

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université El-Hadj Lakhdar – Batna –

Faculté des Sciences

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Présenté pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Agronomie

Spécialité : Entomologie agricole et forestière

Présenté par : MERADSI Fouad

SUJET

Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève

Vicia faba L. au puceron noir *Aphis fabae* Scopoli, 1763

(Homoptera: Aphididae)

Soutenue devant le jury composé de :

Mr. OUDJEHIH B.	Prof.	Université de Batna	Président
Mr. LAAMARI M.	M.C.	Université de Batna	Rapporteur
Mr. OULD EL HADJ M.D.	Prof.	Université d'Ouargla	Examineur
Mr. BOUNECHADA M.	M.C.	Université de Sétif	Examineur

Soutenue le 16 Novembre 2009

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université El-Hadj Lakhdar – Batna –

Faculté des Sciences

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Présenté pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Agronomie

Spécialité : Entomologie agricole et forestière

Présenté par : MERADSI Fouad

SUJET

Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève

Vicia faba L. au puceron noir *Aphis fabae* Scopoli, 1763

(Homoptera: Aphididae)

Soutenue devant le jury composé de :

Mr. OUDJEHIH B.	Prof.	Université de Batna	Président
Mr. LAAMARI M.	M.C.	Université de Batna	Rapporteur
Mr. OULD EL HADJ M.D.	Prof.	Université d'Ouargla	Examineur
Mr. BOUNECHADA M.	M.C.	Université de Sétif	Examineur

Soutenue le 16 Novembre 2009

Remerciements

Mes sincères remerciements sont exprimés agréablement à mon rapporteur, Mr. **LAAMARI M.** Maître de Conférences à l'Université Hadj Lakhdar (Batna) pour la documentation qu'il m'a procurée, sa patience, son aide, ses conseils et ses encouragements pour réaliser ce modeste travail. Je le remercie aussi pour avoir corrigé plusieurs fois avec grand soin et patience ce manuscrit.

Je remercie vivement Mr. **OUJJEH H B.** Professeur à l'Université Hadj Lakhdar (Batna), pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury, pour la documentation relative à la caractérisation du matériel végétal ainsi, que pour ses précieux conseils.

Mes remerciements vont également à :

Mr. **OULD EL HADJ M.D.** Professeur à l'Université Kasdi Merbah (Ouargla) et Mr. **BOUNECHADA M.** Maître de Conférences à l'Université Farhat Abbas (Sétif), pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je remercie vivement mon ami Mr. **LEBBAL S.** pour tous le temps consacré avec moi pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie aussi Mr. **BENSSACI O. A.** pour la documentation qu'il m'a procurée et surtout pour ses encouragements.

La réalisation d'une mémoire est loin d'être le fruit du travail d'une seule personne, ainsi, je tiens à remercier de tout coeur toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire.

Liste des figures

Figure 1 : (A et B) La forme aptère et ailée d' <i>Aphis fabae</i>	8
Figure 2 : (A, B, C, D et E) Quelques caractères morphologiques des cultivars de fève mesurés.....	11
Figure 3 : Disposition des différents cultivars en plein champ.....	13
Figure 4 : Mise en place de la culture pour le test d'antixénose.....	17
Figure 5 : Disposition des cultivars au laboratoire pour le test d'antibiose.....	19
Figure 6 : (A et B) Mesure de la longueur et de la largeur de l'adulte <i>Aphis fabae</i> à l'aide d'un objectif gradué.....	20
Figure 7 : Vue des embryons d'un <i>Aphis</i> (femelle) après dissection et coloration au bleu de méthylène.....	22
Figure 8 : Disposition des différents cultivars de fève en serre pour le test de tolérance.....	24
Figure 9 : Aspects externes et calibres des graines des différents cultivars de fève classés comme résistants (en bas) et très sensibles (en haut).....	30
Figure 10 : Attractivité des 7 cultivars de fève étudiés à l'égard des adultes aptères d' <i>Aphis fabae</i> en situation de lumière.....	32
Figure 11 : Attractivité des 7 cultivars de fève étudiés à l'égard des adultes aptères d' <i>Aphis fabae</i> en situation d'obscurité après 24 heures du temps.....	32
Figure 12 : Surface des adultes (mm ²) <i>Aphis fabae</i>	33

Figure 13 : Poids des adultes (mg) <i>Aphis fabae</i>	33
Figure 14 : Fécondité potentielle des adultes <i>Aphis fabae</i>	35
Figure 15 : Durée du développement larvaire et de période pré reproductive des individus d' <i>Aphis fabae</i>	35
Figure 16 : Fécondité journalière moyenne des individus d' <i>Aphis fabae</i>	36
Figure 17 : Durée de la période reproductive des individus d' <i>Aphis fabae</i>	38
Figure 18 : Durée de la vie imaginale des individus d' <i>Aphis fabae</i>	38
Figure 19 : Durée de vie totale des individus d' <i>Aphis fabae</i>	39
Figure 20 : Fécondité totale moyenne des adultes d' <i>Aphis fabae</i>	39
Figure 21 : Taux reproductif net (R_0) des adultes d' <i>Aphis fabae</i>	42
Figure 22 : Temps de génération (T) des individus d' <i>Aphis fabae</i>	42
Figure 23 : Taux de multiplication (TM) des individus d' <i>Aphis fabae</i>	43
Figure 24 : Réduction de la hauteur (%) entre les plants infestés et non infestés des 7 cultivars de fève liée à la présence d' <i>Aphis fabae</i>	45
Figure 25 : Différence de taille entre les plants infestés (I) et témoins (T) des différents cultivars de fève testés.....	45
Figure 26 : Réduction du poids sec des plants des 7 cultivars de fève.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Codes et origines des différents cultivars de fève testés.....	7
Tableau 2 : Normes et codes des caractéristiques morphologiques et agronomiques appliqués dans cette étude (UPOV, 2003).....	12
Tableau 3 : Répartition des cultivars durant les trois comptages (10, 20 et 30 jours après infestation) en fonction de l'importance des effectifs d' <i>Aphis fabae</i> formés.....	26
Tableau 4 : Les cultivars classés comme résistants ou très sensibles durant les trois comptages effectués.....	27
Tableau 5 : Caractéristiques morphologiques et agronomiques des cultivars résistants et très sensibles.....	28
Tableau 6 : Relation entre le niveau de la résistance et les aspects morphologiques des cultivars résistants (CR) et très sensibles (CTS) durant les trois comptages.....	29
Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre poids et fécondité potentielle (nombre total d'embryons et embryons développés) des adultes <i>Aphis fabae</i>	34
Tableau 8 : Coefficients de corrélation (r) entre les paramètres biotiques	40
Tableau 9 : Taux de doublement DT (jours) et taux d'accroissement naturel (r_m) des individus d' <i>Aphis fabae</i> (moyenne $\pm$ erreur type).....	41

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I- Matériel et méthodes	6
1.1- Matériel	6
1.1.1- Matériel végétal	6
1.1.2- Matériel animal	6
1.1.2.1- Description du puceron	6
1.1.2.1.1- Forme aptère	6
1.1.2.1.2- Forme ailée	6
1.1.2.2- Plantes hôtes	9
1.1.2.3- Cycle biologique	9
1.1.2.4- Dégâts	9
1.2- Méthodologie	10
1.2.1- Caractérisation du matériel végétal	10
1.2.2- Evaluation de la résistance en plein champ	10
1.2.2.1- Mise en place de la culture	10
1.2.2.2- Infestation des plants	14
1.2.2.3- Niveau de résistance	14
1.2.3- Etude des mécanismes de résistance	15
1.2.3.1- Antixénose	15
1.2.3.1.1- Test en lumière	16
1.2.3.1.1.1- Mise en culture	16
1.2.3.1.1.2- Infestation artificielle des plants	16
1.2.3.1.2- Test en obscurité	16
1.2.3.1.2.1- Mise en culture	16

1.2.3.1.2.2- Infestation artificielle des plants	18
1.2.3.2- Antibiose	18
1.2.3.2.1- Mise en place de la culture	18
1.2.3.2.2- Infestation des plants	18
1.2.3.2.3- Paramètres étudiés	18
1.2.3.3- Tolérance	23
1.2.3.3.1- Mise en place de la culture	23
1.2.3.3.2- Infestation des plants	23
1.2.3.3.3- Paramètres mesurés	23
1.2.4- Analyse des données	25
Chapitre II- Résultats	26
2.1- Résistance en plein champ	26
2.1.1- Relation entre le niveau de résistance des cultivars et leur aspect morphologique	27
2.2- Etude des mécanismes de résistance	31
2.2.1- Antixénose	31
2.2.1.1- Test en lumière	31
2.2.1.2- Test en obscurité	31
2.2.2- Antibiose	31
2.2.2.1- Surface, poids et fécondité potentielle des adultes	31
2.2.2.2- Autres paramètres biotiques	34
2.2.2.3 Paramètres démographiques	40
2.2.3- Tolérance	44

Chapitre III- Discussions	47
3.1- Résistance en plein champ	47
3.2- Etude des mécanismes de résistance	49
3.2.1- Antixénose	49
3.2.2- Antibiose	52
3.2.2.1- Surface, poids et fécondité potentielle des adultes	52
3.2.2.2- Autres paramètres biotiques	53
3.2.2.3- Paramètres démographiques	56
3.2.3- Tolérance	57
Conclusion	59
Références	62
Annexes	70

Introduction

En 2005, les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves, soit le ¼ de la production mondiale. La Chine, avec 1 800 000 tonnes est considérée comme le premier producteur mondial. L'Algérie, avec 27 000 tonnes occupe le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental devancée par l'Éthiopie (516 000 tonnes), l'Égypte (350 000 tonnes), le Soudan (112 000 tonnes), le Maroc (73 000 tonnes) et la Tunisie (45 000 tonnes) (Giove et Abis, 2007).

En Algérie, la culture de la fève *Vicia faba* L. est pratiquée surtout dans les plaines côtières et de l'intérieure. Une superficie de 58 000 ha est réservée à cette culture et dont 50 % de celle-ci est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain Témouchent et Biskra (Maatougui, 1996).

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté.

En plus des contraintes abiotiques (froid, gelées, chaleurs et salinité), les fèves sont exposées aux effets néfastes des adventices, des maladies fongiques et virales, des nématodes et enfin des insectes (Maatougui, 1996).

Parmi les insectes inféodés à la fève, les pucerons occupent une place très particulière. En effet, Fouarge (1990) a noté que les particularités biologiques et éthologiques de ces aphides, notamment leur potentiel biotique prodigieux et leur extraordinaire adaptation à l'exploitation maximale du milieu par leur polymorphisme, en font les déprédateurs majeurs des cultures. A titre d'exemple, Way et Banks (1967) cités par Dixon (1998) ont mentionné qu'un hectare de haricot vert peut produire 4 milliards d'*Aphis fabae* ailés soit l'équivalent de la masse d'un éléphant. De plus ces pucerons ont la capacité de se propager à grande échelle par l'intermédiaire des ailés, colonisant d'autres cultures. De ce fait ils échappent aux effets des parasites et des

prédateurs. Toutes ces caractéristiques biologiques ont fait que les entomologistes leur ont accordé beaucoup d'importance.

Sur le plan des dégâts, les pucerons sont considérés aujourd'hui parmi les insectes ravageurs les plus importants induisant des pertes économiques notables. Ils provoquent des dommages de deux types. Les dégâts directs correspondent à de multitudes prises de nourriture, ce qui engendre un affaiblissement de la plante, l'avortement des fleurs, l'enroulement et la chute des feuilles réduisant la surface photosynthétique et le dessèchement des pousses (Delorme, 1997). Les ravages indirects interviennent d'une part par l'installation de champignons affines de *Fumago* spp., désignée par le concept fumagine, sur la couche de miellat expulsé par les pucerons et d'autre part par la transmission de phytovirus.

Leclant (1982) estime que les pucerons occupent un rôle de premier plan dans la dissémination des maladies à virus tant par le nombre de virus qu'ils sont susceptibles de transmettre que par le nombre d'espèces impliquées.

D'après Lecoq (1996 a) les pucerons possèdent de nombreuses caractéristiques morphologiques et biologiques qui en font des vecteurs de virus redoutables. Le même auteur ajoute que l'alimentation des pucerons s'effectue par l'intermédiaire de pièces buccales leur permettant de piquer et d'atteindre les tissus des feuilles. D'après Lecoq (1996 b) c'est par ces petites blessures ainsi formées que les virus pourront être prélevés ou introduits dans les plantes.

En Algérie Oufroukh (1997) attribue la présence du Bean Leaf Roll Virus (BLRV) et du Faba Bean Necrotic Yellow Virus (FBYNV) sur la fève à l'activité des pucerons.

Sur la fève, le puceron noir de la luzerne *A. craccivora* Koch et le puceron noir de la fève *A. fabae* Scopoli, sont les espèces qui menacent le plus cette culture. Klingauf (1982) a mentionné que ces deux espèces aphidiennes montrent des préférences climatiques différentes. Dans les régions froides, c'est *A. fabae* qui domine, alors que dans les régions tempérées d'Europe et d'Asie (Jordanie, Syrie) les deux espèces se rencontrent parfois dans des colonies mixtes. Sous les climats chauds

et secs (Bahrain, Oman) *A. craccivora* devient plus dominant. Steinmann (1985) cité par Weigand et Bishara (1991) a mentionné également qu'en Tunisie, les fortes infestations d'*A. fabae* surviennent dans le Nord, celles d'*A. craccivora* uniquement au niveau des Oasis du Sud, tandis qu'au Maroc, les espèces sont concentrées dans toutes les régions, avec une nette dominance d'*A. craccivora*, qui infestait 71% des champs.

La lutte chimique contre les pucerons pose souvent des problèmes du fait que ces insectes se fixent généralement à la face inférieure des feuilles et qu'ils sont difficiles à atteindre par les traitements. Par ailleurs, des cas de résistance aux aphicides sont de plus en plus fréquents (Sauvion, 1995).

L'utilisation de variétés résistantes apparaît aujourd'hui comme l'une des composantes majeures de la stratégie de lutte intégrée. Ce moyen de lutte est à la fois le mieux adopté par les agriculteurs et le plus efficace. En plus, il intervient dans la réduction de l'impact négatif des pesticides sur la santé humaine et sur l'environnement (Sauvion, 1995; Schotzko et Bosque-Pérez, 2000; Sharma, 2001; Qubbaj *et al.*, 2005; Aubertot et Savary, 2006). Pour toutes ces vertus, plusieurs auteurs entre autre Lecoq *et al.* (1982), Malausa *et al.* (1988), Chauvin *et al.* (1997) pensent que la sélection de la plante cultivée pour la résistance aux insectes est la voie d'avenir qui ouvre le plus de nouvelles perspectives devant la recherche dans le cadre de la protection et de l'amélioration des plantes.

La résistance des plantes cultivées aux attaques des insectes est définie par Painter (1951) cité par Bakhietia et Chander (1997) comme étant l'aptitude d'une plante à s'opposer aux effets dépressifs d'une attaque de la part d'un agent pathogène ou d'un prédateur en limitant son attractivité, son développement ou sa multiplication.

A travers le monde cette résistance a fait l'objet de plusieurs travaux. Parmi ceux-ci il est intéressant de citer l'étude de Bintcliffé et Wratten (1982) sur la résistance de certains cultivars de la pomme de terre à *Myzus persicae*, celle de Bouffard (1996) sur la résistance par antibiose de la pomme de terre, de la fève et du chou chinois à *M. persicae* et *Aulacorthum solani*. En Egypte, la recherche des

variétés de fève résistantes à *A. craccivora* a fait l'objet de plusieurs travaux. Le centre des recherches agronomiques d'El Giza (Egypte), dans le cadre d'un projet sur la fève, en collaboration avec le centre international des recherches agronomiques dans les zones arides (ICARDA), a évalué au bout de 4 années la résistance de 7156 variétés de fève provenant de l'Egypte, du Soudan et de l'Ethiopie. Parmi ce nombre, 114 variétés sont retenues pour leur résistance à *A. craccivora* (EL Defraoui et *al.*, 1991).

Jane et *al.* (1982) attribuent la résistance des plantes aux pucerons aux mécanismes de tolérance, d'antibiose et d'antixénose ou non préférence.

La résistance par tolérance est définie par le fait qu'une plante peut supporter une population élevée de l'insecte mais n'en souffre pas ou peu dans sa croissance et dans son développement et surtout dans sa production (Pitrat et Lecoq, 1996). Par ailleurs, Clavel et Welcker (1996) définit la tolérance d'une variété à un ravageur comme étant sa capacité à supporter du point de vue du développement de la plante et de sa production les attaques du puceron qui entraîneraient une réduction significative de la croissance et de la production chez une variété sensible.

La résistance par antibiose est définie par Pitrat et Lecoq (1996) comme étant un effet de la plante sur la biologie de l'insecte et se manifeste par une modification du sex-ratio, par un allongement de la durée de chaque stade larvaire et par l'augmentation de la mortalité des larves et des adultes.

La résistance par antixénose ou non-préférence est définie par Clavel et Welcker (1996) comme étant un effet négatif exercé par une variété résistante sur le comportement de l'insecte à court terme, par exemple lorsqu'elle synthétise des substances répulsives vis-à-vis du comportement de prise alimentaire, ou du comportement de ponte de l'adulte. En présence d'une plante résistante par antixénose, un insecte peut soit la quitter pour rechercher une autre plante adéquate, soit mourir à la suite d'un jeûne forcé.

En matière de semence de fève, l'Algérie possède un matériel végétal local non négligeable. A titre d'exemple dans la région de Biskra qui couvre plus de 70 % des besoins nationaux en fève fraîche (Hamadache et Oufroukh, 1994), chaque agriculteur détient sa propre semence qu'il sélectionne à partir des plants vigoureux de la récolte précédente.

Pour mettre en valeur ces ressources phytogénétiques locales, des prospections sont effectuées dans plusieurs régions de l'Est algérien afin de récolter le maximum de provenances.

L'objectif essentiel de cette étude est d'évaluer le niveau de résistance de ce matériel végétal collecté au puceron noir de la fève *A. fabae* Scopoli.

Dans un premier temps l'ensemble des cultivars (77 provenances) de fève collectés sont cultivés en plein champs pour une première évaluation de leur niveau de résistance à ce puceron. Les cultivars qui se sont montrés résistants lors de cette première évaluation, ont fait l'objet d'une deuxième évaluation sous serre et au laboratoire. Dans cette deuxième étude, les résultats obtenus dans la première évaluation sont confirmés ainsi que les mécanismes de la plante impliqués pour vaincre cette présence aphidienne sont déterminés.

L'étude correspond trois parties. Dans la première, le matériel végétal et animal ainsi que les différentes méthodes appliquées sont présentés. Dans la deuxième, il est présenté l'ensemble des résultats obtenus en plein champ, sous serre et au laboratoire. La troisième partie comporte les discussions des résultats obtenus.

Chapitre I- Matériel et méthodes

1.1- Matériel

1.1.1- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé lors de la première étude effectuée en plein champs est composé de 77 cultivars de fève *Vicia faba* major L. (Fabaceae) collectés à partir de plusieurs localités appartenant aux régions de Biskra, Khenchela, Batna et Ouargla et deux variétés espagnoles (tableau 1).

