

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 de Biochimie et de Microbiologie



Mémoire de fin d'études

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

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

Sujet

**Etude de l'effet biocide de quatre extraits végétaux :
l'origan (*Origanum vulgare*), le thym (*Thymus numidicus*),
le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la lavande (*lavandula
stoechas*) à l'égard du puceron noir de la fève *Aphis fabae*
Scopoli, 1763 (Homoptera : Aphididae)**

Présenté par : Mlle ARAB Hassiba
Mlle FEDDI Imene

Devant le jury :

Présidente : Mme MEDJDOUB-BENSAAD F.	Professeur	U.M.M.T.O.
Promotrice : Mme BENOUFELLA-KITOUS K.	M.C.A	U.M.M.T.O.
Co-promotrice : Melle BOUABIDA N.	Doctorante	U.M.M.T.O.
Examinatrice 1 : Mme TALEB-TOUDERT K.	M.C.B.	U.M.M.T.O.
Examinatrice 2 : Mme YAHATENE-BOUAZIZ H.	M.C.B.	U.M.M.T.O.

Promotion : 2017/ 2018

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

*Nous adressons nos vifs remerciements à notre promotrice Mme **BENOUFELLA-KITOUS K.** Maître de conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, de nous avoir fait l'honneur de nous encadrer, pour le temps et la patience qu'elle nous a accordé tout au long de ce mémoire.*

*Nous remercions Mme **MEDJDOUB- BENSAAD F.** Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir honoré notre jury en acceptant de le présider.*

*Nous remercions également Mme **TALIB-TOUDERT K.** Maître de conférence B à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et Mme **BOUAZIZ-YAHAITENE H.** Maître de conférence B à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous tenons à remercier Melle **LAOUDI TINHINANE** Doctorante à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour son aide dans l'analyse statistique.*

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

*Nos très chers parents qui
nous ont toujours encouragé et Que dieu les protège.*

Nos chers frères

Nos amies

*et Toutes les personnes qui ont participé
à la réalisation de ce travail.*

Hassiba, Imene

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction	1
---------------------------	---

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

1. Systématique.....	3
2. Description	3
3. Cycle biologique.....	5
4. Importance de la fève.....	6
5. Situation économique de la culture.....	7
6. Contraintes de la culture.....	10

Chapitre II : Généralités sur le ravageur *Aphis fabae*

1. Classification d' <i>Aphis fabae</i>	16
2. Description d' <i>Aphis fabae</i>	16
3. Cycle biologique.....	17
4. Dégâts causés par <i>Aphis fabae</i> sur la fève.....	18
5. Moyens de lutte.....	19

Chapitre III : Matériel et méthodes d'étude

1. Matériel d'étude.....	23
1.1. Matériel de laboratoire.....	23
1.2. Matériel biologique.....	23
2. Méthodes expérimentales	31
2.1. Dispositif expérimental.....	31
2.2. Méthode d'obtention des plants de fève.....	31
2.2. Méthode d'infestation des plants de fève.....	33
2.3. Méthode d'obtention des extraits végétaux.....	33
2.4. Préparation des doses.....	35
2.5. Application du traitement.....	35
2.6. Dénombrement de la population d' <i>A. fabae</i>	36
3. Exploitation statistique des résultats.....	37

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats38

1.1. Effet de la dose sur l'efficacité de l'extrait sur la population d'*A. fabae*.....38

1.2. Effet du temps sur l'efficacité de l'extrait sur les populations d'*A.fabae*.....42

1.3. Effet de la nature de l'extrait sur les populations d'*A .fabae*.....46

2. Discussion.....47

Conclusion.....50

Références bibliographiques.....51

Annexe

Liste des Figures

Figure 1 : Appariel végétatif et reproducteur de <i>V.faba</i> (ORIGINALE, 2018)	5
Figure 2 : Principales maladies fongiques de la fève (ORIGINAL, 2018)	12
Figure 3 : Insectes ravageurs de la fève (FRAVAL, 2006)	14
Figure 4 : Colonie du puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i> (ORIGINALE, 2018)	15
Figure 5 : Formes aptère et ailée d' <i>Aphis fabae</i> (MERADSI, 2009)	17
Figure 6 : Représentation schématique du cycle de vie des pucerons en régions tempérées (BAKROUNE, 2012)	18
Figure 7 :Prédateurs de pucerons (HAZEM,2010)	21
Figure 8 : Guêpe parasitoïde (FRAVAL, 2006)	22
Figure 9 : Graines de la variété Histal (ORIGINALE,2018)	24
Figure 10 : Puceron noir de la fève <i>A. fabae</i> (ORIGINALE,2018)	24
Figure 11 : Morphologie du Romarin (ORIGINALE,2018)	26
Figure 12 : Morphologie du Thym (ORIGINALE,2018)	27
Figure 13 : Morphologie de l'Origan (ORIGINALE,2018)	29
Figure 14 : Morphologie de la lavande (ORIGINALE,2018)	30
Figure 15 : Semis des graines de fève (ORIGINALE,2018)	32
Figure 16 : Méthode d'infestation des plants de fève par les pucerons (ORIGINALE,2018)	33
Figure 17 : Méthode d'obtention des extraits végétaux (ORIGINALE,2018)	34
Figure 18 : Extrait dilué (ORIGINALE,2018)	35
Figure 19 : Application du traitement (ORIGINALE,2018)	36
Figure 20 : Dénombrement des pucerons (ORIGINALE,2018)	36
Figure 21 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités aux 6 doses de l'extrait d'origan par voie de contact.....	38
Figure 22 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités aux 6 doses de l'extrait de thym par voie de contact.....	39

Figure 23 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités aux 6 doses de l'extrait de romarin par voie de contact.....	40
Figure 24 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités aux 6 doses de l'extrait de lavande par voie de contact.....	41
Figure 25 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités à l'extrait d'origan par voie de contact, en fonction du temps après le traitement	42
Figure 26 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités à l'extrait de thym par voie de contact, en fonction du temps après le traitement	43
Figure 27 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités à l'extrait de romarin par voie de contact, en fonction du temps après le traitement	44
Figure 28 : Mortalité des individus d' <i>A. fabae</i> traités à l'extrait de lavande par voie de contact, en fonction du temps après le traitement	45
Figure 29 : Variation du taux de mortalité selon les extraits (origan, thym, romarin et lavande) appliqués par voie de contact sur les populations aphidiennes.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pays producteurs de fève de 2012 à 2016 (FAO, 2016)	7
Tableau2 : Evolution de la superficie et production de la fève en Algérie (FAO, 2016)	8
Tableau3 : Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONNYME, 2018)	9

Introduction

Les Légumineuses alimentaires sont considérées comme les plantes à graines les plus cultivées par l'homme et depuis longtemps occupent une place importante dans l'alimentation humaine. Elles jouent un rôle important dans le développement de l'économie nationale des pays du Maghreb (KHALDI *et al.*, 2002).

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 cultivée dans les plaines et les régions sublittorales. La culture de la fève a un rôle important dans l'économie nationale et dans la production agricole (AOUAR-SADLI, 2009) avec une superficie de 35147ha en 2016, une production de 375980qx et un rendement de 10,7qx /ha (FAO, 2018). Cependant, cette culture est soumise à de multiples contraintes d'ordre abiotique (froid, gelée, chaleur, et salinité) et biotique, à savoir les maladies, les mauvaises herbes et les insectes ravageurs, qui font que les rendements sont faibles (MOUHOUCHE, 1997).

Parmi les contraintes biotiques, les pucerons sont considérés comme l'un des principaux groupes de ravageurs au plan mondial. Ces insectes causent des dégâts directs en se nourrissant de la sève phloémienne. Ils absorbent la sève élaborée des plantes détournant à leur profit une partie des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. De plus, au cours de leurs prise alimentaire, ils causent des dégâts indirects en injectant une salive souvent toxique pour la plante, et peuvent lui transmettre des virus à l'origine de graves maladies. Ils concourent donc à affaiblir les plantes de diverses manières du fait de leur pouvoir multiplicateur et leur capacité de dispersion. Ils sont responsables de pertes importantes de rendement chez de nombreuses plantes cultivées (TAGU *et al.*, 2004).

Lors d'une pullulation de pucerons, des méthodes curatives sont utilisées comme première alternative de lutte. En agriculture, il existe des produits chimiques mais leur non sélectivité rend leur utilisation délicate, du fait de leurs effets néfastes et non intentionnels sur les autres insectes. De plus, une utilisation intensive de pesticides s'accompagne de désordres écologiques et d'apparition de résistances aux aphides qui sont de plus en plus fréquentes.

Depuis quelques années, la lutte biologique se développe et de nombreuses initiatives se sont déployées afin de diminuer l'utilisation des produits chimiques (MERADSI, 2009). Parmi ces initiatives, la lutte biologique par l'utilisation de bio-pesticides à base de substances naturelles semble être très prometteuse. En effet, la valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus d'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Pour limiter les pertes, ces plantes sont

exploitées sous plusieurs formes soit entières, soit sous forme de poudres végétales, d'huiles essentielles, d'huiles végétales ou d'extraits végétaux (GOUCEM-KHELFANE, 2014).

Très peu de travaux visant la lutte contre les pucerons par les bio-pesticides ont été menés. SAIDJ et RAHMOUN (2010), BEKHTI et BELKACEM (2013), SIHALI et FODIL (2014) et BENOUFELLA-KITOUS (2015) ont démontré la toxicité de quelques bio-pesticides d'origine végétale contre ces ravageurs.

Dans ce contexte, à travers notre étude nous essayerons d'évaluer l'effet biocide de quatre extraits végétaux, prélevés à partir des feuilles de plantes aromatiques répandues en Kabylie sur les populations aphidiennes. Les extraits des Lamiacées choisis, à savoir l'origan (*Origanum vulgare*), le thym (*Thymus numidicus*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la lavande (*Lavandula stoechas*) sont testés sur les individus du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763, par voie de contact, à différentes concentrations.

Le présent travail est structuré comme suit : le premier et le second chapitre rappelleront des données bibliographiques sur le plante hôte *Vicia faba* et l'insecte ravageur *A. fabae*. Le troisième chapitre sera consacré à la méthodologie de travail. Le quatrième chapitre annoncera les différents résultats qui seront étayés par une discussion. Une conclusion assortie de perspectives clôturera ce travail.

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

Vicia faba Linné est une culture qui fait partie des systèmes agraires depuis longtemps dans différentes zones agricoles du pays. Elle occupe la première place parmi les légumineuses alimentaires, ce qui témoigne de son utilité pour l'homme (MOUHOUCHE et SADOU, 2001).

1. Systématique

DAJOZ (2000) rappelle que 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

La fève est une Dicotylédone annuelle appartenant à la famille des Fabacées (légumineuse), connue botaniquement sous le nom de *Vicia faba* (BELKHODJA, 1996). C'est une plante herbacée, diploïde ($2n = 12$ chromosomes) et partiellement allogame (WANG et *al.*, 2012). Elle est composée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur.

2.1. Appareil végétatif

2.1.1. Racines

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

D'après CHAUX et FOURY (1994), le système racinaire de la fève peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur et les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres (Fig. 1a).

2.1.2. Tige

La plante se développe à partir d'une tige simple, dressée, creuse, de section quadrangulaire. Sa hauteur est généralement comprise entre 0,80 à 1,20 m, bien que certaines variétés naines, aujourd'hui abandonnées, ne dépassent pas 40 cm (CHAUX et FOURY, 1994).

2.1.3. Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées-pennées, constituées par 2 à 4 paires de folioles ovales, d'un vert glauque ou grisâtre (Fig. 1b). Le rachis se termine par une arrête étroite, droite ou courbée mais non enroulée en vrille, qui présente la foliole terminale. Les feuilles sont accompagnées de deux larges stipules (CHAUX et FOURY, 1994).

2.2. Appareil reproducteur**2.2.1. Fleurs**

Les fleurs sont de 2 à 3 cm de long, de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron (DUC, 1997).

Les inflorescences sont des grappes de 2 à 10 fleurs. Les fleurs sont hermaphrodites. Elles possèdent une structure papilionacée typique : la corolle est constituée de 5 pétales inégaux. Le calice est formé de 5 sépales soudés (Fig. 1c). Chaque fleur comporte 10 étamines dont la plus haute est libre et les 9 autres unies en une gaine renfermant l'ovaire. L'unique ovaire comprend 2 à 9 ovules, parfois 10 (BOND et POULSEN, 1983).

2.2.2. Fruit

Le fruit est une gousse large, faiblement pubescente. Selon le type, la gousse peut être plus au moins longue (10 à 20 cm) et contenir un nombre très variable de graines (4 à 9).

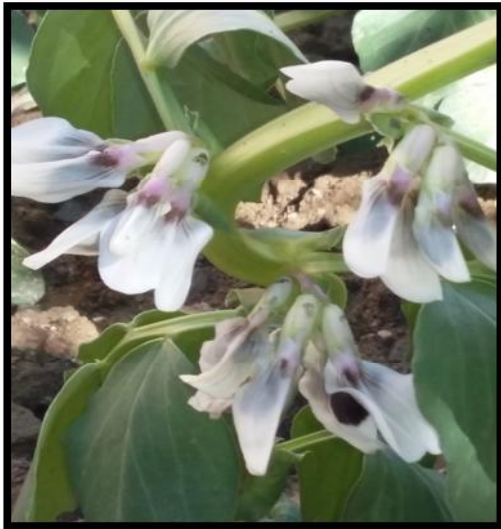
A l'état jeune, la gousse est verte et dressée, puis retombe lors de la maturation du grain (Fig. 1d). Enfin d'évolution, elle se ride et prend une coloration noire (CHAUX et FOURY, 1994).

2.2.3. Graines

Les graines sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature. Elles développent, à complète maturité, un tégument épais et coriace, de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à contour presque circulaire ou réniforme (CHAUX et FOURY, 1994).



a- Racines de *V. faba*



b-Tige
et
feuilles
de *V.
faba*



c- Fleurs de *V. faba*

d- Gousses et graines de *V. faba*

Figure1 : Appareils végétatif et reproducteur de *V. faba* (ORIGINALE, 2018)

3. Cycle biologique

Selon LAUMONIER (1979 *in* BITOUCHE, 2015), la fève est une plante annuelle et parfois bisannuelle accomplissant son cycle phénologique en 24 à 28 semaines. Ce dernier est représenté par trois phases distinctes :

3.1. Phase de germination

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

3.2. Phase de développement végétatif

La fève est une plante à croissance indéterminée. Cette phase dure de 40 à 60 jours durant lesquels 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 (PATRICK, 2008).

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. La pollinisation est intermédiaire entre autogamie et allogamie. 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 des feuilles cesse dès la maturité des fruits. Le taux de fécondité varie selon les conditions pédoclimatiques (PATRICK, 2008).

