

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED KHIDER – BISKRA –
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

MEMOIRE

Pour l'Obtention du Diplôme de Magistère en Agronomie

Option: Agriculture et Environnement en Régions Arides

Présenté par : NIA Billal

SUJET

**Composés phénoliques dans le contexte tritrophique : la
plante hôte, la fève (*Vicia faba* L.), le ravageur *Aphis
craccivora* Koch (Homoptera-Aphididae), le prédateur
Coccinella septempunctata L. (Coleoptera-Coccinellidae)**

Soutenu publiquement le 19 /09 /2012

Devant le jury composé de :

Mr BELHAMRA M.	Pr Université de Biskra	Président
Mme GUETTALA-FRAH N.	M.C. Université de Batna	Rapporteur
Mr SI BACHIR A.	Pr Université de Batna	Examineur
Mr BERTELLA N.	M.C. Université de Batna	Examineur

Année universitaire 2011/2012

Remerciements

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à ma promotrice Dr Guettala Frah N. pour avoir bien voulu m'encadrer, pour la documentation qu'elle m'a procurée, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je souhaiterais témoigner toute ma reconnaissance à Mr Belhamra M. pour tous les efforts qu'il a fournis et ses conseils avisés durant ma première année au Magister et aussi pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Mes remerciements vont également à : Mr Si Bachir A. et Mr Bertella N. de l'Université de Batna pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Enfin, je tiens à remercier Mme Dridi S. pour son aide et de m'avoir facilité l'accès au laboratoire de Chimie ainsi que Mme Harkat H. pour son aide et son humilité, à Mme Melakhessou Z., à Mr Honěk A. pour tous les précieux articles qu'ils m'ont envoyés, à tous mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

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

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1- Etude de la plante hôte : La fève.....	5
1.1- Historique et origine	5
1.2- Taxonomie et caractéristiques botaniques	5
1.3- Importance économique.....	6
1.3.1- Dans le monde.....	6
1.3.2- En Algérie	7
1.4- Principaux bioagresseurs de la fève	8
2- Données bibliographiques sur la bioécologie du puceron noir de la luzerne.....	9
2.1- Position systématique.....	9
2.2- Morphologie.....	9
2.3- Cycle biologique d' <i>Aphis craccivora</i>	10
2.4- Dégâts et méthodes de lutte	11
2.5- Ennemis naturels	13
3- Généralités sur la coccinelle à sept points <i>Coccinella septempunctata</i> L.....	13
3.1- Origine et répartition.....	13
3.2- Classification et description	14
3.3-Cycle biologique	15
3.4- Intérêts écologique et agronomique	16
4- Composés phénoliques dans l'interaction plante-insecte.....	18
4.1- Définition des composés phénoliques.....	18
4.2- Classification des composés phénoliques	19
4.3- Biosynthèse des composés phénoliques.....	20
4.4- Rôle des phénols dans la relation plante-insecte.....	21

Chapitre II: Présentation de la région d'étude

1- Situation géographique de la région de Biskra	24
2- Climatologie.....	24
2.1- Température	25
2.2- Pluviométrie.....	26
2.3- Humidité	26
2.4- Vents	27
3-Synthèse climatique	27
3.1-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	28
3.2- Climagramme d'Emberger	29
4- Faune et flore dans la région de Biskra.....	30
5-Présentation de la parcelle d'expérimentation	31
5.1- Critères de choix	31
5.2- Flore adventice dans la parcelle	32
5.3-Techniques et conduite culturale	32
5.3.1-Rotation pratiquée	32
5.3.2-Fertilisation	33
5.3.3-Irrigation	33
5.3.4-Traitements phytosanitaires	33

Chapitre II: Matériel Et Méthodes

1-Matériel expérimental utilisé	34
1.1- Sur terrain:	34
1.2- Au Laboratoire	35
2- Mesures et observations	36
2.1- Etude de quelques aspects bioécologiques d' <i>Aphis craccivora</i> et de <i>Coccinella septempunctata</i> en plein champ	36
2.1.1-Estimation du niveau de population d' <i>Aphis craccivora</i> et de <i>Coccinella septempunctata</i>	36
2.1.1.1- Contrôle visuel	36
2.1.1.2- Piégeage	37
2.2-Etude au laboratoire de la relation tri trophique : <i>Vicia faba</i> - <i>Aphis craccivora</i> – <i>Coccinella septempunctata</i>	37
2.2.1- Extraction des composés phénoliques	38
2.2.2- Séparation par chromatographie sur couche mince (CCM).....	39
2.2.3- Fractionnement par chromatographie liquide sous vide (VLC).....	40
2.2.4- Elevage d' <i>Aphis craccivora</i> et de <i>Coccinella septempunctata</i>	42
2.2.5- Pulvérisation des feuilles de la plante hôte	43
2.2.6- Infestation	45
2.2.6.1- Paramètres étudiés chez <i>Aphis craccivora</i>	46
2.2.6.2- Paramètres étudiés chez <i>Coccinella septempunctata</i>	47
2.2.7- Exploitation des résultats	48
2.2.7.1- Test de chi-2.....	48
2.2.7.2- Régression logistique	48
2.2.7.3- Analyse de variance	49

Chapitre IV: Résultats

1- Quelques aspects bioécologiques du puceron noir de la luzerne <i>Aphis craccivora</i>	50
1.1-Cycle biologique	50
1.2- Activité de vol d' <i>Aphis craccivora</i>	50
1.3 - Estimation du niveau de population.....	51
2-Quelques aspects bioécologiques de la coccinelle à sept points <i>Coccinella septempunctata</i>	52
2.1- Cycle biologique	52
2.2- Fluctuation des captures de <i>C. septempunctata</i> dans les pièges	53
2.3- Estimation du niveau de population de <i>C. septempunctata</i>	54
3- Evaluation de l'effet tritrophique : Flavonoïdes extraits des feuilles de <i>Vicia faba</i> - <i>Aphis craccivora</i> et <i>Coccinella septempunctata</i> au laboratoire	54
3.1- Effet sur quelques aspects biotiques du ravageur	54
3.1.1- Effet sur le taux de mortalité.....	54
3.1.1.1- Evaluation de l'effet des flavonoïdes.....	55
3.1.1.2- Evaluation de l'effet de la combinaison flavonoïdes-Wide®	55
3.1.1.3- Evaluation de l'effet de Wide®	56
3.1.2- Effet sur le gain pondéral	57
3.2.-Effet sur quelques aspects biotiques de l'auxiliaire	58
3.2.1- Effet sur le taux de mortalité.....	58
3.2.1.1- Evaluation de l'effet des flavonoïdes.....	59
3.2.1.2- Evaluation de l'effet de la combinaison flavonoïdes-Wide®	59
3.2.1.3- Evaluation de l'effet de Wide®	60
3.2.2- Effet sur le gain pondéral	61

3.2.3- Effet sur le développement larvaire	62
--------------------------------------------------	----

Chapitre V: Discussion

1-Discussion relatives à l'étude écobiologique du puceron noir de la luzerne : <i>Aphis craccivora</i>	64
1.1-Activité de vol d' <i>Aphis craccivora</i> dans la parcelle de fève.....	64
1.2- Discussion relative à l'évolution des colonies d' <i>A.craccivora</i> sur les feuilles de fève.....	65
2- Discussions relatives à l'étude écobiologique de la coccinelle à sept points : <i>Coccinella septempunctata</i>	66
2.1-Fluctuation des captures des individus de <i>C. septempunctata</i> par piégeage dans la parcelle de fève	66
2.2- Discussion relative au recensement des individus de <i>C. septempunctata</i> récoltés par contrôle visuel	67
3- Effet des doses des différentes préparations sur le ravageur et son prédateur.....	68
3.1- Sur quelques aspects du potentiel biotique d' <i>Aphis craccivora</i>	68
3.2- Sur quelques aspects du potentiel biotique de <i>Coccinella septempunctata</i>	73
Conclusion-Perspectives	76
Bibliographie	79
Annexes	92

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la superficie et de la production de la fève dans le monde.....	6
Figure 2 : Evolution de la superficie et de la production de la fève en Algérie	7
Figure 3 : A : Larves d' <i>A. craccivora</i> , B : Adulte ailé, C : Adulte aptère.....	10
Figure 4 : A : nymphe de <i>C. septempunctata</i> , B : larves L1, C : larve L4, D : femelle de <i>C. septempunctata</i> en train de pondre des œufs	15
Figure 5 : Un adulte de la coccinelle à 7 points <i>Coccinella septempunctata</i> dévorant le puceron du pois <i>Acyrtosiphon pisum</i>	18
Figure 6 : Voie de biosynthèse des phénylpropanoïdes	21
Figure 7 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.....	24
Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la région de Biskra (2001-2010).....	28
Figure 9 : Climagramme du quotient pluviométrique Q ₂ d'Emberger.....	29
Figure 10 : Parcelle de la fève durant l'année 2010-2011	31
Figure 11 : Piège jaune placé dans une parcelle.....	34
Figure 12 : Schéma de l'analyse CCM des composés phénoliques des feuilles de <i>Vicia faba</i> L.....	40
Figure 13 : La chromatographie liquide sous vide de l'extrait méthanolique.....	41
Figure 14 : Un adulte d' <i>Aphis craccivora</i> mis sur une plantule de fève.	42
Figure 15 : Dispositif expérimental de l'effet de chaque préparation (extrait méthanolique, extrait méthanolique-insecticide et insecticide) sur <i>Aphis craccivora</i>	46
Figure 16 : Une larve âgée moins de 24 heures de <i>Coccinella septempunctata</i> en compagnie de pucerons d' <i>A. craccivora</i>	47
Figure 17 : Evolution des captures d' <i>Aphis craccivora</i> dans les pièges jaunes.	51
Figure 18 : Evolution de la population d' <i>Aphis craccivora</i> sur la fève.....	52
Figure 19 : Evolution des captures de <i>Coccinella septempunctata</i> dans les pièges jaunes.	53
Figure 20 : Evolution de la population de <i>Coccinella septempunctata</i> sur la fève.	54
Figure 21 : Courbe de la régression logistique du taux de mortalité d' <i>A. craccivora</i> en fonction de la dose des différentes préparations.....	56
Figure 22 : Evolution du gain pondéral d' <i>A. craccivora</i> en fonction des différentes doses de flavonoïdes.....	58
Figure 23 : Courbe de la régression logistique du taux de mortalité de <i>C. septempunctata</i> en fonction de la dose des différentes préparations.....	60
Figure 24 : Le gain pondéral au second stade de <i>C. septempunctata</i> en fonction des différentes concentrations des trois préparations.....	62
Figure 25 : La durée du développement larvaire au second stade de <i>C. septempunctata</i> en fonction des différentes concentrations des trois préparations.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux bioagresseurs de la fève.....	8
Tableau 2 : Classification des composés phénoliques.....	20
Tableau 3 : Températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Biskra durant la période 2001-2010.....	25
Tableau 4 : Températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Biskra durant la campagne (2010-2011).....	25
Tableau 5 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) dans la région de Biskra durant la période 2001-2010.....	26
Tableau 6 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) dans la région de Biskra durant l'année 2010-2011.....	26
Tableau 7 : Humidité moyenne mensuelle en % dans la région de Biskra durant la campagne 2010-2011.....	27
Tableau 8 : Vitesse mensuelle moyenne du vent en Km/h dans la région de Biskra durant la campagne 2010-2011.....	27
Tableau 9 : Plantes adventices recensées dans le terrain expérimental.....	32

Introduction

Introduction

La Fève (*Vicia faba*) à l'image des autres légumineuses alimentaires (pois chiche, lentille...) est très riche en protéines et constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (Mahmoud *et al.*, 2004).

La région de Biskra couvre environ 27 % des besoins nationaux en fève (MADR, 2011).

Par ailleurs, cette culture est soumise à la pression d'une multitude de bioagresseurs pouvant occasionner des pertes considérables en rendement.

Parmi eux, les insectes ravageurs et plus particulièrement les pucerons qui occupent une très large place.

Appartenant à l'ordre des Homoptères, les pucerons sont répartis en plus de 4000 espèces (Harmel *et al.*, 2008).

Le polymorphisme est une caractéristique des aphides, les pucerons asexués de certaines espèces peuvent avoir des ailes (ailés) ou non (aptères) (Dixon, 1977 ; Fraval, 2006).

Leur mode de nutrition induit plusieurs types de dommages chez les plantes, entre autre la transmission des maladies virales (Sauvion, 1995 ; Katis *et al.*, 2007).

Selon Reavy et Mayo (2002), 19 de 70 genres reconnus de phytovirus sont transmis par les pucerons.

Selon Weigand et Bishara (1991), l'extension des dommages causés par les pucerons dépend du temps, de la taille et de la durée d'infestation du puceron en relation avec le stade de développement de la plante.

D'après Blackman et Eastop (2006), onze espèces de pucerons sont susceptibles de s'attaquer à la fève. Il s'agit de *Acyrtosiphon gossypii*, *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccae*,

Aphis craccivora, *Aphis fabae*, *Aulacorthum solani*, *Brachycaudus helichrysi*, *Macrosiphum creelii*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Megoura crassicauda* et *Megoura viciae*.

Dans les pays méditerranéens, la Fève est attaquée principalement par *Aphis fabae* et *Aphis craccivora* et occasionnellement par *Acyrtosiphon pisum* et *Myzus persicae* (Weigand et Bishara, 1991). D'après les observations faites par Laamari *et al.* (2008), *Aphis craccivora* est la principale peste de la fève dans la région de Biskra.

Les moyens de lutte jusque là utilisés sont strictement chimiques, connaissant les inconvénients des pesticides sur l'environnement, la santé humaine ainsi que l'apparition des souches de ravageurs de plus en plus résistantes (Ofuya et Okuku, 1994 ; Lei *et al.*, 1999 ; Panneton *et al.*, 2000 ; Foster *et al.*, 2007). Les traitements sont souvent fort coûteux et s'avèrent presque toujours insuffisamment efficaces contre les Homoptères et plus particulièrement les pucerons (Saharaoui et Gourreau, 2003).

Face aux problèmes engendrés par l'application répétitive des pesticides, la lutte intégrée ou gestion intégrée des ennemis des cultures est une méthode décisionnelle qui a recours à toutes les techniques nécessaires pour réduire les populations d'organismes nuisibles de façon efficace et économique, tout en respectant l'environnement (Boisclair et Estevez ; 2006).

Parmi les composantes de la lutte intégrée, il y a la lutte biologique, une méthode utilisant des ennemis naturels afin de contrôler les populations de ravageurs.

En fait, les pucerons sont attaqués par les prédateurs, les parasitoïdes et les pathogènes (Wadhams *et al.*, 1999), souvent désignés sous le terme "*Aphidiphages*" (Völkl *et al.*, 2007).

Les coccinelles prédatrices sont liées à la lutte biologique plus souvent que les autres organismes prédateurs des autres taxons (Rabasse et Steenis, 1999).

La lutte intégrée repose également sur l'utilisation de la résistance de la plante au phytophage. Dans la nature, les plantes ont mis au point une multitude de mécanismes pour résister aux attaques des ravageurs, entre autres des mécanismes morphologiques et chimiques (Niemi *et al.*, 2005 ; Evrenosoğlu, 2010).

Parmi celles-ci, l'exploitation des résistances naturelles des plantes est une importante méthode dans gestion intégrée des insectes phytophages (Cai *et al.*, 2004). L'abondance et la diversité des métabolites secondaires représentent une source importante de molécules qui doivent faire l'objet d'un investissement majeur dans le domaine de la recherche (Leiss *et al.*, 2009).

En effet, la majorité des plantes synthétisent une large gamme de métabolites secondaires (substances allélochimiques) (Kim, 2006 ; Wink, 2010), le plus souvent toxiques (Nozzolillo, 1997), ils sont considérés comme une partie intégrante du programme de développement des plantes (Lattanzio *et al.*, 2008), ils sont influencés par le génotype et l'environnement et peuvent varier considérablement entre les espèces (Agrawal *et al.*, 1999 ; Trewavas et Stewart, 2003). Ces métabolites jouent un rôle majeur dans les interactions plante-insecte (Vanhaelen *et al.*, 2002 ; Leiss *et al.*, 2009). D'ailleurs, la composition des métabolites secondaires et la valeur nutritive de la plante déterminent la préférence et la performance de l'insecte phytophage (van Leur *et al.*, 2008).

Beaucoup de ces composés affectent le comportement des aphides, leur physiologie et leur métabolisme et comme résultat ils peuvent réduire les populations des aphides sur les plantes résistantes (Güntner *et al.*, 1997; Goławska, 2007).

Les composés phénoliques font partie de ces métabolites, ils sont impliqués dans maintes interactions entre la plante et son environnement biotique et abiotique (Hutzler *et al.*, 1998 ; Barbehenn *et al.*, 2008).

Néanmoins, beaucoup d'attentions ont été octroyées aux propriétés insecticides des plantes ou leurs constituants sur les insectes phytophages (Ofuya, 1997). L'influence de la qualité de la plante ne se limite pas au phytophage (2^{ème} niveau trophique) mais affecte également et d'une façon indirecte l'ennemi naturel (3^{ème} niveau trophique). En fait, l'activité des ennemis naturels peuvent être influencée soit positivement (Groot, 2002) ou négativement (Mendel *et al.*, 1992), à travers la chaîne trophique, par la variation des propriétés du régime alimentaire de leur proie (Price *et al.*, 1980).

Cette étude vise donc deux objectifs, le premier est de suivre l'évolution des captures dans les pièges jaunes et le taux d'infestation sur les plants de la Fève des deux insectes à savoir le Puceron noir de la Luzerne *Aphis craccivora* Koch et la Coccinelle à sept points *coccinella septempunctata* L. et de s'intéresser à étudier la relation entre la composition phénolique initiale des feuilles de la fève et son ravageur clé le Puceron noir de la Luzerne et son ennemi naturel la Coccinelle à sept points.

Ce travail est scindé en cinq chapitres dont le premier traite la synthèse bibliographique sur la plante hôte (la Fève), le Puceron noir de la Luzerne, la coccinelle à sept points et le rôle des composés phénoliques dans l'interaction plante-insecte. Le second chapitre est consacré à la présentation de la région et de la parcelle d'étude. Un troisième chapitre présente le matériel végétal et animal utilisés lors de cette étude ainsi que la méthodologie de travail appliquée et le quatrième est réservé à la présentation des résultats obtenus. L'ultime chapitre est consacré aux discussions des résultats obtenus. Une conclusion générale assortie de perspectives terminera cette étude.

Chapitre I

Synthèse

Bibliographie

1- Etude de la plante hôte : La fève

1.1- Historique et origine

La fève est probablement originaire de l'Ouest ou du Centre de l'Asie (Pilbeam et Hebblethwaite, 1994 in George, 2009). Cubero (1974) cité par Daoui (2007) rapporte que la culture de *Vicia faba major* a été développée dans les pays Sud de la Méditerranée et en Chine et a été étendue durant le 16^{ème} siècle à travers le Mexique et l'Amérique du Sud. La culture de la fève a été développée dans le Moyen Orient et l'Afrique du Nord avec une plus grande concentration en Egypte. *Vicia faba minor* se trouve en Ethiopie et a été beaucoup développée en Europe.

1.2- Taxonomie et caractéristiques botaniques

La systématique de la fève selon Simpson (2006) est comme suit :

Ordre : Fabales.
Famille : Fabaceae (Leguminosae).
Sous-famille : Faboideae (Papilionoideae).
Genre : *vicia*.
Espèce : *vicia faba* L.

Selon Boyeldieu (1991) cité par Daoui (2007), les dimensions de la graine de la fève conduisent à distinguer deux sous espèces. La première : *V. faba major* L., ou fève proprement dite, dont la grosse graine aplatie peut mesurer 2 à 3 cm de long et porte un long hile noir. La seconde : *V. faba minor* L., la féverole dont la graine plus petite et plus ou moins cylindrique ou ovoïde, légèrement comprimée. Elle est généralement utilisée en alimentation animale.

Sur le plan botanique, la fève est une plante annuelle, d'environ 60 à 150 cm de hauteur. La tige creuse et rigide (Stephens, 2009). La feuille est composée et porte 2 à 6 folioles. Les fleurs, sous forme de grappes, apparaissent à partir du 5^{ème} ou 7^{ème} nœud végétatif (Boyeldieu, 1991 cité par Daoui, 2007). La floraison peut s'étaler sur 6 à 10 nœuds végétatifs selon les conditions de culture et selon les génotypes. La fleur est blanche avec une tache noire sur les ailes (pétales latéraux des papilionacées). Les plantes à fleur blanche sans tache noire ne comportent pas de tanins dans la graine (Boyeldieu, 1991 cité par Daoui, 2007). Le fruit est

une gousse avec une peau épaisse. La féverole peut comporter jusqu'à 3 gousses par nœud reproducteur, chaque gousse porte environ 3 graines, la fève (*Vicia faba major*) comporte uniquement une gousse par nœud reproducteur avec environ 7 graines. La féverole, utilisée en semis dense généralement, ne se ramifie pas alors que la fève, semée moins dense, dispose de 3 à 4 ramifications. La racine pivotante, moyennement vigoureuse, atteint environ 70 à 80 cm de profondeur.

1.3- Importance économique

1.3.1- Dans le monde

Cette culture est largement pratiquée à travers le monde couvrant environ 2,45 millions d'ha (FAO stat, 2011). En fait, la production mondiale fluctue entre 3600000 et 4500000 tonnes durant la période 2000-2009 (**fig. 1**) (FAO stat, 2011). La Chine est devenue le premier producteur mondial de la fève avec environ 1650000 tonnes suivie par l'Éthiopie avec 610845 tonnes, la France avec 438338 tonnes, l'Égypte et l'Australie avec 295182 et 192000 tonnes respectivement (FAO stat, 2011).

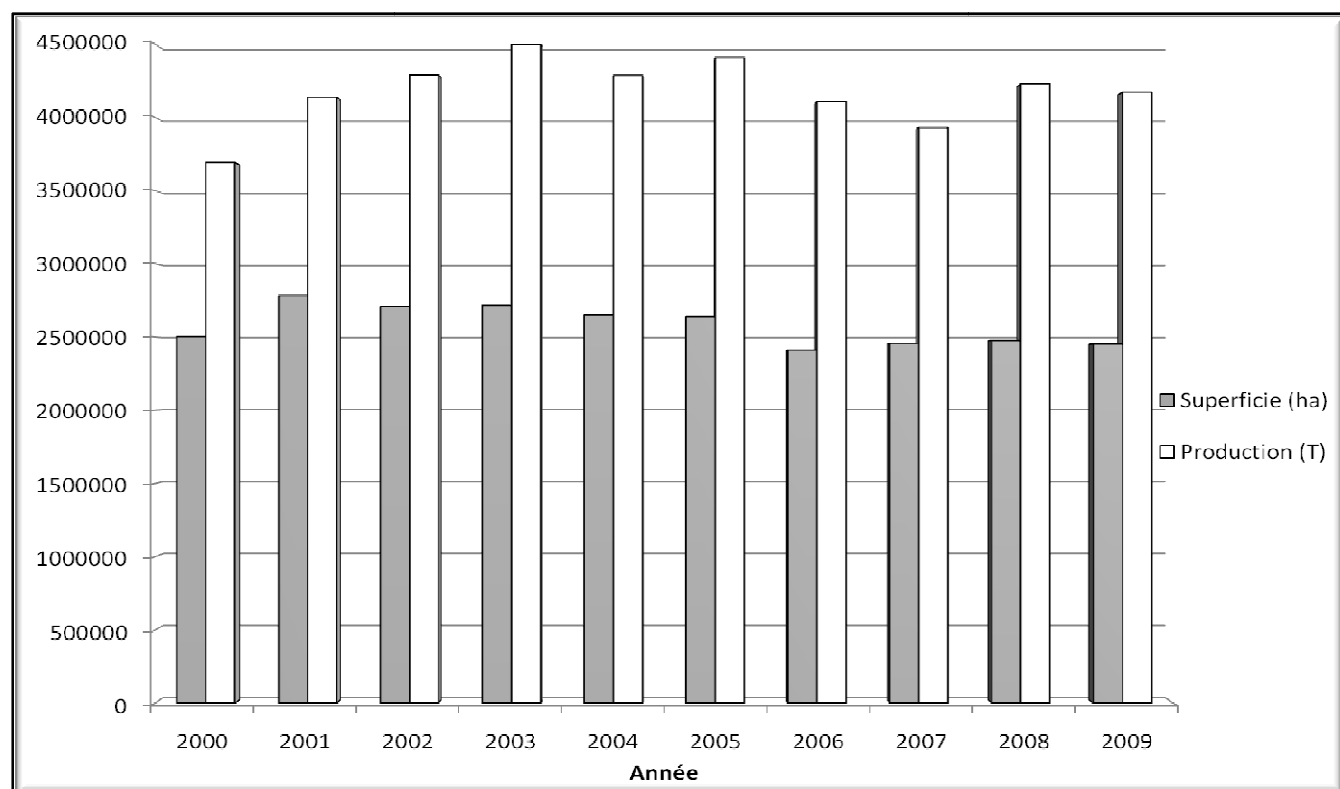


Figure 1: Evolution de la superficie et de la production de la fève dans le monde (FAO stat, 2011).

1.3.2- En Algérie

En Algérie, cette culture fait partie du paysage agricole depuis des millénaires. Elle occupe annuellement une superficie variant entre 31000 à 36000 ha. Cette superficie représente 0,4 % de la surface agricole utile (SAU) estimée à 8 194 328 ha soit 3,44 % de la superficie totale du pays (Chabaca, 2004). La production annuelle nationale varie entre 1200 et 3600 tonnes (**fig.2**) avec un rendement moyen oscillant entre 3,5 et 11,3 qx/ha de (FAO stat, 2011).

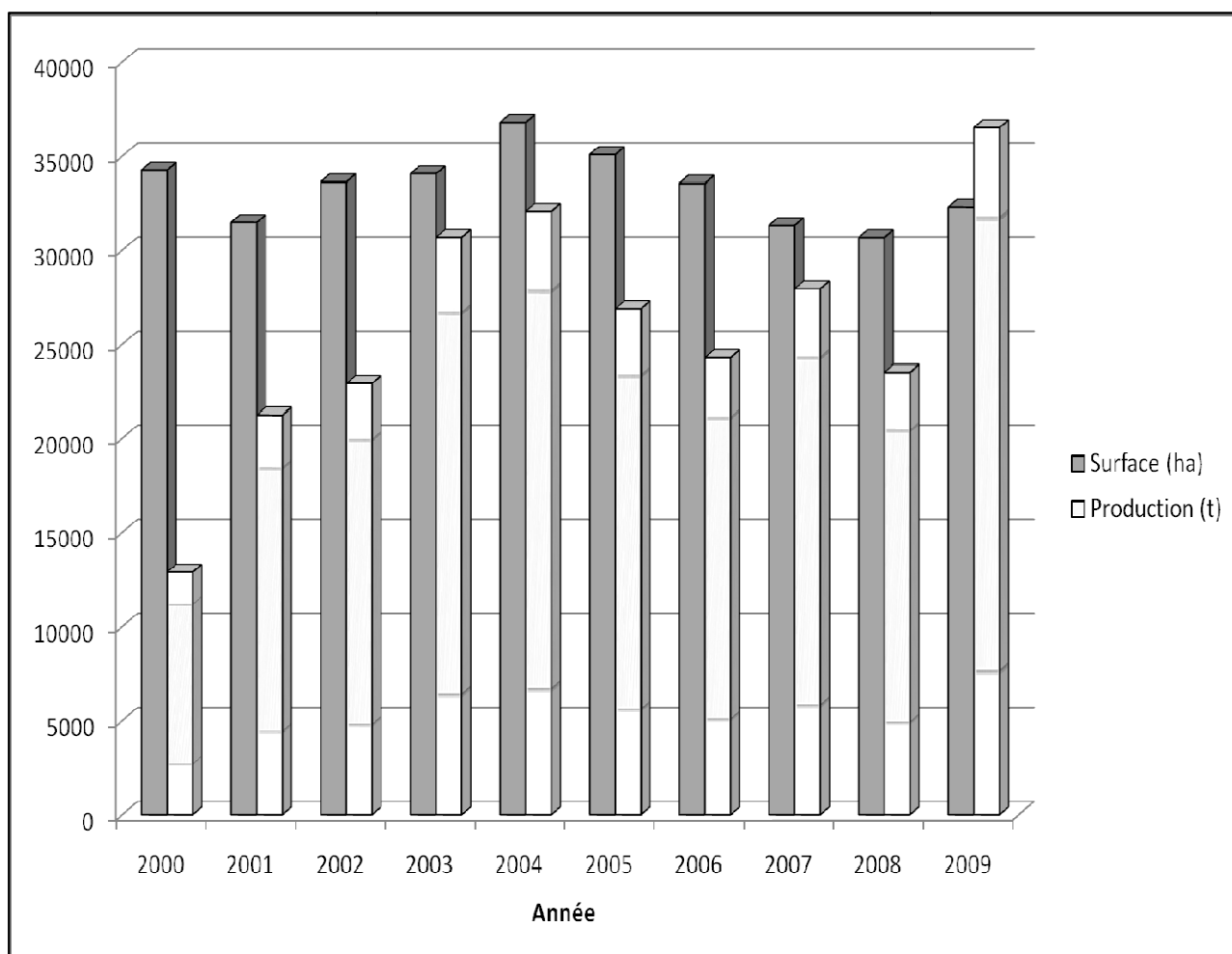


Figure 2 : Evolution de la superficie et de la production de la fève en Algérie (FAO stat, 2011).

1.4- Principaux bioagresseurs de la fève

Tableau 1 : Principaux bioagresseurs de la fève

Bioagresseur	Dégâts	Techniques de lutte	Références
Champignons - <i>Ascochyta fabae</i> , <i>Botrytis fabae</i> , <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> , <i>Fusarium</i> <i>spp</i> , <i>Pleospora herbarum</i>	-Taches sur les feuilles, la tige, les fleurs et les gousses. -Défoliation, chute des fleurs, effondrement de la tige, nécrose au niveau des tissus et enfin la mort de la plante.	-L'utilisation des fongicides. -La destruction des autres espèces hôtes -Faire la rotation de la fève avec des cultures non- hôtes. - L'utilisation des cultivars résistants.	Hanounik et Bisri, 1991 ; Maurin <i>et al.</i> , 1993 ; George, 2009.
Virus - BYMV (Bean yellow mosaic virus) - BBMMV (Broad bean mild mosaic virus) - BBSV (Broad bean stain virus) - EABMV (Echtes ackerbohnenmosaik virus)	- Des symptômes de mosaïque sur le feuillage, parfois associés à des déformations. -Les maladies virales réduisent la croissance et donc le potentiel global de production d'une plante.	-L'utilisation du matériel végétal sain. -Retarder les épidémies virales en réduisant les sources de virus et l'efficacité des vecteurs. - L'utilisation des cultivars résistants.	George, 2009 ; El-Bramaw et El-Beshehy, 2011.
Nématodes - <i>Ditylenchus dipsaci</i>	-Des galles et des lésions aux racines. -Perturbation de la croissance normale de la plante. -Peut agir comme vecteur très efficace de virus des plantes.	-L'utilisation des nématicides - L'utilisation des organismes bénéfiques (champignons entomopathogènes, bactéries). -L'utilisation de cultivars résistants	Abbad Andaloussi, 1998.
Insectes Coléoptères Bruchidae - <i>Callosobruchus maculatus</i> Pucerons Aphididae - <i>Aphis craccivora</i> , <i>Aphis fabae</i>	-Détériorer la qualité des graines dans les lieux de stockage. - La transmission des maladies virales. -Perturbation de la croissance normale de la plante. - Favoriser la prolifération des maladies fongiques.	-l'utilisation des cultivars résistants -la fumigation pour tuer ces vers -L'utilisation des aphicides. -L'utilisation des organismes bénéfiques (prédateurs, parasites, parasitoïdes, champignons nématophages, bactéries, virus, ...etc) et des cultivars résistants.	Boughdad <i>et al.</i> , 1986 Sauvion, 1995; Blackman et Eastop, 2006.