1.1.2- Matériel animal

Dans cette étude l'ensemble des cultivars de fève collectés sont infestés artificiellement par le puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli. La première souche de ce puceron utilisée dans ce travail (plein champs) a été récoltée à partir des plants de fève trouvés dans le terrain expérimental du Département d'Agronomie de Batna. Un élevage de base d'un individu adulte collecté dans le même site a été effectué sur des plants de fève dans un abri serre. Cette deuxième souche a été utilisée pour l'infestation artificielle des mécanismes de résistance de la deuxième étude.

1.1.2.1- Description du puceron

1.1.2.1.1- Forme aptère

La forme aptère du puceron noir de la fève *A. fabae* mesure environ 2mm (Hullé *et al.*, 1999). Elle est de couleur verte olive foncé à noir mat et recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche (Leclant, 1999). Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda. Cette dernière est digitiforme et trapue (Leclant, 1999) (figure 1A).

1.1.2.1.2- Forme ailée

Sous sa forme ailée, *A. fabae* est plus allongée que l'aptère (Hullé *et al.*, 1999). Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes et qui représentent environ les deux tiers de la longueur du corps (Hullé *et al.*, 1999). D'après Leclant (1999), le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensoria secondaires disposés irrégulièrement. Parfois il existe quelques sensoria sur le quatrième article antennaire.

L'abdomen de l'ailé est souvent orné de bandes pigmentées à contour irrégulier mais jamais fusionnées pour former une plaque (figure 1B).

Tableau 1: Codes et origines des différents cultivars de fève testés.

Code	Origine	Code	Origine
1	Espagne	120	Biskra
2	Espagne	121	Biskra
3	-	122	Biskra
4	-	123	Biskra
5	-	124	Biskra
6	-	125	Biskra
7	-	126	Biskra
8	-	127	Khenchela
9	-	128	Biskra
10	-	129	Biskra
11	-	130	Khenchela
12	Biskra	131	Biskra
13	-	132	Biskra
14	-	133	Biskra
15	-	134	Khenchela
16	-	135	Khenchela
17	-	136	Khenchela
18	-	137	Ouargla
19	-	138	Ouargla
100	Biskra	139	Khenchela
101	Biskra	140	Khenchela
102	Biskra	141	Biskra
103	Biskra	142	Khenchela
104	Biskra	143	Khenchela
105	Biskra	144	Khenchela
106	Biskra	145	Khenchela
107	Biskra	146	Khenchela
108	Biskra	147	Khenchela
109	Biskra	148	Khenchela
110	Biskra	149	Khenchela
111	Biskra	150	Khenchela
112	Biskra	151	Batna
113	Biskra	152	Batna
114	Biskra	153	Biskra
115	Biskra	154	Biskra
116	Biskra	155	Biskra
117	Biskra	156	Biskra
118	Biskra	157	Biskra
119	Biskra		

- : Origine inconnue.



A - Forme aptère.



B - Forme ailée.

Figure 1: (A et B) La forme aptère et ailée d'*Aphis fabae*.

1.1.2.2- Plantes hôtes

Ce puceron est très polyphage. Il peut vivre sur plus de 200 plantes hôtes. Les hôtes primaires sont principalement des arbustes : Fusain d'Europe (*Euonymus europaeus*), la boule de neige (*Viburnum opulus*) et seringat (*Philadelphus coronarius*). Ses plantes hôtes secondaires peuvent appartenir aux Fabacées, Chénopodiacées, Astéracées, Brassicacées, Solanacées, ainsi que diverses cultures florales et ornementales (Hullé *et al.*, 1999).

1.1.2.3- Cycle biologique

Le puceron noir de la fève est dœcique (Le Bohec *et al.*, 1981; Hullé *et al.*, 1999). Il alterne son développement entre son hôte primaire, en général le Fusain, et ses hôtes secondaires, des plantes herbacées appartenant à de très nombreuses familles botaniques. Dès le mois de mars, après l'éclosion des œufs d'hiver, plusieurs générations parthénogénétiques se développent sur l'hôte primaire. La proportion d'ailés augmente alors au sein des colonies. Les premiers ailés s'observent au cours du mois d'avril. Ces individus seront à l'origine de colonies en manchons parfois très denses sur les plantes hôtes secondaires sauvages et cultivées. Les ailés impliqués dans la reproduction sexuée apparaissent à l'automne et regagnent l'hôte primaire. La fécondation et la ponte intervenant au courant du mois d'octobre. La reproduction sexuée n'est pas toujours obligatoire chez ce puceron. Dans les régions à climat doux, des populations peuvent de maintenir tout l'hiver sur des hôtes secondaires en continuant à se multiplier par parthénogenèse (Hullé *et al.*, 1999).

1.1.2.4- Dégâts

La présence de milliers d'individus 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). De plus, le puceron noir de la fève peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007).

1.2- Méthodologie

1.2.1- Caractérisation du matériel végétal

Dans le but de faire ressortir la relation entre l'aspect morphologique des cultivars et leur niveau de la résistance, une étude est réservée à la description des différents organes des plants. Des mensurations sont effectuées sur les tiges, le feuillage, les inflorescences, et les gousses des plants des 68 cultivars cultivés en plein champ (figure 2). Les dimensions des graines sèches représentant l'ensemble des cultivars sont également estimées. Cette évaluation est réalisée selon les normes proposées par le guide de l'UPOV (2003) (tableau 2), à des stades phénologiques bien définis. Les caractères 3, 4, 6, 9, 10, 13 et 15 (voir légende du tableau 2) sont évalués au stade plein floraison. Par contre les caractères 21, 23, 24 et 27 sont estimés durant le stade du développement du fruit. Le caractère 31 est calculé après la récolte.

1.2.2- Evaluation de la résistance en plein champ

1.2.2.1- Mise en place de la culture

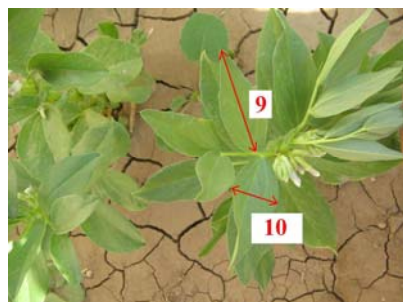
Pour cette première étude, le semis des graines de fève représentant les 77 cultivars de fève est réalisé le 06 décembre 2007 à raison de 5 à 10 graines par cultivar. Cette opération est effectuée dans une parcelle de 64,8 m² située dans le terrain expérimental du Département d'Agronomie de Batna (figure 3). La profondeur de semis est fixée à 5 cm. L'espacement est de 40 cm entre les lignes et 20 cm entre les plants (figure 3). La culture est conduite sans traitement insecticide et sans fertilisation. Après la levée, beaucoup de graines n'ont pas germés. Ainsi, les cultivars non représentés par au moins 3 plants sont retirés de l'étude (c'est le cas des cultivars 3, 13, 14, 15, 17, 106, 121, 122 et 154).



A- Deuxième nœud florifère.



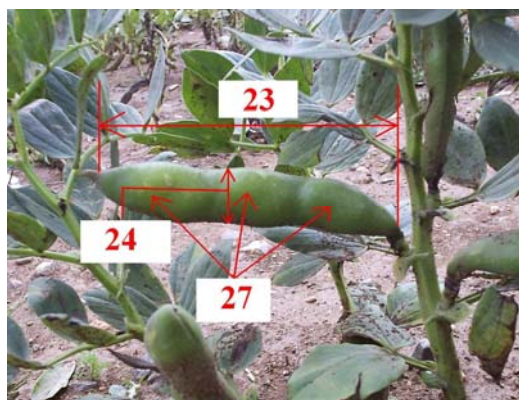
B- Pigmentation anthocyanique



C- Longueur et largeur de la foliole.



D- Longueur de fleur.



E- Caractères de la gousse.

Figure 2: (A, B, C, D et E) Quelques caractères morphologiques des cultivars de fève mesurés.

Tableau 2: Normes et codes des caractéristiques morphologiques et agronomiques appliqués dans cette étude (UPOV, 2003).

Organes	Caractères	Normes				
Tige	3	très basse	basse	moyenne	haute	très haute
	4	Faible	Moyen		élevé	
	6	absente			présente	
Feuillage	9	Courte	Moyenne		longue	
	10	Etroite	Moyenne		large	
Fleur	13	Faible	Moyen		élevé	
	15	Courte	Moyenne		large	
Gousse	21	Faible	Moyen		élevé	
	23	très courte	courte	moyenne	longue	très longue
	24	Etroite	moyenne	large	très large	
	27	Faible	Moyen		élevé	
Graine sèche	31	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé

Légende :

3: hauteur (cm), **4:** nombre de tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluses, **6:** pigmentation anthocianique, **9:** longueur de la foliole (cm), **10:** largeur de la foliole (cm), **13:** nombre de fleurs en grappe, **15:** longueur de fleur (cm), **21:** nombre de gousses par plant, **23:** longueur de gousse (cm), **24:** largeur de gousse (cm), **27:** nombre de graines par gousse, **31:** poids moyen de la graine sèche (g).

N.B. : Les caractères 9, 10, 13, 15, 23, 24 et 27 sont mesurés au niveau du deuxième nœud florifère.

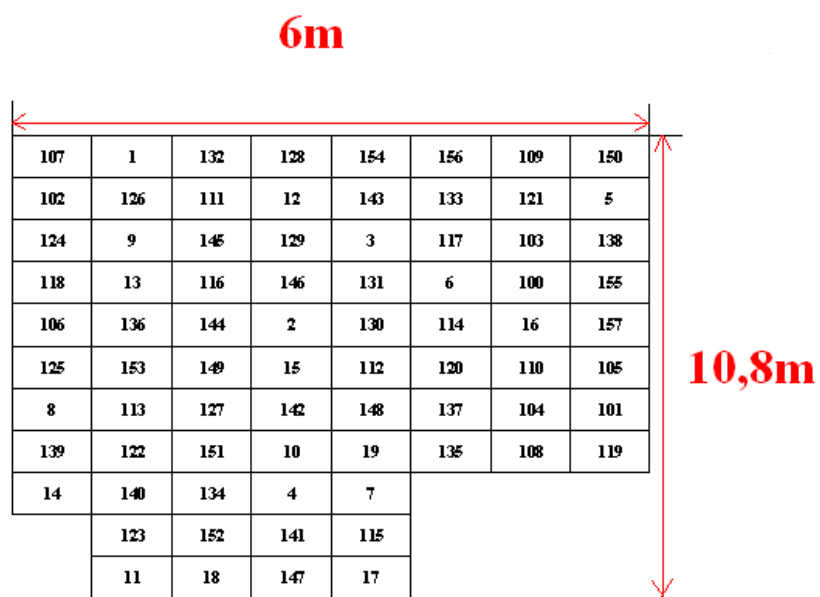


Figure 3: Disposition des différents cultivars en plein champ.
Les chiffres correspondent aux codes attribués aux différents cultivars.

1.2.2.2- Infestation des plants

Sur les 77 cultivars retenus initialement, 68 cultivars ont subi une infestation artificielle par les pucerons au stade plein floraison. L'infestation artificielle des plantes est la méthode la plus appliquée pour l'évaluation de leur résistance à l'égard d'un bio-agresseur. Elle consiste à soumettre tous les plants aux mêmes conditions d'attaque que ce soit en plein champ ou sous serre, et déduire par la suite la réponse de ces plants.

Au stade plein floraison (13 avril 2008) chaque plant a été infesté avec un adulte aptère d'*A. fabae*. Les comptages des individus au sein des colonies formées sur chaque plant sont effectués 10, 20 et 30 jours après l'infestation.

1.2.2.3- Niveau de résistance

Pour évaluer la résistance des plantes aux insectes en plein champ, plusieurs échelles ont été proposées. EL-Defrawi *et al.* (1991) dans une étude sur la résistance des cultivars de fève à *A. craccivora* ont procédé à un comptage des pucerons sur les plants 10 jours après l'infestation artificielle. Les plants sont classés selon l'échelle suivante :

- **Le cultivar est considéré comme résistant (classe 1)**, si le nombre est égal ou inférieur à 5 aphides / plant.
- **Le cultivar est placé comme tolérant (classe 2)**, si le nombre est compris entre 6 et 20 pucerons / plant.
- **Le cultivar est classé comme sensible (classe 3)**, dans le cas où la descendance comporte entre 21 et 50 aphides /plant.
- **Le cultivar est désigné comme très sensible (classe 4)**, dans le cas où le nombre compté est égale ou supérieure à 50 aphides / plant.

Dans une autre étude sur la résistance du poivron *Capsicum annuum* et *C. pubescens* à l'égard du puceron vert du pêcher *M. persicae*, Bosland et Ellington (1996) ont procédé à des comptages du nombre de pucerons après 13, 15, 20 et 28 jours de la date de l'infestation artificielle des plants avec 20 individus du même âge.

Dans une autre étude sur la résistance de la laitue au puceron *Pemphigus bursarius*, Ellis *et al.* (2002), ont commencé leur évaluation 14 jours après l'infestation des plants avec 2 adultes aptères. Les plants sont classés selon l'échelle suivante:

Degré 1 : le nombre est $\leq$ à 10 aphides / plant,

Degré 2 : les colonies formées comporte entre 11 est 20 aphides / plant.

Degré 3 : le nombre est 21 à 40 aphides / plant,

Degré 4 : la descendance comporte plus de 40 aphides / plants.

D'autres d'échelles ont été proposées entre autres par Horton *et al.* (1997); Sharma *et al.* (1999) et (2005); de Azevedo *et al.* (2003); Narayanamma *et al.*, (2007). Cependant, toutes ces échelles tiennent compte de l'importance des dégâts causés par les prédateurs.

Dans cette étude, il est opté pour l'échelle proposée par EL-Defrawi *et al.* (1991).

1.2.3- Etude des mécanismes de résistance

Les cultivars qui sont classés comme résistants en plein champ, à s'avoir, les cultivars 12, 111, 126, 135, 141, 145, ainsi qu'un témoin très sensible (107), sont retenus pour cette deuxième étude réalisée sous serre et au laboratoire. Les mécanismes d'antixénose, d'antibiose et de tolérance impliqués dans la résistance des plants aux aphides sont étudiés séparément.

1.2.3.1- Antixénose

Pour distinguer l'effet de l'aspect externe des plantes de celui des substances chimiques émises par ces dernières sur l'attractivité des pucerons, il est procédé à des tests séparés en pleine lumière et en obscurité.

1.2.3.1.1- Test en lumière

1.2.3.1.1.1- Mise en culture

Les graines des 7 cultivars 12, 111, 126, 135, 141, 145 et 107 (témoin) sont semées dans des gobelets (6,5 cm de diamètre × 8cm de hauteur) (figure 4A). Au stade 2 feuilles, les jeunes plants représentant les 7 cultivars (un plant par cultivar) sont placés dans un grand pot circulaire (25,5 cm de diamètre × 25cm de hauteur) (figure 4B). La distance entre les plants d'une part et la distance entre ces plants et le centre du grand pot d'autre part sont respectées (8cm). Le dispositif est répété 5 fois (figure 4C). Ce mécanisme a été effectué au laboratoire sous une lumière assurée par deux lampes de type néon pendant 16 heures par jour.

1.2.3.1.1.2- Infestation artificielle des plants

Au stade 2 feuilles, 28 adultes aptères sont placés au centre du grand pot sur un couvercle en verre de 5,8 cm de diamètre (figure 4B). Dans son étude sur la résistance antixénotique, Budak *et al.* (1999) ont travaillé de la même façon. D'après Castro *et al.* (1999), (2001) et (2005), pour évaluer l'action antixénotique des variétés, il faut mettre en place un dispositif de telle façon que les pucerons testés auront la possibilité de s'installer sur les plantes qui leurs conviennent. Ces auteurs ont noté que les variétés testées doivent être du même âge et il est préférable d'effectuer ces testes au stade 2 feuilles.

Des comptages des pucerons sur chaque plant sont effectués après 2, 24, 26, 48 et 72 heures de l'emplacement des pucerons au centre de chaque grand pot (figure 4B).

1.2.3.1.2- Test en obscurité

1.2.3.1.2.1- Mise en culture

Les graines des cultivars 12, 111, 126, 135, 141, 145 et 107 (témoin) sont semées dans des petits pots (6,5cm de diamètre × 8cm de hauteur) (figure 4A). Au stade 3 feuilles, les jeunes plants représentant les 7 cultivars, soit un plant par cultivar, sont placés dans un grand pot circulaire de mêmes dimensions que celui utilisé dans le test en lumière. Ce dispositif est répétée 4 fois (figure 4D). Ces pots sont placés également au laboratoire.

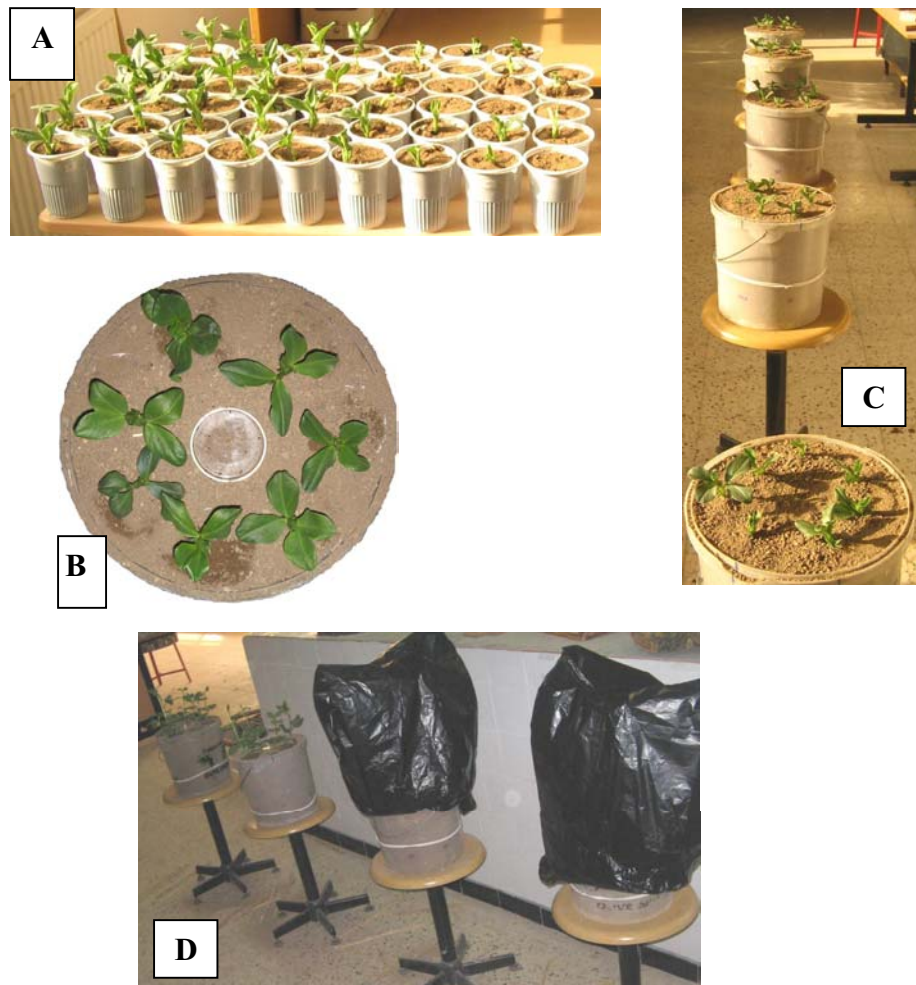


Figure 4: Mise en place de la culture pour le test d'antixénose. **A:** emplacement des plants de 7 cultivars dans les gobelets. **B:** emplacement des plants de 7 cultivars dans le grand pot. **C:** test en lumière. **D:** test en obscurité.

