

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie Animale et Végétale



Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat ès Science

Spécialité: Sciences Biologiques

Option: Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes Continentaux

Présenté par :

M^r MEZANI Samir

SUJET

**Suivi des populations de *Bruchus rufimanus* (Coleoptera :
Chrysomelidae) dans les lieux de diapause et dans des parcelles
de variétés de fève différentes (Aguadulce, Séville et Féverole)
dans la région de Tizi-Ouzou**

Devant le jury composé de :

Soutenu publiquement le : 16 / 06 / 2016

Mr BOUKHEMZA Mohamed	Professeur	U.M.M Tizi-Ouzou	Président
Mme MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja	Professeur	U.M.M Tizi-Ouzou	Rapporteur
Mme ALLAL-BENFEKIH Leila	Professeur	U.S.D. Blida	Examinatrice
Mme AOUAR-SADLI Malika	M.C.A	U.M.M Tizi-Ouzou	Examinatrice
Mme CHEBOUTI-MEZIOU Nadjiba	M.C.A	U.M.B. Boumerdes	Examinatrice
Mr DJAZOULI Zahr-Eddine	Professeur	U.S.D. Blida	Examineur

Année universitaire 2015/2016

REMERCIEMENTS

Ma gratitude et mes remerciements les plus profonds et les plus sincères s'adressent à madame Medjdoub-Bensaad F. Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé et dirigé ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et les encouragements qu'elle m'a prodigués et le grand soutien et la confiance qu'elle m'a accordé pour la réalisation de cette étude.

Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent à monsieur le Professeur Boukhemza M. de l'Université de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de présider ce jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Je tiens à remercier vivement Mme Aouar-Sadli M., maître de conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Mme Allal-Benfekih L. et Mr Djazouli Z. E., Professeurs à l'Université Saad Dahlab de Blida, Mme Chebouti-Meziou N., maître de conférences A à l'Université M'hamed Bougara de Boumerdes, qui ont accepté d'évaluer ce travail et pour l'intérêt qu'ils en ont porté.

Mes vives et sincères reconnaissances à tous mes collègues pour leur gentillesse, sympathie, encouragement et surtout pour leur précieuse aide : Mme Goucem-Khelfane K., Mme Ait- Slimane-Lardjane N., Mme Hamiti-Lardjane A., M^{lle} Metna F., Mme Bachouche N., Mme Bouaziz-Yahyatene H., Mme Oubellil Dj., Bensidhoum M., Khifer L., Hamdani Dj...

Je tiens à exprimer aussi mes vifs remerciements à ma collègue et amie Mlle Chougar Safia, pour son soutien incessant, ses conseils et ses commentaires m'ont été fort utiles, mes sincères reconnaissances « Foufa ».

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe de l'Association Tunisienne de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (AT-BVBR), monsieur le Professeur Lamjed Med MARZOUZI, Slimane, Mahrezia et les autres pour leur soutien.

Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent à Mr Laribi M. et Mr Asla T., maîtres assistants classe A au département de Biologie, pour leur aide dans la détermination des espèces des plantes adventices présentes dans la parcelle de fève de variété Séville.

Mes remerciements s'adressent également à Mr Doumandji S.E., Professeur à l'Ecole National Supérieure d'Agronomie d'EL Harrach (Alger), Mme Marniche F., maître de conférences et enseignante à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'El Harrach, pour la détermination des invertébrés capturés dans la parcelle d'études.

Je remercie également Mr Kacha S., Directeur des ressources humaines de l'Office National de la Météorologie d'Alger et Mr Chikhi N. (que Dieu ait son âme), responsable de la station météorologique de Boukhalfa, et ainsi à toute leur équipe pour avoir mis à ma disposition toutes les données climatiques qui m'ont été nécessaires.

Mes remerciements s'adressent aussi aux agriculteurs (notamment Malek) qui nous ont permis de planter les parcelles de fève et de travailler dans leurs champs, leur aide à travers leurs matériels mécaniques nous fut d'un grand secours. J'adresse mes vifs remerciements aussi à Hamid, le fournisseur du matériel en agriculture (Agriment) de Talla-Toulmouts, ainsi qu'à son gérant Massi pour leur aide à nous fournir la semence des différentes variétés.

Un grand merci assez particulier s'adresse à Madame Chaabna-Kacha Dyhia, Doctorante à l'université Kasdi Marbah de Ouargla, nous avons eu l'occasion de l'avoir comme étudiante en Ingéniorat et en Master dans notre laboratoire, pour son soutien indéfectible et permanent. Nous avons su apprécier en elle honnêteté et respect, merci, merci et merci madame ! Sans oublier de remercier également la modestie de sa grande famille Kacha, notamment son père Arezki et sa belle-mère Samia ainsi que son frère Lounes et ses sœurs Sylia, Sarah et la petite Dida.

Mes remerciements s'adressent également à Touati Ramdane., Doctotant en sciences Amazigh et activiste brillant pour la préservation de cette langue et culture Berbère, pour la traduction du résumé en Tamaziɣt. Un très grand merci aussi pour Kacel Fariza, Anissa, Fatiha, Ferial, Thilleli, Saloua, Dalila, Karima, Katia, Rokaia,... pour leur soutien.

Je remercie encore mon petit frère Younes pour son aide dans l'outil informatique et ma petite sœur Lynda. Je voudrais aussi remercier vivement Karima et Hassina du laboratoire de « Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes » pour leur sincère amitié et leur soutien.

Enfin ... je ne peux finir sans évoquer le soutien et la compréhension de tous les gens de mon entourage ; famille, amis (es) ...

Un grand merci à tous.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents

Mes très chers frères et sœurs

Toute ma famille paternelle et maternelle

Tous ceux et celles avec qui j'ai passé d'inoubliables moments

Tous mes amis (es)

Mon cher amour Hadjira

*Ceux et celles qui donnent un peu de leurs temps pour l'écologie et
l'environnement*

Liste des abréviations

- ***** : Différence significative
- ****** : Différence hautement significative
- ******* : Différence très hautement significative
- **ANOVA** : Analyse de la variance
- **CM_f** : Carré Moyen factoriel
- **DDL** : Degrés De Liberté
- **F** : Fonction observée de Fischer-Snedicor
- **H.R. (%)**: Humidité relative de l'air en pourcentage
- **Ha** : Hectare
- **Kg** : Kilogramme
- **Nb.** : Nombre
- **P (mm)**: Pluviométrie en millimètre
- **Prob** : Probabilité
- **Q_x** : Quintaux
- **SCE** : Somme des Carrés des Ecart
- **T° (°C)** : Température en degré Celsius
- **tempé. maxi. mensu** : Température maximale mensuelle
- **tempé. mini. mensu** : Température minimale mensuelle
- **tempé. moy. mensu.** : Température moyenne mensuelle
- **V (m/s)**: Vent en mètre par seconde
- **Var** : Variété

Liste des figures

Figure 1 : Aspect morphologique de <i>V. faba</i>	6
Figure 2 : Importance des superficies de culture des diverses légumineuses alimentaires dans la région de Tizi-Ouzou.....	10
Figure 3 : Variétés de la fève (<i>V. faba</i> major L.) et la féverole (<i>V. faba</i> minor) présentes en Algérie	12
Figure 4 : Principales maladies de la fève.....	15
Figure 5 : Insectes ravageurs de la fève	17
Figure 6 : Forme du dernier segment abdominal chez le mâle et la femelle de <i>B. rufimanus</i>	21
Figure 7 : Adultes de <i>B. rufimanus</i>	23
Figure 8 : Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur les graines de <i>V. faba</i>	26
Figure 9 : Matériels utilisés au laboratoire.....	32
Figure 10 : Evolution des effectifs d'individus de <i>B. rufimanus</i> migrants des graines durant l'année agricole 2012/2013	35
Figure 11 : Evolution des effectifs d'individus de <i>B. rufimanus</i> migrants des graines durant l'année agricole 2013/2014.....	36
Figure 12 : Evolution de nombre de bruches mâles et femelles vivants sédentaires « non évadés » durant l'année agricole 2012/2013	37
Figure 13 : Evolution de nombre de bruches mâles et femelles vivants sédentaires « non évadés » durant l'année agricole 2013/2014.....	39
Figure 14 : Evolution du nombre d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les boîtes durant l'année agricole 2012/2013	40
Figure 15 : Evolution du nombre d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les boîtes durant l'année agricole 2013/2014.....	41
Figure 16 : Nombre total d'adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents des graines de fève durant l'année agricole 2012/2013	42
Figure 17 : Nombre total d'adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents des graines de fève durant l'année agricole 2013/2014.....	43
Figure 18 : Nombre d'adultes évadés et celui d'adultes non évadés durant l'année agricole 2012/2013	44
Figure 19 : Nombre d'adultes évadés et d'adultes non évadés durant l'année agricole 2013/2014	45

Figure 20: Taux de mortalité (en %) des adultes dans les lieux de diapause durant l'année agricole 2012/2013	46
Figure 21 : Taux de mortalité (en %) de <i>B. rufimanus</i> dans les lieux de diapause durant l'année agricole 2013/2014.....	47
Figure 22 : Matériel de laboratoire et matériel biologique utilisé.....	60
Figure 23 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de novembre 2013	61
Figure 24 : Mortalité (en %) des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de novembre 2013	62
Figure 25 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de novembre 2013	62
Figure 26 : Mortalité (en %) des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de novembre 2013	63
Figure 27 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de décembre 2013.....	63
Figure 28 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de décembre 2013	64
Figure 29 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de décembre 2013.....	64
Figure 30 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de décembre 2013.....	65
Figure 31 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de janvier 2014	65
Figure 32 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de janvier 2014.....	66
Figure 33 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de janvier 2014.....	66
Figure 34 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de janvier 2014	67
Figure 35 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de février 2014.....	67
Figure 36 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de février 2014.....	68

Figure 37 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de février 2014	68
Figure 38 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de février 2014.....	69
Figure 39 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de mars 2014.....	69
Figure 40 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la première quinzaine du mois de mars 2014.....	70
Figure 41 : Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de mars 2014	70
Figure 42 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel émergents à la deuxième quinzaine du mois de mars 2014.....	71
Figure 43 : Situation géographique des stations d'études	74
Figure 44 : Courbe de l'accroissement de la pluie avec l'altitude	77
Figure 45: Marquage des dix tiges de <i>V. faba</i>	78
Figure 46 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées sur les trois parcelles d'études durant l'année agricole 2012/2013	81
Figure 47 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées durant l'année agricole 2013/2014	82
Figure 48 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées durant l'année agricole 2014/2015	83
Figure 49 : Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de <i>V. faba</i> durant l'année 2013.....	86
Figure 50 : Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de <i>V. faba</i> semées précocément durant l'année 2014.....	90
Figure 51 : Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de <i>V. faba</i> semées tardivementdurant l'année 2014.....	91
Figure 52 : Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de <i>V. faba</i> semées en basse altitude durant l'année 2015.....	96
Figure 53 : Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de <i>V. faba</i> semées en altitude durant l'année 2015	97
Figure 54 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées de <i>V. faba</i> durant l'année 2013	100

Figure 55 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses jeunes de <i>V. faba</i> durant l'année 2013.....	101
Figure 56 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées des variétés de <i>V. faba</i> semées précocement durant l'année 2014	106
Figure 57 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses jeunes des variétés de <i>V. faba</i> semées précocement durant l'année 2014	107
Figure 58 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées des variétés de <i>V. faba</i> semées tardivement durant l'année 2014.....	108
Figure 59 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses jeunes des variétés de <i>V. faba</i> semées tardivement durant l'année 2014	109
Figure 60 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées des variétés de <i>V. faba</i> semées en basse altitude durant l'année 2015	114
Figure 61 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses jeunes des variétés de <i>V. faba</i> semées en basse altitude durant l'année 2015.....	115
Figure 62 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées des variétés de <i>V. faba</i> semées en altitude durant l'année 2015	116
Figure 63 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses jeunes des variétés de <i>V. faba</i> semées en altitude durant l'année 2015.....	117
Figure 64 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> des variétés de <i>V. faba</i> semées en 2012/2013.....	129
Figure 65 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> des variétés de <i>V. faba</i> semées précocement en 2013/2014	133
Figure 66 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> des variétés de <i>V. faba</i> semées tardivement en 2013/2014.....	134
Figure 67 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> des variétés de <i>V. faba</i> semées en basse altitude durant l'année 2014/2015.....	135
Figure 68 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> des variétés de <i>V. faba</i> semées en altitude durant l'année 2014/2015.....	136
Figure 69 : Différents stades de développement de <i>B. rufimanus</i>	138
Figure 70 : Fréquences centésimales des représentants d'ordres capturés	155
Figure 71 : Répartition des invertébrés capturés selon le régime alimentaire	161

Liste des tableaux

Tableau 1 : Superficies et production de la fève et féverole en Algérie durant la période 2004/2014.....	8
Tableau 2 : Superficies et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou durant la période 2005/2015.....	9
Tableau 3 : Productions (ha) et rendements des différentes cultures des légumineuses pendant la campagne agricole 2014/2015 dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	10
Tableau 4: Variations des températures moyennes mensuelles ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) au laboratoire.....	33
Tableau 5 : Moyennes mensuelles ($\pm 1\%$) de l'humidité (%) sous les conditions de laboratoire..	34
Tableau 6 : Moyennes mensuelles de la longueur du jour (en heures) durant la période d'étude..	34
Tableau 7 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les graines de fève (variété Séville) durant la campagne 2012-2013	48
Tableau 8 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les graines de fève (variété Aguadulce) durant la campagne 2012-2013	49
Tableau 9 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les graines de fève (variété Séville) durant la campagne 2013-2014	50
Tableau 10 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les graines de fève (variété Aguadulce) durant la campagne 2013-2014.....	51
Tableau 11 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (Variété Séville) durant la campagne 2012-2013.....	51
Tableau 12 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (Variété Aguadulce) durant la campagne 2012-2013.....	52
Tableau 13 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (Variété Séville) durant la campagne 2013-2014.....	53
Tableau 14 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (Variété Aguadulce) durant la campagne 2013-2014.....	53
Tableau 15 : Valeurs moyennes mensuelles des températures ($^{\circ}\text{C}$), précipitations (mm) humidité relative de l'air (%) et vent (m/s), enregistrés pour la région de Tizi-Ouzou durant les trois années d'étude	76
Tableau 16 : Valeurs moyennes mensuelles corrigées des températures ($^{\circ}\text{C}$), précipitations (mm), enregistrés pour la région de Béni-Douala	77
Tableau 17: Résultats de l'ANOVA de l'effet des deux facteurs «variétés » et « sexe » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2012/2013.....	85

Tableau 18: Résultats de l'ANOVA de l'effet des facteurs «Variété » et « Date de semis » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2013/2014	89
Tableau 19: Résultats de l'ANOVA de l'effet des facteurs «variété » et « altitude » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2014/2015	95
Tableau 20 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de <i>V. faba</i> étudiée sur la ponte des œufs par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les deux strates de gousses de l'année agricole 2012/2013 ..	99
Tableau 21 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de <i>V. faba</i> étudiées, strates des gousses et dates de semis sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2013/2014.....	105
Tableau 22 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés étudiées, « strate » et « altitude » sur la ponte des œufs par les femelles de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2014/2015.....	113
Tableau 23 : Durée du cycle de développement de <i>B. rufimanus</i> sur les deux parcelles de variétés de fève et de la parcelle de la féverole durant les 3 années d'études.....	137
Tableau 24. Plantes adventices présentes dans la parcelle d'étude	150
Tableau 25 : Liste des espèces d'invertébrés inventoriées dans la parcelle de fève Séville semée à Thala-Toulmouts	151
Tableau 26 : Qualité d'échantillonnage des espèces prélevées par les pots Barber et les assiettes jaunes au cours de toute la période d'expérimentation dans la parcelle de fève de variété Séville	153
Tableau 27 : Effectif et fréquence centésimale des classes d'Invertébrés échantillonnées grâce aux pots Barber, aux assiettes jaunes et au filet fauchoir	154
Tableau 28 : Effectif et fréquence centésimale des représentants d'ordres d'invertébrés capturés par les trois méthodes d'échantillonnage	154
Tableau 29 : Effectif et fréquence centésimale des espèces d'invertébrés capturés par les différentes méthodes d'échantillonnages	157
Tableau 30 : Fréquences d'occurrences des espèces d'invertébrés capturées par les différentes méthodes d'échantillonnage	159
Tableau 31 : Valeurs des indices de la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H' max) et l'équitabilité appliqués aux espèces d'invertébrés capturées	160
Tableau 32 : Valeurs des indices de la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H' max) et l'équitabilité appliqués aux espèces d'invertébrés capturées selon le statut trophique	161

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Généralités sur la plante hôte <i>Vicia faba</i> L.	4
1. Introduction	4
2. Origine et répartition géographique	4
3. Position systématique	4
4. Description botanique de l'espèce <i>V. faba</i>	5
5. Valeur nutritionnelle	6
6. Intérêts agro économiques.....	7
6.1. Intérêt agronomique	7
6.2. Intérêt économique	7
6.2.1. Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	9
6.2.2. Superficie cultivée, production et rendement de la culture de la fève par rapport aux autres cultures de légumineuses alimentaires dans la wilaya de Tizi-Ouzou	9
7. Les différentes variétés de la fève (<i>V. faba</i>) présentes en Algérie	10
8. Contraintes de la culture de fève en Algérie	11
8.1. Contraintes abiotiques	11
8.2. Contraintes culturelles et socio-économiques	13
8.3. Contraintes biotiques	14
CHAPITRE II : Présentation de l'insecte <i>Bruchus rufimanus</i>	18
1. Introduction	18
2. Présentation de la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	19
2.1. Origine et aire de répartition	19
2.2. Position systématique	20
2.3. Description de l'espèce	20
3. Biologie de <i>B. rufimanus</i>	22
4. Diapause reproductrice.....	23

4.1. Modifications physiologiques	24
4.2. Modifications biochimiques	24
4.3. Modification comportementales.....	24
5. Pertes et dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur la fève	25
5.1. Pertes pondérales.....	25
5.2. Perte de germination.....	25
5.3. Dépréciation des graines	26
5.4. Baisse du rendement.....	26
6. Moyens de lutte	27
6.1. Lutte préventive.....	27
6.2. Lutte curative.....	27

CHAPITRE III : Etude expérimentale sur la diapause reproductrice au laboratoire

Première partie : Suivi de l'émergence, de la longévité et de la mortalité de la bruche de la fève *B. rufimanus* dans les lieux de diapause

1. Introduction	30
2. Matériel et méthodes.....	30
2.1. Matériel	30
2.2. Méthodologie adoptée	31
2.2.1. Suivi des émergences des adultes de <i>B. rufimanus</i>	31
2.2.2. Nombre de larves, nymphes et d'adultes morts ou parasités dénombrés dans les graines de fève.....	33
2.2.3. Durée de vie des adultes (longévité)	33
3. Résultats	33
3.1 Conditions climatiques durant la période d'étude	33
3.1.1. Température	33
3.1.2. Humidité	34
3.1.3. Photopériode	34
3.2. Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> vivants, migrants des graines « évadés ».....	34
3.2.1. Année agricole 2012-2013.....	34
3.2.2. Année agricole 2013-2014	35
3.3. Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> vivants sédentaires « non évadés »	37

3.3.1. Année agricole 2012-2013.....	37
3.3.2. Année agricole 2013-2014	38
3.4. Effectif d'adultes de <i>B. rufimanus</i> morts dans les boites entre les graines	39
3.4.1. Année agricole 2012-2013	39
3.4.2. Année agricole 2013-2014	40
3.5. Effectif total d'adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents durant l'expérimentation	41
3.5.1. Année agricole 2012-2013	41
3.5.2. Année agricole 2013-2014	42
3.6. Comparaison entre le nombre d'adultes migrants et sédentaires.....	43
3.6.1. Année agricole 2012-2013	43
3.6.2. Année agricole 2013-2014	44
3.7. Mortalité de <i>B. rufimanus</i> dans les lieux de diapause	46
3.7.1. Année agricole 2012-2013	46
3.7.2. Année agricole 2013-2014	47
3.8. Mortalité des stades de développement de <i>B. rufimanus</i> à l'intérieur des graines	48
3.8.1. Année agricole 2012-2013	48
3.8.2. Année agricole 2013-2014	49
3.9. Estimation de la longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> dans les lieux de diapause.....	51
3.9.1. Année agricole 2012-2013	51
3.9.2. Année agricole 2013-2014	52
4. Discussion	54

Deuxième partie : Effet de la nourriture sur la longévité de *B. rufimanus* en diapause

1. Introduction	59
2. Matériel et méthode d'étude	59
3. Résultats	61
3.1. Longévité des adultes de <i>B. rufimanus</i> nourris et non nourris avec du miel pendant la période de diapause	61
3.1.1. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la première quinzaine du mois de novembre.....	61
3.1.2. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la deuxième quinzaine du mois de novembre	62
3.1.3. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la première quinzaine du mois de décembre	63
3.1.4. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la deuxième quinzaine du mois de décembre.....	64
3.1.5. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la première quinzaine du mois de janvier	65

3.1.6. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la deuxième quinzaine du mois de janvier	66
3.1.7. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la première quinzaine du mois de février	67
3.1.8. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la deuxième quinzaine du mois de février.....	68
3.1.9. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la première quinzaine du mois de mars.....	69
3.1.10. Adultes de <i>B. rufimanus</i> émergents à la deuxième quinzaine du mois de mars	70
4. Discussion	71

Chapitre IV : Bioécologie de la bruche de la fève *B. rufimanus* dans la région de Tizi-Ouzou

Première partie : Dynamique des populations de *B. rufimanus*

1. Introduction	73
2. Matériels et méthodes.....	73
2.1. Situation géographique des stations d'études.....	73
2.2. Données climatique sur la région d'étude.	75
2.3. Choix des pieds de fève : méthode d'échantillonnage	78
2.4. Observation sur champ.....	78
2.4.1. Suivi de la phénologie de la plante hôte.....	78
2.4.2. Suivi de l'activité du ravageur <i>B. rufimanus</i>	79
2.4.3. Suivi de l'activité de ponte des femelles de <i>B. rufimanus</i>	79
2.4.4. Analyse statistique.....	80
3. Résultats	81
3.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	81
3.1.1. Année agricole 2012/2013(variétés semées dans le même site)	81
3.1.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes).....	81
3.1.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes).....	81
3.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	84
3.2.1. Année agricole 2012/2013(variétés semées dans le même site)	84
3.2.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes).....	87
3.2.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes).....	92
3.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses des différentes variétés	98
3.3.1. Année agricole 2012/2013(variétés semées dans le même site)	98

3.3.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes).....	102
3.3.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes).....	110
4. Discussion	118

Deuxième partie : Cycle de développement de *B. rufimanus* en relation avec l'évolution de la phénologie de sa plante hôte *V. faba*

1. Introduction	126
2. Matériels et méthodes.....	126
3. Résultats	127
3.1. Développement embryonnaire	127
3.2. Développement post-embryonnaire	128
3.2.1. Année agricole 2012/2013	128
3.2.2. Année agricole 2013/2014	130
3.2.3. Année agricole 2014/2015	131
3.3. Durée du Cycle de développement complet de <i>B. rufimanus</i>	137
4- Discussion	139

Chapitre V : Inventaire d'invertébrés dans une parcelle de fève de la variété Séville dans la région de Tizi-Ouzou

1. Introduction	145
2. Matériel et méthodes	146
2.1. Présentation de la zone d'étude	146
2.2. Méthodologie	146
2.2.1. Echantillonnage des plantes adventices	146
2.2.2. Echantillonnage des différentes espèces d'invertébrés présentes dans la parcelle de fève	146
2.2.2.1. Le fauchage	146
2.2.2.2. Pièges-trappes ou pots Barber	147
2.2.2.3. Pièges-attractifs ou assiettes jaunes.....	147
2.3. Exploitation des résultats	148
2.3.1. Qualité de l'échantillonnage	148
2.3.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques	148
2.3.2.1. Indices écologiques de composition.....	148

2.3.2.2. Indices écologiques de structure	159
3. Résultats	150
3.1. Echantillonnage des plantes adventices	150
3.2. Résultats de l'inventaire global des invertébrés.....	151
3.3. Qualité de l'échantillonnage des invertébrés capturés grâce aux pots Barber et les assiettes jaunes.....	152
3.4. Composition et structure des invertébrés capturés dans la parcelle de fèves.....	153
3.4.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition.....	153
3.4.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure.....	160
4. Discussion.....	161
Conclusion générale et perspectives	179
Références bibliographiques	174

Introduction générale

Les légumineuses à graines sont une composante essentielle dans les systèmes de culture du bassin méditerranéen, la fève et la féverole (*Vicia faba* L.) sont les plus cultivées (Kharrat et al., 2002a).

En Algérie, la fève seule est la plus importante parmi les légumineuses alimentaires, occupant 58 000 hectares, soit 44,3% de la superficie totale réservée à cette catégorie de culture (Boussad et Doumandji, 2004b).

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

Parmi les ravageurs qui s'attaquent à cette culture, les insectes occupent une place importante dont plusieurs sont nuisibles. Parmi ceux inféodés à la fève, nous citons la sitone du pois *Sitona lineatus*, le puceron noir *Aphis fabae* et la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boheman). Selon Huignard et al. (2011), les espèces du genre *Bruchus* sont des insectes phytophages qui colonisent les cultures au moment de la phase de floraison de leur plante-hôte et ne se reproduisent que sur les gousses vertes. Ce genre comporte environ 300 espèces, réparties dans toute la région Eurasiatique et en Amérique. Laborius et Saba (1977) rapportent que, *B. rufimanus* est le ravageur le plus redoutable, il se développe au stade larvaire à l'intérieur des graines des légumineuses du genre *Vicia* et deviennent ainsi non commercialisables et inconsommables.

Selon Huignard et al. (2011), cet insecte est cosmopolite s'attaquant aux cultures de fèves dans la plupart des régions du monde en Europe, au Maghreb, au Moyens Orient et au Etats-Unis et causent de sérieux dégâts.

Vu l'importance de la fève sur le plan alimentaire et agronomique, il est nécessaire de réfléchir à des méthodes de lutte adéquates pour réduire les dommages causées par les populations de *B. rufimanus* sur les récoltes, notamment développement de variétés plus résistantes aux insectes, qui constituent une bonne alternative à la lutte chimique en milieu villageois de Kabylie et les autres régions de l'Algérie, car elles sont moins coûteuses et n'occasionnent pas de nuisances chez les populations et l'environnement et permettent de réduire le taux d'infestation des graines par la bruche. En Algérie, dans la région de Tizi-Rached, Mezani et Medjdoub-Bensaad (2014) ont décrit la susceptibilité d'une variété de fève

Séville et la féverole à l'infestation par les femelles de *B. rufimanus*. Les auteurs ont constaté que la féverole est moins appréciée avec un faible taux d'infestation de 0,98%.

En Egypte, le centre des recherches agronomiques d'El Giza, dans le cadre d'un projet pour la sélection de 4 variétés de fève résistantes à *Aphis craccivora* (Aphididae) 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). Les travaux de Meradsi (2008) ont montré que, soixante huit cultivars de fève *V. faba* L. ont été testés en plein champ dans la région de Batna, pour leur résistance au puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli. Parmi ceux-ci, 19 cultivars se sont montrés 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.

La présente étude s'est intéressée à l'analyse de quelques paramètres biologiques et environnementaux susceptibles d'influencer la bioécologie des populations de la bruche de la fève *B. rufimanus*, sur deux parcelles de variétés différentes de *V. faba* major, Séville et Aguadulce et une parcelle de *V. faba* minor ou féverole, d'une superficie d'environ 100m². Les paramètres recherchés concernent principalement les variables permettant la découverte et la colonisation de la plante hôte par l'insecte, le phénomène de ponte et le mode de nourriture de la larve qui représente l'état nuisible de ce ravageur. Aussi, un inventaire de tous les invertébrés inféodés à la culture de la fève variété Séville en basse altitude est réalisé afin de permettre une amélioration des connaissances sur la biodiversité de cette culture dans cette région de Kabylie (Tizi-Ouzou) et élucider d'éventuels prédateurs de ce ravageur des cultures de fèves, qui peuvent se nourrir d'œufs.

Cette étude s'avère indispensable et constitue une étape importante permettant de disposer des informations nécessaires pour élucider les conditions de contamination des champs et limiter les pertes dues à cet insecte, afin de préserver les récoltes contre les déprédations de ce bio-agresseur en élaborant des méthodes de lutte adéquates.

La présente étude comporte plusieurs chapitres structurés comme suit : Les premier et deuxième chapitres portent une synthèse bibliographique sur la plante hôte *V. faba* et l'insecte ravageur *B. rufimanus*, respectivement. Le troisième chapitre traite les principales caractéristiques de la diapause reproductrice de cet insecte et l'effet de la nourriture (miel) sur la longévité des adultes de *B. rufimanus* pendant la diapause. Le quatrième chapitre élucide la dynamique des populations et cycle biologique de cet insecte sous les conditions de nos

agrosystèmes en relation avec la phénologie de la plante hôte et les facteurs climatiques. Le cinquième chapitre est consacré à l'inventaire réalisé au sein d'une parcelle de variété de fève Séville en basse altitude (Thala-Toulmouts). Enfin, nous terminons cette présente étude par une conclusion générale en élucidant quelques perspectives pour les travaux futurs.

Chapitre I

Généralités sur la plante hôte ***Vicia faba* L.**

1. Introduction

Sur le plan botanique, les légumineuses (Leguminosae) regroupe la famille de plantes à fleurs, dénommée également Fabaceae en classification phylogénétique. Cette famille est très diverse avec trois sous familles : Mimosoideae, Caesalpinioideae, et Papilionoideae (Doyle et Luckow, 2003). La diversité de cette famille végétale qui comprend environ 20 000 espèces, offre des possibilités énormes d'exploitation (Gepts et *al.*, 2005).

La sous famille des Papilionoideae regroupe les espèces cultivées les plus importantes économiquement comme le soja, le haricot, le pois, la luzerne, l'arachide, le pois chiche et la fève (Lazrek-Ben-Friha, 2008). Selon Huignard et *al.* (2011), la culture de la fève s'accommode à tous les types de sols.

2. Origine et répartition géographique de *V. faba*

La fève figure parmi les légumineuses les plus anciennement cultivées, elle est citée dans la Bible comme étant d'un usage fréquent pour les offrandes funéraires (Laumonier, 1979). Elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient (Mathon, 1985 ; Boyeldieu, 1991 ; Péron, 2006, Duc et *al.*, 2010 ; Huignard et *al.*, 2011).

La mise en culture de la fève daterait du Néolithique tardif. À partir du Moyen-Orient (probablement le Sud de la Mer Caspienne) se serait opérée une progression selon quatre itinéraires : Europe, à travers les Balkans, littoral Nord-africain jusqu'à l'Espagne, l'Éthiopie par le Nil, Mésopotamie puis l'Inde (Cubero, 1974). Au cours du XVI^{ème} siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnols et vers la fin du XX^{ème} siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie (Cubero, 2011).

3. Position systématique

3.1. Classification classique

D'après Kolev (1976), *V. faba* suit la classification suivante :

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : Dialypétales
- Série : Caliciflores
- Ordre : Rosales
- Famille : Fabacées
- Sous-famille : Papilionacées
- Tribu : Viciées
- Genre : *Vicia*
- Espèce : *Vicia faba* Linné.

Selon ce même auteur et selon la taille des graines, cette espèce est subdivisée en trois sous espèces : *Vicia faba* minor beck à petites graines appelée couramment féverole, *Vicia faba* equina pers à graines moyennes et *Vicia faba* major hartz à grosses graines.

3.2. Classification phyllogénétique

D'après Chase et Reveal (2009), la classification phyllogénétique de la fève est la suivante :

- Règne : Plante
- Clade : Angiospermes
- Clade : Dicotylédones
- Clade : Fabidés
- Ordre : Fabales
- Famille : Fabacées
- Sous famille : Papilionacées
- Tribu : Fabées
- Genre : *Vicia*
- Espèce : *Vicia faba* Linné.

4. Description de l'espèce

La fève est une espèce diploïde ($2n=12$ chromosomes) partiellement allogame (Gnanasambandam et *al.*, 2012). Selon Raynaud (1976), la fève est une plante herbacée annuelle, présentant une tige simple, dressée, creuse de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Figure 1a).

Les feuilles stipulées, alternes, composées-pennées, sont constituées de 2 à 6 folioles, amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre. Le rachis se termine par une arête étroite droite ou courbée, mais non enroulée en vrille qui représente la foliole terminale (Boyeldieu, 1991).

Les fleurs (Figure 1b) sont grandes de 2 à 3 cm de long, prennent naissance en position auxiliaire (Raynaud, 1976). Elles sont de type papilionacé, blanches maculées de noir ou de violet, formées en petites grappes (Péron, 2006).

Les fruits (Figure 1c) sont des gousses de 25 à 30 cm de long, pendantes noircissant à maturité (Zuang, 1991).

Les graines (Figure 1d) sont charnues, vertes et tendres à l'état immature. À complète maturité elles développent un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Laumonier, 1979 ; Chaux et Foury, 1994).

La racine comporte un pivot et des ramifications, surtout abondantes en surface. Les nodosités sont présentes dans les trente premiers centimètres (Boyeldieu, 1991).



Figure 1 : Aspect morphologique de *V. faba*. **a** : Tige et feuilles ; **b** : Fleurs ; **c** : Gousses ; **d** : Graines (Originale, 2014).

5. Valeur nutritionnelle

Avec le pois, la lentille et le lupin, la fève a constituée durant toute l'antiquité et le moyen-âge, une base alimentaire importante jusqu'au développement du haricot et de la pomme de terre, qui ne devraient être vraiment vulgarisés qu'au XVIII^{ème} siècle (Chaux et Foury, 1994). La fève constitue un aliment nutritif très important notamment pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (Shiran et Mashayekh, 2004). D'après Goyoaga et *al.* (2011), la fève renferme un taux élevé en protéine (=20 % de la M.S), tout en restant un aliment énergétique (55 % de glucides ; 340 cal /100g)

Gordon (2004) indique que cette légumineuse est également une excellente source de fibres solubles et insolubles, de vitamines B9 et C et de minéraux tel le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc.

Les graines de la fève (*V. faba* : variété major) sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail, lorsqu'elles sont disponibles en grande quantité, quant aux graines *V. faba* : variété minor, elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (Maatougui, 1996).

La féverole représente une source d'alimentation riche en protéines, fibres et énergie pour les poulets de chair. Elle est également à la base de la production de lait et de viande pour le cheptel (Benabdel-Jell, 1990).

6. Intérêts agro-économiques

6.1. Intérêt agronomique

Selon Huignard et *al.* (2011), la culture des légumineuses est la plus respectueuse de l'environnement puisque ce sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité de bactéries symbiotiques, du genre *Rhizobium*.

De ce fait, *V. faba* contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (Sillero et *al.*, 2010). Elle a une incidence positive sur les performances des cultures qui les suivent (Khaldi et *al.*, 2002). En effet, elle est appréciée en tant que bon précédent cultural pour la céréaliculture, via les reliquats d'azote laissés (Rachef et Ouffroukha, 2005), ou à travers l'amélioration de la structure du sol par son système racinaire puissant et dense (Migliorini et *al.*, 2008).

Jensen et *al.* (2010) rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha. Selon Al-Ghamdi et Al-Tahir (2001) ; Rachef et *al.* (2005), cette culture améliore aussi, grâce à ses exsudats racinaires, la disponibilité du Phosphore du sol pour le blé qui la succède.

6.2. Intérêt économique

L'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) estime que la récolte mondiale de fèves est de 4,75 millions de tonnes en 2002, la Russie étant le principal producteur. Selon Giove et Abis (2007), en 2005, les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves, soit 25% de la production mondiale.

Les fèves sont cultivées en Afrique dans tout le Maghreb, en Egypte et en Ethiopie (Huignard et *al.*, 2011). La superficie de leur culture est suivie par celle du pois chiche (*Cicer arietinum* T.), le pois (*Pisum sativum* C.), la lentille (*Lens culinaris* L.), le haricot

(*Phaseolus vulgaris* L.) (Kharrat et al., 2002a). Selon Giove et Abis (2007, 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).

En Algérie, la fève est semée en automne et fleurit entre février et avril (Benachour et al, 2007). Feliachi (2002) rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agroécologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures, les Hauts Plateaux et au niveau de la région de Biskra.

En raison de son exigence hydrique et thermique, 80% de la superficie de fèves est cultivée dans les zones de plaines côtières et intérieures, où les pluviométries annuelles moyennes sont respectivement de 613 et 533 mm/an. Leur faible importance dans les zones arides est due au froid et à la sécheresse terminale au niveau des Hauts Plateaux et à la faiblesse des ressources hydriques dans les zones Sahariennes (Maatougui, 1996).

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 2004-2014 sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Superficies et production de la fève et féverole en Algérie durant la période 2004-2014 (M.A., 2014).

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2004-2005	35082	268860	7,7
2005-2006	33537	242986	7,2
2006-2007	31284	279735	8,9
2007-2008	30688	235210	7,7
2008-2009	32278	364949	11,3
2009-2010	34210	366252	10,7
2010-2011	37090	379818	10,2
2011-2012	36835	405070	11,0
2012-2013	37668	423862	11,3
2013-2014	37499	413886	11,0
Moyenne	34617,1	338062,8	8,56

Les superficies emblavées en *V. faba* varient d'une année à l'autre. Elles oscillent entre 30688 et 37668ha. La production annuelle nationale varie entre 235210 et 423862 de quintaux. Nous constatons également des fluctuations du rendement présentant une moyenne de 8,56qx/ha.

Le rendement maximal a été noté durant les deux campagnes agricoles 2008-2009 et 2012-2013 avec 11,3qx/ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2005-2006 avec 7,2qx/ha. Cette grande variabilité du rendement est surtout liée à la variabilité interannuelle des précipitations.

6.2.1. Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou

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

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou, pour la décennie 2005-2015 sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Superficies et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou durant la période 2005-2015 (D.S.A.T.O, 2015).

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2005-2006	674	7133	10,58
2006-2007	667	7388	11,08
2007-2008	675	7440	11,02
2008-2009	727	8415	11,57
2009-2010	803	10222	12,73
2010-2011	819	10016	12,25
2011-2012	835	11644	14
2012-2013	894	11313	12,5
2013-2014	772	9840	13
2014-2015	803	6113	13
Moyenne	766,8	8907,45	13,18

D'après les données présentées dans le tableau 2, la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou pour la décennie 2005-2015 est de 766,8ha. Elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne sur dix années est de 8907,45qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 13,18qx/ha.

Le rendement maximal a été noté durant la campagne agricole 2011-2012 avec 14qx/ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2005-2006 avec 10,58qx/ha. Ces variations du rendement peuvent être expliquées par la mauvaise conduite des cultures, l'alimentation irrégulière en eau, essentiellement due aux conditions climatiques, ainsi que les dégâts causés par les ravageurs (insectes et acariens) et par les maladies virales et fongiques que subit cette culture.

6.2.2. Superficie cultivée, production et rendement de la culture de la fève par rapport aux autres cultures de légumineuses alimentaires dans la wilaya de Tizi-Ouzou

En terme d'importance des emblavures en légumineuses alimentaires dans la région de Tizi-Ouzou, les fèves occupent la première place avec environ 82% suivi par les pois chiches (10%), le haricot sec (5%), les petits pois (2%) et enfin les lentilles (1%) (Figure 2) (D.S.A.T.O, 2015).