2- Données bibliographiques sur la bioécologie du puceron noir de la luzerne

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde et qui s'est diversifié parallèlement à celui des plantes à fleurs (Angiospermes) dont presque toutes les espèces sont hôtes d'aphides (Heie, 1987 ; Shaposhnikov, 1987 cités par Sauvion, 1995). Il en existe également sur les Gymnospermes, ainsi que sur quelques espèces de Ptéridophytes et Bryophytes. La plupart des genres de pucerons sont inféodés à une famille végétale, en ce sens, ils sont dits monophages. Mais nombre de pucerons s'attaquant aux plantes cultivées, ont un régime alimentaire moins restreint et se nourrissent sur des végétaux de familles très distinctes (Sauvion, 1995).

2.1- Position systématique

Selon Resh & Cardé (2009), le puceron noir de la luzerne est classé comme suit :

Ordre : Homoptera.
Super famille : Aphidoidea.
Famille : Aphididae.
Sous Famille : Aphidinae.
Tribu : Aphidini.
Genre : *Aphis*.
Espèce : *Aphis craccivora* (Koch, 1854).

2.2- Morphologie

Les pucerons sont des insectes hémimétaboles. En effet, les différents stades larvaires ont la même morphologie (mis à part l'absence d'ailes chez les larves de futurs ailés) et le même mode de vie que les adultes.

Aphis craccivora est un puceron de couleur noire (**fig. 3**), avec une plaque dorsale noire brillante chez l'aptère (Blackman et Eastop, 2007). Sa taille est variable, allant de 1,5 à 2 mm de long. Les larves sont aptères, noires ou marron pâle avec une cire et un corps assez rond (Obopile et Ositile, 2010). L'ailé d'*A. craccivora*, ou encore appelé *A. laburni* ou *A. medicagenis*, est noir (Anonyme, 1996), sa taille est de 1,4 à 1,9 mm, les antennes sont de la

longueur du corps, l'abdomen est foncé avec des stries noires pouvant se rejoindre, les cornicules sont courtes et épaisses (Hullé *et al.*, 1999).

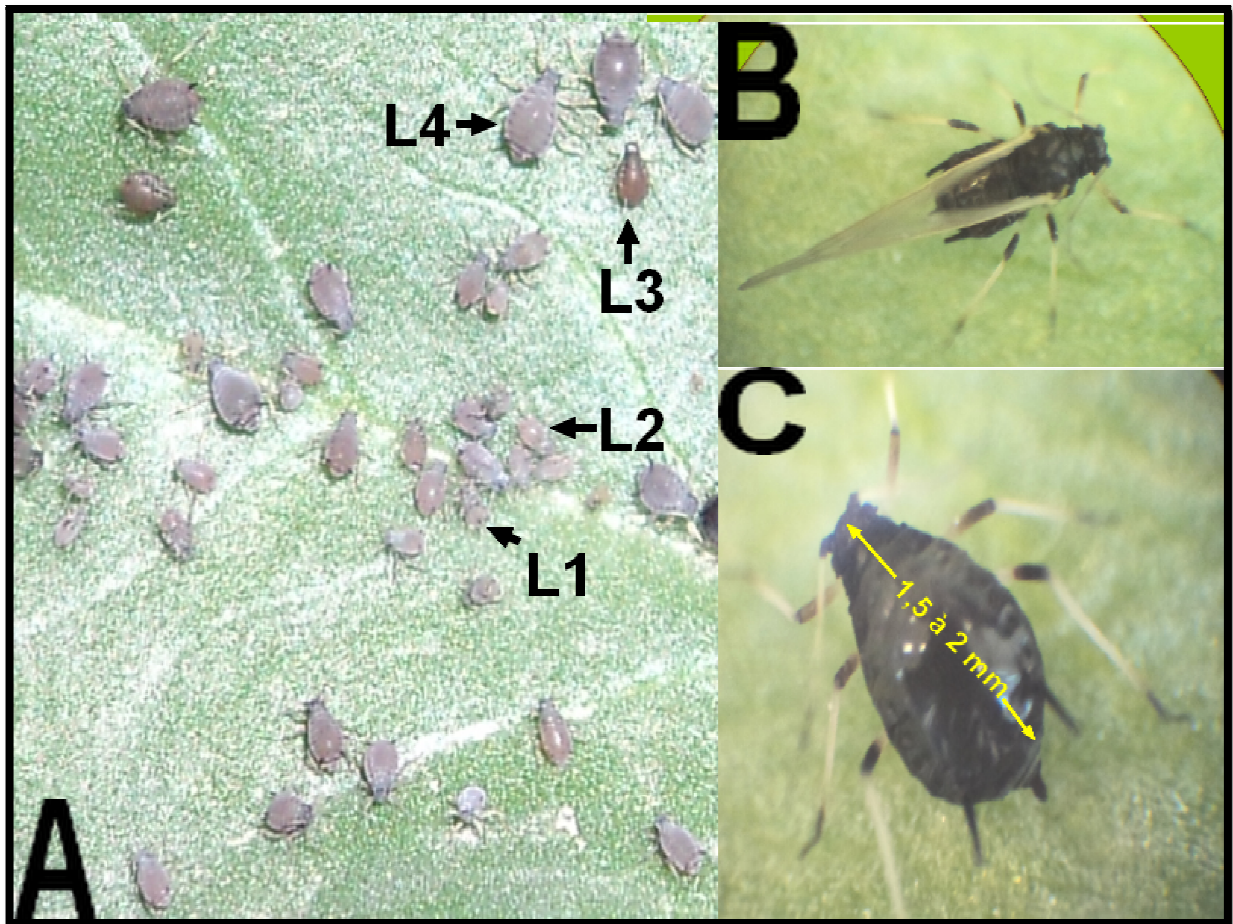


Figure 3 : A : Larves d'*A. craccivora*, B : Adulte ailé, C : Adulte aptère (photo personnelle).

2.3- Cycle biologique

A. craccivora est un puceron anholocyclique, sa reproduction est continuellement parthénogénétique (Hullé *et al.*, 1999). Il fréquente couramment les légumineuses, mais il est plus polyphage qu'*A. pisum*, avec une large gamme d'hôtes non seulement dans les fabaceae (ex. *Arachis*, *Colutea*, *Glycine*, *Medicago*, *Melilotus*, *Trifolium*, *Vicia*), mais aussi dans plusieurs autres familles (Blackman et Eastop, 2007).

Il passe par quatre stades larvaires avant de devenir adulte. Sous de bonnes conditions d'alimentation et un climat favorable, des femelles adultes aptères parthénogénétiques sont successivement produites (Ofuya, 1997). Les ailés assurent la dissémination d'un champ à un autre (Anonyme, 1996).

2.4- Dégâts et méthodes de lutte

La présence de milliers d'individus de ce puceron sur une même plante peut causer des dégâts importants. La croissance de la plante s'en trouve altérée et les fleurs avortent sous l'effet de la salive. La production du miellat provoque aussi des brûlures sur le feuillage et favorisent le développement de la fumagine (Hullé *et al.*, 1999). En cas de pullulation sur les tissus jeunes, la croissance et la floraison sont perturbées (Anonyme, 1996).

A. craccivora prélève directement dans la sève phloémienne une partie des produits de la photosynthèse, dont les acides aminés essentiels à la plante. Ces prélèvements, lors d'infestations massives par les pucerons, peuvent provoquer un arrêt de la croissance de la plante (Miles, 1989 cité par Sauvion, 1995).

De plus, le puceron noir de la luzerne peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007) tels que Cucumber Mosaic Virus et Broad Bean Mosaic Virus (Anonyme, 1996).

Les méthodes de lutte actuellement utilisées que ce soit en Algérie ou dans le monde reposent sur des approches conventionnelles basées principalement sur la lutte chimique, et à plus petite échelle, la lutte biologique et la lutte intégrée.

* *La lutte chimique*

Pour protéger les cultures contre l'attaque des pucerons, on utilise différents groupes d'insecticides en fonction de leurs sites d'action : les neurotoxiques, les insecticides agissant au niveau du système respiratoire des insectes, les insecticides agissant sur la mise en place des cuticules, les insecticides agissant sur la croissance des insectes (Riba et Silvy, 1989 ; Delorme *et al.*, 2002 cités par Rafalimanana, 2003). Ces insecticides interviennent sur les fonctions vitales des insectes entraînant ainsi leur mort. Les insecticides neurotoxiques représentent près de 90 % des insecticides (Matsumura, 1985 cité par Rafalimanana, 2003).

Les insecticides les plus couramment employés contre les pucerons sont le Pirimicarb (carbamate à action spécifiquement aphicide), les organophosphates Demethon-S-methyl, le Dimethoate et l'Heptenophos en association avec les pyréthrinoïdes Deltamethrine (Deraison Manuel, 2002). Ces insecticides agissent par contact, ingestion et inhalation sur un grand

nombre d'insectes et ne sont pas phytotoxiques. Seul le Pirimicarb est systémique (Rafalimanana, 2003).

Malheureusement, l'utilisation des pesticides chimiques se traduit par de nombreux effets négatifs : -1) effets sur l'environnement : pollution de l'eau, présence des résidus toxiques dans les aliments, impact sur la santé humaine ; -2) réduction du potentiel biologique, qui se traduit par un nivellement de la diversité génétique des espèces visées, mais aussi des organismes utiles ; -3) sélection génétique de ravageurs suite à une exposition continue aux pesticides (adaptations biochimiques ou comportementales permettant d'annuler leurs effets toxiques).

*** La lutte intégrée**

La protection intégrée est un concept de lutte associant plusieurs armes. Prenant en compte les caractéristiques de l'écosystème considéré, la protection intégrée fait appel en priorité aux techniques alternatives à la lutte chimique. Elle utilise, autant que possible, les moyens de lutte biologique, et y associe l'emploi de variétés résistantes et la gestion des techniques culturales. Toutefois, la lutte intégrée n'exclut pas le recours à des pesticides chimiques. Elle en prévoit l'usage tout en garantissant le respect des insectes auxiliaires et pollinisateurs. Il n'est pas question d'éliminer les ravageurs jusqu'au dernier mais d'abaisser leurs effectifs de telle façon que les dégâts soient supportables et sans incidence économique majeure.

Une approche plus récente consiste à aménager l'environnement végétal de la culture de manière à enrichir la faune d'auxiliaires actifs sur les principaux ravageurs de la culture.

À l'échelle mondiale, dans tous les cas où la lutte biologique est utilisée avec succès pour combattre les pucerons, les antagonistes sont des parasitoïdes membres de la famille de Aphidiidae (Hyménoptères) (Sauvion, 1995). L'utilisation des prédateurs tels que les Coccinelles, les Syrphes ou les Chrysopes, est fréquente pour le contrôle des pucerons en serre (Deraison Manuel, 2002). Les coccinelles aphidiphages peuvent avoir un impact positif sur le contrôle des insectes nuisibles. La mise en place de techniques d'élevage efficaces et la connaissance de la compatibilité avec d'autres agents de lutte permettent de croire qu'elles pourraient être utilisées rapidement comme une alternative aux insecticides chimiques.

2.5- Ennemis naturels

Une large gamme d'organismes bénéfiques, incluant des insectes prédateurs et des guêpes parasites aident à réguler les populations des pucerons (Wadhams *et al.*, 1999 ; Völkl *et al.*, 2007). Les prédateurs tuent leur proie en la dévorant. Dans quelques familles d'insectes prédateurs (par ex. les coccinelles-coccinellidae), les larves et les adultes sont des prédateurs vis-à-vis des aphides. D'après Wadhams *et al.* (1999), les coccinelles, particulièrement la coccinelle à sept points, *Coccinella septempunctata*, sont des prédateurs importants et dans les études comportementales, les adultes étaient fortement attirés envers les sources d'odeur des pucerons dans l'olfactomètre (Sengonca et Liu, 1994 *in* Wadhams *et al.*, 1999).

Dans d'autres familles (par ex. les syrphes- Syrphidae, les chrysopes-Chrysopidae, les moucheron- Itonididae), seulement les larves sont prédatrices (Völkl *et al.*, 2007). En effet, les larves de chrysope sont considérées comme un des prédateurs entomophages généraux du point de vue d'effectif et quelques espèces préfèrent les pucerons aux autres proies quand ils sont offerts comme choix (Wadhams *et al.*, 1999).

Parmi les insectes parasitoïdes, toutes les espèces dans la famille des Braconidées, sous-famille des Aphidiinae et quelques genres dans la famille des Aphelinidae se développent comme des endoparasites des pucerons, avec une larve complétant son développement dans chaque hôte. À la fin du développement larvaire, l'hôte est tué et le parasitoïde se métamorphose dans ou sous la cuticule durcie de son hôte (la momie). L'adulte des guêpes ne parasite pas les insectes ; les Aphidiinae se nourrissent du miel et du nectar alors que les femelles des Aphelinidae sont prédatrices et se nourrissent de l'hémolymphe des pucerons piqués.

Quelques espèces de champignons sont entomopathogènes, infectant les pucerons à travers la cuticule, éventuellement tuant l'hôte (Völkl *et al.*, 2007).

3- Généralités sur la coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata* L.

3.1- Origine et répartition

D'origine paléarctique (Lucas, 1993). Elle est répandue dans la majorité des régions tempérées de l'hémisphère Nord, si l'on excepte le Sahara et une région au Sud de la Sibérie (Iablokoff Khnzorian, 1982).

Il existe sept sous-familles des Coccinellidae: Sticholotidinae, Chilocorinae, Scymninae, Coccidulinae, Ortalinae, Coccinellinae, Epilachninae (Roy et Majerus, 2010). En Algérie, elles se répartissent en quatre sous-familles. Les plus importantes étant celles des *coccinellinae* regroupant les tribus des *coccinellini* avec 9 espèces et celle des *Hippodamini* avec 3 espèces. Elle est suivie par les *Scymninae* avec 8 espèces appartenant toutes à la tribu des *Scymnini*. Vient ensuite la sous-famille des *Chilocorinae* regroupant la tribu des *Chilocorini* avec 2 espèces et celle des *Platynaspini* avec une seule espèce et, enfin, les *Hyperaspidiinae* avec sa tribu des *Hyperaspini* comptant deux espèces seulement (Saharaoui et Gourreau, 2003).

3.2- Classification et description

D'après Lucas (1993), la classification de la coccinelle à sept points est faite comme suit :

Ordre :	Coleoptera.
Sous Ordre :	Polyphaga.
Famille :	Coccinellidae.
Sous Famille :	Coccinellinae.
Tribu :	Coccinellini.
Genre :	<i>Coccinella</i> .
Espèce :	<i>Coccinella septempunctata</i> (Linné, 1758).

Sur le plan morphologique, l'adulte est ovale, il mesure de 5 à 8 mm de long (Iablokoff-Khnzorian, 1982). Son corps est court, très convexe, brillant. Les élytres de couleur rouge portent une tache circascutellaire noire commune à laquelle sont accolées deux plages triangulaires blanches. En plus, on note l'existence de trois taches noires situées sur chacune d'elle (**fig. 4**). Les adultes deviennent capables de voler après 2-3 jours de la métamorphose (Honěk, 1990).

Les larves sont campodéiformes, le corps est allongé, souvent de coloration bigarrée chez les larves âgées, noire concolore chez les jeunes. Elles peuvent atteindre un centimètre de long (Iablokoff-Khnzorian, 1982) (**fig. 4**).



Figure 4 : A : nymphe de *C. septempunctata*, B : larves L₁, C : larve L₄, D : femelle de *C. septempunctata* en train de pondre des œufs (photo personnelle).

3.3-Cycle biologique

Les coccinelles sont des insectes holométaboles et commencent leur vie comme un œuf qui donnera après l'éclosion une larve qui généralement passe par quatre stades avant de se métamorphoser en un adulte après la nymphose (Roy et Majerus, 2010).

La ponte intervient 7 à 15 jours après l'accouplement. Les œufs de couleur jaune paille, mesurent 1,3 mm de long. Ils sont pondus en groupe verticalement sous les feuilles de végétaux, à proximité ou dans les colonies de pucerons. Une femelle nourrie d'*Aphis fabae* pond entre 39 à 875 œufs dans les conditions de plein champ. La fécondité moyenne journalière varie entre 1,34 à 38,04 œufs. Le nombre moyen de ponte émis par jour varie de 00,6 à 2,09 pontes. L'alimentation demeure un facteur susceptible de modifier le taux de multiplication des coccinelles, cette différence semble être également sous la dépendance de la physiologie de la femelle. Dans les conditions contrôlées, la fécondité moyenne d'une femelle est de 23,75, 418,33 et 12 œufs respectivement à 20°C, 25°C et 30°C (Saharaoui et Gourreau, 2003).

Les larves apparaissent après une durée d'incubation de 5 jours (Iablokoff-Khnzorian, 1982). La durée du développement des états larvaires et nymphal de la première et deuxième génération est de 29,36 j et 17,68 j pour des températures moyennes respectives de 22,75°C et 28,75°C et une photopériode de 12 à 13 heures. En revanche, dans les conditions contrôlées, la durée moyenne des états larvaires et nymphaux est de 25,58 j, 13,55 j et 7,96 j respectivement à des températures de 20°C, 25°C et 30°C et une humidité de 65 à 75 % (Saharaoui et Gourreau, 2003).

Pour se nymphoser, comme pour muer d'ailleurs, les larves se fixent à un support inerte par un pseudopode rétractile situé à la partie postérieure de l'abdomen. Au bout de 8 jours, l'insecte sort de sa nymphe. Il est tout blanchâtre, sans couleur, puis au bout de quelques heures, la couleur rouge ou jaune apparaît, ainsi que les taches. Il met ainsi plusieurs heures pour être imago. Le cycle de vie de la coccinelle ne dure que 4 à 7 semaines (Iablokoff-Khnzorian, 1982).

3.4- Intérêt écologique et agronomique

C'est une espèce eurytopique (Iperti, 1991 *in* Lucas, 1993) qui fréquente aussi bien la toundra, les forêts, le littoral, les déserts et les hautes montagnes (Bodenheimer, 1943 *in* Lucas, 1993). Elle fait partie de la liste des espèces animales non-domestiques protégées en Algérie (Anonyme, 1995). Dans les agro-écosystèmes, elle se retrouve à la fois dans les cultures (blé, maïs, luzerne, haricots, pomme de terre, betterave, sorgho, etc...) dans les friches, les pâtures ou les vergers (Iablokoff-Khnzorian, 1982).

La répartition des coccinelles dépend en grande partie de la disponibilité de la nourriture (Mareida *et al.*, 1992 *in* Lucas, 1993), et une grande densité d'individus correspond généralement à une explosion démographique de l'une des proies de l'insecte.

La plupart des espèces dans la sous-famille des Epilachninae sont phytophages, alors que la majorité des espèces dans les autres familles sont prédatrices (Roy et Majerus, 2010). Les régimes alimentaires des deux stades dans le cycle de vie des coccinelles, stade larvaire et adulte, sont généralement les mêmes. La plupart des coccinelles prédatrices se nourrissent soit des pucerons ou des cochenilles (peu qui se nourrissent des deux), cependant quelques espèces prédatrices se nourrissent des acariens, des punaises (Adelgidae), des aleurodes, des

fourmis, des larves de Chrysomelidae, des cicadelles, des punaises du bois (Pentatomidae), du phylloxera, des coccinellidae mycophages et des psylles (Dixon, 2000 in Roy et Majerus, 2010).

Les recherches menées sur l'emploi des insectes prédateurs en lutte biologique, ont démontré que les coccinelles aphidiphages présentent un grand intérêt dans la régulation des populations de pucerons (Kindlmann *et al.*, 2005; Powell et Pell, 2007 ; Völkl *et al.*, 2007).

La coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera : Coccinellidae) est l'une des espèces dominantes (Lucas, 1993). Sa gamme de pucerons consommés atteint plus de 20 genres différents et vivants sur de nombreuses plantes hôtes (Saharaoui et Gourreau, 2003) (**fig.5**).

Cependant, le succès de l'utilisation de ces coccinelles aphidiphages a été piètre comparé à celui obtenu contre les autres insectes nuisibles (Dixon *et al.*, 1997; Ipert, 1999; Dixon, 2000 cités par Powell et Pell, 2007). Maintes raisons sont derrière cette piètre performance, comparativement aux coccinelles coccidiphages, ont été proposées, incluant un taux de développement lent des coccinelles aphidiphages en relation avec celui de leur proie, leurs stratégies d'oviposition qui optimisent souvent l'utilisation des ressources de nourriture éphémères et leur grande mobilité et la capacité de dispersion chez les adultes (Hemptinne *et al.*, 1995; Dixon *et al.*, 1997; Ipert, 1999 ; Dixon, 2000 cités par Powell et Pell, 2007).

Néanmoins, elles sont toujours considérées comme un composant important du complexe ennemi naturel et leur présence est activement encouragée dans les stratégies de la lutte biologique.

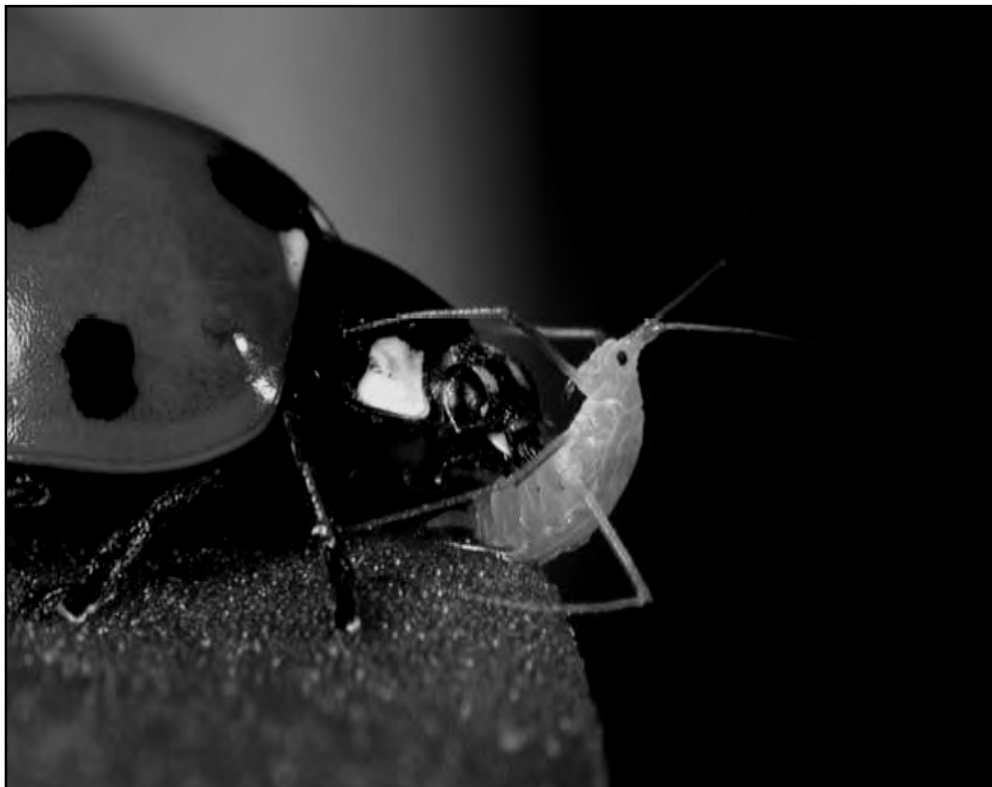


Figure 5 : Un adulte de la coccinelle à 7 points *Coccinella septempunctata* dévorant le puceron du pois *Acyrthosiphon pisum* (Rothamsted Research in Powell et Pell, 2007).

4- Composés phénoliques dans l'interaction plante-insecte

L'intégration de la résistance naturelle des plantes dans le cadre de la lutte intégrée apparaît également un point intéressant pour le futur. En effet, l'abondance et la diversité des métabolites secondaires produits par les plantes représentent une source importante de molécules.

4.1- Définition des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont un des plus larges groupes des constituants secondaires des plantes (Pengelly, 2004 ; Daayf et Lattanzio, 2008).

La découverte des phénols est attribuée à Runge en 1934 qui a isolé plusieurs composés du coaltar contenant l'acide carbolique ou phénol (Tyman, 1996). Ils sont caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (Ho, 1992 ; Bernards et Båstrup-Spohr, 2008 ; Lattanzio *et al.*, 2008) libres ou engagés avec un glucide.

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (Boizot et Charpentier, 2006).

Il existe plus de 8.000 composés phénoliques connus, classés en quatorze composés selon le nombre de carbones et leur arrangement (Strack 1997 *in* Bernards et Båstrup-Spohr, 2008), allant de molécules phénoliques simples de bas poids moléculaire à des composés hautement polymérisés, les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (Boizot et Charpentier, 2006).

Ils font partie intégrante de l'alimentation humaine (Emmons et Peterson, 2001; Vasco *et al.*, 2009) et animale (Bahorun, 1997). Seulement une petite fraction de ces composés a été impliquée dans les interactions plante-herbivore (Bernards et Båstrup-Spohr, 2008).

4.2- Classification des composés phénoliques

Ces composés peuvent être classés sous différentes manières. Harborne et Simmonds (1964) cités par Vermerris et Nicholson (2006) ont classé ces composés en groupes basés sur le nombre de carbones dans la molécule (**Tab.2**).

Tableau 2 : Classification des composés phénoliques.

Structure	Classe
C ₆	phénols simples
C ₆ - Cl	acides phénoliques et des composés liés
C ₆ - C ₂	acétophénone et acide phényle acétique
C ₆ - C ₃	acides cinnamiques, aldéhydes cinnamyles, alcools cinnamyles
C ₆ - C ₃	coumarines, isocoumarines et chromones
C ₁₅	chalcones, aurones, dihydrochalcones
C ₁₅	flavans
C ₁₅	flavones
C ₁₅	flavanones
C ₁₅	flavanonols
C ₁₅	anthocyanidines
C ₁₅	anthocyanines
C ₃₀	biflavonyls
C ₆ -C ₁ -C ₆ , C ₆ -C ₂ -C ₆	benzophénones, xanthones, stilbènes
C ₆ , C ₁₀ , C ₁₄	quinones
C ₁₈	bétacyanines
Lignans, néolignans	dimères ou oligomères
Lignine	polymères
Tannins	oligomères ou polymères
Phlobaphènes	polymères

(Harborne et Simmonds ,1964 *in* Vermerris et Nicholson, 2006)

4.3- Biosynthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont ubiquistes dans le règne des plantes. La principale voie de la formation de ces composés commence avec les acides aminés aromatiques L-phénylalanine et, à un degré moindre, L-tyrosine (**fig. 6**). Dans la voie générale du métabolisme des phénylpropanoïdes, ces composés sont transformés au coenzyme A-activé 4-acide coumarique par le phénylalanine ammonia-lyase, acide cinnamique 4-hydroxylase et 4-coumarate CoA-ligase. 4-Coumaroyl-CoA donne une augmentation à un large nombre de différents produits naturels, par exemple : les flavonoïdes, les lignans, les coumarins, les tannins, les esters acides hydroxycinnamiques et des amides comme la lignine monomère. (Petersen *et al.*, 2010).

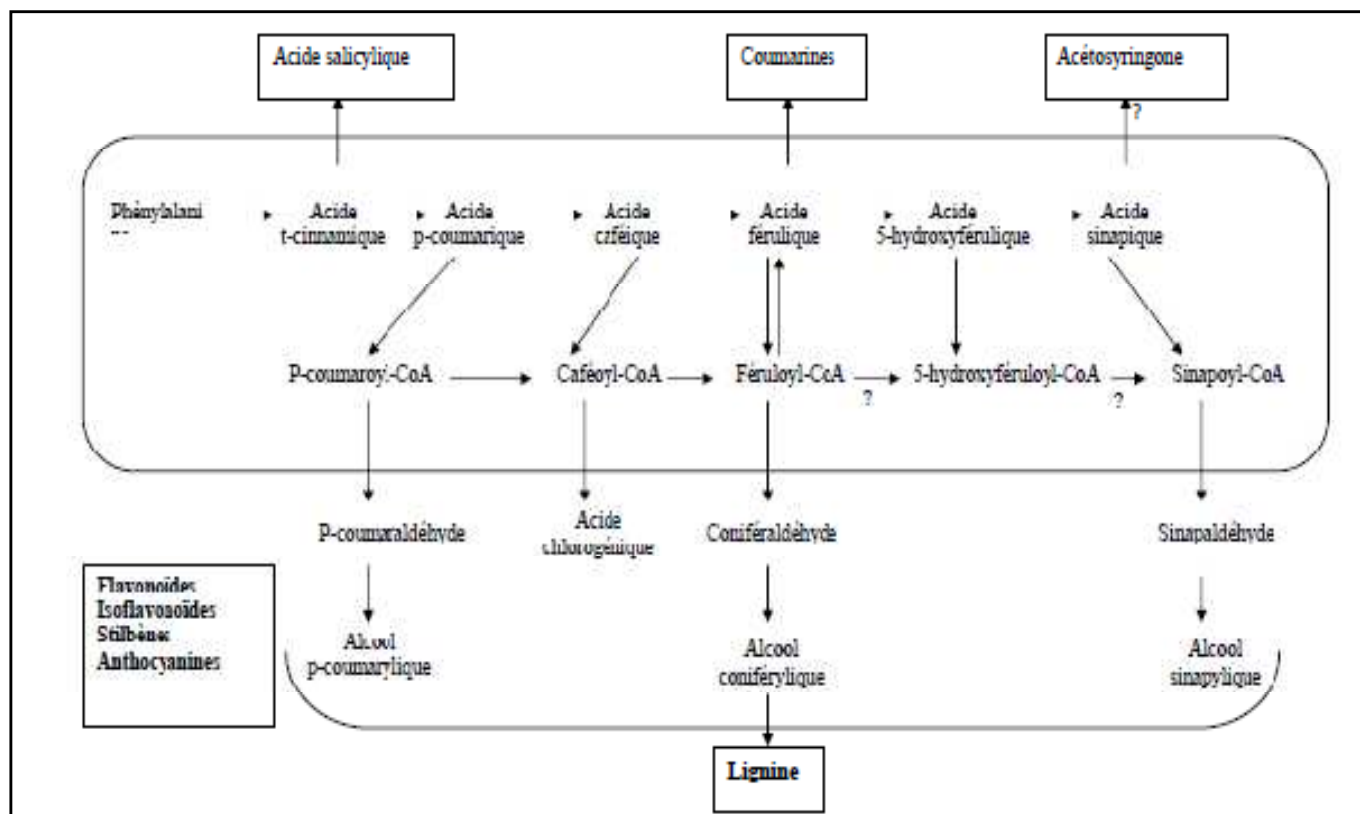


Figure 6 : Voie de biosynthèse des phénylpropanoïdes (Bouarab, 2000).

4.4- Rôle des phénols dans la relation plante-insecte

La composition chimique de la plante peut être utile pour l'insecte phytophage comme une source d'informations pour la localisation et d'une façon efficace de la plante hôte (Carroll et Berenbaum, 2002 ; van Tol *et al.*, 2007), pour s'en alimenter (Hirota et Kato, 2001 ; Ameixa *et al.*, 2007), pour la sélection du site de l'oviposition (Desouhant, 1998 ; Åsman, 2002 ; Castells et Berenbaum, 2008 ; Ameixa *et al.*, 2007), pour réduire la prédation (Mendel, 1992 ; van Emden, 1995 ; Barker *et al.*, 2002 ; Pratt, 2008) ou peut être utilisée directement par la plante pour s'auto défendre contre les insectes phytophages (Hopkins *et al.*, 1998 ; Hirota, 2001 ; Renwick, 2001 ; Bidart-Bouzat, 2008 ; Han *et al.*, 2009) en émettant des composés volatils à effet répulsif ou toxique (Bernasconi *et al.*, 1998) ou pour attirer les ennemis naturels comme une réponse aux dégâts causés par les insectes phytophages (Vet, 1999 ; Schaller et Nentwig, 2000 ; Carroll *et al.*, 2006 ; de Boer *et al.*, 2008).