1.2.3.1.2.2- Infestation artificielle des plants

Au stade 3 feuilles, 28 adultes aptères sont placés au centre du grand pot sur un couvercle en verre de 5,8 cm de diamètre. Une fois infestés et protégés par des manchons en tulle, les grands pots sont couverts par des sachets noirs en plastique et laissés à l'obscurité (figure 4D). Castro *et al.* (1999) et (2001); Hesler et Thrap (2005), ont mentionné que lorsque les pucerons sont placés en obscurité, ils n'utilisent pas la silhouette de la plante pour s'orienter mais ils exploitent seulement les substances volatiles émises par cette dernière.

24 heures après l'infestation des plants, il est procédé au comptage des pucerons sur chaque plant.

1.2.3.2- Antibiose

1.2.3.2.1- Mise en place de la culture

Les graines de 7 cultivars (12, 111, 126, 135, 141, 145 et 107) sont semées séparément dans des sacs en plastique de 13cm de diamètre × 14cm de profondeur et installés au laboratoire. Ils sont placés selon un dispositif de type « blocs randomisés » avec 8 répétitions (figure 5). Il est à signaler que pour plus de luminosité, 2 lampes de type néon sont placées au dessus des plants (figure 5). À l'aide d'une minuterie assurant 16 heures d'éclairage.

1.2.3.2.2- Infestation des plants

Au stade une feuille, chaque plant est infesté artificiellement avec 2 adultes aptères d'*A. fabae*. Après avoir donné entre 5 à 12 larves, soit 24 heures après l'infestation, les adultes sont éliminés. Une fois que ces larves ont atteint le stade imaginal, un seul individu maintenu sur chaque plant, les autres sont retirés.

1.2.3.2.3- Paramètres étudiés

Sur les adultes aptères retirés des plants, il est procédé à la détermination de leur poids et de leur taille. Une balance de précision d'une sensibilité de 0,0001g est utilisée. La surface (mm²) est calculée selon la formule proposée par Taylor (1975) [la longueur (du front jusqu'à la base de la cauda) × la largeur (au niveau des deux points les plus larges de l'abdomen)] (figure 6).



Figure 5: Disposition des cultivars au laboratoire pour le test d'antibiose.



A- Longueur de l'adulte *Aphis fabae*.



B- Largeur de l'adulte *Aphis fabae*.

Figure 6: (A et B) Mesure de la longueur et de la largeur de l'adulte *Aphis fabae* à l'aide d'un objectif gradué.

Après ces mensurations, ces mêmes adultes sont retenus pour la détermination de leur fécondité potentielle et qui correspond au nombre d'embryons formés.

Pour la dissection des femelles d'*A. fabae* élevées sur les 7 cultivars, il est procédé de la manière suivante. Dans un verre de montre, chaque femelle est déposée dans une goutte de bleu de méthylène. Sous une loupe binoculaire, une incision longitudinale est pratiquée sur la partie dorsale de l'abdomen à l'aide d'une épingle entomologique. Une pression est exercée ensuite sur l'extrémité antérieure de l'abdomen pour faire expulser à l'extérieur l'ensemble des embryons.

Le classement des embryons est basé sur la taille. Les embryons qui ont une grande taille et possédant des yeux pigmentés sont considérés comme développés (Leather et Welling, 1981; Llewellyn et Brown, 1985; Sauge *et al.*, 1998; Traicevski et Ward, 2002). Les autres embryons ne présentant pas ces caractères sont considérés comme peu développés (figure 7).

Sur l'individu adulte retenu sur la plante, des contrôles quotidiens sont effectués afin de déterminer les paramètres biotiques et démographiques suivants :

- Durée de développement larvaire (jours);
- Période pré reproductive (jours);
- Période reproductive (jours);
- Longévité de l'adulte (jours);
- Durée de vie totale (jours);
- Fécondité totale et journalière;
- Taux d'accroissement naturel $r_m = 0,74 (\log_e Md)/d$ (Wyatt et White, 1977).

Où d : période pré reproductive (de la naissance à la première larviposition), **Md** : nombre moyen de larves pondues pendant une période de durée égale à **d** et **0,74** : constante correctrice.

- Le taux net reproductif $R_0 = \sum l_x m_x$

(l_x : le pourcentage des larves qui sont arrivées au stade adulte, m_x : fécondité moyenne journalière d'une femelle).



A- Nombre total d'embryons.



B- Embryon développé avec yeux pigmentés.



C- Embryon peu développé.

Figure 7: Vue des embryons d'un *Aphis* (femelle) après dissection et coloration au bleu de méthylène.

- Le temps de génération $T = \log R_0 / r_m$ (jour);
- Le temps de doublement $DT = \log 2 / r_m$ (jour);
- Le taux de multiplication TM (jour^{-1}) = fécondité totale par femelle/durée totale de vie (jour) (Laamari *et al.*, 2008).

Le R_0 , T et DT sont décrits par Ranger *et al.* (2007).

1.2.3.3- Tolérance

1.2.3.3.1- Mise en place de la culture

Les 7 cultivars testés sont semés dans des sacs en plastique de 15cm de diamètre $\times$ 36,5cm de profondeur et disposés en bloc randomisé avec 12 répétitions au niveau d'une serre située dans le terrain expérimental du Département d'Agronomie de Batna. Chaque cultivar est représenté par 12 plants, dont 6 sont infestés alors que les 6 autres sont laissés comme des témoins, soit un total de 84 plants pour les 7 cultivars (figure 8).

1.2.3.3.2- Infestation des plants

Sur chaque plant qui se trouve au stade 2 feuilles et qui est destiné à être infesté, 20 larves (12 de 3^{ème} stade et 8 de 4^{ème} stade) sont déposées (Smith *et al.*, 2004).

Juste avant l'infestation, les hauteurs des plants sont mesurées. Pour éviter les écarts très importants entre les plants du même cultivar, seuls ceux présentant une faible différence de hauteur sont retenus. D'après Formusoh *et al.* (1994), cette différence ne doit pas dépasser 0,42 cm pour la valeur moyenne et 0,38 cm pour l'écart type.

1.2.3.3.3- Paramètres mesurés

Après 10 jours d'infestation, les plants sont sectionnés au niveau du collet à l'aide d'une paire de ciseau. Avant de les placer dans une étuve réglée à 105°C., pendant 24 heures pour déterminer leur poids sec, la hauteur des plants a été prise une autre fois.



Figure 8: Disposition des cultivars en serre pour le test de tolérance.

Le taux de perte de la hauteur des plants est déterminé à l'aide de la formule:

$$PH (\%) = (H_{pni} - H_{pi}) / H_{pni} \times 100 \quad (\text{Frei } et \text{ al., 2004}).$$

PH : perte de la hauteur, **H_{pi}** : hauteur du plant infesté (cm), **H_{pni}** : hauteur du plant non infesté (cm).

Le taux de réduction du poids sec est calculé à l'aide de la formule:

$$PS (\%) = (PS_{ni} - PS_i) / PS_{ni} \times 100 \quad (\text{Frei } et \text{ al., 2004}).$$

PS: poids sec, **PS_{ni}**: poids sec du plant non infesté (g), **PS_i**: poids sec du plant infesté (g).

Il est noté que la hauteur des plants est mesurée du collet jusqu'au point le plus haut de la tige.

1.2.4- Analyse des données

Une analyse de test-t au seuil de signification de 5% avec le logiciel SPSS Statistics 17.0 est effectuée dans le but de faire ressortir une relation possible entre le niveau de résistance des cultivars (résistants et très sensibles après les trois comptages) et certains aspects morphologiques, à s'avoir : la hauteur (**3**), le nombre de tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluses (**4**), la longueur de la foliole (**9**), la largeur de la foliole (**10**), le nombre de fleurs en grappe (**13**), la longueur de fleur (**15**), le nombre de gousses par plant (**21**), la longueur de la gousse (**23**), la largeur de la gousse (**24**), le nombre de graines / gousse (**27**) et le poids moyen de la graine sèche (**31**).

Tous les paramètres testés des mécanismes d'antixénose, d'antibiose et de tolérance sont exploités statistiquement. L'analyse de variance est appliquée et les moyennes sont classées selon le test de Duncan au seuil de signification de 5% avec le même logiciel.

Il est à noter également que les relations entre le poids de l'adulte aptère le nombre total d'embryons et le nombre d'embryons développés d'une part et les paramètres biotiques (période reproductive, vie imaginale, survie, fécondité totale) d'autre part sont retenus pour une analyse de corrélation partielle par le même logiciel.

Chapitre II- Résultats

2.1- Résistance en plein champ

Les 68 cultivars retenus pour cette première évaluation en plein champ ont exprimés des variations en matière des effectifs d'*A. fabae* après leur infestation avec le même nombre. Au cours du 1^{er} comptage, 35 cultivars sont classés comme résistants et dont le nombre était $\leq$ à 5 pucerons par plant. Lors du 2^{ème} comptage, seulement 23 ont maintenu ce statut. Durant le 3^{ème} comptage, ce chiffre est passé à 29 cultivars (tableau 3).

Tableau 3: Répartition des cultivars durant les trois comptages (10, 20 et 30 jours après infestation) en fonction de l'importance des effectifs d'*Aphis fabae* formés.

Comptage	Résistant	Tolérant	Sensible	Très sensible
10 jours	124 1 126 113 111 145 116 144 149 127 12 129 146 2 142 141 143 131 130 156 117 6 114 120 135 109 103 100 16 110 150 157 105 101 119	134 4 7 19 148 133 137 108	132	107 125 8 139 140 123 11 147 115 5 155
20 jours	126 113 111 145 144 127 12 129 2 142 141 143 131 130 148 133 6 114 120 135 110 105 119	134 152 112 156 117 103	4	107 102 118 125 8 139 9 136 140 123 11 132 116 151 18 128 146 147 115 100 108 5 155 157
30 jours	126 111 12 145 144 149 127 2 142 10 4 141 143 131 130 7 156 133 117 6 114 120 137 135 110 104 105 101 119	103	19	107 102 124 118 125 8 139 1 9 136 140 123 11 132 116 151 18 128 146 147 115 100 108 5 155 157

Sur le tableau 4, il est représenté les 19 cultivars qui ont gardé leur statut de cultivars résistants à l'égard d'*A. fabae* durant les 3 comptages. A l'opposé, 11 cultivars se sont montrés très sensibles durant toute l'expérimentation.

Tableau 4: Les cultivars classés comme résistants ou très sensibles durant les trois comptages effectués.

Cultivars résistants								Cultivars très sensibles							
126	111	145	143	144	127	131		107	125	139	140	123	147	115	
142	141	130	114	120	135	110			155	11	8	5			
	105	119	12	6	2										

2.1.1- Relation entre le niveau de résistance des cultivars et leur aspect morphologique

Sur le tableau 5, il est indiqué l'ensemble des résultats concernant les mensurations effectuées sur la tige, le feuillage, l'inflorescence, la gousse et la graine sèche des plants représentant les cultivars retenus comme résistants et très sensibles après les trois comptages. Tandis que les mensurations effectuées sur les autres cultivars testés en plein champ sont mentionnées en annexe 1.

L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les cultivars résistants et très sensibles pour les caractères 3, 4, 9, 13, 15, 21, 23, 24, 27 et 31. Par contre, il est remarqué une différence significative ($t_{2,23} = 3,69$; $P = 0,004$) dans la largeur des folioles (caractère 10). Il est constaté que les feuilles larges caractérisent les plants très sensibles (tableau 6). Tandis que, les cultivars qui possèdent de grosses graines sont ceux qui résistent mieux à *A. fabae* (figure 9).

Parmi les cultivars classés comme résistants après les 3 évaluations effectuées, 6 sont retenus pour la deuxième série de tests effectués sous serre et au laboratoire. Il s'agit des cultivars 12, 111, 126, 135, 141 et 145. Le cultivar 107, très sensible a été introduit dans l'étude comme un témoin. En plus de leur niveau de résistance au puceron noir de la fève, les 6 cultivars sont choisis également sur la base de leur bon état végétatif et leur productivité.

Tableau 5: Caractéristiques morphologiques et agronomiques des cultivars résistants et très sensibles.

Cultivars	Caractéristiques morphologiques et agronomiques											
	3	4	6	9	10	13	15	21	23	24	27	31
126	28,08	2,75	p	4,98	2,29	2,50	2,71	5,43	13,33	2,27	1,50	0,85
111	27,17	2,50	p	5,05	2,43	3,50	3,30	3,37	12,33	2,30	1,13	0,87
145	25,53	3,67	p	5,07	2,17	2	3,30	7,67	11	2,60	1,33	0,92
143	21,08	2,33	p	4,54	2,28	2,50	3,28	2,50	11,67	2,73	1,83	0,99
144	24,52	1,50	p	5,36	2,61	2,25	3,23	2	9,50	2,43	3	0,71
127	22,93	2	-	6,28	2,60	2,33	2,80	5	-	-	-	0,57
131	19,60	1,50	p	4,21	2,14	3	2,70	3,25	10,35	2,45	1,25	1,08
142	18,6	2	p	4,72	2,22	3,5	2,95	3	-	-	-	0,16
141	27,13	2,50	p	6,36	3,35	1,5	3,17	7	10,50	2,70	0,75	0,31
130	17,77	1,67	a	4,92	2,38	2,33	3,37	3,67	-	-	-	0,78
114	29,3	3,33	p	5,62	3,05	3,67	3,07	13,3	11,37	3,17	2,67	1,52
120	18,38	2	p	3,51	1,74	2,50	3,03	3,40	10	2,70	0,80	0,47
135	20,08	2,50	p	4,75	2,22	2,40	3,06	3,33	10,63	2,58	3,80	0,86
110	17,10	2	p	3,93	2,10	3,50	2,75	3	7,95	2,85	2,50	1,13
105	25,07	2,67	p	4,27	2,68	3	2,97	3,67	7	3	0,33	0,86
119	23,58	2	p	4,72	2,30	2,67	2,97	2,25	7,50	2,10	1,25	0,84
12	25,84	2,60	p	4,53	2,34	3	3,28	4,17	13,12	2,5	2,83	1,11
6	39,10	2,50	-	4,70	3,13	2	-	7,50	8,25	1,85	2,50	0,73
2	26,58	1,25	p	4,56	2,56	4	3,13	1,75	14,23	2,83	3,50	1,21
107	33,16	4,80	p	5	2,83	3,80	3,46	11,6	11,4	3,4	0,8	1,53
125	26,98	1,75	p	4,53	2,52	3,25	3,2	5	14	3,1	1	0,21
139	22,3	1,5	-	4,88	2,75	2,5	-	0,33	-	-	-	0,26
140	25,05	3,25	p	4,91	2,38	2	2,77	4,25	-	-	-	0,17
123	25,3	2,5	p	5,59	2,74	2,75	2,95	3,5	-	-	-	0,13
147	24,52	2	p	5,72	2,59	2,6	3,02	4,5	8,15	1,55	1,8	0,03
115	27,53	2,25	p	5,27	2,79	3	3,02	7	13	3,1	3	0,88
155	20,4	2	p	4,13	2,65	3,5	3,35	2,5	8,8	2,8	1	1,54
11	25,8	2	p	6,19	2,76	3,2	2,98	3	-	-	-	0,01
8	32,33	4	a	4,6	2,53	1,67	-	14,7	7,77	2,07	2,67	0,23
5	20,8	1	-	5,55	3,45	2	3	6	8,5	2,2	2	0,42

Légende :

3: hauteur (cm), **4:** nombre de tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluses, **6:** pigmentation anthocianique (p: présente, a : absente), **9:** longueur de la foliole (cm), **10:** largeur de la foliole (cm), **13:** nombre de fleurs en grappe, **15:** longueur de fleur (cm), **21:** nombre de gousses /plant, **23:** longueur de gousse (cm), **24:** largeur de gousse (cm), **27:** nombre de graines/gousse, **31:** poids moyen de la graine sèche (g).

- : valeur manquante.

Tableau 6: Relation entre le niveau de la résistance et les aspects morphologiques des cultivars résistants (CR) et très sensibles (CTS) durant les trois comptages.

Caractère morphologique	Niveau de résistance	Moyenne $\pm$ erreur type	N	t	d.d.l.	P
3 (cm)	CR	23,06 $\pm$ 1,13	11	2,16	10	0,056
	CTS	25,83 $\pm$ 1,24	11			
4	CR	2,21 $\pm$ 0,21	11	0,54	10	0,6
	CTS	2,46 $\pm$ 0,34	11			
9 (cm)	CR	4,68 $\pm$ 0,15	11	1,57	10	0,147
	CTS	5,12 $\pm$ 0,18	11			
10 (cm)	CR	2,29$\pm$0,07	11	3,69	10	0,004
	CTS	2,73$\pm$0,08	11			
13	CR	2,72 $\pm$ 0,18	11	0,08	10	0,934
	CTS	2,75 $\pm$ 0,20	11			
15 (cm)	CR	3,09 $\pm$ 0,08	9	0,10	8	0,920
	CTS	3,08 $\pm$ 0,07	9			
21	CR	3,68 $\pm$ 0,5	11	1,52	10	0,158
	CTS	5,67 $\pm$ 1,25	11			
23 (cm)	CR	11,9 $\pm$ 0,63	7	1,5	6	0,182
	CTS	10,23 $\pm$ 0,96	7			
24 (cm)	CR	2,58 $\pm$ 0,07	7	0,07	6	0,946
	CTS	2,6 $\pm$ 0,25	7			
27	CR	2,21 $\pm$ 0,44	7	0,76	6	0,473
	CTS	1,75 $\pm$ 0,33	7			
31 (g)	CR	0,89 $\pm$ 0,06	11	2,1	10	0,06
	CTS	0,49 $\pm$ 0,17	11			

Légende :

3: hauteur (cm), **4:** nombre de tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluses, **9:** longueur de la foliole (cm), **10:** largeur de la foliole (cm),

13: nombre de fleurs en grappe, **15:** longueur de fleur (cm), **21:** nombre de gousses /plant, **23:** longueur de gousse (cm), **24:** largeur de gousse (cm), **27:** nombre de graines/gousse, **31:** poids moyen de la graine sèche (g), CR: cultivars résistants,

CTS: cultivars très sensibles, N: nombre de répétitions. t: Test-t, d.d.l.: degrés de liberté, P: Probabilité.

N.B. : On note que le nombre de répétitions utilisées de chaque paramètre est lié au nombre maximal des valeurs qui existe entre les deux catégories des cultivars (résistants et très sensibles).

