanthemumcinerifolium*, agit par contact en paralysant les pucerons (LAMBERT, 2005). Le traitement se fait par pulvérisation de l'ensemble du feuillage et l'opération est répétée jusqu'à la mort totale des pucerons (LAMBERT, 2010).



a- Adulte de Coccinelle



b-Larve de coccinelle du 4 ème stade larvaire



c-Adulte de Chrysope



d- Larve de Chrysope



e-Adulte de syrphe



f- Larve de syrphe

Figure 7 : Prédateurs de pucerons (HAZEM, 2010)



a- Adulte d'*Aphis colemani*



b- Adulte d'*Aphelinus abdominalis*



c- Puceron parasité par *Praon* spp.

Figure 8 : Principaux parasitoïdes d'*Aphis fabae* (FRAVAL, 2006)

Chapitre III :
Matériels et méthodes

L'objectif de cette étude est d'une part, tester l'effet biocide par pulvérisation de quatre extraits végétaux obtenus à partir des feuilles d'oranger, de citronnier, de clémentinier et de pamplemoussier à l'égard du puceron noir de la fève *A.fabae*. D'autre part, déterminer la composition chimique des quatre plantes testées. L'expérimentation est réalisée au niveau du laboratoire de production, amélioration et protection des végétaux de la Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1-Etude de l'effet biocide des extraits aqueux

1-1- Matériel d'étude

1-1-1- Matériel de laboratoire

Afin de réaliser ce travail, nous avons utilisé le matériel suivant :

- 63 pots de 10 cm de diamètre et 12 cm de hauteur pour le semis des graines.
- Un tissu perforé (moustiquaire) à 0.5 mm de diamètre pour couvrir les pots et empêcher les pucerons de se déplacer.
- Des tuteurs pour maintenir les plantes et le tissu perforé.
- Des élastiques pour attacher le couvert aux pots.
- Des étiquettes collées sur les pots qui portent le nom de l'extrait utilisé et la dose du traitement.
- Des pinceaux pour poser les pucerons sur les plantes.
- Une loupe manuelle pour le dénombrement des pucerons.
- Un papier blanc au pied du plant afin de faciliter le comptage des individus morts.

Et pour la préparation du traitement nous avons utilisé :

- De l'eau distillée,
- Des pulvérisateurs,
- Des pipettes.

1-1-2- Matériel biologique

1-1-2-1- Puceron noir de la fève *A.fabae*

Les pucerons traités aux différents extraits ont été prélevés sur des plants de fève dans une parcelle au niveau de la région de Naciria (wilaya de Boumerdes)(Fig. 9).



Figure 9 : Pucerons noirs de la fève *Aphisfabae* (ORIGINALE, 2019)

1-1-2-2- Plante hôte (la fève *V. faba*)

Il s'agit de jeunes plants de fève de 20 cm de hauteur, issus de semis au laboratoire, à partir de graines de la variété Broad Beans Super Aguadulce. Ces graines sont originaires d'Europe et ont été récoltées en 2018 (Fig. 10).



Figure 10 : Graine de la variété Aguadulce(ORIGINALE, 2019)

1-1-2-3- Extraits végétaux

Dans la présente étude, quatre espèces de la famille des Rutaceae sont utilisées sous forme d'extraits aqueux afin de tester leur effet bioinsecticide. Il s'agit de l'oranger, du citronnier, du clémentinier et du pamplemoussier.

Les feuilles de citronnier ont été récoltées dans un jardin situé au niveau de larégion de Naciria de la wilaya de Boumerdes. Les feuilles de l'oranger, le pamplemoussier et le clémentinier ontété récoltées au niveau des montagnes de Maâtkas(village Ait Izid) à 35km de la wilaya de Tizi-Ouzou et à une altitude de 600 m.

Selon ADIDIR et BENSNOUSSI (2009), la position systématique des agrumes est la suivante :

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eu dicotylédones
Sous-classe	Archichlomydées
Ordre	Geniales (Rutales)
Famille	Rutacées
Tribu	Citrées
Genre	<i>Citrus, Fortunella et Poncirus</i>

1-1-2-3-1-Oranger (*Citrus sinensis*)

L'oranger est un arbre à croissance rapide. Son aspect est plutôt arrondi et coriace avec un apex aigu et une base arrondie. Le pétiole est légèrement ailé (Fig. 11). Les fleurs sont blanches et très odorantes, isolées ou en groupe. La corolle possède 5 pétales blancs recourbés vers l'arrière. Le fruit est une baie généralement ronde (COLOMBO, 2004).



Figure 11 : Morphologie de l'oranger (ORIGINALE, 2019)

1-1-2-3-2-Citronnier (*Citrus limon*)

Le citronnier est un arbuste vigoureux aux branches robustes et épineuses. Les feuilles alternes et coriaces sont grandes et très parfumées avec un pétiole légèrement ailé (Fig. 12). Les fleurs sont blanches et peu odorantes, regroupées à l'aisselle des feuilles (COLOMBO, 2004). Les fruits sont des baies ovales, d'un jaune vif, avec un mamelon au sommet (ESCARTIN, 2011).



Figure 12 : Morphologie du citronnier (ORIGINALE, 2019)

1-1-2-3-3- Clémentinier (*Citrus clementina*)

Selon COLOMBO (2004), le clémentinier est un petit arbre souvent épineux, avec des rameaux élancés. Sa forme est arrondie, assez ouverte. Les feuilles sont lancéolées, d'un vert brillant, avec des pétioles légèrement ailés (Fig. 13). Les fleurs, solitaires ou en petites inflorescences, sont très parfumées. Les fruits ont une écorce fine, orange et une pulpe douce.



Figure 13 : Morphologie du clémentinier (ORIGINALE, 2019)

1-1-2-3-4- Pamplemoussier (*Citrus maxima*)

L'arbre de *Citrus maxima* est à feuillage dense, large, ovale et brillant et à pétioles ailés (Fig. 14). Les fleurs sont petites, blanches et parfumées (BACHES, 2011). Son écorce est de la même épaisseur que les oranges, lisse et d'une belle couleur jaune citron. Sa chair est composée de 9 à 14 tranches séparées par des membranes minces et fragiles, et contient généralement que peu ou pas de pépins (BRICHET, 1946).



Figure 14 : Morphologie du pamplemoussier (ORIGINALE, 2019)

1-2- Méthode expérimentale

Le travail expérimental a commencé le 21/04/2019 par le semis des graines de fève, dans des pots au niveau du laboratoire.

1-2-1- Dispositif expérimental

En plus des 3 pots témoins (non traités), le dispositif est formé de 60 pots traités par les quatre extraits (Oranger, Citronnier, Clémentinier, Pamplemousse) par voie de contact à raison de 15 pots pour chaque extrait. Ces derniers sont divisés en blocs aléatoire, dont chacun correspond à une dose, avec trois répétitions pour chaque dose (1%, 2%, 3%, 4% et 5%).

1-2-2- Méthode d'obtention des plants de fève

Le semis est réalisé dans des pots en plastique remplis d'un tiers de gravier et deux tiers de tourbe. Afin d'activer la germination, les graines de fève ont été imbibées dans de l'eau pendant 24 heures (Fig. 15).

1-2-3- Méthode d'infestation des plants de fève

L'infestation des plants de fève avec des individus d'*A. fabae* est effectuée le 02/05/2019. A l'aide d'un pinceau, les pucerons sont déposés avec soins sur les jeunes plants, à raison de 40 pucerons par pied (Fig. 16a).

Chaque pot est recouvert avec du tissu moustiquaire afin d'éviter le déplacement des individus (Fig. 16b).



Figure 15 : Semis et levée des graines de fève (ORIGINALE, 2019)

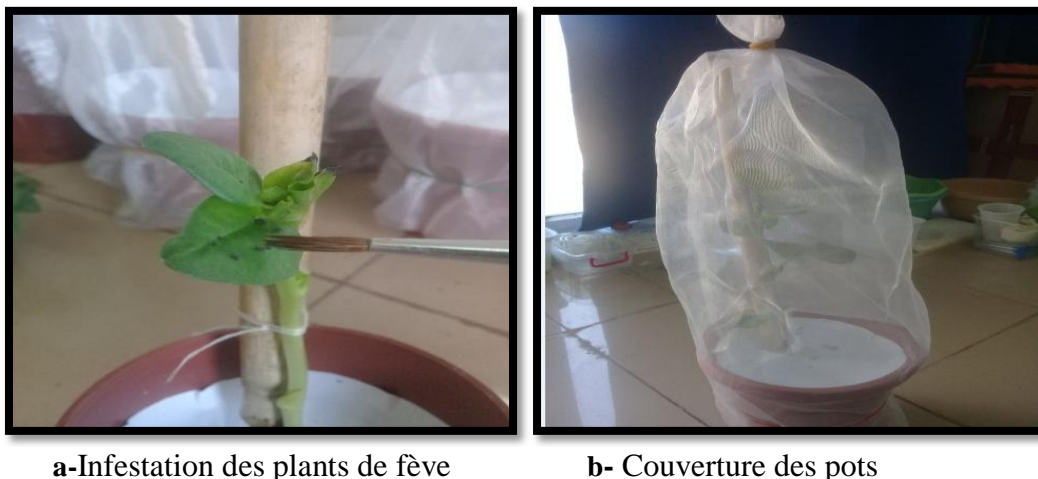


Figure 16 : Méthode d'infestation des plants de fève par les pucerons(ORIGINALE, 2019)

1-2-4- Méthode d'obtention des extraits végétaux

Chaque extrait utilisé est obtenu à partir de feuilles des quatre plantes testées. Ces dernières sont séchées à l'abri de la lumière, puis broyées. Les poudres ainsi obtenues sont macérées à raison de 25 g par $\frac{1}{2}$ litre d'eau distillée pendant 24 heures. Les solutions obtenues sont filtrées, puis stockées dans des bouteilles et gardées à l'obscurité (Fig. 17).



a- Feuilles séchées b- Broyage des feuilles



c- Poudre obtenue d- Macération dans 1/2 L d'eau distillée



e- Filtration de l'extrait

f- Extrait brut

Figure 17 : Méthode d'obtention des extraits végétaux (ORIGINALE, 2019)

1-2-5- Préparation des doses

Cinq doses dont la concentration varie en fonction de la dilution de la solution mère dans l'eau distillée sont employées (Fig. 18)

- La dose D1 : 1% correspond à 0.1 ml d'extrait de plante et 9.9ml d'eau distillée.
- La dose D2 : 2% correspond à 0.2 ml d'extrait de plante et 9.8 ml d'eau distillée.
- La dose D3 : 3% correspond à 0.3 ml d'extrait de plante et 9.7 ml d'eau distillée.
- La dose D4 : 4% correspond à 0.4 ml d'extrait de plante et 9.6 ml d'eau distillée.
- La dose D5 : 5% correspond à 0.5 ml d'extrait de plante et 9.5 ml d'eau distillée.