Dans les relations plante-insecte, ou plus généralement plante-arthropode, les composés phénoliques sont souvent associés à des phénomènes de résistance, agissant en tant que

répulsifs (Smith, 2005 ; Faccoli et Schlyter, 2007 ; Barbehenn *et al.*, 2008) ou perturbant la nutrition (Boughdad, 1986 ; Bernards et Båstrup-Spohr, 2008).

Schonhoven et Derksen-Koppers (1976) cités par Guettala-Frah (2009), ont noté que les métabolites secondaires tels que les composés phénoliques ont été identifiés comme jouant un rôle déterminant dans la résistance des plantes aux pucerons, ces composés réduisent le potentiel biotique en agissant selon le cas, sur la nutrition et la survie des pucerons.

Dans des cultivars de blé résistants, les dihydroxyphénols jouent le rôle de répulsif contre *Rhopalosiphum padi* et *Sitobion avenae* (F.) (Dreyer et Jones 1981, Leszczynski *et al.* 1985 cités par Smith, 2005). Les aglycones flavonoïdes isorhamnetines sont impliqués dans la résistance du dolique contre l'*Aphis fabae* (Lattanzio *et al.* 2000 in Smith, 2005).

Selon Grayer *et al.* (1992), une forte relation négative a été mise en évidence entre des concentrations de procyanidine, un tanin condensé, dans les bourgeons à feuilles de sept génotypes de l'*Arachis hypogaea* et la fécondité de l'*Aphis craccivora*. Le tricine (flavone) qui existe dans les tiges et les feuilles des différentes espèces du genre *Triticum*, agit comme répulsif à l'égard des pucerons *Schizaphis graminum* et *Myzus persicae* (Gould et Lister, 2006).

Néanmoins, les composés phénoliques n'ont pas toujours un effet négatif sur les pucerons, ils peuvent être neutres dans maints cas. En fait, des extraits riches en anthocyanine n'ont pas influencé le comportement alimentaire ou le taux de survie des pucerons (Gould et Lister, 2006).

Quant à la relation plante-ennemis naturels, Turlings et Ton (2006) ont constaté que des plantules de maïs quand elles sont endommagées par des chenilles, immédiatement elles libèrent des composés volatiles formés essentiellement de terpenoïdes mais aussi de quelques phénols comme l'indole et le salicylate de méthyle. Ce mélange appelé HIPVs (herbivore-induced volatiles) est fortement attirant de différents guêpes parasites qui pondent leurs œufs dans les chenilles (Turlings *et al.*, 1998 in Turlings et Ton, 2006).

Les flavonoïdes peuvent jouer un rôle décisif dans le choix de l'animal qui effectuera la pollinisation. Chez *Petunia integrifolia*, par exemple, les fleurs sont roses et sont pollinisées

par les abeilles, alors que chez les espèces du même genre, *Petunia axillaris*, les fleurs sont blanches et sont pollinisées par les papillons (Wijsman, 1983 *in* Gould et Lister, 2006). Il est supposé que ces papillons sont attirés par des quantités élevées de flavonols fluorescents. De même, la corolle de *B. rapa* a une zone d'absorption de l'UV dans son centre, connue comme le guide du nectar, pour attirer les insectes pollinisateurs (Sasaki et Takahashi *in* Gould et Lister, 2006). Ce pigment responsable, identifié comme isorhamnetine 3,7-O-di-b-D-glucopyranoside, est présent en grandes quantités dans les parties basales des pétales puis dans les régions apicales. Cette différence dans le contenu en flavonoïdes est présumée de contribuer à l'attraction visuelle des insectes pollinisateurs par les fleurs de *B. rapa*.

Chapitre II

Présentation

De

La région d'étude

1- Situation géographique de la région de Biskra

La wilaya de Biskra se trouve dans le Nord-est du Sahara algérien avec une altitude de 124 m. Sa latitude est de 34°48 Nord et sa longitude est de 5°44 Est et elle s'étend sur une Superficie de 216712 km². Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord Ouest par la wilaya de M'sila, au Nord-est par la wilaya de khenchela, au Sud par la wilaya de Oued Souf et au Sud-ouest par la wilaya Djelfa (**fig. 7**) (Achoura et Belhamra, 2010).

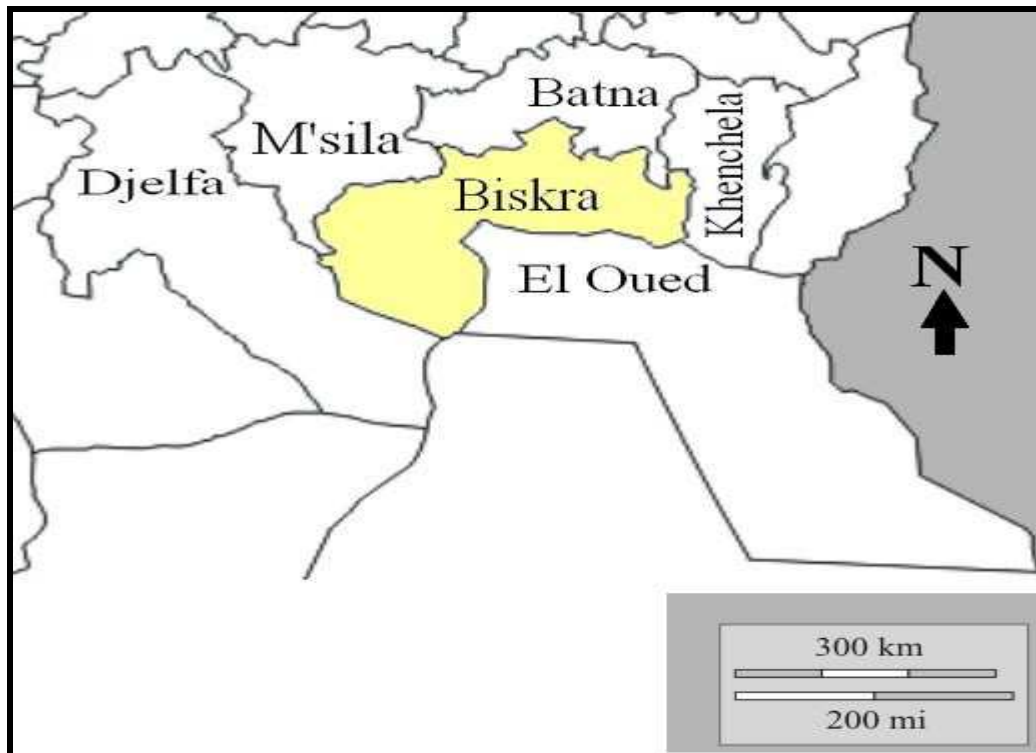


Figure 7 : Situation géographique de la wilaya de Biskra (Dalet, 2011).

2- Climatologie

Le climat en raison de ses composantes tels que la température, les précipitations, le vent et l'humidité relative de l'air contrôle de nombreux phénomènes biologiques et physiologiques (Harrat et Moussi, 2007).

La région d'étude est située dans l'étage saharien, caractérisé par des étés chauds et secs, et des hivers doux, la pluviométrie est très irrégulière. Les caractéristiques climatiques de la wilaya de Biskra ont été étudiées à partir des données enregistrées par la Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra durant la décennie 2001-2010 et l'année 2011.

2.1- Température

Les insectes étant des poïkilothermes, la température est pour eux le facteur écologique le plus important (Lamy, 1997 *in* Guettala-Frah, 2009).

Les valeurs des températures prélevées dans la région de Biskra durant la période allant de 2001 à 2010 et durant la campagne de travail (2010-2011) sont indiquées dans les tableaux suivants :

Tableau 3 : Températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Biskra durant la période 2001-2010.

période	Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
	T°C												
2001-2010	m	6,6	7,9	11,8	15,1	19,9	24,9	28,2	27,9	23	18,4	11,7	7,9
	M	17,2	19	23,8	27,1	32,3	38	41,5	40,3	34,2	29,6	22	17,4
	m+M/2	11,9	13,5	17,8	21,1	26,1	31,4	34,8	34,1	28,6	24	16,9	15,6

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

m = Température des minima.

M = Température des maxima.

m + M / 2 = Température moyenne.

Tableau 4 : Températures mensuelles moyennes (°C) dans la région de Biskra durant la campagne (2010-2011).

période	Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
	T°C									
2010-2011	m	16,7	12	7,4	6,7	7,7	10,4	15	18,7	23,4
	M	28,4	22,1	18,1	18,4	19	21,5	28,5	30,6	35,8
	m+M/2	22,5	16,6	12,4	12,1	13,2	24,9	22,1	24,9	29,8

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

Le **tableau 3** montre que la valeur moyenne la plus basse durant la décennie 2001-2010 est enregistrée au mois de janvier (11,9°C) et la plus élevée est au mois de juillet (34,8°C).

En comparant ces valeurs avec celles de l'année d'étude (2010-2011) (**tab. 4**), on remarque une certaine stabilité à l'exception du mois de mars où une augmentation de 7°C a été enregistrée.

2.2- Pluviométrie

Dans les tableaux 5 et 6, nous portons les précipitations mensuelles caractérisant la période 2001-2010 et la campagne d'expérimentation 2010-2011.

Tableau 5 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) dans la région de Biskra durant la période 2001-2010.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Oct	Nov	Déc	Sep	Total (mm)
Période													
2001-2010	23,97	8,19	15,34	14,45	10,82	3,37	0,97	2,68	13,16	16,49	13,11	14,91	137,46

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

Tableau 6 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) dans la région de Biskra durant l'année 2010-2011.

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Total (mm)
Période										
2010-2011	13,97	44,45	2,03	6,35	0	38,1	38,6	42,6	35,5	221,6

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

La région de Biskra reçoit un faible niveau de précipitations avec une moyenne de 136,46 mm et qui se caractérisent par son irrégularité (**tab. 5**).

Le **tableau 6** montre que l'année 2010-2011 est caractérisée par une précipitation élevée (221,6 mm) pour seulement 9 mois par rapport à la dernière décennie où un total de 137,46 mm a été enregistré (**tab. 5**). Novembre est le mois le plus pluvieux avec 44,45 mm et février et août sont les mois les plus secs avec 0 mm.

2.3- Humidité de l'air de la région de Biskra au cours de la campagne 2010-2011

Dans le tableau ci-dessous, nous portons le taux d'humidité moyenne mensuelle dans la région de Biskra durant l'année 2010-2011.

Tableau 7: Humidité moyenne mensuelle en % dans la région de Biskra durant la campagne 2010-2011.

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
Humidité (H%)	43,9	57,9	48,6	55,3	47,3	50,9	46,1	42,6	35,5

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

L'humidité relative de l'air varie sensiblement en fonction des saisons. Durant l'été, elle chute jusqu'à 27% en Juin sous l'effet d'une forte évaporation due aux vents chauds comme le sirocco. Par contre en hiver, elle s'élève jusqu'à 58% au maximum.

2.4- Vents

Dans le tableau ci- après sont portés les valeurs des vents dans la région de Biskra durant la campagne 2010-2011.

Tableau 8: Vitesse mensuelle moyenne du vent en Km/h dans la région de Biskra durant la campagne 2010-2011.

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
La vitesse du vent (Km/h)	12,6	13,4	12	9,5	18,8	15,7	14,3	13,4	11,4

(Station météorologique de l'Aérodrome de Biskra, 2011)

Les vents soufflent pendant toute l'année. La vitesse allait de 9,5 à 18,8 km/h. Généralement, ce sont les vents du Nord-Ouest qui prédominent. Les vents du Sud sont généralement froids et secs en hiver. Ils sont chauds et très secs pendant la période estivale : le sirocco. Il agit en activant l'évaporation et augmente ainsi la sécheresse (Harrat et Moussi, 2007).

3-Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le biais du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson ainsi que l'étage bioclimatique des régions d'étude grâce au climagramme pluviométrique d'Emberger.

3.1-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Ce diagramme ombrothermique fait intervenir les précipitations et les températures moyennes mensuelles.

Cette représentation fait ressortir les mois secs dans l'année. Pour Gausсен, un mois est sec si $P < 2T$, comme il apparaît clairement dans la **figure 8**.

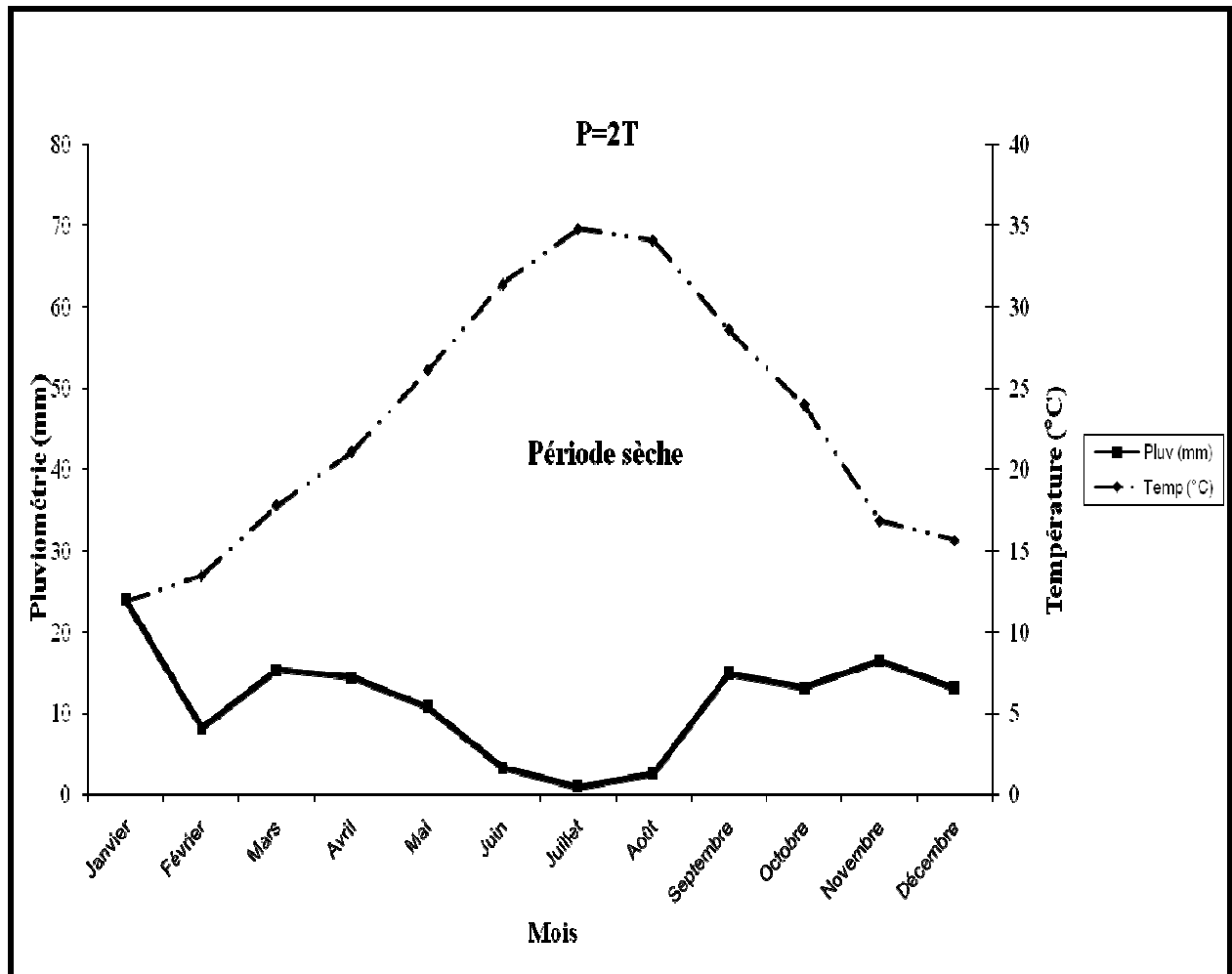


Figure 8: Diagramme ombrothermique de la région de Biskra (2001-2010).

La période sèche de la région de Biskra durant la décennie 2010-2011 s'étale presque sur toute l'année.

3.2- Climagramme d'Emberger

La formule du quotient pluviométrique d'Emberger a été modifiée par Stewart (1969) et est comme suit:

$$Q_2 = 3,43 \times P / M - m$$

- P est les précipitations annuelles en mm.
- M est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.
- m est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

Le climat est d'autant plus sec que Q_2 est plus faible. L'observation du climagramme d'Emberger nous permet de situer la région de Biskra sur l'étage bioclimatique saharien à hivers doux ($Q_2=13,52$) (fig. 9).

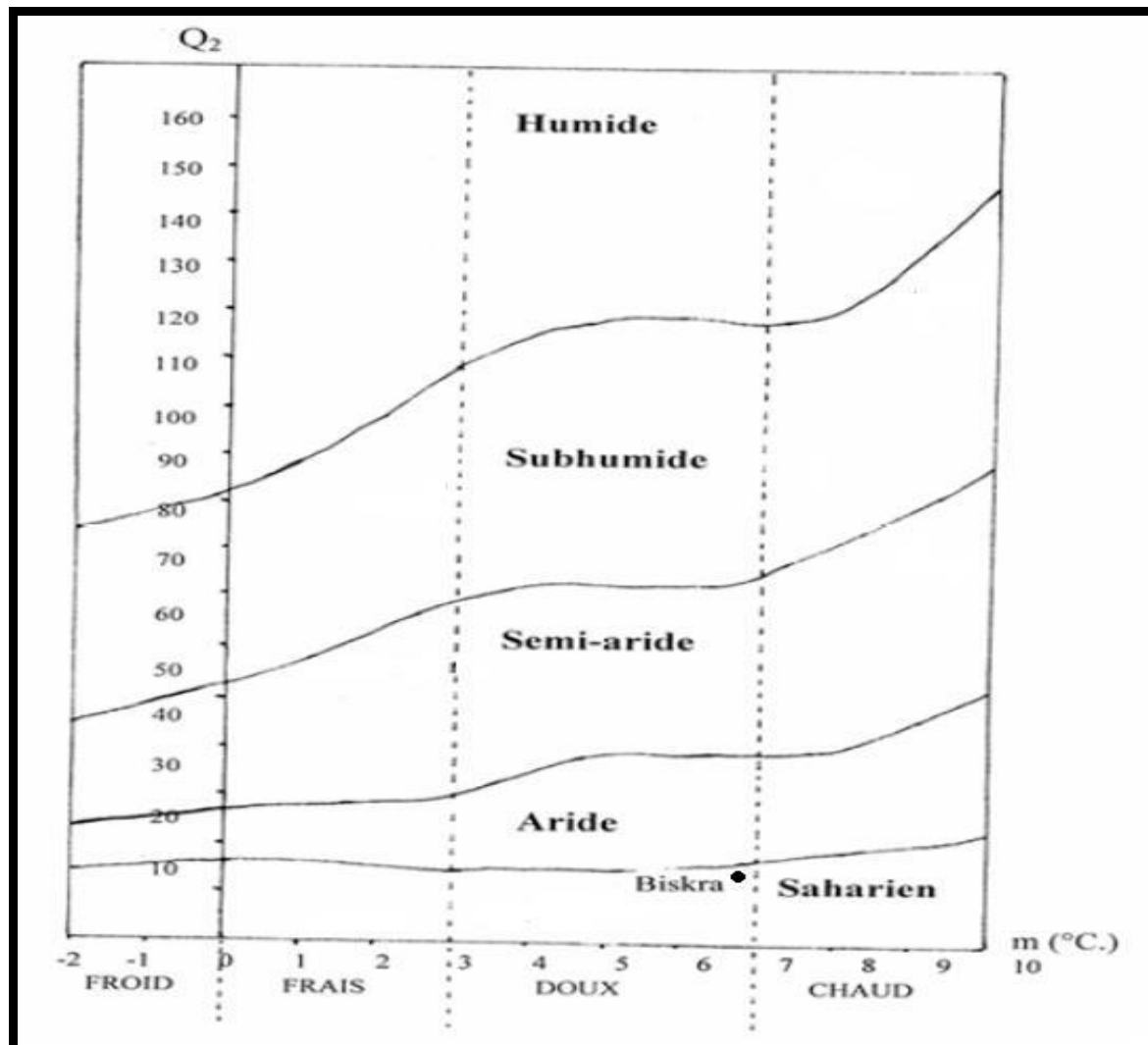


Figure 9 : Climagramme du quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger.

4- Faune et flore dans la région de Biskra

Etant donné l'appartenance de la région de Biskra à l'étage saharien, sa flore saharienne se caractérise par la prédominance de trois familles : les graminées, les légumineuses et les composés, elles représentent 35 à 40 % (Ozenda, 2004). Dans cette zone, nous retrouvons aussi des espèces végétales de type méditerranéen avec une tendance saharienne et des espèces à tendance plutôt aride. Plus au Sud nous remarquons un échange floristique entre le monde méditerranéen et le monde africain (Guendouz-Benrima *et al.*, 2007).

Selon Ozenda (2004), trois familles méritent une attention particulière :

- Les Chénopodiacées : c'est un groupe cosmopolite qui présente sur le globe une dizaine de centres de distribution d'importance comparable. Les Chénopodiacées sahariennes se sont différenciées à partir du stock méditerranéen de cette famille et la proportion de Chénopodiacées décroît d'ailleurs très vite lorsqu'on s'éloigne de la partie méditerranéenne de l'Afrique du Nord ex. *Anabasis sp*, *Atriplex halimus*.
- Les Crucifères : cette famille, très importante dans tout l'ensemble holarctique (y compris la région méditerranéenne) ex. *Diplotaxis sp*.
- Les Zygophyllacées : c'est une famille typiquement saharienne ex. *Peganum harmala*.

Le milieu agricole est essentiellement composé de palmiers dattiers comme culture principale, associée à d'autres cultures d'arbres fruitiers notamment l'olivier, l'abricotier, le figuier et le grenadier. Au milieu des palmeraies et sous la forme de cultures intercalaires, les cultivateurs s'adonnent aux cultures maraîchères de plein champ et même sous abris serres. Les mauvaises herbes trouvent des conditions favorables dans l'ensemble des endroits où les travaux d'entretien sont mal faits ou non effectués (Achoura, 1996 *in* Achoura et Belhamra).

Quant à la faune, une étude faite par Mezghiche et Ghennai (2006) dans les zones humides de Biskra (Barrage de la Fontaine des gazelles, barrage Foum el Kherza et Oued sidi M'hamed Ben Moussa) durant laquelle ils ont pu recenser 22 espèces appartenant à l'ordre d'oiseaux dont trois sont protégées en Algérie, il s'agit de Tadorne casarca (*Casarca ferruginea*), Tadorne de belon (*Tadorna tadorna*) et l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), 7 espèces mammifères avec une espèce protégée en Algérie à savoir le Goundi d'Afrique du Nord (*Ctenodactylus gundi*), 6 espèces reptiles, 2 batraciens, et 5 poissons. Concernant la faune arthropodologique de la région de Biskra, Achoura et Belhamra (2010) ont recensé,

dans deux stations (palmeraies moderne et traditionnelle) dans la zone El Kantara (Wilaya de Biskra), 48 espèces invertébrées. La classe des insectes est la plus peuplée par 46 espèces, soit 95,84% de la totalité. Elle est suivie par celle des crustacées et celle des arachnides par une seule espèce et un pourcentage de 2,08% chacune. Suivant l'ordre systématique les orthoptères sont classés en première position avec un taux de 18,75 %, suivis par les coléoptères 16,67 %, enfin l'ordre des lépidoptères et celui des hyménoptères avec un taux de 14,58 % chacun.

5-Présentation de la parcelle d'expérimentation

5.1- Critères de choix

Le travail expérimental a été mené dans une parcelle de 300 m² au niveau du département d'agronomie de l'université de Biskra.

Le choix de cette parcelle repose sur les critères suivants :

- Accessibilité au terrain.
- Proximité du laboratoire ce qui facilite l'opération de l'échantillonnage.
- Difficulté de travailler dans des champs privés suite à l'utilisation des pesticides par les agriculteurs ce qui compromet les résultats.



Figure 10 : Parcelle de la fève durant l'année 2010-2011.

5.2-Flore adventice dans la parcelle

Plusieurs auteurs ont montré l'importance de la végétation, par ailleurs, Tilman (1997) a souligné que l'augmentation de la diversité végétale entraîne une augmentation de la diversité des phytophages et en conséquence de leurs prédateurs et parasites.

Pour connaître la flore adventice qui règne dans la parcelle d'étude, nous avons réalisé deux relevés floristiques pendant l'expérimentation, le premier vers la fin du mois d'octobre et le 2^{ème} au printemps. Quant à l'identification des différentes espèces, divers documents sont consultés pour réussir l'identification des espèces rencontrées (Gadra, 1976 ; Boyer *et al.*, 1990 ; Cluzeau et Mamarot, 1997 ; Christopher, 2005 ; Chehma, 2006). Les espèces identifiées sont mentionnées dans le **tableau 9**.

Tableau 9: Plantes adventices recensées dans le terrain expérimental.

Adventices	
Famille	Espèce
Boraginaceae	<i>Megastoma pisillum</i>
Brassicaceae	<i>Moricandia arvensis</i>
Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Hordeum murinum</i>
Fabaceae	<i>Medicago sp</i> , <i>Trigoneilla anguina</i> ,
Asteraceae	<i>Crepis sp</i> , <i>Sonchus arvensis</i>
Chenopodiaceae	<i>Beta maritime</i> , <i>Suaeda fruticosa</i>
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i>
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>
zygophyllaceae	<i>Zygophyllum carnutum</i>

5.3-Techniques et conduite culturale

5.3.1-Rotation pratiquée

La culture a été installée sur une parcelle ayant pour précédent cultural l'orge. Avant le semis un labour profond suivi par un passage au cover crop a été réalisé le 25/10/2010.

5.3.2- Fertilisation

La parcelle de 300 m² cultivée a reçu une fumure équivalente à 15 unités N, 15 unités de P₂O₅ et 15 unités K₂O, soit un épandage manuel de 14 kg d'engrais composé 15.15.15. Ce niveau de fertilisation correspond à 70 % des besoins de la culture.

La fève est semée manuellement à 4-5 cm de profondeur, en lignes espacées de 30 cm. La densité est de 20 graines / m².

Le semis est réalisé le 04/11/2010.

5.3.3- Irrigation

Pour accélérer la levée et éviter des périodes sèches destructives, la culture est arrosée occasionnellement. L'apport de l'eau est effectué manuellement à l'aide d'arrosoir, à raison de 30 litres/m². Un apport a été effectué avant floraison (fin ramifications secondaires).

Ce niveau d'irrigation correspond à 70% des besoins de la culture de pois-chiche.

5.3.4- Traitements phytosanitaires

Aucun traitement phytosanitaire n'a été apporté à la culture.

Chapitre III

Matériel

Et

Méthodes

1- Matériel expérimental utilisé

1.1- Sur terrain:

Sur le terrain nous avons utilisé le matériel suivant :

***Matériel végétal**: constitué de la variété de fève, Luz de Otoño. C'est une variété espagnole tardive à folioles étroites. Les gousses sont étroites mesurant de 24 à 26 cm de long (Anonyme, 2011).

***Matériel animal** : l'étude expérimentale est portée sur le puceron noire de la luzerne *Aphis craccivora* et son prédateur la coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata*.

***Autre matériel** : bacs ronds de 0,3 m x 0,2 m d'une couleur jaune pour la méthode de piégeage (**fig.11**), pinceau et des tubes à essai contenant de l'alcool à 70 % pour le prélèvement des individus des deux insectes, des sacs en papier pour transporter les feuilles de fève récoltées, des boîtes de Pétri pour y mettre les individus récoltés du puceron noir de la luzerne et des individus récoltés de *Coccinella septempunctata* et une loupe à main utilisée pour évaluer la densité du puceron noire au niveau des plants.



Figure 11 : Piège jaune placé dans la parcelle.

1.2- Au Laboratoire

Au laboratoire nous avons disposé d'un matériel qui consiste en:

- **Matériel végétal** : constitué de :

- Semences de la variété Luz de Otoño qu'on a achetées auprès des grainetiers pour le semis dans des pots. L'usage de cette variété consiste dans l'élevage du puceron et lors de l'infestation artificielle de ses feuilles.

- Feuilles de fève (*Vicia faba* L. subsp. *major* Luz de Otoño) récoltées le 29.11.2010 au niveau de la région de Sidi Okba (Wilaya de Biskra) pour la mise en œuvre de la chromatographie à couche mince (CCM) des composés phénoliques.

- **Matériel animal** : constitué de :

- Cinq individus aptères d'*Aphis craccivora*, récoltés sur des plantes du genre *Melilotus* (Fabaceae), au niveau de l'université de Biskra pour un élevage de masse.

- Cinq couples de *Coccinella septempunctata* récoltés le 25.01.2011 également au niveau du terrain expérimental du département d'Agronomie de l'université de Biskra.

- **Insecticide utilisé**

Il s'agit de Wide[®] {Poudre soluble (SP), Matière Active (M.A.) : acétamipride 200 g l⁻¹ [(E)-N¹-[(6-chloro-3-pyridyl) methyl]-N²-cyano-N¹-methylacetamidine]}. Cet insecticide est souvent utilisé par les agriculteurs dans la région de Biskra et qui a été choisi pour être utilisé seul et en combinaison avec les flavonoïdes extraits des feuilles de notre plante hôte.

- **Autre matériel** :

- Microscope optique, pinceau fin, papier buvard ; un pulvérisateur à main, des boîtes de pétri, des boîtes en PVC translucides dont le volume est 1,2 l et eau distillée.

- Rotavaporisateur pour l'extraction des flavonoides, Lampe UV à 254 nm (**annexe 1**).

- Plaques en aluminium recouvertes de gel de silice : Kieselgel 60 F254 Merck, 250 µm (20 x 20 cm) pour la mise en œuvre de la CCM (Chromatographie sur Couche Mince).

- Différents produits chimiques [Ammoniac NH₄OH, Iode et le Silice (SiO₂)].

- Balance d'une précision de 0,0001g Sartorius AG (Göttingen, Allemagne).

- Différents solvants (Méthanol à 95%, Ethanol à 99%, Chloroforme, acétate d'éthyle).

2- Mesures et observations

2.1- Etude de quelques aspects bioécologiques d'*Aphis craccivora* et de *Coccinella septempunctata* en plein champs

L'objectif de cette première partie de travail appliquée sur terrain, est de suivre au niveau de notre parcelle d'expérimentation la dynamique des populations du puceron noire de la luzerne et de son prédateur la coccinelle à sept points, dans un but d'avoir quelques connaissances sur quelques aspects bioécologiques de ces insectes afin de pouvoir les mieux cerner pour des approches expérimentales étudiées dans les conditions du laboratoire.

2.1.1-Estimation du niveau de population d'*Aphis craccivora* et de *Coccinella septempunctata*

2.1.1.1- Contrôle visuel

Le contrôle visuel est un moyen de contrôle généralement non destructif qui permet de ce fait de suivre l'évolution des populations d'auxiliaires et des ravageurs. Pour notre cas, le suivi de la dynamique des populations d'*Aphis craccivora* et de *Coccinella septempunctata* observées sur la fève, fut réalisé en plein champ dans une parcelle de 300 m² au niveau du département d'agronomie de Biskra durant l'année 2010-2011. À chaque sortie, les plants sont examinés en plein champ ou ramenés au laboratoire pour procéder à des observations microscopiques.

Le degré d'infestation des plants de fève par les pucerons est calculé sur la base de l'échelle proposée par Remaudière *et al.* (1980) in Remaudière *et al.* (1981). L'échelle permettant de définir le degré d'abondance de chaque espèce aphidienne sur chaque espèce de plante hôte dans une station est la suivante :

- Degré 1** : pucerons isolés, épars, au plus 5 individus sur une même plante hôte, la plupart des hôtes de l'espèce considérée étant dépourvus de pucerons ;
- Degré 2** : 6 à 25 pucerons sur quelques-unes des plantes disponibles ou bien 1 à 5 individus sur de nombreuses plantes ;
- Degré 3** : 26 à 125 pucerons sur quelques plantes hôtes, ou bien infestation homogène de la plupart des hôtes disponibles par 6 à 25 individus ;
- Degré 4** : forte infestation de quelques plantes (plus de 125 pucerons) ou bien nombreuses plantes portant plus de 25 pucerons ;
- **Degré 5** : de nombreuses plantes complètement envahies par l'espèce aphidienne dans la station.