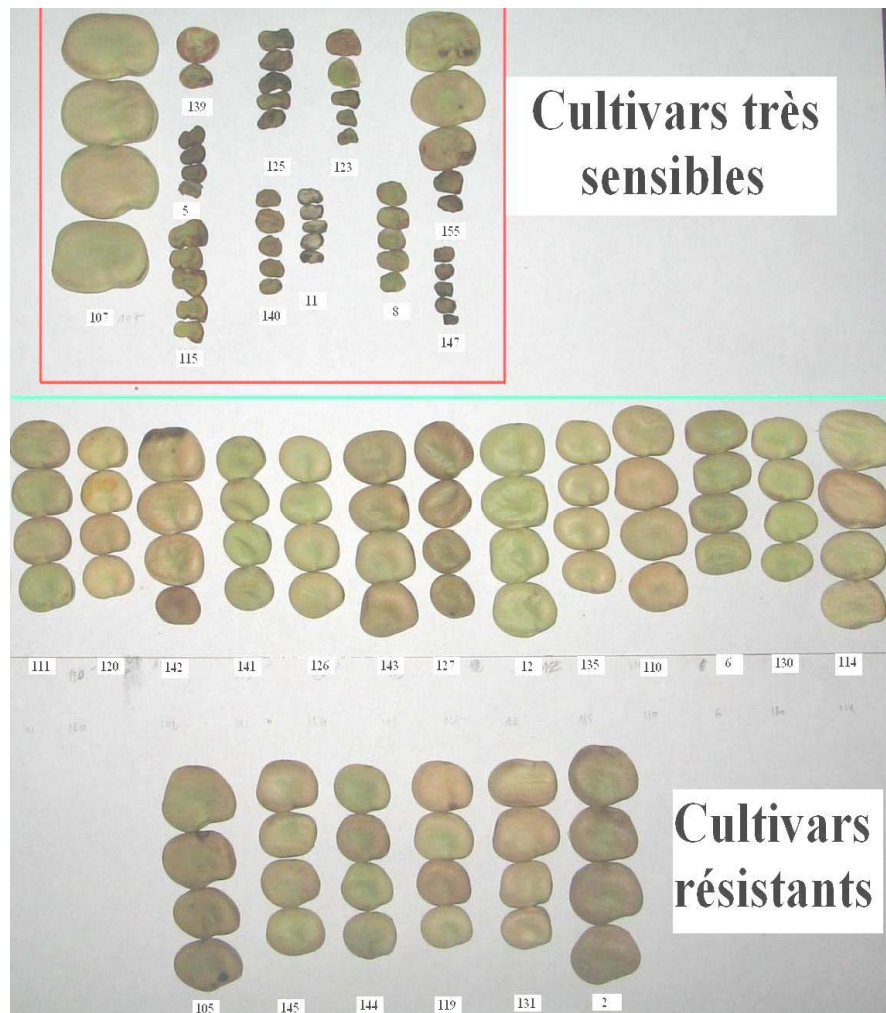


Figure 9: Aspects externes et calibres des graines des différents cultivars de fève classés comme résistants (en bas) et très sensibles (en haut).

2.2- Etude des mécanismes de résistance

2.2.1- Antixénose

2.2.1.1- Test en lumière

L'analyse statistique des résultats concernant l'attractivité des 7 cultivars de fève testés à l'égard des adultes aptères *d'A. fabae* montre une différence significative durant les comptages réalisés après 24, 26 et 48 heures (annexe 2). Il est remarqué que le niveau d'attractivité des pucerons par les cultivars n'a connu aucun changement significatif dans le temps (figure 10). Par ailleurs, il est enregistré une différence entre les cultivars. Le cultivar 145 est le plus attractif (6 individus) comparativement au cultivar 141 (0,4 individus) (figure 10).

2.2.1.2- Test en obscurité

Les résultats concernant le test d'attractivité des adultes aptères *d'A. fabae* par les 7 cultivars en obscurité ont montré une différence significative ($F_{2,45} = 3,017$; $P = 0,028$) (annexe 2). Les cultivars 12 et 126 n'ont attiré en moyenne que 0,75 individus aptères (figure 11). Tandis que le cultivar très sensible (témoin) a attiré une moyenne de 5 pucerons (figure 11).

2.2.2- Antibiose

2.2.2.1- Surface, poids et fécondité potentielle des adultes

L'étude statistique n'a montré aucune différence significative entre la surface des individus *d'A. fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève ($F_{2,18} = 1,136$; $P = 0,352$) (annexe 3). Elle est comprise entre 1,11 et 1,37 mm² (figure 12).

Cependant, l'analyse de variance a montré une différence hautement significative entre le poids des pucerons adultes ($F_{2,57} = 5,997$; $P = 0,001$) (annexe 3). Les pucerons élevés sur le cultivar 135 ont présenté le poids le plus important (1,1 mg), alors que les individus les plus légers sont obtenus sur le cultivar 141 (figure 13).

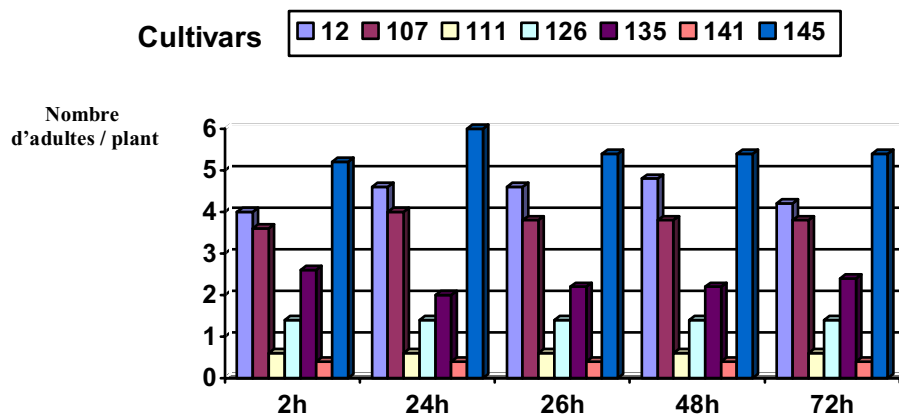


Figure 10: Attractivité des 7 cultivars de fève étudiés à l'égard des adultes aptères d'*Aphis fabae* en situation de lumière.

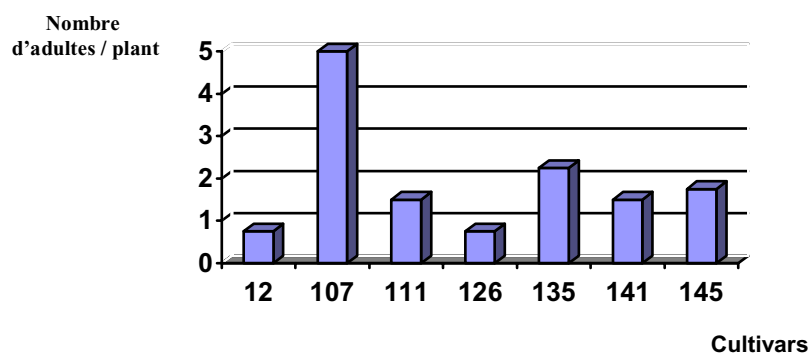


Figure 11: Attractivité des 7 cultivars de fève étudiés à l'égard des adultes aptères d'*Aphis fabae* en situation d'obscurité après 24 heures.

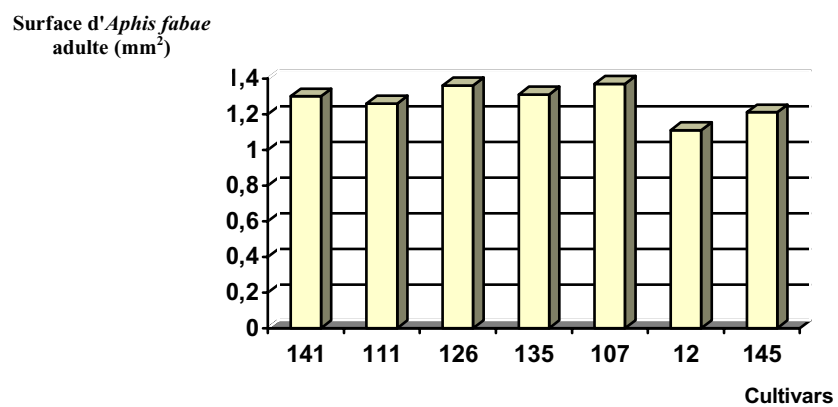


Figure 12: Surface des adultes (mm²) *Aphis fabae*.

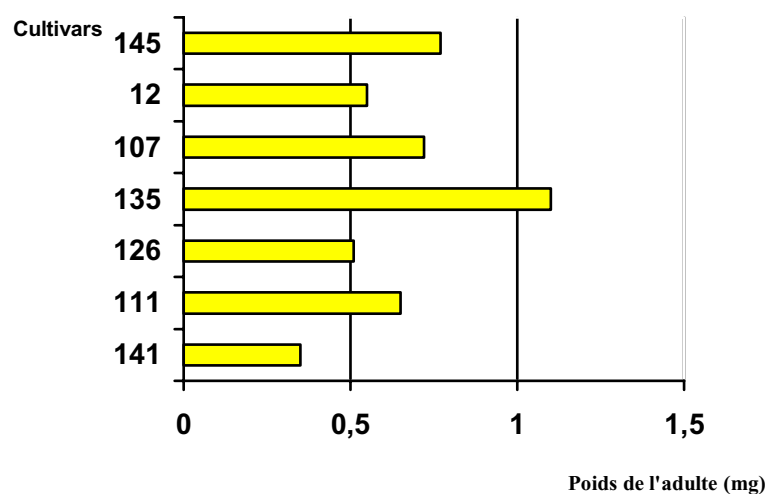


Figure 13: Poids des adultes (mg) *Aphis fabae*.

En ce qui concerne le nombre total d'embryons ($F_{2,57} = 8,976$; $P = 0,000$) et le nombre d'embryons développés ($F_{2,57} = 9,243$; $P = 0,000$) (annexe 3), il est noté que c'est les femelles élevées toujours sur le cultivar 135 qui ont donné plus d'embryons (33,0 embryons) et d'embryons développés (17,25 embryons) comparativement aux autres cultivars (figure 14).

Pour mettre en relief la relation entre le poids de l'adulte aptère d'une part et le nombre total d'embryons et le nombre d'embryons développés d'une autre part, un modèle de corrélation partielle est étudié. Les résultats présentés sur le tableau 7 indiquent que l'ensemble des paramètres sont positivement corrélés.

Tableau 7: Coefficients de corrélation entre poids et fécondité potentielle (nombre total d'embryons et embryons développés) des adultes *Aphis fabae*.

Paramètres	Poids de l'adulte	Nombre total d'embryons	Nombre d'embryons développés
Poids de l'adulte	-	-	-
Nombre total d'embryons	0,801**	-	-
Nombre d'embryons développés	0,612*	0,823**	-

Les valeurs de (r) sont significatives à * $P < 0,01$ et ** $P < 0,001$.

2.2.2.2- Autres paramètres biotiques

Pour les paramètres de développement larvaire ($F_{2,25} = 0,119$; $P = 0,994$), la période pré reproductive ($F_{2,45} = 1,417$; $P = 0,243$) (figure 15) et la fécondité journalière moyenne ($F_{2,45} = 1,209$; $P = 0,331$) (figure 16) des individus d'*A. fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève, aucune différence significative n'a été obtenue. Par contre, l'analyse statistique pour les paramètres de la période reproductive, la longévité de l'adulte, la durée de vie totale et la fécondité totale moyenne a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$) (annexe 4).

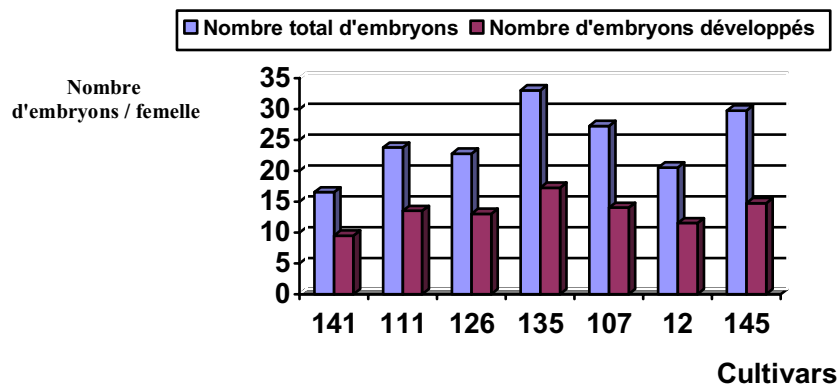


Figure 14: Fécondité potentielle des adultes *Aphis fabae*.

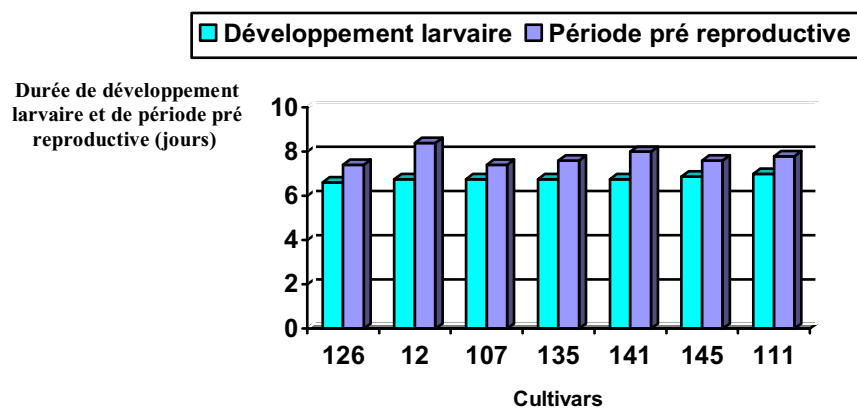


Figure 15: Durée du développement larvaire et de période pré reproductive des individus d'*Aphis fabae*.

Fécondité journalière
(larves / femelle)

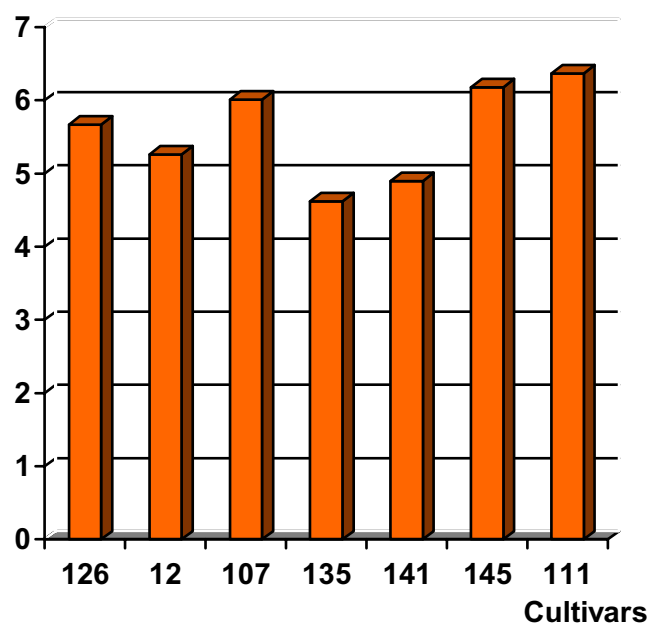


Figure 16: Fécondité journalière moyenne des individus d'*Aphis fabae*.

La durée de vie reproductive des adultes aptères de cet aphide élevés sur le cultivar 135 était la plus importante (19 jours), tandis que la plus courte est enregistré sur le cultivar 141 (3,2 jours) (figure 17).

Il est remarqué également que la longévité des adultes est plus longue sur le cultivar 135 (21,2 jours) comparativement aux autres cultivars (3,4 à 8,8 jours) (figure 18).

La durée de vie totale des individus d'*A. fabae* élevés sur le cultivar 135 était également la plus longue (27,6 jours), alors qu'elle n'a pas dépassée 15,4 jours sur les autres cultivars (figure 19).

Toujours sur le cultivar 135 il est obtenu la fécondité totale moyenne la plus élevée (85,8 larves), alors qu'elle était comprise entre 15,8 et 19,6 larves chez les pucerons élevés sur les cultivars 141, 12 et 126 (figure 20).

Un modèle de corrélation partielle a été adopté pour faire ressortir la nature de la liaison entre chaque couple de paramètres:

- ❖ Fécondité totale - vie imaginale
- ❖ Survie - vie imaginale
- ❖ Survie - fécondité totale
- ❖ Période reproductive - fécondité totale
- ❖ Période reproductive - vie imaginale
- ❖ Période reproductive - survie

Les résultats de ces relations ainsi que les coefficients de corrélations (r) sont donnés par le tableau 8.

Les résultats du tableau 8 indiquent que l'ensemble des paramètres biotiques du puceron noir élevés sur les 7 cultivars de fève retenus dans cette étude sont hautement corrélés positivement. Le coefficient de corrélation (r) varie entre 0,931 et 0,992 au seuil de signification 0,1%.

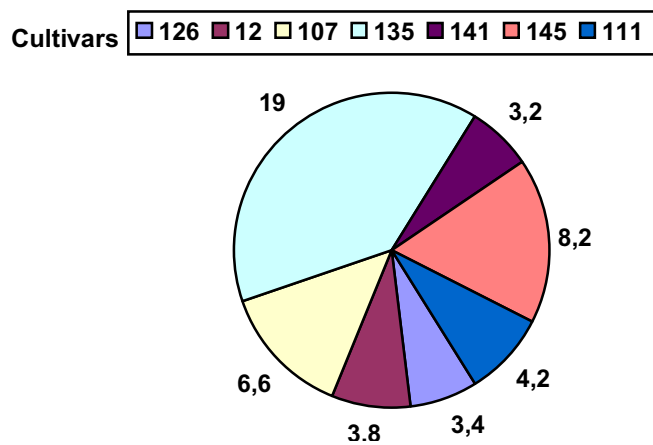


Figure 17: Durée de la période reproductive des individus d'*Aphis fabae* (jours).

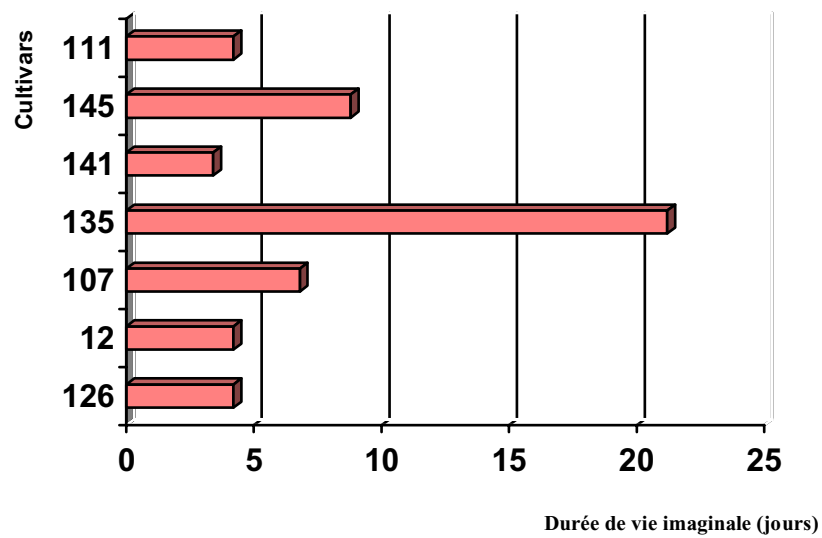


Figure 18: Durée de la vie imaginale des individus d'*Aphis fabae*.

Durée de vie totale (jours)

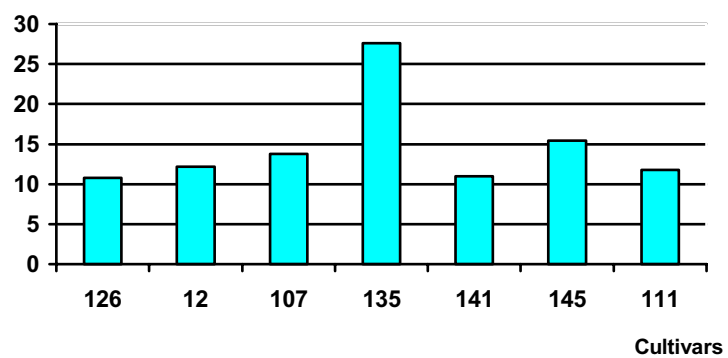


Figure 19: Durée de vie totale des individus d'*Aphis fabae*.