4. Importance de la fève

4.1. Importance nutritionnelle

ADRIAN et *al.* (2002) affirment que la fève fraîche possède des caractéristiques nutritionnelles intéressantes pour l'équilibre nutritionnel. Elle est riche en protéines végétales (5.4 g aux 100g) et en glucide (10 g aux 100g). Elle fournit des quantités appréciables de vitamine du groupe B (en particulier B3, B5, et B9 ou acide folique) et de vitamine C (18mg aux 100g). Elle représente aussi une source non négligeable de minéraux et d'oligo-éléments, notamment de potassium, de magnésium et de fer. Enfin, grâce à sa teneur élevée en fibre (6.5g aux 100g), elle contribue efficacement à la couverture des besoins de l'organisme et à la lutte contre la paresse intestinale.

La fève constitue une source considérable d'énergie 344 Kcal/100 g et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (CHAIEB et *al.*, 2011).

4.2. Importance agronomique

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

Selon HAMADACHE (2003), la fève améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg/ha. Elle améliore aussi sa structure 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.

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 4,7 millions d'hectares. Cette superficie a diminué selon les données de la FAO (2016) pour la période 2012-2016 (Tab.1).

Tableau 1 : Pays producteurs de fève de 2012 à 2016 (FAO, 2016).

Pays	Production en milliers de tonnes				
	2012	2013	2014	2015	2016
Chine	1612000	1456000	1428700	1500000	1608903
Ethiopie	943964	991700	838944	935481	878010
Australie	268100	377200	327700	283800	423527
Royaume-Uni	250000	270000	275649	270848	288955
France	273539	245001	278545	253017	198246
Allemagne	61300	59700	87600	133200	153700
Soudan	156590	156700	115630	106380	121412
Egypte	140713	157639	131475	119849	119104
Italie	95996	77948	74736	79972	100013
Pérou	73698	78673	81144	80526	71919
Espagne	25900	27800	38934	65532	69569
Tunisie	71800	68840	53764	41908	67000
Algérie	40507	42386	41389	44807	37598
Mexique	23073	33390	33071	34994	36970
Syrie	33049	30990	32911	34817	36794

Guatemala	25011	25637	26376	27011	27705
Autriche	15991	13651	21459	24641	27695
Maroc	147993	156670	166680	90279	26564
Iran	13450	12465	23563	18434	17573
Argentine	16000	16000	16039	16370	16416

Le tableau 1 montre que la Chine est le premier pays producteur mondial de fèves avec une production de $1,612 \times 10^6$ tonnes en 2012, suivie par l’Ethiopie (943964 tonnes). L’Algérie est positionnée au 13^{ème} rang avec 40507 tonnes.

De 2013 à 2015, nous observons des oscillations dans la production mais avec les mêmes pays en tête de production. En 2016, l’Ethiopie a connu une baisse d’environ 6%. Pour l’Algérie, ces données sont revenues à la baisse avec une réduction de la production égale à 7%.

5.2. En Algérie

En Algérie, la fève est cultivée sur les plaines côtières, les plaines sub-littorales et les zones sub-sahariennes, plus spécialement dans les wilayas de l’Ouest (Sidi Bel-Abbés, Tlemcen et Mostaganem), du centre (El Khemis et Boumèrdès), de l’Est et du Sud-Est (Béjaïa, Batna et Biskra) (OUFFROUKH et AGGAD, 1996).

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 533mm/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 2.

Tableau 2 : Evolution de la superficie et 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

Il ressort des données présentées dans le tableau 2, que 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 369283,3qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement qui présente une moyenne de 10,39qx/ha.

Le rendement maximal est noté durant la campagne agricole 2008-2009 avec 11,3qx/ha. Le rendement minimal est enregistré durant l'année 2007-2008 avec 7,7qx/ha. Ces variations de rendement pourraient être expliquées par la mauvaise conduite des cultures, ainsi que les conditions climatiques. En effet, selon BOUGHADAD (1994), les superficies, les productions et les rendements de la fève varient d'une année à une autre suivant les conditions climatiques.

5.3. A Tizi-Ouzou

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

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 3.

Tableau 3 : 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 3, la superficie moyenne réservée à la culture de la fève dans la wilaya de 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 de dix années est de 8997,7 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement qui présente une moyenne de 13,009 qx/ha.

Le rendement maximal est noté durant la campagne agricole 2015-2017 avec 15qx/ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2007-2008 avec 11,02qx/ha.

6. Contraintes de la culture

La culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes, qui limitent sa production, son développement et son extension. Ces contraintes sont résumées comme suit :

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 cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies,
- L'indisponibilité de semences certifiées,
- Les prix exorbitant et l'indisponibilité des intrants, tels que les fertilisants, les herbicides et les pesticides.

6.2. Contraintes socio-économiques

Les contraintes socio-économiques constituent un handicap pour le développement intensif, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Ces derniers sont freinés par le manque de mains d'œuvres, ainsi que son coût très élevé (ZAGHOUANE, 1991).

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 BOUHAMDI et SADIKI, 2002).

6.3.3. Chaleur

La chaleur est une contrainte dans les zones sahariennes, les hauts plateaux et dans les plaines intérieures où les vents chauds et secs (Sirocco) affectent la production (MAATOUGUI, 1996).

Selon CHOUX et FOURY (1994), les fortes chaleurs peuvent même anéantir complètement la végétation ; à un degré moindre, elles nuisent à la qualité du grain, le rendant précocement amer et farineux.

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 est sujette à un très grand nombre de maladies cryptogamiques et aux attaques des ravageurs.

6.4.1. Maladies fongiques

6.4.1.1. Rouille

La rouille est une maladie causée par *Uromyces fabae*. Elle se manifeste par la présence, sur les deux faces de la feuille, de nombreuses petites pustules pulvérulentes de couleur brun-roux, auréolées de vert clair (CHAUX et FOURY, 1994). D'apparition généralement tardive, elle entraîne le dessèchement prématuré du feuillage et provoque la baisse du rendement (AVERSENQ et *al.*, 2008) (Fig. 2a).

6.4.1.2. Botrytis (Taches chocolat)

Le botrytis est une maladie causée par un champignon (*Botrytis fabae*) qui est présent près de toutes les zones de culture de la fève. Les premiers symptômes sont des taches de couleur brun foncé entouré par un anneau de couleur brun orangé sur les feuilles, les fleurs et les tiges (STODDARD et *al.*, 2010) (Fig. 2b).

6.4.1.3. Anthracnose

L'Anthracnose est causée par *Ascohyta fabae*. PLANQUAERT et GIRARD (1987) rapportent que cette maladie se manifeste par la formation de taches brunes sur l'épiderme des gousses, sur les feuilles et sur les tiges (Fig. 2c).

6.4.1.4. Mildiou

Les agents responsables du mildiou sont *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Ils provoquent une décoloration jaunâtre à la face supérieure des feuilles liée à la présence d'un feutrage blanc-gris à la face intérieure. Les attaques précoces de mildiou entraînent le nanisme des plantes, ainsi qu'une déformation des tiges et des pétioles (CHAUX et FOURY, 1994).



a- Symptômes de la rouille (*Uromyces fabae*)
sur les feuilles de *V. faba*



b- Symptômes du botrytis (*Botrytis fabae*)
sur les feuilles de *V. faba*



c- Symptômes de l'antracnose (*Ascochyta fabae*)
sur les feuilles de *V. faba*

Figure 2 : Principales maladies fongiques de la fève (ORIGINALE, 2018)

6.4.2. Maladies virales

Selon MAHMOUDI (1991), les virus les plus importants pouvant attaquer les fèves cultivées sont :

- **BYMV** (Broad Yellow Mosaïque Virus) : le BYMV est un virus transmis par plusieurs espèces de pucerons. Sa transmission est possible par la semence.
- **BBMV** (Broad Bean Mosaïque Virus) : le BBMV est un virus transmis par certaines espèces de Coléoptères. La transmission de ce virus par la semence est possible, mais à un faible pourcentage.
- **BLRV** (Broad Leaf Roll Virus) : le BLRV est un virus transmis par les pucerons. Ce virus n'est pas transmis par la semence.

6.4.3. Ravageurs

6.4.3.1. Nématodes

Selon ABBED-ANDALOUSSI (2001), *Ditylonchus dispaci* (Julius Gotthelf Kuhn, 1857) est un nématode qui constitue un sérieux problème sur les tiges de fève en Algérie. Ce nématode limite le développement de la culture. Il provoque la décoloration des tiges, des nécroses localisées sur les entrenœuds, la déformation des feuilles ainsi que l'éclatement des gousses et le rabougrissement de la plante.

6.4.3.2. Insectes

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

- **Sitone du pois *Sitona lineatus* (Linnaeus, 1758)**

La sitone du pois (Coleoptera, Curculionidae) est un charançon brun grisâtre (Fig. 3a), dont les adultes découpent des encoches en U sur le bord des feuilles de la fève. Les larves vivent sous terre et se nourrissent des nodosités fixatrices d'azote sur les racines de la fève (AVERSENQ et al., 2008).

- **Lixe poudreux des fèves *Lixus algerus* (Linnaeus, 1767)**

Le lixe poudreux (Coleoptera, Curculionidae) est un charançon avec un ceps cylindrique noirâtre et plus ou moins recouvert d'une poussière jaune qui fait penser à du pollen (Fig.3b). Le lixe poudreux provoque l'affaiblissement de la plante, la réduction du poids moyen des graines, ainsi que le dessèchement précoce de ces derniers et la diminution du rendement (MAOUI et *al.*, 1990).

La bruche de la fève (Coleoptera, Chrysomelidae) est un insecte au corps trapu et aux couleurs termes (Fig. 3c). Selon SADOU (1998), cet insecte effectue ses pontes sur les jeunes gousses de la plante *V. faba*, causant la perte du pouvoir germinatif.

- **Puceron vert du pois *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776)**

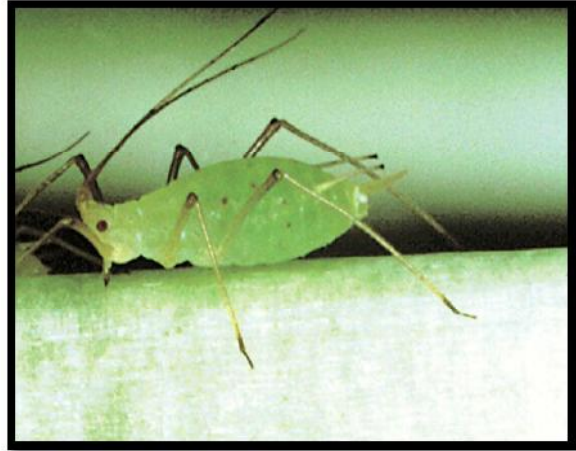
Selon BOUHACHEM (2002), le puceron vert du pois (Homoptera, Aphididae) est un petit insecte de 2,5 à 4,4 mm de long, de couleur vert pomme ou rose pour certaines souches. Ce puceron peut compromettre toute la récolte lorsque l'infestation survient avant la floraison. Il pompe la sève et cause des pertes de rendement non négligeables et peut même transmettre des virus, qui tuent complètement la plante (Fig.3d).



a-Sitone du pois *Sitona lineatus*



b-Lixe poudreux des fèves *Lixus algerus*

c-Bruche de la fève *Bruchus rufimanus*d-Puceron vert du pois *Acyrtosiphon pisum***Figure 3** :Insectes ravageurs de la fève (FRAVAL, 2006)

- **Puceron noir de la fève *Aphis fabae* (Scopoli, 1763)**

A. fabae (Homoptera, Aphididae) est un puceron piqueur suceur. Il vit en colonies compactes, à l'extrémité des plants de fève (Fig.4). Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (HAMADACHE, 2003). De plus, cet insecte peut transmettre plus de 30 virus phytopathogènes (BLACKMAN et EASTOP, 2007). Ce puceron fera l'objet d'une étude bibliographique dans le chapitre suivant.

**Figure 4** : Colonie du puceron noir de la fève *Aphis fabae* (ORIGINALE, 2018)

Chapitre II : Généralités sur le ravageur *Aphis fabae*

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde (HULLE et *al.*, 1998). Plus de 4000 espèces de pucerons sont connus. La plupart est inféodée à une seule espèce végétale mais certains font preuve d'une polyphagie étendue (ALFORD, 1994). Ces seringues vivantes colonisent les plantes cultivées, les arbres fruitiers et forestiers ainsi que les rosiers qu'ils salissent et déforment (FRAVAL, 2006). Parmi les espèces polyphages, se trouve le puceron noir de la fève *A. fabae*.

1. Classification d'*Aphis fabae*

Selon REMAUNDIERE et REMAUNDIERE(1997), *A. fabae* se classe comme suit :

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

2. Description d'*A. fabae*

A. fabae peut se trouver sous une forme aptère et une forme ailée.

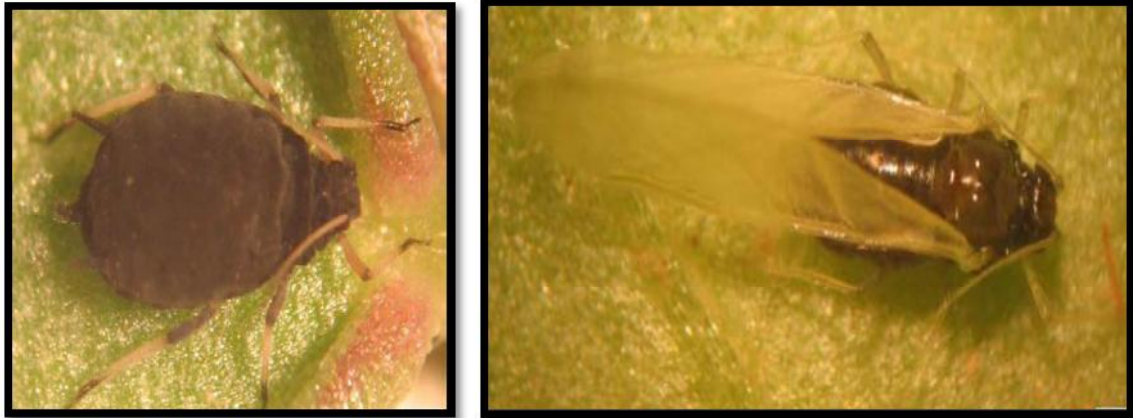
2.1. Forme aptère

L'adulte aptère mesure environ 2 mm, trapu, noir mat à verdâtre, avec trois paires de taches blanches cireuses sur l'abdomen (HULLE et *al.*, 1999). Le tégument est d'aspect velouté ou légèrement pruneux. Les antennes sont courtes, ne dépassent jamais les deux tiers de la longueur du corps. Les cornicules sont courtes, entièrement noires, de forme cylindrique, dépourvues de gouttière terminale et légèrement rétrécies à leurs extrémités (SAHARAOU, 1999). Selon BALACHOWSKY et MESNIL (1934), la longueur des cornicules varie entre 0,25 et 0,35mm. La cauda est de couleur noire, conique et épaisse, ne dépassant guère la moitié de la longueur des cornicules (Fig.5a).