2.1.1.2-piégeage

Afin de suivre les périodes d'activité des ailés du puceron noire de la luzerne et de la coccinelle à sept points, il est procédé à un échantillonnage du milieu aérien. Au total 4 bacs ronds de 0,3 m x 0,2 m d'une couleur jaune, remplis aux deux tiers d'eau additionnée d'un peu de détergent sont placés aléatoirement sur le sol, de façon à couvrir toute la superficie de notre champ d'étude. En effet, la couleur, l'emplacement et le nombre de pièges, la hauteur et la surface de piégeage sont des éléments dont il est nécessaire de préciser les rôles respectifs en fonction des conditions écologiques dans lesquelles on se trouve (Robert *et al.*, 1974). Selon Harrington *et al.* (2007), les pièges jaunes permettent de mesurer l'abondance relative et peuvent être utilisés pour comparer les individus attrapés d'une espèce donnée dans le temps et dans l'espace. Les adultes ailés sont recueillis une fois par semaine. Ils sont prélevés à l'aide d'un pinceau fin et mis ensuite dans des tubes à essai contenant de l'alcool à 70 % sur lesquels on note la date de prélèvement.

2.2-Etude au laboratoire de la relation tritrophique : *Vicia faba*-*Aphis craccivora*-*Coccinella septempunctata*

Les composés phénoliques, métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal, ont un rôle important dans les mécanismes de défense des plantes aux infections parasitaires (Metaux et Raskin, 1993).

C'est dans ce but que nous avons entrepris l'étude de la relation plante hôte-insecte et plus précisément dans le contexte tritrophique : plante hôte, la Fève, son ravageur clé le Puceron noir de la luzerne et un auxiliaire qui soit le prédateur de ce ravageur; la Coccinelle à sept points. Pour cela, notre première démarche a été un travail préliminaire conduit au laboratoire et portant sur l'étude de l'effet des composés phénoliques (Flavonoïdes) extraits des feuilles de la fève sur quelques éléments du potentiel biotique du ravageur et de son prédateur. Nous avons essayé par la même occasion de voir l'effet combiné d'un insecticide largement utilisé contre ce puceron dans la nature avec ces flavonoïdes extraits, plus particulièrement sur cet auxiliaire.

2.2.1- Extraction des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont solubles et peuvent être isolés facilement des tissus de la plante par l'extraction dans le méthanol ou méthanol acidifié avec 0.1% (v/v) HCl (Vermerris et Nicholson, 2006 ; Lattanzio *et al.*, 2008).

100 g de feuilles de *Vicia faba* ont été séchées et broyées. La macération des tissus dans 700 ml de méthanol aqueux (70%) a été effectuée à température ambiante pendant 24 heures. Le mélange feuilles broyées-méthanol est ensuite filtré. Le filtrat est séché par évaporateur rotatif à 40°C et repris dans 4 ml d'Ethanol pur après avoir répété l'opération trois fois.

Le résidu sec est repris dans 200 ml d'eau distillée bouillante qui aide à la récupération des composés restés accolés aux parois du ballon d'évaporation.

Une décantation de 24 h est nécessaire pour éliminer les boues, graisses et résines risquant de gêner la suite des opérations, et récupérer une phase aqueuse limpide.

L'extrait ainsi obtenu est conservé au réfrigérateur à 4°C avant les dosages.

2.2.2- Séparation par chromatographie sur couche mince (CCM)

La séparation et la purification des différents composés phénoliques sont fondées sur des techniques chromatographiques sur polyamide, Cellulose, gel de Sephadex,etc.

La chromatographie est à la fois une méthode de séparation et d'identification de divers constituants d'un mélange (Spangenberg *et al.*, 2011). Pour ce qui est de notre analyse, on se sert de la chromatographie sur couche mince (CCM) pour identifier les substances en fonction de leur façon de migrer dans les conditions données. La méthode CCM est efficace et rapide et associe la sensibilité à la simplicité (Marston et Hostettmann, 2006 ; Vermerris et Nicholson, 2006).

En fait, à l'origine, la CCM a été utilisée pour la séparation des substances colorées (d'où son nom). Aujourd'hui, elle est considérée comme une méthode puissante pour les analyses qualitatives et quantitatives.

La chromatographie par CCM analytique a été effectuée sur des plaques en aluminium recouvertes de gel de silice. Deux systèmes de migration des composés phénoliques ont été utilisés en vue de choisir lequel des systèmes est le mieux adapté à la séparation.

-Système 01 : acétate d'éthyle (Ac OEt) - Méthanol (MeOH) - Eau distillée (H₂O) aux proportions de 100V : 135V : 10V.

-Système 02 : acétate d'éthyle (Ac OEt) - Acide acétique (AcOH)- Eau distillée (H₂O) aux proportions de 100V : 135V : 10V.

Le dépôt se fait linéairement de façon ponctuelle avec un capillaire (pipette capillaire) à usage unique (un capillaire pour chaque phase). Le capillaire doit être posé perpendiculairement et prudemment sur la plaque pour ne pas gratter le gel. La migration (verticale) est fonction de la polarité des substances, de la polarité de l'éluant (phase mobile) et du pouvoir d'adsorption de la phase stationnaire (**fig. 12**).

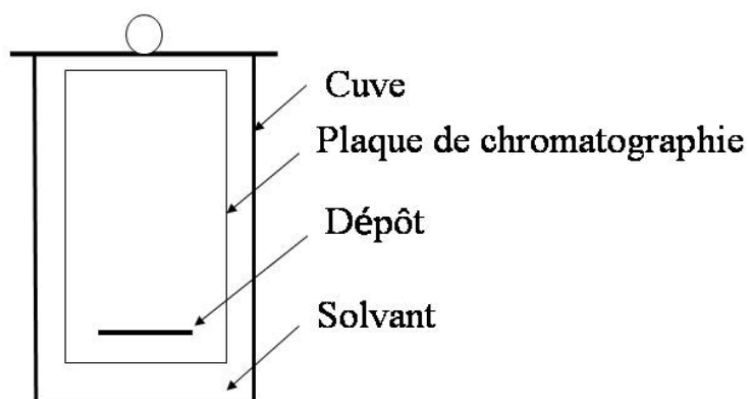


Figure 12: Schéma de l'analyse CCM des composés phénoliques des feuilles de *Vicia faba* L.

Le solvant est laissé sécher soit à la température ambiante, sous un courant de nitrogène ou en utilisant l'air chaud (un séchoir à cheveux peut être convenable pour le séchage) (Vermerris et Nicholson, 2006). Pour révéler les taches de substances sur la plaque, on utilise soit la détection à l'aide d'une lampe UV (254 et/ou 365 nm), soit des révélateurs chimiques caractéristiques de certains groupes (Sherma, 1996).

Dans notre travail, la visualisation des taches s'est faite à l'aide d'une lampe UV à 254 nm en plus de deux révélateurs chimiques spécifiques des composés phénoliques:

- Les vapeurs d'ammoniac NH_4OH .
- La vapeur de l'Iode.

On a révélé après plusieurs répétitions de l'opération, que les flavonoïdes sont majoritaires (obtention de coloration jaunâtre).

2.2.3- Fractionnement par chromatographie liquide sous vide (VLC)

L'extrait méthanolique obtenu sera soumis à un fractionnement par une chromatographie liquide sous vide (VLC) sur silice normale pour séparer les flavonoïdes des autres composés existant, en utilisant un gradient d'éluant acétate d'éthyle -méthanol allant de 9,5 : 0,5 à 0 : 10.

- Principe de la Chromatographie Liquide sous Vide (VLC)

Cette technique est utilisée pour obtenir un fractionnement grossier de l'extrait brut. Elle est rapide et a l'avantage de consommer moins de solvants que les méthodes de chromatographie classiques (Haba, 2008).

La phase mobile est en générale un mélange de deux solvants : l'un polaire, l'autre apolaire. Au cours de la séparation, et après avoir récupéré les produits apolaires, on pourra augmenter progressivement la polarité de l'éluant afin de récupérer les produits les plus polaires. On réalise alors un gradient d'éluant.

Environ 5 g de l'extrait méthanolique analysé (la quantité total de l'extrait était 24g) est transféré dans un mortier ensuite une quantité de 10 à 15 g de silice (SiO_2) est ajoutée, le tout va être broyé tout en mélangeant avec un pilon.

La silice (SiO_2) est mise dans un entonnoir cylindrique filtrant sur verre fritté n° 4 à raison d'environ 10 g par gramme de produit à chromatographier (**fig. 13**). On fera des fractions de l'ordre de 50 ml. On les récupérera dans des récipients numérotés.

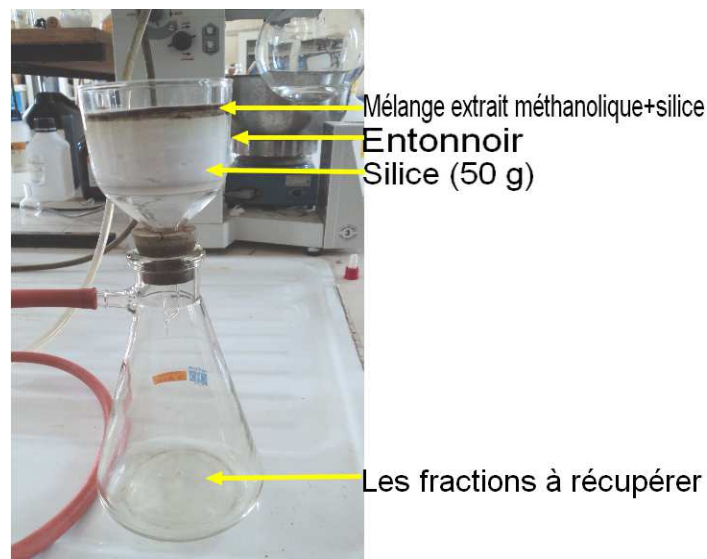


Figure 13 : Chromatographie liquide sous vide de l'extrait méthanolique.

2.2.4- Elevage d'*Aphis craccivora* et de *Coccinella septempunctata*

* *Aphis craccivora*

Un adulte aptère d'*Aphis craccivora* est mis sur chacune des cinq plantules de fève au stade 2-3 feuilles au niveau du laboratoire (**fig. 14**).

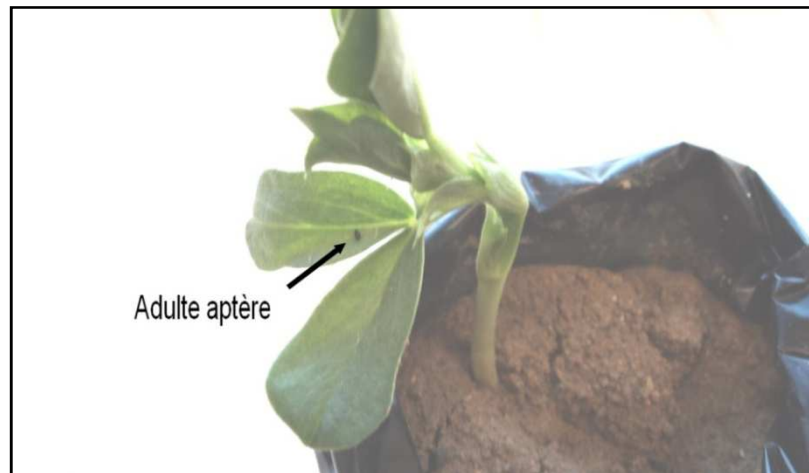


Figure 14 : Un adulte d'*Aphis craccivora* mis sur une plantule de fève.

Dans le but d'éviter l'apparition d'individus ailés (forme assurant la dispersion des colonies) sous l'effet de groupe, la densité des pucerons est maintenue à un niveau plus ou moins faible. Les pucerons sont transférés à l'aide de pinceau, tous les 20 jours environ sur de nouveaux plants de la même variété.

* *Coccinella septempunctata*

Les coccinelles sont élevées dans des boîtes en PVC translucides dont le volume est 1,2 L. L'aération de ces récipients est réalisée en pratiquant une ouverture sur le couvercle : on recouvre alors la boîte avec un tissu de rideau (étamine) et on place le couvercle par dessus.

Dans la boîte, on a mis à la disposition des coccinelles :

*un papier plié en accordéon dont le but est d'augmenter la surface disponible. C'est souvent sur ce papier que les œufs sont pondus ; il suffit alors de découper le papier autour des œufs pour récolter la ponte. Du papier absorbant convient parfaitement ;

*des pucerons, qui sont la source alimentaire des coccinelles et le stimulus indispensable de ponte ;

*une tige de fève afin de maintenir les pucerons en bonne condition. Pour une boîte des dimensions précitées une quinzaine d'adultes semble être un nombre adéquat.

Les œufs récoltés sur le papier de la boîte d'adultes sont déposés dans des boîtes de Pétri. Si des œufs ont été pondus dans les parois de la boîte d'adultes, il est impossible de les détacher sans les écraser. On attend alors leur éclosion et on sépare les larves des adultes à ce moment.

Lors de l'éclosion des œufs, on a prélevé les larves à l'aide d'un petit pinceau bien souple (attendre plus ou moins 2 jours de façon à ce que les larves soient complètement sorties des œufs et commencent à se déplacer). On a mis 3 larves par boîte de Pétri. Des pucerons leur sont fournis régulièrement dès la naissance, soit 3 fois par semaine.

Dans les boîtes de larves, un petit morceau de tige de fève (3 cm) et un papier plié en accordéon ont été déposés. Il faut maintenir les boîtes en bon état de propreté en éliminant les déchets divers. Il faut aussi éviter la formation de moisissures et l'excès d'humidité.

Quinze à vingt jours après l'éclosion, les nymphes vont apparaître. Celles-ci sont immobiles ; il ne faut pas les détacher de leur support car cela les blesserait et les tuerait. À l'état nymphal, l'insecte ne se nourrit pas, il ne faut donc pas lui donner des pucerons.

Une huitaine de jours après la nymphose, les adultes vont sortir de l'enveloppe nymphale. Il convient d'être prudent car, à ce moment, les élytres sont jaunes et très mous. Une manipulation de l'insecte risquerait par conséquent de le déformer. Après quelques heures, le nouvel insecte acquiert sa coloration typique et ses élytres ont durci ; on peut alors les manipuler pour placer dans l'élevage d'adultes (Magro et Hemptinne, 2003).

2.2.5- Pulvérisation des feuilles de la plante hôte

Avant de passer à la pulvérisation, la préparation des solutions sera effectuée pour les 6 concentrations respectivement de 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm comme suit:

- On pèse 0,05 g, 0,1 g et 0,15 g, 0,2 g et 0,25 g d'extrait de phénols prélevés à l'aide d'une spatule et mis respectivement dans trois béchers.
- On y ajoute dans chacun 1000 ml d'eau distillée puis les passer sur l'agitateur pendant 20 à 30 mm.

Enfin, on procède au filtrage pour obtenir des solutions homogènes à différentes concentrations.

Quant à l'insecticide Wide[®], six concentrations aussi choisies et de la même façon en tenant compte de la dose recommandée pour les pucerons (**annexe 2**): 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm.

Enfin, pour la combinaison extrait méthanolique-insecticide, ce sont six concentrations où chaque concentration contient 50% de l'extrait méthanolique et même pour l'insecticide.

Les feuilles pulvérisées sont récoltées jeunes, fraîches et saines.

Elles sont réparties en 6 lots pour chaque préparation (extrait méthanolique, combinaison extrait méthanolique-insecticide et insecticide) comme suit:

- 1^{er} lot témoin (T): représenté par 30 jeunes feuilles pulvérisées par l'eau distillée.
- 2^{ème} lot (A): composé également de 30 jeunes feuilles pulvérisées dans la solution à la concentration de 50 ppm.
- 3^{ème} lot (B) : pulvérisation de 30 jeunes feuilles dans la solution à la concentration de 100 ppm.
- 4^{ème} lot (C) : pulvérisation de 30 jeunes feuilles dans la solution à la concentration de 150 ppm.
- 5^{ème} lot (D) : pulvérisation de 30 jeunes feuilles dans la solution à la concentration de 200 ppm
- 6^{ème} lot (E) : même procédé à la concentration de 250 ppm.

Les feuilles pulvérisées sont laissées à sécher pendant 4 heures sur le papier buvard avant leur infestation. Après le séchage, les feuilles de fève seront ensuite placées individuellement dans une boîte de Pétri (10 cm de diamètre).

2.2.6- Infestation

La contamination artificielle des feuilles traitées est réalisée selon le dispositif expérimental (**fig. 15**) comme suit :

-Lot (T): composé de 10 boîtes de pétri. Dans chacune on place 3 feuilles déjà traitées à l'eau distillée, soit au total 30 feuilles traitées. Chaque feuille est infestée minutieusement par 5 pucerons non parasités (larves âgées de moins 24 heures). Donc 15 pucerons par boîte; soit au total 150 pucerons dans le lot (T).

Le procédé est le même pour les cinq autres lots A, B, C, D et E traités respectivement par 50 ppm (0,05 g), 100 ppm (0,01g), 150 ppm (0,15 g), 200 ppm (0,2 g) et 250 ppm (0,25 g).

Enfin les boites de pétri sont bien fermées ainsi que les lots sont bien répartis.

Après 48 heures, nous avons effectué le dénombrement des larves mortes du Puceron sous la loupe binoculaire pour chaque lot et pour chaque boîte.

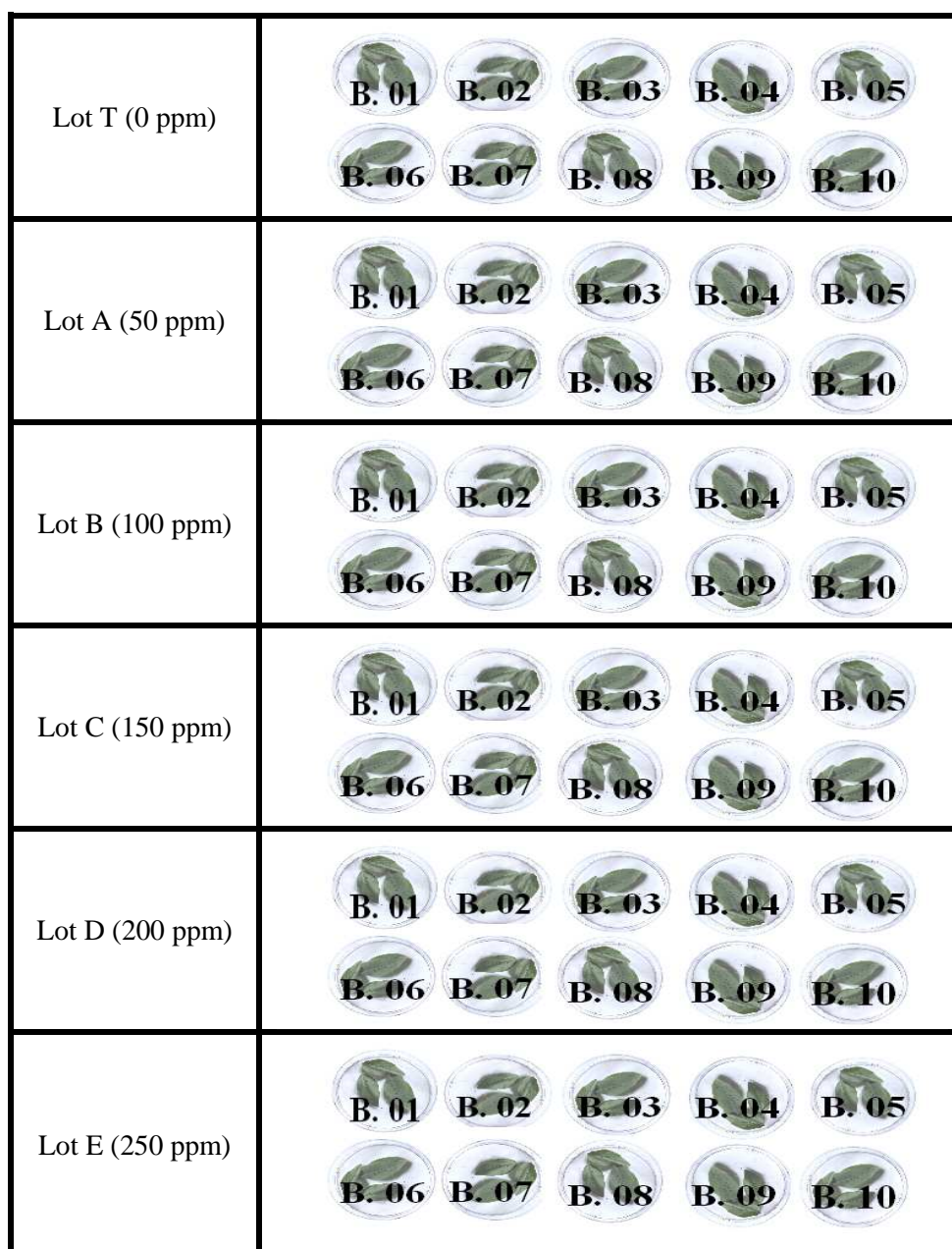


Figure 15 : Dispositif expérimental de l'effet de chaque préparation (extrait méthanolique, extrait méthanolique-insecticide et insecticide) sur *Aphis craccivora*.

2.2.6.1- Paramètres étudiés chez *Aphis craccivora*

L'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanolique, de combinaison extrait méthanolique-insecticide (Wide[®]) et Wide[®] sur le taux de mortalité et le gain pondéral du puceron a été déterminé. Ainsi, 15 larves âgées moins de 24 heures d'*A. craccivora*, sélectionnées aléatoirement, pesées collectivement (Cardoza *et al.*, 2006) et placées dans une boîte de pétri contenant trois feuilles de la fève traitées par une dose précise des différentes

préparations ou non (témoin) durant six jours (durée pendant laquelle l'insecte pourrait se métamorphoser en un adulte) (Ofuya et Okuku, 1994). Après cette durée, le nombre de larves mortes sera compté suivi par le pesage des larves vivantes. Chaque traitement est répété dix fois.

2.2.6.2- Paramètres étudiés chez *C. septempunctata* L.

10 larves de *Coccinella septempunctata* âgées moins de 24 heures ont été sélectionnées aléatoirement, chaque larve dans une boîte de pétri et fournie d'une dizaine de pucerons d'*A. craccivora* (Pratt *et al.*, 2008) (**fig.16**). Ces pucerons sont laissés s'alimenter des feuilles de la fève, traitées avec les différentes concentrations de l'extrait méthanolique, combinaison extrait méthanolique-insecticide et insecticide pendant 6 jours. Le taux de mortalité, le gain pondéral et la durée du développement larvaire ont été enregistrés chaque 24 h jusqu'au second stade de *C. septempunctata*. Trois répétitions sont faites pour chaque traitement.

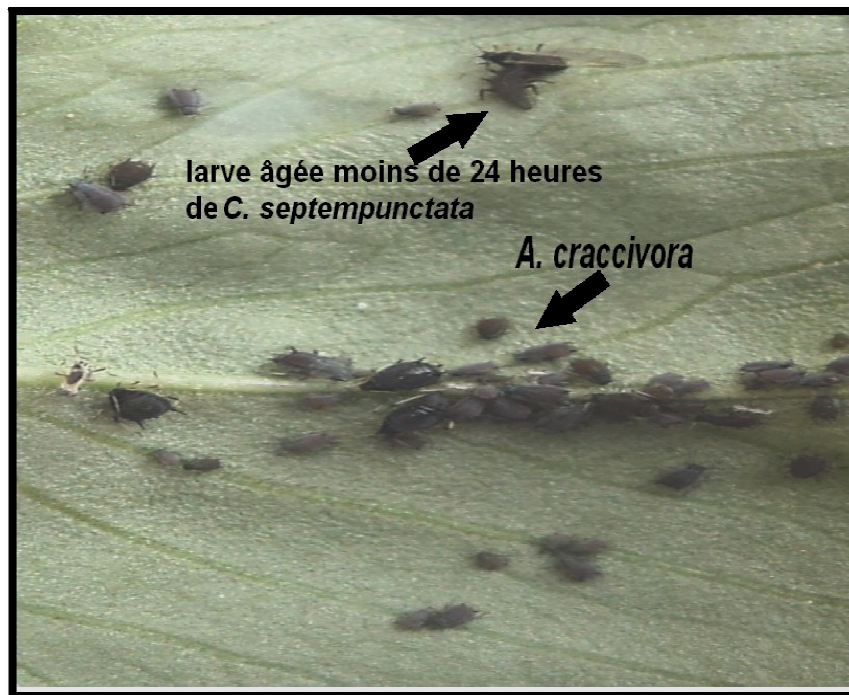


Figure 16 : Une larve *C. septempunctata* âgée moins de 24 heures en compagnie de pucerons d'*A. craccivora*.

2.2.7- Exploitation des résultats

2.2.7.1-Test de chi-2

Le chi 2 (χ^2) est l'une des distributions théoriques les plus utilisées en statistique. Il représente la somme des rapports entre les carrés des écarts et les effectifs théoriques Snedecor et Cochran (1971). Le chi-2 correspond lui-même à un nombre d'individus.

Il mesure l'écart entre la réalité observée et la théorie. Le chi 2 permet de comparer la distribution réelle d'une population et connaître sa dimension (Delagarde, 1983).

Pour notre cas, nous avons utilisé le test de (χ^2) pour tester l'efficacité des Flavonoïdes sur quelques aspects biotiques du puceron noire de la luzerne et sur ceux de son prédateur la coccinelle à sept points.

2.2.7.2- Régression logistique

Pour mesurer l'effet de la dose des différentes préparations sur le taux de mortalité des deux insectes, une régression logistique fut utilisée. En effet, La régression logistique est le modèle standard d'analyse d'une situation décrivant la relation entre une variable dépendante dichotomique (binaire) et une ou plusieurs variables explicatives (Binon *et al.*, 1996). Les variables explicatives (variables indépendantes X_i) peuvent être par contre soit qualitatives, soit quantitatives. La variable dépendante est habituellement la survenue ou non d'un événement (maladie ou autre) et les variables indépendantes sont celles susceptibles d'influencer la survenue de cet événement (Preux *et al.*, 2005).

-Principe de la méthode

On cherche un modèle permettant d'estimer Y ("Mortalité") connaissant X ("Dose"). Plutôt que de rechercher un modèle mathématique donnant pour une valeur donnée X exactement la valeur 0 ou la valeur 1, il peut sembler pertinent de rechercher un modèle produisant des valeurs comprises entre 0 et 1 qui seront interprétées comme des probabilités.

Pour passer d'une variable prenant ses valeurs dans $[0, 1]$ à une variable prenant ses valeurs dans $[0, +\infty[$, on introduit le rapport de chances ou cote :

$$p = \frac{p}{1-p}$$

Pour passer d'une quantité (le rapport de chances) variant dans $[0, +\infty[$ à une quantité prenant n'importe quelle valeur réelle, on applique une nouvelle transformation, en prenant le logarithme népérien du rapport. On obtient ainsi la transformation logit :

$$\text{logit}(p) = \left(\frac{p}{1-p} \right)$$

Une autre aide à l'interprétation courante est le rapport de cotes ou odds-ratio (OR). En particulier, la contribution de la variable X à la variation de Y est calculée par :

$$\text{OR} = \exp(\text{Coefficient de X dans le modèle})$$

D'une manière générale, l'odds-ratio est défini comme le rapport de deux rapports de chances.

On évalue également un Odds-ratio comparant valeurs observées et valeurs prévues. Pour cela, on définit deux classes dans les valeurs prévues : celles inférieures à 0,5 et celles supérieures à 0,5 et on forme le tableau de contingence croisant les valeurs observées (0 ou 1) avec les classes ainsi définies. Le rapport est alors obtenu en formant le rapport ad/bc (produit des effectifs des cases d'accord divisé par le produit des effectifs des cases de désaccord).

Les mortalités dans les boîtes traitées (M_o) ont été exprimées selon la formule d'Abbott (1925) *in* Taponjou *et al.* (2003) en mortalité corrigée (M_c) tenant compte de la mortalité naturelle, qui n'est due aux préparations appliquées, observée dans les boîtes témoins (M_t) :

$$M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \times 100$$

2.2.7.3- Analyse de la variance

Également une analyse de la variance du gain pondéral et durée du développement larvaire est faite, éventuellement suivie par des comparaisons de moyennes en utilisant le test des ranges multiples de Duncan au seuil de 5%. Toutes ces procédures statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica version 8.

Chapitre IV

Résultats

1- Quelques aspects bioécologiques du Puceron noir de la Luzerne *Aphis craccivora*

La connaissance de la dynamique des populations repose d'une part sur une méthode d'échantillonnage et d'autre part sur une ou plusieurs techniques d'évaluation du nombre d'individus qui composent cette population. Son intérêt est capital puisque toutes les stratégies de lutte modernes passent obligatoirement par l'amélioration des méthodes d'avertissement en rapport avec cette dynamique des populations (Ryba et Sylvie, 1989).

1.1-Cycle biologique

A. craccivora est un puceron anholocyclique, sa reproduction est continuellement parthénogénétique (Hullé *et al.*, 1999). Sur la culture de la Fève au niveau de la parcelle expérimentale l'infestation des plantes de la fève a commencé dès le 07 février 2011. Les pullulations apparaissent fort importante par la suite, elles se sont étalées jusqu'au 14 mars de la même année. Le départ des ailés vers l'hôte secondaire *Melilotus sp* s'échelonne sur plusieurs semaines de mars à la fin du mois de juin 2011, et dont la migration totale est notée vers le début Juillet.

1.2- Activité de vol d'*Aphis craccivora*

Grâce aux pièges jaunes installés dans la parcelle de Fève, les captures globales des ailés d'*A. craccivora* ont atteint 59 individus. D'après la **figure 17**, les captures d'ailés s'étalent du 31 janvier 2011 jusqu'au 11 avril de la même année avec une température moyenne variant entre 12 et 20,5°C. En outre, ces captures ont connu deux pics le 31 janvier et le 21 mars où le nombre a atteint 10. Par la suite, les vols ont commencé à baisser dès les premiers dix jours du mois d'avril avant de prendre fin le 11 avril de la même année.