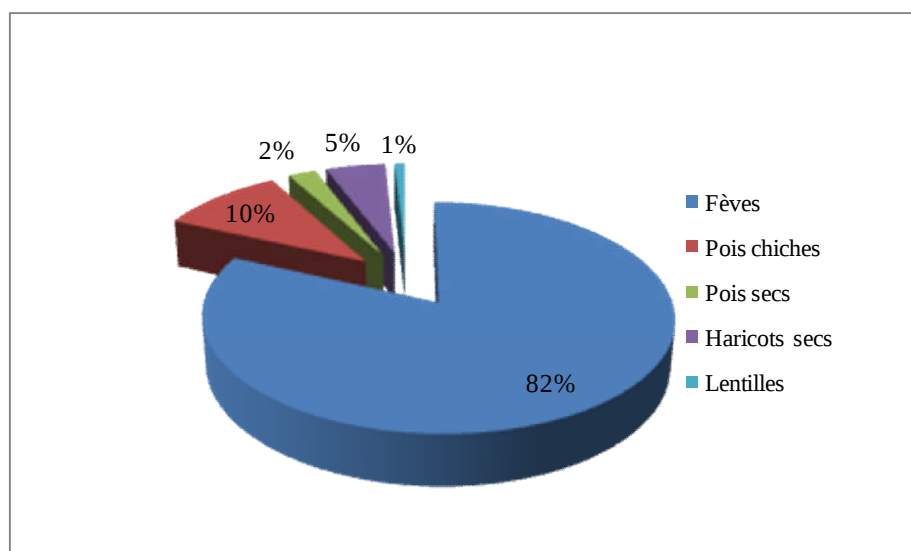


Figure 2 : Importance des superficies de culture des diverses légumineuses alimentaires dans la région de Tizi-Ouzou (D.S.A.T.O, 2015)

La superficie occupée par la culture de la fève est très importante, ce qui traduit une production plus importante, soit 6113 qx par rapport à la production des autres légumineuses (D.S.A.T.O, 2015). Le bilan de récolte (en quintaux) et les rendements des légumineuses durant la campagne agricole 2014-2015 sont rappelés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Productions et rendements des différentes cultures des légumineuses pendant la campagne agricole 2014/2015 dans la région de Tizi-Ouzou (D.S.A.T.O, 2015).

Espèces	Fèves	Pois chiches	Pois secs	Haricots secs	Lentilles	Total
Production (qx)	6113	552	153	425	64	7370
Rendement (qx/ha)	13	10	12	16	13	13

7. Différentes variétés de la fève (*V. faba*) présentes en Algérie

D'après Péron (2006), les différents cultivars se distinguent par la hauteur de la plante, la précocité, la grosseur des graines ainsi que leur comportement à l'égard de la longueur du jour pour la floraison.

Pour la fève *Vicia faba* var. major, il existe quatre variétés (Figure 3) qui sont :

7.1. La Séville

La Séville est une variété précoce à gousses longues renfermant 5 à 6 grains volumineux. Sa tige est d'une hauteur de 70cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (Chaux et Foury, 1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3cm et une longueur de 25cm (Laumonier, 1979).

7.2. L'Aguadulce

L'Aguadulce est une variété demi-précoce, très répandue en culture. Elle est caractérisée par une plante de végétation haute de 1,10 à 1,20m. Elle possède des gousses de couleur vert franc, volumineuse et très longue, pouvant atteindre 20 à 25cm renfermant 7 à 9 graines. C'est une variété très productive (Chaux et Foury, 1994) qui est introduite avec la Séville à partir de l'Espagne (Zaghouane, 1991).

7.3. La Muchaniel

La variété Muchaniel est très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair, de 20cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains blancs, elle est très productive (Chaux et Foury, 1994).

7.4. La Sidi Moussa

La fève de variété Sidi Moussa est sélectionnée à El-Harrach en 1965, elle est convenable à tous les sols, résiste aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche* sp.) et aux nématodes (Zaghouane, 1991).

Pour la féverole (*Vicia faba* var. *minor*) (Figure 3), la seule variété cultivée en Algérie est « Sidi Aich » (Zaghouane, 1991). Cette culture a été l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses de ce pays, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale. Selon Thomas (2008), cette culture possède un système racinaire pivotant très puissant. Elle résiste à des températures de -5°C, elle n'est donc pas sensible aux faibles gelées printanières et de ce fait, elle est assez facile à installer et à réussir.

Selon Lebreton et *al.* (2009), la féverole n'est pas sensible à la pourriture racinaire du pois (*Aphanomyces euteiches*), de plus les limaces en sont très peu friandes, voir la repoussent et préfèrent les autres plantes.

8. Contraintes de la culture de fève en Algérie

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

8.1. Contraintes abiotiques

8.1.1. Froid hivernal et gelées printanières

Le froid hivernal et les gelées printanières sont les principales contraintes dans la zone des Hauts Plateaux et les plaines intérieures, ils provoquent la coulure des fleurs et la mort des plantes (Maatougui, 1996).



Variété Séville



Variété Aguadulce



Variété Muchaniel



Féverole

Figure 3 : Variétés de la fève (*V. faba* major L.) et la féverole (*V. faba* minor) présentes en Algérie (Mezani, 2011)

8.1.2. Sécheresse terminale

La plupart du temps, sécheresse et fortes températures sont associées. Le faible rendement de la culture de fèves en Algérie est dû en grande partie à l'insuffisance des précipitations printanières et leur irrégularité (Zaghouane, 1991). Cette contrainte constitue un facteur limitant de la production dans les Hauts Plateaux et les plaines côtières, car la culture de la fève exige beaucoup d'eau (Girard, 1990).

Selon Khan et *al.* (2010), le déficit en eau provisoire peut se produire presque à n'importe quelle étape de croissance partout où la fève est cultivée, en particulier en climat méditerranéen où la sécheresse terminale se produit pendant la période de floraison.

8.1.3. Chaleur

La chaleur est la plus néfaste pour la culture des fèves notamment dans les zones Sahariennes, ainsi que dans les Hauts Plateaux et les plaines intérieures. Dans le cas de ces dernières, c'est le Sirocco qui affecte la production de gousses et limite aussi la grosseur des graines (Maatougui, 1996).

Les fortes chaleurs (au dessus de 22-25°C de moyenne journalière) causent un arrêt de croissance, une chlorose et peuvent même anéantir complètement la végétation ; à un degré moindre, elles nuisent à la qualité du grain, le rendant précocement amer et farineux (Chaux et Foury, 1994).

8.1.4. Salinité

D'après Farissi et *al.* (2014), la salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes. Benidire et *al.* (2015) ajoutent qu'elle entraîne un déficit hydrique chez les plantes, dû au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induites par l'afflux d'ions sodium.

La salinité est une contrainte qui concerne notamment les zones Sahariennes, où les fèves sont irriguées avec des eaux assez chargées en Sodium (Maatougui, 1996).

8.2. Contraintes culturelles et socio-économiques

8.2.1. Contraintes culturelles

Selon Maatougui (1996), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

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

8.2.2. Contraintes socio-économiques

Le développement de la culture de la fève reste limité à cause de sa faible rentabilité. En effet, cette culture nécessite des charges qui ne peuvent pas nécessairement être compensées par la vente des productions : la conduite technique est généralement manuelle (semis, désherbage et récolte), ce qui se traduit par un coût important en main d'œuvre alors que les rendements sont faibles et les prix de vente ne sont pas élevés (Zaghoulane, 1991).

8.3. Contraintes biotiques

La fève est sujette à un très grand nombre de maladies fongiques et aux attaques des ravageurs et parasites supérieurs.

8.3.1. Plantes supérieures parasites " l'Orobanche "

L'orobanche est une plante holoparasite sans chlorophylle, qui dépend entièrement de son hôte pour réaliser son cycle biologique (Kharrat, 2002a). La présence de cette plante occasionne des pertes considérables, pouvant entraîner la destruction totale de la fève (Kharrat et al., 2002b ; Abbes et al., 2010).

La fève émet des exsudats racinaires, favorisant la germination et la levée de la graine d'orobanche à partir du mois d'avril. Cette plante parasite émet aussi à son tour des suçoirs, au niveau de la racine de la fève et détourne la sève élaborée à son profit (Ait Abdellah et Hamadache, 1996).

D'après Hamadache (2003), l'espèce la plus connue en Algérie est l'orobanche spéculaire (*Orobanche crenata* Forsk).

8.3.2. Maladies fongiques

D'après Messiaen (1981), les maladies des plantes peuvent être provoquées par des organismes de nature très diverses (virus, bactéries et champignons).

Les principales maladies fongiques affectant la fève sont :

- La rouille: la rouille est une maladie foliaire de la fève (Figure 4a), causée par *Uromyces fabae* (Boyeldieu, 1991). Elle se manifeste par la présence de petites pustules brun-rouilles sur les folioles (Emeran et al., 2011). Ces pustules finissent par recouvrir la totalité du feuillage et parfois des tiges, provoquant un dessèchement accéléré des plantes (Péron, 2006 ; Stoddard et al., 2010).

En Algérie, les pertes de rendement en grains secs par cette maladie ont été estimées entre 15 et 20% (Meskine et al., 2002).

- Le botrytis: le botrytis ou maladie des taches chocolatées (Figure 4b) est l'une des maladies les plus dévastatrices affectant la fève (Abou-Zeid, 2002 ; Fernandez-Aparicio et al., 2011), causée par deux espèces de *Botrytis* : *B. fabae* et *B. cinerea*.

Selon Boyeldieu (1991), cette maladie se développe lorsque la température est douce et l'air humide. Les premiers symptômes sont des taches foncé-brunes, entourées par un anneau orange-brun sur les feuilles, les fleurs et les tiges. Elles finissent par provoquer des nécroses importantes à l'origine d'une chute précoce de feuilles.

C'est lors de la floraison que la maladie est la plus nuisible, car elle provoque la coulure des fleurs (Stoddard et al., 2010). Rhaïm (2002) a rapporté qu'une attaque sévère par

cette maladie peut engendrer des pertes de rendement, allant jusqu'à 100% lorsque les conditions favorables à son développement se prolongent.

- L'anthraxose: l'anthraxose se manifeste par des petites taches claires qui évoluent en grosses taches sur les feuilles (Figure 4c et 4d), causée par *Ascochyta fabae*. Cette maladie entraîne la mort des plants dès la levée et peut provoquer l'éclatement des tiges et des gousses (Planquaert et Girard, 1987). Elle provoque aussi des pertes en quantité et en qualité sur la fève (Kharrat, 2002b).

Des semences atteintes constituent une source de propagation de cette maladie (Blancard et al., 1991).



Figure 4 : Principales maladies de la fève. **a :** La rouille (*Uromyces fabae*) ; **b :** Le botrytis (*Botrytis fabae*) ; **c et d :** Feuilles et gousses de *V. faba* atteintes par l'anthraxose (*Ascochyta fabae*) (Originale, 2014)

- Le mildiou : les agents responsables de cette maladie sont *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Lors des attaques précoces sur les plantes jeunes, le mildiou entraîne le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles (Chaux et Foury, 1994) et un dessèchement de la partie terminale des plantes (Blancard et *al.*, 1991). Les attaques montrent la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles (Stoddard et *al.*, 2010). La maladie apparaît principalement à partir du début de la floraison jusqu'à la fin du développement des gousses (Boyeldieu, 1991).

8.3.3. Sensibilité aux déprédateurs

● Les nématodes

Ditylenchus dipsaci est un nématode qui constitue un sérieux problème sur les tiges de la fève en Algérie. Ce nématode provoque des gonflements et des déformations des tissus caulinaires, ou bien des lésions qui virent au marron rougeâtre puis noires (Sellami et Bousnina, 1996). Les nématodes peuvent rester sous le manteau de la graine en développement, tuent celle-ci ou réduisent au moins sa vigueur et causent la souillure (Abbad-Andalousi, 2001).

● Les insectes

La fève est soumise à des attaques d'une gamme assez variée d'insectes qui limitent sa production ; les plus répandus sont :

- **Le puceron noir de la fève** (*Aphis fabae*) est un homoptère de 2 mm de long avec un corps trapu. Il forme des colonies noir mat, disposées en manchon le long des tiges et principalement aux extrémités. Les prélèvements de sève provoquent un flétrissement des plantes, une moindre croissance et un avortement des fleurs (d'où une mauvaise fructification), ainsi qu'une déformation et une décoloration des tissus végétaux (Aversenq et *al.*, 2008). *Aphis fabae* est l'une des espèces les plus polyphages qui soit, il peut évoluer sur plus de 200 espèces de plantes et transmettre plus de 30 virus pathogènes (Figure 5a) (Blackman et Eastop, 2007).

- **Le puceron vert du pois** (*Acyrtosiphon pisum*) est un gros puceron (Homoptera) de 3 à 6 mm qui suce la sève de la plante pour en extraire les éléments nutritifs dont il a besoin, et cause des pertes importantes de rendements en cas de pullulation (Didier et Guyot, 2012) et peut même transmettre des virus qui tuent complètement la plante (Bouhachem, 2002). Il apparaît plus tardivement que le puceron noir et les deux espèces cohabitent sur tige et feuille (Boyeldieu, 1991).

- **La Sitone du pois** (*Sitona lineatus*) est un charançon de 3,5 mm de long, de couleur brun-rougeâtre (Blancard et al., 1991), dont les larves consomment les nodosités ; les adultes s'attaquent aux feuilles sur lesquelles ils provoquent des encoches semi-circulaires sur le bord (Figure 5b) (Aversenq et al., 2008).

- **Le lixe poudreux des fèves** (*Lixus algirus*) est un charançon (Coleoptera, Curculionidae), reconnu facilement par son corps souvent trapu et surtout ses pièces buccales transformées en une sorte de trompe, appelée rostre, qui supporte les antennes. Les symptômes sont des tiges cassées associées à un jaunissement et un flétrissement des feuilles du haut de la plante (Figure 5c) (Maoui et al., 1990).

- **La bruche de la fève** (*Bruchus rufimanus*) est un coléoptère Bruchidae noirâtre, de 3.5 à 5 mm de long (Boyeldieu, 1991). Il est très préjudiciable pour la qualité des graines de la fève destinées à l'alimentation humaine ou à la production de semences. Il accomplit une partie de son cycle à l'intérieur des graines, qui se retrouvent trouées lors de la sortie des nouveaux adultes (Figure 5d) (Boughdad, 1996). Une synthèse bibliographique sur cette espèce fera l'objet du second chapitre.



Figure 5 : Insectes ravageurs de la fève. **a** : Colonie de Pucerons ; **b** : la sitone du pois ; **c** : le lixus des fèves ; **d** : la bruche de la fève (x 2) (Originale, 2013)

Chapitre II

Présentation de l'insecte *Bruchus rufimanus*

1. Introduction

Les bruches constituent un groupe assez peu diversifié au regard des 135000 espèces connues de coléoptères phytophages (Lawrence, 1982). Les membres de la famille des Bruchidae sont distribués sur tous les continents (hormis l'Antarctique) et en particulier dans les régions chaudes du globe, où la plus grande diversité spécifique est importante (Kergoat, 2004).

Les Bruchidés tiennent une place intermédiaire entre les Chrysomelidae et les Curculionidae (Hoffmann, 1945). Depuis le milieu du XIX^e siècle, ce groupe d'insectes a été considéré comme une famille à part entière (Coleoptera : Bruchidae) (Kergoat, 2004). D'après la classification moderne de Lecointre et Le Guyader (2001), les bruches appartiennent à la famille des Chrysomelidae (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae).

Selon Kergoat (2011) et Serrano (2013), les bruches sont des Coléoptères de petite taille (4mm en moyenne, mais certaines espèces peuvent atteindre 25mm), au corps généralement trapu et de couleurs ternes (à dominante brunâtre). Les larves de ces insectes se développent principalement dans des graines de Fabaceae (Ayrat, 1969 ; Johnson, 1981). Elles sont de type « rhynchophorien », recourbées, grasses, blanches, apodes ou pourvues d'ébauches de pattes spiniformes, glabres avec une tête sclérifiée. Elles subissent 04 à 06 mues au cours de leur évolution (Hoffmann et *al.*, 1962)

Les larves des bruches ont la particularité d'être strictement séminivores (Delobel et Delobel, 2003). D'après Johnson (1981) ; Huignard et *al.* (2011), ce sont les adultes qui doivent découvrir le substrat trophique pour les larves. Les femelles vont donc rechercher leur plante-hôte, puis les gousses qui serviront de substrat de ponte et qui contiennent les graines où aura lieu le développement larvaire. Selon Johnson (1981), il existe 33 familles végétales, qui peuvent servir de plantes hôtes aux Bruchidae, 84% d'entre elles sont des légumineuses.

Hoffman et Labeyrie (1962) rapportent que, l'analyse du comportement de ponte permet de caractériser trois groupes de Bruchinae.

Premier groupe : ces Bruchinae ne pondent que sur des gousses vertes et les larves réalisent une grande partie de leur développement dans des graines en cours de maturité. Ils ne disposent donc de leur substrat de ponte que pendant une courte période, car ils sont incapables de se reproduire et de se développer dans les systèmes de stockage. Il n'y a qu'une seule génération par an (bruches monovoltines) et les insectes sont en diapause durant toute la période où les gousses ne sont pas disponibles. Les espèces du genre *Bruchus* notamment *B. pisorum* L., *B. lentis* Froh. et *B. rufimanus* Boh appartiennent à ce groupe.

Deuxième groupe : ces Bruchinae colonisent les cultures et les femelles pondent sur les gousses vertes puis sur les gousses sèches. Leurs adultes se reproduisent et se développent dans les cultures puis dans les graines sèches pendant le stockage. Plusieurs générations peuvent ainsi se succéder à ce niveau (exemple des Bruchinae inféodées aux niébés : *Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus*).

Troisième groupe : les Bruchinae femelles de ce groupe ne pondent qu'en présence de gousses vertes dans les cultures à la fin de la phase de fructification de la plante-hôte (plasticité comportementale limitée), puis dans les graines sèches dans les systèmes de stockage après la récolte. Les espèces inféodées aux *Phaseolus* (genre *Bruchidius*) ou à l'arachide (*Caryedon Serratus*) appartiennent à ce groupe.

Une vingtaine d'espèces de bruches sont économiquement nuisibles, car elles s'attaquent à des graines de légumineuses cultivées (Delobel et Tran, 1993 ; Tuda, 2007). Les cultures de haricot sont préférentiellement attaquées par *Acanthoscelides obtectus* et *Zabrotes subfasciatus* (Huignard et al., 2011). Plusieurs espèces du genre *Bruchus* s'attaquent ainsi aux cultures de fève (*Bruchus rufimanus*), de la lentille (*Bruchus lentis*) et de pois (*Bruchus pisorum*) et causent des pertes importantes qui sont perçues dès le début du stockage (Tran, 1992).

2. Présentation de la bruche de la fève *B. rufimanus*

2.1. Origine et aire de répartition

La bruche de la fève *B. rufimanus* Boh. est un coléoptère Bruchidae monovoltin, qui est inféodé au genre *Vicia*, notamment à la fève cultivée *Vicia faba*, qui représente sa principale plante hôte (Hoffmann et Labeyrie, 1962).

B. rufimanus serait originaire du Bassin Méditerranéen et plus particulièrement d'Égypte (Balachowsky, 1962).

Son aire de distribution géographique est très vaste, elle est rencontrée dans toute l'Europe Moyenne et Méridionale et autour du Bassin Méditerranéen depuis le Maroc jusqu'à l'Égypte (Hoffmann, 1945). Kingsolver (2004) signale sa présence en Amérique surtout en Californie et au Québec. D'après Bishara et Weigand (1991), ses dégâts sont signalés sur le continent asiatique.

Cette insecte est aussi présent aux Iles Canaries et au Maroc (Hoffmann, 1945 ; Boughdad, 1994).

2.2. Position systématique

Selon Hoffmann et *al.* (1962) ; Bukejs (2010), la bruche de la fève occupe la position systématique suivante :

Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement.....	Pterygota
Classe	Insecta
Section	Neoptera
Sous section	Endopterygota
Ordre.....	Coleoptera
Sous ordre.....	Phytophagae
Famille.....	Chrysomelidae (Bruchidae)
Sous famille.....	Bruchinae
Genre	<i>Bruchus</i>
Espèces	<i>Bruchus rufimanus</i> BOHEMAN (1833)

2.3. Description de l'espèce

2.3.1. Œufs

Les œufs de *B. rufimanus* sont lisses et ne présentent pas d'ornementations visibles du chorion. Ils ont un aspect gélatineux de 0,5mm de long et 0,25mm de large (Balachowsky, 1962). Ils sont déposés isolément en nombre très variable sur les gousses (Taupin, 2003).

2.3.2. Larves

Les larves de la bruche de la fève mesurent 5 à 6mm de long, caractérisées par une tête brune, corps blanc légèrement jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents (Hoffmann, 1945 ; Kingsolver, 2004). Chez les larves du premier stade, cette plaque est sous forme de **H** et bien visible, ce qui facilite sa reconnaissance (Boughdad, 1994).

Selon Casari et Teixeira (1997), les larves du 1^{er} stade sont sub-cylindriques en forme de **C**, leur couleur est d'un blanc ocre, dont la capsule céphalique est brun pigmenté. Elles sont ovales hypognathes, rétractées et aplaties dorso-ventralement.

La larve néonate qui émerge de l'œuf se distingue alors des autres stades larvaires par des structures particulières (l'ovirupteur et une épine) qui l'aident à sortir de l'œuf (Johnson, 1981; Delobel et Tran, 1993). Elle est très mobile et peut percer des téguments très épais et durs de façon à pénétrer dans les graines (Kingsolver, 2004).

Les stades larvaires suivants sont apodes et se développent dans la graine (Yus-Ramos et *al.*, 2007).

Les larves L₄ se transforment en nymphe dans la graine à l'intérieur d'une galerie (Huignard et *al.*, 2011).

2.3.3. Nymphes

La nymphe est de couleur blanc crème, ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune. La tête n'est partiellement visible que du haut (Casari et Teixeira, 1997).

2.3.4. Adultes

Hoffmann (1945) indique que, les adultes de *B. rufimanus* mesurent 3 à 5 mm de longueur et 1,7 à 2,9 mm de largeur. Ils présentent un prothorax un peu moins long que large, avec une tache blanche très vague devant l'écusson, qui est de couleur blanc roussâtre au niveau de sa base, dont les angles sont aigues et divergents. Le tibia postérieur est muni d'une grande pointe à l'angle interne. Les pattes antérieures sont entièrement jaunes, les pattes médianes et postérieures sont noires, le pygidium est de couleur gris pâle.

Selon le même auteur, ces adultes présentent un prothorax un peu long que large avec une tache blanche très vague devant l'écusson. Ce dernier présente sa plus grande largeur au niveau de sa base. Les élytres sont bruns avec des taches blanches, le tibia intermédiaire est roussâtre. Les pattes antérieures entièrement jaunes, les pattes médianes et postérieures sont noires. Le tibia postérieur est muni d'une grande pointe à l'angle interne, le pygidium est de couleur gris.

Boughdad (1994) rapporte que, la distinction entre le mâle et la femelle est basée comme chez les autres Bruchidae sur l'examen du dernier segment abdominal, largement échancré par le pygidium chez le mâle et est entier chez la femelle, de même, l'orifice génital est plus apparent chez le mâle que chez la femelle (Figure 6).



Figure 6 : Forme du dernier segment abdominal chez le mâle et la femelle de *B. rufimanus* (Originale, 2014).

3. Bio-écologie de *Bruchus rufimanus*

La bruche de la fève *B. rufimanus* est un insecte spécialisé, il se développe au dépens des légumineuses de genre *Vicia*. Sa principale plante hôte est *Vicia faba* (Tran, 1992). Il présente un cycle biologique annuel, strictement dépendant de celui de sa plante hôte (Franssen, 1956).

Par ailleurs et contrairement aux bruches polyvoltines inféodées aux denrées stockées, son activité reproductrice est limitée à la période de végétation et de fructification de la fève. En dehors de cette période, l'insecte est en état de diapause imaginale appelée diapause reproductrice. Il passe l'hiver dans différents sites naturels (écorces d'arbres et les lichens), ou dans divers abris des entrepôts de stockage (Yao et Yang, 1985 ; Huignard et *al.* 1990 ; Chakir, 1998). Les observations de Dupont (1990) ont confirmé l'existence de ces sites, ou encore dans les graines de fève et de féverole, comme l'ont indiqué Franssen (1956) et Kamel (1982).

Les adultes quittent leur lieu d'hivernation en avril/mai pour coloniser les cultures en fleur (Medjdoud-Bensaad, 2007). L'accroissement des températures au printemps semble être l'un des principaux facteurs permettant le départ des adultes de ces sites (Dupont, 1990).

Selon Huignard et *al.* (1990), l'appareil reproducteur mâle est fonctionnel au moment de la colonisation (dû à une photopériode suffisamment longue). Par contre, les femelles sont encore en diapause reproductive lors de leur arrivée dans les parcelles. Seule la consommation de pollen de féverole permet la maturation sexuelle et stimule le comportement reproducteur des Bruchidés.

En effet, Dupont (1990) et Huignard et *al.* (2011) signalent que les femelles exploitent les différentes parties de la plante durant la journée et consomment d'importantes quantités de pollen et de nectar. Elles deviennent progressivement sexuellement actives ; elles s'accouplent puis commencent à pondre (Figure 7).

Huignard et *al.* (2011) signalent que les bruches pondent sur les gousses dès leur apparition, à condition que le climat soit favorable (température supérieure à 20°C, absence de vent et de pluie).

L'activité de ponte semble être concentrée dans les zones où les ressources trophiques sont les plus abondantes. Les femelles ne déposent leurs œufs que sur les gousses vertes en formation (Boughdad, 1994).

Les sorties de la génération suivante ont lieu dès la mi-août et se prolongent jusqu'à la fin de septembre et le début octobre. Les adultes émergents sont en diapause reproductrice

jusqu'au printemps suivant, où ils colonisent les nouvelles cultures (Dupont, 1990 ; Medjdoub-Bensaad 2007 ; Huignard et *al.*, 2011).

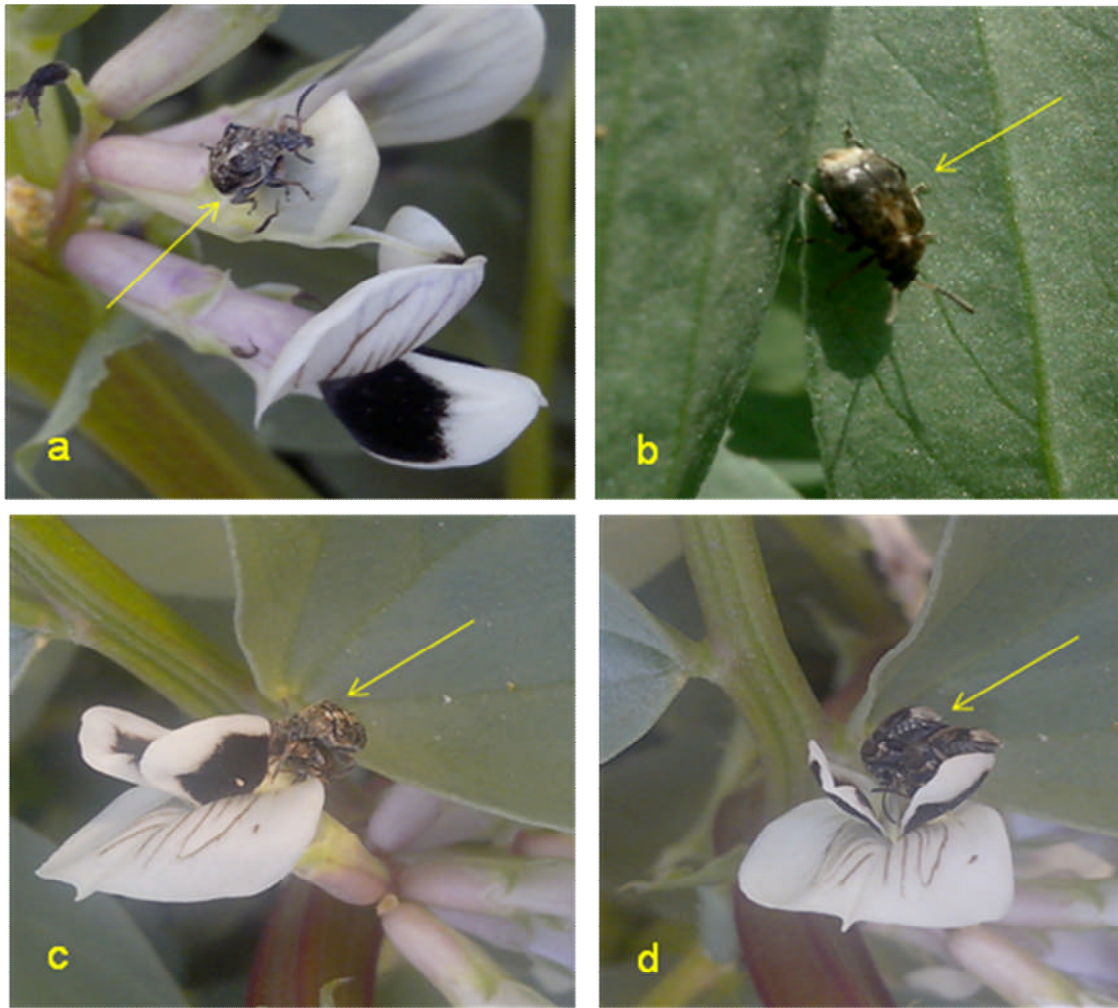


Figure 7 : Adultes de *B. rufimanus* sur fleur (a) et feuille (b) de *V. faba*, accouplement sur fleur (c et d) (Originale, 2014)

4. Diapause reproductrice

La diapause reproductrice a été particulièrement bien étudiée chez les insectes Holométaboles dont elle peut affecter les divers stades vitaux de l'œuf à l'adulte. Chez les adultes de certaines espèces, la diapause est marquée par un arrêt du développement des organes reproducteurs, qui se caractérise par un arrêt de l'activité reproductrice et s'accompagne de modifications éthologiques, physiologiques, anatomiques et biochimiques complexes (Denlinger et *al.*, 2005). Ces adaptations facilitent le maintien des populations d'insectes, lorsque les conditions favorables à la reproduction et au développement des adultes ne sont pas réunies (Tauber et Tauber, 1976).

Le déterminisme et les implications physiologiques de cet arrêt, diffèrent notamment selon qu'il s'agisse de la diapause qui équivaut à une phase de vie ralentie «caractère obligatoire» ou qu'il s'agisse de la quiescence, simple blocage fonctionnel immédiatement réversible au retour des conditions favorables (Sacchi et Testard, 1971).

4.1. Modifications physiologiques

Chez les femelles de *B. rufimanus* en diapause, les organes reproducteurs sont non fonctionnels et ne manifestent aucune phase de vitellogenèse. Chez les mâles, la lumière des glandes annexes ne contient pas de sécrétion et leur diamètre est inférieur à celui des mâles sexuellement actifs (Tran, 1992).

4.2. Modifications biochimiques

D'après Chakir (1998), la quantité de corps gras est abondante chez les adultes diapausants et relativement plus faible chez *B. rufimanus* sexuellement actifs. Elle diminue avec le déroulement de l'activité reproductrice. De même, la concentration des protéines totales et de proline dans l'hémolymphe semble évoluer avec la quantité de corps gras. Elle est relativement importante chez les adultes diapausants et connaît une réduction chez les adultes devenus sexuellement actifs.

De même, les travaux de Medjdoub-Bensaad et *al.* (2011) ; Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015) sur le dosage des protéines totales et de la 20-hydroxyecdysone dans l'hémolymphe de *B. rufimanus*, durant les périodes de diapause et l'activité reproductrice montrent que durant la période de diapause, la quantité de protéines totales élevée à l'émergence se maintient durant les 6 mois de diapause (de septembre à février) et diminue en mars, aussi bien pour les mâles que chez les femelles.

4.3. Modifications comportementales

Chez les Bruchidae, les observations de Walkeland (1934) et Genduso (1978) montrent que les adultes diapausants émergents des graines au cours de l'été présentent un comportement migrateur (ils gagnent très rapidement les sites d'hivernation).

En effet, des adultes de *B. rufimanus* ont été signalés dans des bosquets, sous les écorces des arbres ou sous les touffes de mousse durant la période hivernale dans la région centre en France (Dupont, 1990) et sous les écorces d'eucalyptus au Maroc (Chakir, 1998). Ces adultes quittent les sites de diapause et gagnent les cultures de fève et de féverole lors de la phase de floraison de ces légumineuses pendant le printemps.

5. Pertes et dégâts causés par *B. rufimanus* sur la fève

D'après Berne et Dardy (1987), *B. rufimanus* est un insecte qui vit aux dépens de graines de *V. faba*. C'est la larve qui cause les dégâts à l'intérieur des graines de *V. faba*.

La larve constitue l'état nuisible de la bruche car elle s'alimente au dépens des réserves cotylédonaire des graines (Mouhouche, 1997) (Figure 8).

Les dégâts causés par ce Coléoptère sont plus importants sur les fèves et fèveroles de printemps, car il est sensible aux conditions météorologiques ; les périodes sèches et chaudes lui sont favorables à son activité (Taupin, 1985 ; Berne et Dardy, 1987). Ces dégâts se situent au moment de la fructification.

5.1. Pertes pondérales

La perte pondérale se traduit par la réduction du poids et du volume des graines attaquées par les insectes pour s'en nourrir (Huignard *et al.*, 2011).

Selon Boughdad (1996), les pertes sont occasionnées en fonction du nombre de bruches adultes, développées par graines et de l'intensité de l'infestation des graines. Elles dépendent aussi du poids sec de la graine aux dépens de laquelle s'est développée la larve.

En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons sont de 2,84% pour les graines avec une seule bruche, 5,87% avec deux bruches, 8,27% avec trois bruches, 11,40% avec quatre bruches et 14,5% pour les graines avec cinq bruches (Boughdad, 1994 et 1996).

5.2. Pertes de germination

Le pouvoir germinatif des graines attaquées est très fortement diminué. En effet, la perforation des grains entraîne des attaques importantes par des germes pathogènes (Gain, 1978). Par les déchets qu'ils produisent dans les graines, l'échauffement et le dégagement de vapeur d'eau qu'ils occasionnent par leur respiration, les insectes tendent à créer un milieu favorable au développement des micro-organismes qui vont accélérer le processus de dégradation (Fleurat-Lessard, 2011).

Chittenden (1912) cité par Balachowsky (1962) a estimé que, le pouvoir germinatif des graines est fortement diminué par les galeries larvaires. Il est de 60% lorsqu'il existe une seule galerie larvaire, et n'est plus que de 45% quand on en observe deux.

Medjdoub-Bensaad (2007) rapporte que le taux de germination diminue au fur et à mesure que le nombre de bruche par graine augmente. Il serait de 84% pour les graines avec une bruche, 76% pour les graines avec 2 bruches et 58% pour les graines avec 03 bruches.

5.3. Dépréciation des graines

B. rufimanus provoque la dépréciation gustative et la qualité commerciale des graines de *V. faba* (Balachowsky, 1962 ; Boughdad, 1994). Fleurat-Lessard (2011) rappelle que la partie de l'albumen des graines attaquée par ce coléoptère est détruite après le développement des larves et les graines fortement endommagées se délitent (avec la prise en masse possible en cas de développement de moisissures qui peuvent être éventuellement productrices des mycotoxines dangereuses pour la santé du consommateur).

Ces dégâts gênent considérablement la vente du produit, le seuil toléré à l'exportation et l'industrie agro-alimentaire en France est fixé de 2 à 3% des graines bruchées. Ce seuil est de 10% pour l'alimentation animale (Berne et Dardy, 1987 ; Boughdad, 1994).

5.4. Baisse du rendement

Une graine « bruchée » donne un rendement inférieur à celle d'une graine saine qui, malgré une infestation par la bruche au niveau du champ, à la récolte, le rendement est peu affecté, ce n'est qu'au niveau des stocks que les baisses vont se révéler. Ces graines bruchées vont affecter le rendement de l'année suivante (Sadou, 1998).



Figure 8 : Dégâts causés par *B. rufimanus* sur les graines de *V. faba* (Originale, 2014)

6. Moyens de lutte

Face à l'ampleur des dégâts causés par les bruches, une panoplie de méthodes sont utilisées pour réduire les populations de ce ravageur potentiel des graines de fèves ou au moins maintenir le niveau des attaques à un seuil économiquement acceptable.

6.1. Lutte préventive

Les méthodes de lutte préventive ont pour but de réduire, aux champs, l'infestation des gousses. Au départ, il est préconisé de ne pas répéter trop souvent la culture de la fève ou fèverole dans le même terrain, d'utiliser des graines saines ou les désinsectiser, de maintenir les locaux de stockage clos ou piéger les adultes à leur sortie, ou semer les graines âgées de deux années (Medjdoub-Bensaad, 2007).

Lienard et Seck (1994) pensent que les associations culturales entre céréales et une légumineuse, telles qu'elles sont pratiquées en Amérique de Sud et en Afrique peuvent limiter la contamination des gousses de légumineuses par les Bruchidae.

6.2. Lutte curative

6.2.1. Lutte physique

D'après Kumar (1991), la lutte physique signifie l'élimination du ravageur ou la détérioration physique de l'environnement de manière à le rendre inhospitalier ou inaccessible pour l'insecte.

L'irradiation est un procédé qui permet de tuer tous les stades de développement de l'insecte à des doses élevées ou d'induire une stérilisation à des doses faibles. Les radiations X et Gamma ont un pouvoir de pénétration élevé entraînant une stérilité et une perturbation de la biologie de l'insecte (Lienard et Seck, 1994).

Selon Balachowky (1962), la diminution de l'humidité des graines de fève après leur passage dans un four chauffé entre 55°C et 60°C, pendant 30 minutes, défavorise le développement des bruches, même si elles ne sont pas tuées à la sortie de ce four. Cette méthode n'altère pas le pouvoir germinatif des graines.

Serpeille (1991) atteste que le maintien des entrepôts de stockage à -1°C pendant un mois, entraîne la mortalité des adultes. L'utilisation du froid est un bon moyen préventif, car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté.

6.2.2. Lutte chimique

En absence de toute autre possibilité de protection, la lutte chimique paraît donc nécessaire (Balachowsky, 1962). Elle est indispensable pour contrôler efficacement les dégâts de la bruche de la fève au champ (Serpeille, 1991).

Taupin (2003) estime que la lutte contre *B. rufimanus* au niveau des champs doit obligatoirement viser les adultes. Tous les traitements doivent être réalisés, lorsqu'il fera au moins deux jours successifs de très beau temps, et aux heures chaudes de la journée, l'auteur recommande d'utiliser 02 matières actives efficaces, qui sont l'endosulfan et la bifenthrine.

La lutte contre *B. rufimanus* passe par un traitement au champ avant la récolte, au moment de la floraison ou au début de la formation des gousses (fructification) avec des insecticides à durée d'action prolongée comme la deltaméthrine, la cyperméthrine ou la lambda-cyhalothrin (Fleurat-Lessard, 2011).

Selon Boughdad (1996), des essais de lutte chimique ont été réalisés au Maroc par Malam (1989) mais sans succès. De cela, il est à conclure que, la lutte, telle qu'elle est appliquée par ces auteurs, n'est pas suffisante pour limiter les dégâts causés par *B. rufimanus*. Le combat contre cet insecte est très difficile (Berne et Dardy, 1987).

Un test d'efficacité utilisant cinq produits sur les différents stades de développement de *B. rufimanus* montre que parmi ces matières seules, l'amtaze (4 ml/l) et le méthomyl (9,38 ml/l) possèdent une efficacité satisfaisante avec un pourcentage de mortalité des œufs de 54,31% et 49,14%, respectivement (Mouhouche et Sadou, 2001).

6.2.3. Lutte biologique

Hoffmann (1945) signale que les ennemis naturels de la bruche de la fève sont peu nombreux. Chittenden (1912) cité par Balachowsky (1962) signale trois Hyménoptères Braconidae : *Sigalphus pallipes* Nees., *S. thoracicus* Curt. et *Chremylus rubiginosus* Nees. comme parasites de *B. rufimanus*. Il signale aussi la destruction d'œufs par l'Acarien *Pediculoides ventricosus* New. et *Zelus renardii* Kol. (Reduviidae). Franssen (1956) cite un autre Braconidae : *Sigalphus gibberosus* Szelp. au Pays Bas. Luca (1965) rapporte, en Algérie, la destruction des larves de *B. rufimanus* par *Triaspis thoracicus* (Braconidae).

Selon Boughdad (1994), ce sont les parasitoïdes qui exercent l'impact régulateur le plus fort. *Sigalphus thoracicus* est considéré comme le Braconidae qui occasionne les plus fortes mortalités chez les larves âgées et les nymphes. Son action intervient après les dégâts de la bruche, mais se répercute sur ces générations futures.

Dans la région de Tizi-Ouzou, *Triaspis luteipes* (Hymenoptera : Braconidae) réduit l'action du ravageur, avec un taux de parasitisme de 3,31% ; 7,44% et 0,9% noté durant les années agricoles 2002, 2003 et 2004 respectivement (Medjdoub-Bensaad, 2007).