2.2. Forme ailée

Le corps de l'ailé est de forme plus élancée que l'aptère, il mesure entre 1,6 et 2,3 mm de long (BENOUFELLA–KITOUS, 2005). La tête et le thorax sont noirs et brillants (Fig.5b).

L'abdomen est noir, parfois à reflet verdâtre ou vert épinard sombre (BALACHOWSKY et MESNIL, 1934). Les cornicules sont noires, de longueur moyenne et peu épaisses et la cauda est sombre, arrondie à l'extrémité (AUTRIQUE et NTAHIMPERA, 1994).



a- Forme aptère

b- Forme ailée

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

3. Cycle biologique

Une des plus remarquables caractéristiques des pucerons est leur polymorphisme lié à leur cycle de vie souvent compliqué, où peuvent se succéder sur des plantes fort différentes des formes aptères et des formes ailées, des individus sexués (mâles et femelles) et parthénogénétiques (femelles) (BALACHOWSKY et MESNIL, 1934). Les pucerons sont dotés d'une capacité de multiplication très élevée : 40 à 100 descendants par femelle, ce qui équivaut à 3 à 10 pucerons par jour pendant plusieurs semaines (KOS et *al.*, 2008).

Selon HULLE et *al.* (1999), *A. fabae* est holocyclique dioecique. Cette espèce alterne donc entre son hôte primaire, en général le fusain, et son hôte secondaire, des plantes herbacées. Dans les conditions défavorables de l'hiver, la plupart des pucerons hivernent sous forme d'œufs sur les plantes vivaces ou dans les débris végétaux (EATON, 2009 in BAKROUNE, 2012).

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 femelles parthénogénétiques appelées fondatrigènes qui se développent au cours du printemps jusqu'au début de l'été. 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, sur lesquels

elles engendrent plusieurs générations d'aptères et d'ailés parthénogénétiques appelées virginogènes (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 (Fig.6). Ces sexupares produisent des mâles (ce sont des andropares) ou des femelles (gynopares) ou les deux (amphotères) (LABRIE, 2010). Généralement, le mâle est ailé et la femelle aptère. Cette dernière pond un œuf : l'œuf d'hiver. Ces œufs éclosent au printemps suivant et le cycle recommence (Klass., 2009 *in* BAKROUNE, 2012).

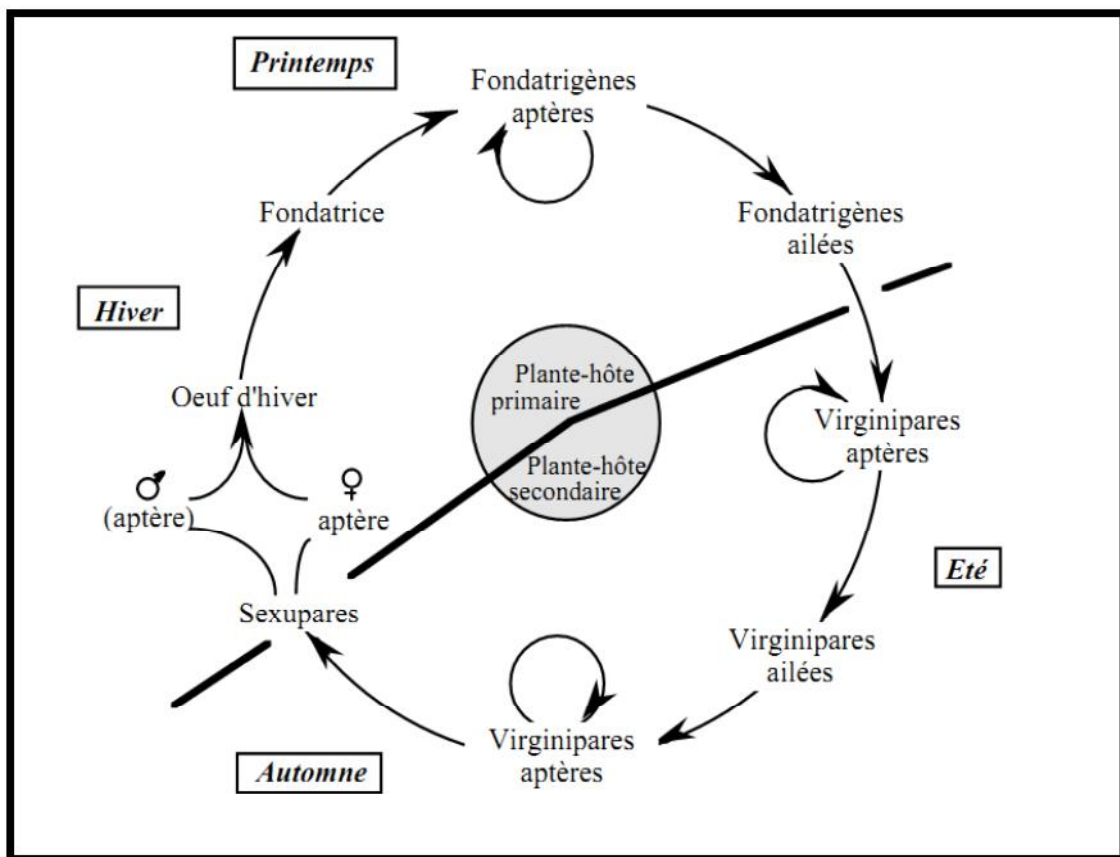


Figure 6 : Représentation schématique du cycle de vie des pucerons en régions tempérées (BAKROUNE, 2012)

4. Dégâts causés par *Aphis fabae* sur la fève

Les pucerons figurent parmi les ravageurs les plus nuisibles à l'agriculture (LATIGUI, 1988). Les dommages causés par ces insectes aux cultures, sont réparties en deux catégories :

4.1. Dégâts directs

Selon DEDRYVER (2010), le dégât direct est l'effet du détournement de quantités de sève élaborée au profit des pucerons qui se manifeste par : une moindre croissance (court

noué), une mauvaise fructification (avortement de fruit) et des graines ou des fruits plus petits et bosselés. La sécrétion salivaire du ravageur entraîne des perturbations dans les processus de multiplication cellulaire autour du point de pique, et des proliférations des tissus végétaux, entraînant une chute précoce des feuilles. Enfin, d'autres substances toxiques contenues dans la salive des pucerons peuvent entraîner l'apparition à distance des points de piqûres, des décolorations foliaires et enroulement des feuilles.

4.2 Dégâts indirects

Les dégâts indirects des pucerons sont essentiellement de deux ordres qui sont:

4.2.1 Miellat et fumagine

Les pucerons rejettent une substance épaisse et collante par le système digestif appelée le miellat. Ce composé déposé sur les feuilles et au pied de la plante hôte est riche en sucre et en acides aminés. La forte concentration en sucre du miellat (90 à 95 % de matière sèche) favorise le développement de la fumagine, un complexe de champignon des genres *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Fumago*, *Antennariella*, *Limacinula*, *Scorias* et *Capnodium*. La fumagine forme un dépôt noirâtre à la surface des feuilles de la plante hôte, réduit la photosynthèse et provoque même une asphyxie de la plante attaquée par les pucerons (LEROY et *al.*, 2009).

4.2.2 Transmission de virus

Les pucerons sont responsables de dégâts indirects assez importants en véhiculant des virus phytopathogènes (HARMEL et *al.*, 2010). Parmi les nombreux virus que transmettent ces pucerons, il y a le virus de la mosaïque de la luzerne (AMVI), le virus de la mosaïque du haricot (BYMV), le virus de la mosaïque du pois (PSBMV), le virus de la jaunisse apicale du pois (BELRV) et le virus de la jaunisse nécrosante de la fève (FBNYV) (LECLANT, 1982). D'après RADWAN et *al.* (2008), les virus affectent les processus physiologiques de la plante, en diminuant le taux de photosynthèse, en réduisant la teneur en chlorophylle (jaunisse) et en augmentant les taux de respiration.

5. Moyens de lutte

5.1. Lutte préventive

La lutte préventive se base sur les différentes pratiques culturales pouvant réduire les dégâts tels que la détermination d'une date de semis et de récolte adéquate, la rotation des

cultures avec une plante qui serait attrayante pour les pucerons, les associations culturales et la suppression des mauvaises herbes ou résidus de cultures qui pourraient héberger des pucerons (SULLIVAN, 2007 *in* KHELOUL, 2012).

JALOUX (2010) rapporte que l'association d'une plante hôte avec une plante compagne mettant des composés volatils différents va permettre de masquer ou d'altérer l'odeur de la plante hôte, ce qui va perturber sa localisation par les pucerons. JENSEN et al. (2010) signalent que l'association des fèves avec les céréales réduit la contamination des plantes par *A. fabae*.

De même, la lutte variétale qui consiste à employer des cultivars résistants aux pucerons et aux virus transmis par ces derniers constitue une lutte préventive (DEDRYVER, 2010).

5.2. Lutte curative

5.2.1. Lutte chimique

La lutte chimique est basée sur l'utilisation de produits chimiques. Ces derniers, ils doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile. Ils doivent aussi être dotés d'un effet de choc élevé et d'une bonne rémanence. En plus, ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Le choix doit porter sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles (DEDRYVER, 2010).

5.3. Lutte biologique

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

5.3.1. Ennemis naturels

Le puceron noir de la fève compte plusieurs ennemis naturels. Deux catégories sont à distinguer :

5.3.1.1 Les prédateurs

Selon GEORCRET et SCHEROM (1995), les principaux prédateurs de pucerons sont :

- Les coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) qui sont à la fois très polyphages et très voraces. Les femelles pondent jusqu'à 20 œufs par jour près des colonies de pucerons. Les larves et les adultes sont de grands prédateurs (Fig.7a, Fig.7b). Les derniers stades larvaires peuvent consommer jusqu'à 100 pucerons par jour.

- Les chrysopes (Neuroptera, Chrysopidae) ont des larves qui peuvent chacune manger jusqu'à 500 pucerons par jour (Fig.7c, Fig.7d).

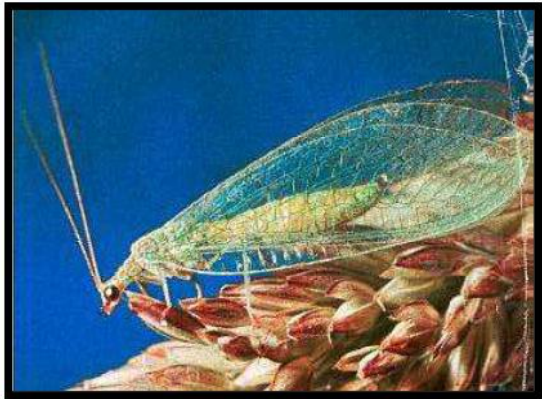
- Les syrphes (Diptera, Syrphidae) qui se caractérisent par des couleurs bigarrées jaune et noir qui les font ressembler aux guêpes (Fig.7e, Fig. 7f). L'adulte butineur est pollinisateur mais la larve dévore chaque jour 40 à 50 pucerons.



a- Coccinelle adulte



b- Larve de coccinelle



c- Chrysope adulte



d- Larve de Chrysope



e- Syrphe adulte



f- Larve de syrphe

Figure 7: Prédateurs de pucerons (HAZEM,2010)

5.3.1.2 Les parasitoïdes

Les larves de parasitoïdes se développent dans les pucerons et vivent au détriment de ces derniers, tels que les Hyménoptères Chrysididae (guêpe fouisseuse) ou les Pompilidae (guêpes solitaires noires). Le parasitoïde le plus utilisé dans la lutte biologique est le parasitoïde *Aphidius* sp (Fig. 8) dont les femelles pondent leurs œufs dans tous les stades de pucerons. La morphologie des pucerons parasités change et ils sont alors appelés « momies ». Ces auxiliaires parasitent jusqu'à 250 pucerons (LECLANT, 1999).



Figure 8 : Guêpe parasitoïde (FRAVAL, 2006)

5.3.2. Bio-insecticides

La lutte biologique peut être effectuée aussi avec des insecticides naturels, à base de pyrèthre, molécule issue de la plante de chrysanthème *Chrysanthemum cinerariifolium*, qui agit par contact en paralysant les pucerons. 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).

Un autre traitement écologique peut être utilisé, il consiste à pulvériser du savon noir dilué à 5%. En effet, le savon noir étant alcalin, agit comme un excellent répulsif sans pour autant endommager la plante (SALIN, 2011).

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Le but de cette étude est de mettre en évidence l'effet biocide par pulvérisation de quatre extraits végétaux à savoir celui de l'origan, du thym, du romarin et de la lavande à l'égard du puceron noir de la fève *A. fabae*. Pour y parvenir un travail expérimental a été mené au niveau du laboratoire d'Entomologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1. Matériel d'étude

1.1. Matériel de laboratoire

Afin de réaliser ce travail, le matériel utilisé au laboratoire est constitué de :

- 75 pots de 10 cm de diamètre et de 12 cm de hauteur
- Du gravier.
- De la tourbe.
- Un tissu perforé (moustiquaire) de 0,5mm 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 étiquètes portant le nom de l'extrait utilisé et la dose de traitement sur chaque pot.
- Des pinceaux pour déposer les pucerons sur les plants de fève.
- Une loupe manuelle pour le dénombrement des pucerons.
- Un papier blanc au pied des plants de fève pour faciliter le comptage des individus morts.

Pour la préparation et l'application des traitements, nous avons utilisé :

- De l'eau distillée.
- Des pulvérisateurs.
- Des pipettes de 1-2-5 et 10 ml.

1.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé lors de cette étude est constitué de :

1.2.1. Plante hôte : la fève *Vicia 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 Histal disponible sur le marché. Ces graines sont originaires d'Espagne et datent d'une année (Fig. 9).



Figure 9 : Graines de la variété Histal (ORIGINALE, 2018)

1.2.2. Puceron noir de la fève *Aphis fabae*

Les individus de pucerons (Fig. 10) utilisés lors de traitement ont été prélevés dans une parcelle de fève au niveau de la commune de Draa El Mizan, située à une altitude de 432m, à environ 43Km de la Wilaya de Tizi-Ouzou.



Figure 10 : Puceron noir de la fève *A. fabae* (ORIGINALE, 2018)

1.2.3. Extraits végétaux

Dans la présente étude, quatre espèces de la famille des Lamiacées sont utilisées sous forme qu'extraits aqueux afin de tester leur effet bioinsecticide. Il s'agit du romarin

(*Rosmarinus officinalis*), du thym (*Thymus numidicus*), de l'origan (*Origanum vulgare*) et de la lavande (*Lavandula stoechas*).

Le romarin et la lavande sont récoltés dans un jardin privé situé dans la région de Draa El Mizan à une altitude de 432 m. Le thym provient des montagnes d'Ait Bouadou (Ouadia) à 828 m d'altitude et l'origan est récolté dans une parcelle privée située dans la région de Makouda à une altitude de 458 m.