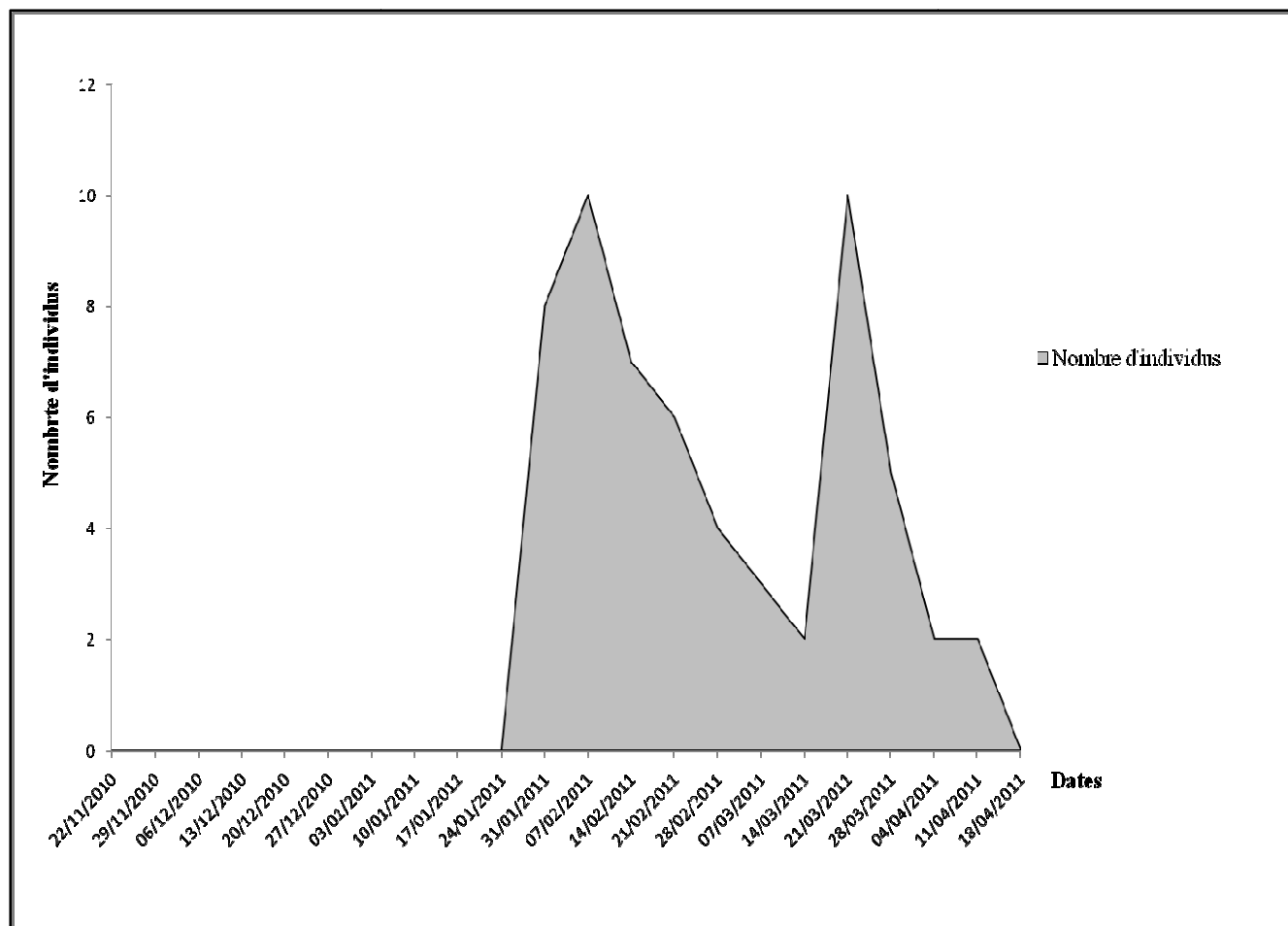


Figure 17 : Evolution des captures d'*Aphis craccivora* dans les pièges jaunes.

1.3 - Estimation du niveau de population

Sur la culture de la Fève au niveau de la parcelle expérimentale, l'infestation des plantes de la Fève a commencé dès le 07 février 2011 et s'est étalée jusqu'au 14 mars de la même année. Cette infestation a connu son maximum le 14 février où nous avons enregistré 16 larves, 5 adultes aptères et 2 adultes ailés par plante (**fig. 18**). En effet, le degré d'infestation par *A. craccivora* pour notre cas, varie entre (2) et (3) et ceci selon l'échelle de Remaudière *et al.* (1980) in Remaudière *et al.* (1981).

Une régression de l'effectif par feuille a été enregistrée pour arriver à une moyenne de 2 larves par feuille, 0 adultes aptères par feuilles et 0 adultes ailés par feuille le 14 mars 2011.

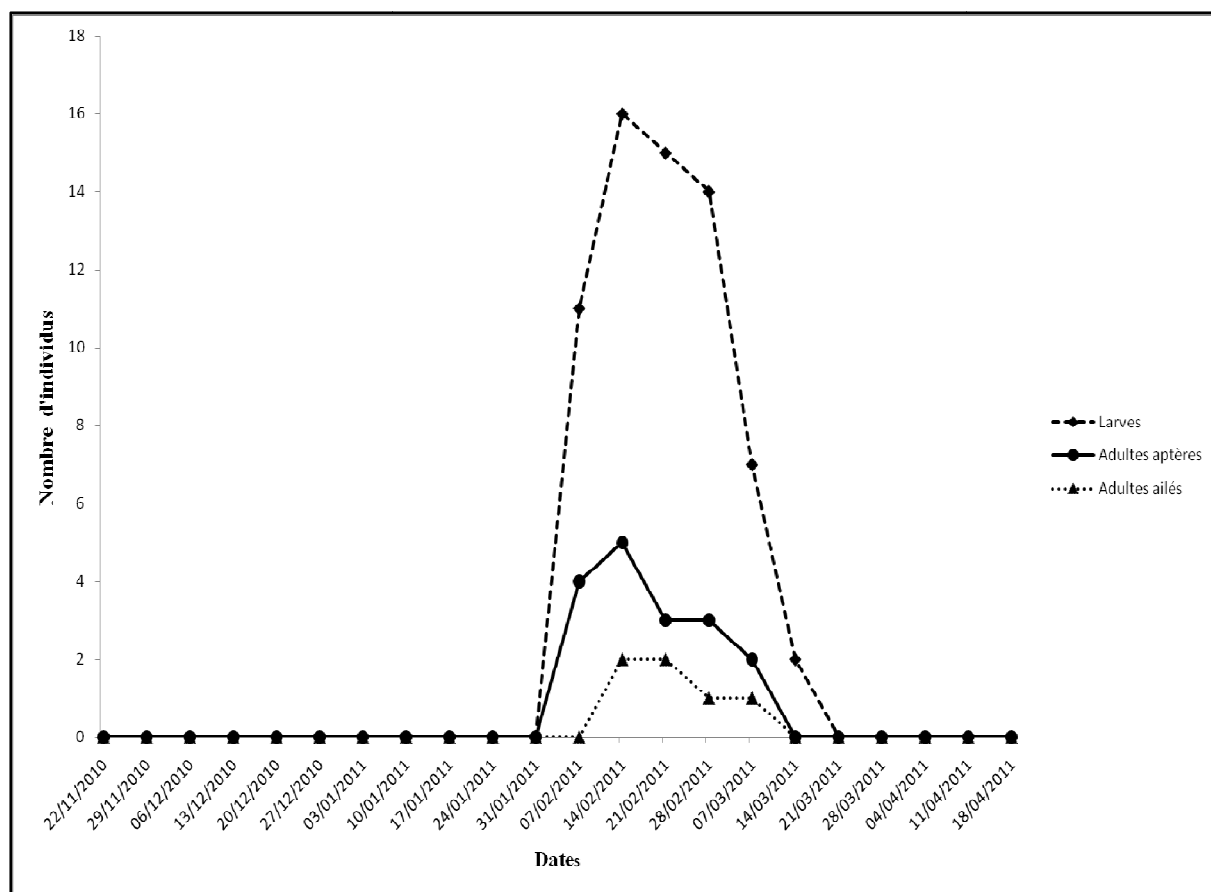


Figure 18 : Evolution de la population d'*Aphis craccivora* sur la fève

2-Quelques aspects bioécologiques de la Coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata*

2.1- Cycle biologique

Dans notre parcelle, nous avons signalé la première présence des individus de *C. septempunctata* sur les feuilles de Fève le 24 janvier 2011. À ce moment-là, les femelles commencent à pondre leurs œufs, par petits paquets sur les feuilles. À partir du 24 janvier 2011, les premiers stades larvaires commencent à paraître. Dès lors, le nombre d'individus ne cesse d'augmenter. L'apparition des nymphes a eu lieu à partir du 21 février 2011. Le départ des adultes vers d'autres plantes s'échelonne sur plusieurs semaines de la fin de février jusqu'au mois d'avril 2011, et dont la migration totale est notée vers le début de mai.

2.2- Fluctuation des captures de *C. septempunctata* dans les pièges

Le total des captures était de l'ordre de 123. Ces captures s'étendent du 22 novembre 2010 jusqu'au 11 avril 2011 (**fig. 19**). D'ailleurs, deux pics ont été enregistrés où 12 Coccinelles ont été capturées le 31 janvier et le 14 mars de l'année 2011. En fait, durant la période de vol de la coccinelle à sept points, la température oscillait entre 12,5 à 22,1°C.

Une diminution du nombre de coccinelles a été enregistrée à partir du 28 mars 2011 jusqu'à l'absence totale le 11 avril 2011.

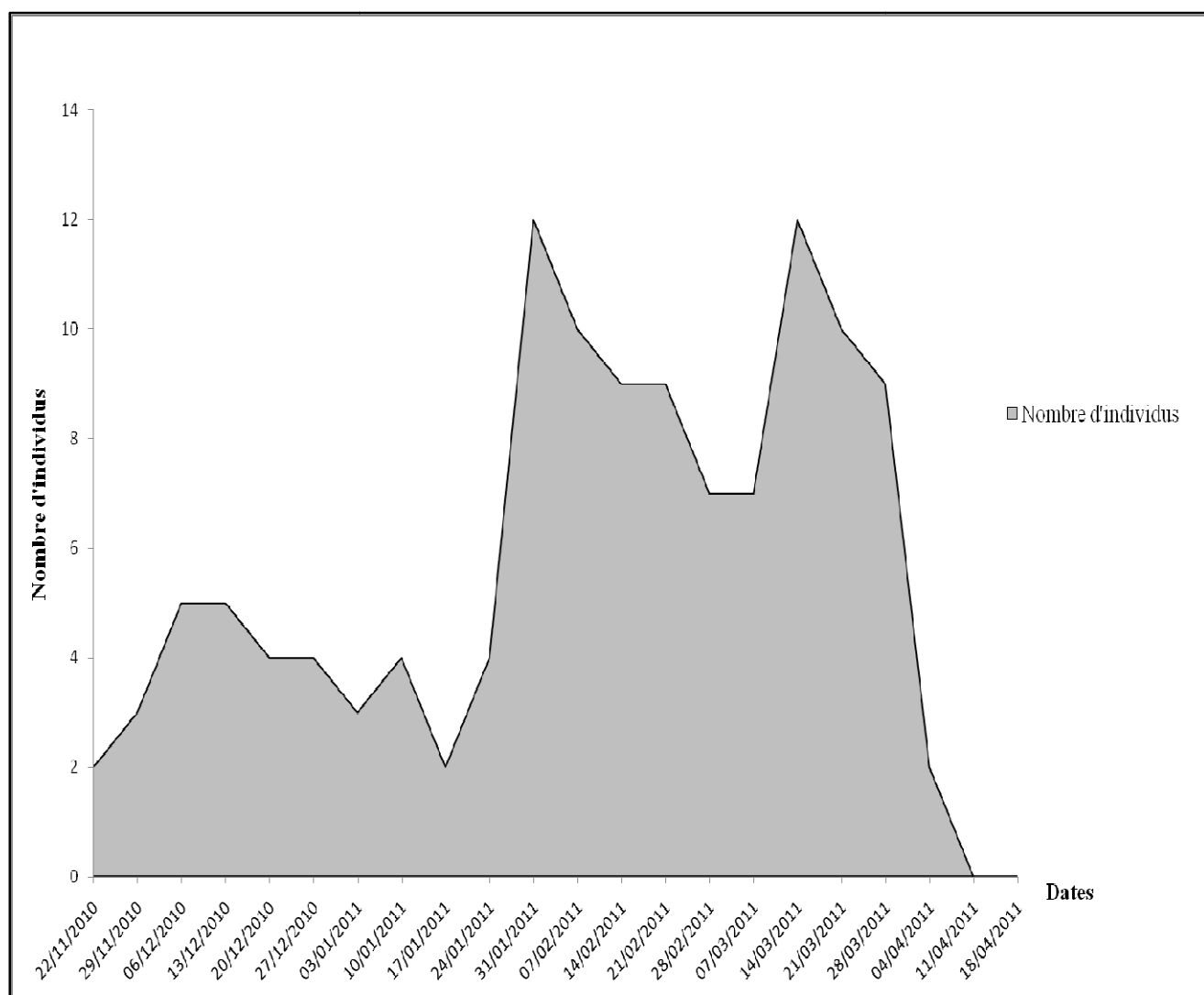


Figure 19: Evolution des captures de *Coccinella septempunctata* dans les pièges jaunes.

2.3 - Estimation du niveau de population de *C. septempunctata*

La colonisation de la Fève a commencé dès le 24 janvier 2011 en se poursuivant jusqu'au 11 avril de la même année (fig. 20). Cette colonisation a atteint son maximum le 14 février où le nombre enregistré de larves sur les plantes de la fève était de l'ordre de 5 alors que celui des adultes était 6. Elle coïncide avec l'avènement d'*A. craccivora* sur la fève.

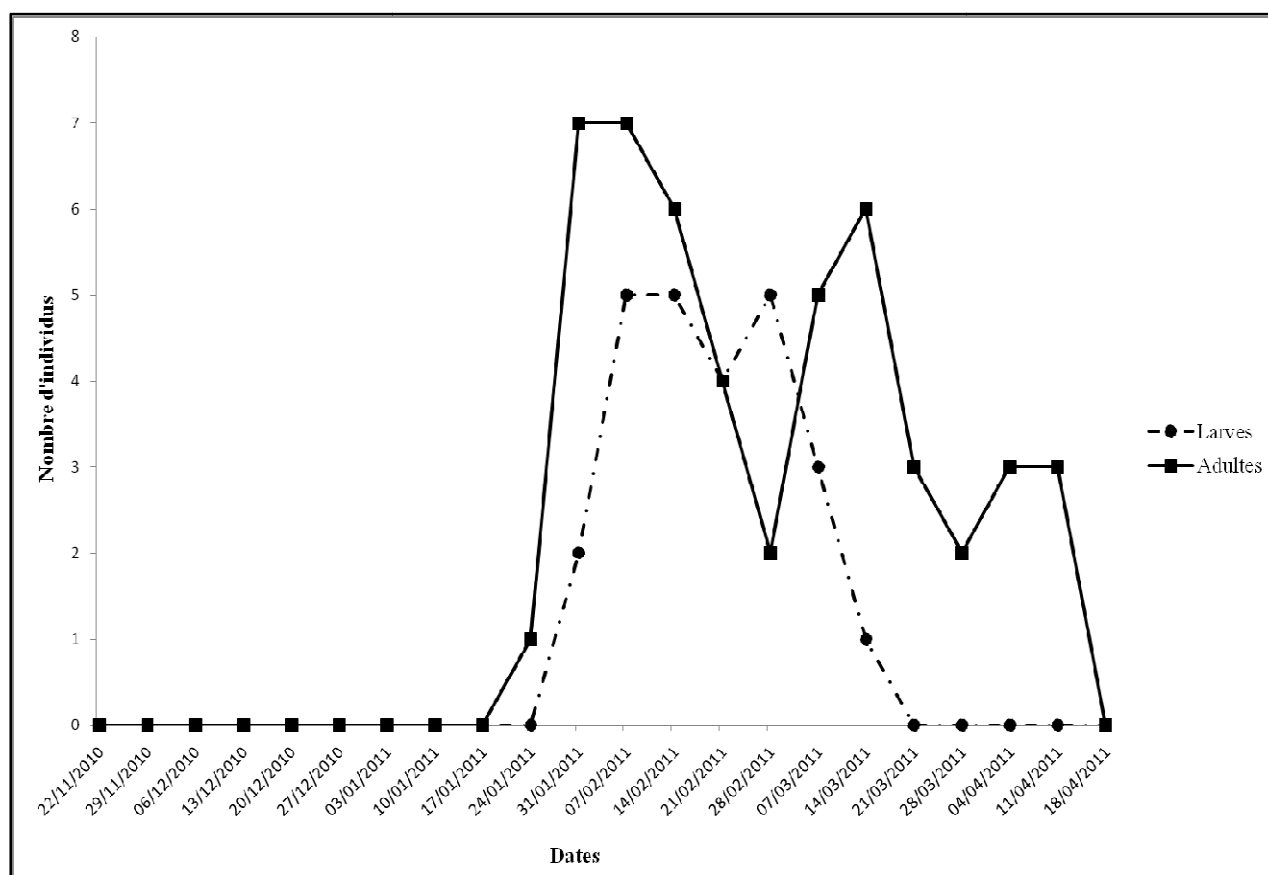


Figure 20 : Evolution de la population de *Coccinella septempunctata* sur la fève.

3- Evaluation de l'effet tritrophique : Flavonoïdes extraits des feuilles de *Vicia faba* - *Aphis craccivora* et *Coccinella septempunctata* au laboratoire

3.1- Effet sur quelques aspects biotiques du ravageur

3.1.1- Effet sur le taux de mortalité

Après 6 jours de contact avec des feuilles de la Fève pulvérisées par différentes concentrations de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-Wide® et Wide®, les résultats de la

régression logistique du taux de mortalité de 150 larves d'*A. craccivora* ainsi enregistrés sont comme suit :

-Evaluation de la qualité du modèle obtenu

La qualité du modèle peut être évaluée en comparant les résultats obtenus avec ceux du modèle "constant". Une fonction de vraisemblance (-2log) est évaluée dans les deux cas.

3.1.1.1- Evaluation de l'effet des flavonoïdes

Pour le cas des flavonoïdes, la différence des deux fonctions ne suit pas une loi du chi-carré à 5 degrés de liberté au seuil de 5 % ($\chi^2 = 0,205$, $p=0,65$). Ainsi, la dose des flavonoïdes n'est pas donc un prédictif significatif du taux de mortalité. En effet, le taux de mortalité n'a pas dépassé les 3% (**annexe 3**).

3.1.1.2- Effet de la combinaison flavonoïdes-Wide®

Quant à l'effet de la combinaison flavonoïdes-Wide®, le chi-carré de la différence entre le modèle actuel et le modèle intercepté est hautement significatif ($\chi^2 = 693,07$, $ddl=5$, $p=0,00$). Ainsi, on peut conclure que la dose de la combinaison flavonoïdes-Wide® est liée au taux de mortalité.

On ajuste alors logit (P) par une fonction affine, ce qui revient à déterminer une courbe qui passe au mieux par les points expérimentaux (**fig. 21**).

L'équation correspondant à cet ajustement est :

$$\text{Logit}(Y) = -4,1947 + 0,034873X$$

Donc, pour calculer la dose pour laquelle 50% de la population meurt (DL 50),

$P = 0,5$ correspond à $P / (1-P) = 0,5/0,5 = 1$ d'où $\text{logit}(1) = 0$.

Or : $0 = -4,1947 + 0,034873X$ donne $X = 4,1947 / 0,034873$, c'est-à-dire : $X=120,28$ ppm.

Le rapport de cotes ou odds-ratio (OR) correspond à 1,03. Autrement dit, une augmentation de la dose de 1 unité se traduit par une multiplication de la probabilité par 1,03.

Concernant Odds-ratio comparant valeurs observées et valeurs prévues, il correspond à 39,66. Ça signifie que si la valeur prévue est supérieure à 0,5, on a 39,66 fois plus de chances d'observer des morts que des vivants.

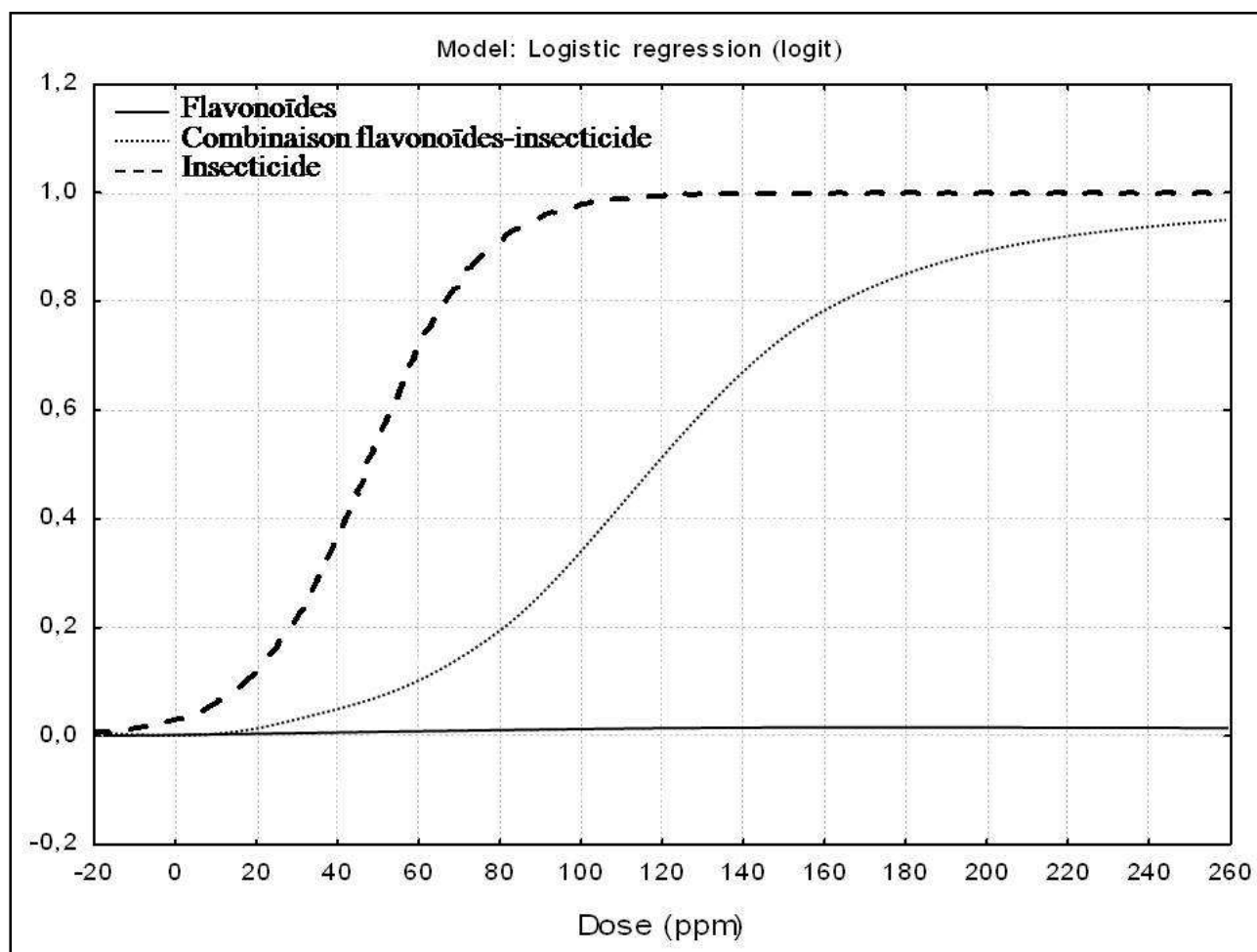


Figure 21 : Courbe de la régression logistique du taux de mortalité d'*A. craccivora* en fonction de la dose des différentes préparations.

3.1.1.3- Effet de Wide®

En ce qui concerne l'effet de l'insecticide, la différence des deux fonctions suit une loi chi-carré au seuil de 1 % ($\chi^2 = 713,75$, ddl=5, p=0,00).

Ainsi, on peut conclure que le taux de mortalité est lié à la dose de l'insecticide.

On ajuste alors logit (P) par une fonction affine (**fig. 21**). L'équation correspondant à cet ajustement est :

$$\text{Logit}(Y) = -3,4561 + 0,072722 X$$

Donc, pour calculer la dose pour laquelle 50% de la population meurt (DL 50), $P = 0,5$ correspond à $P / (1-P) = 0,5/0,5 = 1$ d'où $\text{logit}(1) = 0$.
Or : $0 = -3,4561 + 0,072722 X$ donne $X = 3,4561 / 0,072722$, c'est-à-dire : $X = 47,53$ ppm.

OR correspond à 1,075. Autrement dit, une augmentation de la dose de 1 unité se traduit par une multiplication de la probabilité par 1,075.

Concernant Odds-ratio comparant valeurs observées et valeurs prévues, il correspond à 159,75. Ça signifie que si la valeur prévue est supérieure à 0,5, on a 159,75 fois plus de chances d'observer des morts que des vivants.

3.1.2- Effet sur le gain pondéral

Quant au gain pondéral et après 144 heures, une analyse de la variance est réalisée pour les trois cas (flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®]).

Dans le cas des flavonoïdes, l'analyse de la variance n'a pas montré un effet significatif ($F=2$, $ddl=45$, $p>0,05$). Sur la **figure 22**, il apparaît que le gain pondéral moyen dans les différentes concentrations est presque égal. Il est, en fait, compris entre 0,245 et 0,246 mg.

Alors que l'analyse de la variance de l'effet de la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et l'effet Wide[®] s'est montrée significative au seuil de 1% ($F=13266$, $p=0,00$) et ($F=3363,8$, $p=0,00$) respectivement (**annexe 4**). La comparaison entre les moyennes en utilisant le test de Duncan indique que les larves maintenues sur des feuilles pulvérisées par une solution contenant 0 ppm (témoin) ont manifesté un gain pondéral plus grand comparativement à celles maintenues sur des feuilles pulvérisées par des solutions contenant que ce soit une combinaison flavonoïdes-Wide[®] ou Wide[®] seulement.

Cependant, le gain pondéral des larves en présence de Wide® était plus faible que celui dans le cas de la combinaison flavonoïdes-Wide®.

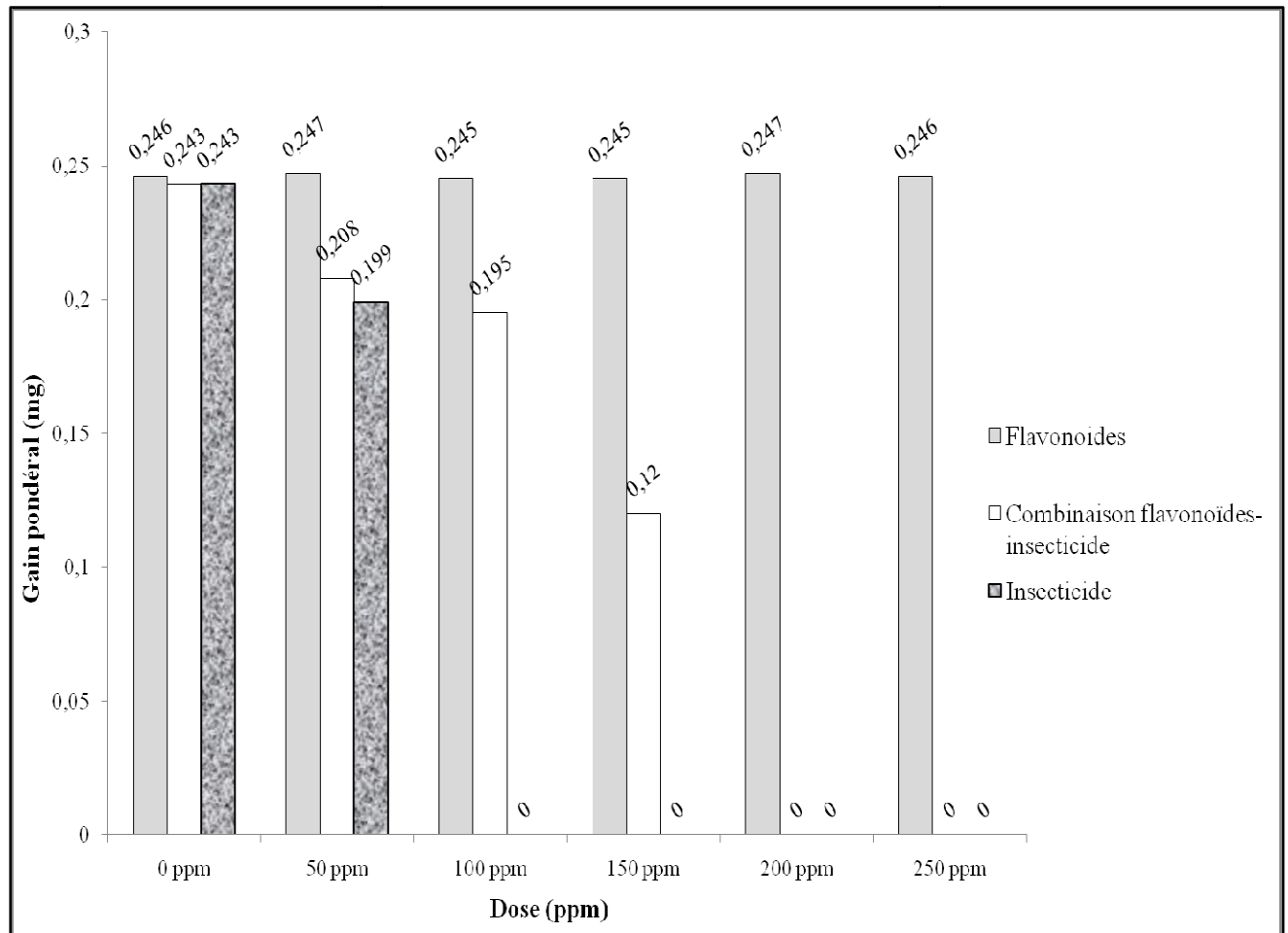


Figure 22 : Evolution du gain pondéral en (mg) d'*A. craccivora* en fonction des différentes doses des trois préparations.

3.2- Effet sur quelques aspects biotiques de l'auxiliaire

3.2.1- Effet sur le taux de mortalité

-Evaluation de la qualité du modèle obtenu

La qualité du modèle peut être évaluée en comparant les résultats obtenus avec ceux du modèle "constant". Une fonction de vraisemblance (-2log) est évaluée dans les deux cas.

3.2.1.1- Effet des flavonoïdes

En ce qui concerne l'effet des flavonoïdes sur le taux de mortalité de la Coccinelle à sept points, la fonction de vraisemblance (modèle actuel et le modèle intercepté) ne suit pas une loi du chi-carré à 5 degrés de liberté au seuil de 5 % ($\chi^2 = 0,75$, $p < 0,05$). La dose n'est pas donc un prédictif significatif du taux de mortalité (**annexe 5**).

En effet, plus de 98% de larves ayant atteint le second stade malgré la présence des différentes concentrations de flavonoïdes dans le régime alimentaire de leur proie (**figure 23, annexe 5**).

3.2.1.2- Effet de la combinaison flavonoïdes-insecticide (Wide®)

Quant à l'effet de la combinaison flavonoïdes- Wide®, une fonction de vraisemblance est évaluée dans les deux cas (modèle actuel et le modèle intercepté), et la différence des deux fonctions suit une loi du chi-carré à 1 degré de liberté au seuil de 1 % ($\chi^2 = 105,7$, $ddl=5$, $p=0,00$). La dose est donc un prédictif significatif du taux de mortalité.

On ajuste alors logit (P) par une fonction affine (**fig. 23**). L'équation correspondant à cet ajustement est :

$$\text{Logit (Y)} = -2,6687 + 0,026047X$$

Donc, pour calculer la dose pour laquelle 50% de la population meurt (DL 50),
 $P = 0,5$ correspond à $P/(1-P) = 0,5/0,5 = 1$ d'où $\text{logit (P)} = 0$.
 Or : $0 = -2,6687 + 0,026047 X$ donne $X = 2,6687 / 0,026047$, c'est-à-dire : $X = 102,46$ ppm.

OR correspond à 1,027. Autrement dit, une augmentation de la dose de 1 unité se traduit par une multiplication de la probabilité par 1,027.

Concernant Odds-ratio comparant valeurs observées et valeurs prévues, il correspond à 19,75. Ça signifie que si la valeur prévue est supérieure à 0,5, on a 19,75 fois plus de chances d'observer des morts que des vivants.