Figure18 : Préparation des doses (ORIGINALE, 2019)

1-2-6- Application du traitement

Le traitement a été appliqué le 03/05/2019 par pulvérisation des différentes doses des quatre solutions aqueuses sur les colonies d'*A.fabae*(Fig.19).



Figure 19 : Application du traitement (ORIGINALE, 2019)

1-2-7- Dénombrement de la population d'*A. fabae*

Le dénombrement est effectué après traitement à l'aide d'une loupe manuelle (Fig. 20). Des observations quotidiennes sont effectuées. Elles ont permis de comptabiliser les individus morts et vivants.



Figure 20 :Dénombrement des pucerons (ORIGINALE, 2019)

1-3- Exploitation statistique des résultats

1-3-1- Analyse de la variance

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel STAT BOX, VERION 6.3 pour déterminer l'effet biocide des différents extraits aqueux utilisés sur le puceron noir de fève.

Si la probabilité (p) est :

$P > 0,05$, il n'y a pas de différences significatives.

$0,01 < P < 0,05$, il y a une différence significative.

$0,001 < P < 0,01$, il y a une différence hautement significative.

$P < 0,001$, il y a une différence très hautement significative.

1-3-2- Comparaison des groupes

Lorsque l'analyse de la variance montre des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% afin de déterminer l'efficacité des extraits végétaux utilisés, en comparant les groupes homogènes des différentes doses dans le temps.

2- Analyses qualitative et quantitative de la composition des quatre extraits testés

Notre étude consiste à réaliser un screening phytochimique, l'extraction et le dosage des polyphénols.

2-1- Matériels d'étude

La réalisation des expériences de notre étude a fait appel à un matériel composé d'un ensemble d'appareils, de réactifs de produits chimiques et de verreries. L'analyse est effectuée sur les quatre plantes utilisées pour l'évaluation de l'effet biocide.

2-2- Méthodes expérimentales

Plusieurs méthodes sont utilisées pour extraire et caractériser les substances bioactives au niveau du laboratoire commun II.

Les feuilles séchées sont réduites en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue est conservée à l'abri de l'air et de l'humidité, dans des bocaux en verre hermétiquement fermés.

2-2-1- Analyse qualitative des extraits testés (screening phytochimique)

La caractérisation des substances bioactives, appelée aussi screening phytochimique, est faite soit par précipitation soit par coloration. Pour cela, les tests, sont effectués soit sur la poudre, soit sur l'infusé à 5%. La méthode utilisée est celle de TONA et *al.*(1998) et LONGAGA et *al.*(2000).

2-2-1-1- Préparation de l'infusé à 5%

L'infusé est préparé comme suit : on met 5 g de poudre végétale dans 100 ml d'eau distillée. La solution est filtrée dans un erlenmeyer à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat obtenu est ajusté avec de l'eau distillée à 100 ml (Fig. 21).



Figure 21 : Infusé à 5 % (ORIGINALE, 2019)

2-2-1-2- Identification des tanins totaux

Pour déterminer la présence des tanins totaux, on ajoute à 5 ml de chaque infusé quelques gouttes d'une solution de FeCl₃ (chlorure ferrique) à 5%. L'apparition d'une coloration bleue noire indique une réaction positive.

2-2-1-3- Identification des tanins galliques

Dans un tube à essai, on ajoute à 5 ml de l'infusé 5 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl_3 . L'apparition d'une coloration bleue foncée indique une réaction positive.

2-2-1-4- Identification des tanins catichiques

Dans un tube à essai, on ajoute à 15 ml de l'infusé, 7ml de réactif de Stiansy. Une coloration rouge se développe en présence des tanins catichiques.

2-2-1-5- Identification des flavonoïdes

La détection de la présence des flavonoïdes dans les extraits est faite par l'ajout à 5 ml de l'infusé 5 ml d'HCL, un coupon de Zinc et 1 ml d'alcool iso amylique. L'apparition d'une coloration rouge orangée indique une réaction positive.

2-2-1-6- Identification des anthocyanes

Dans un tube à essai, on ajoute à 5ml de l'infusé quelques gouttes d'HCL. L'apparition d'une coloration rouge indique une réaction positive.

2-2-1-7- Identification des saponosides

Dans un tube à essai, on ajoute à 2 ml de l'infusé quelques gouttes d'acétate de plomb. La formation d'un précipité blanc indique une réaction positive.

2-2-1-8- Identification des mucilages

On ajoute à un tube à essai contenant 1 ml de l'infusé 5 ml d'éthanol absolu. La formation d'un précipité floconneux indique une réaction positive.

2-2-1-9- Identification des irridoides

Pour ce test, 2 ml de l'infusé et quelques gouttes d'HCL concentré sont chauffés pendant quelque minutes. L'apparition d'une coloration bleue indique une réaction positive.

2-2-1-10- Identification des polyphénols

On rajoute à 2 ml d'infusé une goutte de FeCl_3 à 2%. L'apparition d'une coloration bleue noirâtre indique la présence des polyphénols.

2-2-1-11- Identification des sucres réducteurs

Dans un tube à essai, on met 5 ml d'infusé et 5 ml de réactif de Fehling. L'ensemble est mis au bain marie pendant 3 minutes. L'apparition d'un précipité rouge brique indique une réaction positive.

2-2-1-12- Identification des caroténoïdes

Dans un tube à essai, on ajoute à 10 ml d'infusé 3 ml d'HCL et 3 ml de H₂SO₄. La présence de caroténoïdes se traduit par une coloration vert bleu.

2-2-1-13- Identification des glucosides

Concernant les glucosides, 2g de poudre végétale sont humectés avec quelques gouttes d'acide sulfurique (H₂SO₄). L'apparition d'une coloration rouge brique indique une réaction positive.

2-2-1-14- Identification de l'amidon

Dans un erlenmeyer, on ajoute à 2g de poudre végétale quelques gouttes d'iode. L'apparition d'une coloration bleue violette indique une réaction positive.

2-2-1-15- Identification des protéines

Dans un bécher, on mélange 1g de poudre végétale avec 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 20 %. Puis on rajoute quelques gouttes de CuSO₄ à 2%. La réaction donne une coloration violette avec une teinte rougeâtre en présence.

2-2-2- Analyse quantitative des composés phénoliques

L'objectif de cette analyse est la détermination de la teneur en composés phénoliques dans les extraits des feuilles d'oranger, de citronnier, de clémentinier et de pamplemoussier.

Après avoir macéré 10g de poudre dans 100ml de méthanol, suit la filtration au bout de 72h de macération, à l'aide d'un rota vapeur rotatif. A une température de 44 à 45°C, le méthanol est évaporé pour obtenir un extrait méthanolique.

2-2-2-1- Principe de la réaction

Le dosage des polyphénols se fait avec le réactif de Folin-Ciocalteu (SINGLETON et ROSSI, 1999) qui, en milieu alcalin se réduit en oxyde de tungstène et de molybdène donnant une couleur bleue en présence de polyphénols.

Le réactif FCR constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀), est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (MO₈O₂₃). La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en phénols totaux et possède une absorption maximum aux environs de 750- 765 nm.

2-2-2-2- Mode expérimental

A 125 µl de la solution d'extrait de plante, on rajoute 500 µl d'eau distillée et 125 µl de FCR. Après 3 mn, on rajoute 1250 µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) et 1 ml d'eau distillée. On met par la suite le mélange à l'obscurité et on attend 90 mn + lecture à 760 nm.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

Cette étude a comme objectif d'évaluer l'effet biocide de quatre extraits aqueux à partir des feuilles de quatre *Citrus* : le citronnier, le clémentinier, le pamplemoussier et l'oranger. L'action des extraits aqueux est évaluée à travers l'évolution de la mortalité des individus de pucerons exposés par voie de contact à différentes doses des quatre solutions. L'efficacité de ces derniers est testée selon plusieurs paramètres, à savoir la dose, le temps et la nature de l'extrait.

1- Résultats

1-1- Etude de l'effet biocide des extraits aqueux

1-1-1- Effet de la dose sur l'efficacité de l'extrait sur les populations d'*A. fabae*

1-1-1-1-Extrait de Citronnier

Les taux de mortalité de la population d'*A. fabae* traitée à l'extrait de citronnier appliqué par pulvérisation sont illustrés dans la figure 22.