1.2.3.1. Présentation du romarin *Rosmarinus officinalis* L.

L'espèce *Rosmarinus officinalis* L. peut avoir différentes appellations :

Français : romarin

Arabe : iklil, al-jabal, aklil, kelil, klil, hasa louban, hasa Iban

Kabyle : iazir, aziir, azir, yazir, hesislerneb

Anglais : Rosemary (MAX et DOMINIQUE, 2007)

1.2.3.1.1. Classification

D'après CRONQUIST (1981 in AIGOUN-BENSAAD et *al.*, 2012), le romarin est classé comme suit :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille.....	Lamiaceae
Genre	<i>Rosmarinus</i>
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.

1.2.3.1.2. Description

Selon AIT YOUSSEF (2006), le romarin est un arbrisseau touffu, toujours vert, très rameux et à base ligneuse ; sa taille peut varier de 60 cm à 2 m de hauteur (Fig. 11). Les feuilles sont linéaires et coriaces, opposées, assez semblables à des aiguilles de conifères (GERARD et FRANCOIS, 2009). Il se distingue par de très jolies fleurs bleutées-parfois presque blanches- quasiment épanouies toute l'année (BACON et *al.*, 2013).



Figure 11 : Morphologie du Romarin (ORIGINALE,2018)

1.2.3.1.3. Principaux constituants

Les sommités fleuries renferment une essence aromatique riche en camphre, en cinéole, en alpha-pinène, en bornéol et en camphène, ainsi que des flavonoïdes, des diterpènes tricycliques, des triterpènes et des acides-phénols, dont l'acide rosmarinique (DEBUIGNE et COUPLAN, 2009).

Cette plante contient également des acides gras hydroxylés (surtout des dérivés de l'acide décanoïque) et des acides gras organiques (acidescitrique, glycolique, glycerique) ; ainsi que des tanins, des stérols, de la choline et un mucilage (AIT YOUSSEF, 2006).

1.2.3.2. Présentation du thym *Thymus numidicus*

Selon LUCIENNE (2013), l'espèce peut avoir différentes appellations :

Français : thym

Arabe : z'hitra

Kabyle : Taza3tart, z3itra

Anglais : Common (Garden) thyme (MAX et DOMINIQUE, 2007).

1.2.3.2.1. Classification

D'après MORALES (2002 in YAKHLEF, 2012), le thym est classé comme suit :

Règne :Plantes
Sous-règne :Plantes vasculaires
Embranchement :Spermaphytes
Sous embranchement :Angiospermes
Classe :Dicotylédones
Sous classe :Dialypétales
Ordre :Labiales
Famille :Lamiacées
Genre :*Thymus*
Espèce :*Thymus numidicus*

1.2.3.2.2. Description

D'après MICHEL (2011), le thym est un sous-arbrisseau à touffes vert blanchâtre, formées de tiges lignifiées de 7 à 30 cm, tortueuses en bas, pubescentes, avec une forte odeur aromatique. Les feuilles sont petites, linéaires, à bord enroulé, cotonneuses en dessous. Les fleurs sont petites, de 4à6 millimètres. Elles se regroupent en épis foliacés de teinte rosâtre. Le fruit est un tétrakéne (Fig. 12).

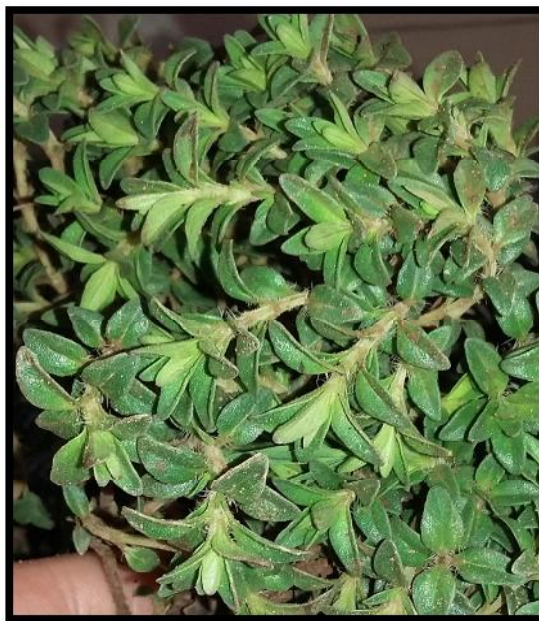


Figure 12 : Morphologie du Thym (ORIGINALE,2018)

1.2.3.2.3. Principaux constituants

D'après EBERHARD et *al.*, (2005), les composants du thym sont assez nombreux, en particulier dans ses huiles essentielles : thymol, un anti-infectieux puissant ; géraniol, antifongique et antiviral; linalol, antifongique et vermifuge. Les huiles essentielles contiennent différents composants, et en particulier le paracymène (ou p-cymène, antalgique) et le bornéol. Il contient encore des flavonoïdes (apigénol, lutéolol, etc.). Le thym frais est aussi une source importante de vitamine C, et le thym séché de calcium, de manganèse et de vitamine K.

1.2.3.3. Présentation de l'origan *Origanum vulgare*

Selon AIT YOUSSEF (2006), l'espèce *Origanum vulgare* peut avoir différentes appellations :

Français : origan ; origan a inflorescence compacte

Arabe : zatar ; za3tar ; za'tar ; sa'ter

Kabyle : azze3ter, za3ter

Anglais : evening primrose (MAX et DOMINIQUE, 2007).

1.2.3.3.1. Classification

Selon la classification d'ENGLER (1924 *in* CHIKHOUN, 2007), l'origan appartient au :

Règne :Plantae
 Embranchement :Spermaphytes
 Sous embranchement : Angiospermes
 Classe :Magnolipsida
 Sous classe : Métachlamydées
 Ordre :Tubiflorales
 Famille :Labiacées
 Sous famille :Stachyoideae
 Genre :*Origanum*
 Espèce :*Origanum vulgare*

1.2.3.3.2. Description

Selon EBERHARD et *al.* (2005), il rappelle que l'origan est un sous arbrisseau vivace, très ramifié, à racines rampantes. Les tiges sont nombreuses, dressées et quadrangulaires.

Elles sont souvent parcourues de poils veloutés ou soyeux. Les feuilles sont opposées-décussées, courtement pétiolées, et de petites taille (5 cm de long sur 2,5 cm) (Fig.13)

Les fleurs sont regroupées en inflorescences de type panicule, fixées au sommet des rameaux.

Le fruit est un tétrakène lisse, brun, de 1 mm de long.



Figure 13 : Morphologie de l'Origan (ORIGINALE, 2018)

1.2.3.3.3. Principaux constituants

L'origan est riche en tanins et phénols (apigénine et lutéoline) qui lui confèrent des propriétés anti-inflammatoires et anti-infectieuses. Les flavonoïdes contenus dans l'origan, ainsi que l'un de ses principaux composants, l'acide rosmarinique, ont un puissant pouvoir antioxydant qui aide à lutter contre le stress oxydatif. L'huile essentielle est composée de thymol, de carvacrol et de monoterpènes (alpha et bêta-pinènes, linalol) (DEBUIGNE et COUPLAN, 2009).

1.2.3.4. Présentation de la Lavande *Lavandula stoechas*

Selon AIT YOUSSEF (2006), l'espèce *Lavandula stoechas* L. peut avoir différentes appellations :

Français : Lavande stéchade, lavande sauvage

Arabe : Halhal

Kabyle : amezir, timerzit, timerza

Anglais : lavender

1.2.3.4.1. Classification

Selon LINNE (1753 *in* BOURBIA et TAMERT, 2013), la classification de la lavande est comme suit :

Règne.....	végétal
Division.....	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre.....	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous famille	Neptoideae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce.....	<i>Lavandula stoechas</i>

1.2.3.4.2. Description

La lavande est un sous-arbrisseau aromatique vivace généralement haut de 20 à 60 cm. Il est ligneux à la base, formant des touffes denses (AIT YOUSSEF, 2006).

Les tiges sont quadrangulaires, à feuilles opposées, étroites et à bords enroulés, velues-grisâtres (Fig. 14). Les inflorescences sont en épi terminal, quadrangulaire, densément fleuri et surmonté de grandes bractées violacées. Les fleurs sont petites, violettes, à bractées membraneuses veinées de violet. Les fruits sont des akènes (BENISTON, 1984).



Figure 14 : Morphologie de la lavande (ORIGINALE, 2018)

1.2.3.4.3. Principaux constituants

Selon AIT YOUSSEF (2006), la lavande comporte des tanins, un glucoside et un saponoside acide, des triterpènes, des alcools terpéniques (borénol, terpinéol), des phénols terpéniques (carvacol, iso-eugénol), des carbures terpéniques (alpha-pinène, bêta- pinène, camphène, para-cymène), un éther-oxyde terpénique (eucalyptol ou cinéol), un ester (acétate de bornyl), un iso- eugénol-méthyléther, de l'acide ursolique, de l'acide mictomérique, de l'alpha- amyrine, de l'avaol et du thymol.

2. Méthodes expérimentales

Le travail expérimental a commencé le 08/04/2018 par le semis des graines de fève, dans des pots au niveau du laboratoire.

2.1. Dispositif expérimental

En plus des 3 pots témoins (traités avec de l'eau distillée), le dispositif est formé de 72 pots traités par les quatre extraits (origan, thym, romarin et lavande) par voie de contact à raison de 18 pots pour chaque extrait. Ces derniers sont divisés en blocs aléatoires, dont chacun correspond à une dose, avec trois répétitions pour chaque dose (10%, 20%, 30%, 40%, 50% et 100%).

2.2. Méthode d'obtention des plants de fève

Le semis est réalisé dans des pots en plastiques remplis à un $\frac{1}{4}$ de gravier et à $\frac{3}{4}$ de tourbe. Afin d'activer la germination, les graines de fève ont été imbibées dans de l'eau pendant 24 heures (Fig. 15).



a- Trempage des graines de fève



b- Semis



b- Arrosage



d- Levée



d- jeune plantule

Figure 15 : Semis des graines de fève (ORIGINALE, 2018)

2.3. Méthode d'infestation des plants de fève

L'infestation est effectuée le 19/04/2018, à partir des individus d'*A. fabae*. A l'aide d'un pinceau, les pucerons sont déposés avec soin sur les jeunes plants de fève, 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.).



a- Infestation des plants



b- Couverture des pots

Figure 16 : Méthode d'infestation des plants de fève par les pucerons (ORIGINALE, 2018)

2.4. Méthode d'obtention des extraits végétaux

Chaque extrait végétal utilisé est obtenu par pression de 50g de feuilles des quatre plantes testées. Ces dernière sont lavées, séchées à l'air libre, puis broyées. Les poudres ainsi obtenus sont macérées à raison de 50g par litre d'eau distillée pendant 24heures. Les solutions obtenus sont stockées dans des flacons et gardées à l'obscurité (Fig. 17).



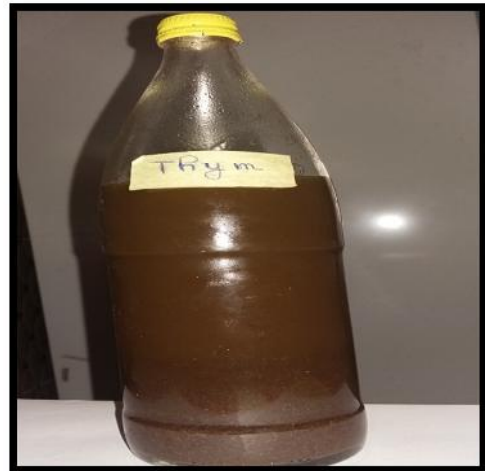
a- Feuilles séchées



b - Broyage des feuilles



c- Poudre obtenu



d- Macération dans 1L d'eau distillée



c- Filtration de l'extrait



f- Extrait brut

Figure 17 : Méthode d'obtention des extraits végétaux (ORIGINALE, 2018)

2.5. Préparation des doses

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

- La dose D1=10% correspond à 1 ml d'extrait de plante et 9ml d'eau distillée.
- La dose D2 =20% correspond à 2 ml d'extrait de plante et 8 ml d'eau distillée.
- La dose D3 = 30% correspond à 3 ml d'extrait de plante et 7ml d'eau distillée.
- La dose D4 = 40% correspond à 4 ml d'extrait de plante et 6 ml d'eau distillée.
- La dose D5 = 50% correspond à 5 ml d'extrait de plante et 5 ml d'eau distillée.
- La dose D6= 100% correspond à 10ml d'extrait de plante.



Figure 18: Extrait dilué (ORIGINALE, 2018)

2.6. Application du traitement

Le traitement est appliqué le 22/04/2018, soit trois jours après l'infestation des plantes par les individus de pucerons. Le traitement est appliqué par pulvérisation des différentes doses des quatre solutions aqueuses sur les colonies d'*A. fabae* (Fig. 19).



Figure 19: Application du traitement (ORIGINALE, 2018)

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. Ces observations ont permis de comptabiliser les individus morts et vivants.



Figure 20 : Dénombrement des pucerons (ORIGINALE, 2018)

3. Exploitation statistique des résultats

3.1. Analyse de la variance

L'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes des populations à partir de la variabilité des échantillons (MOTHES et DAGNIELLE 1968 *in* BITOUCHE, 2015). Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel STAT BOX, version 6.3 pour déterminer l'action biocide des différents extraits aqueux utilisés sur le puceron noir de la fève.

Si la probabilité (P) est :

$P > 0,05$, il n'y a pas de différence significative.

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

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

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

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.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

Lors de ce travail nous avons cherché à vérifier l'effet biocide de quatre extraits aqueux à partir des feuilles de plantes aromatiques, à savoir l'origan, le thym, le romarin et la lavande. Cette étude est réalisée à travers l'évolution de la mortalité des individus de pucerons exposés par voie de contact aux différentes doses des quatre solutions. L'efficacité de ces dernières est testée selon plusieurs paramètres, à savoir la dose, le temps et la nature de l'extrait.

1. Résultats

1.1. Effet de la dose sur l'efficacité de l'extrait sur la population d'*A. fabae*

1.1.1. Extrait d'origan

Les résultats obtenus après traitement de la population d'*A. fabae* avec l'extrait d'origan sont illustrés dans la figure 21.