6.2.4. Lutte par les plantes

Les stratégies de gestion des ravageurs des cultures et des denrées stockées, fondées sur l'utilisation de substances botaniques et de molécules végétales suscitent un intérêt qui va grandissant et de nombreux travaux s'attachent à découvrir les propriétés insecticides de bon nombres d'espèces végétales (Huignard et *al.*, 2011).

Dans le but d'une lutte biologique contre les ravageurs des cultures et des denrées stockées, plusieurs études testant des bio-pesticides sous leurs diverses formes ont été initiées ces dernières années notamment les extraits organiques (Regnault-Roger et *al.*, 1993), extraits aqueux (Aouinty et *al.*, 2006), huiles végétales (Kellouche, 2005), poudres végétales et huiles essentielles (Goucem-Khelfane, 2014).

Chapitre III

Etude expérimentale sur la diapause reproductrice

Première partie : Suivi de l'émergence, de la longévité et de la mortalité de la bruche de la fève *B. rufimanus* dans les lieux de diapause

1. Introduction

La bruche de la fève est le principal phytophage attaquant les graines de cette légumineuse. La biologie et l'écologie de ce Coléoptère sont peu connues en Algérie (Mouhouche et Sadou, 2001 ; Medjdoub-Bensaad, 2007 ; Lardjane-Hamiti, 2009 ; Mezani, 2011 ; Hamani-Aoudjit, 2014). De ce fait, ce chapitre porte sur quelques aspects liés au développement de l'insecte dans les lieux d'entreposage des graines.

Selon Tran et Huignard (1992), la dépendance stricte de *B. rufimanus* oblige cet insecte à se reproduire uniquement lors de la fructification de son hôte. En dehors de cette période la bruche observe une diapause reproductrice. Les observations aux champs ont montré qu'à la récolte, les populations de *B. rufimanus* sont encore sous forme de larves et seront ramenés avec les graines vers les lieux d'entreposage, où elles poursuivront leur développement et donneront des adultes. Tout porte à croire que les adultes assurant l'infestation au champ proviendraient principalement de ces lieux. Cependant, selon Chakir (1998), la présence d'adultes sous l'écorce des *Eucalyptus*, à proximité des champs de culture laisse penser que des individus peuvent hiverner ailleurs.

La connaissance du devenir de ces adultes, notamment leur survie et leur évation de ces lieux, permet de mieux comprendre les conditions d'infestation des fèves au champ. D'un point de vue pratique, il est capital de préciser si ces imagos quittent précocement les lieux de stockages ou y hivernent.

Dans ce sens, nous nous proposons, dans cette partie de décrire au cours de la diapause, l'évolution des évations d'adultes à partir d'un stock de graines infestées de deux variétés de fève (la Séville et l'Aguadulce), ainsi que la mortalité touchant les différents stades de développement (larvaires et nymphals) de *B. rufimanus* pendant deux saisons culturales. La durée de vie « longévité » des adultes non nourris est également notée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériels

Dans notre étude expérimentale, nous avons élaboré le dispositif illustré dans la figure 9.

2.1.1. Boîtes en bois : nous avons utilisé dix boîtes cubiques de 20 cm de côté, présentant sur une des faces une ouverture circulaire de 8 cm de diamètre dans laquelle est placé un entonnoir (Figure 9a). Ces boîtes vont servir de lieux de diapause pour les bruches.

2.1.2. Entonnoirs : ceux-ci sont en matière plastique avec deux ouvertures dont l'une petite orientée vers l'intérieur de la boîte en bois, tandis que la grande ouverture est orientée vers l'extérieur, elle est couverte d'un morceau de tulle. L'entonnoir est fixé à la boîte à l'aide de la pâte à modeler (Figure 9b).

2.1.3. Tulle : est un tissu blanc de maille de 0,1 mm, il couvre la grande ouverture de l'entonnoir et adhère à celle-ci à l'aide d'un élastique, ce qui empêchera les bruches de s'évader (Figure 9b).

2.1.4. Boîtes de Pétri : boîtes en plastique circulaires de 8 cm de diamètre, contenant du carton ondulé (Figure 9c).

2.1.5. Hygrothermographe : sert à noter la température et l'humidité quotidienne du laboratoire (Figure 9d).

2.1.6. Tamis : de maille de 1 mm, il nous permet chaque semaine de récupérer les bruches sédentaires restant à l'intérieur des boîtes (Figure 9e).

2.1.7. Loupe binoculaire : utilisée pour sexer les adultes de *B. rufimanus* récupérés (Figure 9f).

2.2. Méthodologie adoptée

2.2.1. Suivi de l'émergence des adultes de *B. rufimanus*

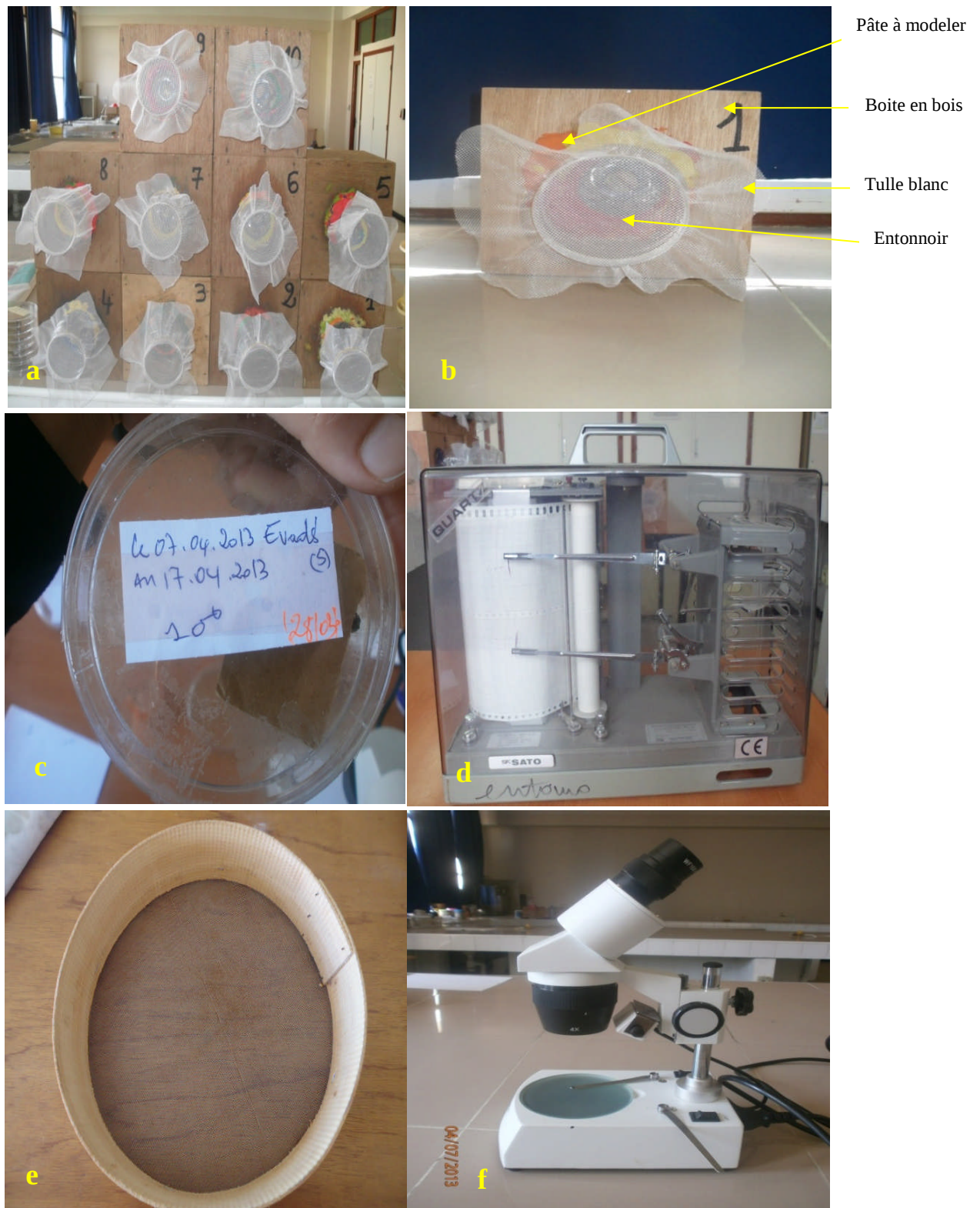
Au laboratoire, nous avons utilisé 30 kilogramme de graines de deux variétés de fèves, à savoir la Séville et l'Aguadulce, récoltées pendant les saisons agricoles 2011-2012 et 2012-2013 (deux années d'études), dans les cultures de fèves dans la région de Tizi-Ouzou. Dix boîtes contenant 3 kilogrammes des graines de fève (infestées ou non) abritant des adultes de la bruche sont placées au laboratoire, dès octobre dans des conditions thermiques, hygrométrique et photopériodique variables en fonction des mois. Chaque boîte où règne l'obscurité, présente sur sa face une ouverture circulaire fermée par un entonnoir ouvert à son extrémité de façon à permettre le passage des adultes dans le sens de la sortie.

Durant notre étude, nous avons relevé au laboratoire la température et l'humidité relative à l'aide d'un hygrothermographe, pour la photopériode nous nous sommes référés aux données de l'Office National de Météorologie (O.N.M) de Tizi-Ouzou.

Nous appelons émergences, les sorties d'adultes des graines et évadés ou migrants, leurs échappés des boîtes vers les entonnoirs. Les individus émergents non évadés ou sédentaires sont ceux qui restent à l'intérieur des boîtes entre les graines.

Ainsi, les adultes émergents des graines vers les entonnoirs sont piégés grâce au tulle, ils sont récupérés, dénombrés et sexés chaque jour. La distinction entre mâle et femelle est basée sur l'examen du dernier segment abdominal sous loupe binoculaire. Ce segment est

largement échanuré par le pygidium chez le mâle et est entier chez la femelle. Ensuite, ils sont mis dans des boîtes de Pétri contenant du carton ondulé, qui leurs servira de lieu de diapause. Il est à noter que ces bruches ne seront pas alimentées durant notre période expérimentale.



Les graines sont tamisées une fois par semaine et les adultes de *B. rufimanus* non évadés, vivants ou morts sont ainsi comptabilisés.

Les paramètres suivants sont déterminés :

- Le nombre total d'adultes vivants émergents des graines ou migrants, retrouvés dans chaque boîte.
- Le nombre d'adultes non évadés ou sédentaires.
- Le nombre d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les boîtes entre les graines.

2.2.2. Nombre de larves, nymphes et d'adultes morts ou parasités dénombrés dans les graines de fèves

Dans cette partie expérimentale, 1000 graines ont été prélevées au hasard à la fin de l'étude dans les différentes boîtes de chaque variété étudiée. Les graines sélectionnées sont trempées dans l'eau la veille de l'observation. Les deux cotylédons de chaque graine sont séparés à l'aide d'un scalpel. Ils sont ensuite observés sous loupe binoculaire afin de comptabiliser tous les individus morts (larves, nymphes ou adultes) et les individus parasités. L'observation des capsules céphaliques nous a permis de différencier les quatre stades larvaires.

2.2.3. Durée de vie des adultes (longévité)

Les adultes de *B. rufimanus* sont placés dans des boîtes d'élevages et séparés en tenant compte des dates de leur émergence des graines. Dans le but de connaître la longévité des bruches, l'observation des boîtes est faite tous les dix jours, les bruches mortes sont ainsi comptées et retirées des boîtes et ce jusqu'à la mort de l'ensemble des individus.

3. Résultats

3.1 Conditions climatiques durant la période d'étude

3.1.1. Température

Les moyennes mensuelles des températures du laboratoire durant les deux années d'étude sont représentées dans le tableau 4.

La température moyenne mensuelle du laboratoire varie peu, les valeurs les plus basses sont enregistrées durant le mois de février et les plus élevées sont notées en juillet et août, pour les deux années d'étude sous les conditions de laboratoire.

Tableau 4 : Variations des températures moyennes mensuelles ($\pm 1^\circ\text{C}$) au laboratoire.

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
2012-2013	17,5	16,6	13,9	12,8	6,5	15,6	17,2	21,7	27,8	28,2	28,8	27,3
2013-2014	18,3	16,1	12,9	12,4	11,5	17,5	19,8	21,6	26	27,6	28,3	27

3.1.2. Humidité

Les valeurs des moyennes mensuelles de l'humidité relative enregistrées au laboratoire durant la période d'étude, sont illustrées dans le tableau 5.

L'humidité relative moyenne la plus élevée est enregistrée au mois de décembre avec 83,6% pour l'année 2012-2013 et au mois de novembre avec 86,4% pour l'année 2013-2014. La plus basse est notée au mois d'août pour les deux années, avec respectivement 51 et 54 %.

Tableau 5 : Moyennes mensuelles ($\pm 1\%$) de l'humidité (%) sous les conditions de laboratoire

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
2012-2013	74,1	75,4	83,6	79,4	82,3	77,9	64,4	63,9	53,9	51,2	51	52,3
2013-2014	76,4	86,4	86,2	80	81,1	73,3	71,8	70,6	64,4	61,1	54	56,2

3.1.3. Photopériode

Le tableau 6 montre les valeurs de la longueur moyenne du jour durant l'expérimentation. Les photophases les plus courtes sont observées au mois de décembre et les plus longues au mois de juin, pour les deux années d'étude.

Tableau 6 : Moyennes mensuelles de la longueur du jour (en heures) durant la période d'étude (O.N.M.T.O, 2013 et 2014)

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
2012-2013	10h06	9h00	9h06	10h02	10h35	11h48	13h04	14h02	14h14	14h13	13h20	12h25
2013-2014	11h12	10h14	9h18	9h59	10h50	11h59	13h09	14h07	14h27	14h22	13h24	12h16

3.2. Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* vivants migrants des graines « évadées »

3.2.1. Année agricole 2012-2013

3.2.1.1. Variété Séville

Durant toute la période d'étude, 500 adultes ont émergés des graines d'octobre 2012 à juin 2013 (Figure 10a). Sur l'ensemble, 114 (22,8%) d'entre eux ont été trouvés dans les entonnoirs. Les autres sont restés dans les boîtes entre les graines. Le nombre d'adultes émergents migrants reste faible durant les premiers mois de l'expérimentation. La valeur minimale est atteinte au mois de février avec seulement 2 adultes mâles. Par contre, la valeur maximale est notée au mois de mars avec un total de 57 adultes, dont 36 sont des femelles (soit 50% des migrants). Quelques adultes sont observés dans les entonnoirs jusqu'au mois d'avril puis leur nombre s'annule au mois de mai.

3.2.1.2. Variété Aguadulce

A partir des graines de fève de variété Aguadulce, 928 individus migrants (soit 33,59% du total des évasions) se sont évadés durant la période d'étude (Figure 10b). Les

émergences d'adultes, suivies d'évasions débutent dès le mois d'octobre avec 11 individus. Peu d'adultes ont quitté les boîtes durant les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier et février. C'est à partir du mois de mars que les évasions commencent à s'amplifier et atteignent leur valeur maximale avec un total de 487 adultes (268 sont des mâles), soit 52,48% de l'effectif ont été dénombrés dans les entonnoirs. Le nombre d'adultes émergents qui s'évadent régresse à partir du mois d'avril pour s'annuler en mai.

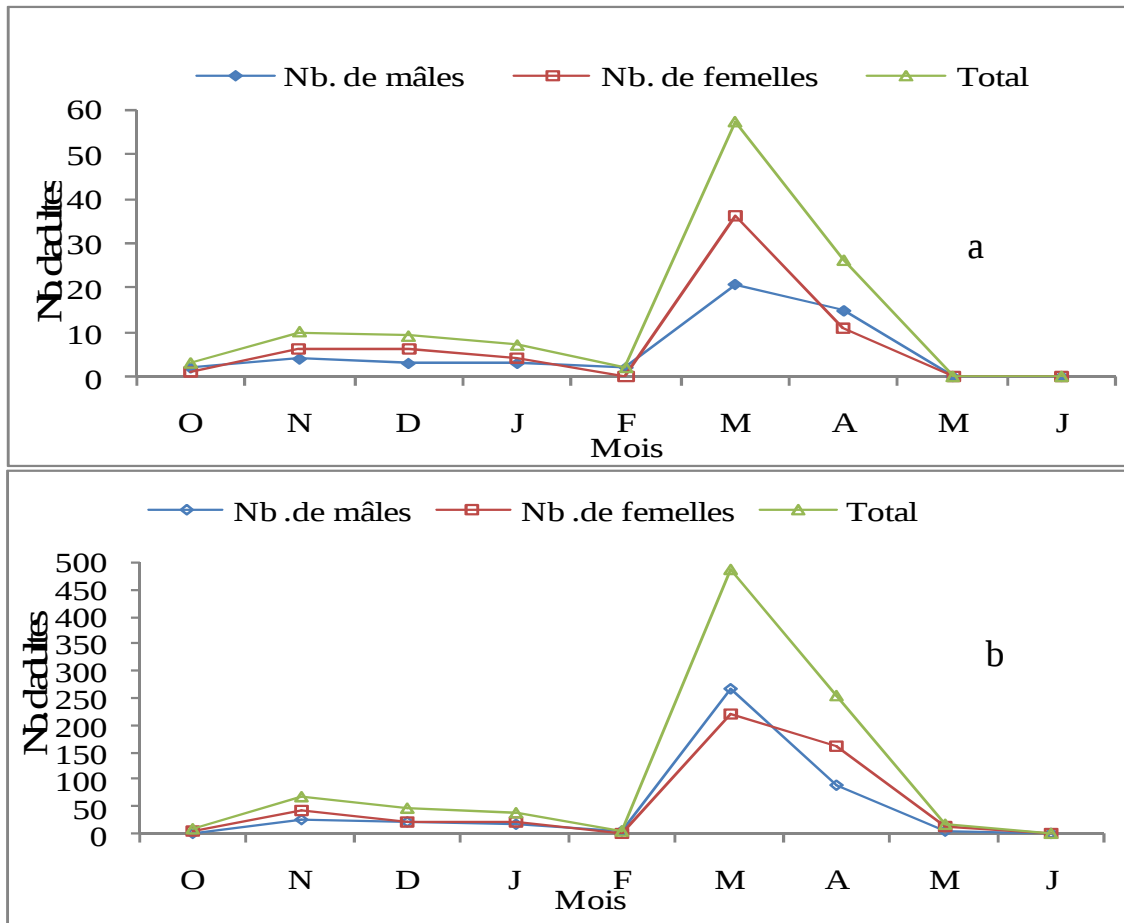


Figure 10 : Evolution des effectifs d'individus de *B. rufimanus* migrants des graines durant l'année agricole 2012/2013. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce

3.2.2. Année agricole 2013-2014

3.2.2.1. Variété Séville

Les émergences d'adultes suivies de leur évasion débutent dès novembre atteignant un total de 34 adultes (17 mâles et 17 femelles). Ce nombre régresse, pour atteindre un taux minimal en décembre avec 7 adultes (5 mâles et 2 femelles). Le nombre des bruches évadés augmente pour atteindre une valeur maximale au mois de mars avec un total de 179 (93 mâles et 86 femelles). Nous observons quelques adultes dans les entonnoirs au mois d'avril. Nous notons la fin de l'émergence au mois de juin (Figure 11a).

716 adultes ont émergés des graines de novembre 2013 à juin 2014. Sur l'ensemble, 305 d'entre eux ont été trouvés dans les entonnoirs et nous les considérons comme des adultes évadés ou migrants. Les autres sont restés dans les boîtes entre les graines.

3.3.1.2. Variété Aguadulce

Le nombre d'adultes émergents évadés ou migrants reste moyen au début de l'expérimentation au mois de novembre, avec un total de 53 adultes dont 32 femelles, soit 11,99%. Ce nombre régresse pour atteindre une valeur minimale au mois de décembre, avec seulement 22 adultes, dont 14 mâles, soit 4,97%.

Le nombre d'évadés augmente pour atteindre un maximum au mois de mars avec un total de 244 adultes (137 femelles et 107 mâles), soit 57,81%. Cet effectif régresse à partir du moi d'avril pour s'annule au mois de mai (Figure 11b).

Durant la période d'étude, 1165 adultes ont émergé des graines d'octobre 2013 à juin 2014. Sur l'ensemble des individus, 442 dont 230 femelles (soit 37,93%) ont été trouvés dans les entonnoirs et sont considérés comme des adultes évadés ou migrants. Les autres sont restés dans les boîtes entre les graines.

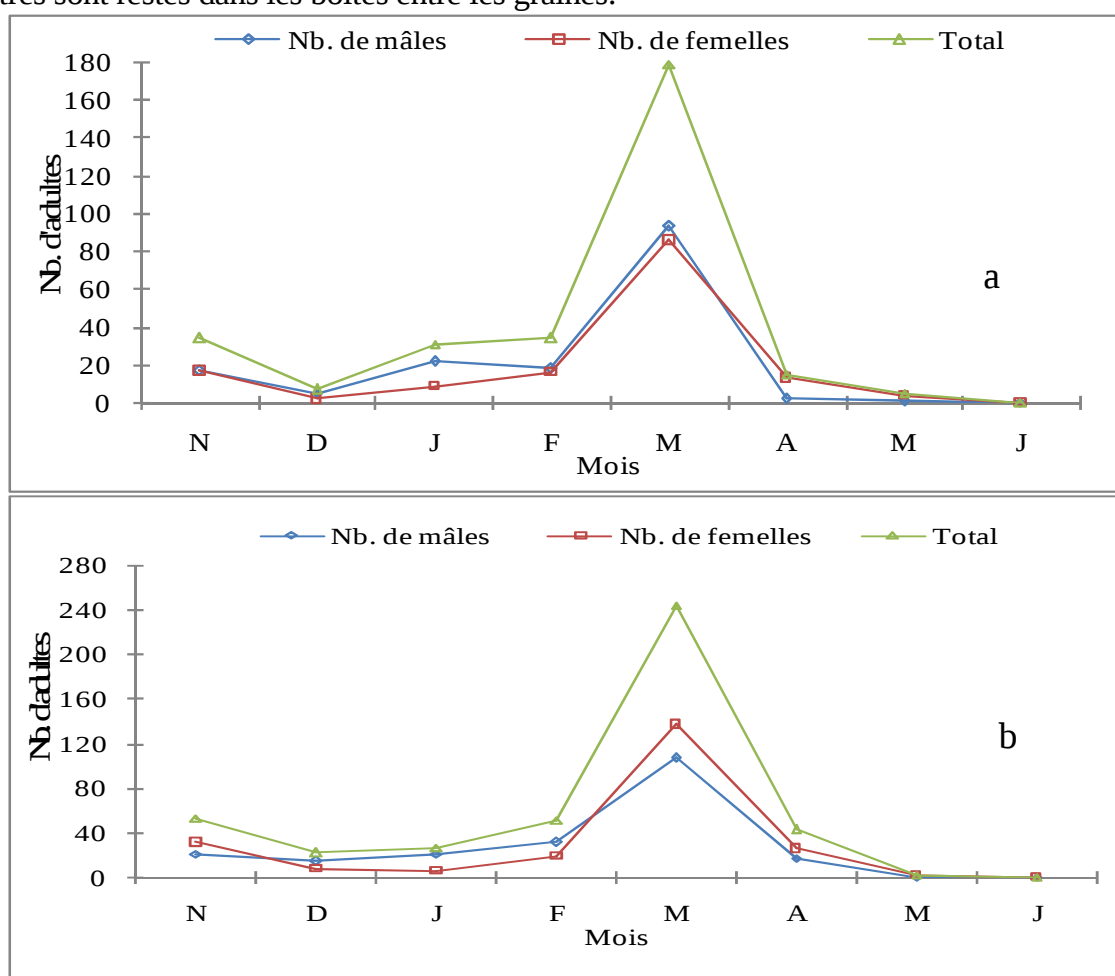


Figure 11 : Evolution des effectifs d'individus de *B. rufimanus* migrants des graines durant l'année agricole 2013/2014. **a :** variété Séville, **b :** variété Aguadulce

3.3. Effectif d'adultes de *B. rufimanus* vivants sédentaires « non évadés »

3.3.1. Année agricole 2012-2013

3.3.1.1. Variété Séville

Le tamisage des 30 kg de graines, effectué une fois par semaine, nous a permis de comptabiliser 264 adultes sédentaires retrouvés entre les graines dans les boîtes (Figure 12a). Le nombre de bruches prélevés reste faible durant les premiers mois d'expérimentation.

Ce chiffre augmente pour atteindre un maximum de 123 individus au mois de mars avec un nombre de femelles (77) supérieur à celui des mâles (52).

3.2.2.2. Variété Aguadulce

Pour la variété Aguadulce, 60,55 % des adultes émergents des graines restent temporairement à l'intérieur des boîtes et se réfugient au niveau des coins et entre les graines (Figure 12b). Le nombre de bruches dénombrées au mois d'octobre est de 37 adultes, ce chiffre augmente pour atteindre un maximum de 467 individus au mois de mars (239 mâles et 228 femelles). A partir du mois d'avril, le nombre d'adultes sédentaires vivants régresse progressivement pour atteindre 11 adultes au mois de mai, ce chiffre s'annulant en juin.

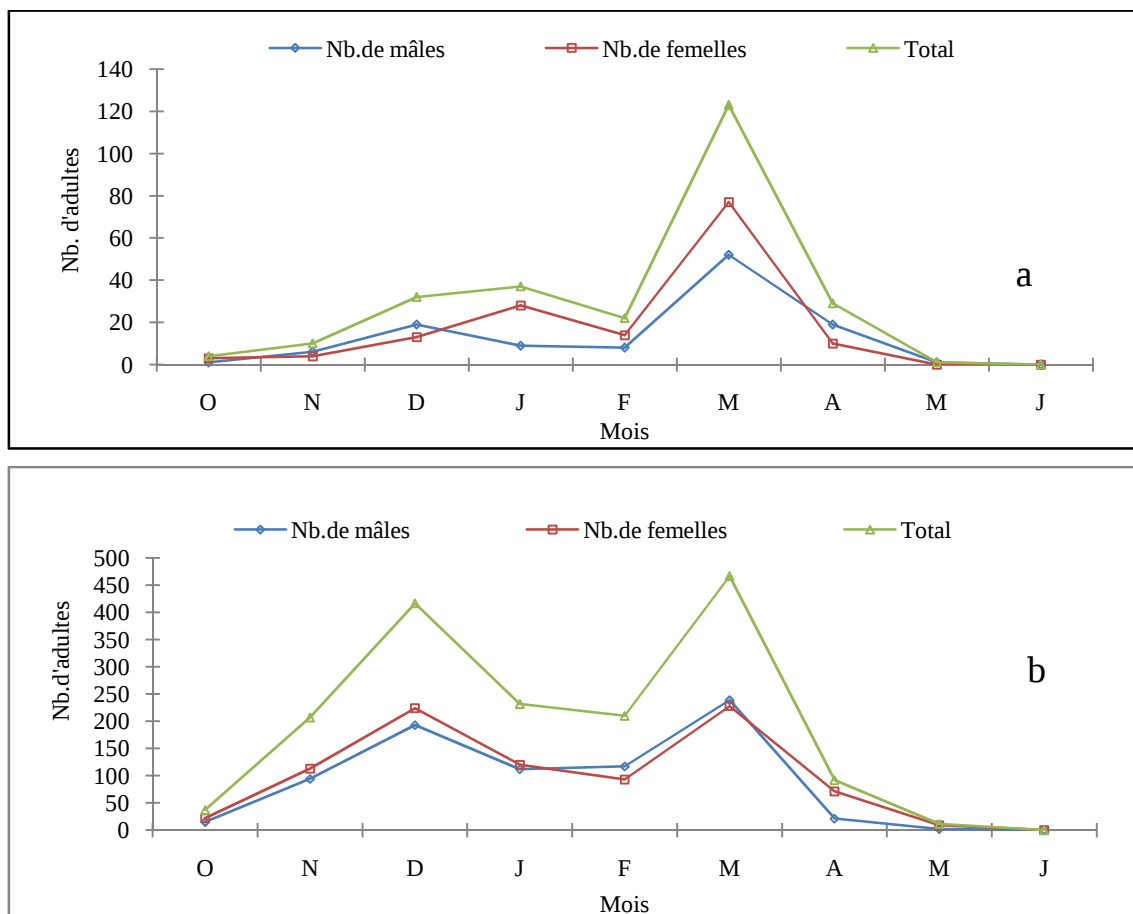


Figure 12 : Evolution de nombre de bruches mâles et femelles vivants sédentaires durant l'année agricole 2012/2013. **a :** variété Séville, **b :** variété Aguadulce

3.3.2. Année agricole 2013-2014

3.3.2.1. Variété Séville

Après le tamisage des 30kg de graines, durant toute la période d'étude, 328 adultes vivants ne se sont pas évadés des boîtes et ont été retrouvés entre les graines (Figure 13a). Le nombre de bruches prélevées dans les boîtes au mois de novembre est de 28 adultes (12 mâles et 16 femelles), ce chiffre augmente pour atteindre un maximum de 103 individus au mois de janvier, en notant que le nombre de mâles est supérieur à celui des femelles. Dès le mois de février, le nombre d'adultes émergents non évadés vivants régresse progressivement pour atteindre 9 individus au mois de mai, ce nombre s'annule au mois de juin.

3.3.2.2. Variété Aguadulce

Durant la période d'étude, le tamisage des graines nous a permis de comptabiliser 595 adultes qui ne se sont pas évadés des boîtes et ont été retrouvés entre les graines.

Au mois de novembre, le nombre de bruches vivantes dénombrées entre les graines atteint 74 individus (Figure 13b). Ce chiffre augmente pour atteindre un maximum de 133 bruches au mois de février (48 femelles et 85 mâles). A partir du mois de mars, cet effectif régresse progressivement pour atteindre 13 individus au mois d'avril pour s'annuler au mois de juin.

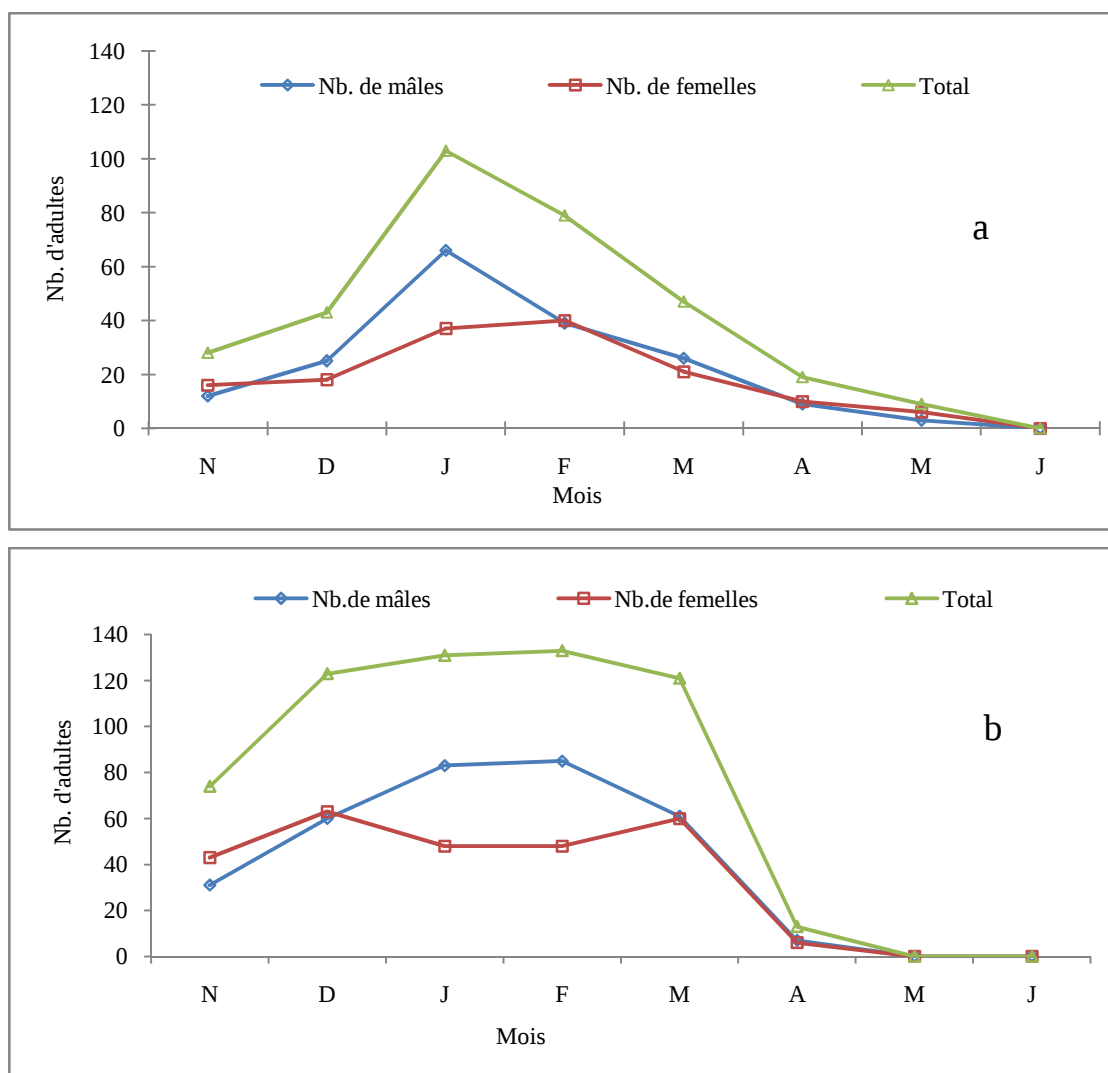


Figure 13 : Evolution de nombre de bruches mâles et femelles vivants sédentaires durant l'année agricole 2013/2014. **a :** variété Séville, **b :** variété Aguadulce

3.4. Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les boîtes entre les graines

3.4.1. Année agricole 2012-2013

3.4.1.1. Variété Séville

Durant toute la période d'étude, le tamisage des graines contenues dans les boîtes, nous a permis de comptabiliser 122 adultes morts (61 mâles et 61 femelles) ayant émergés des graines et qui n'ont pas pu s'échapper vers l'extérieur (Figure 14a). Cette mortalité est particulièrement importante au mois de novembre avec 74 adultes morts entre les graines (35 mâles et 39 femelles).

3.2.3.2. Variété Aguadulce

Le tamisage des graines nous a permis de comptabiliser 162 adultes morts (83 mâles et 79 femelles). Cette mortalité est particulièrement importante au mois d'octobre avec 135 individus (Figure 14b).

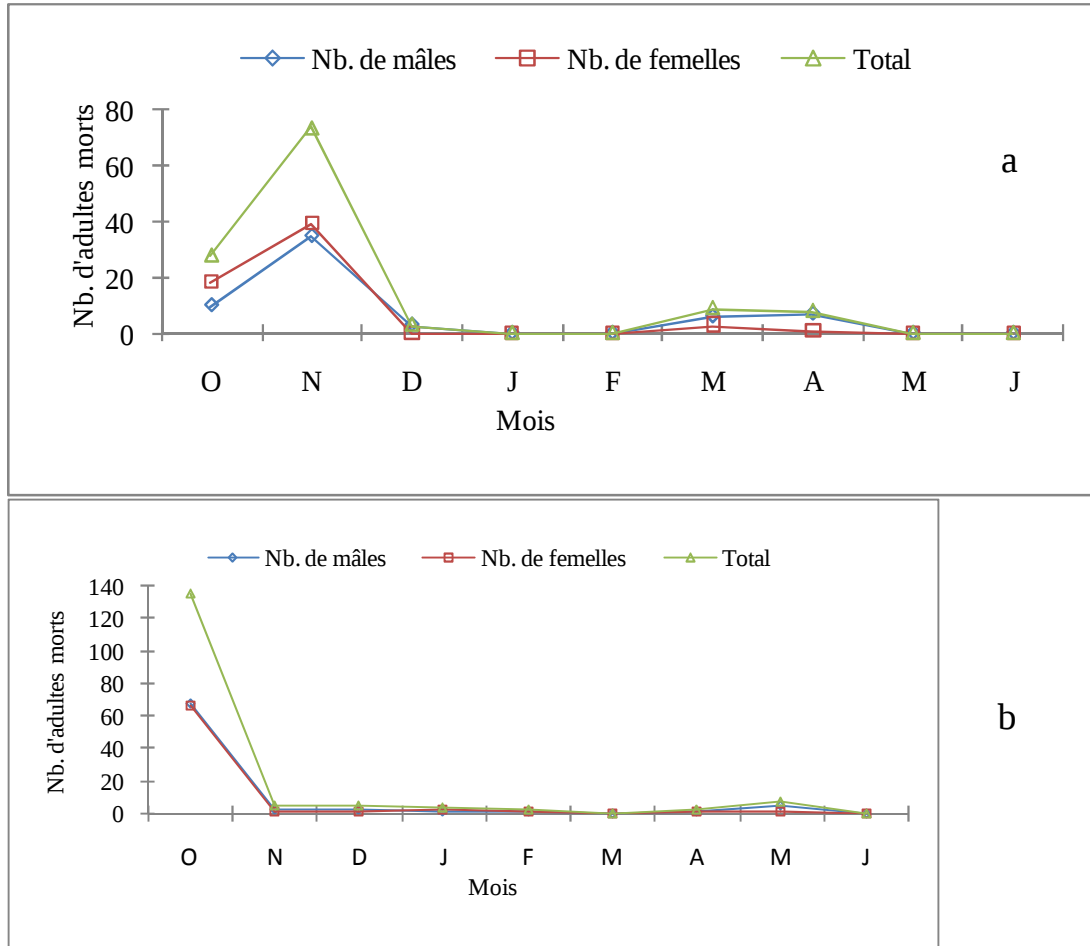


Figure 14 : Evolution du nombre d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les boîtes durant l'année agricole 2012/2013. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce.

3.4.2. Année agricole 2013-2014

3.4.2.1. Variété Séville

Le tamisage des graines contenues dans les boîtes nous a permis de comptabiliser 83 adultes morts (31 mâles et 52 femelles) qui ont émergés des graines et qui n'ont pas pu s'échapper vers l'extérieur. Cette mortalité est particulièrement importante au mois de novembre avec 29 adultes (19 femelles) (Figure 15a).

3.4.2.2. Variété Aguadulce

Le tamisage des graines montre qu'il y a 128 adultes trouvés morts dans les boîtes, ils n'ont pas pu s'échapper vers l'extérieur. Cette mortalité est élevée au mois de novembre avec 95 adultes (76 femelles et 19 mâles) et au mois de mars avec 15 individus (Figure 15b).