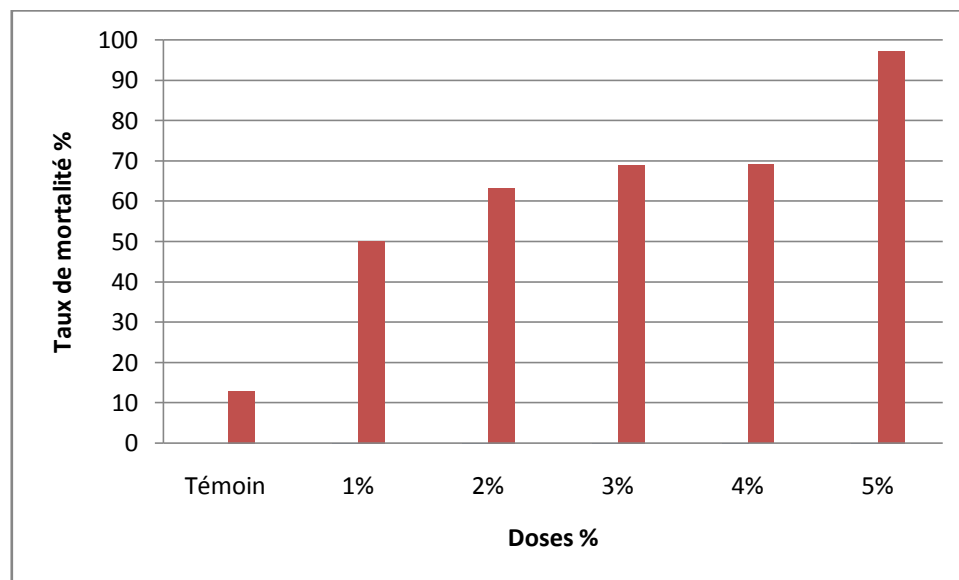


Figure 22 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 5 doses d'extrait de citronnier par voie de contact

Le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* traitées à base d'extrait de citronnier est très élevé comparé aux plants non traités (témoins). Ce taux augmente proportionnellement avec la dose où il atteint 97,21% de mortalité chez les populations traitées à la plus forte dose (5%) (Fig. 22).

L'analyse de la variance révèle que les différences du taux de mortalité des pucerons traités par l'extrait de citronnier appliqué en fonction de la dose (F1) sont très hautement significatives avec une probabilité de $P = 0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe les doses appliquées dans quatre classes différentes A, B, C et D. La dose de 5 % s'est révélée la plus efficace avec une moyenne de 61,629. Elle est classée de ce fait dans la catégorie A (Ann., Tab.2).

1-1-1-2-Extrait de clémentinier

Les résultats obtenus après traitement de la population d'*A. fabae* avec l'extrait de clémentinier sont illustrés dans la figure 23.

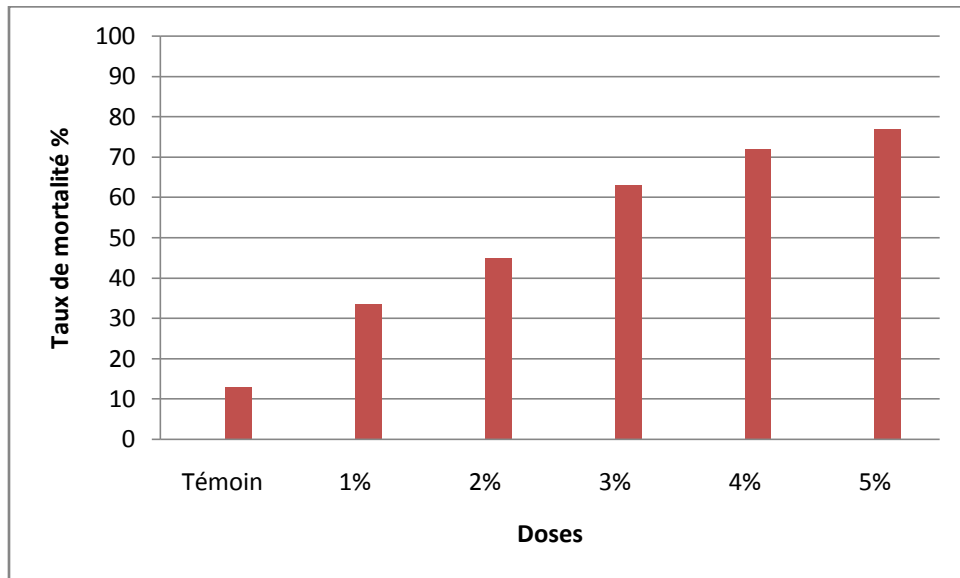


Figure 23 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 5 doses d'extrait de clémentinier par voie de contact

D'après les résultats du traitement à base d'extrait de clémentinier, il apparaît que le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* augmente proportionnellement avec la dose. La dose 5% a un effet très efficace avec un taux de mortalité de 76,73% (Fig. 23).

L'analyse de la variance révèle que les différences du taux de mortalité des pucerons traités par l'extrait de clémentinier appliqué en fonction de la dose (F1) sont très hautement significatives avec une probabilité de $P = 0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les doses appliquées dans trois classes différentes A, B et C. La dose de 5 % se révèle la plus efficace avec une moyenne de 47,961. Elle est classée de ce fait dans la catégorie A (Ann., Tab.8).

1-1-1-3-Extrait d'oranger

La figure 24 illustre l'évolution du taux de mortalité de la population d'*A. fabae* traitée à l'extrait d'oranger en fonction des doses.

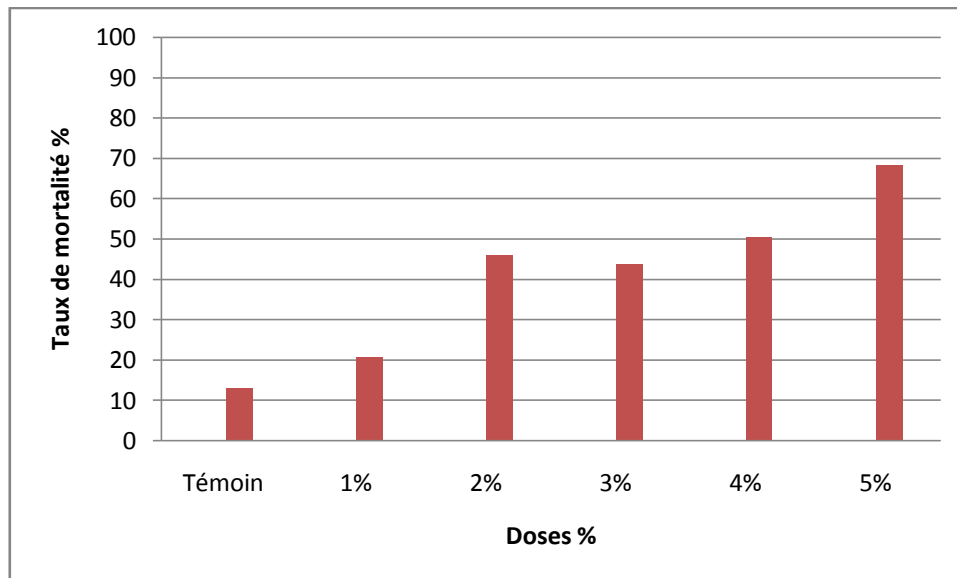


Figure24: Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 5 doses d'extrait d'oranger par voie de contact

Les résultats obtenus et illustrés dans la figure 24 ont permis de constater que chez les populations d'*A.fabae* traitées avec l'extrait d'oranger, le taux de mortalité augmente avec la dose. En effet, la dose de 5 % est la plus efficace avec un taux de mortalité de 68,14%.

L'analyse de la variance révèle que les différences du taux de mortalité des pucerons traités par l'extrait d'oranger appliqué en fonction de la dose (F1) sont très hautement significatives avec une probabilité de $P = 0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe les doses appliquées dans trois classes différentes A, B et C. La dose de 5 % s'est révélée la plus efficace avec une moyenne de 39,97. Elle est classée de ce fait dans la catégorie A (Ann., Tab.5).

1-1-1-4-Extrait de pampleoussier

Les résultats obtenus après la pulvérisation de l'extrait de pampleoussier sur les populations aphidiennes sont illustrés dans la figure 25.

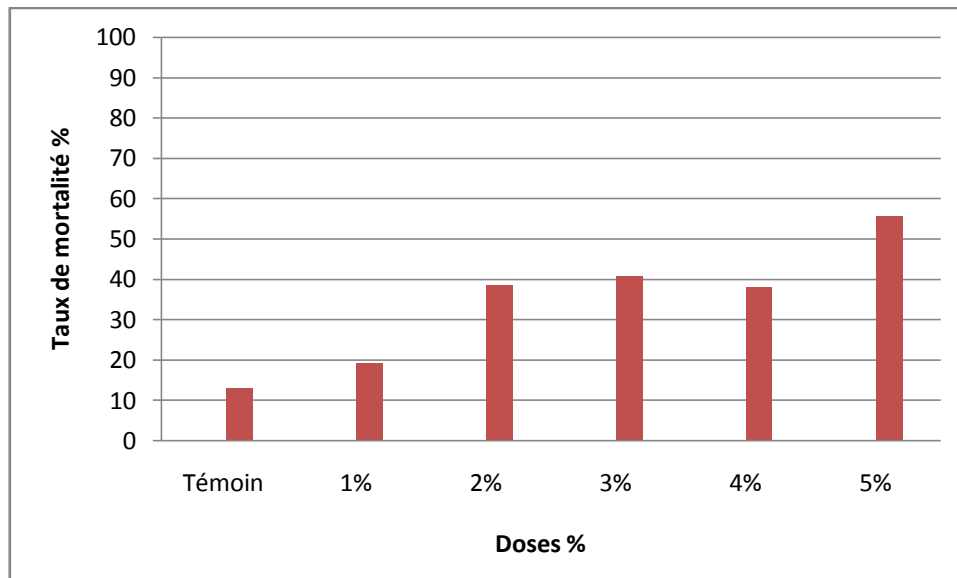


Figure 25 : Mortalité des individus d'*A. faba* traités aux 5 doses d'extrait de pamplemoussier par voie de contact

D'après les résultats du traitement à base d'extrait de pamplemoussier, il apparaît que le taux de mortalité des populations aphidiennes augmente avec la dose. La dose de 5 % est la plus efficace avec 55,61% de mortalité (Fig. 25).

L'analyse de la variance révèle que les différences du taux de mortalité des pucerons traités avec l'extrait de pamplemoussier appliqué en fonction de la dose (F1) sont très hautement significatives avec une probabilité de $P = 0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe les doses appliquées dans quatre classes différentes A, B, C et D. La dose de 5 % s'est révélée la plus efficace avec une moyenne de 36.589. Elle est classée de ce fait dans la catégorie A (Ann., Tab.11).