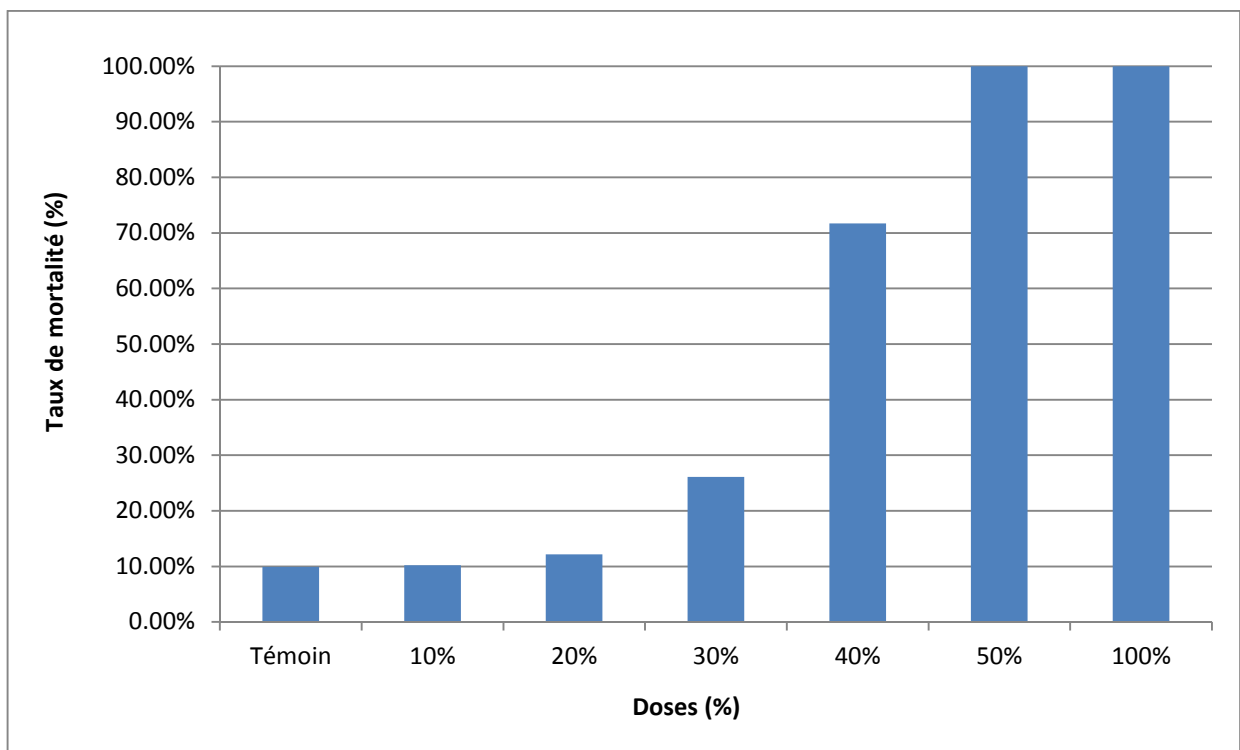


Figure 21: Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 6 doses de l'extrait d'origan par voie de contact

Le taux de mortalité des individus du puceron noir de la fève traités est très élevé comparé aux plants non traités (témoin) où nous avons noté un taux de mortalité de 9,9%.

Chez les populations traitées à l'extrait d'origan, ce taux augmente proportionnellement avec la dose, jusqu'à atteindre une mortalité totale à partir de la dose de 50% (Fig. 21).

1.1.2. Extrait du thym

Les résultats obtenus après traitement de la population d'*A. fabae* avec l'extrait de thym sont illustrés dans la figure 22.

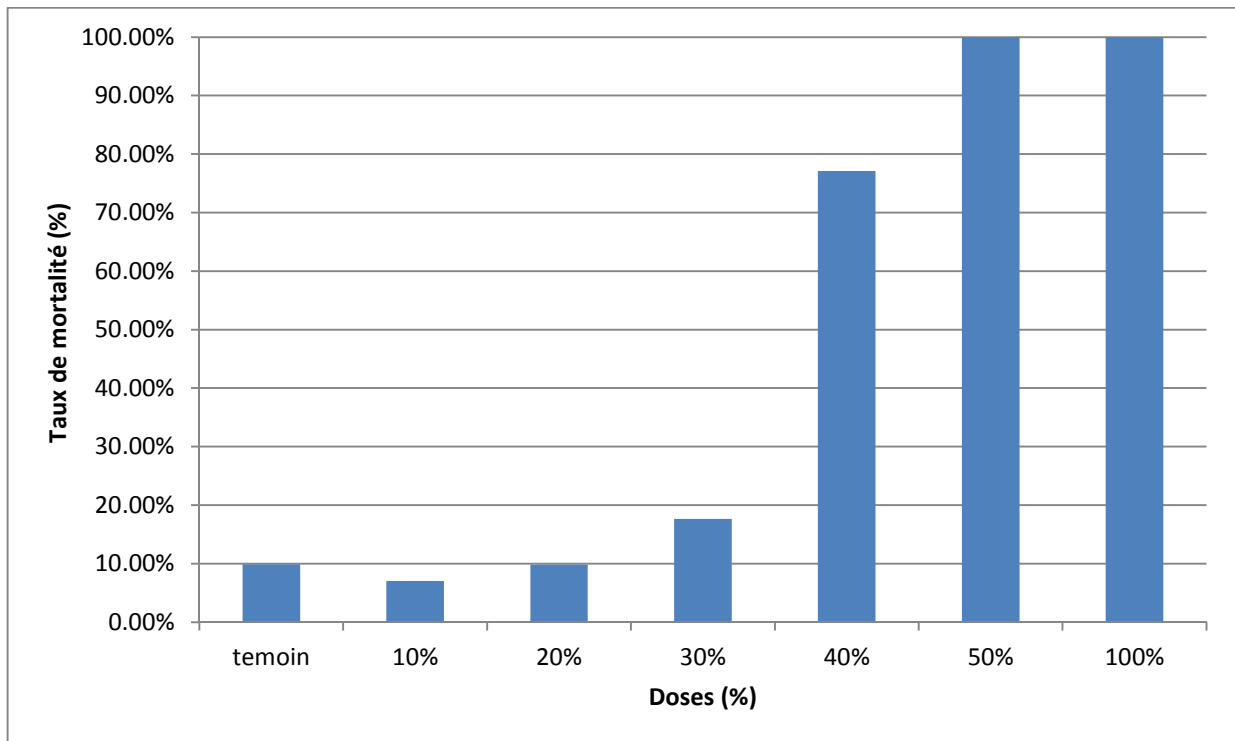


Figure 22 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 6 doses de l'extrait de thym par voie de contact

D'après les résultats du traitement à base d'extrait de thym, il apparaît que le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* augmente proportionnellement avec la dose. Les doses de 50% et 100% ont un effet très efficace avec un taux de mortalité de 100% (Fig. 22).

1.1.3. Extrait de romarin

La figure 23 illustre l'évolution du taux de mortalité de la population d'*A. fabae* traitée à l'extrait de romarin en fonction des doses.

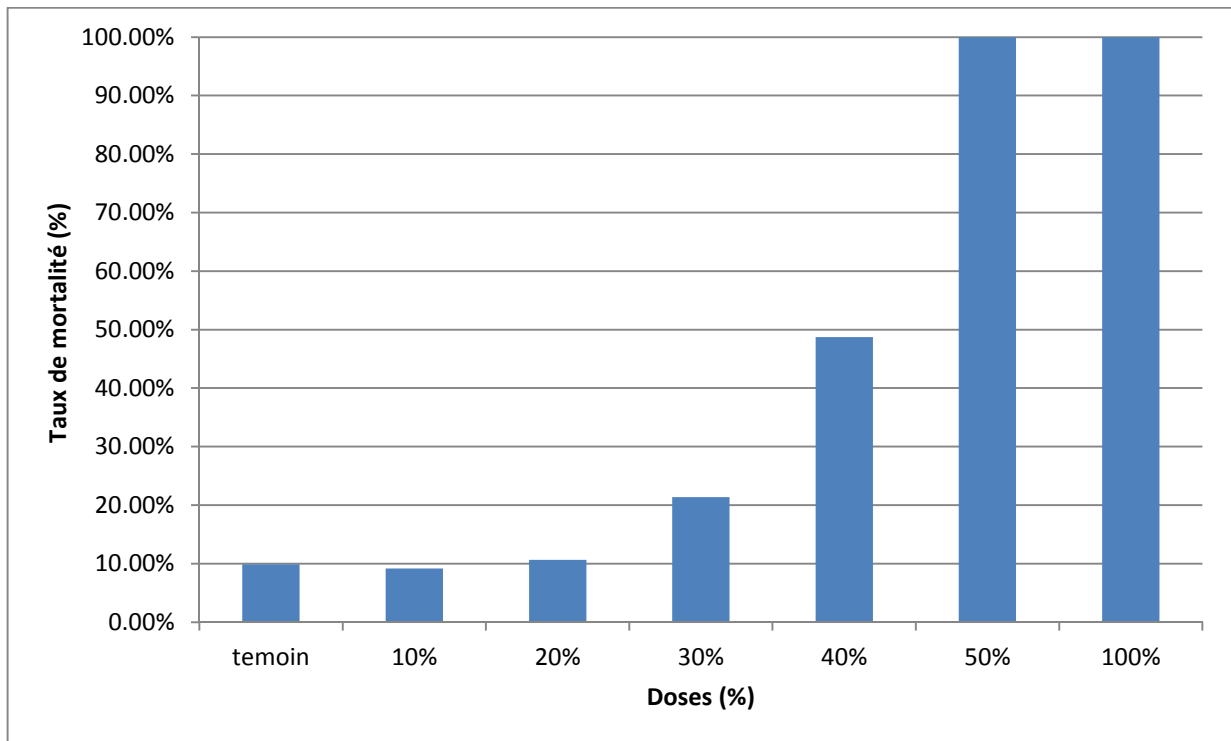


Figure 23 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 6 doses de l'extrait de romarin par voie de contact

Les résultats obtenus et illustrés dans la figure 23 ont permis de constater que chez les populations d'*A. fabae* traitées à l'extrait de romarin, le taux de mortalité s'accroît avec la dose. En effet, les doses de 50% et 100% sont les plus efficaces avec un taux de mortalité de 100%.

1.1.4. Extrait de lavande

Les résultats obtenus après traitement de la population d'*A. fabae* avec l'extrait de lavande sont illustrés dans la figure 24.

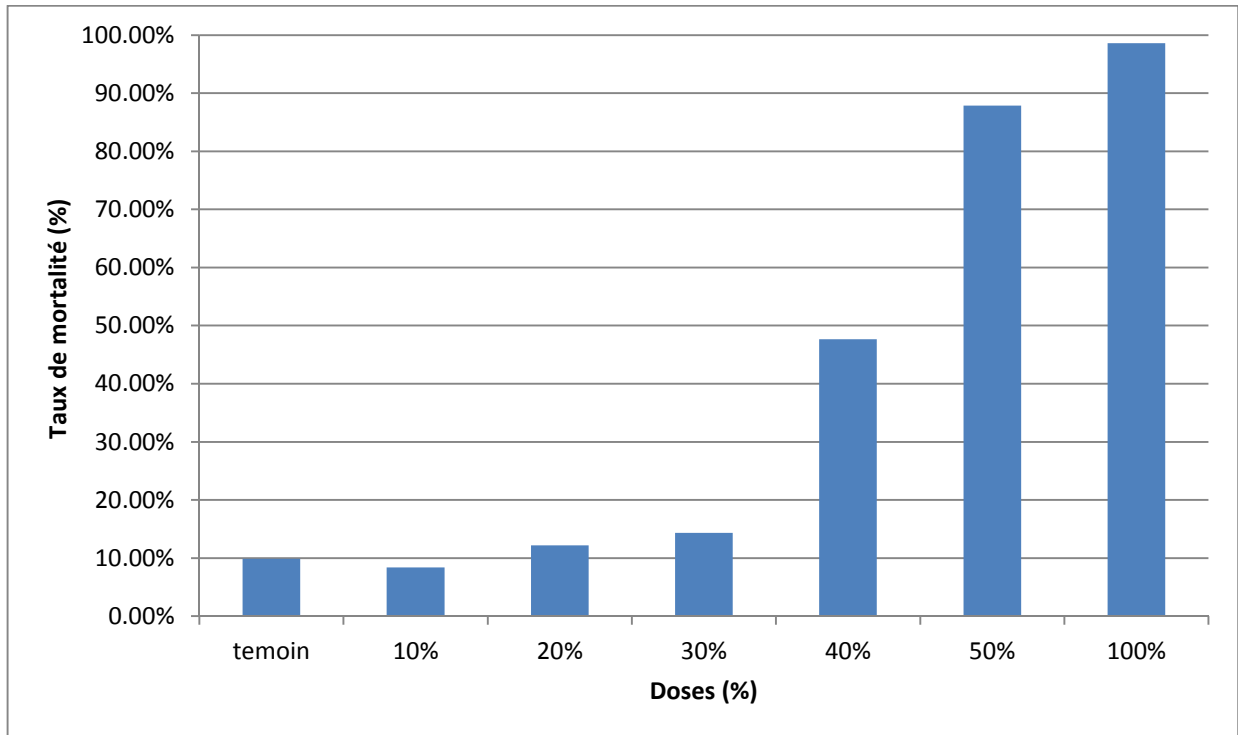


Figure 24 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités aux 6 doses de l'extrait de lavande par voie de contact

D'après les résultats du traitement à base d'extrait de lavande, il apparaît que le taux de mortalité des populations aphidiennes augmente avec la dose. La dose de 100% est la plus efficace avec 98,59% de mortalité. Le taux de mortalité est compris entre 8,37% et 98,59% pour les différentes doses comparé au témoin non traité avec 9,9% de mortalité (Fig. 24).

L'analyse de la variance révèle que les différences des taux de mortalité des pucerons traités par les quatre extraits (F1) appliqués en fonction de la dose (F2) sont très hautement significatives avec une probabilité de $P = 0$, pour les deux facteurs (extrait, dose), ainsi que leurs interactions (F1,F2) qui est hautement significative ($P = 0,00828$, $0,001 \leq P \leq 0,01$) (Ann., Tab.1).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les doses appliquées dans cinq classes différentes A, B, C, D et E. La dose de 100% s'est révélé la plus efficace avec une moyenne de 0,45. Elle est classée de ce fait dans la catégorie A (Ann., Tab.2).

De plus, le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe l'interaction des facteurs (extrait, dose) dans cinq groupes homogènes (A, B, C, D et E) (Ann., Tab.3).

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

1.2.1. Extrait d'origan

L'efficacité de l'extrait d'origan au fil du temps sur les pucerons est représentée dans la figure 25.