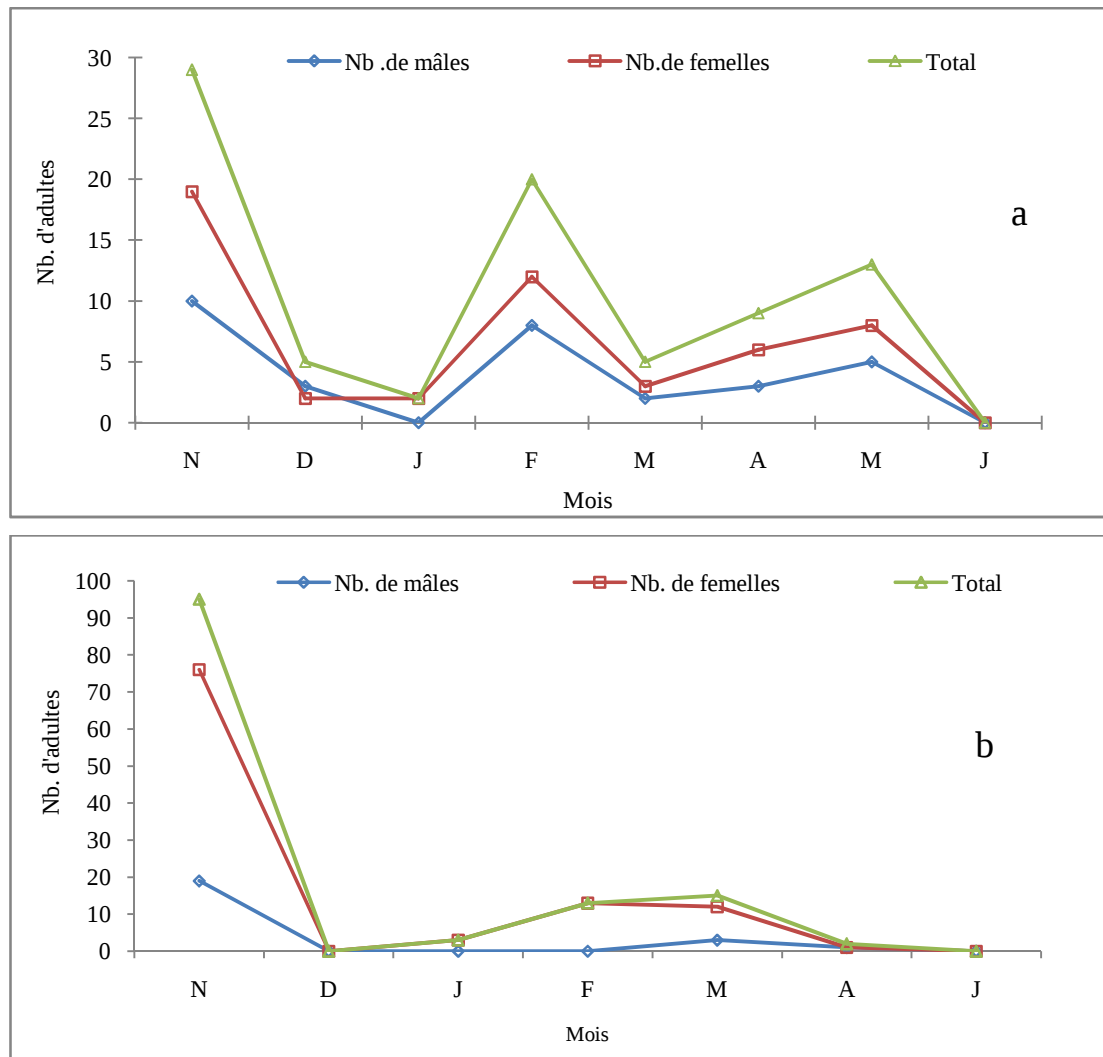


Figure 15 : Evolution du nombre d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les boîtes durant l'année agricole 2013/2014. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce

3.5. Effectif total d'adultes de *B. rufimanus* émergents durant l'expérimentation

3.5.1. Année agricole 2012/2013

3.5.1.1. Variété Séville

L'émergence d'adultes débute dès le mois d'octobre avec 35 individus (13 mâles et 22 femelles). Ce nombre régresse à partir du mois de décembre jusqu'à février (Figure 16a) et augmente considérablement pour atteindre une valeur maximale au mois de mars, avec un total de 195 individus (116 mâles et 79 femelles), soit 39% du total des individus sortants des graines. Le nombre d'adultes sortants régresse à partir du mois d'avril et s'annule au mois de mai.

3.5.1.2. Variété Aguadulce

Les émergences d'adultes montrent une évolution qui débute aussi dès le mois d'octobre atteignant une valeur maximale au mois de mars, avec un total de 954 individus

(507 mâles et 447 femelles), soit 34,53% du total des effectifs sortants des graines (Figure 16b). Le nombre d'adultes sortants régresse à partir du mois d'avril pour atteindre une valeur de 38 adultes au mois de mai, soit 1,37% du total des adultes sortants des graines.

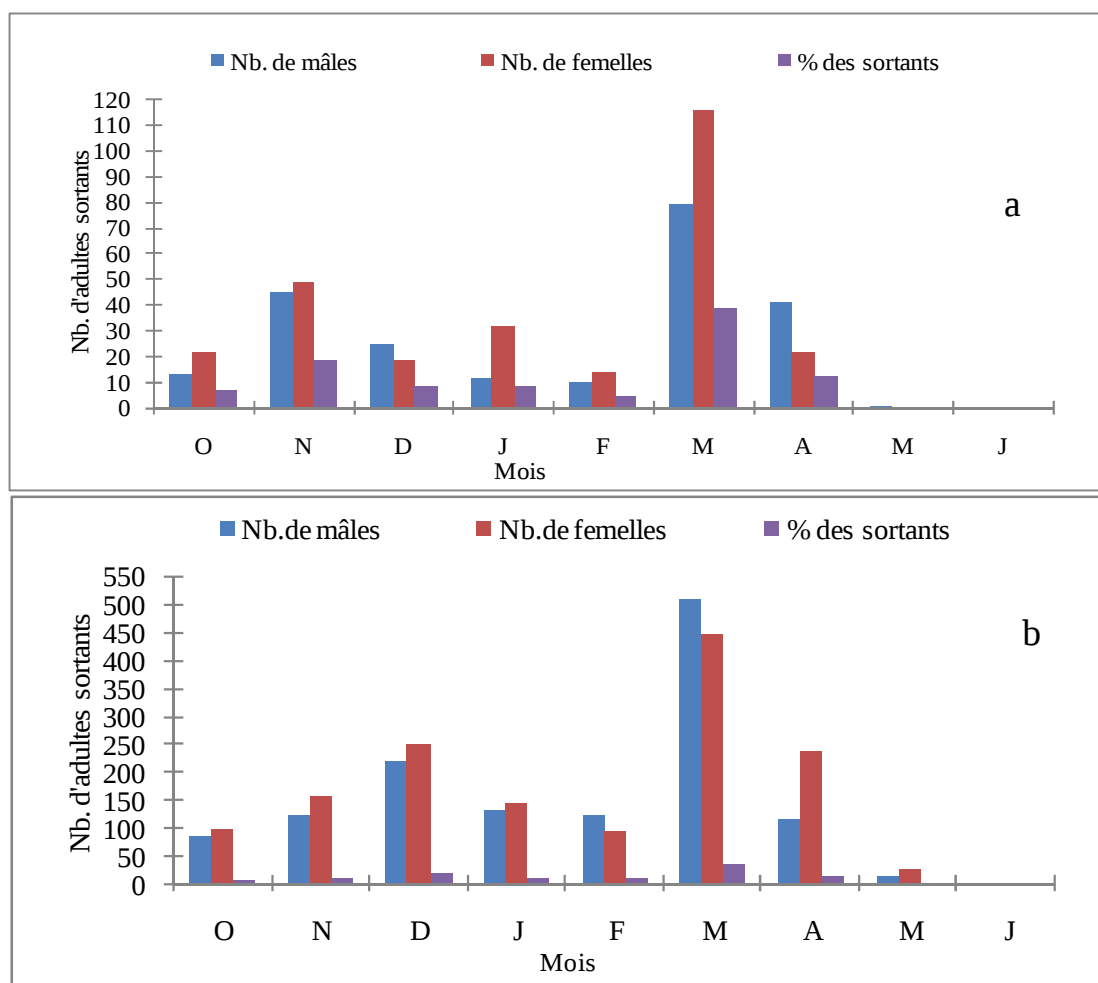


Figure 16 : Nombre total d'adultes de *B. rufimanus* sortants des graines de fève durant l'année agricole 2012/2013. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce.

3.5.2. Année agricole 2013/2014

3.5.2.1. Variété Séville

Les émergences d'adultes débutent dès le mois de novembre avec un total de 91 individus (Figure 17a). Nous constatons ensuite une augmentation considérable pour atteindre une valeur maximale au mois de mars avec un total de 231 individus (121 mâles et 110 femelles), soit 32,26% du total des individus émergents des graines. Le nombre d'adultes émergents régresse à partir du mois d'avril pour s'annuler au mois de juin.

3.5.2.2. Variété Aguadulce

Les émergences d'adultes débutent dès le mois de novembre, elles atteignent une valeur maximale au mois de mars, avec un total de 380 individus (209 femelles et 171 mâles),

soit 32,62% du total des effectifs émergents des graines (Figure 17b). Le nombre d'adultes émergents régresse à partir du mois d'avril pour atteindre une valeur de 2 adultes au mois de mai, soit 0,17% du total des émergents.

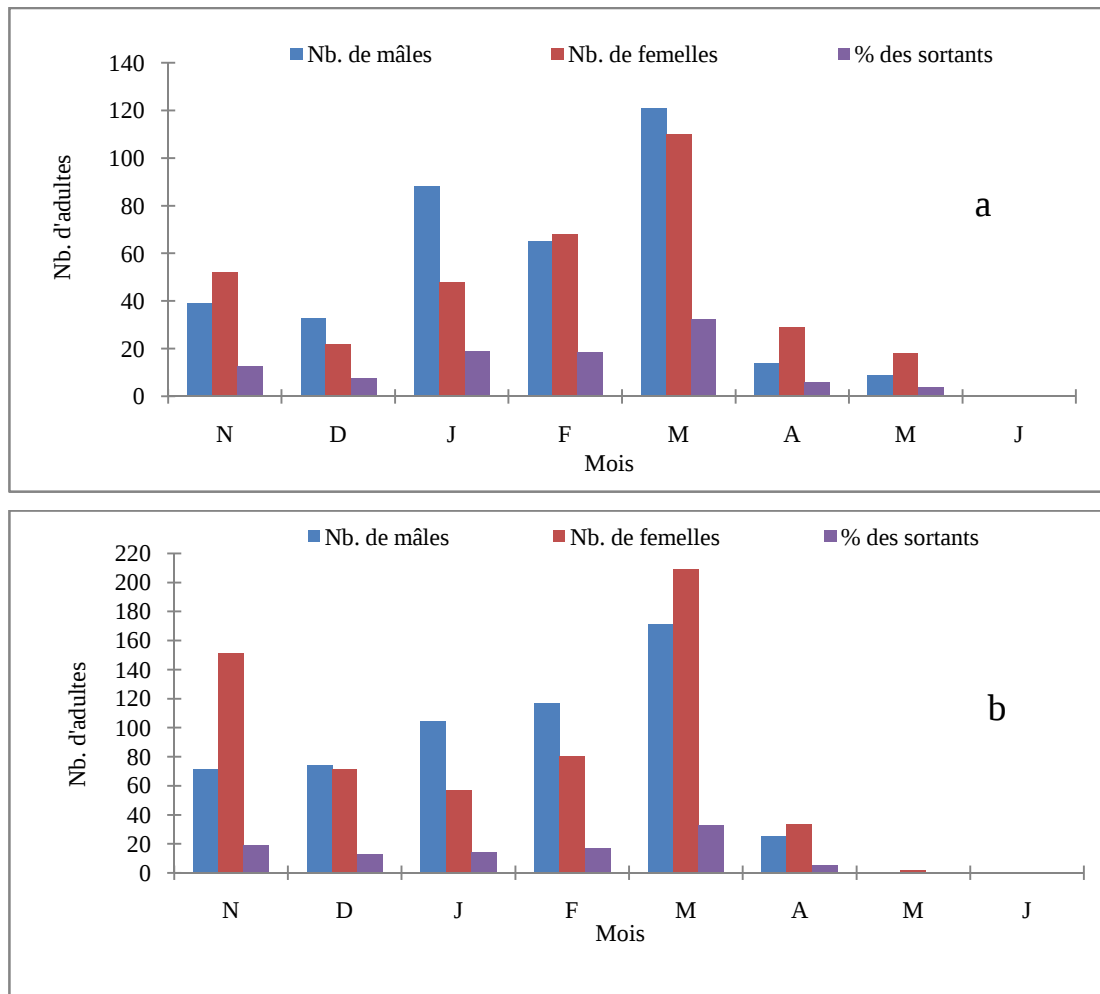


Figure 17 : Nombre total d'adultes de *B. rufimanus* sortants des graines de fève durant l'année agricole 2013/2014. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce

3.6. Comparaison entre le nombre d'adultes évadés (migrants) et non évadés (sédentaires)

3.6.1. Année agricole 2012/2013

3.6.1.1. Variété Séville

Durant la période expérimentale, 386 adultes ne se sont pas évadés des boîtes (soit 77,2% du total des émergents) (Figure 18a). Ce nombre est supérieur à celui des adultes évadés avec 114 individus (soit 22,8% du total des émergents). Cependant, la mortalité est faible, en effet nous avons enregistré 122 adultes morts à l'intérieur des boîtes (soit 24,4% du total des émergents).

3.6.1.2. Variété Aguadulce

Un nombre de 1835 adultes sont sédentaires et restent à l'intérieur des boîtes (soit 66,41% du total des émergents) (Figure 18b). Cet effectif est supérieur à celui des adultes évadés, avec 928 individus (soit 33,58% du total des émergents). Cependant, la mortalité est faible, nous avons enregistré 162 adultes morts à l'intérieur des boîtes (soit 5,86% du total des émergents)

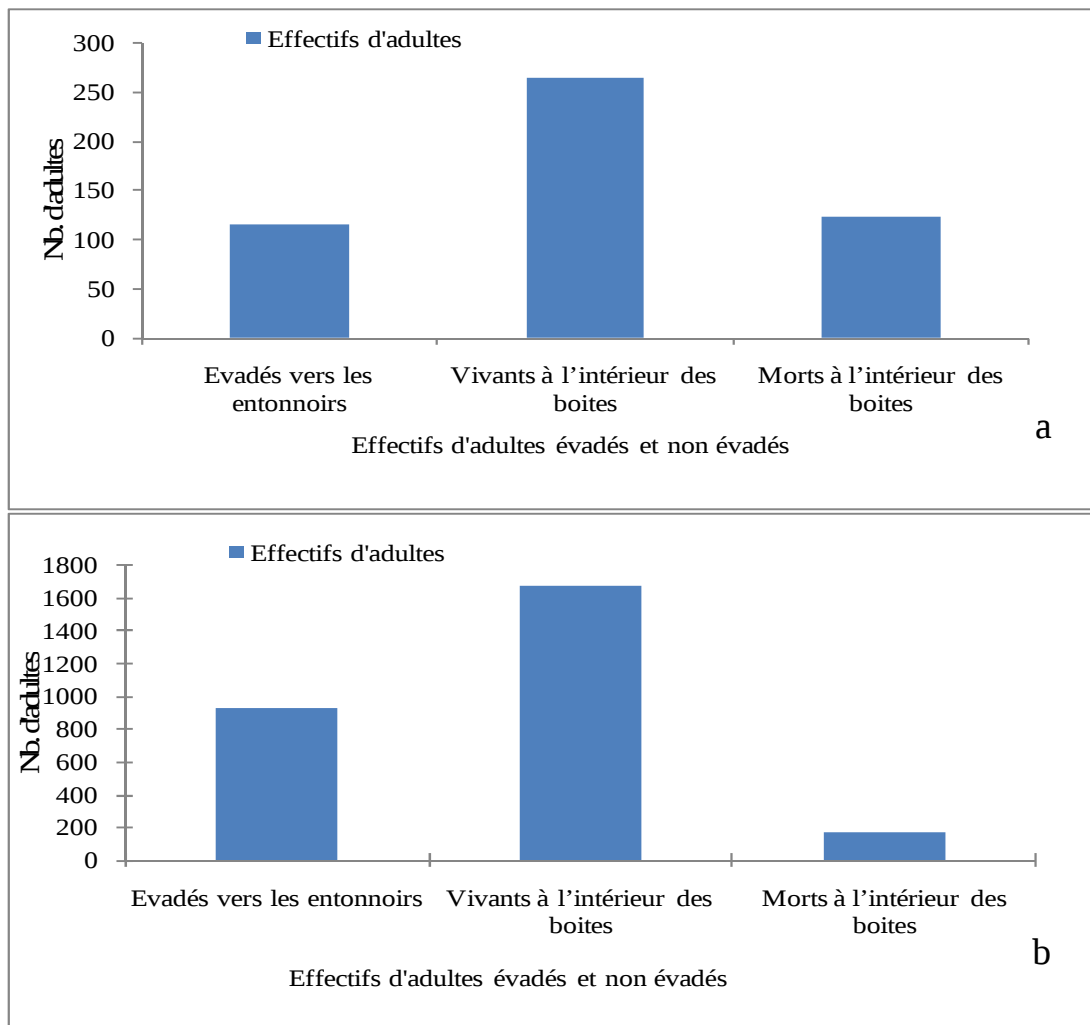


Figure 18 : Nombre d'adultes évadés et celui d'adultes non évadés durant l'année agricole 2012/2013. **a :** variété Séville, **b :** variété Aguadulce.

3.6.2. Année agricole 2013/2014

3.6.2.1. Variété Séville

Durant l'expérimentation, 411 adultes ne se sont pas évadés des boîtes (soit 45,92 % du total des émergents) (Figure 19a). Ce nombre est supérieur à celui des adultes évadés avec 305 individus (soit 42,59 % du total des émergents). Cependant, la mortalité est faible, nous avons enregistré 83 adultes morts à l'intérieur des boîtes (soit 11,59 % du total des émergents)

3.6.2.2. Variété Aguadulce

Lors de la période d'étude, nous avons enregistré un effectif de 723 adultes (373 femelles et 350 mâles) qui ne se sont pas évadés des boîtes soit (62,06% du total des émergents) qui est nettement supérieur à celui des adultes migrants, avec 442 individus (230 femelles et 212 mâles), soit 37,93% du total des émergents (Figure 19b). Cependant, nous avons enregistré une mortalité de 128 adultes à l'intérieur des boîtes (105 femelles et 23 mâles), soit 10,98% du total des émergents.

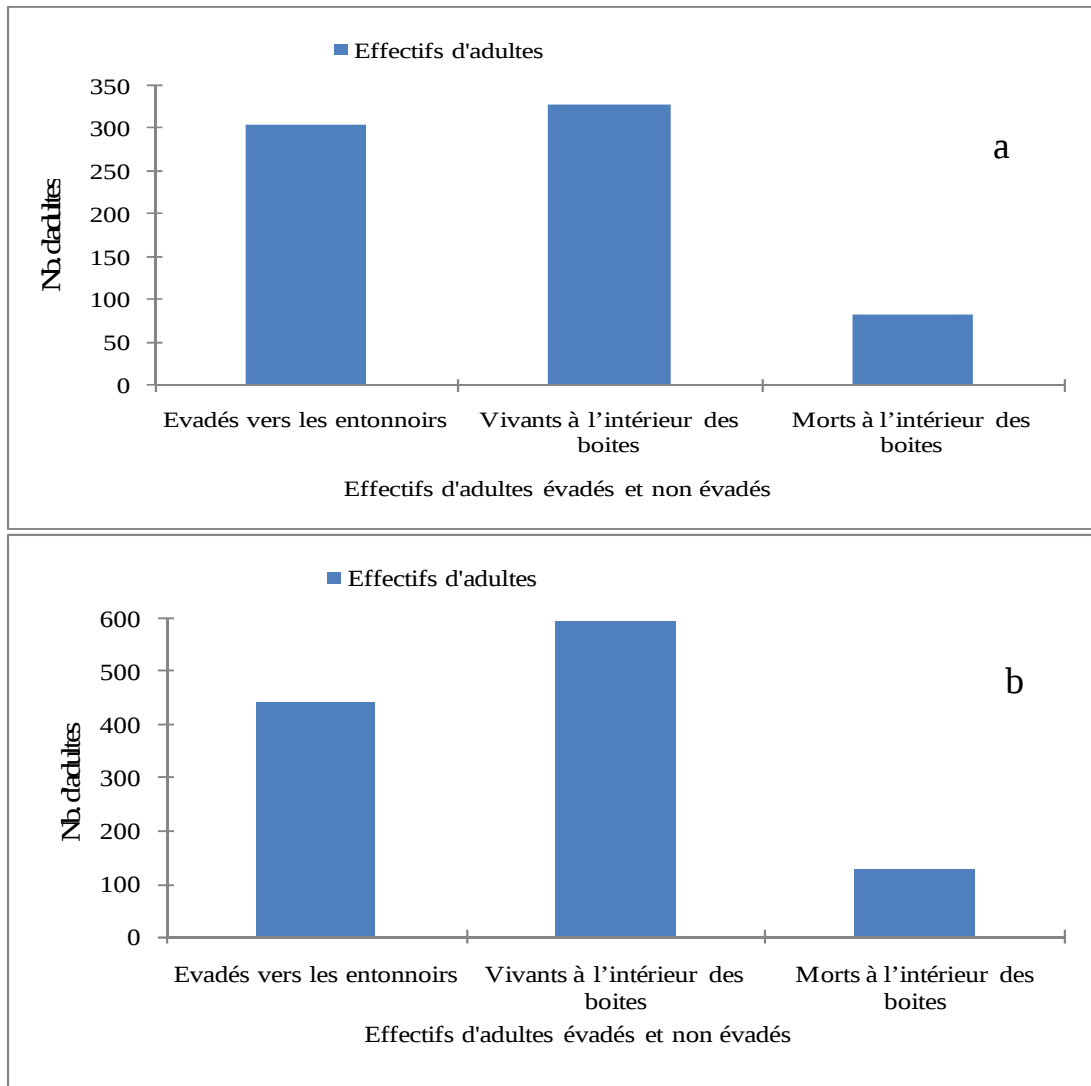


Figure 19 : Nombre d'adultes évadés et d'adultes non évadés ou sédentaires durant l'année agricole 2013/2014. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce

3.7. Mortalité de *B. rufimanus* dans les lieux de diapause

3.7.1. Année agricole 2012/2013

3.7.1.1. Variété Séville

Sous nos conditions expérimentales, nous avons remarqué que la mortalité des bruches débute dès le mois d'octobre et durant les trois premiers mois d'émergences (Figure 20a). Cette mortalité atteint une valeur maximale en mars, avec un total de 181 adultes (69 mâles et 112 femelles) soit 36,2% du total des émergents. La mortalité diminue pour atteindre 1 mort durant le mois de mai, soit 0,2% du total des émergents.

3.7.1.2. Variété Aguadulce

La mortalité des bruches débute dès le mois d'octobre. Elle augmente et atteint une valeur maximale en mars, avec un total de 954 adultes (507 mâles et 72 femelles), soit 36,68% du total des émergents (Figure 20b). A partir du mois d'avril, elle diminue, pour atteindre 31 morts durant le mois de mai, soit 1,19% du total des émergents.

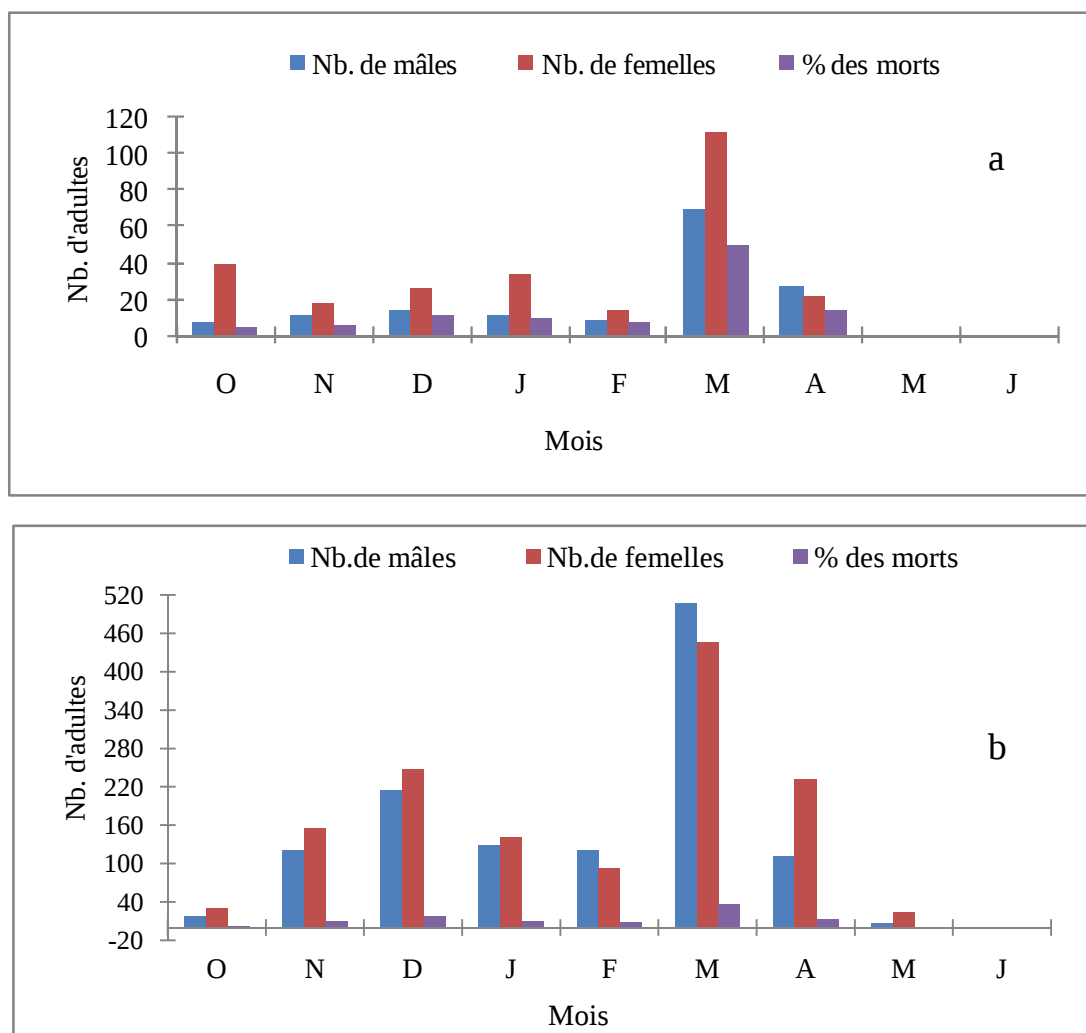


Figure 20 : Taux de mortalité (en %) des adultes dans les lieux de diapause durant l'année agricole 2012/2013. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce.

3.7.2. Année agricole 2013/2014

3.7.2.1. Variété Séville

Sous nos conditions expérimentales, nous remarquons que la mortalité des bruches débute dès le mois de novembre et durant les trois premiers mois d'émergence, le nombre de morts est relativement faible si nous le comparons au nombre des émergents (Figure 21a). Cette mortalité atteint une valeur maximale au mois de mars avec un total de 244 adultes (139 mâles et 105 femelles), soit 38,55% du total des émergents. A partir du mois d'avril, la mortalité diminue et seulement 21 adultes morts sont comptabilisés durant le mois de mai, soit 3,32% du total des émergents.

3.7.2.2. Variété Aguadulce

Durant les trois premiers mois d'émergence, le nombre d'individus morts est relativement faible. Cette mortalité atteint une valeur maximale au mois de mars avec un total de 384 adultes (183 femelles et 201 mâles), soit 38,13% du total des émergents (Figure 21b). A partir du mois d'avril, la mortalité diminue avec seulement 18 morts (10 femelles et 8 mâles) comptabilisés durant le mois de mai, soit 1,79% du total des émergents.

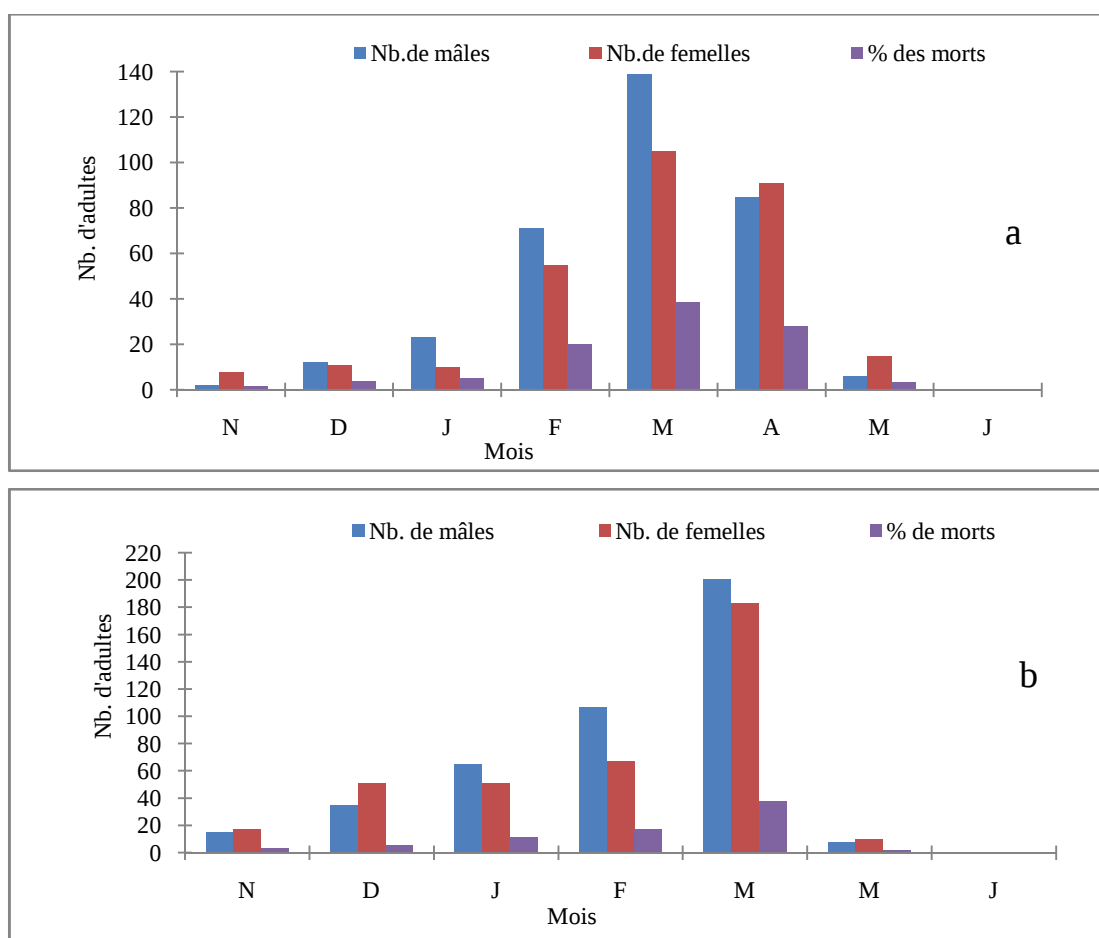


Figure 21 : Taux de mortalité (en %) de *B. rufimanus* dans les lieux de diapause durant l'année agricole 2013/2014. **a** : variété Séville, **b** : variété Aguadulce

3.8. Mortalité des différents stades de développement de *B. rufimanus* à l'intérieur des graines

3.8.1. Année agricole 2012/2013

3.8.1.1. Variété Séville

L'observation sous loupe binoculaire de 2kg de graines de *V. faba*, nous a permis d'enregistrer une mortalité à tous les stades de développement de *B. rufimanus*.

La mortalité est importante aux stades larvaires L₁ et L₂ avec respectivement 188 et 272 larves mortes ainsi les adultes (188 adultes morts). Quant aux deux autres stades de développement, la mortalité affecte 58 larves du quatrième stade (L₄) et 7 nymphes. En estimant ces résultats obtenus à partir d'un échantillon de 2kg de graines à un stock de 30Kg, 663 larves et nymphes sont mortes dans 2kg de graines, soient 9945 larves et nymphes mortes dans 30kg de graines de fèves. Le nombre d'adultes morts dans 2kg de graines est de 188, ce qui correspondra à 2820 adultes morts dans 30kg (Tableau 7).

Environ 240 adultes de parasitoïde *Triaspis luteipes* ont été dénombrés à partir du stock de 30Kg, ce qui correspondra à un taux de parasitisme de 2,16%.

- Effectifs estimés de larves ayant pénétré dans 30Kg de graines : 11062

Stades larvaires + nymphes mortes : 9945

Adultes morts à l'intérieur des graines et à l'intérieur des boîtes : 122

Adultes vivants : 995.

Taux de survie larves ayant pénétré dans les graines: 9 %.

- Taux de parasitisme : 2,16%.

Tableau 7 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les graines de fève (variété Séville) pour la campagne agricole 2012-2013.

Stade de développement	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Nymphes	Adultes	Total
Dans 1000 graines (≈2kg)	188	272	138	58	7	188	851
Dans 30kg	2820	4080	2070	870	105	2820	12667

3.8.1.2. Variété Aguadulce

La mortalité est très importante au stade larvaire L₂ avec 584 larves dénombrées dans 1000 graines. Cette mortalité est aussi importante aux stades L₄ et L₁ avec 193 et 157 larves dénombrés dans 1000 graines, respectivement. Quant aux stades L₃ et nymphes, la mortalité est de 85 et 15 pour 1000 graines, respectivement. En estimant ces résultats obtenus à partir d'un échantillonnage de 2kg de graines à un stock de 30kg, 1034 larves et nymphes sont mortes dans 2kg de graines, soient 15510 larves et nymphes mortes dans 30kg de graines de

fèves. Le nombre d'adultes morts dans 2kg de graines de fève est 298, ce qui correspondra à 4470 adultes morts dans 30kg (Tableau 8).

Environ 855 adultes de parasitoïdes *Triaspis luteipes* ont été obtenus à partir du stock de 30kg, ce qui correspondra à un taux de parasitisme de 2,99 %.

- Effectifs estimés de larves, ayant pénétré dans 30kg de graines : 28524

Stades larvaires + nymphes mortes : 15510

Adultes morts (à l'intérieur des graines et à l'intérieur des boîtes) : 4632

Adultes vivants : 8382

Taux de survie des larves ayant pénétré dans les graines : 29,38%

- Taux de parasitisme : 2,99 %.

Tableau 8 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les graines de fève (variété Aguadulce) durant la campagne agricole 2012-2013.

Stades de développement	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Nymphes	Adultes	Total
Dans 1000 graines (2kg)	157	584	85	193	15	298	1332
Dans 30 kg	2355	8760	1275	2895	225	4470	19980

3.8.2. Année agricole 2013/2014

3.8.2.1. Variété Séville

La mortalité larvaire est très importante à l'intérieur des graines. Les individus les plus touchés sont, par ordre décroissant, les larves du premier stade, puis du deuxième stade et du troisième stade. Concernant les larves du premier stade, ce chiffre serait encore plus important si la mortalité est vérifiée aussi sur les gousses vertes, car beaucoup de larves de premier stade meurent en traversant le péricarpe de la gousse. Quant aux deux derniers stades de développement de *B. rufimanus*, la mortalité affecte seulement 42 larves du quatrième stade (L₄) et 34 nymphes. En estimant ces résultats obtenus à partir d'un échantillon de 2kg de graines à un stock de 30kg, nous pourrions considérer que 8320 larves et nymphes sont mortes au cours de la phase de développement dans les graines (Tableau 9).

L'ouverture des graines à la fin de l'étude montre qu'il y a 269 adultes récupérés morts dans les graines, ils n'ont pas pu découper le tégument recouvrant la logette nymphale. Si nous estimons les valeurs obtenues au cours de cet échantillon à un stock de 30kg de graines, nous pourrions considérer la mortalité au stade adulte dans les graines à 4035 individus. Au total 4118 sont morts dans 30 kg de graines de fève. La mortalité à ce stade est donc élevée.

Si nous cumulons les effectifs d'adultes morts à tous les stades de développement, nous pouvons estimer que le taux de survie est très faible à l'intérieur des graines.

Environ 810 adultes de parasitoïde *Triaspis luteipes* ont été obtenus à partir du stock de 30Kg, ce qui correspond à un taux de parasitisme de 6,34%. Les causes de la mortalité aux différents stades de développement de *B. rufimanus* restent indéterminées.

Le bilan montre :

- Effectifs estimés de larves ayant pénétré dans 30Kg de graines : 12771
 Stades larvaires + nymphes mortes : 8320
 Adultes morts (A l'intérieur des graines et à l'intérieur des boîtes) : 4118
 Adultes vivants : 1333
 Taux de survie des larves ayant pénétré dans les graines : 10,44%
- Le taux du parasitisme : 6,34%.

Tableau 9 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les graines de fève (variété Séville) durant la campagne 2013/2014

Stades de développement	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Nymphes	Adultes	Total
Dans 1000 graines (2kg)	262	151	67	42	34	269	825
Dans 30 kg	3920	2265	1005	630	510	4035	12365

3.8.2.2. Variété Aguadulce

Nous avons enregistré une mortalité à tous les stades de développement de *B. rufimanus*. La plus importante est observée chez les adultes avec 279 morts dans 2kg, ce qui correspondrait à 4185 adultes morts dans 30kg, la mortalité est remarquée aussi aux stades L₂ et L₃ avec 100 et 90 larves prélevées dans 1000 graines. Quant aux stades L₄ et nymphes, la mortalité est de 87 et 23 larves prélevés dans 1000 graines. En généralisant ces résultats obtenus à partir d'un échantillon de 2kg de graines à un stock de 30kg, 346 larves et nymphes sont mortes dans de 2kg de graines, soit 5190 larves et nymphes sont mortes dans 30kg de graines de fèves, et le nombre d'adultes vivants dans 2kg de graines est égale à 5, ce qui correspondrait à 75 adultes vivants dans 30kg (Tableau 10).

Environ 690 adultes de parasitoïde *Triaspis luteipes* ont été obtenus à partir du stock de 30Kg, ce qui correspondrait à un taux de parasitisme de 6,51%.

- Effectifs estimés de larves ayant pénétré dans 30kg de graines : 10588
 Stades larvaires + nymphes mortes : 4560
 Adultes morts (à l'intérieur des graines et à l'intérieur des boîtes) : 4313
 Adultes vivants : 1715
 Taux de survie des larves ayant pénétré dans les graines : 16,19%
 Taux de parasitisme : 6,51%.

Tableau 10 : Nombre de larves, nymphes et d'adultes de *B. rufimanus* morts dans les graines de fève de variété Aguadulce durant la campagne 2013/2014

Stades de développement	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Nymphes	Adultes	Total
Dans 1000 graines (2kg)	46	100	90	87	23	279	676
Dans 30 kg	690	1500	1350	1305	345	4185	10140

3.9. Estimation de la longévité des adultes de *B. rufimanus* dans les lieux de diapause

3.9.1. Année agricole 2012/2013

3.9.1.1. Variété Séville

La durée de vie des adultes sous nos conditions expérimentales est variable. Le dénombrement des bruches mortes dans les lieux de diapause, nous a permis d'enregistrer une longévité des adultes de *B. rufimanus*, qui varie de 10 à 120 jours. Une femelle émergente de la graine le 03/11/2012 a survécu jusqu'au 02/03/2013, soit 4 mois environ (Tableau 11).

Tableau 11 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (variété Séville) durant la campagne agricole 2012-2013

Longévité en jour	Nb. de mâles	Nb. de femelles	Total	% des vivants
0-10	138	214	352	35,73
10-20	69	134	203	20,60
20-30	50	80	130	13,19
30-40	33	53	86	8,73
40-50	28	42	70	6,09
50-60	11	34	45	4,56
60-70	10	27	37	3,75
70-80	7	16	23	2,33
80-90	6	12	18	1,82
90-100	5	12	17	1,72
100-110	4	7	11	1,11
110-120	1	2	3	0,3
Total	362	633	995	100

3.9.1.2. Variété Aguadulce

Le dénombrement des bruches mortes dans les lieux de diapause, nous a permis d'enregistrer une longévité des adultes de *B. rufimanus*, qui fluctue de 10 à 150 jours. Un mâle émergent de la graine le 24/11/2012 a survécu jusqu'au 24/04/2013, soit 5 mois environ (Tableau 12).

Tableau 12. Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (variété Aguadulce) durant la campagne agricole 2012-2013

Longévité en jours	Nb. de mâles	Nb. de femelles	Total	% des vivants
0-10	813	946	1759	20,99
10-20	491	661	1152	13,74
20-30	477	515	992	11,83
30-40	383	458	841	10,03
40-50	322	399	721	8,60
50-60	290	369	659	7,86
60-70	259	321	580	6,92
70-80	213	360	573	6,84
80-90	175	243	418	4,99
90-100	118	201	319	3,81
100-110	62	136	198	2,36
110-120	41	95	136	1,62
120-130	7	18	25	0,3
130-140	2	6	8	0,1
140-150	1	0	1	0,01
Total	3654	4728	8382	100

3.9.2. Année agricole 2013/2014

3.9.2.1. Variété Séville

La durée de vie des adultes sous nos conditions expérimentales est variable. Le dénombrement des bruches mortes dans les lieux de diapause nous a permis d'enregistrer une longévité des adultes de *B. rufimanus* qui varie de 10 à 180 jours (Tableau 13). Deux mâles émergents des graines le 13/11/2013 ont survécu jusqu'au 23/04/2014, soit 5 mois environ.

Tableau 13 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (variété Séville) durant la campagne agricole 2013-2014.