Fécondité totale
(larves / femelle)

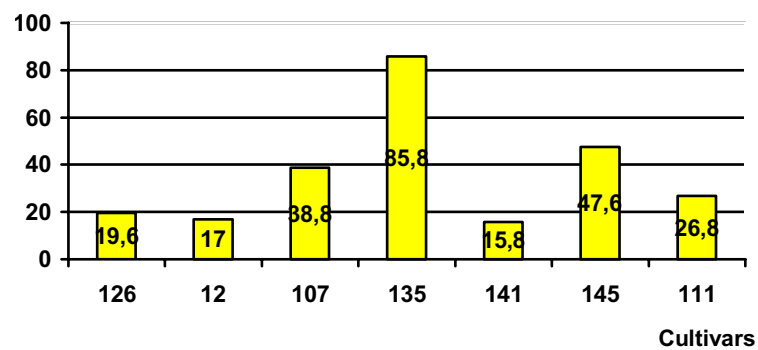


Figure 20: Fécondité totale moyenne des adultes d'*Aphis fabae*.

Tableau 8: Coefficients de corrélation (r) entre les paramètres biotiques.

Paramètres	Vie reproductive	Vie imaginale	Vie totale	Fécondité totale
Vie reproductive	-			
Vie imaginale	0,988	-		
Vie totale	0,988	0,992	-	
Fécondité totale	0,953	0,942	0,931	-

Toutes les valeurs de (r) sont significatives au seuil 0,1%.

2.2.2.3- Paramètres démographiques

Les résultats représentés sur le tableau 9 montrent qu'il n'y a pas de différences significative entre les valeurs moyennes du taux d'accroissement (r_m) ($F_{2,45} = 1,825$; $P = 0,130$) et le temps de doublement (DT) ($F_{2,45} = 1,672$; $P = 0,165$) des pucerons élevés sur les 7 cultivars. Par contre, cette différence est hautement significative pour le taux net reproductif (R_0) (annexe 5), le temps de génération (T) et le taux de multiplication (TM) pour $P < 0,001$ (annexe 5).

Tableau 9: Taux de doublement DT (jours) et taux d'accroissement naturel (r_m) des individus d'*Aphis fabae* (moyenne $\pm$ erreur type).

Cultivar	DT (jours)	r_m
126	1,86 $\pm$ 0,07a	0,374 $\pm$ 0,018a
12	2,12 $\pm$ 0,06a	0,328 $\pm$ 0,009a
107	1,86 $\pm$ 0,09a	0,376 $\pm$ 0,019a
135	2,01 $\pm$ 0,07a	0,347 $\pm$ 0,012a
141	2,06 $\pm$ 0,06a	0,338 $\pm$ 0,008a
145	1,88 $\pm$ 0,13a	0,375 $\pm$ 0,021a
111	1,87 $\pm$ 0,08a	0,372 $\pm$ 0,015a
P	0,165	0,130
F	1,672	1,825
d.d.l.	6 / 28	6 / 28
N	5	5

Les moyennes suivies par lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5%. P: probabilité. F: facteur calculé. d.d.l.: degrés de liberté, $v_1 = 6$, $v_2 = 28$. N: nombre de répétitions. DT: temps de doublement (jours). r_m : taux d'accroissement naturel.

Le taux reproductif net (R_0) des individus d'*A. fabae* était presque 6 fois plus important sur le cultivar 135 (85,8 larves / femelle) par rapport au cultivar 141 (15,01 larves / femelle) (figure 21).

Le temps de génération (T) le plus court est obtenu sur le cultivar 126 (7,3 jours), alors que sur les autres cultivars et notamment le cultivar 135 (12,87 jours) il est plus long (figure 22).

Le taux de multiplication (TM) des pucerons élevés sur le cultivar 135 était plus important (3,15) comparativement surtout au cultivar 12 (1,37) (figure 23).

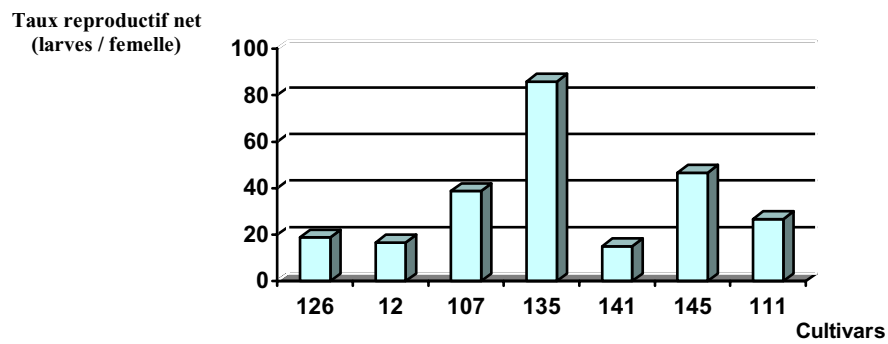


Figure 21: Taux reproductif net (R_0) des adultes d'*Aphis fabae*.

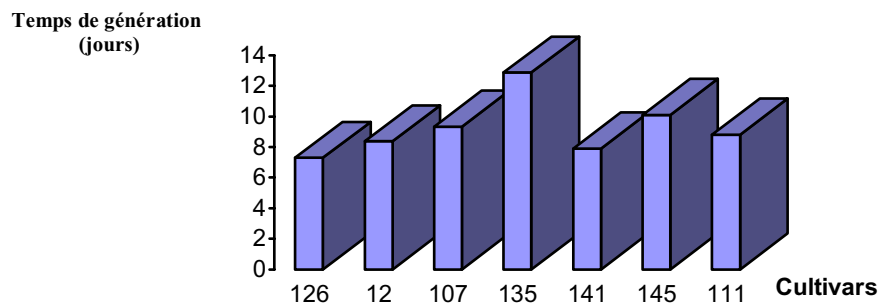


Figure 22: Temps de génération (T) des individus d'*Aphis fabae*.

Taux de multiplication
(larves / jour)

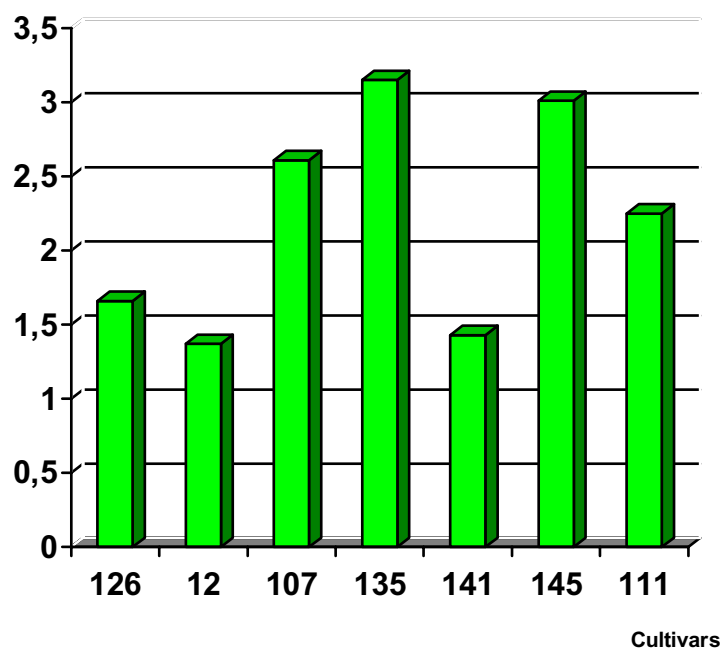


Figure 23: Taux de multiplication (TM) des individus d'*Aphis fabae*.

2.2.3- Tolérance

Les résultats de la tolérance ont fait ressortir une différence significative dans la hauteur entre les plants infestés et non infestés ($F_{2,45} = 2,62$; $P = 0,038$) (annexe 6). Cette différence est comprise entre 1,69 % enregistré chez le cultivar 107 (témoin) et 22,99 % obtenue chez le cultivar 111 (figure 24).

Par ailleurs, les valeurs moyennes de la réduction du poids sec des plants infestés par rapport à ceux non infestés ne sont pas significativement différentes (figure 26) (annexe 6).

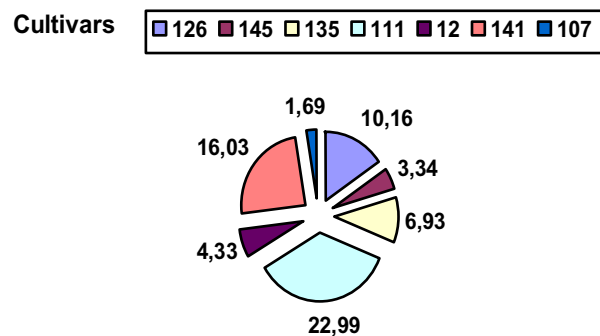


Figure 24: Réduction de la hauteur (%) entre les plants infestés et non infestés des 7 cultivars de fève liée à la présence d'*Aphis fabae*.

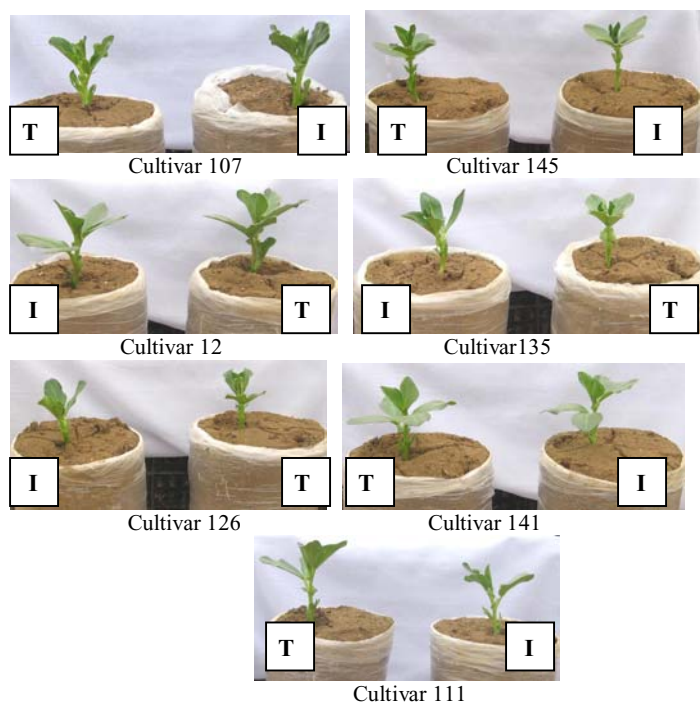


Figure 25: Différence de taille entre les plants infestés (I) et témoins (T) des différents cultivars de fève testés.

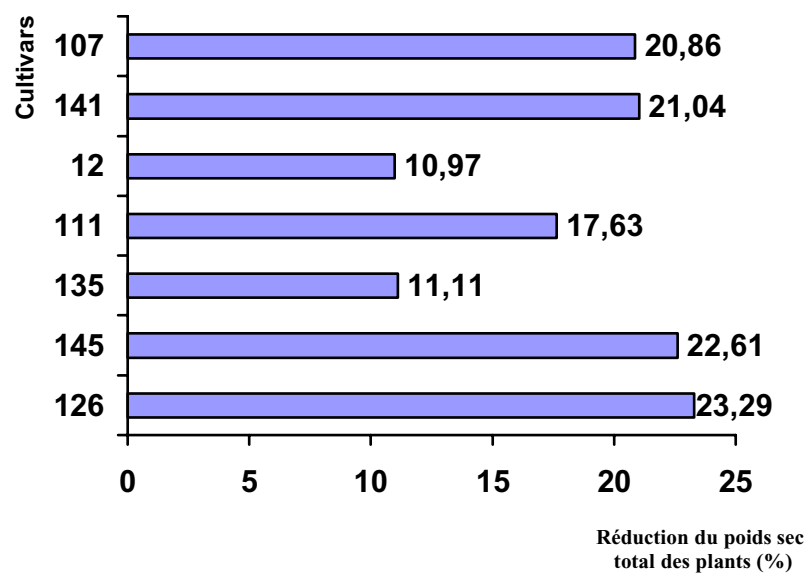


Figure 26: Réduction du poids sec des plants des 7 cultivars de fève.

Chapitre III- Discussions

3.1- Résistance en plein champ

La lecture des résultats obtenus lors des 3 comptages a permis de classer les cultivars de fève étudiés selon leur niveau de résistance à *A. fabae*. Parmi l'ensemble des cultivars, 19 sont résistants, alors que 11 sont très sensibles (tableau 4).

Des travaux similaires sont effectués par plusieurs auteurs. En Egypte, après 4 ans d'étude sur la résistance de 7156 cultivars de fève à *A. craccivora*, El-Defrawi *et al.* (1991) ont pu sélectionner 114 cultivars résistants. Dans un autre travail, Khelfa (2004) a pu sélectionner 6 cultivars résistants parmi les 48 cultivars collectés dans la région de Biskra.

Sur ces cultivars résistants, les pucerons installés trouvent des difficultés pour satisfaire leurs besoins vitaux. Pour cette raison, ils produisent moins d'individus comparativement à ceux élevés sur des cultivars sensibles. Effectivement, Kordan *et al.* (2008) ont remarqué que la fécondité du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* sur des plants de lupin résistants était comprise entre 0,1 et 0,4 larves, alors qu'elle a atteint 17,4 individus sur un cultivar sensible. Dans une autre étude, Ma *et al.* (2006) ont constaté que les femelles du puceron des épis *Sitobion avenae* ont produit moins de 300 larves sur 100 épis du cultivar résistant « KOK 1679 » contre 1400 individus sur le cultivar sensible « Lovrin 10 ».

Dans cette étude réalisée en plein champ, il est remarqué que parmi les cultivars très sensibles, seul le cultivar 107 a gardé son bon état végétatif et son aspect vert. La résistance par le mécanisme de tolérance n'empêche pas l'infestation de la plante par le puceron et n'affecte pas son développement ou sa reproduction, mais elle intervient en réduisant les dommages causés par ce ravageur.

D'après Russel (1978) cité par Khelfa (2004), les cultivars tolérants vont croître plus normalement et produire plus que les cultivars sensibles ou intolérants, quand ils sont infestés à un même degré.

Les résultats enregistrés en plein champ ne donnent qu'une estimation partielle de la résistance. Les colonies de pucerons comptées sur les plants ne correspondent pas réellement à celles émises par les femelles utilisées lors de l'infestation artificielle. D'autres paramètres, tels que l'effet de bordure, l'âge de la

plante, l'attractivité du cultivar, la qualité de la semence et l'installation des insectes auxiliaires peuvent participer dans l'augmentation ou la diminution des effectifs.

Etant donné que les plants ne sont pas couverts, les individus utilisés initialement dans l'infestation artificielle des plants ou leur descendance peuvent s'installer librement sur les cultivars les plus attractifs pour participer à une infestation supplémentaire. D'éventuelles contaminations naturelles peuvent aussi avoir lieu.

En plein champs, le paramètre retenu pour l'évaluation de la résistance des cultivars et qui est basé sur l'importance des colonies aphidiennes expriment beaucoup plus la résistance par les mécanismes d'antibiotique et d'antixénotique et non pas la tolérance des plantes.

Pour ce qui concerne la semence, il est à noter qu'elle est collectée directement auprès des agriculteurs, elle n'est ni certifiée et ni purifiée. L'hétérogénéité en matière de calibre des graines semées est un autre paramètre qui peut également influencer les résultats.

La résistance des cultivars de fève peut être attribuée à ses qualités morphologiques et biochimiques. Parmi les facteurs morphologiques, il y a surtout l'épaisseur et la structure de la couche de cire qui couvre la plante.

La couleur et les dimensions du feuillage sont d'autres paramètres morphologiques qui peuvent aussi être impliquées dans cette résistance. Effectivement, les résultats présentés sur le tableau 6 ont montré que les cultivars sensibles se caractérisent par des folioles larges comparativement à ceux résistants. Apparemment, ce critère est spécifique à la fève et à ses pucerons, parce que chez le blé, Tolmay *et al.* (1999) ont remarqué que les cultivars sensibles sont ceux qui présentent des feuilles étroites.

La qualité de l'alimentation offerte par la plante à ses bio-agresseurs est un autre paramètre qui détermine leur développement, leur croissance et leur reproduction. A titre d'exemple, la composition en acides aminés des tissus végétaux superficiels peut déterminer le comportement alimentaire des pucerons. Cisneros et Godfrey (2001) cités par Khelfa (2004) ont constaté qu'il y a une corrélation positive entre l'abondance d'*Aphis gossypii* sur les plants du cotonnier et la teneur de ces plants en azote. Mustapha et Samara (1999) cités par Khelfa (2004) ont mentionné de leur part que la variété de la fève ayant mieux supportée l'infestation par *A. fabae* est celle qui renferme le plus faible taux d'azote et le taux de phosphore le plus élevé. Il est

probable, que les cultivars de fève résistants à *A. fabae* sont ceux pauvres en azote et en sucres et plus ou moins riches en phosphore.

Dans une étude sur la résistance du pois chiche à la noctuelle *Helicoverpa armigera*, Yoshida *et al.* (1997) ont pu séparer deux substances toxiques qui inhibent la croissance de ce ver. Il s'agit de l'acide oxalique et l'acide malique.

Les résultats obtenus lors de cette première évaluation effectuée en plein champ ont montré que 19 cultivars de fève se sont montrés résistants à *A. fabae*.

Il est évident qu'une deuxième étude soit réalisée pour confirmer d'une part ces résultats préliminaires et de déterminer d'autre part le mécanisme impliqué dans cette résistance.

D'autre part, il est intéressant de déterminer parmi ces cultivars ceux cumulant des caractères de qualité, de rendement et de résistance aux ravageurs.

Il est à noter que la résistance d'un cultivar aux pucerons n'est pas forcément protégé des virus transmis par ces insectes. Des passages accidentels (piqûres d'essai) des autres espèces aphidiennes non inféodées à la fève peut être responsables d'une transmission virale. Oufroukh (1997), a mentionné que des pucerons comme *Macrosiphum euphorbiae* qui ne développent pas de colonies sur fève peuvent être impliqués dans la transmission du virus de l'enroulement des feuilles (BLRV).

3.2- Etude des mécanismes de résistance

3.2.1- Antixénose

Chez le puceron, le choix de la plante hôte commence par une localisation, une reconnaissance et enfin une acceptation ou un rejet. Une multitude de stimulus émis par la plante (couleur et forme du feuillage, substances attractives et répulsives, barrières mécaniques) interviennent dans la localisation et la reconnaissance de l'hôte. Une fois que le puceron est attiré par une plante, il commence à effectuer des piqûres d'essai, lui permettant de goûter sa sève pour déterminer si celle-ci lui convienne.

Plusieurs auteurs ont indiqué que l'acceptation de la forme (silhouette du végétal) intervient dans la perception à distance, tandis que la couleur intervient dans un périmètre plus proche.