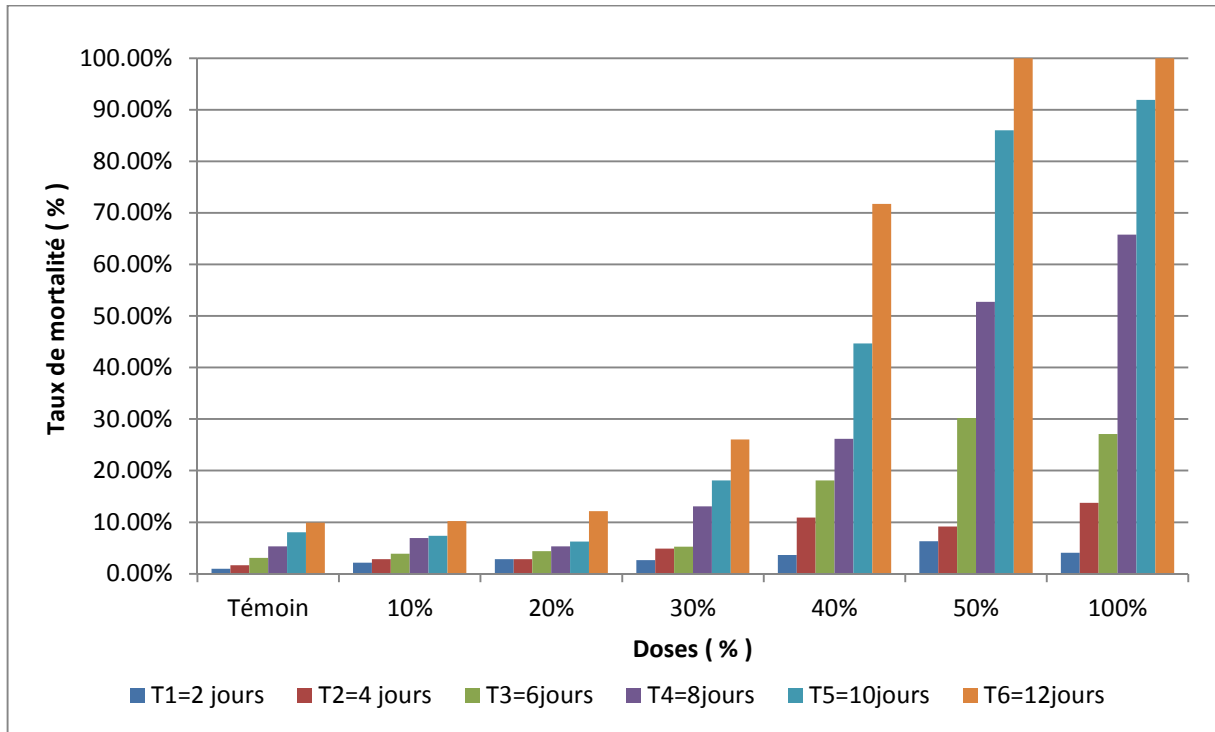


Figure 25 : Mortalité des individus d'*A.fabae* traités à l'extrait d'origan par voie de contact, en fonction du temps après le traitement.

L'évolution temporelle de la mortalité des populations d'*A.fabae* après l'application du traitement à base d'extrait d'origan montre que le traitement est nettement plus efficace à la sixième observation, à savoir 12 jours après l'application. En effet, le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* 2 jours après la pulvérisation de l'extrait est faible par rapport à celui obtenu 4, 6, 8, 10 et 12 jours après et ce pour toute les doses (Fig.25). Les doses de 40%, 50% et 100% sont les plus toxiques avec des taux de mortalités respectivement de 71,73%, 100% et 100% au 12ème jour post-traitement.

1.2.2. Extrait de thym

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

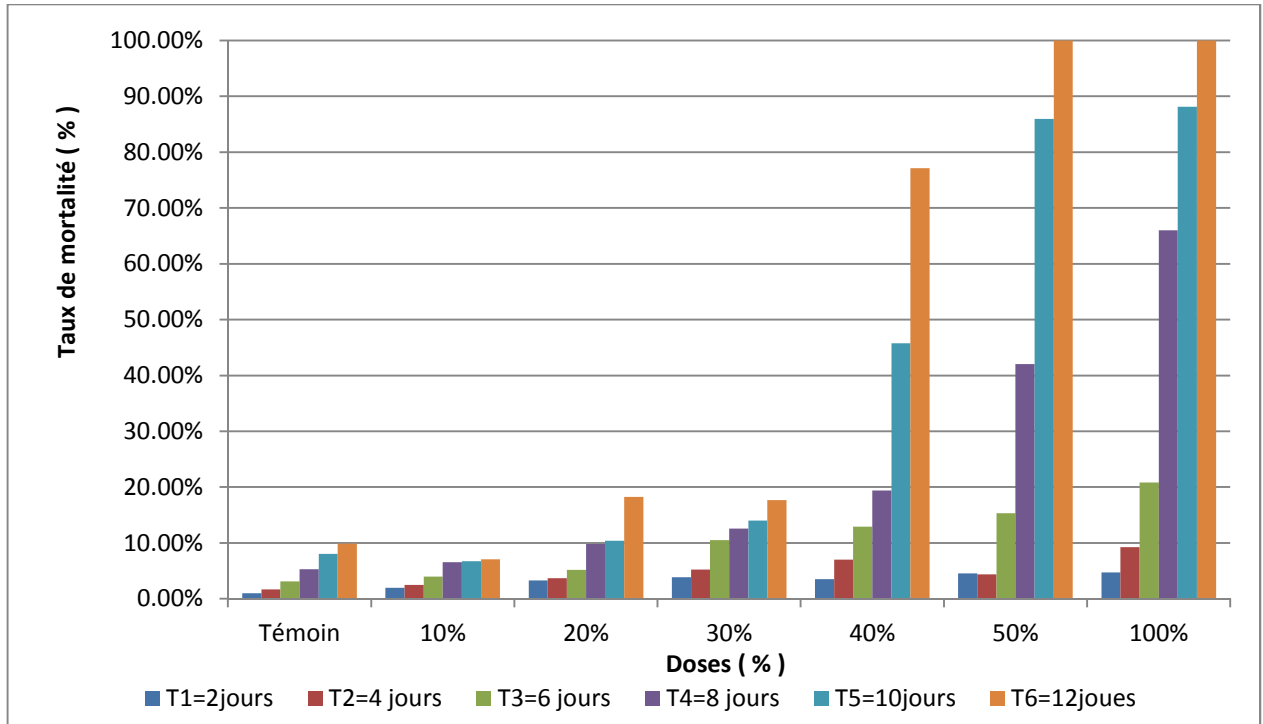


Figure 26 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de thym par voie de contact, en fonction du temps après le traitement

Les résultats présentés dans la figure 26 montrent que pour l'ensemble des doses, le taux de mortalité est linéaire au temps et les doses de 40%, 50% et 100% sont les plus efficaces durant cette évolution temporelle avec respectivement 77,11%, 100% et 100% de mortalité lors de la sixième observation (12 jours après le traitement).

1.2.3. Extrait de romarin

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

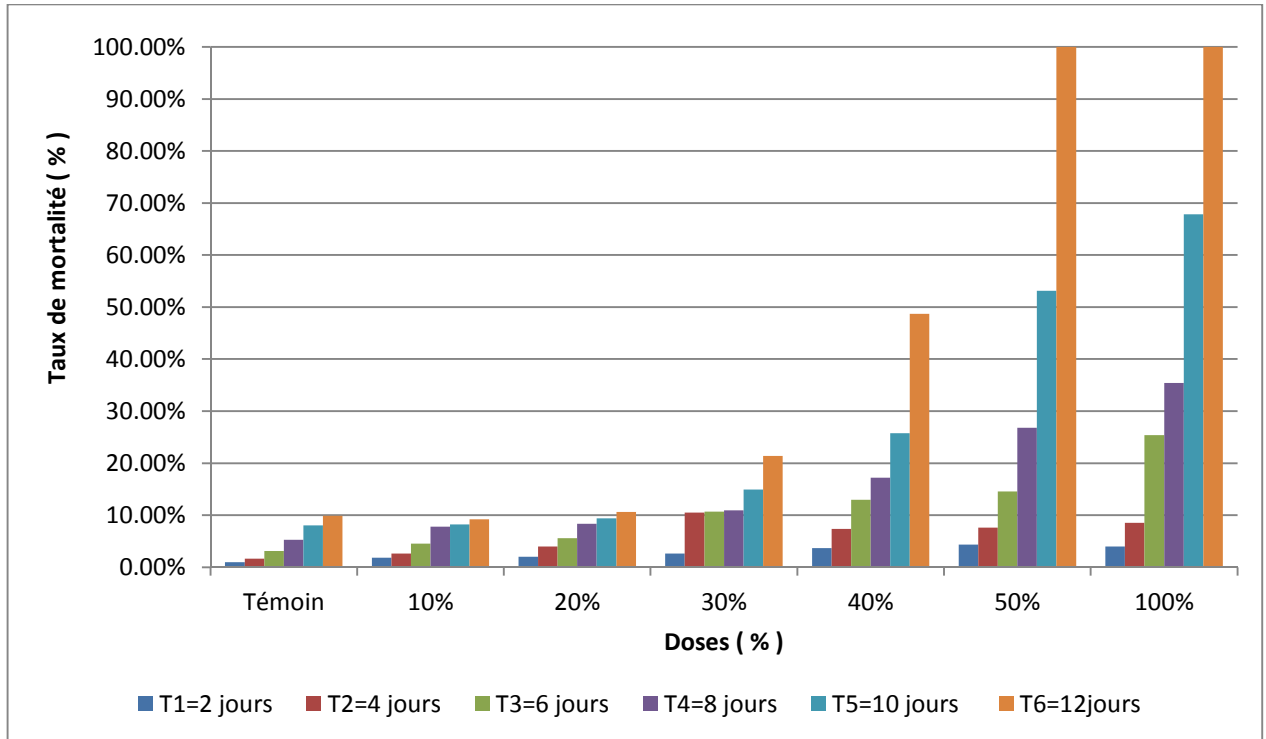


Figure 27 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de romarin par voie de contact, en fonction du temps après le traitement

L'évolution du taux de mortalité des populations du puceron noir post traitement à l'extrait de romarin est en perpétuel progression dans le temps. En effet, le taux de mortalité pour l'ensemble des doses augmente à partir de la première observation, c'est-à-dire 2 jours après le traitement. Les doses 50% et 100% sont les plus efficaces avec une mortalité de 100% lors de la sixième observation (Fig. 27).

1.2.3. Extrait de lavande

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

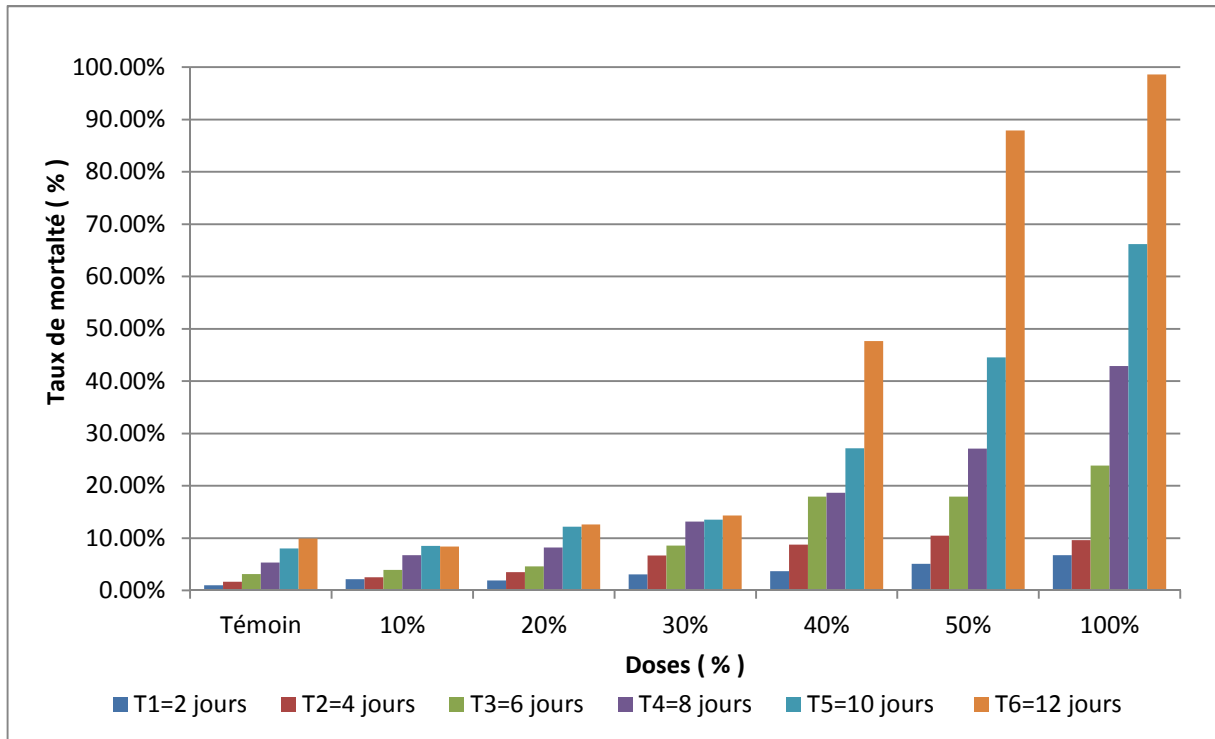


Figure 28 : Mortalité des individus d'*A. fabae* traités à l'extrait de lavande par voie de contact, en fonction du temps après le traitement

Selon les résultats obtenus et illustrés dans la figure 28, le taux de mortalité d'*A. fabae* traité à l'extrait de lavande dépend du temps. En effet, plus le temps passe et plus la mortalité est prononcée et les doses de 50% et 100% sont les plus efficaces avec respectivement 87,87% et 98,59% lors de la sixième observation.

L'analyse de la variance des résultats enregistrés sur les populations traitées montre que la variabilité de la mortalité en fonction du temps est très hautement significative avec une probabilité de $P = 0$ ($P < 0,001$), ainsi que pour l'interaction extrait, temps (F1, F3) qui est hautement significative ($P = 0,0091$, $0,001 \leq P \leq 0,01$) (Ann., Tab. 1).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, regroupe le facteur temps en six groupes homogènes avec la moyenne la plus élevée de 0,439 pour le 12ème jour post traitement (Ann., Tab.4). Le temps T6 appartient de ce fait au groupe A. L'interaction des deux facteurs (extrait, temps) est regroupée par le test de NEWMAN et KEULS dans sept groupes homogènes (Ann., Tab.5).

1.3. Effet de l'espèce végétal utilisé sur les populations d'*A. fabae*

La différence entre l'efficacité des quatre extraits à savoir : l'origan, le thym, le romarin et la lavande appliqués par voie de contact est illustrée dans la figure 29.