Longévité en jours	Nb.de femelles	Nb.de mâles	Total	% des vivants
0-10	212	253	465	34,93
10-20	115	146	261	19,6
20-30	88	113	201	15,05
30-40	48	68	116	8,70
40-50	30	43	73	5,48
50-60	28	34	62	4,65
60-70	20	20	40	3,00
70-80	13	17	30	2,25
80-90	13	14	27	2,02
90-100	7	6	13	0,97
100-110	6	6	12	0,90
110-120	4	5	9	0,67
120-130	2	5	7	0,52
130-140	2	5	7	0,52
140-150	1	2	3	0,22
150-160	1	2	3	0,22
160-170	0	2	2	0,15
170-180	0	2	2	0,15
Total	590	741	1331	100

3.9.2.2. Variété Aguadulce

Durant l'année 2013-2014, la longévité des adultes varie de 10 à 120 jours, un adulte mâle émergent de la graine le 04/11/2013 a survécu jusqu'au 01/03/2014, et une femelle émergente de la graine le 12/11/2013 a survécu jusqu'au 10/03/2014), soit 4 mois environ (Tableau 14).

Tableau 14 : Longévité (en jours) des adultes émergents des graines de fève (variété Aguadulce) durant la campagne agricole 2013-2014.

Longévité en jours	Nb. de mâles	Nb. de femelles	Total	% des vivants
0-10	439	271	710	41.39
10-20	203	188	391	22.78
20-30	136	121	257	14.98
30-40	61	55	116	6.76
40-50	35	41	76	4.43
50-60	30	35	65	3.79
60-70	15	21	36	2.09
70-80	9	14	23	1.33
80-90	9	9	18	1.04
90-100	7	8	15	0.86
100-110	4	2	6	0.34
110-120	1	1	2	0.11
Total	949	766	1715	100

4. Discussion

Les entrepôts constituent la principale source d'infestation des fèves au champ. En effet, la quasi-totalité des bruches sont transférées au lieux d'entrepôts sous formes d'état larvaire dans les graines (Medjdoub-Bensaad et *al.*, 2015).

L'étude réalisée durant deux années montre qu'effectivement les larves de *B. rufimanus* se développent dans les graines de *V. faba*.

B. rufimanus est une espèce univoltine et présente, durant la période hivernale, une diapause reproductrice qui s'observe dès l'émergence des adultes en août-septembre et se maintient jusqu'au printemps suivant (Tran, 1992 ; Huignard et *al.*, 2011). Cette diapause reproductrice représenterait une adaptation facilitant la survie des populations d'insectes, lorsque les conditions environnementales sont défavorables (Danks, 1987).

Les évasions des adultes montrent une évolution similaire pour les deux variétés de fèves. Nous constatons ainsi que 148 (22 pour la variété Séville et 126 pour la variété Aguadulce) se sont évadés durant les trois premiers mois d'expérimentation pour l'année 2012/2013. Globalement, 174 (72 pour la variété Séville et 102 pour la variété Aguadulce) de bruches arrivent durant les mois de novembre, décembre et janvier à quitter les graines et migrer vers différents lieux d'hivernation. Peu d'adultes ont quitté les boîtes durant les mois de janvier et février ; cela est probablement dû à la longue période de chutes de neiges et aux faibles températures ne dépassant pas 6°C, ce qui inhibe l'évasion des bruches. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Chakir (1998) qui a étudié la diapause reproductrice chez *B. rufimanus*. L'auteur a constaté que 118 évasions se sont produites durant les 20 premiers jours qui ont suivi la mise en place de l'expérience (soit 10% du total des évasions), dans des conditions semi-naturelles (extérieur) à l'abri du soleil et de la pluie. En étudiant la diapause reproductrice chez la bruche de la fève durant trois années, Medjdoub-Bensaad (2007) signale que les évasions des adultes de *B. rufimanus* se sont prolongées durant sept mois. Durant les trois premiers mois de l'étude, 1260 adultes (soit 69% de l'effectif) ont été dénombrés dans les entonnoirs en 2001/2002. Les premiers adultes ont été observés durant la première quinzaine du mois de septembre. C'est durant les trois mois qui suivirent qu'ont eu lieu 91,4% des évasions pour l'année 2003/2004. Selon le même auteur, 1939 adultes de *B. rufimanus* ont émergé des graines de *V. faba* d'août 2004 à juillet 2005 et 1273 (soit 65,65%) d'entre eux sont évadés et retrouvés dans les entonnoirs. Les adultes de *B. rufimanus* commencent à sortir des graines à partir du mois d'août 2004, 72% des émergences ont eu lieu durant trois mois (d'octobre à décembre).

Dans notre cas d'étude, c'est à partir de la fin du mois de février que les évasions commencent à augmenter. Durant le mois de mars de l'année 2012/2013, l'effectif des migrants atteint des valeurs maximales de 57 et 487, respectivement pour la variété Séville et Aguadulce. Le pic est également noté durant le même mois, où 179 évasions ont lieu pour la variété Séville et 244 pour la variété Aguadulce, durant l'année 2013/2014. Des adultes émergents des graines restent temporairement à l'intérieur des boîtes et se réfugient au niveau de leurs coins et entre les grains. Chakir (1998) signale que certains adultes, après avoir quitté leurs logettes au niveau des graines, peuvent retourner à l'intérieur de celles-ci. Le même auteur rajoute que, les perturbations dues aux manipulations peuvent provoquer davantage d'émergences et les adultes quittent facilement les graines par l'opercule déjà préparée par la larve. Franssen (1955) rapporte que les adultes de *B. rufimanus* ne peuvent quitter les graines trop sèches et restent à l'intérieur de celles-ci tant que le tégument n'est pas ramolli par l'humidité du sol. Le rôle de l'hygrométrie sur l'activité des insectes est un facteur déterminant, elle joue un rôle important lors de l'émergence des adultes se développant dans les graines comme chez la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Darquenne et al., 1993). Les variations de l'humidité relative, qui entraîne une augmentation de la teneur en eau des graines semblent être l'un des facteurs permettant l'émergence des adultes. Il est à noter également que, la photopériode (longueur des journées) s'allonge à partir de janvier. Beck (1983) indique que ce facteur a un effet sur l'émergence des adultes. Ces derniers semblent percevoir à travers l'opercule, la teneur de la lumière entraînant leur sortie des graines.

L'évasion des adultes dépend des conditions de stockage notamment la température, la photopériode et l'humidité relative. Dupont (1990) considère que la température est l'un des principaux signaux, qui déclenche le départ des bruches des sites de diapause et l'envol vers les parcelles de fèves. Les valeurs des températures durant les premiers mois varient de 13,91°C à 18,3°C, l'humidité relative de 74,1 à 86,4 et la photopériode de 9h00mn à 11h12mn. Les variations des températures notées au laboratoire influent sur les adultes récupérés dans les boîtes de Pétri. En effet, lorsque ces températures s'accroissent, nous observons une reprise d'activité chez les bruches (Agitation à l'intérieur des boîtes de Pétri).

Selon Franssen (1956) cité par Balachowsky (1962), une température de 17°C favorise l'activité imaginale de *B. rufimanus*. Vasilev (1940), quant à lui, indique que les évasions

d'adultes d'un autre Bruchidae monovoltin *B. pisorum* des sites d'hivernation vers les champs de pois, deviennent massives lorsque les températures diurnes atteignent 26°C.

Lenga (1991) indique que *Bruchidius atrolineatus*, un coléoptère Bruchidae tropical ravageur de graines d'une légumineuse cultivée *Vigna unguiculata*, réalise la diapause reproductrice au cours de la saison sèche à Niamey (Niger). Les études réalisées au laboratoire montrent qu'un abaissement des températures de 5°C au début du développement et une durée d'exposition de 60 jours aux températures basses, induisent fortement la diapause de cet insecte. *B. atrolineatus* répond fortement à l'augmentation de la durée de la thermophase et de la photophase par la diapause, c'est un insecte de jour court, cela nous semble similaire chez *B. rufimanus*.

En définitive, les émergences et les évasions des adultes deviennent importantes durant février et très importante de mars jusqu'à avril et coïncident avec la période de floraison et la formation des gousses, favorables à la reproduction du ravageur et ce, pour les deux variétés étudiées. Les adultes peuvent, selon les conditions de stockage, quitter les graines (émergences et évasions provoquées). Ils colonisent directement les fèves au champ, en cas d'évasions tardives ou bien recherchent en cas d'évasions précoces, de nouveaux sites d'hivernations.

Huignard et al. (2011) indiquent que chez *B. rufimanus*, la levée de diapause a lieu au printemps lors de la phase de fructification de la plante hôte. Des études expérimentales, réalisées dans une population de *B. rufimanus* originaire de la région Centre en France ont montré que la levée de diapause était due à l'interaction de trois facteurs :

- La photopériode : il ne peut y avoir levée de diapause reproductrice quelles que soient les conditions expérimentales, si la photopériode est inférieure à 16 : 8h LD (L : durée de la phase lumineuse, D : durée de la phase sombre). Le passage au régime photopériodique 18 : 6h LD permet la levée de diapause reproductrice chez 60 à 70% des mâles, mais il n'a aucun effet chez les femelles.

- La présence des fleurs de la plante hôte est un facteur qui joue un rôle important dans le cycle biologique de *B. rufimanus*. Lorsque des femelles sont placées dans les conditions photopériodiques 18 : 6h LD en présence d'inflorescences de *V. faba*, plus de 90% d'entre elles sont devenues reproductrices après dix jours d'exposition. La consommation du pollen de *V. faba* permet la levée de diapause (Tran et Huignard, 1992). Le pollen d'autres légumineuses est ingéré par les adultes diapausants, mais n'a

aucun effet sur l'état reproducteur des adultes. La consommation de substances contenues dans le grain de pollen de *V. faba* est suivie d'un accroissement du taux d'ecdysone ; hormone qui induit le démarrage de la reproduction.

- La durée de la phase de diapause reproductrice : en effet l'intensité de la diapause reproductrice décroît au cours du temps. Elle est élevée durant les premiers mois de diapause et les différents facteurs stimulants l'état reproducteur des adultes n'ont aucun effet. Ce n'est qu'après six à sept mois de diapause que les insectes réagissent à ces facteurs stimulants et peuvent devenir reproducteurs.

L'analyse des émergences montre qu'à l'intérieur de la population d'adultes il y'a des individus très actifs qui quittent rapidement les stocks de graines et qui vont probablement gagner les sites de diapause (développement rapide). D'autres individus qui semblent beaucoup moins actifs restent dans le stock. *B. rufimanus* présente donc deux stratégies de développement et de reproduction afin de survivre dans la nature dans des conditions environnementales difficiles au cours de la période hivernale :

La première stratégie consiste en l'émergence précoce d'adultes en diapause reproductrice. Il n'y'a pas d'arrêt du développement et tous les insectes atteignent le stade adulte entre les mois d'août et d'octobre après une durée de développement post-embryonnaire de 75 à 80 jours. Les adultes, en diapause reproductrice, quittent les stocks de graines et sont capables d'effectuer des déplacements de plusieurs kilomètres. Ils volent à une altitude moyenne de 8 à 10 mètres et recherchent les bosquets entourant les zones de culture (Hoffman et Labeyrie, 1962). Selon Tran (1992), ces adultes hivernent dans les écorces des arbres, sous les lichens recouvrant les troncs ou le branchage. La mortalité au cours de l'hivernation dépend de la température et de la nature de l'abri. Les insectes peuvent supporter des températures inférieures à -10°C. La présence de sucre et notamment de tréhalose dans l'hémolymphe facilite la survie des insectes dans ces conditions thermiques.

La seconde stratégie quant à elle, favorise l'émergence tardive après une diapause larvaire. Il y'a un arrêt plus ou moins prolongé de la croissance larvaire au stade L₄ à l'intérieur des graines pouvant être assimilée à une diapause larvaire. Dans les conditions naturelles, l'accroissement de l'humidité de la graine au moment du semis permet la reprise du développement, puis la sortie des adultes qui sont en diapause reproductrice.

Cette double stratégie de développement permet à cette espèce de s'adapter à des variations climatiques aléatoires pendant la saison hivernale. Si la mortalité est importante au stade adulte durant la période hivernale, en raison d'une forte humidité ou de températures très

basses, l'émergence d'adultes issus de larves diapausantes pourra permettre le maintien des populations au printemps suivant.

Le taux global de mortalité survenant de l'œuf à l'adulte varie selon l'année de l'étude. Nous avons observé au cours du développement post-embryonnaire une forte mortalité particulièrement au début du développement. Une telle mortalité a déjà été observée par Dupont (1990), Medjdoud-Bensaad (2007) et Lardjane-Hamiti (2009) chez la même espèce. Selon Chakir (1998), l'examen des galeries larvaires montre que cette mortalité se produit généralement lors de la rencontre de 2 larves d'une même graine. Le taux de mortalité augmente avec la densité larvaire dans les graines. Cette densité paraît être liée à une compétition alimentaire, dépendante elle-même du comportement des larves et de leur répartition au niveau des graines. Les larves qui se développent dans des galeries individuelles n'ont pas de contact les unes avec les autres, ce qui diminue la compétition (Lardjane-Hamiti, 2009).

D'après Boughdad (1994), environ 32% des populations de *B. rufimanus* meurt aux stades larvaires à cause de l'inanition, de la compétition intra-spécifique et du parasitisme. La barrière tégumentaire constitue une autre cause de mortalité de la bruche adulte, probablement à cause de la dureté du tégument.

L'existence de parasite *Triaspis luteipes* dans les graines de fèves, pourrait être responsable de la mortalité observée au stade nymphal. Medjdoud-Bensaad (2007) signale ce parasite qui réduit les populations de *B. rufimanus* au stade nymphal et adulte, pendant 3 années agricoles 2002, 2003 et 2004 dans la région de Tizi-Ouzou.

Les adultes hivernant dans les graines sont l'hôte d'un acarien *Pediculoides ventricosus* Newpot (Tarsonomidae) fréquent dans les entrepôts (Chakir, 1998).

Les résultats obtenus montrent que la durée de vie des adultes de *B. rufimanus* varie d'un mois à un autre, nous avons également noté une mortalité irrégulière entre les adultes mâles et les adultes femelles. Nos résultats sont similaires à ceux de Lardjane-Hamiti (2009) qui rapporte que les bruches émergées au mois de novembre montrent une longévité plus élevée que celles émergées au mois de décembre et janvier, alors que celles émergées au mois de février, mars et avril ont une durée de vie plus courte. Ceci nous permet de constater que les bruches qui émergent précocement vivent plus longtemps que celles qui émergent tardivement.

D'après toutes ces observations, la variété Aguadulce est la plus importante en nombre d'adultes émergents sur les deux années d'étude, que ce soit à l'intérieur des boîtes ou migrants et par conséquent elle pourrait représenter un hôte préférentiel pour la bruche et

pourrait subir une infestation importante au niveau des champs de fèves, malgré l'observation d'une mortalité élevée à l'intérieur des boîtes et des graines pour cette variété. Le taux de mortalité due au parasitoïde *Triaspis luteipes* reste faible pour les deux années, ne dépassant pas 3% en 2012/2013 et 7% en 2013/2014.

Deuxième partie : Effet de la nourriture sur la longévité de *B. rufimanus*

1. Introduction

La dépendance stricte de *B. rufimanus* de la fève, oblige l'insecte à se reproduire uniquement lors de la fructification de son hôte. En dehors de cette période, la bruche présente une diapause reproductrice. Dans la nature, avant la floraison, les bruches adultes sont observées entrain de prélever du nectar au niveau des nectaires floraux. Cette provision pourrait assurer, au moins en partie, la survie des adultes en attente de l'apparition des premières fleurs (Chakir, 1998). D'après Dupont (1990), les adultes de *B. rufimanus* sont capables de consommer des grains de pollen d'origines différentes. Ceci a été également observé par Jarry (1984) chez la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*.

Bach (1980) et Dupont (1990) constatent que la présence prolongée d'une ressource trophique en quantité importante favoriserait le maintien, au cours de temps, des effectifs d'insectes dans une zone donnée.

Dans cette partie, nous étudierons l'effet de la nourriture sur la longévité des adultes de *B. rufimanus* durant la période de diapause, afin de confirmer l'hypothèse que ce ravageur a une durée de vie plus longue lorsque la nourriture est abondante, et que ces adultes se nourrissent dans la nature à chaque fois que cela leur est permis.

Notre expérience permet aussi d'évaluer la longévité des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* selon la période d'émergence.

2.2. Matériel et méthode d'étude

Les adultes utilisés pour cette expérimentation proviennent de graines récoltées dans les champs de la région de Tizi-Ouzou, durant la campagne agricole 2012-2013. Les graines sont mises dans des sacs placés sous les conditions de laboratoire. Après le tamisage, les bruches sont récupérées puis séparées en mâles et femelles et ce, durant cinq mois : novembre et décembre 2013, janvier, février et mars 2014.

Cette expérimentation est réalisée au laboratoire sous une humidité relative de 70 à 80% et des températures variant de 15 à 27°C, ces dernières permettant de maintenir les adultes en activité sans trop les exciter, évitant ainsi leur épuisement.

Durant cette étude, nous avons utilisé quarante bocaux d'un volume de 1 L. Tout les quinze jours de chaque mois quatre bocaux sont utilisés, dont deux sans miel et les deux autres avec du miel.

Au début et au quinzième jour de chaque mois, nous introduisons 50 bruches mâles dans un bocal sans miel servant de témoin, et le même nombre de bruches est introduit dans un autre bocal avec du miel (source trophique), ce dernier est mis dans un flacon avec du papier filtre sur lequel les adultes le prélèvent. Le même procédé est appliqué pour les femelles.

Dans chaque bocal, nous avons mis du carton ondulé qui servira comme lieu de diapause pour les bruches, il est à noter que nous le changeons après chaque observation. Le papier filtre et le miel sont également changés au cours de l'expérimentation (Figure 22).

Pour savoir si l'alimentation a un effet sur la longévité des adultes, les observations des bocaux s'effectuent tous les 10 jours, en dénombrant les adultes mâles et femelles morts. L'expérimentation s'arrêtera lorsque tous les individus introduits dans les bocaux seront morts.



Figure 22 : Matériels de laboratoire et le matériel biologique utilisé
(Originale, 2014)

a : loupe binoculaire, **b :** bocal, **c :** tamis, **d :** papier filtre, seringue, flacon, miel
e : adultes de *B. rufimanus*

2. Résultats

3.1. Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel pendant la période de diapause

3.1.1. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} novembre

La longévité varie entre 30 et 150 jours pour les adultes non nourris au miel, et pour les adultes nourris la longévité varie entre 30 et 180 jours pour les mâles et entre 30 et 210 jours pour les femelles (Figure 23).

Pendant les premiers vingt jours de l'expérience, aucune mortalité des adultes n'est constatée pour les individus nourris et non nourris (Figure 24). A partir de 30^{ème} jour, les adultes non nourris expriment une mortalité de 14% pour les mâles et de 8% pour les femelles. Les adultes nourris présentent une mortalité de 12% et 4%, respectivement, pour les mâles et les femelles.

Au-delà du 30^{ème} jour, la mortalité des bruches devient importante jusqu'à l'extinction de l'ensemble des individus. Ce qui nous permet d'avancer que les individus nourris montrent une durée de vie plus élevée que les individus non nourris, avec une différence de 30 jours pour les mâles et 60 jours pour les femelles.

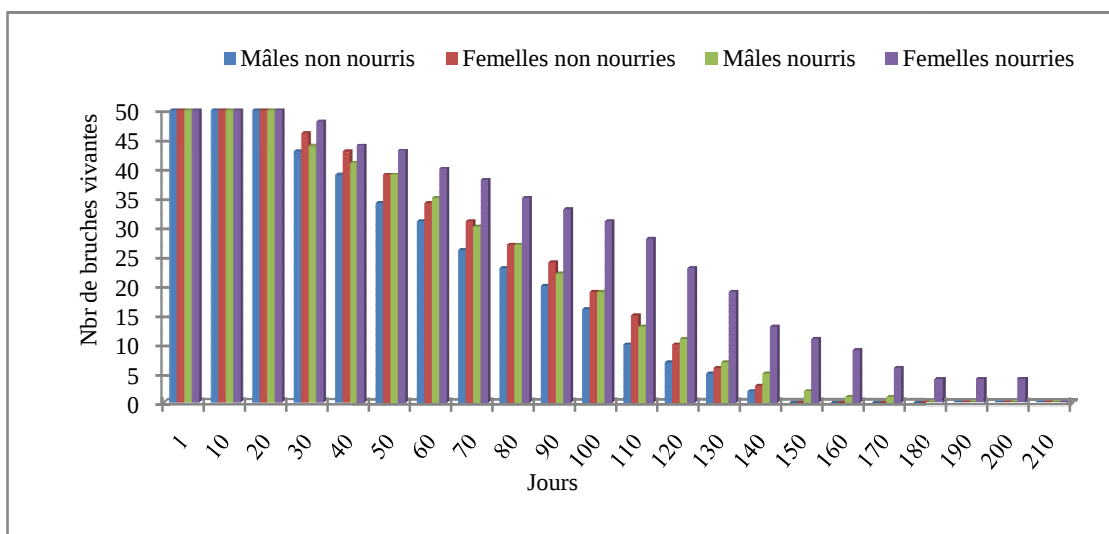


Figure 23 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} novembre 2013

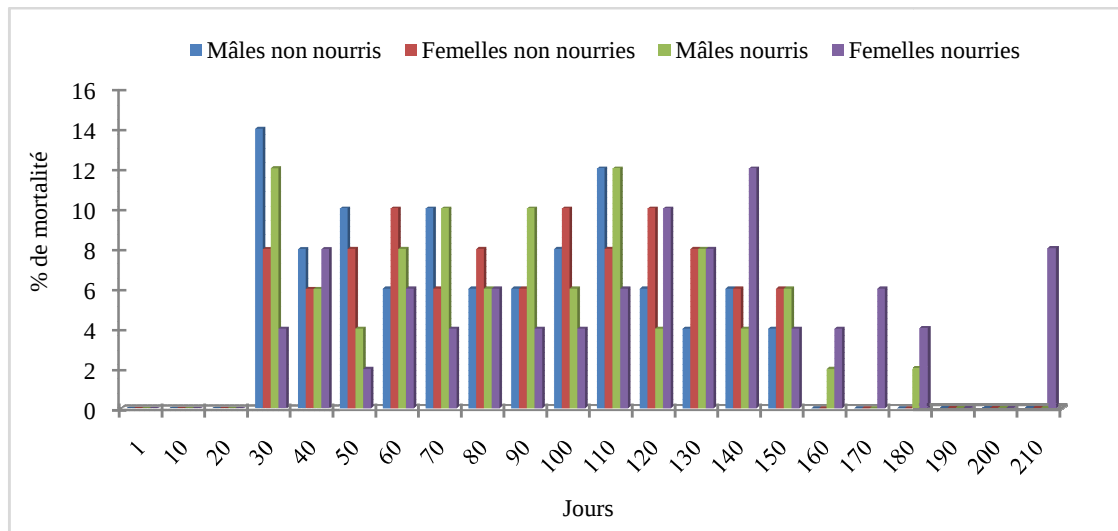


Figure 24 : Mortalité (en %) des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} novembre 2013

3.1.2. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 15 novembre

Au début de l'expérimentation, la mortalité des adultes de *B. rufimanus* est très faible. Elle est de l'ordre de 2% pour les mâles et les femelles nourris et de 2% à 4% pour les femelles et les mâles non nourris, respectivement (Figure 25 et 26). A partir du 20^{ème} jour, la mortalité des adultes de *B. rufimanus* non nourris augmente jusqu'à la mort de tous les individus au 140^{ème} jour pour les mâles et 150^{ème} jour pour les femelles. La mortalité des adultes nourris devient importante jusqu'à la mort de l'ensemble des individus au 170^{ème} jour pour les mâles et le 200^{ème} jour pour les femelles.

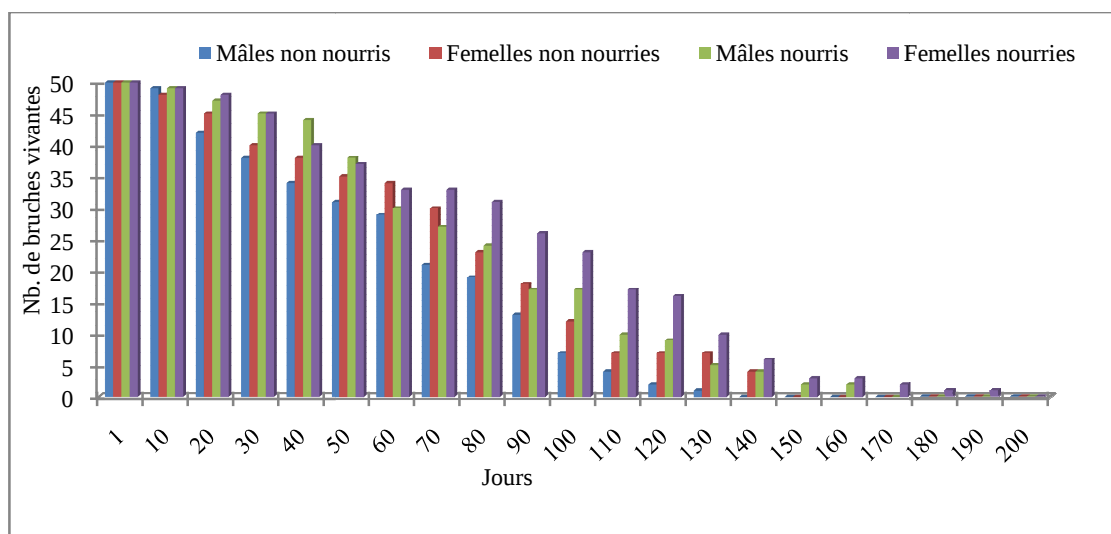


Figure 25 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 novembre 2013

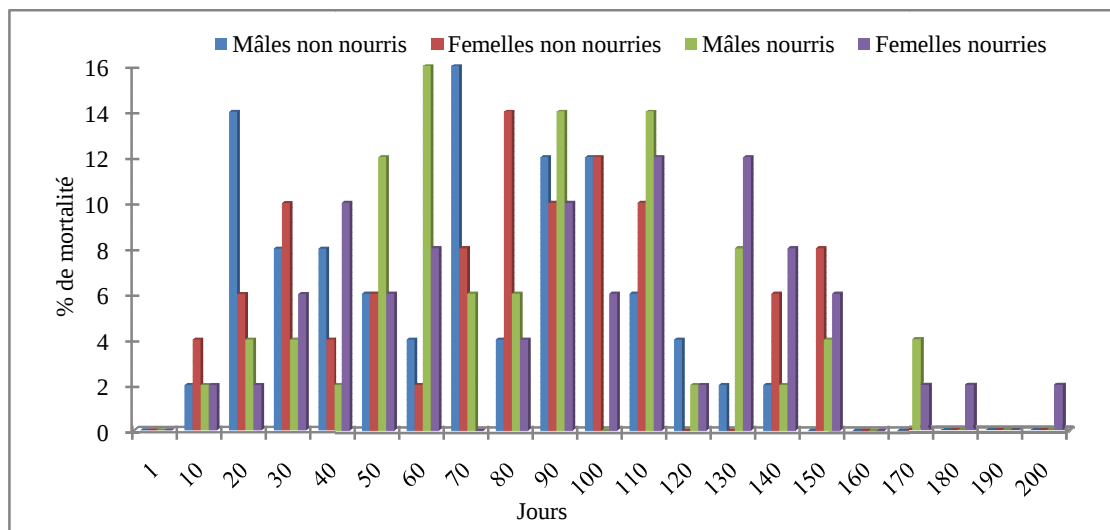


Figure 26 : Mortalité (en %) des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 novembre 2013

3.1.3. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} décembre

Les bruches nourries vivent 170 jours, celles non nourries ne vivent que 130 jours pour les femelles et 120 jours pour les mâles (Figure 27).

Nous avons constaté une faible mortalité au début de l'expérience surtout pour les adultes nourris avec 4% et 2%, respectivement pour les femelles et les mâles, et elle est de 6% et 10%, respectivement, pour les mâles et les femelles non nourris (Figure 28).

Au 60^{ème} jour de l'expérimentation, la mortalité passe jusqu'à 22% et 20% pour les mâles et les femelles non nourris, elle est de 24% et 14%, respectivement, pour les mâles et les femelles nourris. Au-delà du 60^{ème} jour, la mortalité est plus forte chez les bruches non nourries que celles nourries.

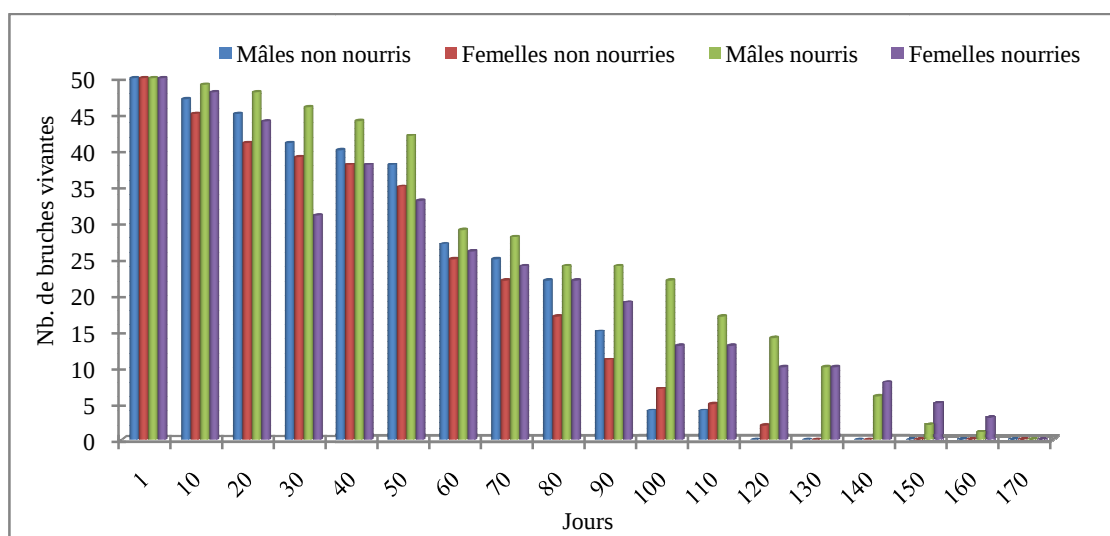


Figure 27 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} décembre 2013

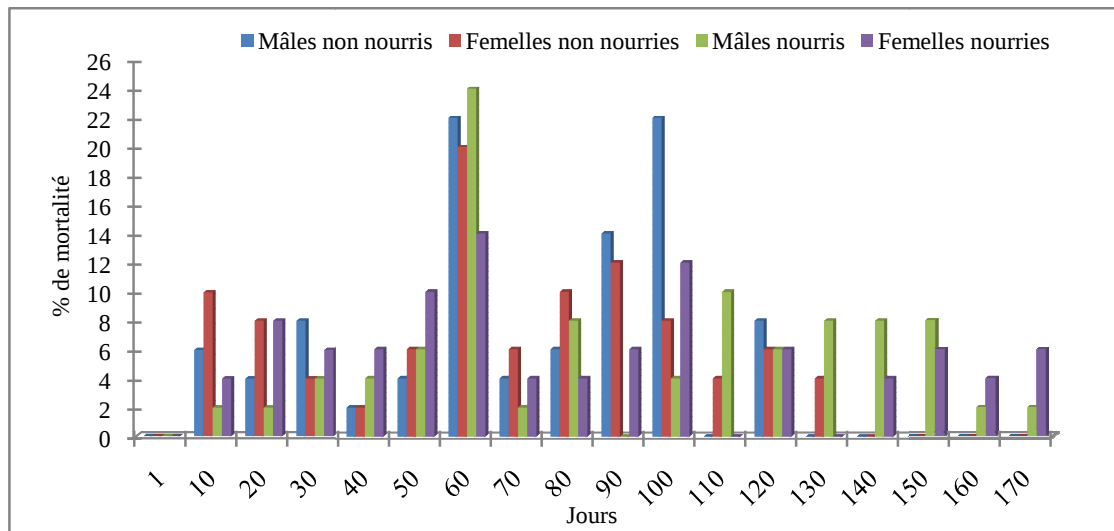


Figure 28 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} décembre 2013

3.1.4. Adultes de *B. rufimanus* émergeant le 15 décembre

Les adultes de *B. rufimanus* nourris montrent une longévité variant entre 10 et 160 jours pour les femelles et entre 10 et 150 jours pour les mâles (Figure 29).

Les mâles non nourris vivent entre 10 et 110 jours, alors que les femelles non nourries vivent entre 10 et 130 jours.

Les plus fortes mortalité des adultes de *B. rufimanus* sont constatées entre le 60^{ème} et 100^{ème} jour (Figure 30).

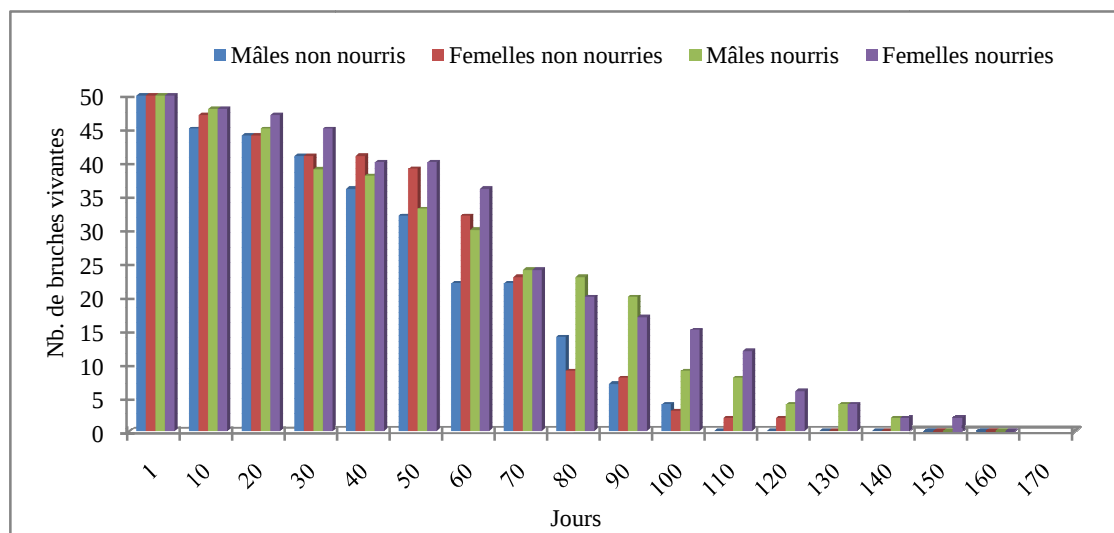


Figure 29 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 décembre 2013

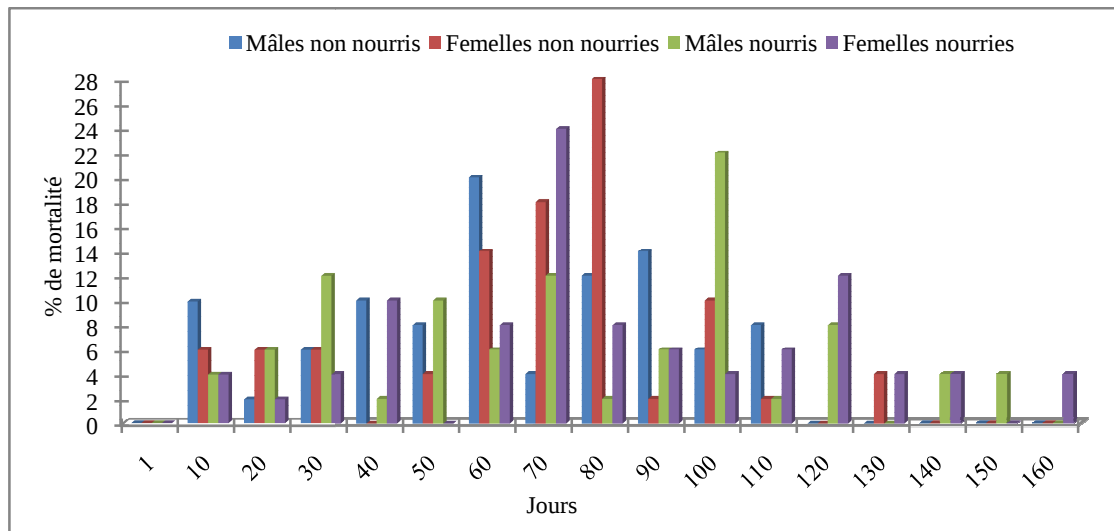


Figure 30 : Mortalité en % des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 décembre 2013

3.1.5. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} janvier

Au début de l'expérimentation, la mortalité est faible soit pour les individus nourris ou non nourris. Elle est de l'ordre de 4% pour les mâles et les femelles non nourris et de 2% et de 6%, respectivement pour les mâles et les femelles nourris.

A partir du 40^{ème} jour, la mortalité augmente jusqu'à la mort de tous les individus non nourris après 90 jours pour les mâles et 80 jours pour les femelles. Les individus nourris sont tous morts après 130 jours (Figure 31 et 32).

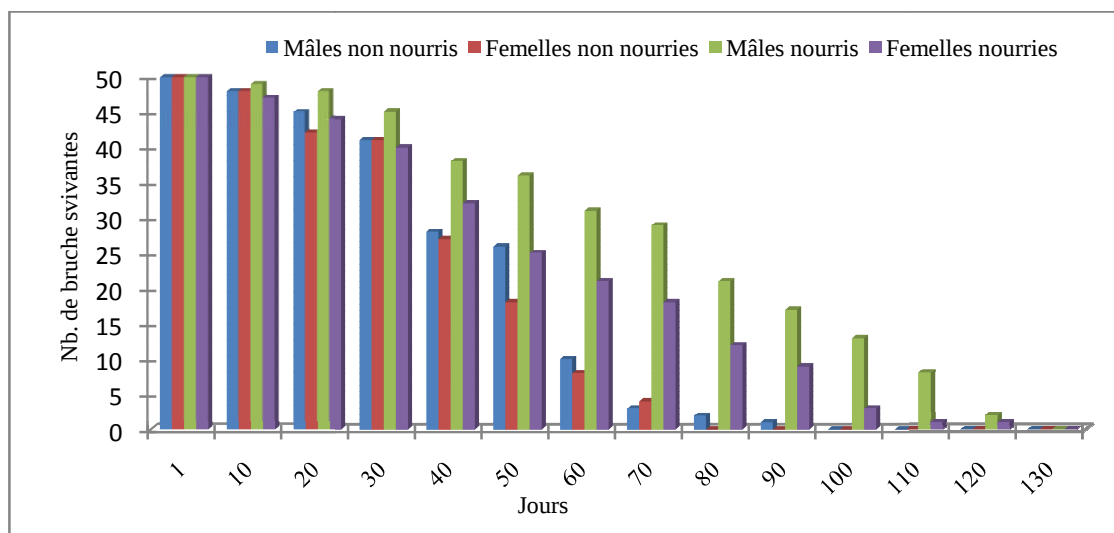


Figure 31 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} janvier 2014

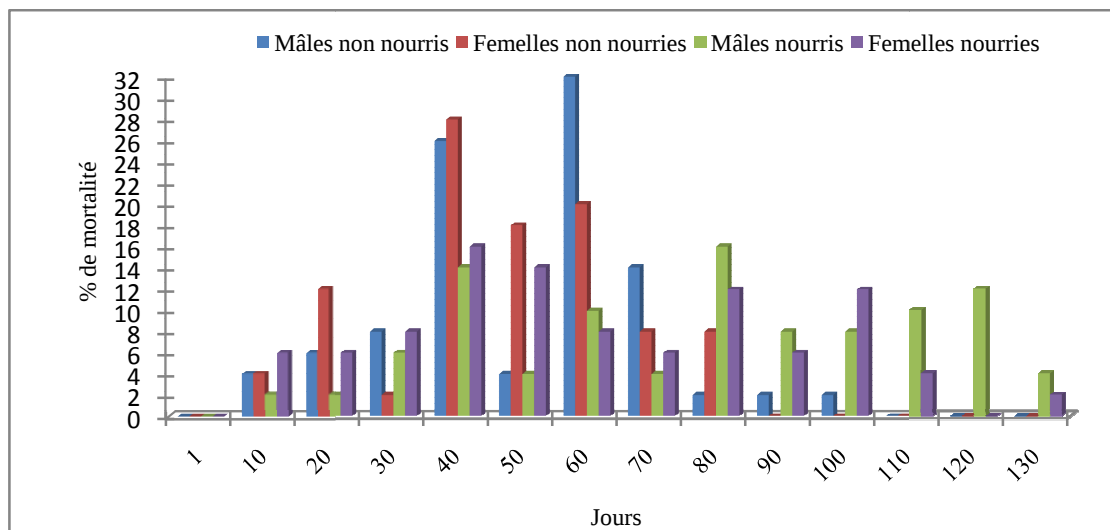


Figure 32 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} janvier 2014

3.1.6. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 15 janvier

La longévité des adultes non nourris varie entre 10 et 90 jours pour les mâles avec une forte mortalité enregistrée le 40^{ème} jour, soit 26% et elle varie entre 10 et 80 jours pour les femelles avec une mortalité atteignant 34% au 60^{ème} jour. Au début de l'expérimentation, les adultes de *B. rufimanus* nourris montrent une mortalité de 14% pour les mâles et 6% pour les femelles, la mortalité la plus élevée est enregistrée au 70^{ème} jour pour les mâles avec 30% et au 60^{ème} jour pour les femelles avec 24%. La durée de vie des adultes nourris varie entre 10 à 110 jours pour les mâles et 10 à 120 jours pour les femelles (Figure 33 et 34).