1-1-2-Effet du temps sur l'efficacité de l'extrait sur les populations d'*A.fabae*

1-1-2-1-Extrait de citronnier

L'efficacité de l'extrait de citronnier au fil du temps sur les pucerons est représentée dans la figure 26.

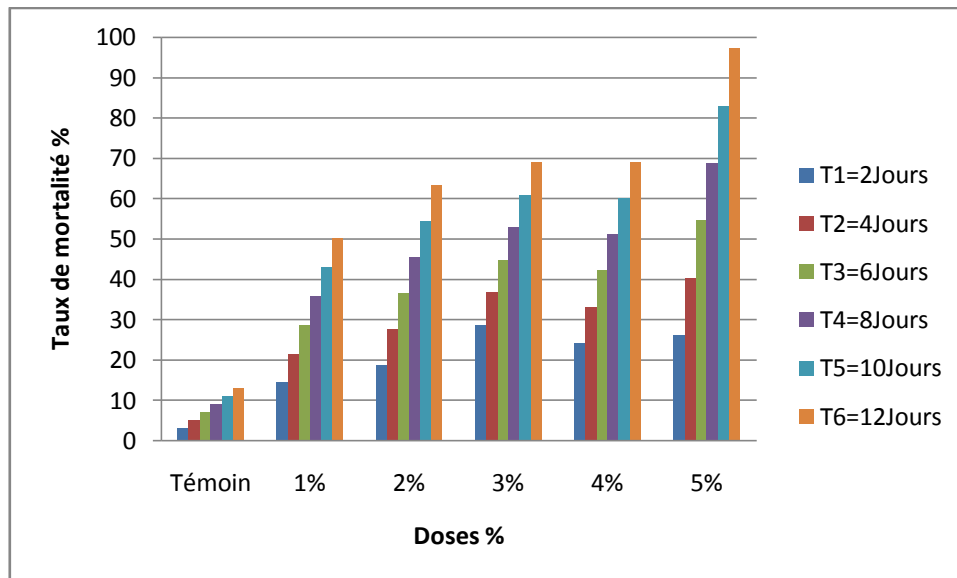


Figure 26 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de citronnier par voie de contact, en fonction du temps après traitement

L'évolution temporelle de la mortalité des populations d'*A. fabae* après l'application du traitement à l'extrait de citronnier montre que le taux de mortalité est nettement plus élevé à la sixième observation, à savoir 12 jours après l'application (Fig. 26).

L'analyse de la variance des résultats enregistrés sur les populations traitées par cet extrait montre que la variabilité de la mortalité en fonction du temps est très hautement significative avec une probabilité de $P=0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, regroupe le facteur temps en trois groupes homogènes avec la moyenne la plus élevée de 60,287 pour le 12^{ème} jour post traitement. Le temps T6 appartient de ce fait au groupe A (Ann., Tab.3).

1-1-2-2-Extrait de clémentinier

L'efficacité de l'extrait de clémentinier au fil du temps sur la population de pucerons est représentée dans la figure 27.

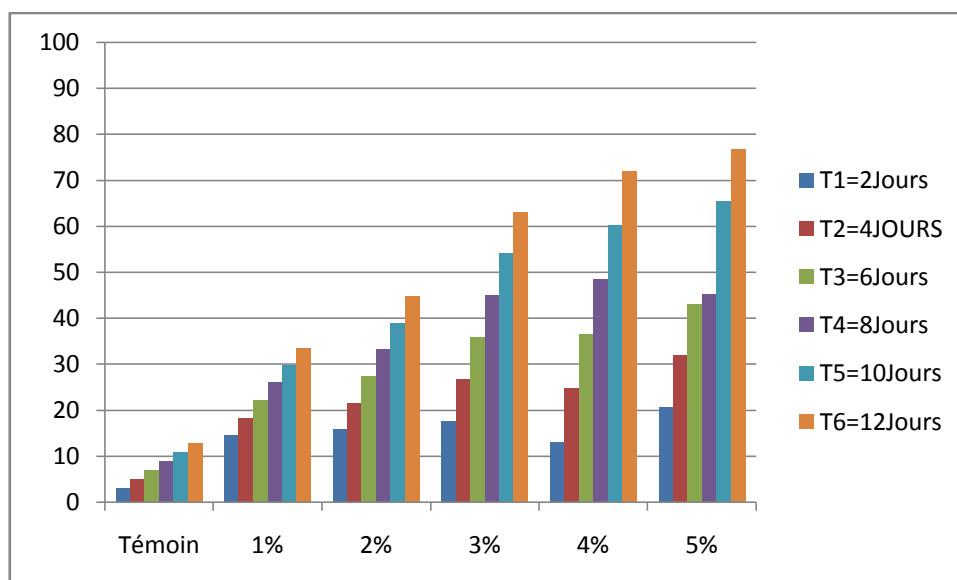


Figure 27: Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de clémentinier par voie de contact, en fonction du temps après traitement

Les résultats représentés dans la figure 27 montrent que pour l'ensemble des doses, le taux de mortalité est linéaire au temps. La mortalité la plus importante est enregistrée lors de la sixième observation (12 jours après le traitement).

L'analyse de la variance des résultats enregistrés sur les populations traitées par l'extrait de clémentinier montre que la variabilité de la mortalité en fonction du temps est très hautement significative avec une probabilité de $P=0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, regroupe le facteur temps en trois groupes homogènes avec la moyenne la plus élevée de 50,566 pour le 12^{ème} jour post traitement. Le temps T6 appartient de ce fait au groupe A (Ann., Tab.9).

1-1-2-3-Extrait d'oranger

L'efficacité de l'extrait d'oranger au fil du temps sur les populations de pucerons est représentée dans la figure 28.

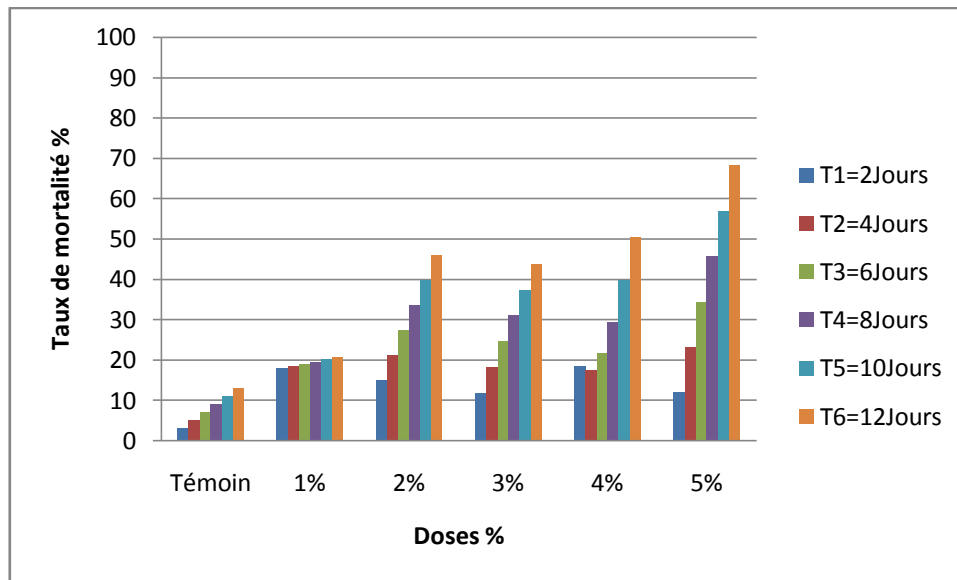


Figure 28 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait d'oranger par voie de contact, en fonction du temps après traitement

Les résultats obtenus dans la figure 28 montrent que les taux de mortalité d'*A. fabae* traité à l'extrait d'oranger dépendent du temps. Ces taux sont d'autant plus élevés que le temps passe.

L'analyse de la variance des résultats enregistrés sur les populations traitées par les feuilles d'oranger montre que la variabilité de la mortalité en fonction du temps est très hautement significative avec une probabilité de $P=0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, regroupe le facteur temps en trois groupes homogènes avec la moyenne la plus élevée de 40,265 pour le 12^{ème} jour post traitement. Le temps T6 appartient de ce fait au groupe A(Ann., Tab.6).

1-1-2-4-Extrait de pampleoussier

L'efficacité de l'extrait de pampleoussier au fil du temps sur les populations de pucerons est représentée dans la figure 29.

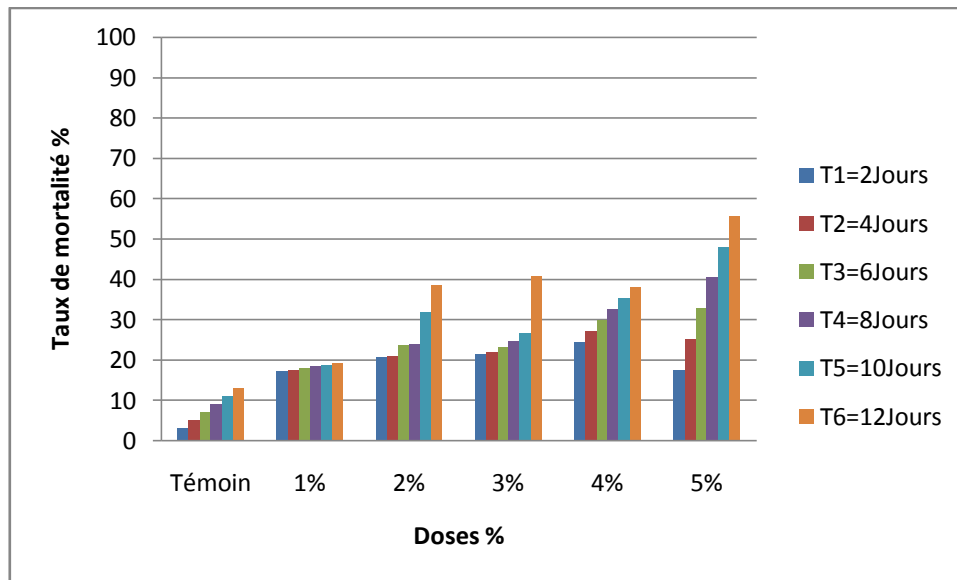


Figure 29 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de pamplemoussier par voie de contact, en fonction du temps après traitement

Selon les résultats obtenus et illustrés dans la figure 29, le taux de mortalité d'*A. fabae* traité à l'extrait de pamplemoussier dépend du temps. En effet, plus le temps passe et plus la mortalité augmente.