Dans l'étude réservée à l'attractivité des cultivars de fève en position de lumière, la silhouette du végétal ne peut être prise en considération du moment que les pucerons sont posés à proximité des plantes. C'est donc surtout la couleur du végétal qui intervient dans ce choix. Klingauf (1987) cité par Khelfa (2004) a mentionné que les réponses aux couleurs jaune et verte mènent les pucerons à leurs plantes hôtes. Cet auteur ajoute que des variations de teinte ou de nuance peuvent donner aux plantes des couleurs plus préférées par les pucerons.

L'attractivité des cultivars 145 et 12 en position de lumière est liée apparemment à leur couleur. Effectivement, Bernays et Chapman (1994) ont indiqué que le puceron *A. fabae* est très attiré par le feuillage de couleur jaune.

En position d'obscurité, là où les pucerons n'utilisent que leur système olfactif, les cultivars 145 et 12 n'ont exercé aucune attractivité vis-à-vis *A. fabae*.

Le témoin sensible 107 reste attractif en présence et en absence de la lumière. Apparemment, il fait intervenir à la fois son couleur et ses sécrétions chimiques pour attirer les pucerons.

Il paraît que d'autres facteurs peuvent être impliqués également dans la préférence d'*A. fabae*. Une fois installé, le puceron peut changer d'avis après avoir effectué quelques ponctions. S'il trouve que la couche de cire qui couvre les feuilles réduit ou empêche la pénétration du stylet ou si la plante incitée a commencé de produire des substances répulsives ou anti-appétentes, il se met à la recherche d'un hôte plus convenable. Bosland et Ellington (1996), dans une étude sur l'attractivité de *C. annuum* et *C. pubescens* à l'égard de *M. persicae* ont constaté que ce puceron fait intervenir la réception visuelle, olfactive, tactile et gustative.

Klingauf (1982), a noté de sa part que les pucerons sont plus attirés par des plantes à odeurs spécifiques. Il se peut que le témoin sensible 107 émet les mêmes substances produites par les autres cultivars mais à des concentrations plus importantes.

Des études électrophysiologiques ont mis en évidence l'effet excitateur ou inhibiteur de quelques terpènes volatils sur les récepteurs sensoriels des antennes des insectes en provoquant ainsi une inhibition de l'atterrissage ou l'altération de l'orientation. D'autres études ont montré que les nutriments essentiels pour les aphides (acides aminés et sucres) déclenchent souvent un effet comportemental

indépendamment de leur valeur nutritive. Ils interviennent dans ces situations comme des allélochimiques.

Ces substances émises par les plantes ont fait l'objet de plusieurs travaux, entre autres, celui de Webster *et al.* (2008). Ces auteurs ont pu extraire et identifier 15 composants actifs à partir de la variété de fève Sutton dwarf attractive *A. fabae*.

Chez les Lépidoptères plusieurs études sont réalisées pour déterminer les substances qui exercent une attractivité sur les femelles lors de l'oviposition. Par exemple, on montre que la forte concentration de n-alkanes chez le maïs (Udayagiri *et al.*, 1997), de 2-Tridecanone chez le piment (Maluf *et al.*, 1997) et de l'acide malique chez le pois chiche (Yochida *et al.*, 1997) est corrélée positivement avec le nombre d'œufs déposés.

La faible attractivité des cultivars 126, 111 et 141 est liée probablement à la présence de fortes concentrations en substances répulsives ou phago-dissuadantes. La sinigrine est une substance répulsive et antiphagostimulante pour la plupart des insectes phytophages, entre autre le puceron du pois *A. pisum* (Strebler, 1989).

Les substances phénoliques apparaissent comme des substances de défense à large spectre d'action. Les molécules actives sont souvent produites en réponse à des blessures de tissus lors de l'attaque d'insectes ou de l'invasion d'agents pathogènes. Les très nombreux alcaloïdes synthétisés pour les plantes le plus diverses, surtout des Solanacées, des Légumineuses, des Papavéracées, sont connus comme répulsifs et inhibiteurs alimentaires (Strebler, 1989).

En ce qui concerne la morphologie de la plante, Berger (1992) cité par Rat-Morris (1994), a signalé que la cuticule de la plante peut former un premier obstacle pour la prise alimentaire. La couche de cire par son épaisseur et sa structure chez les cultivars 126, 111 et 141 est peut être responsable de la dissuasion des pucerons après les premières piqûres d'essai. L'épaisseur de la cire empêche la pénétration du stylet du puceron, alors que du point de vue composition, elle peut contenir des substances attractives ou répulsives.

3.2.2- Antibiose

3.2.2.1- Surface, poids et fécondité potentielle des adultes

La surface des adultes d'*A. fabae* élevés sur les différents cultivars testés n'a pas été affectée par l'effet variétal (figure 12). Il est à considérer que l'effet de la plante est parmi les éléments clés. Apparemment la surface des pucerons adultes n'est pas très affectée par le statut nutritionnel des 7 cultivars de fève. Tandis que les résultats obtenus concernant le poids ont montré que les adultes élevés sur les cultivars 107, 145 et 135 sont les plus lourds que ceux élevés sur les autres cultivars (figure 13).

Selon Strebler (1989), il y a des substances produites par le végétal qui stimule le gain pondéral des insectes. Apparemment il y a une corrélation positive entre le poids et la fécondité potentielle. Sur le cultivar 135, les femelles d'*A. fabae* de poids important ont produit en moyenne 33 embryons, dont 17,25 sont développés (figure 15). Par contre, sur le cultivar 141, cette fécondité potentielle était de moitié et dont seulement 9,5 embryons sont développés. L'adulte élevé sur le témoin sensible 107 a fourni 27,25 embryons dont 14 sont bien développés. Cette différence de poids et de fécondité potentielle est liée à plusieurs paramètres. Parmi ceux-ci, il y a le nombre d'ovarioles par ovaire et le taux de production d'embryons au niveau des ovarioles et qui sont en relation directe avec les conditions environnementales, entre autres la nourriture, la température et la photopériode (Lachmann et Papaj, 2001 cités par Benssaci, 2002).

Probablement, le nombre d'embryons produit par les pucerons adultes est un bon paramètre pour l'évaluation de la résistance antibiotique des plants.

L'analyse statistique a montré une corrélation positive ($r = 0,801$; $P < 0,001$) entre le poids de l'adulte aptère et le nombre total d'embryons d'une part et le poids de l'adulte aptère et le nombre d'embryons développés ($r = 0,612$; $P < 0,01$) d'autre part. Il est remarqué également que le nombre d'embryons développés est positivement corrélé avec le nombre total d'embryons ($r = 0,823$; $P < 0,001$).

Dans des travaux similaires, Leather *et al.* (1983); Dixon et Dharma (1980a et b); Taylor (1975) ; Traicevski et Ward (2002) ; Kempton *et al.* (1980) ; Leather et Welling (1981) ; Newton et Dixon (1990) ; Jiménez-Pérez et Wang (2004) sont arrivés aux mêmes résultats.

D'après Bouffard (1996), le nombre d'ovarioles est indépendant du poids mais c'est plutôt le nombre d'embryons par ovariole qui varie en fonction du poids de l'adulte. Des résultats similaires ont été obtenus, entre autres, chez *A. fabae* (Dixon et Dharma, 1980a) et *Drepanosiphum platanoidis* (Leather et Willings, 1981).

3.2.2.2- Autres paramètres biotiques

Dans cette étude, l'effet des 7 cultivars de fève sur le développement larvaire et la période pré reproductive des individus d'*A. fabae* n'est pas apparent. Ces résultats sont contradictoires avec ceux obtenus par Laamari *et al.* (2008) qui a travaillé sur *A. craccivora*. De leur part, Guillaume et Boissot (2001), ont remarqué que les cultivars résistants du melon prolongent le développement larvaire (17,08 jours) de la pyrale du concombre *Diaphania hyalinata* en comparaison avec les cultivars sensibles (13,21 jours).

Apparemment, la qualité ou la quantité de l'alimentation offerte par les 7 cultivars testés n'ont pas agité sur la durée de développement d'*A. fabae*. Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus par Sreblar (1989). Ce dernier a signalé qu'il existe des substances qui agissent positivement ou négativement sur la durée de vie de certains insectes. Parmi celles-ci, cet auteur a cité le catécol (toxique) et le gossypol qui stimule l'alimentation et l'oviposition.

De leur part, Wilkinson et Douglas (2003) ont constaté des variations importantes dans les durées de vie larvaire des individus d'*A. fabae* en fonction des concentrations d'histidine, méthionine, thréonine et valine des milieux d'élevage. Une autre étude effectuée par Bastide *et al.* (1988) a mis en évidence que les extraits phénoliques des jeunes feuilles de pêcher ont une influence sur la survie et le gain pondéral des larves de *M. persicae*. Il a été également démontré que l'incorporation de saponines dans un régime alimentaire artificiel a fortement retardé le développement larvaire d'*Ostrinia nubilalis* (Nozzolillo *et al.*, 1997).

La durée de vie reproductive et qui correspond à la période qui s'étale entre l'émission de la première larve et l'arrêt de la reproduction des adultes, est variable selon le cultivar. Cette durée est 6 fois plus importante sur le cultivar 135 en comparaison avec le cultivar 141. L'étalement de la vie reproductive sur certains cultivars, notamment le cultivar 135 a permis aux femelles d'*A. fabae* de donner le maximum de larves (85,8 larves / adulte). Tandis que, sur le cultivar 141, cette

fécondité totale n'a pas dépassé 15,8 larves par adultes. De leur part, Laamari *et al.* (2008) ont signalé que la durée de vie reproductive et la fécondité totale d'*A. craccivora* sur le cultivar de fève sensible V19 sont nettement plus importantes en comparaison avec le cultivar résistant V51.

Apparemment, c'est surtout la qualité de la sève et les différentes substances émises par la plante après son incitation, qui déterminent le pouvoir biotique du bio-agresseur. La richesse probable du cultivar 135 en acides aminés essentiels pour le développement d'*A. fabae* est responsable de l'embryogenèse intense et de l'allongement de la durée de vie reproductive des femelles en comparaison surtout avec le cultivar 141.

Les femelles du puceron noir de la fève élevées sur les cultivars 126, 12 et 141 ont produit moins de 20 larves par femelle. Cette faible fécondité peut être attribuée à une alimentation peu énergétique. D'après Dixon (1987) cité par Khelfa (2004), la production larvaire des aphides est liée à la qualité de l'alimentation pré-imaginale. L'auteur a mentionné également que le développement embryonnaire commence dès la vie larvaire de la mère. Cette faible descendance est le résultat donc d'un effet antibiotique de la plante hôte sur son bio-agresseur, notamment dans le cas des cultivars 126, 12 et 141. Cet effet antibiotique, lié à l'absence de certains éléments indispensables, ou à la présence de substances ou barrières inhibant la prise de nourriture, oblige l'insecte à dépenser son énergie afin de vaincre cette résistance au détriment de la reproduction. .

Malgré que la fève soit une plante glabre, elle fait intervenir la couche de cire qui couvre ses feuilles pour dissuader surtout les insectes piqueurs suceurs. Il est supposé que la cire des cultivars 126, 12 et 141, est beaucoup plus épaisse que celle du cultivar 135, ce qui rend ainsi l'accessibilité à la prise de nourriture plus délicate. La cire peut constituer aussi une barrière chimique. Klingauf (1982) a extrait 20 substances à partir de la cire de *Vicia faba*.

D'autre part, Fidantsef *et al.* (1999) cités par Khelfa (2004) ont rapporté qu'une infection expérimentale par les pucerons *M. euphorbiae* et *M. persicae* incite la tomate à synthétiser des lipoxygénases (LOX). Les LOX sont des enzymes d'oxydation des acides gras insaturés.

Plus récemment, Han *et al.* (2009) ont déterminé le rôle de certaines enzymes dans la résistance des plantes aux insectes ravageurs. Ces auteurs ont montré que l'activité des enzymes PAL, PPO et POD est plus importante chez les cultivars de blé résistant à *S. avenae* à certains stades phénologiques de la plante.

Les enzymes Phenylalanine Ammonia-Lyase (PAL) et Peroxidase (POD), ont une activité élevée durant les stades de développement des feuilles, du tallage et d'élongation de la tige principale. L'enzyme Poly Phenol Oxidase (PPO) est active durant tous les stades de développement de la plante.

Les alcaloïdes synthétisés par les plantes les plus diverses ont des effets toxiques sur le métabolisme, en font néanmoins des poisons pour les insectes phytophages (Strebler, 1989).

L'analyse statistique a révélé que la fécondité totale par femelle, présente une corrélation positive, avec un seuil de signification très élevé ($r = 0,942$; $P < 0,001$) avec la durée de vie imaginale du puceron de chaque cultivar (tableau 8). La fécondité est plus importante lorsque la durée de vie de la femelle d'*A. fabae* est plus importante. Des résultats similaires sont obtenus par Taylor (1975) qui a montré que la fécondité d'*A. fabae* est corrélée avec la longévité et la taille de l'adulte. De même, Janson et Smilowitz (1985) cités par Khelfa (2004) ont rapporté que la fécondité totale de *M. persicae* par femelle est positivement corrélée ($r = 0,77$; $P < 0,001$) avec la longévité des pucerons déposés sur des cultivars de pomme de terre. La durée de vie totale d'*A. fabae* s'est montrée positivement corrélée aussi bien à la longévité de l'adulte ($r = 0,992$; $P < 0,001$) qu'à la fécondité totale du puceron noir de la fève ($r = 0,931$; $P < 0,001$) (tableau 8).

La durée de vie reproductive est liée par des fortes corrélations positives avec la fécondité totale ($r = 0,953$; $P < 0,001$), la longévité de l'adulte et la durée de vie totale du puceron ($r = 0,988$; $P < 0,001$). Cette analyse de relations entre les paramètres biotiques montre que tout cultivar résistant par antibiose à *A. fabae*, présente une fécondité et des durées de vie imaginale, pré-reproductive et totale faibles. Vu les conditions défavorables sur un tel ou tel cultivar, le puceron noir de la fève subit un raccourcissement dans son cycle vital. Ces constations s'observent clairement chez le cultivar 141.

3.2.2.3- Paramètres démographiques

Les valeurs du taux d'accroissement naturel (r_m) des individus d'*A. fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève ne sont significativement différentes (tableau 9). Il est à noter que ce taux est calculé sur la base des données de la durée de vie pré reproductive et la fécondité journalière des femelles. Toujours sur la fève, Laamari *et al.* (2008) ont constaté que le r_m est faible (0,081) sur le cultivar résistant V51, alors qu'il est élevé (0,116) sur le cultivar sensible V19.

Le taux d'accroissement naturel est un paramètre biotique permettant également d'évaluer la résistance des cultivars à un puceron donné. Ce taux est le paramètre le plus discriminant pour séparer les cultivars fortement multiplicateurs de pucerons de ceux qui le sont peu (Dipietro et Dedryver, 1986 cités par Khelfa, 2004). Sa détermination permet de prendre en compte les effets relatifs d'antibiose que peut manifester l'hôte en agissant sur les différents paramètres d'accroissement des populations du puceron.

La période pré reproductive (d) et la fécondité (M_d) d'*A. fabae* qui sont utilisés pour le calcul du taux d'accroissement naturel sont estimées dans les mêmes conditions expérimentales. Cependant, Dixon (1987) cité par Khelfa (2004) a mentionné que le taux d'accroissement naturel (r_m) peut même être utilisé pour comparer les aphides de la même espèce et de même morphe élevés dans des conditions différentes. Plusieurs travaux ont démontré que ce taux est sensiblement lié aux changements relatifs de la période pré reproductive. L'évaluation rapide et facile de ce paramètre pourrait constituer une étape préliminaire pour la sélection de cultivars particulièrement intéressants, pour lesquels serait ensuite déterminé le taux d'accroissement (r_m).

Le temps du doublement de la génération (DT) obtenu sur les 7 cultivars était presque le même. Il est compris entre 1,86 à 2,12 jours. Contrairement à ce qu'a été obtenu dans cette étude, Marohasy *et al.* (1997) ont remarqué que les individus de la punaise *Phenacoccus parvus* élevés sur des plantes sensibles se caractérisent par un temps de dédoublement de la génération 2 fois plus court par rapport aux plantes résistantes.

En ce qui concerne le taux net reproductif (R_o), il est remarqué qu'il est presque 6 fois plus élevé sur le cultivar 135 en comparaison avec le cultivar 141. Cet écart très important est lié à une différence qualitative et quantitative dans l'alimentation mise à la disposition de ces deux cultivars au profit des pucerons.

Le temps de génération (T) enregistré sur le cultivar 135 est le plus long (tableau 11) en comparaison avec les autres cultivars. Il est de 9,33 jours sur le témoin sensible 107. Cette variation semble être liée à la différence entre le taux net reproductif (R_o). Ce dernier paramètre est un bon indicateur de la fertilité du puceron noir de la fève

Pour le taux de multiplication (TM), il est remarqué qu'il est 2 fois plus important sur le cultivar 135 en comparaison avec le cultivar 141. De même, Laamari *et al.* (2008), ont constaté que le taux de multiplication des individus d'*A. craccivora* sur le cultivar de fève sensible V23 est environ 2 fois plus important que celui obtenu sur le cultivar résistant V24.

De leur part Quénéhervé *et al.* (2009), ont signalé que ce taux est plus de 10 fois plus important chez le nématode ravageur *Meloidogyne incognita* élevé sur des plants de bananier sensibles en comparaison avec ceux résistants.

Le taux de multiplication d'*A. fabae* est certainement affecté par le statut nutritionnel des différents cultivars de fève. Dans une étude sur les relations entre les constituants biochimiques des feuilles de la pomme de terre et le taux de multiplication, Kashyap *et al.* (1988) cités par Khelfa (2004) ont rapporté que les sucres réducteurs et les phénols affectent significativement le taux de multiplication par leurs effets directs sur le puceron du pêcher *M. persicae*.

3.2.3- Tolérance

Le paramètre de tolérance des cultivars de fève au puceron noir de la fève a été illustré dans cette étude par la perte de la hauteur et du poids sec des plants infestés par rapport à ceux non infestés. Le cultivar le plus tolérant est celui qui exprime une faible perte en hauteur et poids sec après son infestation par le puceron noir de la fève.

Les cultivars 107 (témoin sensible), 145, 12, et 135 sont les moins endommagés par la présence aphidienne (figure 24). Ils n'ont pas trop souffert de la présence et la prise de nourriture de ce puceron. Tandis que, le cultivar 111 enregistre la perte la plus importante en hauteur (figure 24).

L'analyse statistique a montré que la réduction du poids chez l'ensemble des cultivars est inférieure à 24 %. Certains auteurs ont fait un lien entre la tolérance des plantes et les hormones végétales. D'après Maxwell et Painter (1962) cités par Smith (2005) la combinaison des auxines aux protéines ou aux enzymes des tissus de la tige de l'orge est responsable de sa tolérance à *Schizaphis graminum*.

De leur part, Gawronska et Kielkiewicz (1999) cités par Smith (2005) ont montré que l'acide abscissique (ABA) joue un rôle dans la tolérance de la tomate à l'acarien *Tetranychus cinnabarinus*. Ces auteurs ont constaté que le cultivar tolérant contient 37 % d'acide abscissique, alors que ce taux était seulement de 13 % chez le cultivar sensible.

Il est remarqué que l'ensemble des cultivars testés ont gardé leur aspect vert et leur bon état végétatif jusqu'à la fin de l'expérience (figure 25).