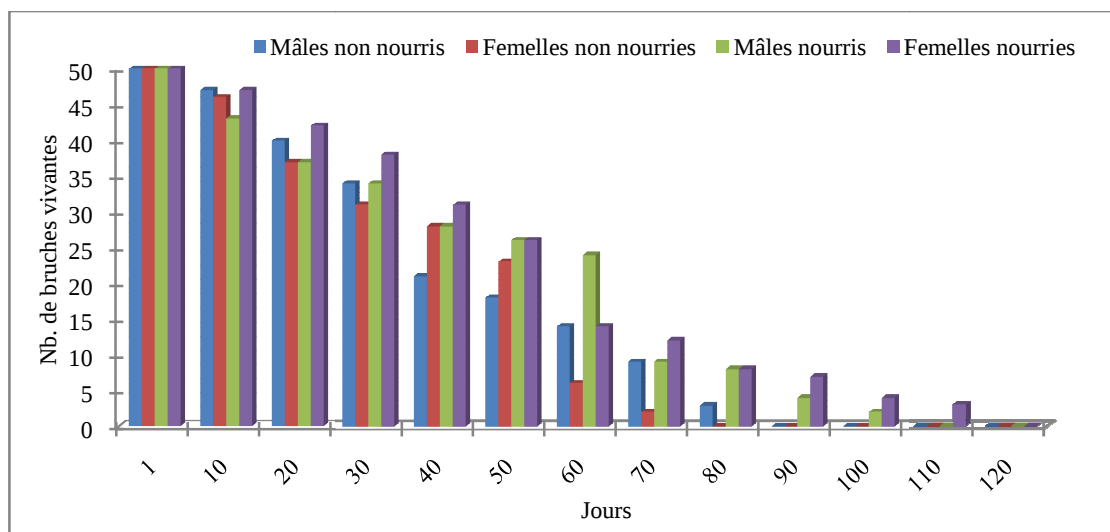


Figure 33 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 janvier 2014

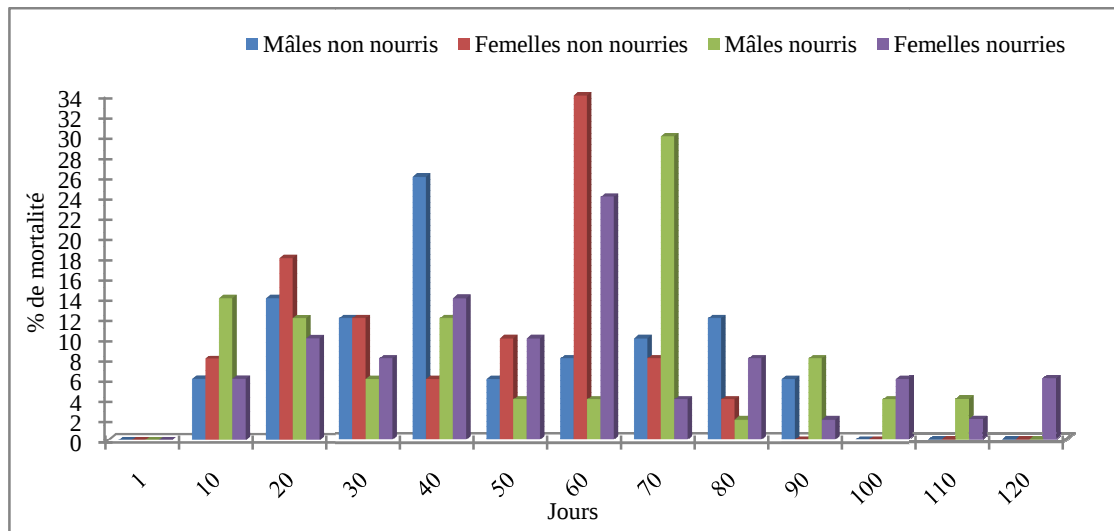


Figure 34 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 janvier 2014

3.1.7. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} février

Les adultes nourris vivent 100 jours et ceux non nourris ne vivent que 70 jours. Nous avons constaté une faible mortalité au début de l'expérimentation notamment pour les adultes nourris avec 6% de mortalité pour les femelles et les mâles. Elle est de 12% et 10% respectivement pour les mâles et les femelles non nourris. Au 30^{ème} jour de la mise en place de l'expérimentation, la mortalité passe à 26% et 24% pour les mâles et les femelles non nourries, elle est de 24% pour les mâles nourris et de 14% pour les femelles nourries (Figure 35 et 36).

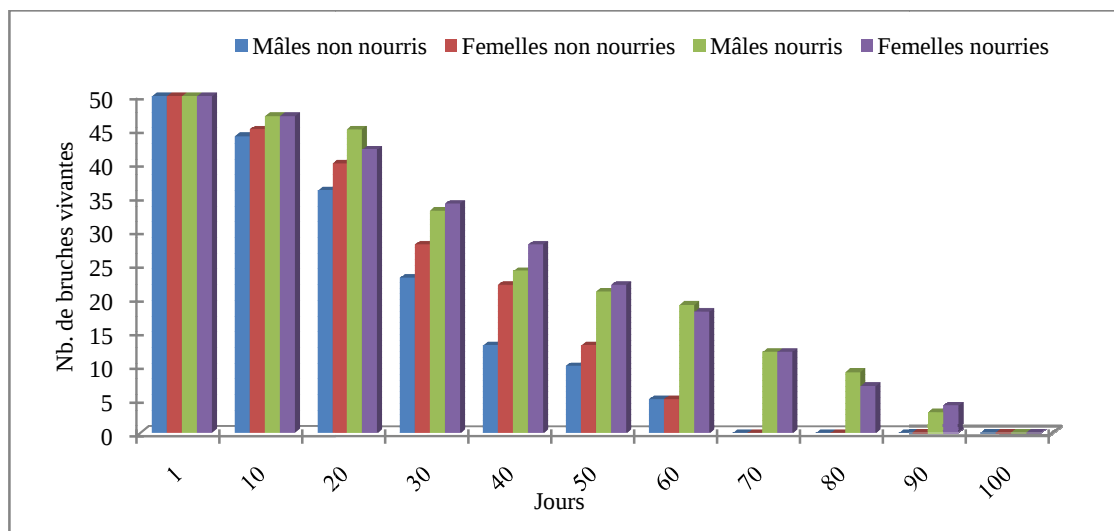


Figure 35 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} février 2014

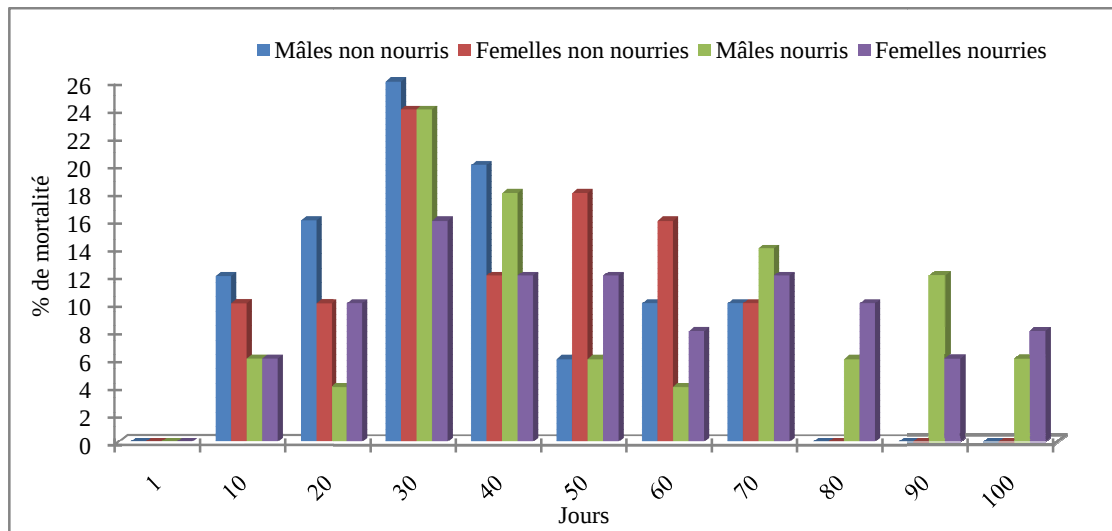


Figure 36 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} février 2014

3.1.8. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 15 février

Les adultes nourris montrent une longévité qui varie entre 10 et 100 jours pour les femelles et entre 10 et 90 jours pour les mâles, alors que les adultes non nourris montrent une longévité qui varie entre 10 et 60 jours pour les mâles et entre 10 et 70 jours pour les femelles. Les plus fortes mortalités des adultes de *B. rufimanus* sont constatées entre le 30^{ème} et 70^{ème} jour. Au 90^{ème} jour, il ne reste que deux individus vivants qui sont 2 femelles nourries (Figure 37 et 38).

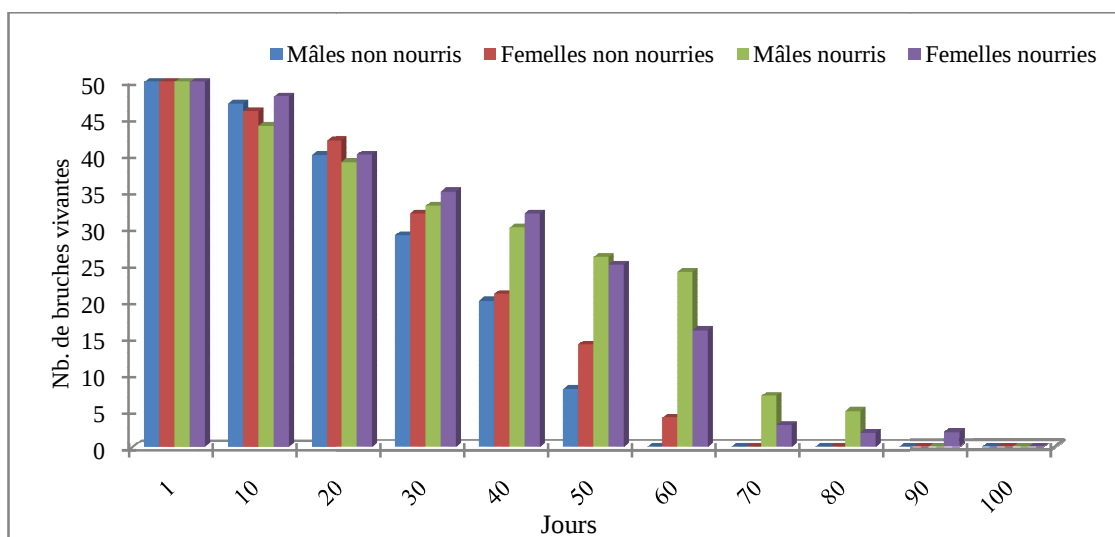


Figure 37 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 février 2014

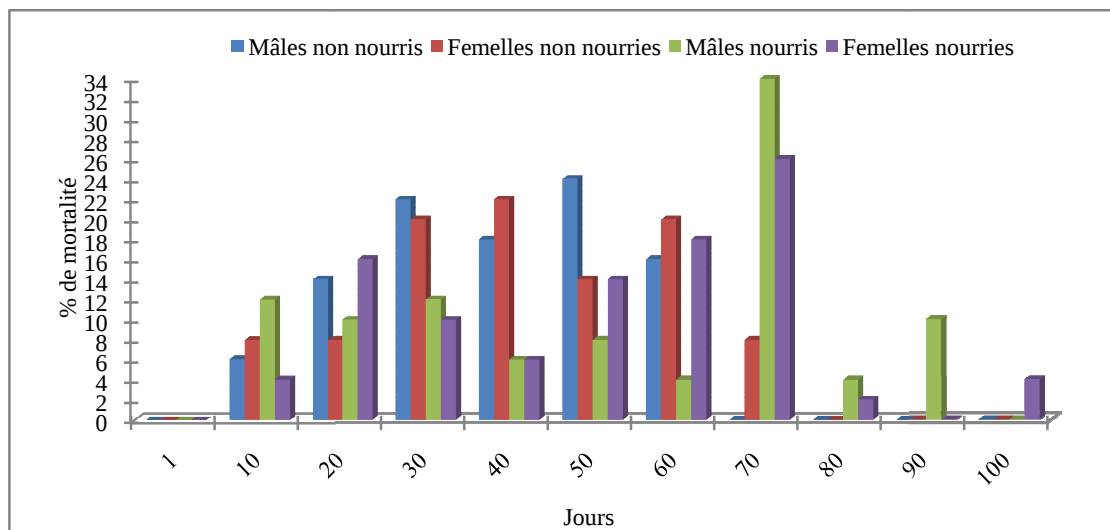


Figure 38 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 février 2014

3.1.9. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} mars

Du 1^{er} au 30^{ème} jour de l'expérimentation, nous avons enregistré une très forte mortalité chez les individus non nourris, elle est de 94% pour les mâles et 82% pour les femelles, leur longévité est de 40 et 50 jours, respectivement pour les mâles et les femelles. Chez les individus nourris, elle est de 60% pour les mâles et 74% pour les femelles, leur longévité ne dépasse pas 70 jours (Figure 39 et 40).

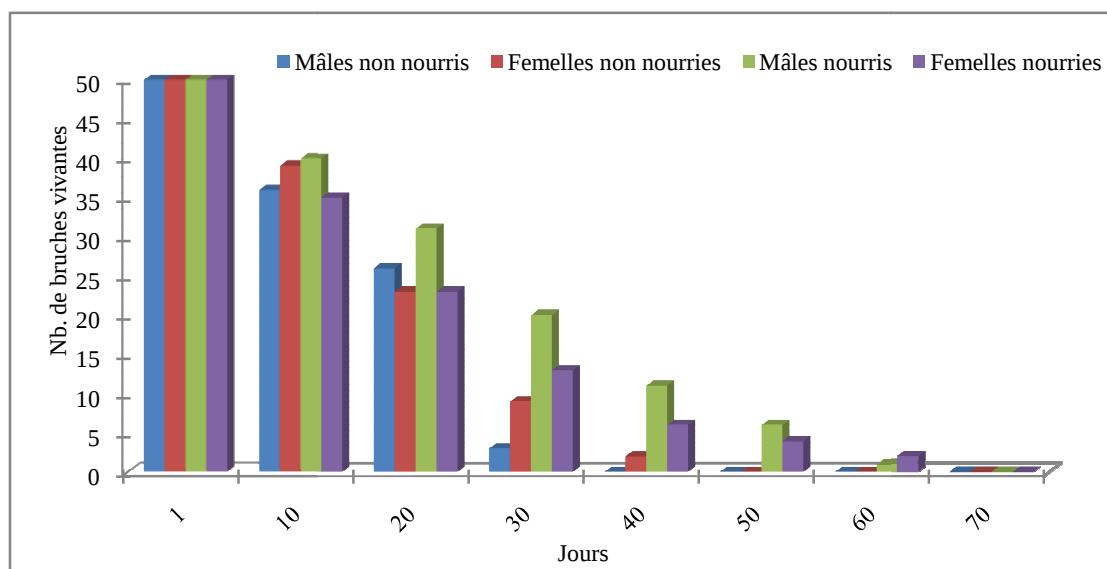


Figure 39 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} mars 2014

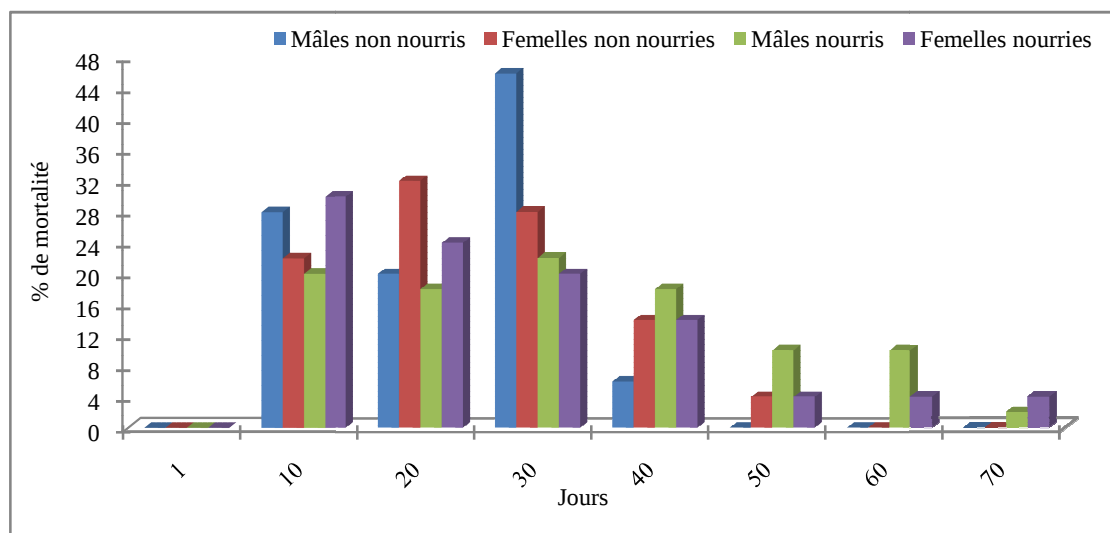


Figure 40 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 1^{er} mars 2014

3.1.10. Adultes de *B. rufimanus* émergents le 15 mars

Une très forte mortalité est observée dès le début de l'expérimentation, que ce soit pour les mâles ou pour les femelles non nourris ou nourris. Chez les individus non nourris, la mortalité au 10^{ème} jour atteint 58% pour les mâles et 48% pour les femelles et leur longévité ne dépasse pas 30 jours. Chez les individus nourris, la mortalité est de 34% pour les mâles et 30% pour les femelles après les 10 premiers jours de l'expérimentation, et leur longévité varie entre 10 à 40 jours et 10 à 50 jours respectivement, pour les mâles et les femelles (Figure 41 et 42).

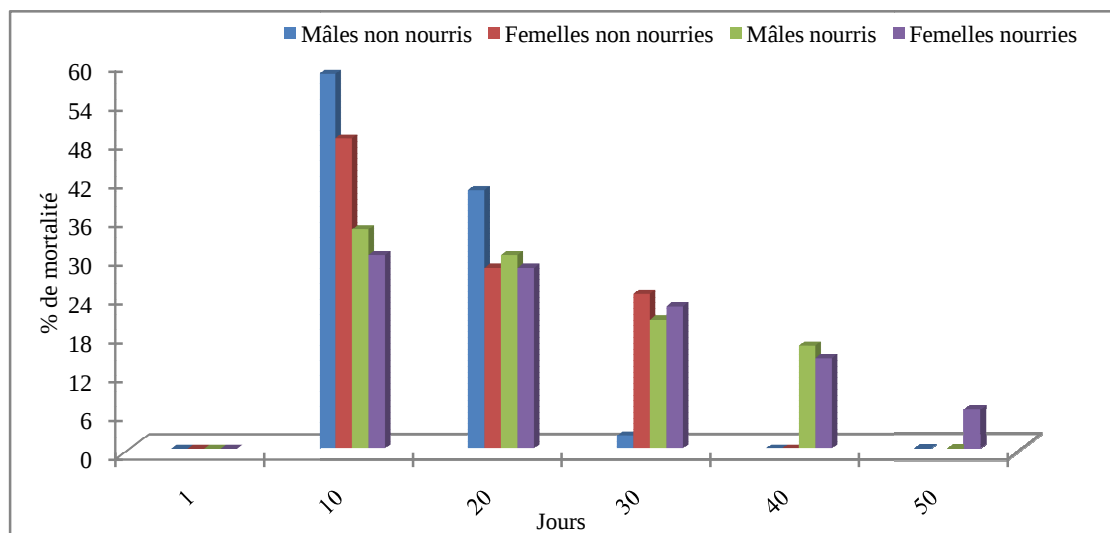


Figure 41 : Longévité des adultes de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 mars 2014

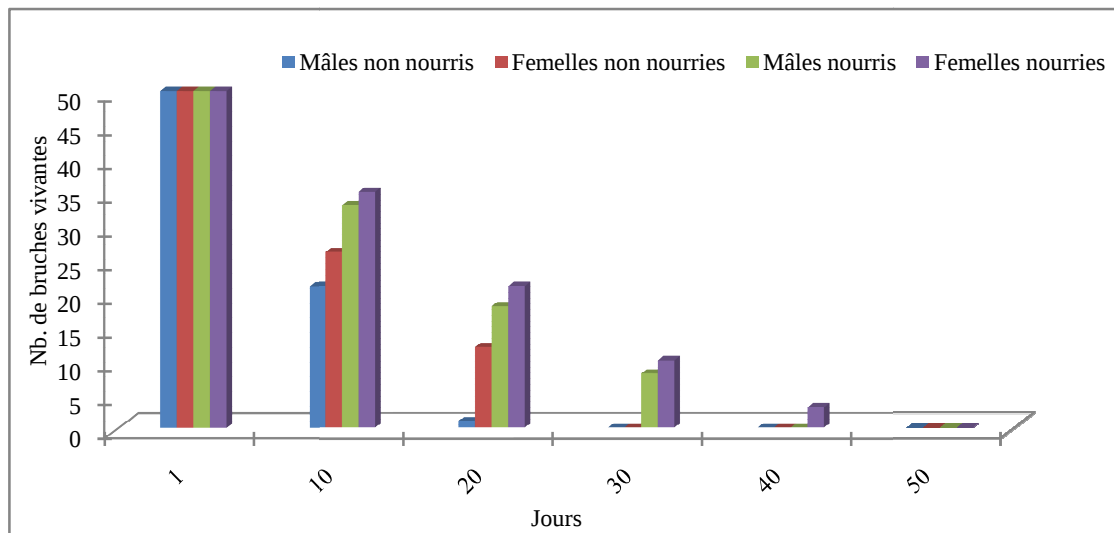


Figure 42 : Mortalité (en %) des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* nourris et non nourris avec du miel émergents le 15 mars 2014

4. Discussion

Les résultats obtenus montrent que la durée de vie des adultes de *B. rufimanus* varie d'un mois à un autre. Nous avons également noté une mortalité irrégulière entre les adultes mâles et les adultes femelles. L'effet du miel comme source trophique sur la longévité de *B. rufimanus* paraît important. Nos résultats montrent globalement que les bruches nourries vivent plus longtemps que celles non nourries, et que les bruches émergées au mois de novembre montrent une longévité plus élevée que celles émergées au mois de décembre et janvier, et celles émergées au mois de février, mars et avril ont une durée de vie plus courte. Ceci nous permet de noter que les bruches qui émergent précocement vivent plus longtemps que celles qui émergent tardivement. Nous constatons que la longévité des adultes de *B. rufimanus* émergents le 1^{er} novembre varie entre 10 et 150 jours pour les adultes mâles et femelles non nourris, et pour les adultes nourris cette longévité varie entre 10 et 180 jours pour les mâles et entre 10 et 210 jours pour les femelles. Les individus émergents le 15 mars ont une longévité variant entre 10 et 30 jours pour les adultes mâles et femelles non nourris, alors que pour les adultes nourris, elle ne dépasse pas 40 jours pour les mâles et 50 jours pour les femelles. Nos résultats corroborent avec ceux de Lardjane-Hamiti (2009) qui rapporte que le miel augmente la durée de vie des adultes de *B. rufimanus* et que la longévité des individus émergents en novembre varie entre 15 et 165 jours pour les adultes non nourris et entre 15 et 210 jours pour les adultes nourris. Ceux qui émergent au mois de mars ont une longévité ne dépassant pas 60 jours pour les adultes non nourris et 90 jours pour les adultes nourris.

Pour Chakir (1998), en absence de toute alimentation, la durée de vie de *B. rufimanus* est faible et la mortalité est importante. La longévité des adultes doit dépendre de leur alimentation, des réserves dont ils disposent à l'éclosion et de l'activité qu'ils manifestent. L'accroissement de la longévité des adultes serait lié à l'alimentation sur miel et/ou sur pollen et nectar.

Les travaux réalisés par Bashir (1988) sur l'alimentation imaginaire des bruches monovoltines pendant la période de diapause indiquent que *Bruchus affinis* consomme du pollen de *Lathyrus pratensis* (Fabacée) avant que sa plante hôte *L. sylvestris* (Fabacée), ne soit en fleur. En ce qui concerne la bruche de la fève *B. rufimanus*, Dupont (1990) constate que pendant l'installation dans les parcelles de féveroles les adultes pourraient visiter les fleurs d'autres espèces végétales telles que *Prunus spinosa* (Rosacée), *Chaerophyllum vulgare* (Ombellifères), *Vicia sepium* (Legumineuses, Papilionacées), en attendant la floraison de leur plante hôte. Le pollen des plantes adventices fournirait aux adultes un apport énergétique important leur permettant de survivre et de se reproduire davantage, surtout lors de l'absence des fleurs de *V. faba*.

Chapitre IV

Bioécologie de *Bruchus rufimanus* dans la région de Tizi-Ouzou

Première partie : Dynamique des populations de *B. rufimanus*

1. Introduction

La colonisation des cultures de fèves *V. faba* se fait par les adultes de *B. rufimanus* à partir des sites d'hivernation comme les écorces d'arbres, les lichens, les anfractuosités du sol et les entrepôts de stockage (Hoffmann et *al.*, 1962 ; Dupont et Huignard, 1990) ou à partir des graines non désinsectisées, qui hébergent encore des bruches vivantes lors du semis (Dupont et Huignard, 1990). Selon ces auteurs, l'accroissement des températures au printemps semble être l'un des principaux facteurs permettant le départ des adultes des sites d'hivernation.

Dans le cadre d'une étude sur les relations spatio-temporelles entre la bruche de la fève *B. rufimanus* et sa plante hôte, il nous semble nécessaire d'étudier tous les stades du cycle de l'espèce et nous avons jugé primordial, dans cette étude, d'examiner les processus d'infestation des fèves au champ par cette bruche. Nous nous proposons ainsi de décrire le déroulement de la colonisation et de l'infestation des gousses par des adultes de *B. rufimanus*.

À travers cette étude, nous pourrions dégager les caractéristiques bioécologiques du ravageur liées aux conditions particulières de nos agrosystèmes et les facteurs susceptibles de favoriser sa dynamique. D'un point de vue pratique, la connaissance de ces facteurs permettra d'entreprendre une lutte appropriée contre ce bio-agresseur.

2. Matériels et méthodes

2.1. Situation géographique des stations d'études

Cette étude a été réalisée dans la région de Tizi-Ouzou en Grande Kabylie (Nord d'Algérie) à 36°42' latitude Nord et 4°13' longitude Est (Figure 43), durant trois années agricoles successives 2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015. Cette étude a été réalisée, pour chaque année agricole, sur deux parcelles de deux variétés de *V. faba* major (Séville et Aguadulce) et une parcelle de *V. faba* minor ou féverole, d'une superficie d'environ 100m² chacune, semées dans la même station, à deux dates différentes (semis étalés dans le temps : parcelles précoces et parcelles tardives) et deux altitudes différentes (basse altitude et altitude). Le choix de ces stations d'étude s'est fait selon l'accessibilité au terrain et l'exposition Est pour l'ensoleillement. Nous signalons aussi que le semis a été réalisé par nous-mêmes, avec l'aide des agriculteurs grâce à des moyens mécaniques.

Les semences de chaque variété proviennent d'un fournisseur commercial de la wilaya de Tizi-Ouzou et ne sont pas « désinsectisées », aucun apport en fertilisant n'a été fourni aux différentes parcelles. Les différentes observations ont été réalisées sur 10 pieds

sélectionnés par la méthode d'échantillonnage complètement aléatoire (CA) au niveau de chaque parcelle.

Les variétés semées dans la même station sont situées à Taboukert, commune localisée dans la Daira de Tizi-Rached, à 20 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou, à une altitude de 200m. Elles sont délimitées au Nord, à l'Est, au Sud et à l'Ouest par des champs de cultures. Le terrain présente une exposition Est et une pente d'environ 30%. Le sol est de type limono-argileux. Le semis de ces variétés a été réalisé le 10 décembre 2012.

Les variétés semées précocement et semées en basse altitude sont localisées aussi dans la Daira de Tizi-Rached à Thala-Toulmouts, sise dans la vallée du Sébaou à 10 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou à une altitude de 100m. Le terrain présente une exposition Est et une pente de 0%. Le sol est de type limono-argileux. Les variétés semées tardivement sont situées à Oued-Aissi distante de 8 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou à une même altitude de 100m. Le sol est de type argileux. Le semis a été fait le 10 novembre 2013 et 10 janvier 2014 respectivement pour les variétés semées précocement et semées tardivement. Les variétés semées en basse altitude et en altitude ont été plantées le 6 décembre 2014.

Les variétés semées en altitude sont exploitées dans la région de Béni-Douala à Tagmount-Azouz, située au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou, à 800m d'altitude, distante de 24km du chef lieu de la wilaya, avec une pente de 30%. Le sol est de type limono-argileux.

L'analyse des types de sol est déterminée par M^r HAMDANI A. (Maître assistant à l'U.M.M.T.O).



Figure 43 : Situation géographique des stations d'étude (Source: Google map, 2015)

2.2. Données climatiques sur la région d'étude

Le climat est un facteur capital dans l'étude de la dynamique des populations. Il intervient sur la physiologie des végétaux, réglant la phénologie des plantes. Ce qui pourrait avoir une influence sur le comportement des insectes.

Les facteurs écologiques, en particulier ceux en rapport avec le climat n'agissent jamais de façon isolée, mais simultanément. L'étude de chacun de ces facteurs représente une approche indispensable pour la compréhension des phénomènes écologiques (Ramade, 2003). Dajoz (2006) rapporte que les êtres vivants ne peuvent se maintenir qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité relative de l'air, de pluviométries et des vents.

La température est l'élément le plus important du climat, étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (Dajoz, 2006). Elle caractérise, avec l'humidité de l'air et le sol, le microclimat du biotope (Turmel et Turmel, 1977). Ce facteur agit directement sur les activités biologiques et écologiques des êtres vivants, il contrôle leur croissance, leur répartition et leur activité locomotrice.

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air (Dreux, 1980). Elle est considérée comme un facteur climatique important, qui ne peut être séparé des autres paramètres qui l'accompagnent telle la température, qui interfèrent sur les organismes vivants (Boussad, 2006). Selon Dajoz (1985), l'humidité a une influence sur la longévité et la vitesse du développement des espèces, sur la fécondité et le comportement.

La pluviométrie constitue un facteur écologique fondamental car elle influe sur l'activité trophique et reproductrice des êtres vivants. Ramade (1990) rapporte qu'en méditerranée le régime des précipitations est hivernal.

Le vent a des propriétés très variables selon son origine, sa vitesse et le milieu dans lequel il souffle (Klein et Sanson, 1925). Selon Seltzer (1946), le vent fait partie des facteurs les plus caractéristiques du climat, sa force est estimée d'après une échelle télégraphique dont les degrés sont les suivants : **0-1** vent calme, **1-2** vent faible, **2-3** vent modéré, **5-6** vent assez fort, **7-8** vent fort, **> 9** vent violent.

Dans la région de Tizi-Ouzou, les vents dominant soufflent depuis l'ouest et parfois de l'ouest-nord-ouest (O.N.M.T.O, 2015)

Les valeurs moyennes mensuelles des températures (°C), précipitations (mm), humidité relative de l'air (%) et vent (m/s) enregistrés pour la région de Tizi-Ouzou, durant les trois années d'étude (d'octobre à septembre 2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015), sont représentées dans le tableau 15 (O.N.M.T.O., 2013, 2014 et 2015)

Tableau 15 : Valeurs moyennes mensuelles des températures (°C), précipitations (mm), humidité relative de l'air (%) et vent (m/s), enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou durant les trois années d'étude (2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015) (O.N.M.T.O., 2013, 2014 et 2015).

	Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
2012/ 2013	T° (°C)	19,2	14,3	11,2	10,6	10,3	13,4	17,5	17,1	23,2	27,5	28,5	24,7
	P (mm)	113,4	143,5	46,1	70,9	146,9	89,9	106,5	151,9	41	1,7	0,2	7,5
	H.R(%)	74	79	76	67	83	78	76	75	75	68	68	69
	V (m/s)	1,0	0,9	1,0	0,2	1,2	0,7	1,1	0,6	1,3	1,8	1,3	1,4
2013/ 2014	T° (°C)	19,6	15,7	13	9	6,5	13,5	15,5	20	22,6	27,7	27,2	23,6
	P (mm)	34,1	156	121	69,5	269,5	97,5	146,8	40,2	27,6	1,8	25,9	25,4
	H.R(%)	74,8	81	81	84	88	81	76	71	71	71	72	75
	V (m/s)	1,1	1,1	0,9	1,5	1,6	2,5	1,8	1,9	1,7	1,8	1,3	1,1
2014/ 2015	T° (°C)	20	16,2	11,9	10,7	8,9	14,2	15,7	17,4	22	26,7	26,9	24,2
	P (mm)	121,3	91,5	52,3	265,3	236,6	122,5	78,1	189,7	0	0,4	14,2	37,8
	H.R(%)	70	79	83	80,3	79,8	72,5	76,1	78	65	64	60	75
	V (m/s)	1,1	1,1	0,9	1,5	1,6	2,5	1,8	1,9	1,7	1,8	1,3	1,1

Le Climagramme d'Emberger permet de situer notre région d'étude dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux. En temps ordinaire, les pluies commencent à tomber à partir des mois de septembre-octobre. Durant les années 2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015 (Tableau 15), la pluviosité annuelle enregistrée dans la région de Tizi-Ouzou est d'environ 919,5mm; 1014,9 et 1209,7mm, respectivement. Cette répartition est irrégulière durant les trois saisons de cultures. Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées en janvier-février pour les trois années d'études (2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015) avec respectivement 10,6 et 10,3 ; 9 et 6,5 ; 10,7 et 8,9°C, tandis que les plus élevées sont notées durant les mois de juillet et août pour les trois années avec 27,5 et 28,5 en 2012/2013; 27,7 et 27,2 en 2013/2014 et 26,7 et 26,9 durant l'année agricole 2014/2015. Les pourcentages d'humidité relative les plus élevés sont notés durant les mois de février et mars en 2012/2013, janvier et février en 2013/2014 et décembre et janvier en 2014/2015, tandis que les plus faibles sont observés aux mois de juillet et août et ce pour les trois années d'études. Les vitesses enregistrées du vent, durant les trois années d'étude, sont faibles à modérées.

Pour les parcelles d'altitude, nous avons extrapolé les valeurs des températures obtenues aux stations de plaines suivant le gradient thermique de Seltzer (1946) (Tableau 16), qui stipule que l'abaissement des températures minimales est de 0,4°C pour 100m d'élévation en altitude, et celui des maximales est de 0,7°C pour la même altitude, ce qui correspond à une diminution de 0,55°C pour les moyennes mensuelles par 100m. Cette méthode permet d'aboutir aux valeurs des températures moyennes pour Béni-Douala après correction des données de la station de Tizi-Ouzou située à 200m d'altitude.

Les formules seront exposées comme suit :

Températures maxi. = tempé. maxi. de Tizi-Ouzou – [(Différence d'altitude x 0,7)]/100

Températures mini.= tempé. mini. de Tizi-Ouzou – [(Différence d'altitude x 0,4)]/100

Températures moy. mensu.=tempé. moy. mensu. de Tizi-Ouzou–[(Différence d'altitude x 0,55)]/100

Les précipitations moyennes de la région de Béni Douala sont aussi corrigées selon la méthode de Seltzer (1946), par rapport à la ville de Tizi-Ouzou (Tableau 16). Cette méthode consiste à déterminer l'augmentation de la pluie selon l'altitude, à partir des courbes d'accroissement de la pluie.

$$N_i = A \times B / X$$

N_i : Valeur à ajouter pour chaque mois.

A : Accroissement de la pluie obtenue par la projection graphique. Nous avons utilisé la courbe d'accroissement de la pluie réalisée par Seltzer (1946) pour l'Algérie (Figure 44).

B : Valeur de précision mensuelle.

X : Total des précipitations de l'année ou de la période.

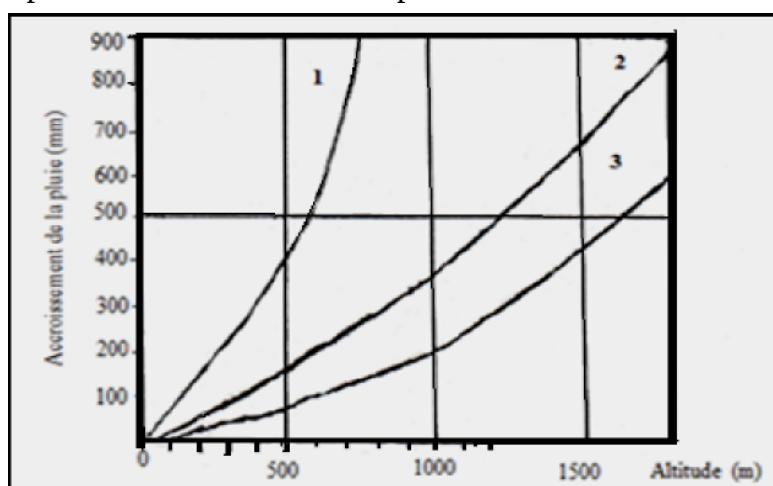


Figure 44 : Courbe d'accroissement de la pluie avec l'altitude (Seltzer, 1946)

Tableau 16 : Valeurs moyennes mensuelles corrigées des températures (°C), précipitations (mm), enregistrées pour la région de Béni-Douala, durant l'année agricole 2014/2015.

Mois		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
2014/	T° (°C)	16,9	12,5	7,9	6,8	5,1	10,3	11,8	13,5	18,1	22,8	23	20,3
2015	P (mm)	121,3	91,5	52,3	265,3	236,6	122,5	78,1	189,7	0	0,4	14,2	37,8

D'après les données corrigées consignées dans le tableau 16, les températures les plus basses surviennent aux mois de décembre, janvier et février avec 7,9 ; 6,8 et 5,1°C respectivement, tandis que les plus élevées sont notées durant les mois de juillet, août et septembre avec 22,8 ; 23 et 20,3°C respectivement. Nous constatons que le mois le plus pluvieux est janvier avec 265,3mm. Le total des précipitations est de 1209,7mm.

Durant les trois années d'étude (2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015), nous n'avons pas noté des chutes de neige dans les stations de plaines, tandis que dans la station d'altitude, nous avons enregistré quatre chutes de neige ; un premier épisode neigeux a eu lieu le 23 janvier 2015 sur une durée de 5 jours, marquée par une épaisseur de 10cm. Le deuxième a été enregistré le 3 février de la même année sur une durée d'une semaine, le manteau neigeux avait de 45 cm d'épaisseur. La troisième période neigeuse a été signalée le 24 février du même mois, sa durée est estimée à 48 heures avec épaisseur de 10cm. La dernière période neigeuse n'a durée que 24 heures le 13 mars 2015, l'épaisseur de la neige n'ayant pas dépassée 15cm.

2.3. Choix des pieds de fèves : Méthode d'échantillonnage

Pour les enquêtes par échantillonnage, la première façon de constituer l'échantillon consiste à choisir une à une et indépendamment les une des autres, chacune des unités (les pieds de fève) qui seront observées, en donnant à toutes les unités de la population des chances égales d'être choisis. La constitution d'échantillon de ce type peut être réalisée en numérotant, de façon continue toutes les unités de la population et en choisissant « au hasard » le nombre voulu de numéros, par tirage au sort.

Pour assurer le caractère aléatoire et simple du prélèvement d'un échantillon à l'aide de tables de nombre aléatoires (méthode des nombres aléatoires), on associe tout d'abord à chaque individu de la population, un ou plusieurs groupes de chiffre. On lit ensuite les nombres figurant dans la table, à partir d'un point de départ et dans un ordre arbitrairement choisi, et on inclut dans l'échantillon les individus, dont les numéros apparaissent ainsi (Dagnelie, 1992).