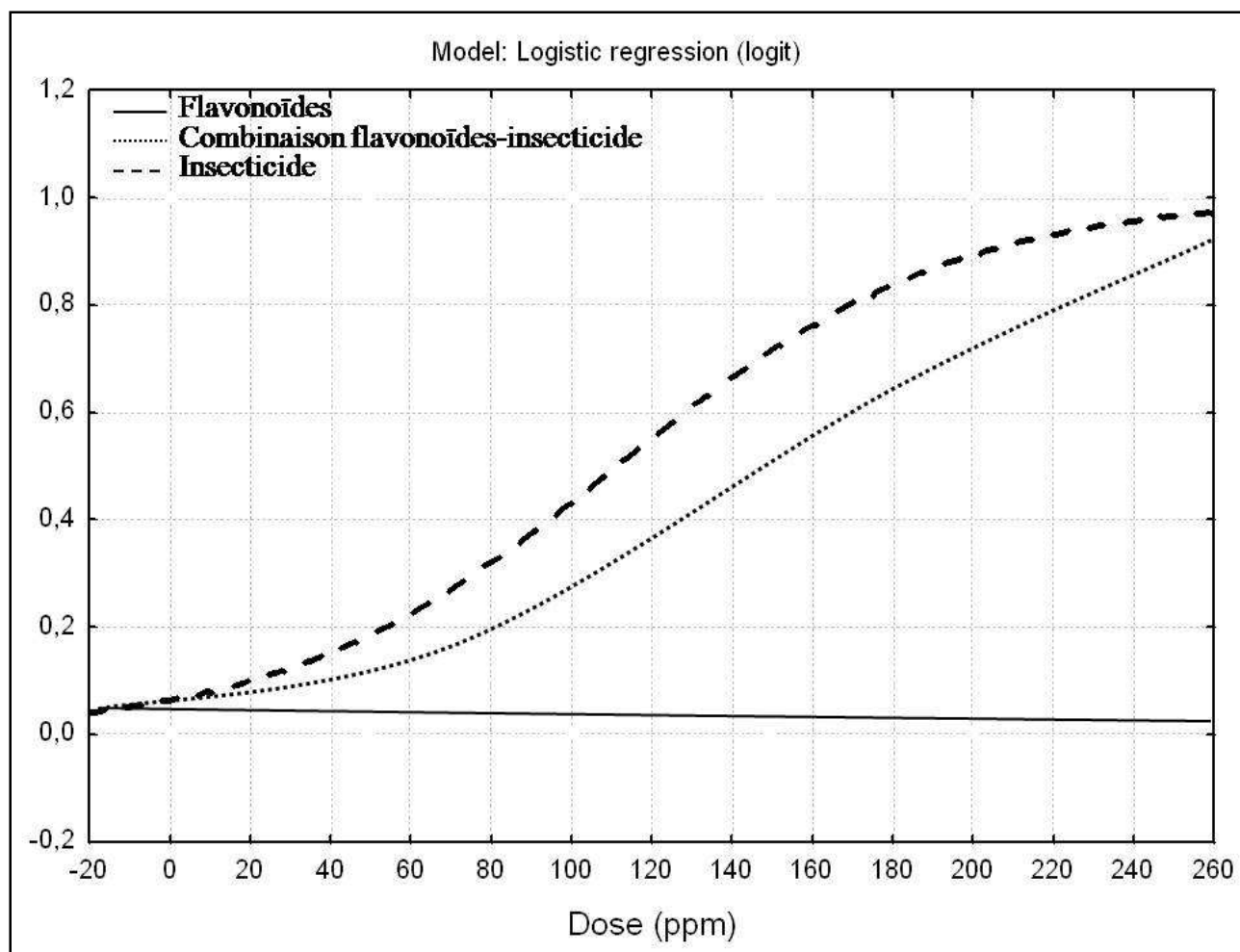


Figure 23 : Courbe de la régression logistique du taux de mortalité de *C. septempunctata* en fonction de la dose des différentes préparations.

3.2.1.3- Effet de Wide®

Concernant l'effet de l'insecticide, une fonction de vraisemblance est évaluée dans les deux cas (modèle actuel et le modèle intercepté), et la différence des deux fonctions suit une loi du chi-carré à 1 degré de liberté au seuil de 1 % ($\chi^2 = 66,6$, ddl=5, p=0,00). La dose est donc un prédictif significatif du taux de mortalité.

On ajuste alors logit (P) par une fonction affine. L'équation correspondant à cet ajustement est :

$$\text{Logit (Y)} = -1,431 + 0,0177X$$

Donc, pour calculer la dose pour laquelle 50% de la population meurt (DL 50), $P = 0,5$ correspond à $P/(1-P) = 0,5/0,5 = 1$ d'où $\text{logit}(P) = 0$.

Or : $0 = -1,431 + 0,0177 X$ donne $X = 1,431 / 0,0177$, c'est-à-dire : $X = 80,85$ ppm.

Le rapport de cotes ou odds-ratio (OR) correspond à 1,02. Autrement dit, une augmentation de la dose de 1 unité se traduit par une multiplication de la probabilité par 1,02.

Concernant Odds-ratio comparant valeurs observées et valeurs prévues, il correspond à 11. Ça signifie que si la valeur prévue est supérieure à 0,5, on a 11 fois plus de chances d'observer des morts que des vivants.

3.2.2- Effet sur le gain pondéral

Dans le cas des flavonoïdes, l'analyse de la variance n'a pas montré un effet significatif ($F=0$, ddl=10, $p>0,05$). Sur la **figure 24**, il apparaît que le gain pondéral moyen dans les différentes concentrations est presque identique. Il est, en fait, compris entre 0,322 et 0,320 mg.

En ce qui concerne l'effet des deux autres préparations (combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®]) sur le gain pondéral des larves de la coccinelle à sept points, l'analyse de la variance faite a montré un effet significatif au seuil de 1% à 10 degrés de liberté ($F= 6708$; $F= 40469,9$) respectivement (**annexe 6**).

En effet, la croissance des larves de *C. septempunctata* a été affectée par la teneur en acétamipride dans la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et de Wide[®] dans les régimes artificiels utilisés pour l'élevage d'*A. craccivora* sur lesquels se nourrissaient les larves de la coccinelle. L'analyse des différences entre les moyennes en utilisant la méthode des ranges multiples de Duncan indique que le poids au second stade des larves de *C. septempunctata* se nourrissant d'*A. craccivora* élevées sur un régime contenant différentes doses de flavonoïdes est significativement plus élevé que celles s'alimentant sur des pucerons élevés sur des régimes contenant 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm des deux autres préparations (combinaison flavonoïdes-Wide[®], Wide[®]) (**annexe 6**). En fait, le poids décline au fur et à mesure que la dose augmente de la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et de Wide[®] (**fig. 24**).

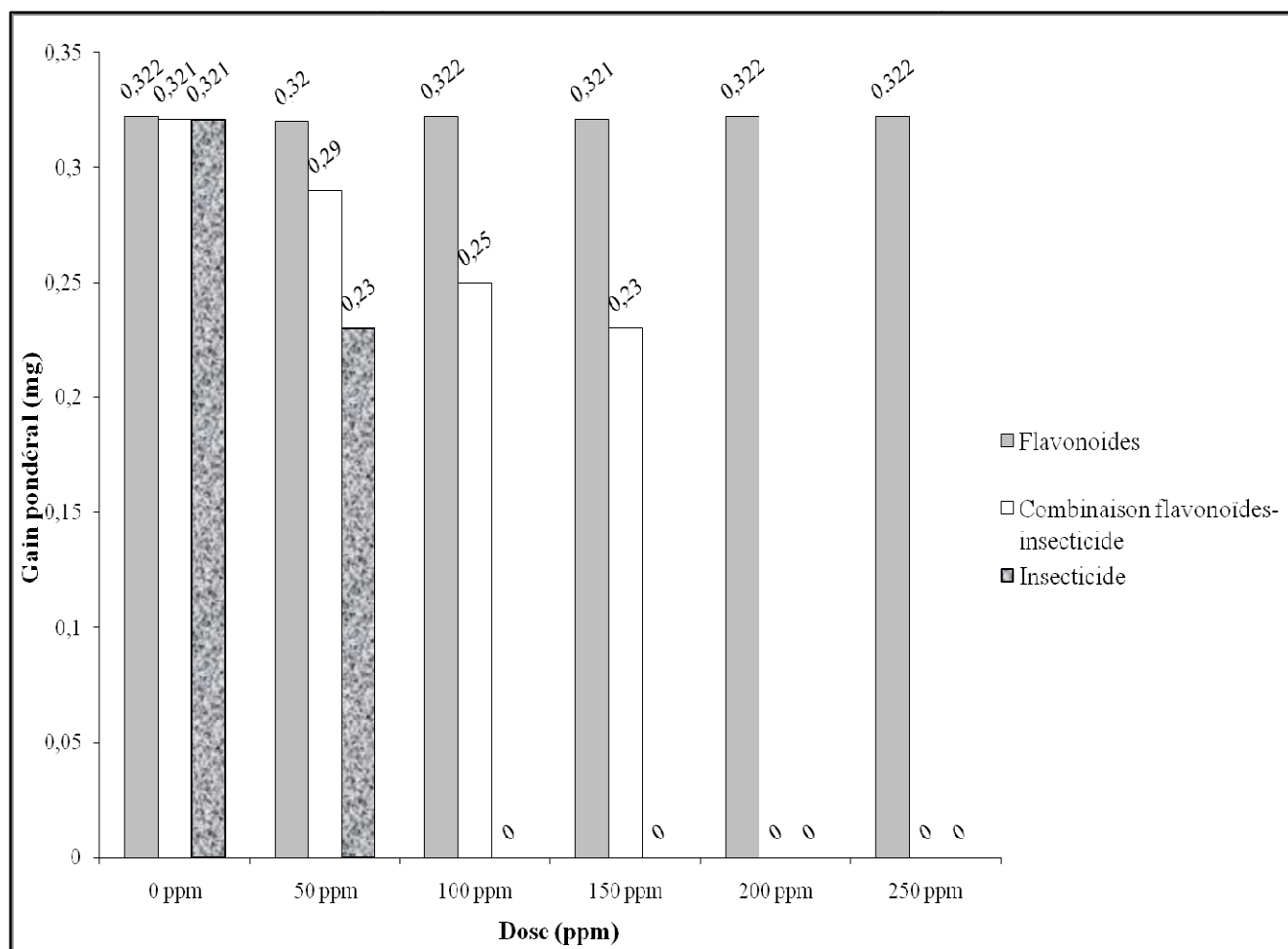


Figure 24: Gain pondéral au second stade de *C. septempunctata* en (mg) en fonction des différentes concentrations des trois préparations.

3.2.3- Effet sur le développement larvaire

Dans le cas des flavonoïdes, l'analyse de la variance n'a pas montré un effet significatif ($F= 0,152$, $ddl=10$, $p>0,05$). Sur la **figure 25**, il semble que la durée du développement larvaire au second stade des larves de la coccinelle à sept points est similaire. Elle est, en fait, compris entre 3,5 et 3,9 jours.

L'analyse de la variance a montré un effet significatif quant à la durée du développement larvaire pour les deux autres préparations au seuil de 1% à 10 degrés de liberté ($F= 112,35$; $F= 1720,11$) respectivement.

La comparaison entre les moyennes en utilisant le test de Duncan indique que les larves de *C. septempunctata* se nourrissant de pucerons élevés sur un régime contenant des flavonoïdes ont atteint le second stade larvaire plus rapidement que les autres larves se nourrissant de

puçerons élevés sur les deux autres régimes (combinaison flavonoïdes-Wide® et Wide®) (**fig. 25, annexe 7**). Il est évident que cette extension augmente avec l'augmentation des concentrations.

En fait, pour le cas de la combinaison flavonoïdes-Wide®, la durée du développement larvaire passe de 3,7 à 5,4 jours pour des doses allant de 0 à 150 ppm. Concernant l'effet de l'insecticide, la durée du développement larvaire passe de 3,7 à 5,7 jours pour des doses de 0 à 150 ppm respectivement. Par ailleurs, cette tendance semble se stabiliser lorsque les larves se nourrissent d'*A. craccivora* élevés sur des régimes contenant des concentrations supérieures à 150 ppm.

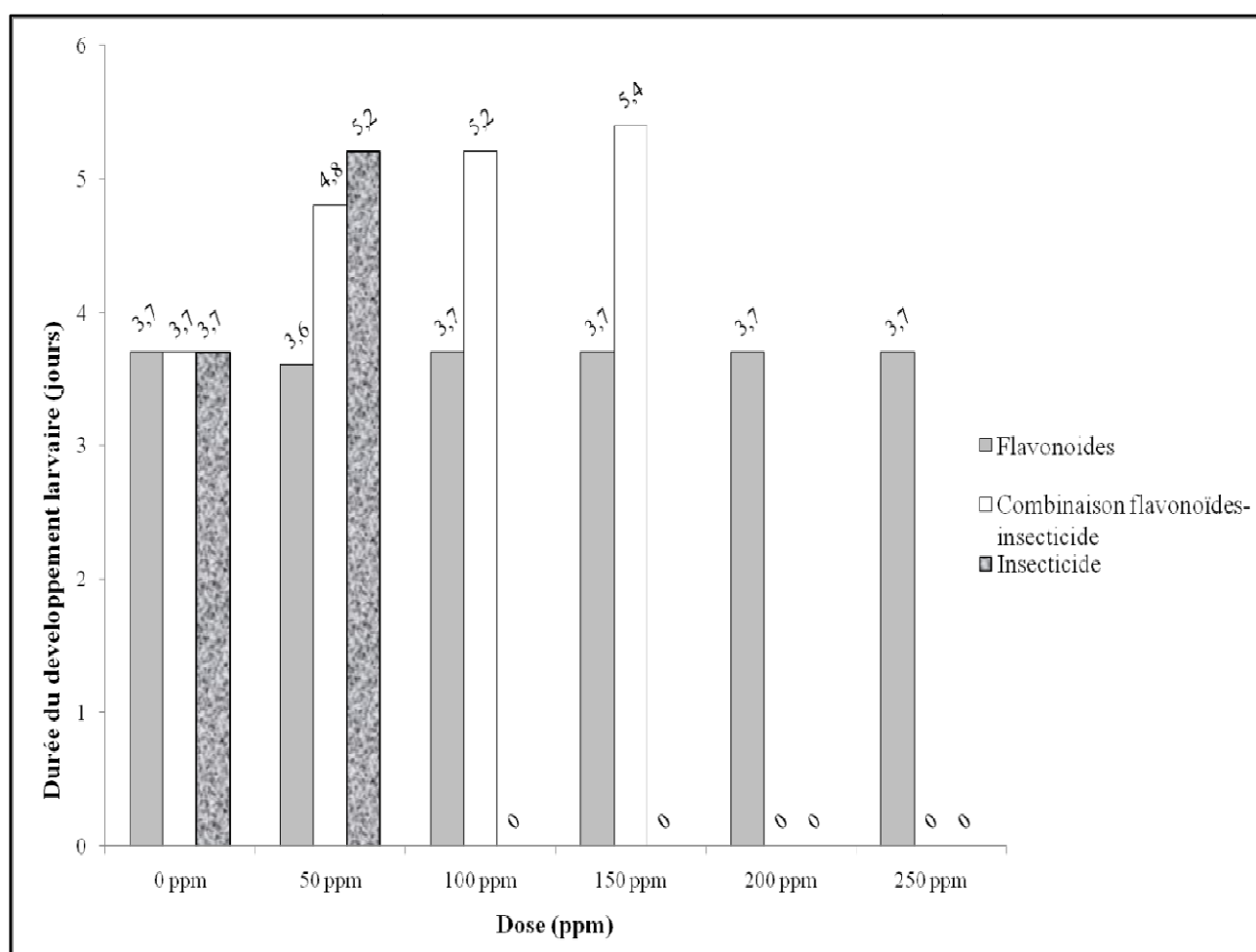


Figure 25 : Durée du développement larvaire en jours au second stade de *C. septempunctata* en fonction des différentes concentrations des trois préparations.

Chapitre V

Discussion

1-Discussions relatives à l'étude écobioologique du Puceron noir de la Luzerne : *Aphis craccivora*

Dans cette partie, les discussions portent sur l'écobiologie du Puceron noir de la Luzerne dans la parcelle de Fève durant l'année 2010-2011. Elles portent d'abord sur l'écologie des ailés de *Aphis craccivora* capturés dans les pièges installés dans cette parcelle et sur l'évolution des colonies de cette espèce sur les feuilles de fève de la variété Luz de Otoño. En suite, elles traitent, l'effet de cinq doses de composés phénoliques extraits des feuilles de la fève sur deux facteurs biotiques de ce ravageur: le gain pondéral et la mortalité.

1.1-Activité de vol d'*Aphis craccivora* dans la parcelle de Fève

Aphis craccivora est capturée dès le mois de janvier 2010 sur la culture de la Fève. C'est un puceron anholocyclique passant l'hiver dans les régions à hiver doux sous forme de femelles parthénogénétiques sur les cultures et la flore spontanée (Laamari et Hebbel, 2006).

Le maximum de vol est enregistré à la fin de janvier et au mois de mars (10 individus piégés). Ce maximum coïncide avec une température comprise entre 13,2 et 24,9 °C qu'est favorable à l'envol des ailés et il coïncide aussi avec les deux stades phénologiques de la fève: début floraison et formation des gousses. Ainsi, cette période correspond aux vols d'émigration et de dissémination qui ont lieu en hiver et au printemps (de janvier à avril). Selon Dixon (1988 a, b), la production d'ailés peut être induite par des contraintes environnementales telles que la photopériode, la densité et la qualité nutritionnelle de la plante hôte. De même, Firempong (1988) affirme que cette espèce s'attaque essentiellement au stade plantule bien qu'une large population s'attaque aussi aux bourgeons floraux, fleurs et gousses.

La diminution du vol des pucerons jusqu'à son interruption totale au mois de juin, peut être liée à l'élévation des températures maxima au dessus de 30 °C (**tab. 4**).

1.2- Discussion relative à l'évolution des colonies d'*A. craccivora* sur les feuilles de Fève

Aphis craccivora est un puceron cosmopolite qui se nourrit de plusieurs cultures mais plus particulièrement les Fabaceae (Pettersson *et al.*, 1998; Rakhshani, 2005) où il forme des colonies denses (Jones, 1967).

Il constitue une menace très préoccupante pesant sur la réussite de la culture de la fève dans la région de Biskra. En plus de la transmission des virus, l'abondant miellat qu'il secrète, déprécie énormément l'aspect externe de la gousse (Laamari et Hebbel, 2006).

Ce puceron cause des dommages directs à la plante en prélevant sa sève et indirects par la transmission des virus (Rabbinge *et al.*, 1981; Githiri *et al.*, 1996 ; Obopile et Ositile, 2010) ; il peut transmettre environ 30 maladies virales (Blackman et Eastop, 2007).

Le suivi de la dynamique des populations d'*Aphis craccivora* sur la Fève a montré que l'installation des premières larves s'est faite le 07 février 2011 (**fig. 18**) et que les colonies de ce puceron sont plus ou moins populeuses dès cette date. La croissance d'*Aphis craccivora* s'est poursuivie en atteignant le niveau de 16 larves et 5 adultes aptères par feuille. Ce qui prouve la capacité de multiplication et de colonisation caractérisant l'espèce.

Selon Klingauf (1981) cité par Weigand et Bishara (1991), *Aphis craccivora* est le plus dominant dans les régions chaudes et arides. Son comportement écologique est dominé par un équilibre entre l'agrégation et la migration (Pettersson *et al.*, 1998).

Les populations ont connu une régression pour arriver à une moyenne de 2 larves, 0 adultes aptères par feuilles et 0 adultes ailés par feuille le 14 mars 2011. La chute des effectifs peut être le résultat d'un ensemble de facteurs, entre autre l'abondance des prédateurs aphidiphages (Coccinelles et larves de Syrphidae) actifs dès le premier Mars, nous notons une formation importante d'ailés émigrants et une fécondité réduite d'adultes.

Robert (1982) in Guelfene (2000), a souligné qu'une régression naturelle des populations est le fait d'une production globale réduite, appelée mécanisme d'autorégulation engendré par la surpopulation des individus aptères engendrant une formation d'ailés et une réduction de la fertilité des femelles.

2- Discussion relative à l'étude écobioologique de la Coccinelle à sept points : *Coccinella septempunctata*

2.1-Fluctuation des captures des individus de *C. septempunctata* par piégeage dans la parcelle de Fève

Les captures de *C. septempunctata* s'étendent du 22 novembre 2010 jusqu'au 11 avril 2011. En fait, durant la période de vol de la Coccinelle à sept points, la température oscillait entre 12,5 à 22,1°C. Ces résultats viennent de corroborer ceux obtenus par Honěk (1985a) où il soutient que l'activité de *C. septempunctata* est entre 13-15°C, et son intensité augmente avec la température. Cet insecte est très commun dans toutes les régions d'Algérie même à l'extrême sud (Saharaoui et Gourreau, 2003) avec un cycle de vie très plastique (Honěk, 1989).

Elle développe au moins deux générations annuelles aux mois d'avril, mai et juin et parfois une troisième aux mois d'octobre et décembre selon les régions. L'activité de cette espèce est un peu précoce au Sud, car les adultes s'installent sur les cultures dès le début du mois de février. En général, on observe une seule génération. Enfin, signalons que les adultes de cette espèce restent sur les cultures 9 mois sur douze dans les régions du Sud (Saharaoui et Gourreau, 2003).

En fait, il y a des molécules sémiochimiques qui sont impliqués dans les relations plante-coccinelle, proie-coccinelle et prédateur-coccinelle. Selon Durieux *et al.* (2010), les coccinelles utilisent ces composés pour localiser leurs proies, s'accoupler, se protéger de la prédation ou du cannibalisme, trouver un abri où passer l'hiver ou assurer une meilleure survie pour leur descendance.

Le nombre de coccinelles dans les pièges a diminué dès le 28 mars 2011 jusqu'à l'absence totale le 11 avril 2011.

2.2- Discussion relative au recensement des individus de *C. septempunctata* récoltés par contrôle visuel

La colonisation de la fève a commencé dès le 24 janvier 2011 en se poursuivant jusqu'au 11 avril de la même année. Elle coïncide avec l'avènement d'*A. craccivora* sur la fève. En effet, la préférence des adultes de *C. septempunctata* pour les différentes cultures change en fonction du stade de développement des plantes et l'augmentation ou la diminution de la densité des pucerons (Honěk, 1982). Roy et Majerus (2010) affirment qu'il y a une forte interaction entre les préférences alimentaires des coccinelles et leur distribution géographique. En effet, la coccinelle à sept points préfère une forte densité de pucerons, les conditions ensoleillées et les plantes herbacées (Honěk, 1985b). Quand les pucerons sont abondants, un individu moyen peut dévorer jusqu'à 40 pucerons/jour (Honěk, 1985a).

En 1980, en Bohême Centrale (ex-Czechoslovaquie), Honěk a procédé au dénombrement des populations de pucerons sur haricot, betterave sucrière, céréales, maïs et luzerne, pendant la colonisation des cultures par *Coccinella septempunctata* et la maturation des ovarioles des femelles. Il a constaté que l'arrivée des coccinelles intervient aussitôt après l'immigration des pucerons. La densité minimale en pucerons à cette époque a été évaluée à environ 10 pucerons par m² au champ ; cette densité au moment de la maturation des ovarioles de la coccinelle équivaut à 1 puceron pour 200 à 400 cm² de surface foliaire.

Cette colonisation a atteint son maximum le 14 février où le nombre enregistré de larves sur les plantes de la fève était de l'ordre de 5 alors que celui des adultes était 6. Elle précède toujours d'une semaine le début de vol de l'infestation d'*A. craccivora*. En fait, l'oviposition augmente un mois après la colonisation des cultures par les coccinelles et elle est étroitement liée à l'abondance de leur proie (Völkl *et al.*, 2007 ; Honěk *et al.*, 2008). Selon Honěk (1985a), la fréquence de copulation est proportionnelle à l'activité de *C. septempunctata*.

Cependant, les pratiques culturales peuvent influencer considérablement l'abondance des coccinelles sur certaines cultures (Honěk, 1982).

Outre les aphides, la coccinelle à sept points consomme des thrips, des aleurodes, des psylles, des cochenilles, des larves de lépidoptères et des larves de chrysomèles (Lucas, 1993).

Au début du printemps, on la retrouve surtout sur des plantes basses spontanées et cultivées et quelques arbustes. Pour développer des descendances viables elle se nourrit spécialement des pucerons : *Aphis fabae*, *Aphis craccivora*, *Aphis gossypii*, *Brachycaudus cardui*, *Brachycaudus helichrysi*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Aulacorthum solani*, *Lisaphis erysimi*, *Uroleucon sonchi*, *Hyperomyzus lactuacae* et *Dysaphis apiifolia* sur les diverses plantes herbacées (Saharaoui et Gourreau, 2003).

3- Effet des doses des différentes préparations sur le ravageur et son prédateur

3.1- Sur quelques aspects du potentiel biotique d'*Aphis craccivora*

D'une part, l'utilisation des différentes concentrations de la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®] ont eu un effet significatif sur l'ensemble des différents paramètres étudiés chez les larves du puceron noir de la luzerne *A. craccivora* (le taux de mortalité et le gain pondéral après 6 jours). L'insecticide Wide[®] est considéré, à la dose recommandée (**annexe 2**) et en conditions de laboratoire, comme toxique vis-à-vis du puceron. En effet, il apparaît qu'à partir de la concentration 120,28 ppm (120,28 mg/l) de la combinaison flavonoïdes-Wide[®], 50% de la population meurt. Pour le cas de l'insecticide Wide[®], elle est estimée à 47,53 ppm (47,53 mg/l). Quand on compare l'effet de ces deux préparations, il s'avère que la contribution des flavonoïdes dans la toxicité de l'insecticide n'est pas évidente que ce soit positivement ou négativement.

Cependant, l'utilisation des flavonoïdes seuls, et qui se sont montrés dans notre cas sans effet significatif que ce soit sur le taux de mortalité ou sur le gain pondéral après 6 jours chez les larves du puceron noir de la luzerne *A. craccivora*, confirment la neutralité de ces composés vis-à-vis du ravageur. En effet, les larves de ce puceron étaient capables de survivre malgré l'augmentation des concentrations jusqu'à la dose de 250 ppm et leurs poids n'étaient pas affectés.

Nos observations sont en accord avec les travaux de plusieurs chercheurs montrant en fait l'effet neutre des composés phénoliques à l'encontre des déprédateurs comme les pucerons Miles (1965); Rat-Morris (1994) et Chrzanowski *et al.* (2003), d'autres ont noté aussi l'effet attractif, stimulant la nutrition des insectes et attirant même les insectes et les oiseaux pour la

pollinisation des plantes (Strack, 1997 in Häkkinen, 2000). Ainsi, Rat-Morris (1994), qui a travaillé sur la relation entre *D. plantaginea* et le cultivar Florina (pommier) a noté que la concentration de la phloridzine (dérivé des composés phénoliques) pourrait intervenir dans les relations entre *D. plantaginea* et le pommier. Donc, elle n'intervient pas comme répulsif lors de la piqûre d'essai mais au contraire comme neutre en tant qu'un stimulant de la piqûre d'essai pour *D. plantaginea*, beaucoup plus sur le cultivar Florina qui a une concentration inférieure en phloridzine à celle des pommiers sensibles (Golden, dont la concentration en phloridzine est supérieure). Ce qui a été confirmé d'après cet auteur par le nombre plus élevé d'œufs pondus sur Florina que sur Golden en situation de choix des gynopares. En accord avec ces travaux sus-cités qui ont tous montré l'effet neutre ou attractif, stimulant la nutrition des insectes, d'autres travaux de recherche sont par contre en contradiction avec nos résultats et montrent en fait l'effet répulsif ou toxique des composés phénoliques de l'hôte par rapport à l'insecte ravageur (Tood *et al.* (1971) in Massonie *et al.* (1982) ; Bastide *et al.* (1988), Zouiten *et al.* (2000 et 2004).

Par ailleurs, dans la littérature beaucoup de recherches ont été faites sur l'interaction plante-herbivores traitant différents types de métabolites secondaires et leurs effets vis-à-vis des insectes de différents ordres. Les auteurs évoquent deux catégories d'insectes : polyphages généralistes et monophages spécialistes qui s'attaquent à des familles de plantes particulières (Mullin *et al.*, 1997 ; Balkema-Boomstra *et al.*, 2003 ; Kim et Mullin, 2003 ; Reifenrath *et al.*, 2005). Quant à *Aphis craccivora* est un puceron prédominant chez la famille des Fabaceae (Pettersson *et al.*, 1998; Rakhshani, 2005).

En fait, il y a souvent des substances allélochimiques, à effet répulsif pour les insectes généralistes, jouent le rôle de stimulants pour les insectes spécialistes qui sont adaptés aux plantes hôtes riches en composés phytochimiques (Hora et Roessingh, 1999 ; Kim et Mullin, 2003 ; Nieminen *et al.*, 2003 ; Heisswolf *et al.*, 2007 ; Morris *et al.*, 2008).

Les cucurbitacines, des triterpinoïdes tetracycliques amers, sont fréquemment rencontrées dans les espèces sauvages et cultivées de la famille des Curcubitaceae. Elles sont toxiques à l'égard de la plupart des organismes (Smyth *et al.*, 2002).

Kim et Mullin (2003) ont étudié l'effet de la cucurbitacine B (Cuc B) sur *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte (Coleoptera: Chrysomelidae), insecte spécialiste des

Cucurbitaceae. Les résultats obtenus (la surface de la feuille consommée et ED₅₀ (dose où il y a 50% d'inhibition de la phagostimulation)) ont montré que Cuc B a eu un effet stimulant.

Cependant et d'après Mullin *et al.* (1997), cette même espèce (*Diabrotica virgifera virgifera*) s'est avérée plus sensible que *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) vis-à-vis des alcaloïdes extraits des espèces de Solanaceae. Ils expliquent ce résultat par le fait que malgré l'appartenance des deux insectes à la même famille mais *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte est considéré comme insecte généraliste envers les Solanaceae car elle s'attaque beaucoup plus aux Cucurbitaceae, Graminae et Compositae et n'est pas adaptée aux alcaloïdes des Solanaceae où elle manifeste un taux de mortalité pratiquement élevé par rapport à *Leptinotarsa decemlineata* (Say).

Par ailleurs, Balkema-Boomstra *et al.* (2003), citent l'exemple de la cucurbitacine C identifiée dans le concombre *Cucumis sativus*. En fait, le goût amer du concombre est corrélé positivement avec la résistance à *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (un acarien polyphage) alors qu'elle est considérée comme stimulant pour *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim (Coleoptera: Chrysomelidae) une espèce spécialiste de la famille des cucurbitaceae.

Les glucosinolates, et leurs produits de dégradation issus des espèces du genre *Brassica* sont des stimulants pour les insectes spécialistes des Brassicaceae du genre *Diabrotica* (Vanhaelen *et al.*, 2002) et *Phaedon cochleariae* (F.) (Reifenrath *et al.*, 2005). Par contre, ils sont généralement répulsifs et toxiques à l'encontre des herbivores généralistes. D'ailleurs, Agrawal *et al.* (1999) expliquent qu'il y a une forte variation génétique de la résistance constitutive et induite de la plante vis-à-vis de *Tetranychus urticae* Koch. Cette variation n'était pas corrélée avec la croissance de la plante. Néanmoins, des niveaux élevés de la résistance à cet acarien est associée à des niveaux élevés de la cucurbitacine qui sont corrélés avec la susceptibilité d'une attaque par *Diabrotica undecimpunctata*. Ce genre de compromis écologiques peut jouer un rôle dans la maintenance de la variation constitutive et induite dans les critères de la résistance des plantes.

Les iroïdes, des cyclopentanoïdes monoterpènes, connus d'être répulsifs ou diminuant le développement de plusieurs insectes herbivores généralistes, mais ils agissent souvent comme

des signaux pour l'oviposition de *Melitaea cinxia* (Lepidoptera: Nymphalidae) et stimulants pour l'alimentation de ses larves (Nieminen *et al.*, 2003).

D'après Hora et Roessingh (1999), la distinction de l'hôte par la femelle adulte de *Yponomeuta cagnagellus* (Lepidoptera: Yponomeutidae), un phytophage spécialiste du genre *Euonymus* (Celastraceae), est un aspect important dans la spécialisation sur un hôte et il est basé souvent sur des métabolites secondaires caractéristiques de son hôte. De même, Morris *et al.* (2008), démontrent que cinq diterpénoides extraits de *Helianthus annuus* (Compositae) stimulent l'oviposition de *Cochylis hospes* Walshingham (Lepidoptera: Cochylidae), insecte spécialiste des Compositae.

Dans la famille des Aphididae, des grandes différences sont observées dans le comportement alimentaire des espèces polyphages et monophages spécialistes (Francis *et al.*, 2005). Le comportement alimentaire des pucerons sur des espèces testées de la famille des Brassicaceae indique que les aphides généraliste et spécialiste sont influencés différemment par la qualité de la plante hôte (Cole, 1997b).