D'autres auteurs ont fait un lien entre la tolérance et le teneur en chlorophylle. Apparemment, la plante la plus tolérante est celle qui possède plus de chloroplastes (Burd et Elliot, 1996; Haile *et al.*, 1999; Riedell et Blackmer, 1999; Heng-Moss *et al.*, 2003 cités par Smith, 2005).

Il paraît également que la tolérance est liée à des sécrétions chimiques. Fritig *et al.* (1987) cités par Rat-Morris (1994) ont signalé que l'interaction plante-insecte entraîne la libération d'eliciteurs endogènes à la plante. Ces derniers sont à l'origine du déclenchement des mécanismes de défense. La résistance peut se manifester soit par la mise en place de barrières physiques (cellulose, lignine...) ou par la production de substances de défense (production de protéines inhibitrices du pathogène comme des chitinases, des β -1,3 gluconases, de PR-protéines...).

Fritig *et al.* (1987) cités par Rat-Morris (1994) ajoutent que ces messages chimiques peuvent agir également d'une autre façon sur les plantes tolérantes. Ils vont déclencher un mécanisme interne de défense. Ce dernier active le métabolisme et les hormones de croissance de la plante, telles que les auxines.

Dans ce cas la plante assure un développement et une croissance beaucoup plus supérieurs à ceux réalisés en absence du puceron. De cette manière la plante tolérante paraît moins affectée et moins endommagée qu'une plante intolérante.

Conclusion

À la lumière des résultats obtenus en plein champ, il est remarqué que parmi les 68 cultivars retenus pour cette première évaluation, 42 sont classés comme résistant au puceron *A. fabae* au moins une fois. Tandis que, 19 cultivars ont gardé ce niveau de résistance durant les 3 comptages effectués. En revanche, 26 cultivars sont considérés comme très sensibles au moins une fois et 11 durant les 3 comptages.

La corrélation entre le niveau de résistance et l'aspect morphologique a montré que les cultivars très sensibles se caractérisent par un feuillage large en comparaison avec ceux résistants.

La comparaison entre les deux tests d'antixénose conduits en milieu éclairé et à l'obscurité ont permis de déduire que l'attractivité des cultivars 145 et 12 à l'égard des adultes aptères d'*A. fabae* est sûrement liée à leur aspect morphologique, notamment la couleur des feuilles. En phase d'obscurité, là où le puceron utilise son système olfactif, aucune attractivité n'a été exprimée vis-à-vis de ces deux cultivars. La faible attractivité des cultivars 141, 111 et 126 envers ce puceron en condition d'éclairage et d'obscurité est liée à leur aspect morphologique non convenable et probablement à l'émission de substances répulsives.

En ce qui concerne l'antibiose, il est remarqué que la surface des adultes n'est pas affectée par l'effet des cultivars testés. Par ailleurs, le poids des individus d'*A. fabae* élevés sur le cultivar sensible 135 est 3 fois plus important que celui des individus installés sur le cultivar résistant 141. Après dissection, il est rendu compte que les femelles se trouvant sur le cultivar 141 n'ont produit que la moitié des embryons en comparaison avec celles installées sur le cultivar 135.

L'étude de la relation entre les paramètres poids de l'adulte aptère, nombre total d'embryons et embryons développés montre que ces paramètres sont corrélés entre eux.

Les durées de vie reproductive et imaginale des individus du puceron noir élevés sur le cultivar 141 sont 6 fois plus longues que celles des individus se trouvant sur le cultivar 135. L'allongement de la durée de vie reproductive a permis aux femelles de cet aphide de produire le maximum de larves. Effectivement, la fécondité totale était 5 fois plus importante sur le cultivar 135 en comparaison avec le cultivar 141.

En se basant sur certains paramètres biotiques et démographiques de ce puceron, le taux d'accroissement naturel (r_m), le taux de dédoublement (DT), le taux reproductif net (R_o), le temps de génération (T) et le taux de multiplication (TM) sont calculés. Les résultats ont montré que les valeurs du taux d'accroissement naturel (r_m) et le temps de doublement (DT) sont presque les mêmes sur les 7 cultivars testés. Par ailleurs, le taux reproductif net (R_o) des femelles élevées sur le cultivar sensible 135 est 6 fois plus important que celui enregistré sur le cultivar résistant 141. Le temps de génération (T) le plus court est obtenu sur le cultivar 126 (7,3 jours), alors que sur les autres cultivars et notamment le cultivar 135 (12,87 jours), il est plus long. Le taux de multiplication (TM) des pucerons élevés sur le cultivar 135 était plus important (3,15) comparativement surtout au cultivar 12 (1,37).

D'une façon générale, le témoin sensible 107 enregistre des valeurs moyennes pour l'ensemble des paramètres antibiotiques étudiés et cela en comparaison avec les autres cultivars.

L'étude a montré de fortes corrélations entre les durées de vie reproductive, imaginale et totale d'une part et la fécondité totale d'une autre part (le coefficient de corrélation r varie de 0,931 à 0,992).

Le mécanisme de tolérance est représenté dans cette étude par la hauteur et le poids sec des plants infestés par rapport à ceux non infestés par *A. fabae*. La hauteur du témoin sensible 107 est la moins touchée (1,69 %) par la présence aphidienne. La perte de poids sec des plants infestés chez les 7 cultivars n'a pas dépassée 24%.

À travers l'ensemble des résultats des trois mécanismes étudiés, il est remarqué que le cultivar 141 a présenté un niveau de résistance par antixénose et antibiose et même par tolérance très intéressant. Mais pour plus de certitude, il serait intéressant de renforcer cette étude préliminaire par des tests complémentaires, surtout concernant ses caractéristiques agrotechniques et pourquoi pas sa résistance aux virus.

D'autre part, il faut voir son niveau de résistance aux autres pucerons inféodés à la fève, notamment *A. craccivora* et *A. pisum*.

Il serait intéressant également d'identifier la qualité et la quantité des substances volatiles répulsives (allomones) du cultivar résistant 141 par le couplage de la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse. La détermination de l'épaisseur et de la composition chimique de la cire qui couvre ses feuilles peut également contribuer à l'explication de son niveau de résistance.

Références

- Aubertot J.N. and Savary S., 2006. Stratégies de protection des cultures In Expertise scientifique collective "Pesticides, agriculture et environnement", INRA, Paris, 104p.
- Bakhetia D.R.C. and Chander H., 1997. Aphid and their management with particular reference to host plant resistance. *Journal of Aphidology, The Aphidological Society, India* **11** (1): 1-19.
- Bastide P., Massonie G. et Macheix J-J., 1988. Influence in vitro des composés phénoliques des jeunes feuilles du pêcher, *Prunus persica* (L.) Batsch, sur le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* Sulzer. *Agronomie* **8** (9): 787-792.
- Benssaci O.A., 2002. Évaluation des degrés de résistance par antibiose de quatre variétés de pomme de terre : *Solanum tuberosum* L. au puceron vert et rose de la pomme de terre *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Homoptera : Aphididae). Mémoire d'Ing. Agro. Dep. d'Agro. Batna, 159p.
- Bernays E.A. and Chapman R.F., 1994. Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. Chapman & Hall, New York, NY, USA, 312p.
- Blackman R. L. and Eastop V. F., 2007. Taxonomic issues. In van Emden H.F. and Harrington R., Aphids as Crop Pests. CABI Millennium Volume CABI, U.K: 1-29.
- Bosland P. W. and Ellington J. J., 1996. Comparaison of *Capsicum annuum* and *C. pubescens* for antixenosis as a means of aphid resistance. *HortScience* **31** (6): 1017-1018.
- Bouffard M.G., 1996. Etude de quelques critères de résistance par Antibiose à *Myzus persicae* (Sulz.) et à *Aulacorthum solani* (Kltb) chez trois plantes-hôtes (pomme de terre, féverole et choux chinois). Mémoire Dipl. d'agro. appro., protection des cultures, Ecole Nati. Sup. agro., Montpellier, 27 p.
- Budak S., Quisenberry S.S. and Ni X., 1999. Comparison of *Diuraphis noxia* resistance in wheat isolines and plant introduction lines. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **92**: 157-164.
- Castro A.M., Ramos S., Vasicek A., Worland A., Giménez D., Clúa A.A. and Suárez E., 2001. Identification of wheat chromosomes involved with different types of resistance against greenbug (*Schizaphis graminum*, Rond.) and the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*, Mordvilko). *Euphytica* **118**: 321-330.

- Castro A.M., Vasicek A., Manifiesto M., Giménez D.O., Tacaliti M.S., Dobrovolskaya O., Röder M.S., Snape J.W. and Börner A., 2005. Mapping antixenosis genes on chromosome 6A of wheat to greenbug and to a new biotype of Russian wheat aphid. *Plant Breeding* **124**: 229-233.
- Castro A.M., Vasicek A., Ramos S., Worland A., Suárez E., Muñoz M., Giménez D. and Clúa A.A., 1999. different types of resistance against greenbug, *Schizaphis graminum* Rond, and the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* Mordvilko, in wheat. *Plant breeding* **118**: 131-137.
- Clavel D. et Welcker C., 1996. Synthèse sur la résistance multiple du maïs aux chenilles foreuses et défoliatrices. *Cahiers "Agricultures"* **5** (3): 56-149.
- Chauvin L., Chauvin J.E. et Daniel E., 1997. Plantes transgéniques : Situation chez la pomme de terre. *La pomme de terre française* **501**: 14-19.
- Daoui K., 2007. Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de Doctorat. Sciences agronomiques et ingénierie biologique. Louvain. 227p.
- de Azevedo S.M., Faria M.V., Maluf W.R., de Oliveira A.C.B. and de Freitas J.A., 2003. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. *Euphytica* **134**: 347-351.
- Delorme R., 1997. Pucerons et insecticides : prévention et gestion des résistances. *Cultures Légumières, numéro hors série: environnement, juin 1997, France*: 11 - 15.
- Dixon A.F.G., 1998. *Aphid ecology*. Ed. Chapman & Hall, London, 300 p.
- Dixon A.F.G. and Dharma T.R., 1980a. Number of ovarioles and fecundity in the black bean aphid, *aphis fabae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **28**: 1-14.
- Dixon A.F.G. and Dharma T.R., 1980b. Spreading of the risk in developmental mortality: size, fecundity and reproductive rate in the black bean aphid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **28**: 301-312.
- EL-Defrawi G., El-Gantiry A.M., Weigand S. and Khalil S.A., 1991. Screening of faba bean (*Vicia faba* L.) for resistance to *Aphis craccivora* Koch. *Arab. J. Pl. Prot.* **9** (2): 138-141.

- Ellis P.R., McClement S.J., Saw P.L., Phelps K., Vice W.E., Kift N.B., Astley D. and Pink D.A.C., 2002. Identification of sources of resistance in lettuce to the lettuce root aphid, *Pemphigus bursarius*. *Euphytica* **125**: 305-315.
- Formusoh E.S., Wilde G.E., Hatchett J.H. and Collins R.D., 1994. Resistance to the Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae) in Wheat-Related Hybrids. *J. Econ. Entomol.* **87** (1): 241-244.
- Fouarge C., 1990. Les pucerons sont-ils si dangereux ?. *Revue Agronomie Belge* **47**: 4-6.
- Frei A., Bueno J.M., Diaz-Montano J., Gu H., Cardona D. and Dorn S., 2004. Tolerance as a mechanism of resistance to *Thrips palmi* in common beans. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **112**: 73-80.
- Giove R.M. et Abis S., 2007. Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM **23**: 1-21.
- Guillaume R. and Boissot N., 2001. Resistance to *Diuraphis hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) in *Cucumis* Species. *J. Econ. Entomol.* **94** (3): 719-723.
- Hamadache A. et Oufroukh A., 1994. *Rapport de mission effectuée du 10 au 13 avril 1994 à Biskra*. Ed. Inst. tech. gr. cult. et Inst. nati. prot. vég., Alger, 12 p.
- Han Y., Wang Y., Bi J-L., Yang X-Q., Huang Y., Zhao X., Hu Y. and Cai Q-N., 2009. Constitutive and Induced Activities of Defense-Related Enzymes in Aphid-Resistant and Aphid-Susceptible Cultivars of Wheat. *J. Chem. Ecol.*, (in press).
- Hesler L.S. and Tharp C.I., 2005. Antibiosis and antixenosis to *Rhopalosiphum padi* among triticale accessions. *Euphytica* **143**: 153-160.
- Horton D.R., Chauvin R.L., Hinojosa T., Larson D., Murphy C. and Biever K.D., 1997. Mechanisms of resistance to Colorado potato beetle in several potato lines and correlation with defoliation. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **82**: 239-246.
- Hullé M., Turpeau-Aitighil É., Robert Y. et Monnet Y., 1999. Les pucerons des plantes maraîchères. Cycles biologiques et activités de vol. Ed. ACTA, INRA, Paris. 136p.
- Jane E., Bintcliffe B. and Wratten S.D., 1982. Antibiotic resistance in potato cultivars to the aphid *Myzus persicae*. *Ann. Appl. Biol.* **100**: 383-391.

- Jiménez-Pérez A. and Wang Q., 2004. Effect of Body Weight on Reproductive Performance in *Cnephasia jactatana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Insect Behavior* **17** (4): 511-522.
- Kempton R.A., Lowe H.J.B. and Bintliffe E.J.B., 1980. The relationship between fecundity and adult weight in *Myzus persicae*. *Journal of Animal Ecology* **49**: 91 7-926.
- Khelfa L., 2004. Etude de la résistance de différentes variétés de fève cultivées dans la région de Biskra au puceron noir de la luzerne, *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Homoptera: Aphididae). Thèse de Magister. Agrotechnie. Inst. Agro., Batna. 134p.
- Klingauf F.A.J., 1982. Breeding for resistance to aphids. *Faba bean improvement, Netherlands*: 286-289.
- Kordan B., Gabrys B., Dancewicz K., Lahuta L.B., Piotrowicz-Cieślak A. and Rowińska E., 2008. European yellow lupine, *Lupinus luteus*, and narrow-leaf lupine, *Lupinus angustifolius*, as hosts for the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **128**: 139-146.
- Laamari M., Khelfa L. and 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* **7** (14): 2486-2490.
- Leather S.R., Ward S.A. et Dixon A.F.G., 1983. The effect of nutrient stress on life history parameters of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop.. *Oecologia* **57**:156-157.
- Leather S.R. and Wellings P.W., 1981. Ovariole number and fecundity in aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **30**: 128-133.
- Le Bohec J., Robert Y., Grousson C. et Robic R., 1981. Les pucerons de l'artichaut. Étude particulière de *Capitophorus horni* Börner et d'*Aphis fabae* Scop. En Bretagne. In : Bernard H., journées d'études et d'informations. Les pucerons des cultures. Paris-2, 3 et 4 Mars. Ed. ACTA. 350p.
- Leclant F., 1982. Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures. *Journ. info. étud.*, 2, 3, et 4 mars 1981, Paris: 37-56.
- Leclant F., 1999. Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.
- Lecoq H., 1996 a. La dissémination des maladies à virus des plantes. *Revue horticole*. **365**: 13-20.

- Lecoq H., 1996 b. Les pucerons : de redoutables vecteurs de virus des plantes. *Revue horticole*. **369**: 25-28.
- Lecoq H., Pochard E., Pitrat M., Laterrot H. et Marchoux G., 1982. Identification et exploitation de résistances aux virus chez les plantes maraîchères. *Cryptogamie, Mycologie*. **3**: 333-345.
- Llewellyn M. and Brown V.K., 1985. A general relationship between adult weight and the reproductive potential of aphids. *Journal of Animal Ecology* **54**: 663-673.
- Ma X.M., Liu X.X., Zhang Q.W., Zhao J.Z., Cai Q.N., Ma Y.A. and Chen D.M., 2006. Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat-cotton relay intercropping system. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **121**: 235-241.
- Maatougui M.E.H., 1996. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Rev. Céréale*. **29**: 6-14.
- Malausa J-C., Daunay M-C. et Bourgoïn T., 1988. Recherche préliminaire sur la résistance de l'aubergine à l'aleurode des serres, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, (Homoptera, Aleyrodidae). *Agronomie* **8** (8): 693-699.
- Maluf W.R., Barbosa L.V. and Costa Santa-Cecilia L.V., 1997. 2-Tridecanone-mediated mechanisms of resistance to the South American tomato pinworm *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera-Gelechiidae) in *Lycopersicon* spp.. *Euphytica* **93**: 189-194.
- Marohasy J., 1997. Acceptability and suitability of seven plant species for the mealybug *Phenacoccus parvus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **84**: 239-246.
- McLeod P., Morelock T.E. and Goode M.J., 1991. Preference, Developmental Time, Adult Longevity and Fecundity of Green Peach Aphid (Homoptera: Aphididae) on Spinach. *J. Entomol Sci.* **26** (1): 95-98.
- Narayanamma V.L., Sharma H.C., Gowda C.L.L. and Sriramulu M., 2007. Mechanisms of resistance to *Helicoverpa armigera* and introgression of resistance genes into F1 hybrids in chickpea. *Arthropod-Plant Interactions* **1**: 263-270.
- Newton C. and Dixon A.F.G., 1990. Pattern of growth in weight of alate and apterous nymphs of the English grain aphid, *Sitobion avenae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **55**: 231-238.

- Nozzolillo C., Arnason J.T., Campos F., Donskov N. and Jurzysta M., 1997. Alfalfa leaf saponins and insect resistance. *J. Chem. Ecol.* **23** (4): 995-1002.
- Oufroukh A., 1997. Les principales viroses limitant la culture de la fève (*Vicia fabae* L.) en Algérie et principes de lutte. *Journées sur les ennemis et les parasites de la fève, du 21 au 23 avril 1997, Institut Technique des Grandes Cultures, Alger*: 8-16.
- Qubbaj T., Reineke A. and Zebitz C.P.W., 2005. Molecular interactions between rosy apple aphids, *Dysaphis plantaginea*, and resistant and susceptible cultivars of its primary host *Malus domestica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **115**: 145-152.
- Quénéhervé P., Valette C., Topart P., Tezenas du Montcel H. et Salmon F., 2009. Nematode resistance in bananas: screening results on some wild and cultivated accessions of *Musa* spp. *Euphytica* **165**:123-136.
- Pitrat M. et Lecoq H., 1996. Comment créer des plantes résistantes aux pucerons ?. *Revue Horticole*. **369**: 35-36.
- Ranger C.M., Singh A.P., Johnson-Cicalese J., Polavarapu S. and Vorsa N., 2007. Intraspecific Variation in Aphid Resistance and Constitutive Phenolics Exhibited by the Wild Blueberry *Vaccinium darrowi*. *J.Chem. Ecol.* **33**: 711-729.
- Rat-Morris E., 1994. Analyse des relations entre *Dysaphis plantaginea* Pass. (*Insecta* : *Auchenorrhyncha*) et sa plante hôte *Malus domestica* Borkh : Étude de la résistance du cultivar Florina. Thèse Doctorat Scie.Vie-Spécialité Biologie des populations. 118p.
- Razmjou J., Moharramipour S., Fathipour Y. and Mirhoseini S.Z., 2006. Demographic parameters of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on five cotton cultivars. *Insect Science* **13**: 205-210.
- Sauge M-H., Kervella J. and Pascal T., 1998. Settling behaviour and reproductive potential of the green peach aphid *Myzus persicae* on peach varieties and a related wild *Prunus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **89**: 233-242.
- Sauvion N., 1995. Effets et modes d'action de deux lactines à monnose sur le puceron du pois, *Acyrtosiphon pisum* (Harris). Potentiel d'utilisation des lactines végétales dans une stratégie de création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons. Thèse de Doctorat. Analyse et modélisation des systèmes biologiques. 257p.