2.4. Observations aux champs

2.4.1. Suivi de la phénologie de la plante hôte

La phénologie de la plante *V. faba* est suivie depuis la période végétative jusqu'à la récolte des graines. L'unité d'échantillonnage est la tige. La méthode d'échantillonnage est complètement aléatoire (CA). Elle consiste à relever 10 tiges de chaque parcelle par une seule tige par pied de fève échantillonné, afin de suivre une fois par semaines, leur croissance et leur nombre d'inflorescences. Ces tiges sont marquées, repérées par un piquet et des banderoles et individualisées lors de la prise des données (Figure 45).



Figure 45: Marquage des dix tiges de *V. faba* (Originale, 2013)

2.4.2. Suivi de l'activité du ravageur *B. rufimanus*

La capture des adultes de *B. rufimanus* présents dans les parcelles est effectuée le matin avant que les températures ne dépassent 15°C, ce seuil correspond à la température d'activité imaginale de l'insecte. Les adultes sont recherchés à vue au niveau des fleurs, des feuilles, des cornets foliaires et d'autres parties de la plante et par l'utilisation d'un filet fauchoir pour les individus qui se déplacent à la cime des plants et en vol, en faisant des mouvements de va et vient selon un transect donné sur chaque parcelle d'étude. Les relevés ont lieu une fois par semaine durant toute la période de la colonisation ; ensuite les bruches seront dénombrées et « sexées » au laboratoire sous une loupe binoculaire.

2.4.3. Suivi de l'activité de ponte des femelles de *B. rufimanus*

La période de ponte de *B. rufimanus* sur les gousses de *V. faba* se déroule durant toute la phase de fructification de la plante hôte. À chaque date d'observation du début de la ponte à la récolte, dix gousses issues des premières inflorescences, situées à la base des tiges (gousses âgées) et dix gousses formées tardivement à partir des dernières inflorescences situées en haut des tiges (gousses jeunes), sont prélevées au hasard sur dix tiges de fève et féverole en parcourant chacune des parcelles toute en évitant les tiges marquées. Les gousses âgées (strate basse) et les gousses jeunes (strate haute) sont observées sous une loupe binoculaire pour dénombrer les œufs sur les péricarpes et mesurées ensuite à l'aide d'une règle graduée (en cm).

À chaque observation, il n'est pas possible de différencier les œufs déposés le jour même et ceux déposés précédemment. Nous avons donc opté pour une analyse cumulative des pontes. Ainsi, au cours du suivi, un certain nombre d'œufs peuvent se décoller du péricarpe de la gousse après la pluie, ou être détruits par les prédateurs. Le suivi de l'évolution de la ponte est effectué en fonction du temps, du nombre d'adultes et de la taille des gousses.

2.4.4. Analyse statistique

Pour savoir s'il existe ou non de différences significatives entre les différentes variétés de fèves et la féverole étudiées vis-à-vis des populations de *B. rufimanus*, ainsi que l'infestation des gousses, nous avons eu recours à une analyse de la variance (ANOVA) au seuil 5%, à trois critères de classification. Cette dernière est complétée par le test de Newman et Keuls pour définir les groupes homogènes, si nécessaire (logiciel Stat-box version 6.4). Le test d'ANOVA consiste en des méthodes de comparaison de moyennes de plusieurs populations, supposées de distribution normale à variance égale, résultant d'échantillons aléatoires simples et indépendants les uns des autres (Dagnelie, 1973). Quant au test de Newman et Keuls, le principe est de dégager les groupes homogènes au sein des populations étudiées. Il est basé essentiellement sur les plus petites différences significatives (PPDS) entre les moyennes obtenues. Selon Dagnelie (1975), au seuil de signification $\alpha = 0,05$,

si la probabilité calculée (P) est :

$P > 0,05 \rightarrow$ les variables étudiées montrent une différence non significative ;

$0,01 < P \leq 0,05 \rightarrow$ les variables montrent une différence significative ;

$0,001 < P \leq 0,01 \rightarrow$ les variables montrent une différence hautement significative ;

$P \leq 0,001 \rightarrow$ les variables montrent une différence très hautement significative.

3. Résultats

3.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

3.1.1. Année agricole 2012/2013

Dix semaines environ après le semis, réalisé le 10 décembre 2012, les tiges de la parcelle à variété Séville, Aguadulce et la parcelle à féverole ont atteint une hauteur moyenne respective de $16 \pm 3,2$ cm, $8,3 \pm 2,3$ cm et $13 \pm 2,1$ cm (Figure 46). Nous constatons que la croissance des tiges est progressive jusqu'à atteindre un maximum moyen de $41,1 \pm 7,1$ cm et $42,0 \pm 6,4$ cm, enregistré les 11 et 25 avril respectivement pour la Variété Séville et la féverole, une moyenne maximale de $31,1 \pm 6,7$ cm est enregistrée pour l'Aguadulce, notée le 2 mai. Après ces observations, la croissance des tiges se stabilise.

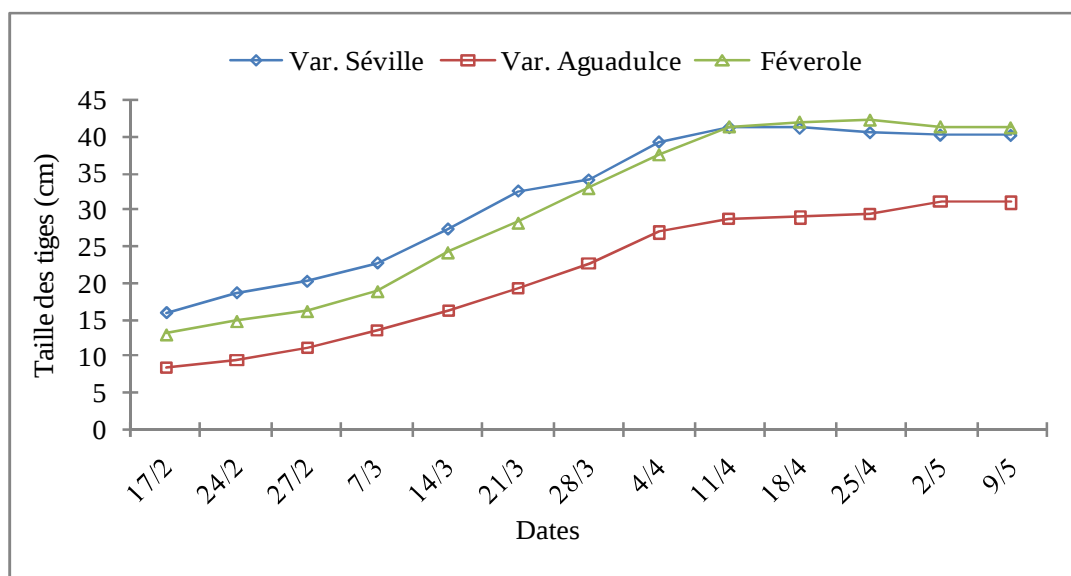


Figure 46 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées pour les trois parcelles d'étude durant l'année agricole 2012/2013

3.1.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes)

3.1.2.1. Variétés semées précocement

Deux mois et 12 jours après le semis réalisé le 10 novembre 2013, la taille moyenne des tiges a atteint $29,9 \pm 8,67$ cm, $38,75 \pm 6,85$ cm et $37,9 \pm 7,17$ cm respectivement pour les fèves de variété Séville, Aguadulce et la féverole, observée le 22 janvier. La taille maximale moyenne est observée durant la première semaine du mois de mai pour la variété Séville avec $128,7 \pm 12,15$ cm et quatrième semaine du mois d'avril pour l'Aguadulce et la féverole avec $132,3 \pm 13,83$ cm et $150,6 \pm 15,26$ cm en moyenne, respectivement. Nos résultats montrent que la croissance des tiges est progressive à partir du 18 mars, par la suite elle se stabilise à partir du 22 avril (Figure 47a).

3.1.2.2. Variétés semées tardivement

Trois mois environ après le semis réalisé le 1^{er} janvier 2014, les tiges ont atteint une taille moyenne de $27,1 \pm 5$ cm, $36,45 \pm 2,39$ cm et $38,3 \pm 6,83$ cm, respectivement pour les fèves de variété Séville, Aguadulce et la féverole, noté le 8 avril. Cette taille moyenne s'accroît progressivement pour atteindre un maximum de $66,9 \pm 12,05$ cm le 6 mai pour la variété Séville, $68,15 \pm 8,9$ cm le 27 mai pour l'Aguadulce et $84,6 \pm 10,27$ cm le 20 mai pour la féverole. A partir de ces dates, nous observons une stabilisation de la croissance des tiges (Figure 47b).

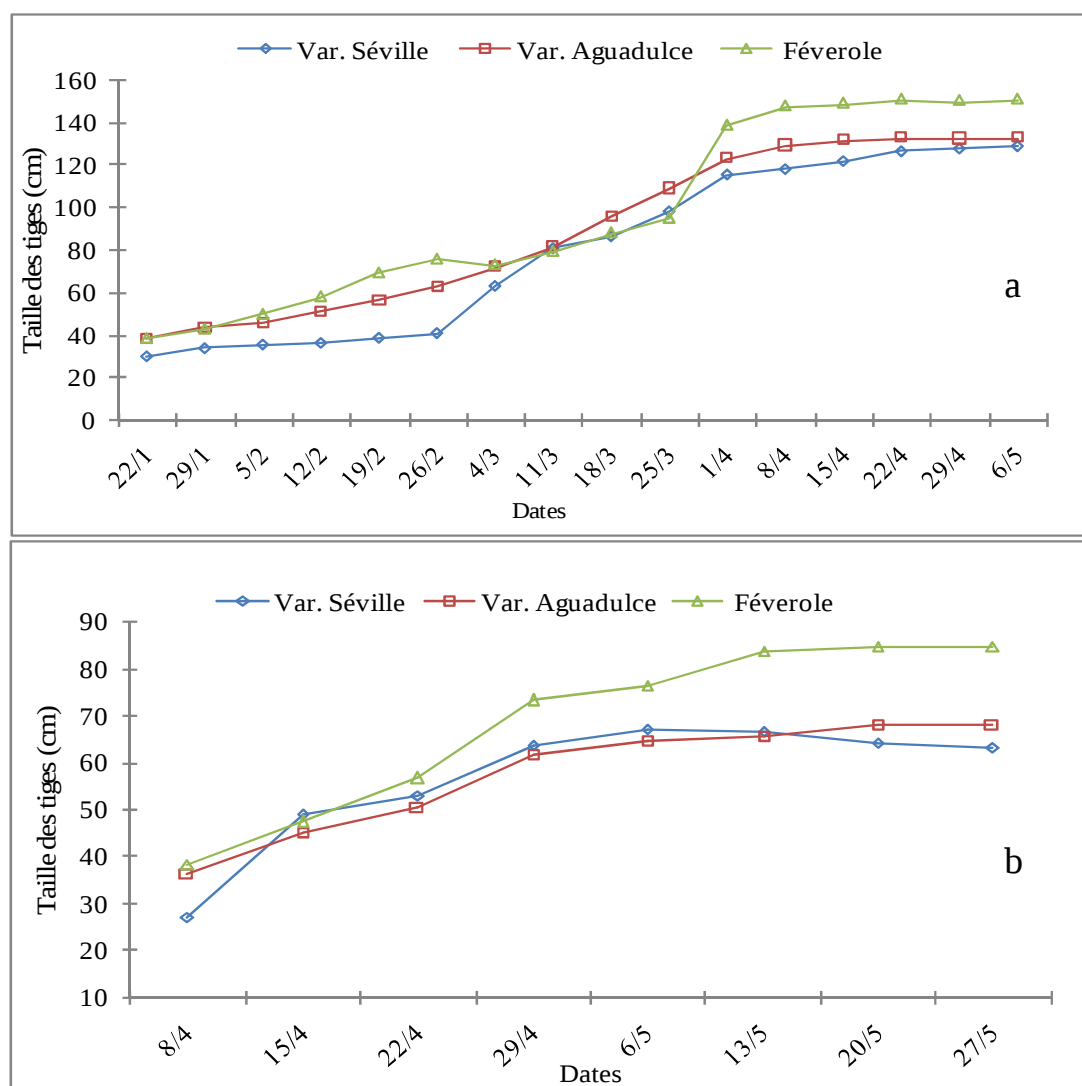


Figure 47 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées durant l'année agricole 2013/2014. **a** : variétés semées précocement ; **b** : variétés semées tardivement

3.1.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes)

3.1.3.1. Variétés semées en basse altitude

Neuf semaines après le semis réalisé le 06 décembre 2014, les tiges ont atteint une hauteur moyenne de $28,4 \pm 4,1$ cm, $31,9 \pm 2,7$ cm et $51,9 \pm 4,6$ respectivement sur les parcelles à variété Séville, Aguadulce et féverole. Nous constatons que la croissance des tiges est progressive, jusqu'à ce qu'elle atteigne son maximum moyen de $115,6 \pm 13,1$ cm pour la Séville observée le 19 mai, $110,6 \pm 12,2$ cm pour l'Aguadulce le 28 avril et 137 ± 19 cm pour la féverole le 19 mai. Après ces dates, la croissance des tiges se stabilise (Figure 48a).

3.1.3.2. Variétés semées en altitude

Environ 11 semaines après le semi, les tiges ont atteint une hauteur moyenne de $14,8 \pm 2,7$ cm pour la variété Séville, $10,4 \pm 1,2$ cm pour l'Aguadulce et $16,5 \pm 2,3$ cm pour la féverole, notées respectivement le 3 mars. Nous remarquons aussi que, la croissance de ces tiges est progressive, elles atteignent leurs maximums respectifs de $59,5 \pm 8,7$ cm, $60,1 \pm 5,2$ cm et $88,1 \pm 3,4$ cm pour la variété Séville, Aguadulce et la féverole, le 9 juin (Figure 48b).

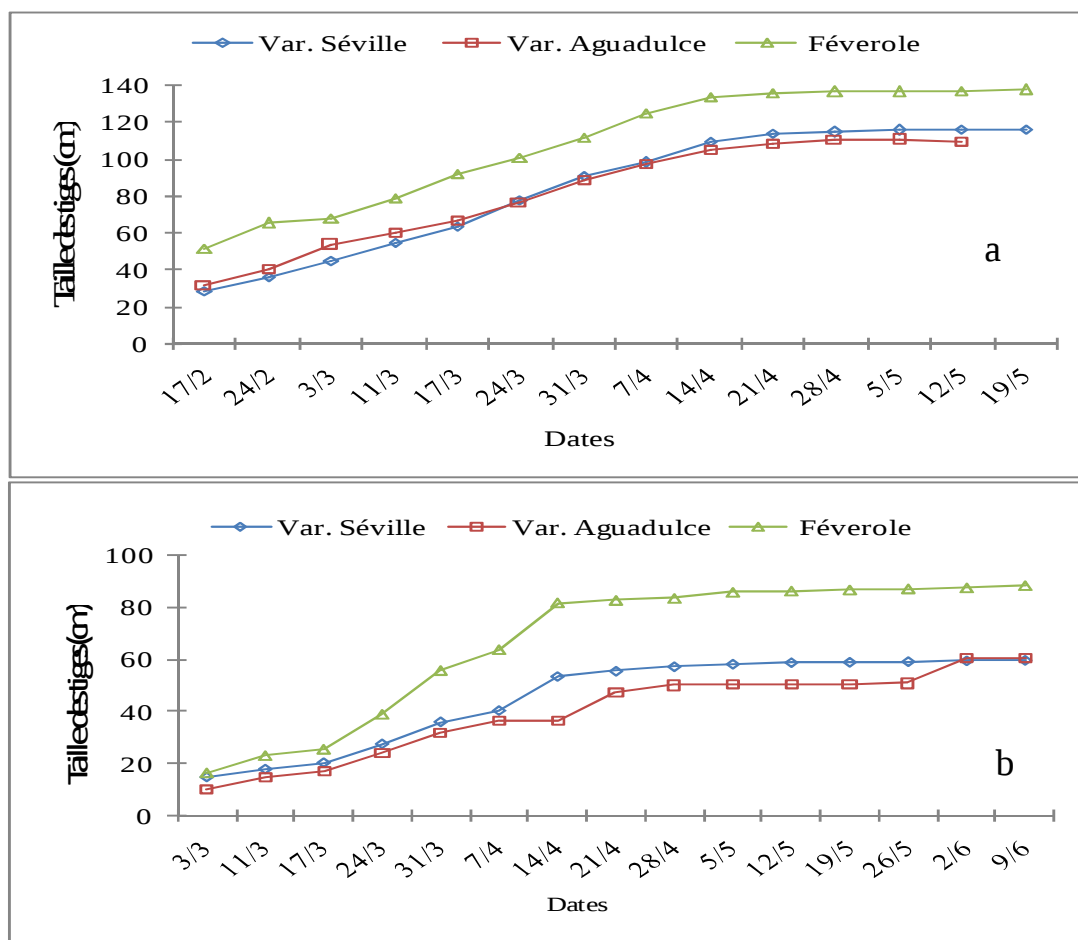


Figure 48 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées durant l'année agricole 2014/2015. **a** : parcelles semées en basse altitude ; **b** : parcelles semées en altitude

3.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de floraison de la plante hôte *V. faba*

3.2.1. Année agricole 2012/2013

3.2.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Dans la parcelle de fève de variété Séville, les premières fleurs sont apparues vers la fin février où nous avons observé $0,7 \pm 0,6$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 14 mars avec $4,5 \pm 0,8$ inflorescences par tige, ce nombre régresse progressivement pour s'annuler durant la 2^{ème} semaine du mois d'avril. La floraison de la fève s'est échelonnée sur un mois et 5 jours (Figure 49a).

L'arrivée des adultes de *B. rufimanus* dans cette parcelle a été tardive, les premières bruches sont capturées le 14 mars, à deux semaines environ après le début de floraison. À cette date, la photophase est de 9h58 mn, alors que la température moyenne journalière est de $16,80^{\circ}\text{C}$. Cette apparition coïncide avec le maximum d'inflorescences qui leur sert de substrat trophique. Nous avons capturé durant cette journée un total de 14 adultes, dont 10 sont des mâles. L'effectif maximal est noté le 28 mars avec 31 bruches ; 17 mâles et 14 femelles, ce qui coïncide avec le début de formation des gousses qui leur sert de substrat de ponte, à cette date la longueur du jour est de 10h 20 mn avec une température moyenne journalière de $13,80^{\circ}\text{C}$. Dans cette parcelle nous avons capturé un total de 84 bruches, dont 54 sont des mâles (Sexe ratio = 0,64). A partir du 18 avril, nous avons observé une absence totale des adultes sur la parcelle (Figure 49a).

3.2.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Dans cette parcelle, la floraison de la fève s'est échelonnée sur un mois et 4 jours. Elle a débuté à la première semaine du mois de mars, avec une moyenne de $0,4 \pm 0,7$ inflorescences par tige. La pleine floraison est atteinte le 28 mars avec $4,3 \pm 1,0$ inflorescences. A partir de cette date, le nombre moyen d'inflorescences diminue progressivement en raison de la formation des gousses et s'annule durant la 3^{ème} semaine du mois d'avril (Figure 49b).

La colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* a été tardive également dans cette parcelle, les premières bruches sont capturées le 14 mars avec 2 individus ; un mâle et une femelle, une semaine après le début de floraison. Ce nombre croît pour atteindre un pic de 21 mâles et 16 femelles le 28 mars, ce qui coïncide avec la pleine floraison et le début de formation des gousses. A cette date, la photopériode est de 10h20mn avec une température moyenne journalière de $13,80^{\circ}\text{C}$. Le nombre de bruches décroît de plus en plus ; 9 individus sont capturés le 4 avril, 4 individus le 11 avril et un seul individu est capturé le 18 du même

mois. Un total de 61 adultes est comptabilisé, dont 33 des mâles (Sexe ratio=0,54). A partir du 25 avril, aucune bruche n'a été observée ou capturée (Figure 49b).

3.2.1.3 Parcelle de la féverole

La période de floraison s'échelonne sur cinq semaines environ. Elle a débuté, comme la variété Aguadulce, le 7 mars avec une moyenne de $0,5 \pm 0,7$ inflorescences par tige. La pleine floraison est observée le 21 mars avec une moyenne de $4,3 \pm 0,6$ inflorescences (Figure 11d). Ce nombre diminue progressivement pour s'annuler durant la deuxième semaine du mois d'avril, lors de la formation des gousses (Figure 49c).

La colonisation des adultes de *B. rufimanus* pour cette parcelle a commencé le 14 mars avec 2 individus mâles, avec une photopériode de 9h58mn et une température moyenne journalière de $16,8^{\circ}\text{C}$. L'effectif maximum est noté, comme dans les deux variétés précédentes, le 28 mars avec 25 bruches, dont 14 mâles. Ce pic coïncide avec le début de la fructification. La présence des fleurs de *V. faba* et les conditions climatiques favorables, notamment les températures ambiantes, favorisent l'activité des bruches. Dans la parcelle, nous avons capturé 26 mâles sur un total de 47 bruches (sexe ratio=0,55). A partir du 25 avril, nous avons observé une absence totale des adultes (Figure 49c).

L'analyse de la variance effectuée afin de déterminer l'effet des variétés et la différence entre les mâles et les femelles de *B. rufimanus* dans la colonisation des parcelles, révèle un effet hautement significative ($P=0,0057$). Les adultes présentent une activité élevée avec un nombre important pour les mâles sur la variété Séville ($P=0,0031$), classée dans le groupe (a) selon le test de Newman et Keuls, suivie de l'Aguadulce (ab), la féverole est moins visitée (b). Nous signalons que, l'effet de l'interaction est révélé non significatif ($P=0,228$) (Tableau 17).

Tableau 17: Résultat de l'ANOVA de l'effet des deux facteurs étudiés «Variétés » et « Sexes » sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2012/2013.

Facteurs	Niveau	Moyenne± écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Séville Aguadulce Féverole	$1,75 \pm 0,72$ (a) $1,27 \pm 0,51$ (ab) $0,98 \pm 0,44$ (b)	10,74	2	5,37	4,78	0,0057**
Sexes	Mâles Femelles	$1,52 \pm 0,52$ (a) $1,04 \pm 0,52$ (b)	11,02	1	11,02	9,81	0,0031**

S.C.E : Somme des carrés et des écarts ;

DDL : Degré de liberté ;

Proba. : Probabilité ;

C.M._f : Carré moyen factoriel

F : Fonction calculé de Fisher-Snedecor

** : Effet hautement significatif au seuil 5%.

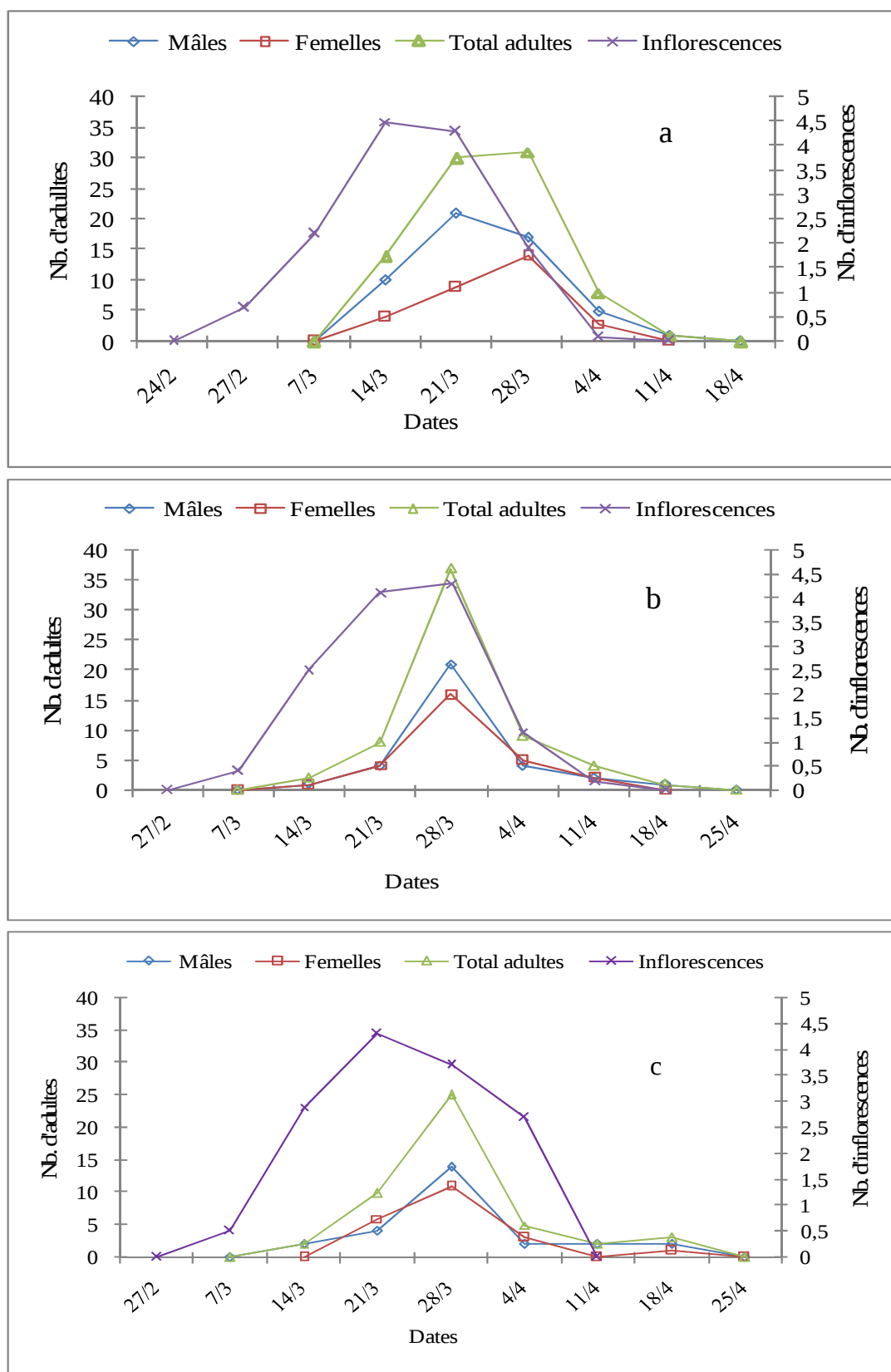


Figure 49 : Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de *V. faba* durant l'année 2013
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

3.2.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes)

3.2.2.1. Variétés semées précocement

3.2.2.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

La floraison a débuté le 29 janvier 2014 avec une seule inflorescence par tige en moyenne. La pleine floraison est observée le 18 mars avec une moyenne de $5,5 \pm 1,17$ inflorescences. À partir de cette date, le nombre moyen d'inflorescences diminue progressivement pour s'annuler à partir du 08 avril. La période de floraison s'échelonne sur neuf semaines environ (Figure 50a).

Les premiers adultes de *B. rufimanus* sont observés dans la parcelle le 4 mars avec 1 couple d'individus, soit un mois environ après la floraison. Le nombre maximum d'adultes capturés est noté le 25 mars avec 14 couples d'individus, ce qui correspond à un nombre important d'inflorescences. A partir du 29 avril nous avons observé une absence de femelles dans la parcelle et la présence de deux mâles, c'est à partir du 6 mai que ces derniers sont absents dans cette culture. Dans cette parcelle, nous avons capturé au total 83 adultes dont 42 sont des mâles (sexe ratio=0,51) (Figure 50a).

3.2.2.1.2 Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les premiers bouquets floraux sont apparus le 26 février, date où nous avons observé $1,6 \pm 1,71$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 25 mars avec $5,3 \pm 1,7$ inflorescences, ce nombre régresse progressivement et s'annule durant la deuxième semaine du mois d'avril. Dans cette parcelle, la floraison s'échelonne sur environ un mois et demi (du 26 février au 08 avril) (Figure 50b).

La présence des adultes de *B. rufimanus* est observée dans la parcelle le 22 janvier, avec un seul individu femelle durant la période de végétation de la plante hôte, lorsque la température diurne est de $8,6^{\circ}\text{C}$. Après cette date aucune bruche n'a été observée et capturée jusqu'au 11 mars, où nous avons capturé 5 individus, dont 3 femelles. Le maximum d'adultes capturés est noté le 1^{er} avril avec 54 individus, dont 29 femelles. À cette date la température moyenne diurne est de $16,5^{\circ}\text{C}$. Par ailleurs, nous remarquons qu'après les premières dates de la colonisation de la parcelle par les femelles, les mâles arrivent en masses sur la culture (soit 47 jours après) et engendrant la dominance avec 54 individus mâles au total (sex-ratio=0,55). Une absence totale des adultes dans la parcelle est notée à partir du 6 mai (Figure 50b).

3.2.2.1.3. Parcelle de la féverole

La floraison débute le 26 février avec une moyenne de $0,2 \pm 0,63$ inflorescences, ce nombre augmente pour atteindre un pic moyen de $7,3 \pm 1,94$ inflorescences le 25 mars. A partir de cette date le nombre d'inflorescences diminue progressivement, à partir de la troisième semaine du mois d'avril aucune fleur n'a été observée. Dans cette parcelle, la floraison s'est étalée sur environ 50 jours (Figure 50c).

Les premières bruches sont capturées dans la parcelle le 4 mars avec 2 individus mâles, soit une semaine après le début de floraison. L'arrivée des femelles coïncide avec le maximum d'inflorescences avec 5 individus. Un mois environ après le début de la floraison la colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* est importante, l'effectif maximal est noté le 15 avril avec 30 individus, dont 18 mâles, ensuite le nombre d'individu diminue et s'annule durant la 3^{ème} semaine du mois de mai. Dans cette parcelle, le nombre de mâles capturés est plus important par rapport aux femelles (sex-ratio=0,63) (Figure 50c).

3.2.2.2. Variétés semées tardivement

3.2.2.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les premières fleurs sont apparues le 15 avril avec $1,9 \pm 1$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 22 avril avec $3,7 \pm 1,76$ inflorescences. Ce nombre régresse progressivement et s'annule à partir du 6 mai (Figure 51a).

Les premiers adultes de *B. rufimanus* sont observés le 8 avril avec 3 individus, dont 2 mâles, soit une semaine avant la floraison de la plante hôte *V. faba*. Le nombre maximum d'adultes capturés est noté le 22 avril, ce qui correspond à un maximum d'inflorescences, avec 4 mâles et 8 femelles. A partir de cette date ce nombre diminue et nous notons l'absence totale d'adultes à la date du 6 mai. Dans cette parcelle, nous avons comptabilisé au total 18 individus, dont 10 mâles (sex-ratio=0,55) (Figure 51a).

3.2.2.2.2 Parcelle de fève de la variété Aguadulce

La floraison a débuté le 8 avril par $2,4 \pm 0,5$ inflorescences en moyen. La pleine floraison est atteinte le 15 avril avec $4,8 \pm 1,03$ inflorescences. Ce nombre régresse progressivement et s'annule durant la première semaine du mois de mai. La période de floraison s'échelonne sur environ 20 jours (du 8 au 29 avril) (Figure 51b).

La colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* est observée le 22 avril avec 20 individus dont 14 mâles, ce sont ces derniers qui arrivent en premier sur la parcelle,

lorsque la température diurne est de 15,7°C. À la date du 22 avril, nous avons noté un nombre important d'inflorescences. Les deux sexes sont présents dans la parcelle avec un nombre plus important de mâles (sex-ratio=0,73). A partir du 13 mai, nous avons noté une absence totale des bruches dans la parcelle (Figure 51b).

3.2.2.2.3. Parcelle de la féverole

Les premières fleurs sont apparues le 15 avril avec un nombre moyen d'inflorescences de $1,9 \pm 0,3$. Ce nombre atteint son moyen maximum le 22 avril avec $3,4 \pm 1,3$ inflorescences et régresse progressivement pour s'annuler à partir du 13 mai. La période de floraison dans cette parcelle coïncide avec celle des autres parcelles (20 jours) (Figure 51c).

L'arrivée des adultes de *B. rufimanus* dans la parcelle a lieu le 22 avril avec 7 individus (4 mâles et 3 femelles), une semaine après la floraison de *V. faba*. L'effectif maximal est noté le 6 mai avec 13 individus, dont 11 mâles. Ce nombre s'annule une semaine après (13 mai). Nous avons trouvé au total 23 adultes dans cette parcelle, dont 17 mâles (sex-ratio=0,74) (Figure 51c).

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif du facteur « écart de semis » des deux variétés de fèves et la féverole sur l'activité des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* ($P=0,000$). Les adultes présentent une activité élevée sur les variétés semées précocement, classées dans le groupe (a) selon le test de Newman et Keuls. Les deux autres facteurs (Variété et sexe) ne manifestent aucun effet sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* ($P=0,400$ et $P=0,181$, respectivement) (Tableau 18).

Tableau 18: Résultats de l'ANOVA de l'effet des facteurs étudiés «variétés » et « dates de semis » sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2013/2014.

Facteurs	Niveau	Moyenne± écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Séville	1,55±2,93	35,07	2	17,53	0,93	0,4000
	Aguadulce	2,58±5,63					
	Féverole	2,22±3,71					
Sexes	Mâles	2,53±4,63	33,33	1	33,33	1,76	0,1822
	Femelles	1,70±3,80					
Dates de semis	Précoce	3,45±5,54 (a)	341,33	1	341,33	18,03	0,0001***
	Tardive	0,78±2,27 (b)					

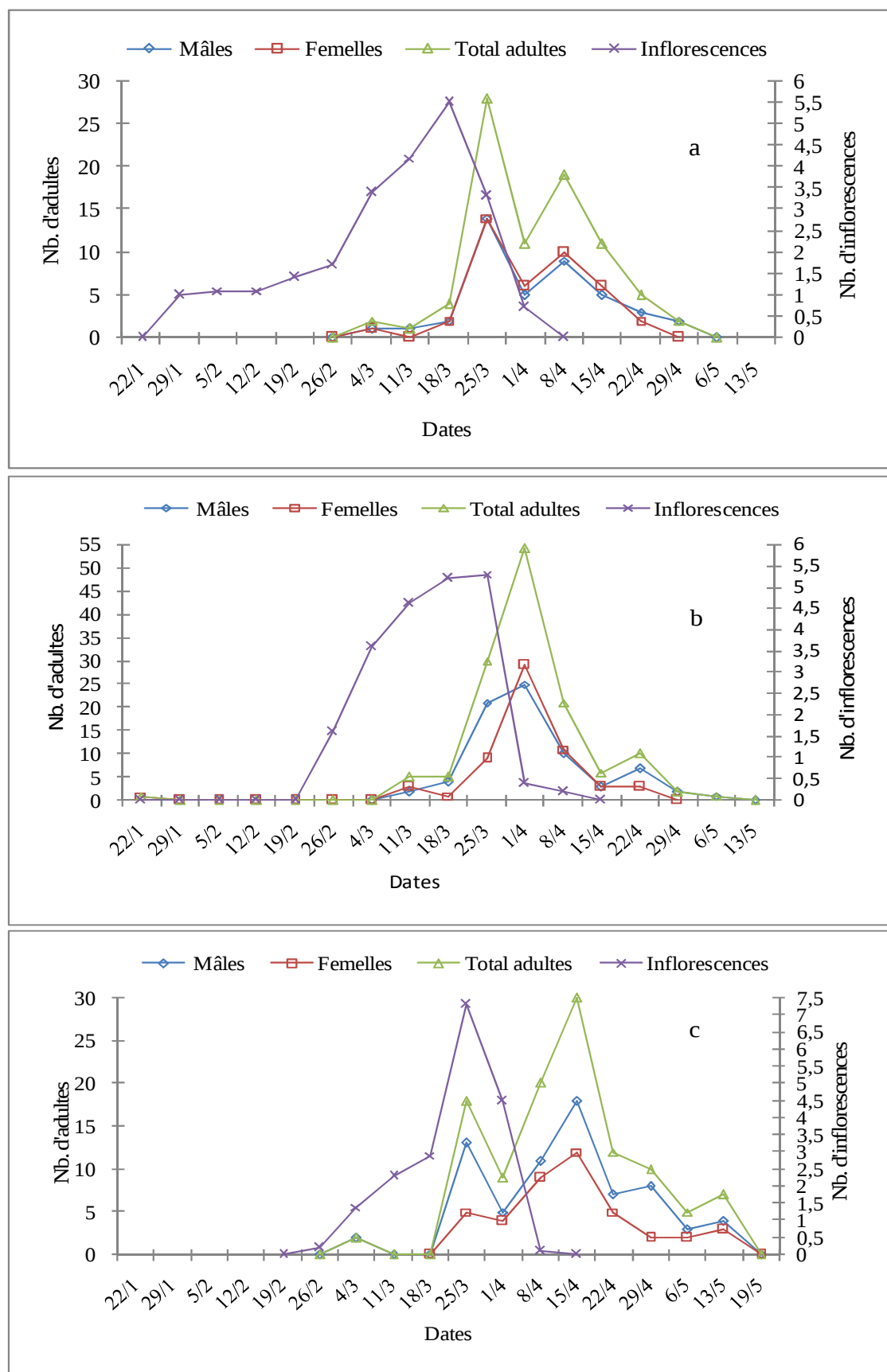


Figure 50 : Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de *V. faba* semées précocement durant l'année 2014
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce c : Féverole

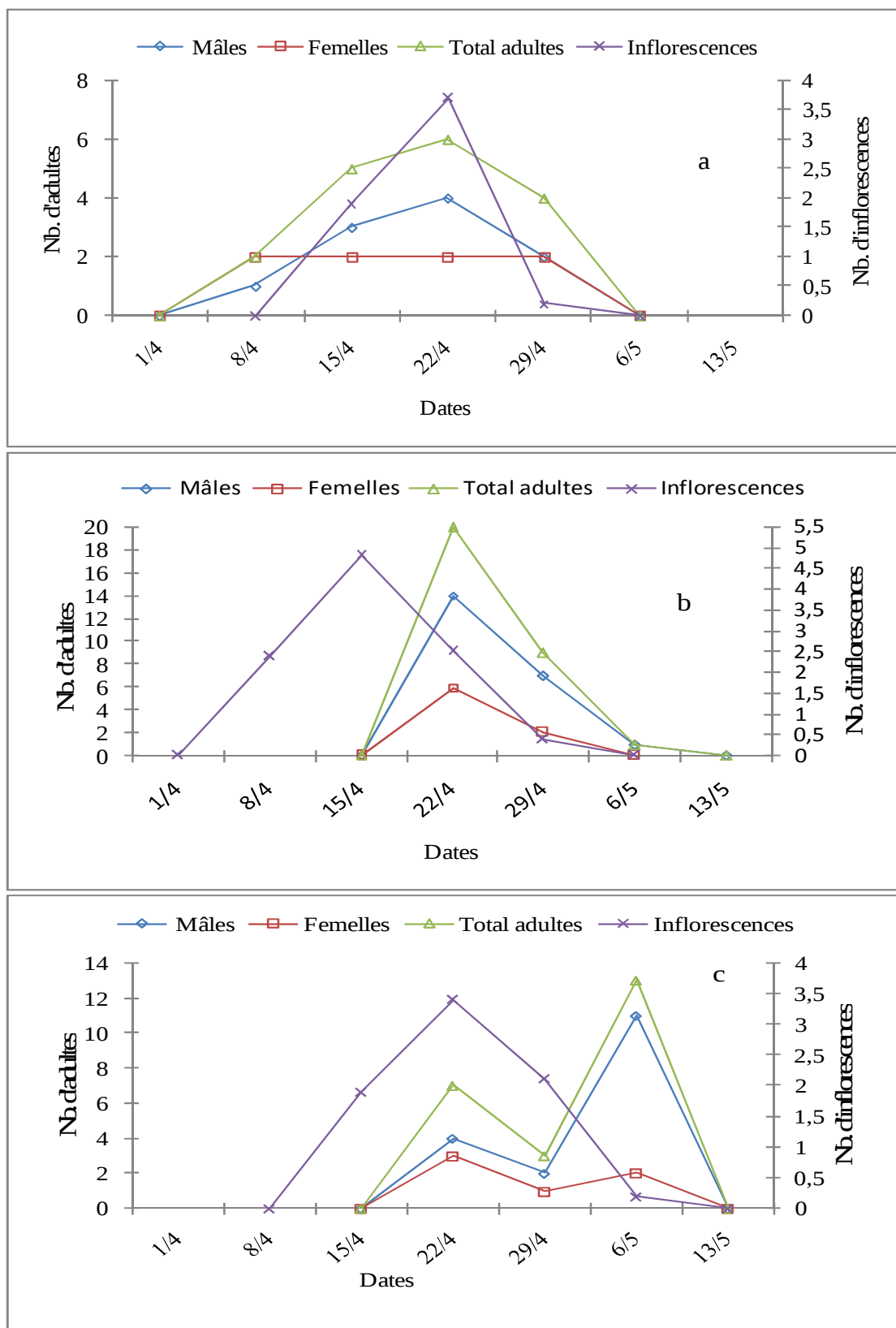


Figure 51 : Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de *V. faba* semées tardivement durant l'année 2014
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

3.2.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes)

3.2.3.1. Variétés semées en basse altitude

3.2.3.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les premières fleurs sont apparues le 24 février, où nous avons observé $0,1 \pm 0,03$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 24 mars avec $4,7 \pm 1,1$ inflorescences par tige, ce nombre régresse progressivement et s'annule à partir du 24 avril. La floraison de la fève s'est échelonnée sur un mois et 12 jours (Figure 52a).