En effet, le comportement alimentaire de *Brevicoryne brassicae*, puceron spécialiste des Brassicaceae, peut être déterminé par la teneur en glucosinolates (métabolites secondaires) alors que le statut nutritif de la plante peut être plus important pour les espèces polyphages généralistes telle que *Myzus persicae*.

Hopkins *et al.* (1998) citent l'exemple de la Sinalbine (glucosinolate) métabolite secondaire majeur dans la famille des Brassicaceae. En fait, le niveau des glucosinolates totaux est souvent élevé dans les jeunes feuilles. La diminution du taux de la sinalbine est proportionnelle au contenu total des glucosinolates dans les stades de développement ultérieurs. Le puceron spécialiste *Brevicoryne brassicae* s'attaque généralement aux jeunes feuilles alors que le puceron généraliste *Myzus persicae* est prédominant dans les parties âgées de la plante. Les pucerons, comme la plupart des insectes suceurs du phloème, montrent un degré élevé de spécificité vis-à-vis de son hôte.

Les composés chimiques spécifiques de la plante, comme les glucosinolates, sont probablement servent comme un signal dans la sélection de l'hôte pour les pucerons monophages (Cole, 1997a).

Selon Akhtar et Isman (2004), non seulement il y a des différences interspécifiques entre des espèces généralistes et spécialistes mais aussi entre les espèces spécialistes elles-mêmes.

Dans une étude réalisée par Piubelli *et al.* (2005) sur des génotypes de soja (Fabaceae), ils ont constaté que le taux de mortalité et la durée du développement larvaire de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), insecte spécialiste des légumineuses, ont été moins affectés par les flavonoïdes (rutine et genistine) extraits des feuilles de ces génotypes.

Cardoza *et al.* (2006) ont travaillé sur le taux de mortalité et le gain pondéral d'un clone de *M. persicae* collecté à l'ouest de l'Australie et ont constaté que ce puceron s'est adapté à s'alimenter sur le lupin (*Lupinus angustifolius*) contenant la quinolizidine, un alcaloïde toxique.

En effet, certains insectes phytophages dits spécialistes ont la capacité de séquestrer et accumuler ces métabolites dans leur hémolymphe pour se protéger contre les ennemis naturels (Duffey, 1980 ; Kite *et al.*, 1997 ; Dobler *et al.*, 1998 ; Down *et al.*, 1999 ; Barker *et al.*, 2002 ; Smyth *et al.*, 2002 ; Pasteels *et al.*, 2003).

Hirota et Kato (2001) et Smith (2005) expliquent ce phénomène par le fait que généralement les arthropodes possèdent une variété de mécanismes de détoxication qui leur permettent de survivre sur des plantes de taxons spécifiques contenant des substances allélochimiques défensives. D'ailleurs, la séquestration et le taux de détoxication des métabolites secondaires ne sont pas liés ni à la taille du phytophage (McGovern *et al.*, 2006 ; Lampert *et al.*, 2008), ni au taux du parasitisme quand il est en présence de parasitoïdes (McGovern *et al.*, 2006).

Francis *et al.* (2001) et Kazana *et al.* (2007) citent l'exemple *Brevicoryne brassicae* (Homoptera : Aphididae) qui s'attaque uniquement aux plantes de la famille des Brassicaceae réputées par leur teneur en glucosinolates (Sinalbine, Sinigrine,..). Ils ont montré que cette espèce est capable d'accumuler les glucosinolates dans son hémolymphe et produit son propre myrosinase (enzyme spécifique) qui lui permet de cristalliser ces glucosinolates et empêcher leur hydrolyse dans les conditions normales. Cependant, l'attaque des prédateurs qui provoquent l'endommagement des tissus de ce puceron déclenchent le processus de

l'hydrolyse des glucosinolates et qui en résultent par conséquent les isothiocyanates qui sont toxiques vis-à-vis de ces ennemis naturels.

Néanmoins, l'insecte phytophage spécialiste n'a pas toujours la même aptitude de séquestrer les métabolites secondaires quand il est en présence de génotypes contenant des concentrations élevées de ces métabolites (Adler *et al.*, 1995).

3.2- Sur quelques aspects du potentiel biotique de *Coccinella septempunctata*

Les différentes concentrations de la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®] ont eu un effet significatif sur l'ensemble des différents paramètres étudiés chez les larves de la coccinelle à sept points *C. septempunctata* (le taux de mortalité, le gain pondéral et la durée du développement larvaire au second stade larvaire). En effet, il semble qu'à partir de la concentration 102,46 ppm (102,46 mg/l) de la combinaison flavonoïdes-Wide[®], 50% de la population meurt. Pour le cas de Wide[®], elle est estimée à 80,85 ppm (80,85 mg/l).

Mises à part ces données, il existe peu d'informations détaillées concernant la toxicité de cet aphicide sur les larves d'auxiliaires. Cependant, Il ressort de cette étude que l'aphicide testé menace potentiellement l'efficacité du contrôle biologique par leur toxicité indirecte à travers le deuxième niveau trophique (puceron) en détruisant les larves de l'auxiliaire où il manifeste un effet néfaste sur la survie des populations de coccinelles.

Slamane (2010), a travaillé sur la toxicité directe vis-à-vis de la coccinelle à sept points de trois insecticides appartenant aux familles suivantes : pyréthrianoïde, organophosphoré et une combinaison pyréthrianoïde-organophosphoré. Les trois insecticides se sont révélés très toxiques, même à faible dose. Une certaine sélectivité n'apparaît qu'à 2,5 % de la dose recommandée.

Dans le cas de la coccinelle aussi, la contribution des flavonoïdes dans la toxicité de l'insecticide n'est pas évidente que ce soit positivement ou négativement.

Les larves de *C. septempunctata* étaient capables de prédater *A. craccivora* lorsqu'elles s'alimentèrent de pucerons élevés dans des régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes.

En effet, la survie des larves de *C. septempunctata* n'était pas affectée par la teneur en flavonoïdes dans le régime alimentaire de leur proie. Pratt *et al.* (2008) ont soutenu que la sinigrine (glucosinolates) extraite du *Brassica nigra* (Cruciferae) n'avait pas affecté la survie de *C. septempunctata* à travers le deuxième niveau trophique *Brevicoryne brassicae* (Aphididae : Homoptera). Ils suggèrent que les larves L₁ de cette coccinelle semblent avoir un mécanisme qui réduit partiellement les effets de la sinigrine ou les produits toxiques issus de l'hydrolyse faite par *B. brassicae* après la destruction de ses tissus. Par contre, Francis *et al.* (2001) ont constaté que ce même métabolite a causé la mortalité de la coccinelle à deux points *Adalia bipunctata* en s'alimentant de *Brevicoryne brassicae*.

La présence des flavonoïdes dans le régime alimentaire des aphides ne semble pas avoir des conséquences sur la performance de *C. septempunctata*. Le gain pondéral des larves et le temps requis pour atteindre le second stade étaient égaux pour les larves de *C. septempunctata* fournies d'*A. craccivora* élevées dans des régimes contenant différentes concentrations de flavonoïdes.

Cependant, les substances allélochimiques des plantes peuvent affecter négativement les ennemis naturels par le passage des toxines des plantes à travers la pyramide trophique (Campbell et Duffey, 1979 ; Smith, 1986 ; van Emden, 1995 ; Turlings et Benrey, 1998 ; Awmack et Leather, 2002 ; Harvey *et al.*, 2007). Ils peuvent affecter le comportement, la physiologie et l'écologie de ces arthropodes carnivores (Groot et Dicke, 2002).

Mendel *et al.* (1982), ont étudié l'interaction entre différentes légumineuses contenant des alcaloïdes (*Erythrina corallodendrum* and *Spartium junceum*) et des plantes non toxiques (*Citrus sinensis*, *Cucurbita moschata* et *Euphorbia tirucalh*), des polyphages appartenant à l'ordre des homoptères *Aphis craccivora* (Aphididae), *Icerya purchasi*, *I. aegyptiaca* (Margarodidae), *Lepidosaphes ulmi* (Diaspididae) et *Planococcus citri* (Pseudococcidae) ainsi que quelques ennemis naturels majeurs de ces polyphages. Ils ont remarqué une réduction significative dans le taux de survie due à l'effet négatif des alcaloïdes comparativement aux plantes non alcaloïdiques sur les prédateurs *Rodolia cardinalis* et *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae) mais pas à *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) et *Sympherobius sanctus* (Neuroptera: Sympherobiidae). La durée du développement larvaire ou la nymphose de

cardinalis, *C. carnea* et *S. sanctus* était plus longue dans les plantes toxiques que celles dans les plantes non toxiques. Aussi, le pourcentage de parasitisme d'*Aphis craccivora* collecté sur des plantes non alcaloïdiques était plus élevé que celui collecté sur des plantes contenant des alcaloïdes (*Spartium junceum*). Ils suggèrent que la défense chimique de *E. corallodendrum* et *S. junceum* était exploitée par les polyphages pour réduire la prédation. Dans la nature, la croissance de la population et la densité de ces quatre homoptères étudiés sont remarquablement élevées lorsqu'ils se sont développés sur des espèces contenant des alcaloïdes et très basses sur des plantes non alcaloïdiques. L'efficacité des ennemis naturels peut être réduite par la séquestration des alcaloïdes (d'autres composés toxiques des plantes) ou leur transfert dans le miellat.

Conclusion

Conclusion- Perspectives

Le suivi sur terrain de la bioécologie du ravageur et l'auxiliaire montre que le maximum de vol est enregistré à la fin de janvier et au mois de mars de l'année d'étude 2011 pour le puceron, jusqu'à son interruption totale au mois de juin alors que les captures de *C. septempunctata* s'étendent du 22 novembre 2010 jusqu'au 11 avril 2011. Le nombre de coccinelles dans les pièges a diminué dès le 28 mars 2011 jusqu'à leur absence totale notée le 11 avril 2011.

Le suivi de la dynamique des populations d'*Aphis craccivora* sur la fève a montré que l'installation des premières larves s'est faite le 07 février 2011 dans la parcelle d'étude et que les colonies de ce puceron sont plus ou moins populeuses dès cette date. La croissance d'*Aphis craccivora* s'est poursuivie en atteignant le niveau de 16 larves et 5 adultes aptères par feuille ce qui prouve la capacité de multiplication et de colonisation caractérisant l'espèce. Les populations ont connu une régression pour arriver à une moyenne de 2 larves, 0 adultes aptères et 0 adultes ailés par feuille le 14 mars 2011.

Concernant le recensement des individus de *C. septempunctata* par contrôle visuel, ce dernier a débuté dès le 24 janvier 2011 en se poursuivant jusqu'au 11 avril de la même année, ce qui coïncide avec l'avènement d'*A. craccivora* sur la fève. Le dénombrement des individus de la coccinelle a atteint son maximum le 14 février où le nombre enregistré de larves sur les plantes de la fève était de l'ordre de 5 alors que celui des adultes était de 6. Ceci précède toujours d'une semaine le début de vol de d'infestation d'*A. craccivora*.

La deuxième partie de ce travail a été suivie au laboratoire, nous avons tenté d'un côté d'étudier la relation tritrophique existant entre la plante hôte, son ravageur et le prédateur et de l'autre côté, de mettre en évidence, l'effet d'un insecticide (Wide®), souvent utilisé par nos agriculteurs contre les pucerons, sur la coccinelle à 7 points qu'est aujourd'hui considérée comme étant une espèce très bénéfique protégée par la loi.

Une extraction des composés phénoliques à partir des feuilles de la fève a été procédée. L'analyse chromatographique de l'extrait alcoolique ainsi obtenu montre l'existence de deux types de métabolites secondaires, à savoir les saponines et les flavonoïdes. Ensuite une chromatographie liquide sous vide a été réalisée pour séparer les deux métabolites, montrant ainsi la dominance des flavonoïdes qui étaient pris en considération dans l'expérimentation.

L'effet des flavonoïdes ainsi que la combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide (Wide[®]) a été testé sur le puceron noir de la luzerne qui représente le deuxième niveau trophique ainsi que sur la coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata* en tant que troisième niveau trophique pour savoir si le passage des flavonoïdes à travers la pyramide trophique agit positivement ou négativement sur l'ennemi naturel.

Les résultats obtenus suite à l'application des différentes doses de ces préparations sur *Aphis craccivora* ont montré un effet négatif significatif de la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®] sur le taux de mortalité et le gain pondéral alors que les flavonoïdes se sont avérés neutres vis-à-vis de ce puceron. Quant à *Coccinella septempunctata*, le passage des flavonoïdes à travers le deuxième niveau trophique n'a pas affecté la survie, le gain pondéral et la durée du passage au second stade larvaire alors que la combinaison flavonoïdes-Wide[®] et Wide[®] ont affecté négativement ces trois paramètres.

Ces résultats nous ont permis alors de mettre en évidence :

- Le rôle des flavonoïdes extraits des feuilles de la fève dans le contexte tritrophique expliqué par l'effet neutre vis-à-vis du ravageur et de son ennemi naturel, ce qui a été prouvé dans des études antérieures notant la neutralité et la stimulation de prise de nourriture à l'encontre d'un ravageur spécialiste.

- L'effet toxique de l'insecticide pris en considération dans l'expérimentation envers l'auxiliaire étudié *Coccinella septempunctata*, que malheureusement nos agriculteurs le maintiennent à ce jour dans la protection chimique de nos cultures contre les pucerons.

En fin, il serait très utile de poursuivre ce même travail en prenant en considération cette fois -ci un ravageur généraliste comme *Myzus persicae* et de voir en parallèle l'effet de ces composés sur le troisième niveau trophique qui soit la coccinelle tout en espérant dans un avenir très proche de mettre en évidence l'importance de ces relations tritrophiques dans les stratégies de lutte intégrée.

Bibliographie

Bibliographie

- Abbad Andaloussi F. 1998.** Broad bean stem nematode *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. Colloques de l'INRA (Maroc), n°. 88 : 165-172.
- Achoura A. & Belhamra M. 2010.** Aperçu sur la faune arthropodologique des palmeraies d'El-Kantara. *Courrier du savoir* : 93-101.
- Adler L. S., Schmitt J. & Bowers M. D. 1995.** Genetic variation in defensive chemistry in *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae) and its effect on the specialist herbivore *Junonia coenia* (Nymphalidae). *Oecologia*, vol. 101, N°1 : 75-85.
- Agrawal A. A., Gorski P. M. & Tallamy D. W. 1999.** Polymorphism in plant defense against herbivory: constitutive and induced resistance in *Cucumis sativus*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 25, N°. 10 : 2285-2304.
- Akhtar Y. & Isman M. B. 2004.** Feeding responses of specialist herbivores to plant extracts and pure allelochemicals: effects of prolonged exposure. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 111 : 201–208.
- Ameixa O., Almeida L., Gonçalves A. & Neto L. 2007.** Feeding Behavior of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) and *L. trifolii* (Burgess) Adults on Bean Leaves. *Journal of Insect Behavior*, Vol. 20, No. 1 : 137-155.
- Anonyme 1995.** Arrêté complétant la liste des espèces animales non-domestiques protégées par le décret n°85-509 du 20 août 1983. *Journal officiel de la république algérienne* n° 19 : 19-22.
- Anonyme 1996.** HYPP (hypermedia pour la protection des plantes). CD ROM : version 1.0.
- Anonyme 2011.** Maroc catalogue variétal 2010. Semillas Fitó. 11p.
- Åsman K. 2002.** Trap cropping effect on oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 105: 153–164.
- Awmack C. S. & Leather S. R. 2002.** Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu Rev Entomol.* 47:817-44.
- Bahorun T. 1997.** Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *Food and agricultural resarch council, Réduit, Mauritius.* 83-94.
- Balkema-Boomstra A. G., Zijlstra S., Verstappen F. W. A., Inggamer H., Mercke P. E., Jongasma M. A., & Bouwmeester H. J. 2003.** Role of cucurbitacin c in resistance to spider mite (*Tetranychus urticae*) in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 29, No. 1 : 225-235.
- Barbehenn R., Weir Q. & Salminen J. P. 2008.** Oxidation of ingested phenolics in the tree-feeding caterpillar *orgyia leucostigma* depends on foliar chemical composition. *J Chem Ecol* 34:748–756.
- Barker A., Schaffner U. & Boevé J.-L. 2002.** Host specificity and host recognition in a chemically-defended herbivore, the tenthredinid sawfly *Rhadinoceraea nodicornis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104: 61–68.

- Bastide P., Massonie G. & Machei J. 1988.** Influence in Vitro des composés phénoliques des jeunes feuilles du pêcher, *Prunus persicae* L. Batsch, sur le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* SULZER. Revue d'agronomie, France. Vol. 9: 787- 792.
- Ben Halima Kamel M. 2009.** Les ennemis naturels de *Coccinella algerica* Kovâr dans la région du Sahel en Tunisie. Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 62 (3) : 97-101.
- Bennett M., Gallagher M., Fagg J., Bestwick C., Paul T., Beale M. & Mansfield J. 1996.** The hypersensitive reaction, membrane damage and accumulation of autofluorescent phenolics in lettuce cells challenged by *Bremia lactucae*. *Plant J.*, 9, 851-865.
- Bernards M. A. & Båstrup-Spohr L. 2008.** Phenylpropanoid metabolism induced by wounding and insect herbivory. In : A. Schaller (ed). *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Springer Science+Business Media B.V. 189-211.
- Bernasconi M. L., Turlings T. C. J., Ambrosetti L., Bassetti P. & Dorn S. 1998.** Herbivore-induced emissions of maize volatiles repel the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 87: 133–142.
- Bidart-Bouzat M. G. & Kliebenstein D. J. 2008.** Differential Levels of Insect Herbivory in the Field Associated with Genotypic Variation in Glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. *J. Chem. Ecol.* DOI 10.1007/s10886-008-9498-z.
- Binon J., Diament M. & Pirenne Y. 1996.** Indicateurs de sante. Ministère de la communauté française. Direction générale de la Santé. Direction de la Surveillance de la Santé : 48p.
- Blackman R. L. & Eastop V. F. 2006.** Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. V.1 Host lists and keys. V. 2 The aphids. The natural history museum. John Wiley & Sons, Ltd : 1415 p.
- Blackman R. L. & Eastop V. F. 2007.** Taxonomic issues. In : H. Van Emden F. and R. Harrington (eds). *Aphid as crop pests*. Edition CABI, U. K.:1-29.
- Boisclair J. & Estevez B. 2006.** Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité. *Phytoprotection*, vol. 87, n° 2: 83-90.
- Boizot N. & Charpentier J.P. 2006.** Méthodes d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. Le cahier des techniques de l'Inra : 79-82.
- Bouarab K. 2000.** Bases biochimiques et cellulaires des interactions plante-pathogène dans le système *Chondrus crispus* *Acrochaete operculata*. Thèse de doctorat de l'université Paris 6. 77 p.
- Boyer E., Buttler K.P., Finkenzeller X. & Grau J. 1990.** Guide de la flore méditerranéenne. Ed. Paris. 285 p.
- Bruinsma M. & Dicke M. 2008.** Herbivore-induced indirect defense: from induction mechanisms to community ecology. In : A. Schaller (ed). *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Springer Science+Business Media B.V. 31-60.
- Cai Q. N., Zhang Q. W. & Cheo M. 2004.** Contribution of indole alkaloids to *Sitobion avenae* (F.) resistance in wheat JEN 128(8) : 517–521.
- Campbell B. C. & Duffey S. S. 1979.** Tomatine and parasitic wasps: potential incompatibility of plant antibiosis with biological control. *Science* Vol. 205 N° 4407 : 700-702.

- Cardoza Y. J., Wang S. F., Reidy-Crofts J. & Edwards O. R. 2006.** Phloem Alkaloid Tolerance Allows Feeding on Resistant *Lupinus angustifolius* by the Aphid *Myzus persicae*. *J Chem Ecol* 32: 1965–1976.
- Carroll M. J. & Berenbaum M. 2002.** Behavioral responses of the parsnip webworm to host plant volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 28, No. 11, 2191-2201.
- Carroll M.J., Schmelz E.A., Meagher R. L. & Teal P. E. A. 2006.** Attraction of *Spodoptera frugiperda* larvae to volatiles from herbivore-damaged maize seedlings. *J Chem Ecol* 32: 1911–1924.
- Castells E. & Berenbaum M. R. 2008.** Host plant selection by a monophagous herbivore is not mediated by quantitative changes in unique plant chemistry: *Agonopterix alstroemeriana* and *Conium maculatum*. *Arthropod-Plant Interactions* 2:43–51
- Chabaca M. N. 2004.** L'irrigation gavitaire par micro-raie en algerie : propositions pour une amelioration de la pratique ou une modernisation de la technique? quelles alternatives? Séminaire sur: Modernisation de l'agriculture irriguée dans les pays du maghreb, Rabat, Maroc : 15p.
- Chang G. C. & Eigenbrode S. D. 2004.** Delineating the effects of a plant trait on interactions among associated insects. *Oecologia* 139: 123–130.
- Chehema A. 2006.** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Univ de Ouargla : 140 p.
- Chen C.-Y. O. & Blumberg J. B. 2008.** Are there age-related changes in Flavonoid Bioavailability? In : M. S. Meskin, W. R. Bidlack & R. K. Randolph (eds). *Phytochemicals aging and health* Taylor & Francis Group : 19-31.
- Christopher G.W. 2005.** Larousse, fleurs sauvages 500 espèces. Ed. eyewitness handbook. Paris.
- Chrzanowski G., Ciepiela A. P. Sempruch C., Sytykiewicz, H. & Czerniewicz P. 2003.** Activity of polyphenoloxidase in the ears of spring Wheat and triticale infested by grain Aphid (*Sitobion avenae*) F. *Electronic journal of polish agricultural Universities. Serie Biology*. Vol (6): 1- 5.
- Cluzeau S. & Mamarot J. 1997.** Les mauvaises herbes des cultures. Ed. Carrousel. Paris : 484 p.
- Cole R. A. 1997a.** The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85: 121–133.
- Cole R. A. 1997b.** Comparison of feeding behaviour of two Brassica pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85: 135–143.
- Daayf F. & Lattanzio V. 2008.** Recent advances in polyphenol research. Blackwell Publishing Ltd, V.1 : 379p.
- Dalet D. 2011.** Disponible sur <http://www.d.maps.com>. Consulté le 29 novembre 2011.
- Daoui K. 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de Doctorat. Université Catholique de Louvain : 215p.

- de Boer J. G., Hordijk C. A., Posthumus M. A. & Dicke M. 2008.** Prey and non-prey arthropods sharing a host plant: effects on induced volatile emission and predator attraction. *J Chem Ecol* 34:281–290.
- Delagrade J. 1983.** Initiation à l'analyse des données. Ed. Dunod, Paris : 157 p.
- Deraison Manuel C. 2002.** Isolement, caractérisation et cibles de nouveaux inhibiteurs de protéases pour la création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons. Thèse de doctorat. Université Paris XI UFR Scientifique d'Orsay : 158 p.
- Desouhant E. 1998.** Selection of fruits for oviposition by the *chestnut weevil*, *Curculio elephas*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86: 71–78.
- Ding H., Lamb R. J. & Ames N. 2000.** Inducible production of phenolic acids in wheat and antibiotic resistance to *Sitodiplosis mosellana*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 26, No. 4 : 969-985.
- Dixon A. F. G. 1977.** Life cycles, polymorphism, and population regulation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 329-353.
- Dixon A. F. G. 1988a.** Evolution and adaptative, signifiante of cyclical, parthenogenesis in Aphids. In: A. K. Minks and P. Harrewijin (eds). *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam : 289- 297.
- Dixon A. F. G. 1988b.** Seasonal development in Aphids. In: A. K. Minks and P. Harrewijin (eds). *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam : 315- 320.
- Djébali N. 2008.** Etude des mécanismes de résistance de la plante modèle *Medicago truncatula* vis-à-vis de deux agents pathogènes majeurs des légumineuses cultivées : *Phoma medicaginis* et *Aphanomyces euteiches*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse : 189p.
- Dobler S., Daloz D. & Pasteels J. M. 1998.** Sequestration of plant compounds in a leaf beetle's defensive secretion: cardenolides in *Chrysochus*. *Chemoecology* V 8, N° 3, 111-118.
- Down R. E., Ford L., Mosson H. J., Fitches E., Gatehouse J. A. & Gatehouse A. M. R. 1999.** Protease activity in the larval stage of the parasitoid wasp, *Eulophus pennicornis* (Nees) (Hymenoptera: Eulophidae); effects of protease inhibitors. *Parasitology* 119 : 157-166.
- Duffey S. S. 1980.** Sequestration of plant natural products by insects. *Ann. Rev. Entomol.* 25 : 447-477.
- Durieux D., Verheggen F. J., Vandereycken A., Joie E., Haubruge E. 2010.** Synthèse bibliographique : l'écologie chimique des coccinelles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(2) : 351-367.
- El-Bramaw M. A. E. & El-Beshehy E. K. F. 2011.** The Resistance of Bean Yellow Mosaic Virus (BYMV) in Faba bean (*Vicia faba* L.) with Diallel Analysis. *Journal of Biology and Life Science*, Vol. 2, N° 1:1-15.
- Emmons C. L. & Peterson D. M. 2001.** Crop breeding, genetics & cytology. Antioxidant activity and phenolic content of oat as affected by cultivar and location. *Crop Sci.* 41:1676–1681.
- Erhard D., Pohnert G. & Gross E. M. 2007.** Chemical Defense in *Elodea nuttallii* Reduces Feeding and Growth of Aquatic Herbivorous Lepidoptera. *J Chem Ecol* 33:1646–1661.

- Evrenosoğlu Y., Alan Ö. & Özdemir N. 2010.** Leaf phenolic content of some squash rootstocks used on watermelon (*Citrullus lanatus* (thunb.) Matsum and Nakai) growing and phenolic accumulation on grafted cultivar. African Journal of agricultural research Vol. 5(8): 732-737.
- Faccoli M. & Schlyter F. 2007.** Conifer phenolic resistance markers are bark beetle antifeedant semiochemicals. Agricultural and Forest Entomology 9 : 237–245.
- FAOstat 2011.** Division de la Statistique. Disponible sur [http// :www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). Consulté le 04 juin 2011.
- Firempong S. 1980.** Components of resistance to *Aphis craccivora* in some cowpea cultivars. Entomol. exp. appl. 48: 241-24.
- Foster S. P., Devine G. & Devonshire A. L. 2007.** Insecticide Resistance. In : van Emden H. & Harrington R. (eds). *Aphids as crop pest*. CAB International : 261-278.
- Francis F., Lognay G., Wathelet J. P. & Haubruge E. 2001.** Effects of allelochemicals from first (brassicaceae) and second (*Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae*) trophic levels on *Adalia bipunctata*. J Chem Ecol. 27(2):243-56.
- Francis F., Vandermoten S., Verheggen F., Lognay G. & Haubruge E. 2005.** Is the (E)- β -farnesene only volatile terpenoid in aphids? Blackwell Verlag, Berlin, JEN 129(1): 6-11.
- Fraval A. 2006.** Les pucerons - 1^{ère} partie. Insectes n°141 : 3 -7.
- Gadra N.D. 1976.** Les mauvaises herbes des grandes cultures. Ed. Institut de développement des grandes cultures : 152 p.
- George R. A.T. 2009.** Vegetable seed production, 3rd edition. CABI: 320 p.
- Githiri S.M., Ampong-Nyarko K., Osir E.O. & Kimani P.M. 1996.** Genetics of resistance to *Aphis craccivora* in cowpea. Euphytica 89 : 371-376.
- Goławska S. 2007.** Deterrence and Toxicity of Plant Saponins for the Pea Aphid *Acyrtosiphon Pisum* Harris. J. Chem. Ecol. 33:1598–1606.
- Gould K. S. & Lister C. 2006.** Flavonoid Functions in Plants. In : Ø. M. Andersen & K. R. Markham (eds). *Flavonoids : Chemistry, Biochemistry and Applications*. Taylor & Francis Group, LLC: 327-425.
- Grayer R. J., Kimmins F. M., Padgham D. E., Harborne J. B. & Ranga Rao D. V. 1992.** Condensed tannin levels and resistance of groundnuts (*Arachis hypogaea*) against *Aphis craccivora*. Phytochemistry, Vol. 31, No. 11, pp.3795-3800.
- Groot A. T. & Dicke M. 2002.** Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. The Plant Journal 31(4): 387-406.
- Guelfene M. 2000.** Contribution à l'étude écobioologique des pucerons des arbres fruitiers dans la région d'Ichemoul (Wilaya de Batna). Mémoire d'ingénieur. Spécialité Phytotechnie. Université de Batna : 70 p.
- Guendouz-Benrima A., Duranton J.F., Doumandji-Mitiche B. & Bouanceur F., 2007.** Inventaire et répartition des types biogéographiques des espèces végétales spontanées au Sud algérien. Actes des journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Ed. CRSTRA. 249-262.
- Guershon M. & Gerling D. 2006.** Effects of plant and prey characteristics on the predatory behavior of *Delphastus catalinae*. Entomologia Experimentalis et Applicata 121: 15–21.

- Guettala- Frah N. 2009.** Entomofaune, impact économique et bio- écologie des principaux ravageurs du pommier dans la région des Aurès. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Université de Batna, 118 p.
- Güntner C., Gonzalez A., Dos Reis R., Gonzalez G., Vazquez A., Ferreira F. & Moyna P. 1997.** Effect of solarium glycoalkaloids on potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. Journal of Chemical Ecology, Vol. 23, No. 6, 1651-1659.
- Haba H. 2008.** Etude phytochimique de deux Euphorbiaceae sahariennes : *Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. et *Euphorbia retusa* Forsk. Thèse de doctorat en sciences. Université El Hadj Lakhdar Batna, 279 p.
- Häkkinen, S. 2000.** Flavonols and phenolic acids in berries and berry products. Journal of Agricultural Food Chemistry. 46: 1887- 1892.
- Hanounik S.B. & Bisri M. 1991.** Status of diseases of faba bean in the Mediterranean region and their control. Options Méditerranéennes - Série Séminaires -n° 10 : 59-66.
- Harrat A. & Moussi A. 2007.** Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est algerien. Sciences & Technologie C – N°26 : 99-105.
- Harrington R., Hullé M. & Plantegenest M. 2007.** Monitoring and Forecasting. In : H. van Emden & R. Harrington (eds). *Aphids as Crop Pests*. CAB International : 515-536.
- Harmel N., Francis F., Haubruge E. & Giordanengo P. 2008.** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons : vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. Cahiers Agricultures vol. 17, n° 4: 395-400.
- Harvey J. A., Gols R., Wagenaar R., Bezemer T. M. 2007.** Development of an insect herbivore and its pupal parasitoid reflect differences in direct plant defense. J Chem Ecol, 33:1556–1569.
- Heisswolf A., Gabler D., Obermaier E., & Müller C. 2007.** Olfactory versus Contact Cues in Host Plant Recognition of a Monophagous Chrysomelid Beetle. Journal of Insect Behavior, Vol. 20, No. 2: 247-266.
- Hirota T. & Kato Y. 2001.** Influence of visual stimuli on host location in the butterfly, *Eurema hecabe*. Entomologia Experimentalis et Applicata 101: 199–206.
- Ho C.-T. 1992.** Phenolic compounds in food. An overview. In : C.-T. Ho, C.Y. Lee & M.-T. Huang (eds). *Phenolic compounds in food and their effects on health I analysis, occurrence, and chemistry*. ACS symposium series. American Chemical Society : 3-7.
- Honěk A. 1980.** Population Density of aphids at the time of settling and ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* [Col. : Coccinellidae]. Entomophaga. 25 (4) : 427-430.
- Honěk A. 1982.** The distribution of overwintered *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) adults in agricultural crop. Sonderdruck aus Bd. 94, H.3, S. : 311-319.
- Honěk A. 1985a.** Activity and predation of *Coccinella septempunctata* adults in the field (Coleoptera, Coccinellidae). Sonderdruck aus Bd. 100, H.4, S. 399-409.
- Honěk A. 1985b.** Habitat of aphidophagous coccinellids (Coleoptera). Entomophaga 30 (3) : 253-264.
- Honěk A. 1989.** Overwintering and annual changes of abundance of *Coccinella septempunctata* in Czechoslovakia (Coleoptera, Coccinellidae). Acta Entomol. Bohemoslov 86 : 179-192.
- Honěk A. 1990.** Seasonal changes in flight activity *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). Acta Entomol. Bohemoslov 867 : 336-341.