L'analyse de la variance des résultats enregistrés sur les populations traitées par l'extrait de pamplemoussier montre que la variabilité de la mortalité en fonction du temps est très hautement significative avec une probabilité de $P=0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, regroupe le facteur temps en trois groupes homogènes avec la moyenne la plus élevée de 38.352 pour le 12^{ème} jour post traitement. Le temps T6 appartient de ce fait au groupe A (Ann., Tab.12).

1-1-3-Effet de la nature de l'extrait sur les populations d'*A. fabae*

La différence entre l'efficacité des quatre extraits testés est illustrée dans la figure 30.

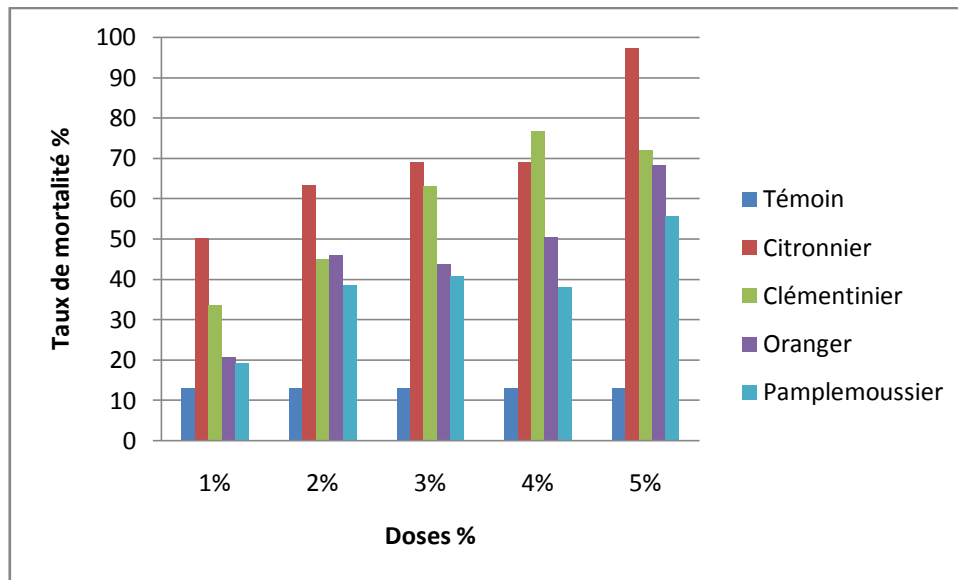


Figure 30 : Variation du taux de mortalité selon les extraits (Citronnier, clémentinier, pamplemoussier et oranger) appliqués par voie de contact sur les populations aphidiennes

Les résultats obtenus montrent que les extraits les plus toxiques sont ceux du citronnier et du clémentinier. L'extrait de citronnier manifeste une activité biocide assez importante à toutes les doses. Le taux de mortalité le plus élevé est 97,21% à la dose 5%. L'extrait de clémentinier provoque une mortalité de 76,7% à la dose 4% (Fig. 30).

L'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence très hautement significative entre les quatre extraits avec la probabilité de $P = 0.0016998$.





























Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, regroupe les quatre extraits dans deux groupes différents A et B avec les extraits de citronnier et clémentinier comme étant les plus efficaces, suivis par les extraits d'oranger et de pamplemoussier (Ann., Tab.13).

















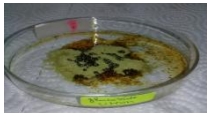

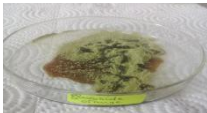


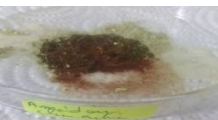



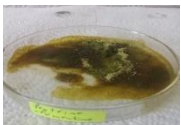
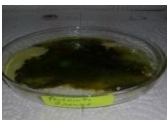

1-2- Etude la composition des plantes testées

1-2-1- Analyses qualitative et quantitative de la composition des quatre extraits testés

L'objectif de cette étude est de chercher les composés secondaires actifs qui se trouvent dans les feuilles des extraits testés en utilisant un solvant de polarité qui est le méthanol. Des tests de coloration et de précipitation sont réalisés sur l'infusé et les poudres végétales des feuilles de citronnier, clémentinier, pamplemoussier et oranger. Les résultats sont notés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats des réactions de Caractérisation phytochimique des quatre extraits végétaux

	Citronnier	Clémentinier	Oranger	Pamplemoussier
Tanins totaux	 +	 -	 -	 +
Tanins catichiques	 -	 -	 -	 -
Anthocyanes	 +	 -	 +	 +
saponosides	 +	 +	 +	 +
Irridoïdes	 -	 -	 -	 -
Mucilages	 +	 +	 +	 +
Sucres réducteurs	 -	 -	 -	 -

Flavonoïdes	 -	 -	 -	 -
Polyphénols	 +++	 ++	 +	 +++
Caroténoïdes	 -	 -	 -	 -
Tanins galliques	 -	 -	 -	 -
Glucosides	 +	 +	 +	 +
Amidon	 +	 +	 +	 +
Protéines	 -	 -	 -	 -

(-) : absence de substance ; (+) : présence de substance ; (+++) : très forte teneur en substance.

Selon les réactions de caractérisation phytochimique, nous pouvons mentionner la présence ou bien l'absence des principaux groupes phytochimiques au niveau des feuilles des quatre plantes étudiées. D'après les résultats obtenus, nous constatons que les quatre plantes

présentent une très forte teneur en polyphénols ainsi que la présence de saponosides, mucilages, glucosides et amidon. Les tanins totaux sont présents dans le citronnier et le pamplemoussier. Les anthocyanes sont présents dans l'oranger, le citronnier et le pamplemoussier. En revanche, nous notons une absence totale des tanins (gallique et catéchique), des irridoides, des sucres réducteurs, des caroténoïdes, des flavonoïdes et des protéines dans toutes les plantes (Tab. 4).

1-2-2- Analyse quantitative des polyphénols totaux des extraits méthanoliques

Cette analyse a comme objectif la détermination de la teneur des polyphénols totaux dans les extraits testés.

1-2-2-1- Dosage spectrale des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols est réalisé selon la méthode colorimétrique au réactif de Folin-Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999). L'acide gallique a été utilisé comme étalon (Fig.31).

En présence des polyphénols, le complexe Folin-Ciocalteu change sa couleur du jaune au bleu, ce qui permet de mesurer l'intensité de la couleur à longueur d'onde de 760 nm (HUANG et al., 2005).

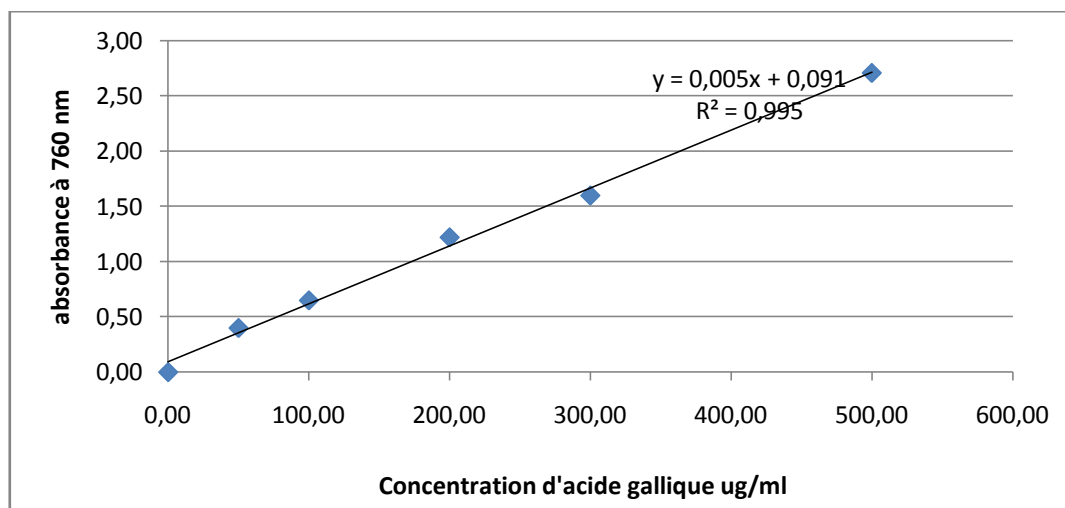


Figure 31 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique µg /ml

La quantité des polyphénols correspondante a été rapportée en microgramme d'équivalent de l'étalon utilisé par ml d'extrait (µgEq/ml d'extrait) et déterminée par l'équation de type : $y=ax+b$. Les résultats sont rapportés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Concentration des polyphénols des extraits méthanoliques

Nom de plante	Absorbance à 760 nm	Facteur de dilution	Concentration en ug /ml
Oranger	0,271	0	36±0 1,33
Citronnier	0,828	0	147,46±03,15
Clémentinier	0,386	0	59±01,33
Pamplemoussier	0,267	0	35,2±00,26

D'après le tableau 5, les résultats du dosage des polyphénols montre que les quatre extraits méthanoliques des plantes testées contiennent des teneurs importantes en polyphénols qui varient entre 35,2 et 147.46 ug EAG/ml. L'extrait de citronnier est le plus riche en polyphénols avec une concentration de 147.46ug EAG/ml.

2- Discussion

Les extraits aqueux d'oranger, de citronnier, de clémentinier et de pamplemoussier utilisés dans cette étude expérimentale semblent avoir tous un effet biocide sur les populations d'*A. fabae*.