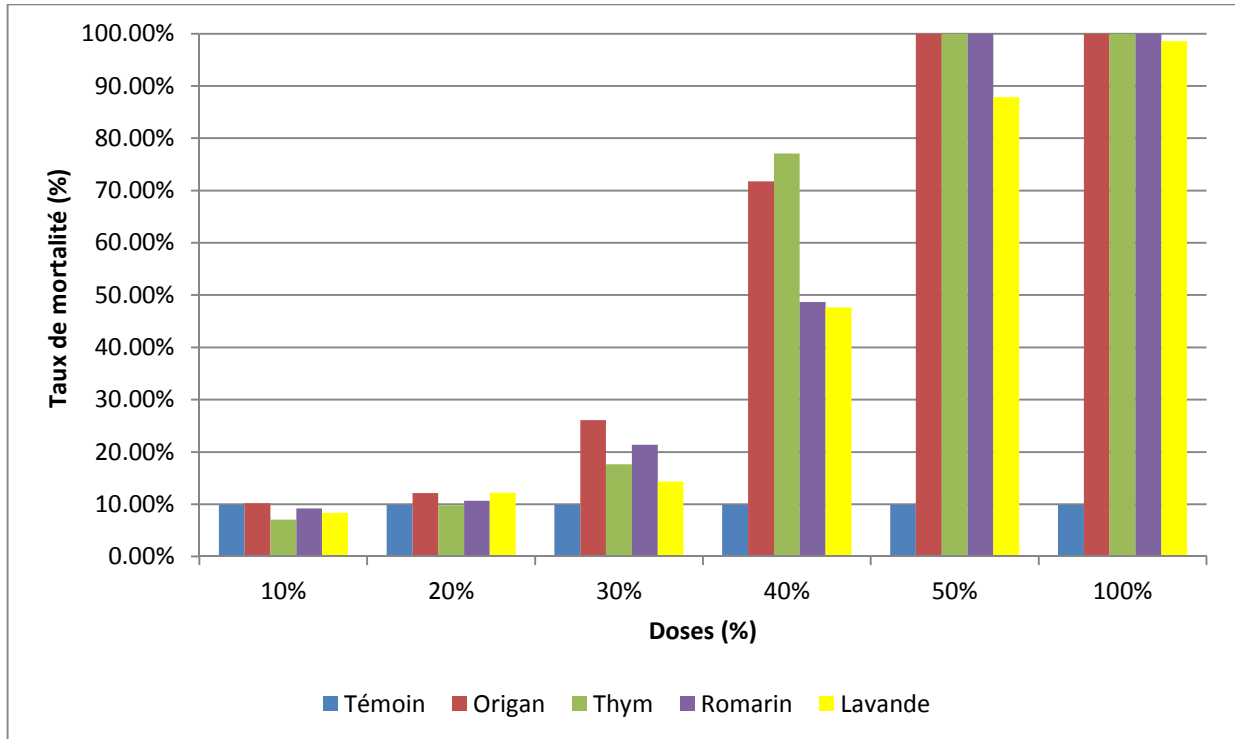


Figure 29 : Variation du taux de mortalité selon les extraits (origan, thym, romarin et lavande) appliqués par voie de contact sur les populations aphidiennes

Ces résultats montrent que les extraits d'origan et de thym manifestent une activité biocide assez importante à la dose de 40% où les taux de mortalité dépassent les 50%. Ces taux sont de 100% dès la dose de 50% pour ces deux extraits, ainsi que pour celui à base de feuilles de romarin. L'extrait le moins toxique est celui de la lavande avec un taux de mortalité de 98,59% à la dose 100% (Fig.29).

L'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence très hautement significative entre les quatre extraits avec la probabilité de $P = 0,00002$ ($P \leq 0,001$) (Ann., Tab.1).

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 d'origan et de thym comme étant les plus efficaces suivi par les extraits de romarin et de la lavande.

2. Discussion

Les extraits aqueux d'origan, de thym, de romarin et de lavande sont utilisés dans notre étude expérimentale afin d'évaluer leurs effet biocide sur le puceron noir de la fève *A. fabae*.

En étudiant l'effet de la dose sur la mortalité du puceron noir, il s'avère que la mortalité est dépendante de la dose. En effet, l'évaluation de la mortalité des populations traitées montre que celle-ci augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose. Pour les quatre extraits, les doses de 50% et 100% représentent les taux de mortalité les plus élevées.

De nombreux travaux ont mis en évidence l'action bioinsecticide de plusieurs plantes. En effet, les résultats obtenus par SAIDJ et RAHMOUNE (2010) qui sont en accord avec nos résultats démontrent que la population d'*A. fabae* traitée à l'extrait d'ortie *Urtica dioïca* diminue au fur et à mesure que la dose de l'extrait végétal augmente. Selon ces auteurs, à la dose de 10% le taux de mortalité obtenu est de 33%, alors qu'à la dose de 50% ce taux s'élève jusqu'à 89,5%. De même, YAHIAOUI (2010) démontre que l'efficacité du traitement par les poudres du Lilas de perse (*Melia azedarach L*) et du romarin augmente avec l'augmentation de la dose. Cet auteur note qu'aux doses de 10g, 33g, 66g de poudre de *M. azedarach*, les taux de mortalité sont respectivement de 91%, 96,5%, et de 98,7%. Ces taux sont de 82%, 90,9% et 97,9% pour la poudre de *R. officinalis* appliquée respectivement aux mêmes doses (10g, 33g, 66g). Par ailleurs, AMIRAT et al. (2011) notent que l'huile essentielle de la lavande manifeste des effets toxiques et répulsifs vis-à-vis du puceron vert du pommier *Aphis pomi* et que les taux de mortalité et de répulsion de cette huile augmentent proportionnellement avec la dose.

Dans une étude similaire TEFAHI (2013) signale que les populations du puceron vert du pommier (*Aphis pomi*) traitées aux huiles essentielles de menthe (*Mentha piperita*) et de lavande (*Lavandula stoechas*) augmentent avec l'augmentation de la dose. L'effet biocide le plus important est enregistré à la dose 6 (12µl/1ml) suivi de la dose 5 (10µl/1ml) jusqu'à la dose 1 (2µl/1ml). La mortalité chez le témoin est presque nulle.

Ces résultats ne concordent pas avec ceux de BENOUFELLA-KITOUS (2015) qui signale que les extraits aqueux du laurier noble (*Laurus nobilis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*) sont plus efficaces à la dose de 10% où le taux de mortalité atteint 49% pour le premier extrait et 85% pour le second extrait. De même, BEKHTI et BELKACEM (2013)

testant l'effet biocide de l'extrait de menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur les populations d'*A. fabae* notent que la dose de 30% entraîne le taux de mortalité le plus élevé avec 75,4%, comparée aux plus fortes doses, à savoir 40% et 50% qui provoquent des taux de mortalité de respectivement 46,1% et 44,1%.

Lors de l'étude de l'évolution des mortalités des populations d'*A. fabae* traitées aux extraits d'origan, de thym, de romarin, et de lavande au fil du temps, il s'avère que le temps est un paramètre influençant l'efficacité du traitement. La mortalité la plus importante est notée au temps 6 soit 12 jours après le traitement contrairement au temps 1 (2 jours après le traitement) caractérisé par le taux de mortalité le plus faible et ceux pour l'ensemble des doses.

Nos résultats concordent avec ceux de SAIDJ et RAHMOUNE (2010) qui notent que les populations d'*A. fabae* traitées aux extraits d'ortie et de fougère (*Dryopteris filix-mas*), diminuent lorsque la période après le traitement est longue. Ces auteurs signalent que le taux de mortalité des populations d'*A. fabae* 3 jours après l'application du traitement (29% pour l'extrait d'ortie et 31% pour l'extrait de fougère) est nettement plus faible que celui observé 6 jour après (89,5% pour l'extrait d'ortie et 97% pour l'extrait de fougère). Ces résultats vont également dans le même sens que ceux de BITOUCHE (2015) qui affirme que le taux de mortalité d'*A. fabae* le plus faible est enregistré au temps T1, soit 3 jours après le traitement à base d'extrait de céleri. L'action toxique de ce dernier se révèle être la plus importante au temps T5, soit 15 jours post-traitement. De même, YAKOUBI (2004) a enregistré chez les populations d'*A. fabae* traitées à l'extrait alcaloïde de la stramoine (*Datura stramonium L.*), des taux de mortalité de 84,02% 48h après le traitement, de 92,38% après 72h et une mortalité totale après une semaine.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux de BARROFIO et *al.* (2009) qui démontrent que l'efficacité du traitement à base d'huile de sésame (*Sesamum indicum*) sur le puceron du sureau *Aphisum buci* diminue au fil du temps. Les pourcentages d'ombelles attaquées par ce puceron après 2, 10, 17 et 27 jours de l'application du traitement sont respectivement de 5%, 6%, 29% et 36%.

Selon la nature de l'extrait, nos résultats présentent des variations du taux de mortalité. Les extraits d'origan, de thym semblent être les plus toxiques. 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%. Les solutions à base de persil et de coriandre semblent avoir la

même toxicité vis-à-vis d'*A. fabae*. 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.

Cette variation de l'interaction du traitement avec le ravageur pourrait s'expliquer par la composition chimique des extraits, des conditions d'applications, de la méthode d'extraction, du traitement lui-même mais aussi du stade de développement du ravageur. En effet, CASIDA et ELIOT (1990) notent que les effets toxiques des extraits aqueux des plantes pourraient dépendre de leur composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes. CHIASSON et BELOIN (2007) signalent que les modes d'actions des extraits végétaux sont encore mal connus. Ils peuvent être d'ordre physiologique ayant des effets anti-appétant, affectant la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes ou physique en agissant directement sur la cuticule du ravageur.

Conclusion

Au terme de ce travail portant sur l'effet bioinsecticide de quatre plantes aromatiques à savoir l'origan, le thym, le romarin et la lavande sur les colonies du puceron noir de la fève (*A. fabae*), il ressort que :

- Les quatre extraits végétaux testés ont une activité insecticide à l'égard du puceron *A. fabae*.
- L'efficacité des extraits appliqués augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose. Les doses 50% et 100% représentent les doses les plus toxiques.
- L'efficacité des biocides appliqués est proportionnelle au temps. Pour les quatre extraits testés les taux de mortalités enregistrés le 12^{ème} jours post-traitement sont beaucoup plus élevés que ceux enregistrés le 2^{ème} jour post-traitement.
- Les extraits d'origan et de thym semblent être les plus efficaces.
- Les extraits végétaux testés manifestent une toxicité sur les individus d'*A. fabae*. L'effet biocide des quatre extraits semble dépendre de la dose, du temps et de la nature de l'extrait.

Au vue de nos expériences et des résultats obtenus, il serait intéressant de poursuivre cette étude afin de préciser la nature du ou des composés responsables de l'activité insecticide. Il serait également intéressant de tester plusieurs autres extraits végétaux afin d'évaluer leurs toxicité vis-à-vis des insectes ravageurs. Enfin, il faudrait tester ces extraits en plein champ et évaluer leur toxicité dans le milieu réel en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques.

Références bibliographiques

ABBAD-ANDALOUSSI A., 2001. Screening of *Vicia faba* for resistance to the « giant race » of *ditiencuhusdipsoci* in Morocco. *Nemato /Mediterr* : 29-33.

ADRIAN J., POTUS J. et FRAGNE R., 2002. La science alimentaire de A à Z. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier. Paris. 579 p.

AIGOUN-BENSAAD D. et BAICHE H., 2012. Contribution à l'étude bibliographique du Romarin (*Rosmarinus officinalis*). Description et vertus médicinales .Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. 61p

AIT YOUSSEF M., 2006. Plantes médicinales de Kabylie. Ed. IBIS Press. Paris. 349p.

ALFORD D.V., 1994. Atlas en couleur. Ravageurs des végétaux d'ornement, arbres, arbustes, fleurs. Ed. INRA. Paris. 192p.

AMIRAT N., TEBBOUB S. et SEBTI M., 2011. Effets insecticides des huiles essentielles chémotypées de deux plantes aromatiques *Lavandula stoechas* et *Origanum glandulosum* de la région de Djidjel. Communication affichée. Année Internationale des forêts. 1p.

ANNE H., 2012. Huiles essentielles pour tous les jours. Ed. Losange. France. 223p

ANONYME., 2018. Direction des Services Agricole de wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.

AOUAR-SADLI M., 2009. Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera : Apoidae) et leurs relations avec la culture de fève (*Vicia faba* L.) sur champ dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat. Université de Tizi-Ouzou. 268p.

AUTRIQUE A. et NTAHIMPERA X., 1994. Atlas des principales espèces de pucerons rencontrées en Afrique sud saharienne. Ed. A.G.C.D. Bruxelles. 78p.

AVERSINQ P., GOUTIER J. et GUEGUEN M., 2008. Le truffat. Anti-maladies et parasites. Larousse. Éd Octavo. Paris. 224p.

BACON J., CLIFTON C., CONNOR D., FOSTER S., GRAUE J., LOYER J., MOORACHIAN M., RABB C., SANDALL P., SANTICH S., STYBE K. et STYBE R., 2013. 500 plantes comestibles, histoire, botanique, alimentation. Delachaux et Niestlé. Paris : 266-267

BAKROUNE N., 2012. Diversité spécifique de l'aphidofaune (Homoptera, Aphididae) et de ses ennemis naturels dans deux (02) stations : El-Outaya et Ain Naga (Biskra) sur piment et poivron (Solanacées) sous abris - plastique. Mémoire Magister. Université Mohamed Kheider Biskra. 124p.

BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1934. Les insectes nuisible aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur distributions. Ed. Busson. T.L., 1137p

BAROFFIO C.A., MITAZ C. et CARLEN E., 2009. Stratégie de lutte contre le puceron noir de sureau *Aphis sambuci*. Revue Suisse VLTIC. Arboric. Hortic. 41 (6) : 351-354.

BEKHTI R. et BELKACEM D., 2014. Evolution de l'effet biopesticide de trois extraits végétaux : l'ail (*Allium sativum*), menthe poivrée (*Mentha piperita*) et la lavande dentée (*Lavandula dentata*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptéra, Aphididae). Mémoire de Master en Sciences biologiques. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou. 34p.

BELKHODJA M., 1996. Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minéral et recherche de marqueur moléculaire chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse de Doctorat d'état des sciences biologiques. Université d'Oran. 230p.

BENISTON N.T.W.S., 1984. Fleurs d'Algérie. Ed .E.N.L. Alger. 96p.

BENOUFELLA-KITOUS. K., 2005 – Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued-Aissi (Tizi-Ouzou). Mémoire Magister. E.N.S.A. El Harrach, Alger. 280p.

BENOUFELLA-KITOUS. K., 2015 – Bioécologie des pucerons de différentes cultures et de leurs ennemis naturels à Oued-Aissi et Draâ Ben Khedda (Tizi-Ouzou). Thèse de Doctorat. E.N.S.A. El Harrach, Alger. 334p.

BITOUCHE A., 2015. Etude de l'effet biocide de trois extraits végétaux : la coriandre (*Coriandrum sativum*), le persil (*Petroselinum crispum*) et le céleri (*Apium graveolens*) vis-à-vis u puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera : Aphididae).Mémoire de Master en sciences Agronomiques Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 60p.

BLACKMAN R.L. et EASTOP V.F., 2007. Taxonomic issues (Chapter 1). In: VAN EMDEN H.F., HARRINGTON R. (Eds.), Aphids as Croppests. CABI International, Oxfordshire, U.K. 968-1003.