- Honěk A., Dixon A. F.G. & Martinková Z. 2008.** Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. *Eur. J. Entomol.* 105: 421–425.
- Hopkins R. J., Ekbohm B., & Henkow L. 1998.** Glucosinolate content and susceptibility for insect attack of three populations of *Sinapis alba*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 24, No, 7 : 1203-1216.
- Hora K. H. & Roessingh P. 1999.** A novel bioassay for *Yponomeuta cagnagellus* oviposition in response to extracts of host and nonhost plant surface compounds. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 25, N^o. 11 : 2547-2559.
- Hullé M., Turpeau-Ait Ighil E, Robert Y. & Monnet Y. 1999.** Les pucerons des plantes maraîchères: cycles biologiques et activités de vol. ACTA et INRA, Paris: 136 p.
- Hutzler P., Fischbach R., Heller W., Jungblut T. P., Reuber S., Schmitz R., Veit M., Weissenböck G. & Schnitzler J. P. 1998.** Tissue localization of phenolic compounds in plants by confocal laser scanning microscopy. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 49, No. 323 : 953–965.
- Iablokoff-Khznorian S.M. 1982.** Les coccinelles; Coléoptères - Coccinellidae. Société nouvelle des éditions Boubée. Paris. 568 p.
- Jones M. G. 1967.** Observations on two races of the groundnut aphid, *Aphis craccivora*. *Ent. exp. & appl.* 10 : 31--38.
- Katis N. I., Tsitsipis J. A., Stevens M. & Powell G. 2007.** Transmission of Plant Viruses. In : H. van Emden & R. Harrington (eds). *Aphids as crop pest*. CAB International : 353-373.
- Kazana E., Pope T.W., Tibbles L., Bridges M., Pickett J. A., Bones A. M., Powell G. & Rossiter J. T. 2007.** The cabbage aphid: a walking mustard oil bomb. *Proc. R. Soc. B* : 1-7.
- Kim J. H. & Mullin C. A. 2003.** Antifeedant effects of proteinase inhibitors on feeding behaviors of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 29, No. 4, 795-810.
- Kim Y. S. Uefuji H. Ogita S. & Sano H. 2006.** Transgenic tobacco plants producing caffeine: a potential new strategy for insect pest control *Transgenic Res* 15:667-672.
- Kindlmann P., Yasuda H., Kajita Y. & Dixon A. F.G. 2005.** Field test of the effectiveness of ladybirds in controlling aphids. *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Switzerland : 441-447.
- Kitamura S. 2006.** Transport of flavonoids. From cytosolic synthesis to vacuolar accumulation In : E. Grotewold (ed). *The science of flavonoids*. Springer Science + Business Media, Inc : 123-146.
- Kite G. C., Scofield A. M., Lees D. C., Hughes M. & Smith N. G. 1997.** Alkaloidal glycosidase inhibitors and digestive glycosidase inhibition in specialist and generalist herbivores of *Omphalea diandra*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 23, No. 1 : 4119-135.
- Laamari M. 2004.** Etude éco-biologique des pucerons dans quelques localités de l'est-Algérien. Thèse de doctorat d'état en sciences agronomiques. I. N. A. EL- Harrach- Alger, 204 p.
- Laamari M. & Hebbel S. 2006.** Les principaux insectes ravageurs de la fève dans la région de Biskra. *Recherche agronomique. Revue semestrielle. INRA d'Algérie N°18* : 68-74.

- Laamari M., Khelfa L. & Cœur d'Acier A. 2008.** Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. African Journal of Biotechnology Vol. 7 (14): 2486-2490.
- Lahtinen M., Salminen J., Kapari L., Lempa K., Ossipov V., Sinkkonen J., Valkama E., Haukioja E. & Pihlaja K. 2004.** Defensive effect of surface flavonoid aglycones of *Betula pubescens* leaves against first instar *Epirrita autumnata* larvae, J of Chem Ecol 30: 2257-2268.
- Lampert E. C., Zangerl A.R., Berenbaum M. R., Ode P.J. 2008.** Tritrophic effects of xanthotoxin on the polyembryonic parasitoid *Copidosoma sosares* (Hymenoptera: Encyrtidae). J Chem Ecol 34:783–790.
- Lattanzio V., Kroon P. A., Quideau S. & Treutter D. 2008.** Plant Phenolics – secondary metabolites with diverse functions. In : F. Daayf & V. Lattanzio (eds). *Recent advances in polyphenol research* Blackwell Publishing Ltd, V.1: 1-24.
- Lei H., van Lenteren J. C. & Tjallingii W. F. 1999.** Analysis of resistance in tomato and sweet pepper against the greenhouse whitefly using electrically monitored and visually observed probing and feeding behavior. Entomologia Experimentalis et Applicata 92: 299–309.
- Leiss K. A., Choi Y. H., Abdel-Farid I. B., Verpoorte R. & Klinkhamer P. G. L. 2009.** NMR Metabolomics of thrips (*Frankliniella occidentalis*) resistance in senecio hybrids. J Chem Ecol. DOI 10.1007/s10886-008-9586-0.
- Leszczynski B., Wright L. C. & Bakowski T. 1989.** Effect of secondary plant substances on winter wheat resistance to grain aphid. Entomol. exp. appl. 52: 135-139.
- Lin J. H., Lin Y. T., Huang Y. J., Wen K. C., Chen R. M., Ueng T. H. & Liao C. H. 2001.** Isolation and cytotoxicity of flavonoids from *Daphnis Genkwa* Flos. Journal of food and drug analysis, Vol. 9, No. 1, 6-11.
- Liu H., Mou Y., Zhao J., Wang J., Zhou I., Wang M., Wang D., Han J., Yu Z. & Yang F. 2010.** Flavonoids from *Halostachys caspica* and their antimicrobial and Antioxidant Activities. Molecules 15, 7933-7945.
- Lucas É. 1993.** Évaluation de l'efficacité de prédation des coccinelles, *Coccinella septempunctata* L. et *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) en tant qu'auxiliaires de lutte biologique en vergers de pommiers. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en biologie. Université du Québec à Montréal : 87p.
- MADR 2011.** Ministère de l'agriculture et du développement rural. Production nationale de la fève verte.
- Magro A. & Hemptinne J.-L. 2003.** Projet coccinelles. Laboratoire d'Agroécologie. ENFA. 8p.
- Mahmoud Y. A.-G., Ebrahim M. K. H. & Aly M. M. 2004.** Influence of Plant Extracts and Microbioagents on Physiological Traits of Faba Bean Infected with *Botrytis fabae*. Journal of Plant Biology, 47(3): 194-202.
- Marston A. & Hostettmann K. 2006.** Separation and quantification of flavonoids. In : Ø. M. Andersen & K. R. Markham (eds). *Flavonoids : Chemistry, Biochemistry and Applications*. CRC Press. Taylor & Francis Group : 1-32.
- Massonie G., Maison P., Monet R. & Grassely C. 1982.** Résistance au puceron vert du

- pêcher *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera- Aphididae), chez *prunus persica* L. Batch et d'autres espèces de prunus. *Agronomie* 2 (1): 63- 70.
- Maurin N., Gourret J. P. & Tivoli B. 1993.** Histopathology of the interaction between *Ascochyta fabae* and *Vicia faba*: comparison of susceptible and resistant reactions. *Agronomie* 13, 921-927.
- McGovern J. L., Zangerl A. R., Ode P.J. & Berenbaum M. R. 2006.** Furanocoumarins and their detoxification in a tri-trophic interaction. *Chemoecology* V. 16, N° 1 : 45-50.
- Mendel Z., Blumberg D., Zehavi A. & Weissenberg M. 1992.** Some polyphagous Homoptera gain protection from their natural enemies by feeding on the toxic plants *Spartium junceum* and *Erythrina corallodendrum* (Leguminosae). *Chemoecology* 3: 118-124.
- Metaux J. P. & Raskin I. 1993.** Role of Phenolic in plant disease resistance. In: *Biotechnology in plant disease control*. Wiley- Liss. Inc : 191 p.
- Mezghiche M. & Ghennai A. 2006.** Les zones humides dans la wilaya de de Biskra. Répartition, Importance et diversité avifaunistique. Mémoire d'Ing. Université de Biskra : 62 p.
- Miles P. W. 1965.** On the Salivary physiology of plant bugs: The Salivary secretions of aphids. *J. Insect physiology*. 11: 1261- 1268.
- Morris B. D., Charlet L. D. & Foster S. P. 2008.** Isolation of three diterpenoid acids from sunflowers, as oviposition stimulants for the banded sunflower moth, *Cochylis hospes* J Chem Ecol. DOI 10.1007/s10886-008-9567-3.
- Mullin C. A., Gonzalez-Coloma A., Gutierrez C., Reina M., Eichenseer H., Hollister B. & Chyb S. 1997.** Antifeedant effects of some novel terpenoids on chrysomelidae beetles: comparisons with alkaloids on an alkaloid-adapted and nonadapted species. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 23, N° 7 : 1851-1866.
- Niemi L., Wennström A. & Ericson L. 2005.** Insect feeding preferences and plant phenolic glucosides in the system *Gonioctena linnaeana*–*Salix triandra*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115 : 61–66.
- Nieminen M., Suomi J., Van nouhuys S., Sauri P. & Riekkola M.-L. 2003.** Effect of iridoid glycoside content on oviposition host plant choice and parasitism in a specialist herbivore. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 29, N°. 4 : 823-844.
- Nozzolillo C., Arnason J. T., Campos F., Donskov N., & Jurzysta M. 1997.** Alfalfa leaf saponins and insect resistance. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 23, N°.4: 995-1002.
- Obopile M. & Ositile B. 2010.** Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. *J Pest Sci* 83: 9–14.
- Ofuya T. I. 1997.** Effect of some plant extracts on two coccinellid predators of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* (Hom.: Aphididae). *Entomophaga* 42 (I/2): 277-282.
- Ofuya T. I. & Okuku I. E. 1994.** Insecticidal effect of some plant extracts on the cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). *Anz. Schädlingskde. Pflanzenschutz, Umweltschutz* 67 : 127-129.
- Ozenda P. 2004.** Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition de la flore du Sahara. Ed. CNRS : 661 p.

- Panneton B., Vincent C. & Fleurat-Lessard F. 2000.** Place de la lutte physique en phytoprotection. In : C. Vincent, B. Panneton & F. Fleurat-Lessard (eds). *La lutte physique en phytoprotection*. INRA, 34p.
- Pasteels J. M., Theuring C., Witte L. & Hartmann T. 2003.** Sequestration and metabolism of protoxic pyrrolizidine alkaloids by larvae of the leaf beetle *Platyphora boucardi* and their transfer via pupae into defensive secretions of adults. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 29, N° 2: 337-355.
- Peer W. A. & Murphy A. S. 2006.** Flavonoids as signal molecules. Targets of flavonoid action. In : E. Grotewold (ed). *The science of flavonoids*. Springer Science + Business Media, Inc : 239-268.
- Pengelly A. 2004.** The Constituents of medicinal plants : An introduction to the chemistry and therapeutics of herbal medicine. 2nd edition. Ed. Allen & Unwin, Australia : 161p.
- Petersen M., Hans J. & Matern U. 2010.** Biosynthesis of phenylpropanoids and related compounds. In : M. Wink (ed). *Biochemistry of plant secondary metabolism*. Second edition. Annual Plant Reviews (2010) 40, 182–257.
- Pettersson J., Karunaratne S., Ahmed E. & Kumar V. 1998.** The cowpea aphid, *Aphis craccivora*, host plant odours and pheromones. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88: 177–184.
- Piubelli G. C., Hoffmann-Campo C. B., Moscardi F., Hitomi Miyakubo S. & De Oliveira M.C. N. 2005.** Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatilis*? *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 31, No. 7 : 1509-1525.
- Powell W. & Pell J. K. 2007.** Biological Control. In : H. van Emden & R. Harrington (eds). *Aphids as crop pest*. CAB International : 469-500.
- Pratt C., Pope T. W., Powell G. & Rossiter J. T. 2008.** Accumulation of Glucosinolates by the Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae* as a Defense Against Two Coccinellid Species. *J Chem Ecol* 34:323–329.
- Preux P.M., Odermatt P., Perna A., Marin B. & Vergnenègre A. 2005.** Qu'est-ce qu'une régression logistique ? *Mémento biostatistique*. *Rev Mal Respir* ; 22 : 159-62.
- Price P.W., Bouton C. E., Gross P., McPherson B. A., Thompson J. N. & Weis A. E. 1980.** Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecological Systems*, 11: 41-65.
- Rabasse J.-M. & van Steenis M. J. 1999.** Biological control of aphids. In : Albajes *et al.* (eds). *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*. Kluwer Academic Publishers. 235-243.
- Rabbinge R., Drees E.M., Van Der Graaf M., Verberne F.C.M. & Wesselo A. 1981.** Damage effects of cereal aphids in wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 87: 217-232.
- Radwan D. E. M., Fayez K. A., Mahmoud S.Y. & Lu G. 2010.** Modifications of antioxidant activity and protein composition of bean leaf due to Bean yellow mosaic virus infection and salicylic acid treatments. *Acta Physiol Plant* 32:891–904.
- Rafalimanana H.J. 2003.** Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons : études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France : 184 p.

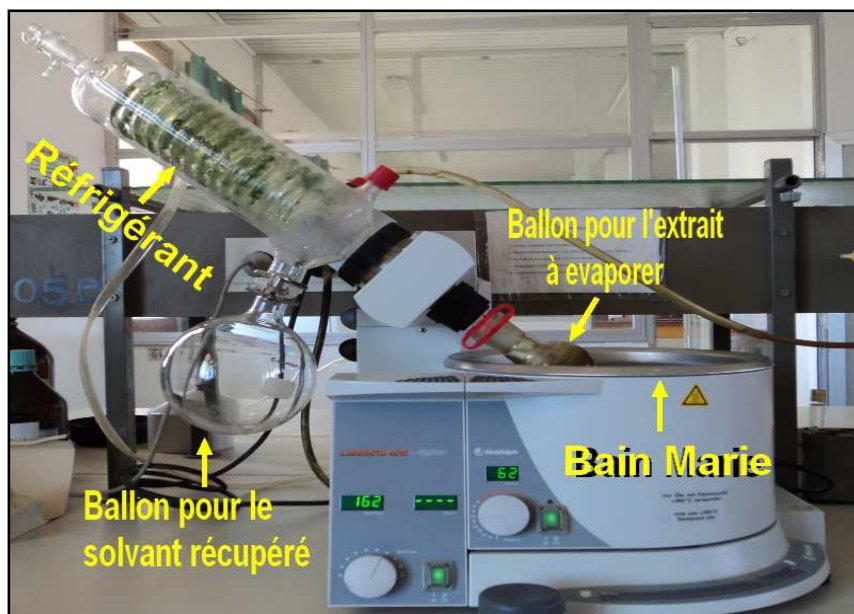
- Rakhshani E., Talebi A. A., Kavallieratos N. G., Rezwani A., Manzari S. & Tomanović Ž. 2005.** Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran. *J Pest Sci* 78: 193–198.
- Rat- Morris, E. 1994.** Analyse des relations entre *Dysaphis plantaginea passerini* (Insecta, Auchenorrhyncha) et sa plante hôte *Malus X domestica Borkh.*: étude de la résistance du cultivar Florina. Thèse de Doctorat en sciences de la vie. Université François Rabelais de Tours, France, 132 p.
- Rausher M. D. 2006.** The evolution of flavonoids and their genes. In : E. Grotewold (ed). *The science of flavonoids*. Springer Science + Business Media, Inc : 175-211.
- Reavy B. & Mayo M. A. 2002.** Persistent transmission of luteoviruses by aphids. In : J. A. Callow (ed). *Advances in botanical research*. Vol. 41. Incorporating Advances in Plant Pathology Elsevier Ltd : 21-41.
- Reifenrath K., Riederer M. & Müller C. 2005.** Leaf surface wax layers of Brassicaceae lack feeding stimulants for *Phaedon cochleariae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115 : 41–50.
- Remaudière G., Latgé J.-P. & Michel M.-F. 1981.** L'écologie comparée des entomophthoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. *Entomophaga* 26 (2) : 157-178.
- Renwick J. A. A. 2001.** Variable diets and changing taste in plant–insect relationships. *Journal of chemical ecology*, Vol. 27, No. 6 : 1063-1076.
- Resh V. H. & Cardé R. T. 2009.** *Encyclopedia of insects*. Second Edition. Academic Press, Elsevier : 1065p.
- Robert Y., Rabasse J. M. & Rouze-Jouan J. 1974.** Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de puceron en culture de pomme de terre. Influence de la hauteur de piégeage. *Annales de zoologie. Ecologie animale* 6 (3) : 349-372.
- Roy H. E. & Majerus M. E. N. 2010.** Coccinellids in a ChangingWorld. In : P. Kindlmann *et al.* (eds.). *Aphid Biodiversity under Environmental Change*. Springer Science+Business Media B.V.: 149-170.
- Rutherfordr. S. 1998.** Prediction of resistance in sugarcane to stalk borer *Eldana saccharina* by near-infrared spectroscopy on crude budscale extracts: involvement of chlorogenates and flavonoids. *Journal of Chemical Ecology* Vol. 24, N° 9 : 1447-1463.
- Ryba G. et Sylvie C. 1989.** Combattre les ravageurs des cultures: Enjeux et perspectives. *Inst- Natio. Rech. Agro.*, Paris : 29- 50.
- Saharaoui L. & Gourreau J.M. 2003.** Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidophages d'Algérie (Coleoptera, Coccinellidae). *Recherche agronomique. INRA d'Algérie n° 13* : 25-44.
- Sauvion N. 1995.** Effets et modes d'action de deux lectines à mannose sur le puceron du pois, *Acyrtosiphon pisum* (Harris). Thèse de doctorat en analyses et modélisation des systèmes biologiques, institut national des sciences appliquées de Lyon: 255 p.
- Schaller A. 2008.** *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Springer Science+Business Media B.V. 457p.
- Schaller M. & Nentwig W. 2000.** Olfactory orientation of the seven-spot ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera : Coccinellidae) : Attraction of adults to plants and conspecific females. *Eur. J. Entomol.* 97 : 155-159.

- Schaub L., Bloesch B., Grat B. & Hohn H. 1995.** Puceron cendré et des galles rouges du pommier. Revue. Suisse de Vit. Arb. Hort. n° 2 : 94- 95.
- Sherma J. 1996.** Basic Techniques, Materials, and Apparatus. In : J. Sherma & B. Fried (eds). *Hand book of Thin-Layer Chromatography*. Second Edition, revised and expanded. Marcel Dekker, 3-48.
- Simpson M. G. 2006.** plant Systematics. Elsevier: 579 p.
- Slamane N. 2010.** Effets des insecticides sur la coccionelle à sept points au laboratoire. Mém. d'Ingenieur de l'université de Batna. 63p.
- Smith C. M. 1986.** Trends affecting research strategies in plant resistance to Insects. Agriculture, Ecosystems & Environment V. 18, Issue 1 : 1-7.
- Smith C. M. 2005.** Plant resistance to arthropods. Molecular and conventional approaches. Springer : 416p.
- Smyth R. R., Tallamy D.W., Renwick J. A. A. & Hoffmann M. P. 2002.** Effects of age, sex, and dietary history on response to cucurbitacin in *Acalymma vittatum*. Entomologia Experimentalis et Applicata 104: 69–78.
- Snedecor G. W. & Cochran W. G. 1971.** Méthode statistique. Ed. Assoc. Coord. Tech. Agri. Paris : 649 p.
- Spangenberg B., Poole C. F. & Weins C. 2011.** Quantitative thin-layer chromatography. A practical survey. Springer-Verlag Berlin Heidelberg : 373p.
- Stephens J.M. 2009.** Bean, Broad — *Vicia faba* L. University of Florida : 2p.
- Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H. & Ajong D. F. 2003.** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae). Cahiers Agricultures. Volume 12, Numéro 6, 401-7.
- Tilman D. 1997.** The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science. 277: 1300- 1302.
- Trewavas A. & Stewarty D. 2003.** Paradoxical effects of chemicals in the diet on health. Current Opinion in Plant Biology 6 : 185–190.
- Turlings T. C. J. & Benrey B. 1998.** Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. Ecoscience 5 (3) : 321-333.
- Turlings T.C.J. & Ton J. 2006.** Exploiting scents of distress: the prospect of manipulating herbivore-induced plant odours to enhance the control of agricultural. Pests Current Opinion in Plant Biology, 9 : 421–427.
- Tyman J.H.P. 1996.** Synthetic and natural phenols. Studies in Organic Chemistry 52. 649 p.
- van Emden H. F. 1995.** Host plant-Aphidophaga interactions. Agriculture, Ecosystems & Environment. Volume 52, Issue 1 : 3-11.
- Vanhaelen N., Gaspar C. & Francis F. 2002.** Aphid prey suitability as environmental effect on *Adalia bipunctata* reproduction. Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet. 67(3): 563-568.
- van Leur H., Vet L. E. M., Van Der Putten W. H. & Van Dam N. M. 2008.** *Barbarea vulgaris* Glucosinolate Phenotypes Differentially Affect Performance and Preference of Two Different Species of Lepidopteran Herbivores. J Chem Ecol 34: 121–131.

- van Tol R. W. H. M., James D. E., de Kogel W. J. & Teulon D. A. J. 2007.** Plant odours with potential for a push-pull strategy to control the onion thrips, *Thrips tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 122: 69-76.
- Vasco C., Riihinen K., Ruales J., & Kamal-Eldin A. 2009.** Phenolic compounds in rosaceae fruits from Ecuador. *J. Agric. Food Chem.*, 57 : 1204-1212.
- Verdejo-Lucas S. 1999.** Nematodes. In : R. Albajes, M. Lodovica Gullino, J. C. van Lenteren & Y. Elad (eds). *Developments in plant pathology Volume 14. Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. CIHEAM & Kluwer Academic Publishers : 61-67.
- Vermerris W. & Nicholson R. L. 2006.** Phenolic compound Biochemistry. Springer : 285p.
- Vet L. E. M. 1999.** Evolutionary aspects of plant- carnivore interactions. In : D.J. Chadwick & J. A. Goode (eds). *Symposium on Insect-plant interactions and induced plant defence*. Novartis Foundation: 3-13.
- Völkl W., Mackauer M., Pell J. K. & Brodeur J. 2007.** Predators, Parasitoids and Pathogens. In : H.van Emden & R. Harrington (eds). *Aphids as crop pest*. CAB International : 187-215.
- Wadhams L. J., Birkett M. A., Powell W. & Woodcock C. M. 1999.** Aphids, predators and parasitoids. In : D. J. Chadwick & J. A. Goode (eds). *Insect-plant interactions and induced plant defence*. Novartis Foundation Symposium 223: 60-67.
- Wang S. F., Ridsdill-Smith T. J. & Ghisalberti E. L. 1999.** Levels of isoflavonoids as indicators of resistance of subterranean clover trifoliate to redlegged earth mite *Halotydeus destructor*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 25, N° 4 : 795-803.
- Weigand S. & Bishara S. L. 1991.** Statute of insect pests of faba bean in the Mediterranean region and method of control. *Options méditerranéennes – série séminaires*, n° 10: 67-74.
- Wink M. 2010.** Introduction: Biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. In : M. Wink (ed). *Biochemistry of plant secondary metabolism. Second edition*. Annual Plant Reviews 40 : 1-19.
- Winkel B. S. J. 2006.** The biosynthesis of flavonoids. In : E. Grotewold (ed). *The science of flavonoids*. Springer Science + Business Media, Inc : 71-95.
- Zaghouane O. 1991.** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires*, n° 10 : 123-125.
- Zouiten N., Ougassy Y., HilaL A., Ferriere N., Macheix I. J. & El- Hadrami I. 2000.** Interaction Olivier- Psylle. Caractérisation des composés phénoliques des jeunes pousses et des grappes florales et relation avec le degré d'attraction ou de répulsion des cultivars. *Agrochimical*; 1 (2): 1-12.

Annexes

Annexe 1 : Appareillage utilisé pour l'extraction des flavonoïdes



(1) Rotavaporisateur (photo personnelle).



(2) Lampe UV à 254 nm (photo personnelle).

Annexe 2 : Doses d'utilisations homologuées en Algérie (Rallis, 2007)

Cultures	Parasites	Doses g/hl	DAR (jours)
Arbres fruitiers	Mouches blanche	20-30	14 jours
	Mineuse		
Agrumes	Mouche blanche	20-30	14 jours
	Mineuse		
	Pucerons	10-12.5	
Cultures maraichères	Mouche blanche	10-30	7 jours
	Mineuse		
	Pucerons	10-12.5	

DAR : Durée avant récolte.

Annexe 3 : Taux de mortalité d'*A. craccivora* aux régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide.

traitement variable	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm	Signification
% de mortalité (après 144 h) -cas de flavonoïdes-	1,95%	2,6%	3%	2,25%	1,25%	2,1%	$\chi^2 = 0,205$, p=0,650
% de mortalité (après 144 h) -cas de combinaison flavono-insecticide-	2,36%	15%	26,25%	40,15%	55,42%	60,25%	$\chi^2 = 693,07$, p=0,00
% de mortalité (après 144 h) -cas de l'insecticide-	2,56%	25,25%	50,66%	70,75%	100%	100%	$\chi^2 = 713,75$, p=0,00

Annexe 4 : Gain pondéral d'*A. craccivora* aux régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide.

traitement variable	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm	Signification
Poids moyen en mg (après 144 h) -cas de flavonoïdes-	0,246± 0,000	0,245± 0,000	0,245± 0,001	0,245± 0,000	0,246± 0,001	0,245± 0,001	F=2 p=0,125
Poids moyen en mg (après 144 h) -cas de combinaison flavono-insecticide-	0,245a ± 0,000	0,21b± 0,000	0,197c± 0,001	0,121d± 0,000	000e± 0,000	000e± 0,000	F=132661 p=0,00
Poids moyen en mg (après 144 h) -cas de l'insecticide-	0,245a ± 0,001	0,202b± 0,001	000c± 0,001	000c± 0,001	000c± 0,000	000c± 0,000	F=3363,8 p=0,00

Poids moyen ± erreur standard, N= 15.

Annexe 5 : Taux de mortalité au second stade larvaire de *C. septempunctata* se nourrissant de larves d'*A. craccivora* élevées dans des régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide.

traitement variable	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm	Signification
% de mortalité au second stade -cas de flavonoïdes-	1,98%	1,99%	2%	1,95%	1,89%	1,89%	$\chi^2=0,75$, $p>0,05$
% de mortalité au second stade -cas de combinaison flavon-insecticide-	2,01%	5,56%	8,45%	20,25%	35,36%	55,56%	$\chi^2 = 105,7$, $p=0,00$
% de mortalité au second stade -cas de l'insecticide-	1,97%	16,66%	26,66%	50%	66,66%	100%	$\chi^2 = 66,6$, $p=0,00$

Annexe 6: Gain pondéral au second stade larvaire de *C. septempunctata* se nourrissant de larves d'*A. craccivora* élevées dans des régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide.

traitement variable	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm	Signification
Poids moyen en mg -cas de flavonoïdes-	0,322 ± 0,000	0,32 ± 0,004	0,322± 0,001	0,321 ± 0,000	0,322 ± 0,002	0,322 ± 0,000	F= 0, P'>0,05
Poids moyen en mg -cas de combinaison flavono-insecticide-	0,321a ± 0,000	0,293b± 0,000	0,251c± 0,001	0,23d± 0,000	000e± 0,000	000e± 0,000	F= 6708, p=0,00
Poids moyen en mg -cas de l'insecticide-	0,321a ± 0,000	0,229b± 0,001	000c± 0,001	000c± 0,001	000c± 0,000	000c± 0,000	F= 40469,9, p=0,00

Poids moyen ± erreur standard, N= 10.
Différence significative au seuil de 1%.

Annexe 7 : Durée du développement larvaire de la coccinelle au second stade larvaire de *C. septempunctata* se nourrissant de larves d'*A. craccivora* élevées dans des régimes contenant 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm et 250 ppm de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide.

traitement variable	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm	250 ppm	Signification
N ^{bre} de jours au second stade (j) -cas de flavonoïdes-	3,7± 0,11	3,6 ± 0,11	3,7± 0,15	3,7± 0,06	3,7± 0,11	3,7± 0,10	F= 0,152, P>0,05
N ^{bre} de jours au second stade (j) -cas de combinaison flavono-insecticide-	3,70 a± 0,05	4,83 b± 0,05	5,23 c± 0,05	5,43 cd± 0,05	5,46d ± 0,05	5,46d ± 0,05	F= 112,35, p=0,00
N ^{bre} de jours au second stade (j) -cas de l'insecticide-	3,70 a± 0,05	5,23b± 0,001	5,46c± 0,001	5,73d± 0,001	5,83e± 0,000	000f± 0,000	F= 1720,11, p=0,00

J : jour

N=10

Résumé

L'objectif de cette étude consistait à déterminer le rôle des composés phénoliques dans l'interaction tritrophique entre la plante hôte *Vicia faba* L., son ravageur *Aphis craccivora* Koch (Homoptera, Aphididae) et le prédateur *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae).

Pour cela, nous avons d'abord étudié quelques aspects bioécologiques des deux insectes entre autres, l'estimation du niveau de population des insectes grâce au contrôle visuel et aux pièges jaunes installés dans la parcelle de la fève.

Ensuite, nous avons procédé à l'extraction des composés phénoliques à partir des jeunes feuilles de la fève, d'une variété espagnole (Luz de Otoño). Les résultats obtenus grâce à la chromatographie sur couche mince (CCM), montrent que les flavonoïdes sont majoritaires.

L'influence des différentes doses de flavonoïdes, combinaison flavonoïdes-insecticide et insecticide (Wide[®]) sur le puceron et la coccinelle a été mise en évidence. Ces différentes préparations ont été utilisées pour élever des pucerons d'*Aphis craccivora*. Ces pucerons ont été fournis comme nourriture à la coccinelle à sept points. Les résultats obtenus montrent que les flavonoïdes ont eu un effet neutre vis-à-vis du puceron. Par contre, ils ont affecté le gain pondéral et la durée du développement larvaire au second stade de la coccinelle à sept points à partir de la concentration 0,5 g/l.

Mots-clé : Composés phénoliques, interaction tritrophique, *Vicia faba*, *Aphis craccivora*, *Coccinella septempunctata*

Abstract

The aim of this study was to assess the role of phenolic compounds in tritrophic interaction between host plant, *Vicia faba* L., its phytophagous *Aphis craccivora* (Homoptera, Aphididae) and the predator *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae).

To do that, we have at first studied some bioecological aspects of the two insects among others, the estimation of the population level of these insects by the visual control and yellow traps.

Then, we have extracted phenolic compounds from the young leaves of faba, soanish cultivar (Luz de Otoño). Results obtained by Thin Layer Chromatography (TLC) showed that flavonoids were dominant.

The effect of different influences of flavonoids, flavonoids-insecticide combination and insecticide (Wide[®]) on aphid and ladybird was determined. These different preparations were used to rear the aphid *Aphis craccivora*. Aphids were provided as a food source to the polyphagous ladybird *Coccinella septempunctata*. Results showed that flavonoids have neutral effect against the aphid. By contrast, the ponderal gain and the time necessary for larvae to reach second for this specie of ladybird were affected by flavonoids from the dose of 0.5 g/l.

Keywords : Phenolic compounds, tritrophic interaction, *Vicia faba*, *Aphis craccivora*, *Coccinella septempunctata*