L'évaluation de la mortalité des populations aphidiennes traitées par voie de contact montre que celle-ci est dépendante de la dose. En effet, cette étude montre que le taux de mortalité augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose. Pour les quatre extraits, les doses de 4% et 5% présentent les taux de mortalité les plus élevés. Ces taux varient entre 69,14% et 97,21%.

Les résultats obtenus par SI AHMED (2019) qui sont similaires à nos résultats montrent que le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* traitées à base de quatre extraits végétaux (l'origan, le thym, le romarin et la lavande) augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose. Pour les quatre extraits, les doses de 4% et 5% présentent les taux de mortalité les plus élevés. Ces taux varient entre 56,76% et 77,77%. De même, YAHIAOUI (2010) signale que la mortalité des populations d'*A. fabae* traitées par les poudres du lilas de perce et de romarin augmente avec l'augmentation de la dose. Cet auteur note qu'aux doses de 10g, 33g et 66g de poudre de lilas de perce, les taux de mortalité sont respectivement de 91%, 96,5% et 98,7%. Ces taux sont de 82%, 90,9% et 98,9% pour la poudre de romarin appliquée respectivement aux mêmes doses (10 g, 33 g et 66 g).

Les résultats obtenus par BEKHTI et BELKACEM (2013) qui ne sont pas en accord avec nos résultats démontrent que le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* traitées à base d'extrait de menthe poivrée est très élevé à la dose 30%. Il est de 75.4% comparée au plus fortes doses, à savoir 40% et 50% qui provoquent des taux de mortalité de respectivement 46,1% et 44,1%. De même, BENOUFFELLA-KITOUS (2015) signale que l'efficacité des

extraits aqueux à base de laurier noble et de sauge sur les populations du puceron noir de la fève est plafonnée à la plus faible dose (10%) où le taux de mortalité a atteint 49% pour le premier extrait et 85% pour le second extrait.

L'évaluation du taux de mortalité des populations d'*A. fabae* traitées avec les quatre extraits (oranger, citronnier, clémentinier et pamplemoussier) en fonction du temps montre que la mortalité augmente avec l'augmentation du temps. La mortalité la plus élevée est notée au temps T6 soit 12 jours après le traitement. Le temps T1 (2 jours après le traitement) présente le taux de mortalité le plus faible.

Les résultats obtenus par SI AHMED (2019) sont en accord avec nos résultats. Cet auteur signale que le taux de mortalité des populations d'*A.fabae* traitées aux extraits d'origan, de thym, de romarin et de lavande augmente avec l'augmentation du temps. La mortalité la plus élevée est notée au temps T6 soit 12 jours après le traitement. Le temps T1 (2 jours après le traitement) présente le taux de mortalité le plus faible. De même, BEKHTI et BELKACEM (2013) montrent que le taux de mortalité des populations d'*A.fabae* traitées aux extraits d'ail, de lavande dentée et de menthe poivrée augmente au fil du temps. Ainsi, le nombre moyen de pucerons morts passe de 187,8 individus (3 jours après l'application du traitement) à 252,6 individus pour le premier extrait. Il passe de 151,6 individus morts (3 jours après l'application du traitement) à 166,9 pucerons morts (6 jours après l'application du traitement) pour le deuxième extrait, il est de 15,2 pucerons morts 3 jours après l'application du traitement et de 112,6 pucerons morts 6 jours après l'application de traitement pour l'extrait de menthe poivrée. SIHALI et FODIL (2014) rapportent que les taux de mortalité des individus d'*A.fabae* obtenus après pulvérisation des extraits de laurier, d'origan et de sauge augmentent au fur et à mesure que le temps passe. Ces valeurs sont respectivement de 2,8 ; 10,8 et 2.8 pucerons morts le 4^{ème} jour post-traitement et de 145,4 ; 155,4 et 41,8 individus morts le 11^{ème} jour post-traitement.

Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de BAROFFIO et al. (2009), qui démontrent que l'efficacité du traitement à base de l'huile de sésame sur le puceron de sureau *Aphis sambuci* diminue au fil du temps. Ces auteurs notent que les pourcentages d'ombelles attaqués par ce puceron après 2, 10, 17 et 27 jours de l'application du traitement sont successivement 5, 6, 29 et 36%.

L'efficacité des extraits testés diffère selon la nature de l'extrait. Les résultats obtenus révèlent qu'à l'application du traitement par voie de contact, les biocides à base de feuilles de clémentinier et de citronnier sont les plus toxiques avec des taux de mortalité élevés

pratiquement pour toutes les doses. SIHALI et FODIL (2014) signalent que les taux de mortalité des populations d'*A. fabae*, après l'application des biocides à base de trois extraits végétaux (sauge, origan et laurier), dépendent de la nature des extraits testés, avec une efficacité marquée pour l'extrait de sauge. Les résultats de BITOUCHE (2015) montrent que le biocide à base de céleri est le plus efficace avec un taux de mortalité de 100% dès la dose de 30%. Selon cet auteur, les solutions à base de persil et de coriandre semblent avoir la même toxicité vis-à-vis d'*A. fabae*. L'étude menée par ONDET et SALVA en 2005, montre que l'effet thérapeutique des traitements à base d'extraits végétaux vis-à-vis des insectes piqueurs suceurs diffère selon la nature et la composition chimique de l'extrait utilisé. En effet, l'étude qualitative et quantitative a montré que les quatre extraits testés possèdent une composition chimique propre à chacun d'eux.

Les résultats de l'analyse quantitative des polyphénols totaux sont similaires aux travaux de DOUKANI et TABAK (2017) qui démontrent que la concentration en composés phénoliques totaux enregistrée dans le citronnier et l'oranger est respectivement de 32.92 ± 4.17 et 27.79 ± 0.11 mg EAG/g. Selon les mêmes auteurs, la teneur en composés phénoliques de l'orange amère et l'orange sanguine avec une extraction par mélange méthanol /eau (v/v) (20/80), est respectivement de 4.281 et 5.292 mg EAG/g. OUERDANE et RAMDANI (2007) ont montré que la concentration en composés phénoliques pour le pamplemoussier de Tizi-Ouzou est située dans l'intervalle 0.82 à 1.83 mg EAG/g d'extrait, mais HADDADI (2004), a trouvé une valeur de 6.38 mg EAG/g d'extrait pour la même espèce (pamplemoussier de Tizi-Ouzou). WANG et al. (2007) ont enregistré une teneur en composés phénoliques plus élevée dans l'extrait de citron qui est 75.9 mg EAG/g.

Conclusion

Conclusion

Dans ce travail, nous avons étudié d'une part, l'activité insecticide des extraits de feuilles des quatre espèces d'agrumes, à savoir le citronnier, le clémentinier, l'oranger et le pamplemoussier sur le puceron noir de la fève « *Aphis fabae* » ; d'autre part, la composition chimique de ces plantes. Les résultats obtenus lors de cette étude se résument comme suit :

Les extraits aqueux de l'oranger, du citronnier, du clémentinier et de pamplemoussier utilisés dans cette étude expérimentale semblent avoir tous un effet biocide sur les populations d'*A.fabae*.

Cette étude montre que le taux de mortalité augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose. Pour les quatre extraits, les doses de 4% et 5% présentent les taux de mortalité les plus élevés.

L'évaluation du taux de mortalité des populations d'*A. fabae* traitées avec les quatre extraits en fonction du temps montre que la mortalité est proportionnelle à celui-ci et qu'elle augmente au fur et à mesure que le temps passe. La mortalité la plus élevée est notée au temps T6 soit 12 jours après le traitement.

L'effet biocide dépend de la nature de l'extrait. Les extraits à base de feuilles de citronnier et de clémentinier sont les plus toxiques avec des taux de mortalité élevés pratiquement pour toutes les doses.

Le screening phytochimique a montré que chacun des quatre extraits testés possède une composition chimique propre à lui.

Cette étude a permis de mettre en évidence les différents métabolites secondaires présents dans les quatre espèces d'agrumes. La présence des saponosides, des mucilages, des glucosides, de l'amidon et des polyphénols a été décelée.

Les résultats de l'analyse quantitative des polyphénols totaux indiquent que les quatre extraits testés contiennent des teneurs importantes en polyphénols qui varient entre 35,2 et 147.46 ug EAG/ml.

En matière de perspectives, il serait indispensable de poursuivre et d'approfondir encore les recherches sur les biopesticides d'origine végétale ; qui peuvent être utilisés dans le domaine de la protection phytosanitaire. Il serait également intéressant d'identifier la molécule active qui est à l'origine de cet effet biocide.