- Schotzko D.J. and Bosque-Pérez N.A., 2000. Seasonal Dynamics of Cereal Aphids on Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae) Susceptible and Resistant Wheats. *J. Econ. Entomol.*: **93** (3): 975-981.
- Sharma H.C., 2001. Cytoplasmic male-sterility and source of pollen influence the expression of resistance to sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola*. *Euphytica* **122**: 391-395.
- Sharma H.C., Mukuru S.Z., Manyasa E. and Were L.W., 1999. Breakdown of resistance to sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola*. *Euphytica* **109**: 131-140.
- Sharma H.C., Pampapathy G., Lanka S.K. and Ridsdill-Smith T.J., 2005. Antibiosis mechanism of resistance to pod borer, *Helicoverpa armigera* in wild relatives of chickpea. *Euphytica* **142**: 107-117.
- Smith C.M., 2005. Plant resistance to arthropods: Molecular and conventional approaches. Springer, Berlin Heidelberg New York. 421p.
- Smith C.M., Havlíková H., Starkey S., Gill B.S. and Holubec V., 2004. Identification of *Aegilops* germplasm with multiple aphid resistance. *Euphytica* **135**: 265-273.
- SPSS Inc. 2008. SPSS Base 17.0 for Windows. Chicago, Illinois.
- Strebler G., 1989. Les médiateurs chimiques. Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Technique et Documentation - Lavoisier, Paris. 246p.
- Taylor L. R., 1975. Longevity, fecundity and size; control of reproductive potential in a polymorphic migrant, *Aphis fabae* Scop. *Journal of Animal Ecology* **44**: 135-163.
- Tolmay V. L., van der Westhuizen M. C. and van Deventer C. S., 1999. A six week screening method for mechanisms of host plant resistance to *Diuraphis noxia* in wheat accessions. *Euphytica* **107**: 79-89.
- Traicevski V. and Ward S. A., 2002. The effect of paste and current hosts on reproductive investment by the adulte cowpea aphid *Aphis craccivora*. *Ecological entomology* **27**: 601-607.
- Udayagiri S. and Mason C.E., 1997. Epicuticular wax chemicals in *Zea mays* influence oviposition in *Ostrinia nubilalis*. *J. Chem. Ecol.* **23** (7): 1675-1687.
- UPOV (Union internationale Pour la protection des Obtentions Végétales). 2003. Fève (*Vicia faba* L. var. *major* Harz). Principes directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité. 30p.

- Webster B., Bruce T., Dufour S., Birkemeyer C., Birkett M., Hardie J., and Pickett J., 2008. Identification of Volatile Compounds Used in Host Location by the Black Bean Aphid, *Aphis fabae*. *J. Chem. Ecol.* (in press).
- Weigand S. and Bishara S.I., 1991. Status of insect pest of faba bean in the Oxudantes Mean Region. Methods of control. Option méditerranéennes, Série séminaires n° 10, 17p.
- Wilkinson T. L. and Douglas A. E., 2003. Phloem amino acids and the host plant range of the polyphagous aphid, *Aphis fabae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **106**: 103-113.
- Wyatt I. J. and White P.F., 1977. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and tetranychid mites. *J. appl. Ecol.* **14**: 757-766.
- Yoshida M., Cowgill S. E. and Wightman J.A., 1997. Roles of oxalic and malic acids in chickpea trichome exudate in host-plant resistance. *J. Chem. Ecol.* **23** (4): 1195-1210.

Annexe 1: Caractéristiques morphologiques et agronomiques de reste des cultivars.

Cultivar	Caractéristiques morphologiques et agronomiques											
	3	4	6	9	10	13	15	21	23	24	27	31
133	25,9	3,33	p	5,04	2,69	3	3,12	7	11,5	3,05	2,66	1,91
117	27,03	2,33	p	4,53	2,57	3,33	3,26	5,33	6,27	2	1	2,24
146	21,53	2	p	4,38	1,94	2,83	2,3	1,16	13	3,7	6	0,64
116	17,9	1,5	p	3,48	2,38	2,5	2,85	1	-	-	-	0,81
136	16,95	1,5	a	3,83	2,15	2	2,85	1	-	-	-	0,33
157	17,7	1,67	p	4,2	2,12	3	2,85	0,67	6,5	2,6	2	0,56
113	19,63	2	p	3,84	2,04	3,25	3,13	6,25	11	3,6	2	0,21
151	23,1	1	p	3,45	2,05	2	2,5	2	-	-	-	0,33
101	24,8	2	p	4,75	2,73	3	3,2	3,5	10,25	3,35	2,5	1,60
108	24,55	2,5	p	4,25	2,35	3,5	2,8	3,5	10,95	2,75	3	1,46
132	25,56	3	p	4,19	2,39	3	3,38	1,6	4,2	1,5	2	0,19
128	28,65	2	p	3,85	2,1	3	2,85	5	12	2,3	4	0,45
102	27,05	2,5	p	4,13	2,1	3,5	2,7	7	8,8	3,05	2	1,60
156	17,2	1	p	3,8	2,5	3	3	2	7,7	3,2	1	1,84
129	19,98	1,4	p	3,79	1,76	2	2,34	1,75	-	-	-	0,95
118	15,9	2	a	4	2,05	2	3	1	-	-	-	0,60
100	25,60	2,67	a	3,9	2	2,67	2,65	3,33	7,67	2,93	2,67	1,64
149	28,10	3	p	5,55	2,75	3	3,33	6,67	5,77	0,87	1,67	0,79
9	31,40	2,33	p	3,78	1,85	0,67	-	7	5,65	1,67	2	0,61
18	30	4,50	a	5,54	3,28	2,5	-	17	9,63	2,55	2,5	0,20
124	22,52	3	p	4,42	2,19	2,83	2,9	5,33	5,78	1,28	1,67	0,83
19	20,42	1,50	p	3,86	1,9	2,25	2,95	5	5,4	2,5	2	0,59
137	19,75	2	p	4	2,28	3	3,2	4,17	5,22	1,43	1,67	0,72
134	21,40	2	p	5,18	2,38	2	2,26	3,66	4,8	2	0,5	0,12
104	21,63	2,33	p	5,08	2,83	2,83	3,17	4,6	5,25	1,27	1,33	0,87
152	21,39	2	p	4,19	2,21	2,86	2,8	2,57	3,03	0,76	0,71	0,32
150	18,09	1,56	a	4,61	2,18	2,67	2,82	2,22	7	1,93	2,44	0,72
109	24,90	2,20	p	4,76	2,56	2,8	2,66	6,5	7,5	1,88	1,8	1,49
138	16,63	1,50	p	4,5	2,52	3,25	3,15	2,75	8	2,5	0,75	0,98
103	24,50	3	p	4,52	2,63	3	2,87	5,33	6,26	1,97	1,33	1,32
148	21,64	1,71	p	5,45	2,58	2,29	2,12	3,71	11	2,6	1,14	0,40
1	28,04	2,22	p	5,38	2,46	3	3,28	4,55	14,8	2,24	2,67	0,65
10	22,80	1,75	p	4,06	2,3	1,5	2,6	5,33	6,67	2,27	1,5	0,36
112	24,68	1,25	a	5,29	2,45	2,5	2,45	1,5	6,65	2,8	1	0,71
7	29,72	3	p	4,53	2,71	1,67	-	12,8	9,92	2,48	3,33	0,45
153	21,47	1,33	p	4,55	2,47	0,67	-	4	-	-	-	0,73
4	21,7	2,67	p	5,25	2,92	2,33	2,55	5	6,15	2,2	2,33	0,35
16	23,97	2,67	p	4,80	2,37	2,67	3	-	8,35	2,70	1,67	1,04

Légende :

3: hauteur (cm). **4:** nombre de tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluses. **6:** pigmentation anthocianique (p: présente, a : absente). **9:** longueur de la foliole (cm). **10:** largeur de la foliole (cm). **13:** nombre de fleurs en grappe. **15:** longueur de fleur (cm). **21:** nombre de gousses /plant. **23:** longueur de gousse (cm). **24:** largeur de gousse (cm). **27:** nombre de graines/gousse. **31:** poids moyen de la graine sèche (g). Les cultivars en gras sont les cultivars utilisés en deuxième étude.

- : valeur manquante.

Annexe 2: Attractivité des 7 cultivars de fève étudiés à l'égard des adultes aptères d'*Aphis fabae* en situation de lumière et obscurité (moyenne±erreur type).

Cultivars	Lumière					Obscurité 24 heures
	2 heures	24 heures	26 heures	48 heures	72 heures	
12	4±1,87a	4,6±1,63ab	4,6±1,63ab	4,8±1,59b	4,2±1,24a	0,75±0,48a
107	3,6±2,06a	4±2,02ab	3,8±1,98ab	3,8±1,98ab	3,8±1,98a	5±1,22b
111	0,6±0,4a	0,6±0,4a	0,6±0,4a	0,6±0,4a	0,6±0,4a	1,5±0,29a
126	1,4±0,68a	1,4±0,68a	1,4±0,68a	1,4±0,68ab	1,4±0,68a	0,75±0,48a
135	2,6±1,54a	2±1,55ab	2,2±1,5ab	2,2±1,5ab	2,4±1,5a	2,25±1,31a
141	0,4±0,24a	0,4±0,24a	0,4±0,24a	0,4±0,24a	0,4±0,24a	1,5±0,96a
145	5,2±1,93a	6±1,67b	5,4±1,5b	5,4±1,5b	5,4±1,5a	1,75±0,48a
P	0,183	0,040*	0,049*	0,049*	0,052	0,028*
F	1,603	2,591	2,454	2,455	2,421	3,017
d.d.l.	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 21
N	5	5	5	5	5	4

Les moyennes suivies par lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5% (* P < 0.05). P: probabilité, F: facteur calculé, d.d.l.: degrés de liberté, $v_1 = 6$, $v_2 = 21$ ou 28. N: nombre de répétitions.

Annexe 3: Surface, poids et fécondité potentielle des adultes d'*Aphis fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève (moyenne±erreur type).

Cultivars	Surface (mm ²)	Poids (mg)	Embryons totaux	Embryons larges
141	1.30±0.04a	0.35±0.09a	16.5±2.66a	9.5±0.96a
111	1.26±0.09a	0.65±0.03ab	23.75±1.49bc	13.5±0.29bc
126	1.36±0.05a	0.51±0.06ab	22.75±1.25bc	13.0±0.82bc
135	1.31±0.08a	1.1±0.06c	33.0±3.08d	17.25±0.48d
107	1.37±0.12a	0.72±0.16b	27.25±1.65cd	14.0±0.71bc
12	1.11±0.08a	0.55±0.06ab	20.5±0.29ab	11.5±1.19ab
145	1.21±0.08a	0.77±0.14b	29.75±1.25d	14.75±0.85c
P	0.352	0.001*	0.000**	0.000**
F	1.136	5.997	8.976	9.243
d.d.l.	6 / 63	6 / 21	6 / 21	6 / 21
N	10	4	4	4

Les moyennes suivies par lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5% (* P < 0.01, ** P < 0.001). P: probabilité, F: facteur calculé, d.d.l. : degrés de liberté, $v_1 = 6$, $v_2 = 21$ ou 63. N: nombre de répétitions.

Annexe 4: Durée de vie larvaire, pré-reproductive, reproductive, imaginale et totale (jours) ainsi que la fécondité totale et journalière des individus d'*Aphis fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève étudiés (moyenne±erreur type).

Cultivar	Dév. lar.	P. p.re.	P. rep.	Vie im.	Vie totale	Fécondité totale	Fécondité journalière
126	6.62±0.92a	7.4±0.24a	3.4±1.17ab	4.2±1.24a	10.8±1.11a	19.6±7.03a	5.67±0.43a
12	6.75±1.16a	8.4±0.4a	3.8±1.32ab	4.2±1.5a	12.2±1.24a	17.0±3.17a	5.26±0.83a
107	6.75±0.89a	7.4±0.24a	6.6±2.13ab	6.8±2.39a	13.8±2.39a	38.8±12.49ab	6.01±0.85a
135	6.75±1.28a	7.6±0.24a	19.0±2.14c	21.2±2.73b	27.6±2.67b	85.8±5.91c	4.62±0.27a
141	6.75±0.89a	8.0±0.0a	3.2±0.2a	3.4±0.24a	11.0±0.0a	15.8±1.93a	4.9±0.41a
145	6.87±0.83a	7.6±0.4a	8.2±1.91b	8.8±1.8a	15.4±1.83a	47.6±10.45b	6.18±0.78a
111	7.0±0.75a	7.8±0.37a	4.2±0.49	4.2±0.5a	11.8±0.86a	26.8±3.35ab	6.37±0.34a
P	0.994	0.243	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.331
F	0.119	1.417	13.774	13.621	12.460	11.652	1.209
d.d.l.	6 / 49	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 28	6 / 28
N	8	5	5	5	5	5	5

Les moyennes suivies par lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5% (* P < 0.001). P: probabilité, F: facteur calculé, d.d.l. : degrés de liberté, $v_1 = 6$, $v_2 = 28$ ou 49. N: nombre de répétitions, Dév. lar.: développement larvaire, P. p.ré. : Période pré reproductive, P. rep.: Période reproductive, Vie im. : Vie imaginale.

Annexe 5: Paramètres démographiques des individus d'*Aphis fabae* élevés sur les 7 cultivars de fève étudiés (moyenne±erreur type).

Cultivar	TM	T	Lx (%)	R ₀
126	1.66±0.38a	7.3±0.68a	96	18.82±6.75ab
12	1.37±0.18a	8.37±0.61abc	98	16.66±3.11ab
107	2.61±0.4b	9.33±0.9bc	100	38.8±12.49bc
135	3.15±0.15b	12.87±0.51d	100	85.8±5.91d
141	1.43±0.17a	7.91±0.21ab	95	15.01±1.84a
145	3.01±0.4b	10.11±0.68c	98	46.65±10.25c
111	2.25±0.17ab	8.82±0.61abc	100	26.8±3.35abc
P	0.000*	0.000*	-	0.000*
F	6.586	8.569	-	12.094
d.d.l.	6 / 28	6 / 28	-	6 / 28
N	5	5	-	5

Les moyennes suivies par lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5% (*P < 0.001). P: probabilité, F: facteur calculé, d.d.l. : degrés de liberté, v₁ = 6, v₂ = 28. N: nombre de répétitions, TM : taux de multiplication (jour⁻¹), T : temps de génération (jours), L_x: le pourcentage des larves qui sont arrivées au stade adulte. R₀ : taux reproductif net (larves).

Annexe 6: Différence de hauteur et de poids sec entre les plants infestés et non infestés des 7 cultivars de fève (moyenne ± erreur type).

Cultivar	Perte de hauteur (%)	PS (%)
126	10.16±4.83ab	23.29±8.71a
145	3.34±3.02a	22.61±2.83a
135	6.93±2.81a	11.11±4.72a
111	22.99±3.55b	17.63±11.42a
12	4.33±2.43a	10.97±1.59a
141	16.03±9.86ab	21.04±9.37a
107	1.69±1.69a	20.86±3.94a
P	0.038	0.760
F	2.62	0.556
d.d.l.	6 / 28	6 / 21
N	5	4

Les moyennes suivies par des lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Duncan à 5%. PS (%): réduction du poids sec. P: probabilité, F: facteur calculé, d.d.l. : degrés de liberté, v₁ = 6, v₂ = 21 ou 28, N: nombre de répétitions.

الملخص

هذا البحث مخصص لدراسة مقاومة 68 نوع من نبات الفول (*Vicia faba* major L. (Fabaceae) أغلبها محلية لحشرة المن السوداء *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae). بينت نتائج الحقل مقاومة 19 نوع و حساسية 11 نوع آخر. الدراسة الإحصائية التي أجريت بين درجة المقاومة و الخصائص الظاهرية لنبات الفول بينت أن الأنواع الحساسة لحشرة المن تملك أوراق عريضة من أوراق الأنواع المقاومة. النوع الشاهد 107 لديه درجة مقاومة عالية من خلال Tolérance و متوسطة من خلال Antibiose و ضعيفة من خلال Antixénose. النوع 141 لديه درجة مقاومة عالية من خلال Antibiose و Antixénose و متوسطة من خلال Tolérance. النوع 135 لديه درجة مقاومة ضعيفة من خلال Antibiose و متوسطة من خلال Antixénose و Tolérance. أثبتت الدراسة الإحصائية الارتباط المتبادل بين المعايير الحيوية للحشرة. الكلمات المفتاحية : المقاومة، الأنواع، *Aphis fabae*، *Vicia faba*، antibiose، antixénose، tolérance.

Résumé

Soixante huit cultivars de fève *Vicia faba* L. (Fabaceae) ont été testés en plein champ, pour leur résistance au puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli (Homoptera: Aphididae). Parmi ceux-ci, 19 cultivars sont montrés les plus résistants, tandis que 11 sont classés très sensibles.

L'analyse statistique entre le niveau de la résistance et les caractères morphologiques montre que les cultivars très sensibles ont des folioles plus larges que les cultivars résistants.

Dans un deuxième travail réalisé sous serre et au laboratoire sur 7 cultivars choisis sur la base des résultats obtenus en plein champ, les mécanismes de la plante qui sont impliqués dans cette résistance sont étudiés. Dans sa résistance contre ce puceron, le cultivar 141 fait intervenir son effet antibiotique et antixénotique. Les résultats ont montré également que cultivar 135 favorise un bon développement des pucerons et moyennement tolérant et attractif en comparaison avec les autres cultivars.

Le cultivar 107, pris comme témoin sensible sur la base de l'importance des colonies aphidiennes formés sur son feuillage lors de l'étude effectuée en plein champ, il s'est avéré qu'il est tolérant et attractif.

Mots-clés : Résistance, cultivars, *Vicia faba*, *Aphis fabae*, antibiose, antixénose, tolérance.

Abstract

The Black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli (Homoptera: Aphididae) is a serious pest of faba bean *Vicia faba* L. (Fabaceae) in Algeria.

The use of *A. fabae*-resistant cultivars may reduce the impact of this pest on faba bean production and at the same time reduce environmental risks and control costs.

A collection of sixty-eight cultivars of broad bean *Vicia faba* L. were screened for resistance against the main aphid pest of faba bean, the Black bean aphid *A. fabae* in a field.

Nineteen cultivars were the most resistant. In contrast, eleven showed a high susceptibility against this aphid.

The results showed that the susceptible cultivars had large leaflets than the resistant cultivars.

Only, seven cultivars were studied in order to identity its antibiosis, antixenosis and tolerance to the Black bean aphid *A. fabae*.

The cultivar 141 had a high level by antibiosis, antixenosis and intermediate level of tolerance.

The cultivar 135 had a low level by antibiosis and moderately level both the antixenosis and the tolerance.

The cultivar 107 was primarily a tolerant type, with moderate level of antibiosis and low level of antixenosis.

There were positive correlations between the biological parameters.

Key words: Resistance, cultivars, *Vicia faba*, *Aphis fabae*, antibiosis, antixenosis, tolerance.