BOND D.A. et POULSEN M.H., 1983. Pollinisation. In: The Faba Bean (*Vicia faba* L.). Hebblethwaite P.D. (ed.), Butterworth, London, 77-101p.

BOUGHADAD A., 1994. Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc. Thèse d'Etat en Sciences .Université de Paris-Sud Orsay, 182 p.

BOUHACHEM S., 2002. Les pucerons de la fève en Tunisie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, le devenir des légumineuses alimentaires dans le maghreb. 84p.

BOURBIA H. et TAMERT N., 2013. Effet bioinsecticide des extraits aqueux et des huiles essentielles (la menthe : *Mentha spicata* et la lavande : *Lavandula stoechas*) à l'égard du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (HOMOPTERA-APHIDIDAE). Mémoire d'ingénieur en Agronomie. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 68p.

CASIDA J.E et ELIOT T., 1990. Preparation of dithianes as pesticides drugs. European Patent Applications. 13-23.

CHAIEB N., BOUSLAMA M. et MARS M., 2011. Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. J. Nat. Prod. Plant Resour. 1 (2) : 81-90p.

CHAUX C, FOURY C 1994. Production légumière : légumineuses potagères, légumes fruits, Ed. Lavoisier. Paris. 563p.

CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides «Nouveau genre» Bulletin de la société d'entomologie du Quebec 14 (1) : 3-6.

CHIKHOUN A., 2007. Huiles essentielles du Thym et d'origan ; Etude de la composition chimique, de l'activité antioxydante et antimicrobienne. Mémoire de magister. INSE. Alger. 29p

DEBUIGNE G. et COUPLAN F., 2009. Petit Larousse des plantes médicinales. Ed Larousse. Paris. 162p.

DEDRYVER C.A., 2010. Les pucerons : biologie, nuisibilité, résistance des plantes. Journées techniques fruits et légumes biologiques. 23-26.

DJERROUMI A. et NACEF M., 2014. 100 plantes d'Algérie. Ed. Houma, Alger. 159p.

DUC G., 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research. 53 : 99-109.

DUPONT F. et GUIGNARD J.L., 2012. Botanique : les familles de plantes. Ed. Elsevier Masson. France. 286p.

EBERHARD T., ROBERT A. et ANNELESE L., 2005. Plantes aromatiques : Epices, aromates, condiments, et huiles essentielles. Ed. Lavoisier. Paris. 522p.

EL BOUHAMDI K. et SADIKI M., 2002. Evaluation d'une collection de populations Marocaines locales de fève et de féverole pour la tolérance à la sécheresse. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, «Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb», Hammamet, Tunisie, 100p.

FAO. Food and Agriculture Organisation. 2p.

FRAVAL A., 2006. Les pucerons, 1ere partie. Insectes 141 (2) : 3-8.

GEORCRET et SCHEROMM O., 1995. Lutte contre les insectes ravageurs des cultures : les apports de la biologie. Ed. INRA. France. 42 p.

GERARD D. et FRANCOIS C., 2009. Petit Larousse des plantes médicinales. Ed. Larousse. Paris. 162p.

GOUCEM-KHELFANE K., 2014. Etude de l'activité insecticides des huiles essentielle et des poudres de quelques plantes à l'égard de bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* Say (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des

composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de doctorat. Faculté des sciences agronomiques et biologiques. Université de Tizi-Ouzou. 144p.

HAMADACHE A., 2003. La féverole. Ed. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C). 13p.

HARMEL N., HAUBRUGE E. et FRANCIS F., 2010. Etude des salives de pucerons : un préalable au développement de nouveaux bio-insecticides. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14 (2) : 369-378p.

HUGUETTE M., 2008. La roue des épices naturelles. Ed. sang de la terre. Paris. 190p.

HULLE M., TURPEAU E., LECLANT F. et RAHN M.J., 1998. Les pucerons des arbres fruitiers : cycles biologiques et activités de vol. INRA. Paris. 77p.

HULLE M., TURPEAU-AIT LGHIL E., ROBERT Y. et MONNET Y., 1999. Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol. Ed. INRA. Paris. 136p.

JALOUX B., 2010. Cultures associées et contrôle des populations de pucerons, mécanismes et perspectives. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, 14 et 15 décembre 2010 à Angers.

KHALDI R., ZEKRI S., MAATOUGUI M.E.H. et BEN YASSINE A., 2002. L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, «Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb», Hammamet, Tunisie, 100p.

KHELOUL L., 2014. Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à la culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de Fève *Vicia faba minor* et *Vicia faba major* dans la région de Tizi-Rached (Tizi Ouzou). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 122p.

KOS K., TOMANOVIC Z., PETROVIC-OBRAĐOVIC O., LAZNIK Z., MATE J., VIDRIH M. et TRDAN S., 2008. Aphids (Aphididae) and their parasitoids in selected vegetable ecosystems in Slovenia, Journal of Applied Microbiology (6) : 1-16.

LABRIE G., 2010. Synthèse de la littérature scientifique sur le puceron du soya, *Aphis glycines* Matsumura. Ed. Centre De Recherche Sur Les Grains Inc. (CEROM), Québec. 515p.

LAMBERT. N., 2010. Lutte biologique aux ravageurs : applicabilité au Québec. Centre Universitaire de Formation en Environnement., Université de Sherbrooke. 85p.

LAMY M., 1997. Les insectes et les hommes. Ed. Albin Michel. Paris. 96 p.

LATIGUI A., 1988. Lutte biologique contre les pucerons en serre. Etude de l'efficacité d'*Aphelinus abdominalis* palm contre *Macrosiphum euphorbiae* thon. Mémoire de DEUA. ANTIBE. 30p.

- LECLANT F., 1982.** Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures. Journ. Info. Etud. 2, 3 et 4 mars 1981, Paris. 37-56p.
- LECLANT F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification I. Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.
- LEMORDANT D., 1997.** Plantes utiles et toxiques de Tunisie, Fitroterapia, livre des expériences. 214p.
- LOPEZ-BELLIDO F.J., LOPEZ-BELLIDO L. LOPEZ-BELLIDO R.J., 2005.** Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Europ. J. Agronomy. 23: 359-378.
- LEROY P., CAPELLA Q. et HAUBRUGE E., 2009.** L'impact du miellat de puceron au niveau des relations tritrophiques entre les plantes hôtes, les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13 (2) : 325-334.
- LUCIENNE A., 2013.** Les plantes médicinales d'Algérie. Ed. Berti. Alger. 239p.
- MAATOUGUI M.E., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relancein réhabilitation of faba bean. Ed. Actes, Ribat (Maroc). 6-18.
- MAOUI R., SAY B., EL HADJ B., FRIKH A. et GIRARD C., 1990.** La culture de la féverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H, AGROPOL et I.T.C.F, 16p.
- MAX R. et DOMINIQUE R., 2007.** 120 plantes médicinales. Ed Alpen.Monaco. France. 527p.
- MAX R. et DOMINIQUE R., 2015.** Le dictionnaire des plantes médicinales. Ed. Alpen. Monaco. France. 632p
- 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 en agronomie. Université El-Hadj Lakhdar. Batna. 159p.
- MOUHOUCHE F., 1997.** Principaux ravageurs des fèves en Algérie, cité dans les maladies, les adventices et ravageurs des fèves en Algérie. Manuel de formation, Rés. Mghr. Rech sur fèves (Rémafèves). Inst. Nati. Pro.Vég. Ins. Agr, 52p.
- MOUHOUCHE F. et SADOU M.K., 2001.** Stratégie de lutte chimique contre la pruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boh.). Cerealiculture, InstTech .gr.cult. (36) : 21-26.
- OUFFROUKH A. et AGGAD H., 1996.** Identification des viroses affectant la fève (*Vicia faba* L.) en Algérie. In: Bertenbreiter W et Sadiki M (eds.). *rehabilitation of faba bean*, Actes, Rabat. 173p.
- PATRICK M., 2008.** Le Truffaut : Encyclopédie pratique illustrée du jardin. 41^{ème} édition. Ed. Larousse. Paris. 850p.

PLANQUAERT P.H. et GIRARD G., 1987. La fève rôle d'hiver, Revue, I.T.C.F 3eme Trim. 32p

RADWAN D.E.M., LU G., ALI FAYEZ K. et YOUNIS MAHMOUD S. 2008. Protective action of salicylic acid against bean yellow mosaic virus infection in *Vicia faba* leaves. Journal of Plant Physiology. 165: 845-857.

REMAUDIÈRE G. et REMAUDIÈRE M., 1997. Catalogue des Aphidae du monde of the word's Aphididae, Homoptera, Aphidoidea. Techn. et prati., Ed. I.N.R.A. 376p.

SADOU M.K., 1998. Mesure de l'intensité d'infestation de la fève par *Bruchus sruifimanus* Boh. (Coléoptère bruchidae) dans la station expérimental (Oued smar) proposition d'une stratégie de lutte chimique. Mémoire de magister. I.N.A. El-Harrach. 96p.

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 d'état en agronomie. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 49p.

SALIN C., 2011. Lutte biologique contre le puceron du fraisier pour faire face à l'imprévisible diversité des pucerons, associer plusieurs hyménoptères parasitoïdes. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université catholique de Louvain. 62p.

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 en Biologie. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 36p.

SILLERO JC., VILLEGAS-FERNANDEZB AM., 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.

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.

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 there gulation of reproductive modes in aphids. Insect Biochemistry and Molecular Biology. 34:809-822.

TANYA D., 2002. Aphids .Bio-Integral Resource Center, Berkeley.180p.

TEFAHI A., 2013. Evaluation de l'effet aphicide de deux huiles essentielles (*Mentha piperita*, *Lavandula stoechas*) sur le puceron vert du pommier (*Aphis pomi*) non migrant vecteur de la sharka en Algérie. Mémoire d'ingénieur. Université Saad Dahlab. Blida. 65p.

WANG H.F., ZONG X.X., GUAN J.P., YANG T., SUN X.M.Y. et REDDEN R., 2012. Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. *Theor Appl Genet.* 124: 789-797.

YAHIAOUI F., 2010. Activité biologique de trois plantes sous forme d'extraits aqueux et d'amendement verts sur *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae). Mémoire ingénieur phytopharmacie. E.N.S.A., El Harrach, Alger. 64p.

YAKHLEF G., 2012. 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.

YAKOUBI A., 2004. Etude comparative de l'effet d'un biopesticide (Extrait alcaloïdes de *Datura stramonium*) et d'un aphicide de synthèse (*Acetamipride*) sur le puceron noir de la fève, *Aphis fabae*. Mémoire d'ingénieur. Université Saad Dahlab. Blida. 52p.

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 (extrait, dose et temps) des traitements appliqués

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	11,254	167	0,067				
VAR.FACTEUR 1	0,073	3	0,024	9,762	0,00002		
VAR.FACTEUR 2	4,076	6	0,679	272,901	0		
VAR.FACTEUR 3	3,541	5	0,708	284,464	0		
VAR.INTER F1*2	0,11	18	0,006	2,456	0,00288		
VAR.INTER F1*3	0,085	15	0,006	2,272	0,0091		
VAR.INTER F2*3	3,146	30	0,105	42,124	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,224	90	0,002			0,05	25,62%

F1 : extrait, F2 : dose et F3 : temps.

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

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
7.0	D7	0,45	A				
6.0	D6	0,39		B			
5.0	D5	0,242			C		
4.0	D4	0,11				D	
3.0	D3	0,07					E
2.0	D2	0,054					E
1.0	D1	0,048					E

Tableau 3 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'effet de l'interaction des deux facteurs extrait-dose sur la mortalité d'*A. fabae*

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
1.0 7.0	H1 D7	0,504	A				
2.0 7.0	H2 D7	0,481	A	B			
1.0 6.0	H1 D6	0,474	A	B			
2.0 6.0	H2 D6	0,42		B			
4.0 7.0	H4 D7	0,413		B			
3.0 7.0	H3 D7	0,402		B			
3.0 6.0	H3 D6	0,344			C		
4.0 6.0	H4 D6	0,322			C		
1.0 5.0	H1 D5	0,292			C		
2.0 5.0	H2 D5	0,276			C		
4.0 5.0	H4 D5	0,206				D	
3.0 5.0	H3 D5	0,193				D	
3.0 4.0	H3 D4	0,118					E
1.0 4.0	H1 D4	0,117					E
2.0 4.0	H2 D4	0,106					E
4.0 4.0	H4 D4	0,099					E
2.0 3.0	H2 D3	0,084					E
4.0 3.0	H4 D3	0,072					E
3.0 3.0	H3 D3	0,066					E
3.0 2.0	H3 D2	0,057					E
1.0 3.0	H1 D3	0,057					E
1.0 2.0	H1 D2	0,056					E
4.0 2.0	H4 D2	0,054					E
4.0 1.0	H4 D1	0,048					E
2.0 1.0	H2 D1	0,048					E
1.0 1.0	H1 D1	0,048					E
3.0 1.0	H3 D1	0,048					E
2.0 2.0	H2 D2	0,048					E

Tableau 4 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'effet du temps des quatre extraits appliqués sur la mortalité d'*A. fabae*

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
6.0	T6	0,439	A				
5.0	T5	0,317		B			
4.0	T4	0,207			C		
3.0	T3	0,114				D	
2.0	T2	0,059					E
1.0	T1	0,032					F

Tableau 5 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'effet de l'interaction des deux facteurs extrait-temps des quatre extraits sur la mortalité d'*A. fabae*

F1 F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
1.0 6.0	H1 T6	0,472	A						
2.0 6.0	H2 T6	0,459	A	B					
3.0 6.0	H3 T6	0,428	A	B	C				
4.0 6.0	H4 T6	0,398		B	C				
1.0 5.0	H1 T5	0,374			C				
2.0 5.0	H2 T5	0,37			C				
3.0 5.0	H3 T5	0,268				D			
4.0 5.0	H4 T5	0,257				D			
1.0 4.0	H1 T4	0,251				D			
2.0 4.0	H2 T4	0,243				D			
4.0 4.0	H4 T4	0,174					E		
3.0 4.0	H3 T4	0,159					E		
1.0 3.0	H1 T3	0,131					E	F	
4.0 3.0	H4 T3	0,114					E	F	G
3.0 3.0	H3 T3	0,11					E	F	G
2.0 3.0	H2 T3	0,1					E	F	G
1.0 2.0	H1 T2	0,066						F	G
4.0 2.0	H4 T2	0,062						F	G
3.0 2.0	H3 T2	0,06						F	G
2.0 2.0	H2 T2	0,05						F	G
4.0 1.0	H4 T1	0,034							G
2.0 1.0	H2 T1	0,033							G
1.0 1.0	H1 T1	0,032							G
3.0 1.0	H3 T1	0,027							G

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

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	H1	0,221	A	
2.0	H2	0,209	A	
3.0	H3	0,175		B
4.0	H4	0,173		B