Conclusion

D'un point de vue pratique, il est important de tester les extraits des plantes et les substances pures en plein champ afin d'évaluer leur efficacité dans le milieu naturel en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- Abbad-Andaloussi F., 2001**-Screening of *Vicia faba* for resistance to the “giant race” of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. *Nematology. Mediterranéen.*29: 29-33
- Abu-Amer J.H., Saoub H.M., Akash M.W. et Al-Abdallat A.M., 2011**- Genetic and phenotypic variation among faba bean landraces and cultivars. *International Journal of Vegetable Science.* 17: 45-59.
- Abbou A., 2012**- Etude du complexe parasitaire de *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera : Aphididae) sur le poivron sous serre. Mémoire de Master. 35p.
- Adjdir Z. et Bensnoussi A., 2009.** Bilan d’une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdelkader (Remchi Wilaya de Tlemcen). Mémoire d’ingénieur, Université de Tlemcen. 81 p.
- Alford D.V., 1994**- Atlas en couleur. Ravageurs des végétaux d’ornement-arbres, arbustes, fleurs. Ed. INRA, Paris. 92 p.
- Anonyme, 2012**- *Phoenix dactylifera* (Palmier dattier), 7p.
- Anonyme, 2018**- Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.
- Aversenq P., Goutier J. et Gueguen M., 2008**- Le truffaut. Anti-maladies et parasites. Larousse. Ed. Octavo. 224p.
- Baches M. et Baches B., 2011**- Agrumes comment les choisir et les cultiver facilement. Ed. Eugen Ulmer. Paris. 105p.
- Bachiri L., Echhegadda G., Ibijbjen D. et Nassiri L., 2016**- Etude phytochimique et activité antibactérienne de deux espèces de lavandes autochtones au Maroc : «*Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L.». *European Scientific Journal*, 12 (30) : 1857-7431.
- Baroffio C.A., Mitaz C. et Carlen E., 2009**- Stratégie de lutte contre le puceron du sureau *Aphis sambuci*. *Arboriculture. Horticulture*, 41 (6) : 351-354.
- Bekhti R. et Belkacem D., 2014**- Evaluation de l’effet biopesticide de trois extraits végétaux : l’ail (*Allium sativum*), la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et la lavande dentée (*Lavandula dentata*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera, Aphididae). Mémoire de Master en Sciences Biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 34 p.
- Benoufella-Kitous K., 2005**- Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued-Aissi (Tizi-Ouzou). Mémoire de Magister. E.N.S.A. El Harrach, Alger, 207p.
- Benoufella-Kitous K., 2015**- Bioécologie des pucerons de différentes cultures et de leurs ennemis naturels à Oued-Aissi et Draa Ben Khedda (Tizi-Ouzou). Thèse de Doctorat. E.N.S.A. El Harrach, Alger, 334p.

Références bibliographiques

- Bitouche A., 2015-** Etude de l'effet biocide de trois extraits végétaux : la coriandre (*Coriandrum sativum*), le persil (*Petroselinum crispum*) et le céleri (*Aphium graveolens*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera : Aphididae). Mémoire de Master en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 60p.
- Bonnemain J.L. et Chollet J.F., 2003-** The arsenal of agrochemical products versus the plant enemies. General considerations. C. R. Biologies. 326: 1-7.
- Bouznad Z., Louanachi M., Allala L. et Merabti N., 2011-** Les maladies de la fève en Algérie : cas de la maladie à tache chocolat causée par *Botrytis spp.* Quatrième journée scientifique et technique et techniques phytosanitaires. I.N.A El Harrach. 2p.
- Boyeldiou J., 1991-** Produire des grains oléagineux et protéagineux. CETIOM, 209 : 25-30.
- Brichet J., 1946-** Pamplemousse ou pomelo, une équivoque à supprimer. Fruits d'Outre-Mer, 1 (10) : 297-300.
- Chaieb N., Bouslama M. et Mars M., 2011.** Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Journal National Production Plante Resource. 1 (2): 81-90.
- Chandrashekar K. et Srinvasa N., 2003-** Residual toxicity of selected pesticides, against two spotted spider mites *Tetranychus Urticae* Koch (Acari : Tetranychidae) infesting French bean. Journal International Résolution. 27(3) : 197-201.
- Charbonnaud J., Lieven J., Rabourdin N., Tourton E. et Penant A., 2011-** Puceron noir de la féverole. L'agronomie en mouvement, Terres Inovia. Ed. ACTA. 1p
- Chaux C. et Foury C., 1994-** Production légumières secs, Tome 3, légumineuses potagères, légumes, fruits. Ed. Lavoisier. 484p.
- Colombo A., 2004-** La culture des agrumes. Ed. De Vicchi, Paris. 142p.
- Dajoz R., 2000-** Eléments d'écologie. Ed. Bordas. Paris. 540p.
- Dedryver C.A., LeRelec A. et Fabre F., 2010-** The conflicting relationship between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. C.R. Biologies, 539-553.
- Doukani K. et Tabak S., 2017-** Profil phytochimique de quelques espèces de *Citrus* (*C. aurantium*, *C. sinensis* et *C. limonum*). Zaaroura-Tiaret. Laboratoire d'Agro-biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides, Université Ibn Khaldoun, 78p.
- Dridi B.A.M., Loumerem M., Houmli S.I.M., Jabbes N. et Talahig S., 2011-** Caractérisation phenol-morphologique de quelques lignées de fève *Vicia faba* L. sélectionnées et adaptées aux conditions des cultures dans les régions aride en Tunisie. Africa focus 24(1) : 71-94.
- Duc G., 1997-** Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research. 53: 99-109.
- ElBouhamdi K. et Sadiki M., 2002-** Evaluation d'une collection de populations Marocaines locales de fève et de féverole pour la tolérance à la sécheresse. Proceeding du 2ème séminaire

Références bibliographiques

du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.

Emden H.F. et Harrington R.,2007- Aphids as Crop Pests. Ed. CABI International. Oxfordshire, U.K. 968-1003.

Escartin I., 2011- Guide des agrumes. Protection et valorisation du patrimoine végétal. Ed. Institut Klorane. CIRAD. Montpellier. 19p.

Fadili K., Amalich S., N'Dedianhoua S.K.,Bouachrin M., MahjoubiM., ElHilali F. et Zair T., 2015-Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc: *RosmarinusOfficinalis* et *Thymus Satureioides*. International Journal of Innovation and Scientific Research, 17: 24-33.

FAO. Food and Agriculture Organisation.

Feliachi K., 2002- Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de reliance en Algérie. Procceeding du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA. « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb ». Hammamet, Tunisie, 100p.

Ferrero M., 2009-Le systemetritrophique tomate tetranyques tisserands-*Phytoseiuluslongipes* : Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat, Montpellier,237p.

Fraval A., 2006-Les pucerons. Insectes, 141: 3-8.

FredonC., 2008- Fiche technique sur les pucerons. France. 1p.

Georcret N. etScheromm O., 1995.Lutte contre les insectes ravageurs des cultures : les apports de la biologie. Ed.INRA, France. 42 p.

Giordanengo P., BrunissenL., RusterucciC., Vincent C., Van Bel A., Dinant S., Girousse C., Faucher M. et BonnemainJ.L., 2010-Compatible plant-aphidinteractions: how aphidsmanipulate plant responses. C. R. Biologies. 333: 516-523.

Gordon M.M., 2004- Haricots secs: situation et prospectives agroalimentaires. Canad. 1-7.

Goyoaga C., Burbanoc A., CuadradoC., RomeroR., Guilamone E., Varela A., Pedrosa M.M. et Muzquiz M., 2011- Content and seedling growth of two cultivars of *Viciafaba*. Journal of food composition and analyses 24 : 391-397.

Hamadache A., Ait-Abdallah F. etBelloula B., 1996- Effet de l'environnement, de la date de semis et du désherbage sur le rendement en grain et ses composantes chez la fève (*Viciafaba* L.). Céréaliculture. 29: 15-18.

Haddadi H., 2004-Détermination de l'activité antioxydante de quelques fruits. Mémoire de Magister. Université Abderrahmane Mira. Béjaia.72 p.

Hamadache A., 2003- La féverole. Ed. ITGC. 13p.

Références bibliographiques

- Hamdani D., 2012-** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* Saug. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 126p.
- Harmel N., Haubruge E. et Francis F., 2010-** Etude des salives de pucerons : un préalable au développement de nouveaux bio-insecticides. *Biotechnologie, Agronomie, Sociologie, Environnement*. (2) : 369-378.
- Hazem D., 2010-** Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera:Aphididae) en vergers de pommiers. Thèse de Doctorat. Ecole doctorale : SIBAGHE. Université d'Avignon et Pays de Vaucluse. 252p
- Hullé M., Turpeau E., Leclant F. et Rahn M.J., 1998-** Les pucerons des arbres fruitiers : cycle biologique et activités de vol. Ed. INRA. Paris. 77p.
- Huang L., Ohsako S. et Tanda S., 2005-** The lesswright mutation activates Rel-related proteins, leading to overproduction of larval hemocytes in *Drosophila melanogaster*. *Développement. Biologique*. 280(2): 407--420.
- Khalidi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. et Ben Yassine A., 2002-** L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceeding du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
- Kholkhal F., Lazouni H.A., Bendahou M., Boublenza I., Chabane S.D. et Chaouch H., 2013-** Etude phytochimique et évaluation de l'activité anti-oxydante de *Thymus Ciliatus*. *Afrique Science* 9(1) : 151-158.
- Klass C.S.R., 2009-** Extension Associate, Cornell University Cooperative Extension Records, collections number : 21-24.
- Turpeau E., Hullé M. et Chaubet B., 2010-** Science et impact, uni de rennes. Ed. INRA. 1p.
- Kumar R., 1991-** La lutte contre les insectes ravageurs. Ed. Karthala, Paris, 305 p.
- Jean C., 2010-** Lutte intégrée contre le puceron du soya, Ed, Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec. 19p.
- Kumari S.G. et Van Leur J.A.G., 2011-** Viral diseases infecting faba bean (*Vicia faba* L.). *Grain legumes*, 56: 24-26.
- Labrie G., 2010-** Synthèse de la littérature scientifique sur le puceron du soya, *Aphis glycines* Matsumura. Ed. CÉROM, Québec. 14p.
- Lambert L., 2005-** Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. Ed. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec. 7p.

Références bibliographiques

- Lambert. N., 2010-**Lutte biologique aux ravageurs : applicabilité au Québec. Centre Universitaire de Formation en Environnement., Université de Sherbrooke.Québec. Canada. 103p.
- Lopez-Bellido F.J., Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R.J., 2005-**Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba*L.). *Europ.Journée.Agronomique.* 23: 359-378.
- Maatougui M.E., 1996-**Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Céréaliculture,* 29: 6-18.
- Meradsi F., 2009-** Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève *Vicia faba* L. au puceron noir *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera:Aphididae). Mémoire de Magister.. Université Batna.83p.
- Ondet J. et Salva C., 2005-**La lutte directe en agriculture biologique, pour maîtriser *Metcalfa pruinososa*. Comparaison d'insecticide. Les techniques culturales simplifiées en agriculture biologique. Institut technique de l'agriculture biologique 70 : 7-10.
- Ouerdane S. et Ramdani F., 2007-**Etude du pouvoir antioxydant de deux agrumes : le citron et le pamplemousse. Mémoire d'Ingénieur. Université Abderrahmane Mira, Bejaia.45p.
- Patrick M., 2008-**Le Truffaut : encyclopédie pratique illustrée du jardin. Ed. Larousse. Paris, 850p.
- Pintureau B., 2001-** Lutte biologique contre les organismes nuisibles à l'agriculture, *Biocontrol Science and Technology* 11(1) : 21-26.
- Peron J.Y., 2006-**Pucerons en cultures protégées, les problèmes posés et les moyens de les contrôler en lutte intégrée. *Défense des Végétaux,* 234 : 18-31.
- Rabatel A., 2011-**Développement embryonnaire du puceron *Acyrtosiphon pisum* : caractérisation de voies métaboliques et gènes clé dans les interactions trophiques avec *Buchnera aphidicola*. Thèse de doctorat d'Etat. Institut National des Sciences appliquées de Lyon. 236p.
- Rachef S.A., Ouamer F. et Ouffroukh A., 2005-**Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation). *Recherches agronomiques.* 16 : 36-41.
- Remaudière G. et Remaudière M., 1997-**Catalogue des Aphidae du monde of the world's Aphididae, Homoptera, Aphidoidea. Ed. I.N.R.A.473p.
- Saharaoui L. et Hemptinne J.L., 2009-**Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. *Annales de la Société Entomologique de France.* 45 (2) : 245-259.

Références bibliographiques

- Saidj F. et Rahmoun M., 2010-** Effet bioinsecticide de deux extraits de plantes : ortie et fougère à l'égard du puceron noir de la fève *A. fabae* Scopoli 1763. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 49p.
- Sihali K. et Fodil A., 2014-** Effet bioinsecticide de trois extraits végétaux, le laurier (*Laurus nobilis*), la sauge (*Salvia officinalis*) et l'origan (*Origanum vulgare*) à l'égard du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera, Aphididae). Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 36p.
- Sillero J.C., Villegas-Fernandez A.M., Thomas J., Rojas-Molina M.M., Emeran A.A., Fernandez-Aparicio M. et Rubiales D., 2010-** Faba bean breeding for disease resistance. *Field Crops Research*, 115: 297-307.
- Singleton V.L., Orhofer R. et Lamuela-Raventos R.M., 1999-** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Méthode. Enzymatique*. 299: 152-178.
- Stoddard F.L., Nicholas A.H., Rubiales D., Thomas J. et Villegas-Fernandez A.M., 2010-** Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*. 115: 308-318.
- Sullivan D.J., 2007-** Aphids (Hemiptera: Aphididae). *Encyclopedia of Entomology*. 1: 191-215.
- Tagu D., Prunier-Leterme N., Legeai F., Gauthier J.P., Duclert A., Sabater-Munoz B., Bonhomme J. et Simon J.C., 2004-** Annotated expressed sequence tags for studies of the regulation of reproductive modes in aphids. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 34: 809-822.
- Turpeau-Ait Ighil E., Dedryver C.A., Chaubet B. et Hulle M., 2011-** Les pucerons des grandes cultures : cycles biologiques et activités de vol. Ed. Quae, Paris. 33p.
- Yahiaoui F., 2010-** Activité biologique de trois plantes sous forme d'extraits aqueux et d'amendement verts sur *Aphis fabae* (Homoptera : Aphididae). Mémoire Ingénieur. E.N.S.A., El Harrach, Alger. 64p.
- Yakoubi A., 2004-** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. et *Laurus nobilis* L. mémoire de Magister. Université El Hadj Lakhder. Batna. 95p.
- Wang H.F., Zong X.X., Guan J.P., Yang T., Sun X.L., Ma Y. et Redden R., 2012-** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. *Théorie Application Génétique*, 124: 789-797.
- Wang Y.C., Chuang Y.C. et Ku Y.H., 2007-** Quantitation of bioactive compounds in *Citrus* fruit cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 102 (4): 1163-1171.

Références bibliographiques

Weigand S. et Bishara S.I., 1991-Status of insect pests of faba bean in the Mediterranean region and methods of control. *Options Méditerranéennes*. 10: 67-74.

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

Annexe

Tableau 1 : Analyse de la variance (dose et temps) pour l'extrait de citronnier

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	18495,05	35	528,43				
VAR.FACTEUR 1	10040,96	5	2008,192	37,042	0		
VAR.FACTEUR 2	7098,75	5	1419,75	26,188	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1355,337	25	54,213			7,363	18,53%

Dose : P=0, temps : P=0.00297

Tableau 2 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose de l'extrait de citronnier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
6.0	D5	61,629	A			
4.0	D3	48,858		B		
5.0	D4	46,624		B		
3.0	D2	41,015		B		
2.0	D1	32,24			C	
1.0	D0	8,023				D

Tableau 3 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur temps de l'extrait de citronnier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
6.0	T6	60,287	A				
5.0	T5	52,065	A	B			
4.0	T4	43,843		B	C		
3.0	T3	35,62			C	D	
2.0	T2	27,398				D	E
1.0	T1	19,176					E

Tableau 4 : Analyse de la variance (dose et temps) pour l'extrait d'oranger

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8148,673	35	232,819				
VAR.FACTEUR 1	3599,865	5	719,973	13,401	0		
VAR.FACTEUR 2	3205,716	5	641,143	11,934	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	1343,092	25	53,724			7,33	28,40%

Dose : P=0.00027, temps : P=0.01533

Tableau 5 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose de l'extrait d'oranger sur la mortalité d'*A. fabae*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
6.0	D5	39,973	A		
3.0	D2	30,443	A	B	
5.0	D4	29,49	A	B	
4.0	D3	27,766		B	
2.0	D1	19,163		B	
1.0	D0	8,023			C

Tableau 6 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur temps de l'extrait d'oranger sur la mortalité d'*A. fabae*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
6.0	T6	40,265	A			
5.0	T5	34,126	A	B		
4.0	T4	27,988		B	C	
3.0	T3	22,314			C	D
2.0	T2	17,212				D
1.0	T1	12,954				D

Tableau 7 : Analyse de la variance (extrait, dose et temps) pour l'extrait de clémentinier

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13598,88	35	388,539				
VAR.FACTEUR 1	6559,421	5	1311,884	22,184	0		
VAR.FACTEUR 2	5561,056	5	1112,211	18,808	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1478,403	25	59,136			7,69	23,75%

Dose : P=0.05494, temps : P=0.00297

Tableau 8 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose de l'extrait de clémentinier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
5.0	D4	43,328	A			
6.0	D5	47,961	A			
4.0	D3	40,443	A			
3.0	D2	30,363		B		
2.0	D1	24,116		B		
1.0	D0	8,023				C

Tableau 9 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur temps de l'extrait de clémentinier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
6.0	T6	50,566	A				
5.0	T5	43,289	A	B			
4.0	T4	36,011		B	C		
3.0	T3	28,734			C	D	
2.0	T2	21,456				D	E
1.0	T1	14,179					E

Tableau 10 : Analyse de la variance (dose et temps) pour l'extrait de pamplemoussier

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3641,358	35	104,039				
VAR.FACTEUR 1	1882,262	5	376,453	11,184	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	917,587	5	183,517	5,452	0,00164		
VAR.RESIDUELLE 1	841,509	25	33,66			5,802	19,45%

Dose :P=0.00207, temps : P=0.01834

Tableau 11 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose de l'extrait de pamplemoussier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0	D0	40,167	A			
6.0	D5	36,589	A	B		
5.0	D4	31,169		B	C	
3.0	D2	26,546			C	
4.0	D3	26,403			C	
2.0	D1	18,131				D

Tableau 12 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur temps de l'extrait de pamplemoussier sur la mortalité d'*A. fabae*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
6.0	T6	38,352	A	
5.0	T5	33,568	A	B
4.0	T4	31,006	A	B
3.0	T3	27,142		B
2.0	T2	24,811		B
1.0	T1	24,126		B

Tableau 13 : Analyse de la variance (extrait, dose et temps) des traitements appliqués

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	50333,14	143	351,98				
VAR.FACTEUR 1	5290,758	3	1763,586	159,097	0		
VAR.FACTEUR 2	20993,18	5	4198,637	378,768	0		
VAR.FACTEUR 3	15463,57	5	3092,715	279,001	0		
VAR.INTER F1*2	2320,492	15	154,7	13,956	0		
VAR.INTER F1*3	1541,127	15	102,742	9,269	0		
VAR.INTER F2*3	3892,637	25	155,706	14,047	0		
VAR.RESIDUELLE 1	831,373	75	11,085			3,329	10,88%

P= 0.0016998

F1 : dose ; F2 : temps

Résumé

Cette étude porte sur l'activité bio insecticide des extraits aqueux de quatre espèces d'agrumes (citronnier, clémentinier, oranger et pamplemoussier) sur les populations du puceron noir de la fève. Les résultats obtenus montrent que toutes les espèces testées présentent un effet biocide sur les populations aphidiennes. Une mortalité élevée est enregistrée pour l'extrait de citronnier à la dose de 5%. L'effet biocide des solutions aqueuses semble dépendre de la dose, du temps et de la nature de l'extrait. Les résultats de l'analyse quantitative des polyphénols totaux indiquent que les quatre extraits contiennent des teneurs importantes en polyphénols

Mots clés : Citronnier, clémentinier, oranger, pamplemoussier, taux de mortalité, extraits aqueux, doses, temps.

Summary

This study deals with the bio insecticidal activity of aqueous extracts of four citrus species (lemon, lemon, orange and grapefruit) on populations of the black bean aphid. The results obtained show that all the species tested have a biocidal effect on aphid populations. High mortality is recorded for lemon extract at a 5% dose. The biocidal effect of aqueous solutions appears to depend on the dose, time and nature of the extract. The results of the quantitative analysis of polyphenols indicate that the four extracts contain significant levels of polyphenols

Key words: Lemon tree, clementine tree, orange tree, grapefruit tree, mortality rate, aqueous extracts, doses, time.