L'arrivée des premiers adultes de *B. rufimanus* est observée le 24 mars, à quatre semaines environ après l'apparition des premières fleurs. À cette date, la photophase est de 12h18mn, alors que la température moyenne journalière est de $14,4^{\circ}\text{C}$. Cette apparition coïncide avec le maximum d'inflorescences. Nous avons capturé durant cette journée 11 adultes dont 8 sont des mâles. Par ailleurs, pendant le mois d'avril, le nombre d'adultes capturés est important malgré la fin de la floraison, ce qui est probablement lié à la disponibilité d'autres ressources trophiques (fleurs d'autres plantes adventices). L'effectif maximal est noté le 14 avril avec 44 bruches (27 mâles et 17 femelles). Ce nombre important d'adultes est sans doute lié aux conditions climatiques favorables durant cette journée, où nous avons noté une température moyenne de $18,5^{\circ}\text{C}$ et une photopériode de 13h06mn ainsi qu'une absence de pluie avec un vent modéré. Cette période coïncide avec le début de formation des gousses. Le nombre d'adultes capturés décroît progressivement pour atteindre 2 individus mâles vers la fin du mois d'avril malgré les conditions thermiques et hygrométriques favorables ($18,2^{\circ}\text{C}$ et 76,1%). Dans cette parcelle, nous avons capturé un total de 115 bruches, dont 74 mâles (Sexe ratio=0,64). A partir du 12 mai, nous notons une absence totale des bruches dans la parcelle (Figure 52a).

3.2.3.1.2. Parcelle de la fève de la variété Aguadulce

Les premiers bouquets floraux sont apparus vers la fin du mois de février, où nous avons observé $0,2 \pm 1,8$ inflorescences par tige en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 24 mars avec $3,8 \pm 1,6$ inflorescences. Ce nombre régresse progressivement pour s'annuler le 14 avril. La floraison de la fève s'est échelonnée sur six semaines environ (Figure 52b).

Les premières bruches sont capturées le 10 mars avec 2 individus femelles, une semaine après le début de floraison. Ce nombre augmente pour atteindre un pic de 15 individus (8 mâles et 7 femelles) le 14 avril, lorsque la température moyenne journalière est

de l'ordre de 18,5°C avec une photopériode de 13h06mn. Ce pic coïncide avec la fin de floraison et la période de pleine fructification de la plante. A partir de cette date, le nombre de bruches diminue de plus en plus jusqu'au 5 mai, date à laquelle seulement un seul individu capturé ensuite aucune bruche n'a été observée ou capturée dans la parcelle, où nous avons comptabilisé au total 57 adultes, dont 30 mâles (Sexe ratio=0,53) (Figure 52b).

3.2.3.1.3. Parcelle de la féverole

La floraison a débuté vers la deuxième semaine du mois de mars avec une moyenne de $1,6 \pm 1,2$ inflorescences par tige. La pleine floraison est observée le 24 mars avec $4,5 \pm 1,1$ inflorescences. À partir de cette date, le nombre moyen d'inflorescences diminue progressivement en raison de la formation des gousses. L'absence totale d'inflorescences a été notée durant la deuxième semaine du mois d'avril. Sur cette parcelle, la floraison de la fève s'est échelonnée sur 1 mois environ (Figure 52c).

La colonisation de cette parcelle par les adultes de *B. rufimanus* est observée le 10 mars avec un seul individu mâle capturé, à la même date de floraison. Ce nombre augmente pour atteindre un pic de 12 mâles et 3 femelles notés le 14 avril, ce qui coïncide avec la pleine floraison, en effet, celle-ci leur sert comme substrat trophique alors que le début de la formation des gousses leur sert comme substrat de ponte. A cette date la photopériode est de 13h06 mn avec une température moyenne journalière de 18,5°C. Le 21 avril le nombre de bruche diminue de plus en plus, 12 individus sont capturés, dont 11 mâles, 9 individus sont capturés le 28 du même mois et un seul individu femelle est capturé le 5 mai. Nous avons comptabilisé 73 adultes au total sur cette parcelle, dont 50 mâles (Sex-ratio=0,68) (Figure 52c).

3.2.3.2. Variétés semées en altitude

3.2.3.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les premiers bouquets floraux sont observés le 24 mars avec $0,7 \pm 0,6$ inflorescences en moyenne par tige échantillonnée, soit un mois après leur apparition en basse altitude. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum le 07 avril avec $3,3 \pm 1,6$ inflorescences et diminue progressivement pour s'annuler au cours de la dernière semaine du même mois, en raison de la formation des gousses. La durée de floraison dans cette parcelle est d'environ un mois (Figure 53a).

L'apparition des adultes de *B. rufimanus* sur cette parcelle s'est réalisée à la même date du 24 mars que la parcelle semée en basse altitude avec un total de 9 mâles et 7 femelles qui constitue un premier pic d'infestation à une température moyenne de 10,55°C. Un

deuxième pic de bruches capturés est noté le 07 avril avec 16 individus (9 mâles et 7 femelles). Cependant, à cette date, la température enregistrée est assez basse (5,75 °C). Un regroupement de bruches sur les fleurs encore disponible a été noté. A partir de cette date, les adultes commencent à se raréfier ; au delà du 26 mai aucun adulte n'a été capturé dans la parcelle, ce qui est probablement dû à l'absence des fleurs. Nous avons comptabilisé un total de 73 individus dans cette parcelle. Le sexe ratio est de 0,67 en faveur des mâles (Figure 53a).

3.2.3.2.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Au même jour du 24 mars de la pleine floraison de la parcelle semée en basse altitude, nous avons observé l'apparition des premières fleurs sur la parcelle d'altitude avec une moyenne de $0,1 \pm 0,01$ inflorescences. Le maximum est atteint le 07 avril avec $3 \pm 1,1$ inflorescences. La période de floraison s'étend sur quatre semaines (Figure 53b).

L'arrivée des premières bruches coïncide avec l'apparition des premières fleurs, le 24 mars avec un pic de 14 individus (8 mâles et 6 femelles), sous une température moyenne de 10,55°C, avec une photopériode de 12h et 18mn. La présence des adultes diminue, par la suite, avant d'enregistrer un autre pic le 21 avril avec 10 individus (7 mâles et 3 femelles). A partir de cette date, le nombre d'adultes régresse progressivement et s'annule à partir du 26 mai. Un total de 61 adultes a été comptabilisé sur cette parcelle, dont 35 mâles (sex-ratio=0,57) (Figure 53b).

3.2.3.2.3. Parcelle de la féverole

Les premiers bouquets floraux sont observés le 31 mars avec une moyenne de $0,6 \pm 0,1$ inflorescences par tige. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum le 7 avril avec $2,2 \pm 0,2$ inflorescences. La durée de floraison dans cette parcelle est plus courte que celle de basse altitude, elle est de trois semaines uniquement (Figure 53c).

L'apparition des adultes de *B. rufimanus* dans cette parcelle est notée le 17 mars avec un seul mâle et une seule femelle, pendant la période végétative de la plante hôte *V. faba* (avant la floraison). Le maximum de bruches capturées est noté le 24 mars, avant la floraison, avec 27 individus, dont 18 mâles. A cette date la photopériode est de 12h 18 mn, sous une température moyenne journalière de 10,55°C. A partir de cette date, le nombre de bruches capturées fluctue, nous avons observé 19 adultes (17 mâles et 2 femelles) le 12 mai, 10 individus (8 mâles et 2 femelles) le 19 mai, malgré l'absence des fleurs. À partir du 26 mai, aucun adulte n'a été capturé ni observé. Nous avons comptabilisé un total de 106 individus, dont 76 mâles (Sex-ratio=0,72) (Figure 53c).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif du facteur « sexe » des deux variétés de fèves et la féverole sur la dynamique des populations de *B. rufimanus* ($P=0,0075$) (Tableau 19). Les adultes mâles présentent une activité élevée par rapport aux adultes femelles sur les différentes variétés, classées dans le groupe (a) selon le test de Newman et Keuls. Les deux autres facteurs (variété et altitude) ne manifestent aucun effet sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* ($P=0,2267$ et $P=0,9398$, respectivement).

Tableau 19: Résultats de l'ANOVA de l'effet des facteurs étudiées « Variétés » et « Altitude » sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2014/2015.

Facteurs	Niveau	Moyenne± écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Séville	3,61±5,38	57,23	2	28,61	1,493	0,2267
	Aguadulce	2,23±2,69					
	Féverole	3,38±4,22					
Sexes	Mâles	4,02±5,19 (a)	140,41	1	140,41	7,324	0,0075**
	Femelles	2,12±2,98 (b)					
Altitude	Basse	3,10±4,89	0,103	1	0,103	0,005	0,9398
	Haute	3,05±3,44					

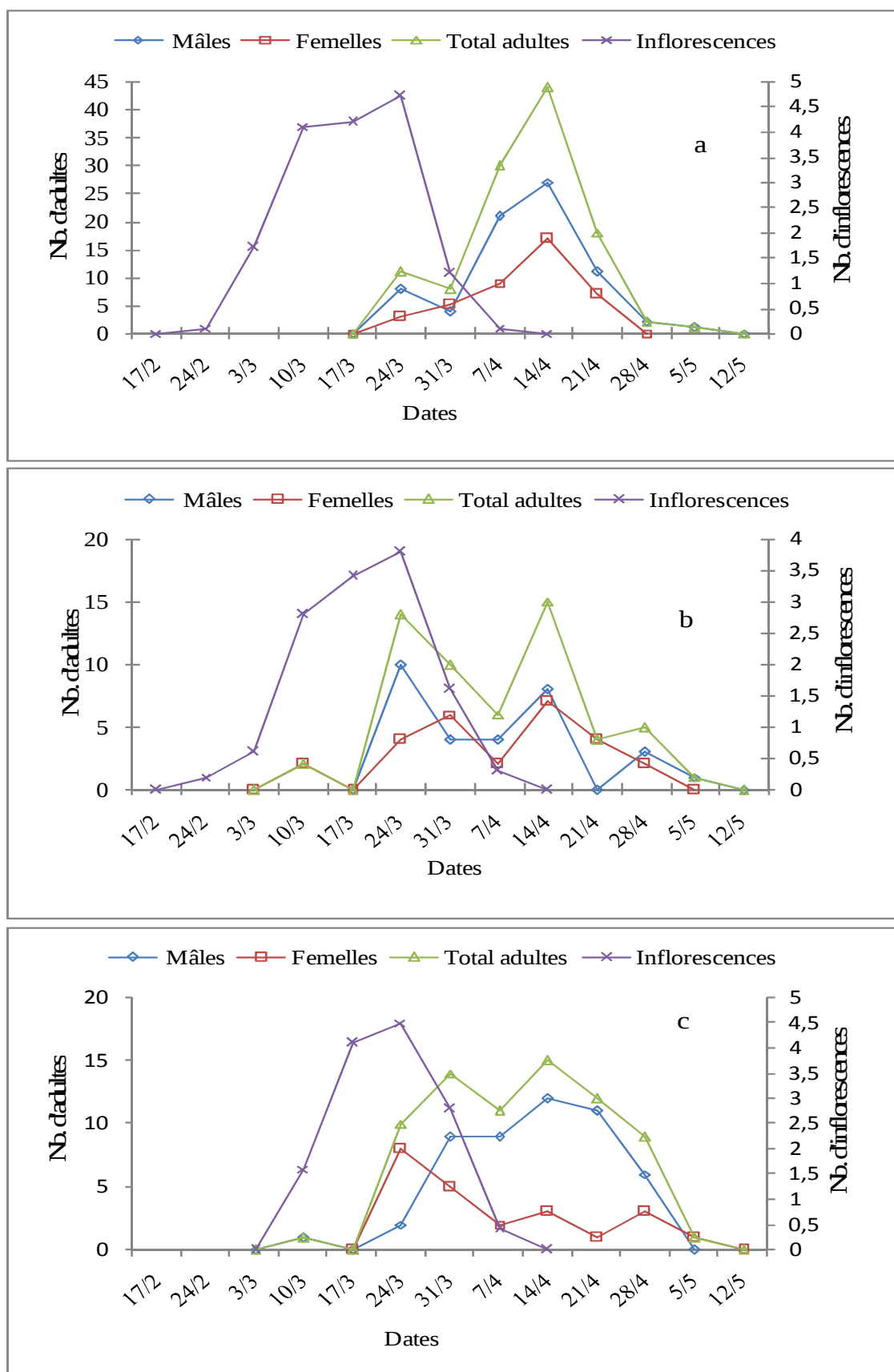


Figure 52 : Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de *V. faba* semées en basse altitude
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

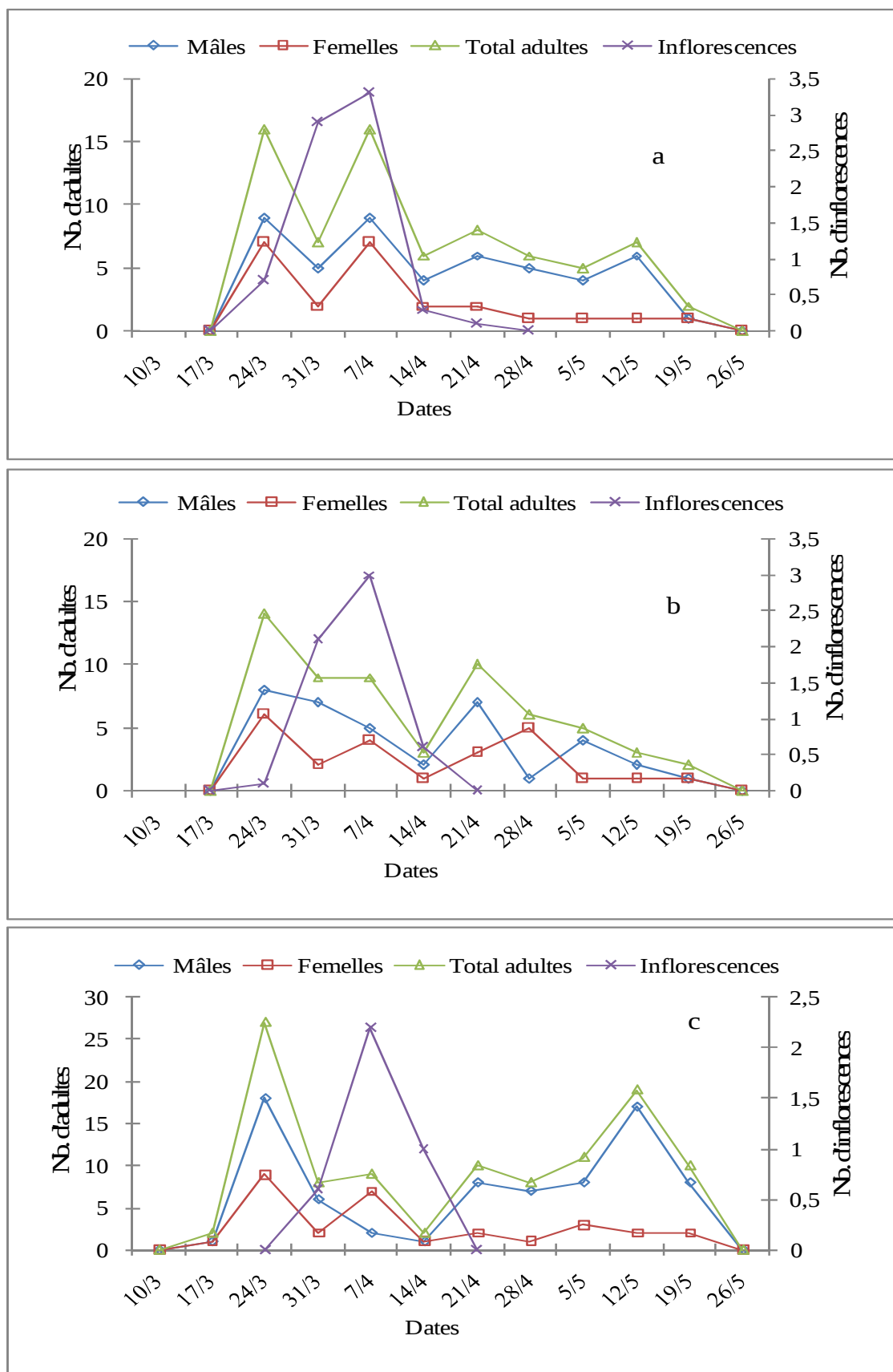


Figure 53 : Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences des variétés de *V. faba* semées en altitude
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

3.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses des différentes variétés

3.3.1. Année agricole 2012/2013

3.3.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

La taille moyenne des gousses âgées issues des premières inflorescences est observée le 21 mars, elle est de $3,6 \pm 0,9$ cm de longueur, puis elle augmente pour atteindre un maximum de $13,7 \pm 2,5$ cm le 25 avril. Les gousses jeunes (issues des dernières inflorescences) atteignent une longueur de $8,7 \pm 3,1$ cm en moyenne le 11 avril. Cette croissance augmente pour atteindre un pic de $12,0 \pm 2,7$ cm en moyenne le 9 mai (Figure 54a et 55a).

La ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* a commencé le 28 mars pour les gousses âgées et le 18 avril pour les gousses jeunes, avec respectivement $2,1 \pm 2,5$ et $2,2 \pm 2,6$ œufs par gousses, déposés sur 70% de gousses échantillonnées. Le maximum d'œufs est atteint le 4 avril pour les gousses de la strate basse avec $2,4 \pm 1,9$ œufs, déposés sur 90% de gousses. Pour la strate haute, le pic de la ponte est observé le 18 avril. La fin de l'oviposition est observée le 9 et 24 mai pour la strate basse et haute, respectivement. Dans cette parcelle, la ponte s'étend sur un mois et 4 jours pour la strate basse où nous avons comptabilisé un total de 77 œufs, et 4 semaines pour la strate haute avec 40 œufs (Figure 54a et 55a).

3.3.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les gousses de la strate basse (gousses âgées) ont une taille moyenne de $3,1 \pm 0,8$ cm le 21 mars, cette taille atteint un maximum de $18 \pm 1,7$ cm le 9 mai. Les gousses de la strate supérieure (gousses jeunes) ont une taille de $8,3 \pm 3,3$ cm notée le 18 avril, le maximum de $17,5 \pm 2,6$ cm en moyenne est noté le 9 mai (Figure 54b et 55b).

Les femelles ont commencé à pondre leurs œufs sur les gousses âgées et les gousses jeunes, avec respectivement $0,7 \pm 1,3$ œufs/gousse, où 3 gousses sur 10 sont infestées et $1,5 \pm 1,8$ œufs/gousse déposés sur 50% de gousses échantillonnées, le 28 mars et 18 avril. Le nombre d'œufs pondus augmente progressivement pour atteindre un maximum de $2,7 \pm 1,7$ œufs/gousse sur les gousses inférieures, où 100% des gousses sont infestées, observé le 11 avril. Le nombre moyen d'œufs par gousse diminue à partir du 18 avril. Une légère augmentation est observée le 16 mai avec $1,4 \pm 2,5$ œufs/gousse et s'annule le 24 mai à raison du dessèchement des gousses. Sur les gousses supérieures, la ponte régresse à partir du 18 avril jusqu'au 16 mai, où nous avons noté une légère augmentation avant qu'elle ne régresse à nouveau. Sur un total de 138 œufs pondus dans cette parcelle, seulement 45 œufs sont déposés sur les gousses jeunes (Figure 54b et 55b).

3.3.1.3. Parcelle de la féverole

Une longueur moyenne de $2,4 \pm 0,2$ cm est observée sur les gousses âgées notée le 21 mars. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $6,7 \pm 0,8$ cm en moyenne le 18 avril. Les gousses de la strate haute sont observées le 11 avril avec une longueur moyenne de $5,2 \pm 2,8$ cm. Leur croissance continue pour atteindre un maximum de $6,3 \pm 1,1$ cm le 16 mai (Figure 54c et 55c).

Les gousses âgées ont commencé à recevoir les œufs le 28 mars, date où nous avons noté une densité moyenne de $0,1 \pm 0,3$ œufs/gousse, 1 gousse seulement sur 10 est infestée, 1 semaine après l'arrivée des adultes femelles sur la culture. Le maximum de ponte est observé le 11 avril avec $1,1 \pm 1,0$ œufs/gousse comptabilisés sur 60% des gousses échantillonnées, lorsqu'elles mesurent $6,3 \pm 1,3$ cm en moyenne. Cette densité diminue légèrement durant la troisième semaine du mois d'avril et s'annule le 25 mai. Sur les gousses jeunes, les premières pontes sont observées le 18 avril avec une densité moyenne de $0,9 \pm 0,8$ œufs/gousse, lorsqu'elles mesurent $6,2 \pm 1,2$ cm en moyenne, 6 gousses sur 10 sont infestées. Le maximum d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* est de $1,1 \pm 1,0$ œufs/gousse lorsque la taille moyenne des gousses a atteint $5,7 \pm 2,3$ cm (6 gousses sur 10 sont infestées) noté le 2 mai. La densité moyenne des œufs diminue légèrement et s'annule le 24 mai. Dans cette parcelle, l'oviposition a duré un mois et 15 jours environ, où nous avons comptabilisé un total de 94 œufs dont 50 sont déposés sur les gousses de la strate basse (Figure 54c et 55c).

L'analyse de la variance a révélé que les variétés de *V. faba* agissent de façon significative sur le comportement de ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* ($P=0,0363$). La variété Aguadulce est plus attaquée, elle est classée par le test Newman et Keuls dans le groupe (a), suivie par la variété Séville (ab). La féverole est moins infestée, elle est classée dans le groupe (b). Cependant, le taux d'infestation des gousses n'est pas significativement différent entre les deux strates (Tableau 20).

Tableau 20 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de *V. faba* étudiées sur la ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* sur les deux strates de gousses de l'année agricole 2012/2013.

Facteur	Niveau	Moyenne $\pm$ écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Aguadulce Séville féverole	$1,38 \pm 0,78$ (a) $1,17 \pm 0,90$ (ab) $0,91 \pm 0,42$ (c)	11,67	3	3,89	3,26	0,0363*
Strates	Basse Haute	$0,92 \pm 0,72$ $0,54 \pm 0,60$	1,72	1	1,72	3,60	0,0613

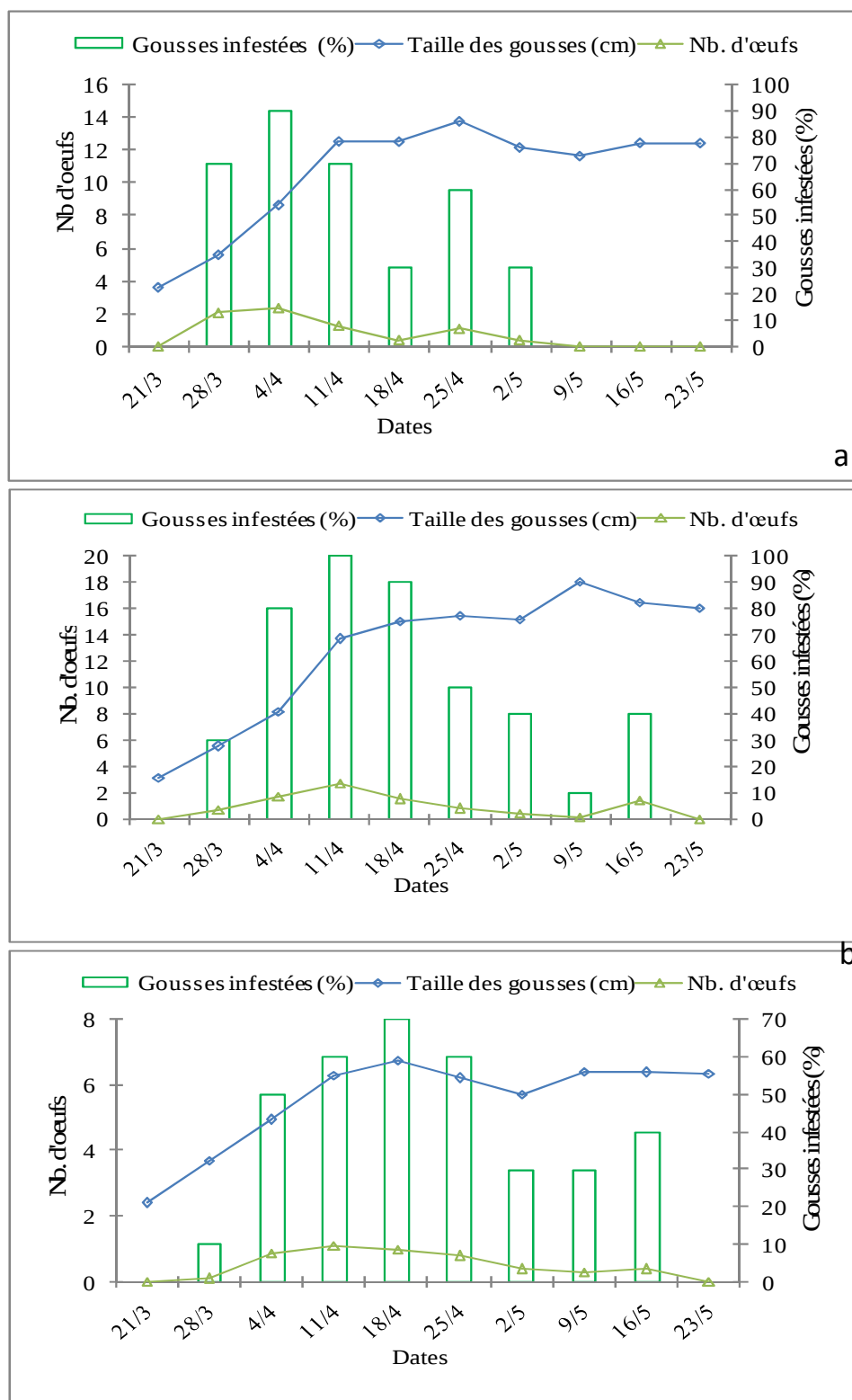


Figure 54 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées de *V. faba* durant l'année 2013
a : Variété Séville ; **b :** Variété Aguadulce ; **c :** Féverole

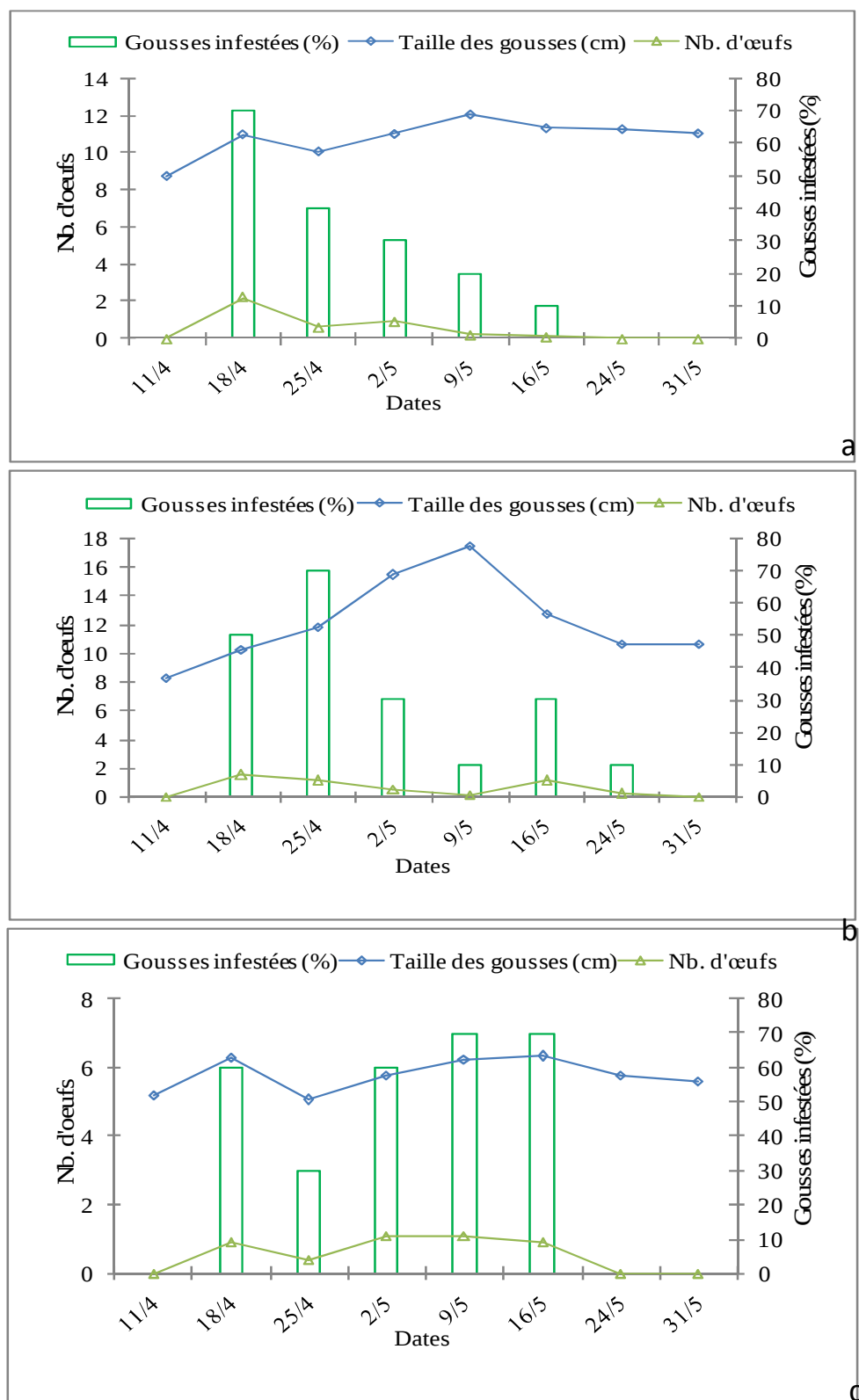


Figure 55 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses jeunes de *V. faba* durant l'année 2013

a : Variété Séville ; **b :** Variété Aguadulce ; **c :** Féverole

3.3.2. Année agricole 2013/2014 (variétés semées à deux dates différentes)

3.3.2.1. Variétés semées précocement

3.3.2.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Nous avons observé le 24 mars, des gousses de la strate basse mesurant en moyenne $4,1 \pm 1,3$ cm de longueur. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $15,2 \pm 1,6$ cm en moyenne le 6 mai. Les gousses de la strate haute sont apparues le 15 avril avec une longueur moyenne de $4,6 \pm 1,7$ cm. Leurs croissances continuent pour atteindre un maximum de $15,7 \pm 2,7$ cm en moyenne le 13 mai (Figure 56a et 57a).

Les premières pontes sur les gousses âgées et les gousses jeunes ont été notées les 1^{er} et 22 avril avec $0,2 \pm 0,4$ et $0,6 \pm 0,1$ œufs par gousse échantillonnée, respectivement. Le premier pic de ponte des œufs est observé le 22 avril pour la strate basse, avec $2,7 \pm 2$ œufs, où 8 gousses sur 10 sont infestées. Ce nombre d'œufs régresse jusqu'au 6 mai. À la dernière semaine du mois de mai, nous avons enregistré un autre pic plus important que le premier avec $3,1 \pm 0,4$ œufs déposés sur 100% des gousses échantillonnées. Sur la strate haute, le 29 avril nous avons observé un seul pic avec $2 \pm 1,5$ œufs. Dans cette parcelle, la période de ponte s'étale sur environ 2 mois sur les gousses âgées, où nous avons comptabilisé 157 œufs, et un mois et 5 jours sur les gousses jeunes avec 70 œufs (Figure 56a et 57a).

3.3.2.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les gousses issues des premières inflorescences ont une taille moyenne de $8,7 \pm 2,3$ cm le 24 mars. Cette taille augmente d'une façon progressive pour atteindre un maximum de $19,3 \pm 4,7$ cm le 13 mai, une légère diminution est observée à partir du 20 mai. La taille des gousses issues des dernières inflorescences augmente d'une façon progressive pour atteindre un maximum de $13,8 \pm 3,1$ cm en moyenne le 27 mai (Figure 56b et 57b).

Durant cette saison, les premières pontes ont été observées à la même date que dans la parcelle de variété Séville, avec une moyenne de $0,8 \pm 0,9$ œufs pour les gousses âgées et $0,9 \pm 1,1$ œufs pour les gousses jeunes, déposés sur 20% et 30% des gousses échantillonnées respectivement. Ce nombre augmente progressivement pour atteindre un maximum respectif de $3 \pm 0,7$ et $4 \pm 1,7$ œufs sur les gousses âgées et gousses jeunes, notés le 13 mai et 27 mai, où 70% et 100% des gousses échantillonnées sont infestées. L'oviposition a duré environ deux mois dans cette parcelle. Le nombre total d'œufs pondus sur les gousses, durant toute cette saison est de 198 œufs. Parmi ces œufs pondus dénombrés, 110 sont déposés sur les gousses âgées (Figure 56b et 57b).

3.3.2.1.3. Parcelle de la féverole

Le 24 mars la taille des gousses âgées mesure en moyenne $4,8 \pm 1,9$ cm. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre son maximum de $8,6 \pm 1,3$ cm en moyenne le 29 avril, où les gousses de la strate supérieure (gousses jeunes) sont échantillonnées avec une longueur de $5,9 \pm 1,3$ cm, dont la valeur maximale est observée le 20 mai avec $7,1 \pm 2,1$ cm en moyenne (Figure 56c et 57c).

Les premières œufs sur les gousses âgées ont été déposés à la même date du 1^{er} avril pour les deux parcelles à variété Séville et Aguadulce, tandis que l'apparition des premières ponte sur les gousses jeunes est observée le 29, du même mois avec $1,2 \pm 0,3$ œufs par gousses en moyenne. Le maximum d'œufs sur les gousses âgées est observé le 15 avril avec $2,4 \pm 1,1$ œufs/gousse, déposés sur 70% des gousses échantillonnées. Cependant, le maximum d'œufs émis sur les gousses jeunes est noté le 13 mai avec $1,7 \pm 0,1$ œufs par gousse, déposés sur 50% des gousses prélevées. Dans cette parcelle, la ponte s'étend sur 2 mois environ sur les gousses âgées et 1 mois sur les gousses jeunes, où nous avons comptabilisé un total de 164 œufs, dont 112 pondus sur les gousses âgées (Figure 56c et 57c).

3.3.2.2. Variétés semées tardivement

3.3.2.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les gousses de la strate basse et de la strate haute mesurent en moyenne $6,8 \pm 1,7$ cm et $8,3 \pm 2,5$ cm de longueur le 29 avril et 13 mai respectivement. La taille moyenne de ces gousses augmente pour atteindre un maximum de $10,4 \pm 2,1$ cm et $9,3 \pm 2,4$ cm pour la strate basse et haute le 20 mai (Figure 58a et 59a).

Les adultes femelles de *B. rufimanus* ont émis leurs premiers œufs sur les gousses âgées le 22 avril avec une moyenne de $0,3 \pm 0,1$ œufs par gousse échantillonnée, dont 2 gousses sur 10 sont infestées. Ce nombre atteint un maximum de $1,8 \pm 1$ œufs par gousse le 29 avril et commence à diminuer à partir du 6 mai. Pour les gousses jeunes les premières pontes sont notées le 6 mai avec une moyenne de $0,1 \pm 0,01$ œufs par gousse, pondus sur 10% des gousses échantillonnées. Ce nombre atteint un maximum de $0,4 \pm 0,1$ œufs par gousse le 13 mai. Le nombre d'œufs pondus commence à régresser à partir du 20 mai. L'oviposition a duré 35 et 20 jours sur la strate basse et strate haute, respectivement. Au total 49 œufs a été pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur cette parcelle, dont 41 sont déposés sur les gousses âgées (Figure 58a et 59a).

3.3.2.2.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

La taille des gousses âgées et les gousses jeunes mesurent en moyenne $7,4 \pm 0,8$ cm et $8 \pm 0,7$ cm notées respectivement les 22 avril et 6 mai. Leurs tailles moyennes respectives augmentent d'une façon progressive pour atteindre un maximum de $14,5 \pm 4$ cm et $10,7 \pm 7$, notées le 13 et 20 mai (Figure 58b et 59b).

Les premières pontes sont observées avec une moyenne de $3,3 \pm 0,8$ œufs/gousse pour les gousses âgées, déposés sur 90% des gousses ramassées, et $0,7 \pm 0,2$ œufs pour les gousses jeunes, émis sur 60% des gousses, comme la variété Séville le 22 avril et 6 mai respectivement. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum de $3,6 \pm 1,6$ œufs, observés le 29 avril pour les gousses âgées et $0,7 \pm 0,3$ œufs en moyenne, observés le 6 mai pour les gousses jeunes. Durant cette saison, la durée de l'oviposition pour la variété Aguadulce est similaire à celle de la variété Séville pour les deux strates (35 et 20 jours). Le nombre total d'œufs pondus sur les gousses durant toute cette saison est de 126 œufs, dont 114 déposés sur les gousses âgées et seulement 12 sur les gousses jeunes (Figure 58b et 59b).

3.3.2.2.3. Parcelle de la féverole

Les gousses de la strate basse issues des premières inflorescences sont observées le 15 avril et mesurent en moyenne $3,1 \pm 0,7$ cm. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $7,8 \pm 0,7$ cm en moyenne le 13 mai. Les gousses de la strate haute issues des dernières inflorescences ont une longueur moyenne de $3,6 \pm 1,8$ cm le 29 avril. Leur croissance continue pour atteindre un maximum de $6,5 \pm 0,9$ cm le 27 mai (Figure 58c et 59c).

Les premières pontes sur les gousses âgées ont été notées à la fin avril avec $3,3 \pm 1,1$ œufs/gousse déposés sur 90% des gousses échantillonnées. Le maximum d'œufs est observé le 6 mai avec $6,4 \pm 1,3$ œufs/gousse, il est à noter que toutes les gousses échantillonnées présentes des œufs. Ces derniers sont déposés sur les gousses de la strate haute à partir de 13 mai avec $1 \pm 0,2$ œufs/gousse. Un pic est observé une semaine après (20 mai), avec une densité de $2,2 \pm 0,2$ œufs/gousse, pondus sur 80 % des gousses observées. Sur un total de 167 œufs pondus dans cette parcelle, seulement 35 sont déposés sur les gousses jeunes (Figure 58c et 59c).

L'analyse de la variance a révélé que le niveau de la tige (facteur) a un effet très hautement significatif sur la préférence des femelles de *B. rufimanus* à pondre leurs œufs sur les gousses ($P=0,0003$). Les femelles ont pondu beaucoup d'œufs sur les gousses de la strate basse des tiges des variétés de *V. faba*. Les gousses de la strate basse sont classées dans le groupe (a) par le test Newman et Keuls avec la plus grande moyenne. Tandis que l'écart de la date de semis (Facteur) montre un effet significatif pour la ponte des œufs ($P=0,0200$), les variétés semées tardivement sont plus infestées par rapport à celles semées précocement (Tableau 21).

Tableau 21 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de *V. faba* étudiées, strates des gousses et date de semis sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2013/2014.

Facteurs	Niveau	Moyenne± écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Séville Aguadulce Féverole	0,77±0,67 0,90±0,98 0,92±1,18	0,497	2	0,248	0,242	0,7887
Strates	Basse Haute	1,23±1,17 (a) 0,49±0,70 (b)	14,882	1	14,882	14,485	0,0003***
Date de semis	Tardive Précoce	1,09±0,85 (a) 0,63±1,06 (b)	5,654	1	5,654	5,503	0,0200*

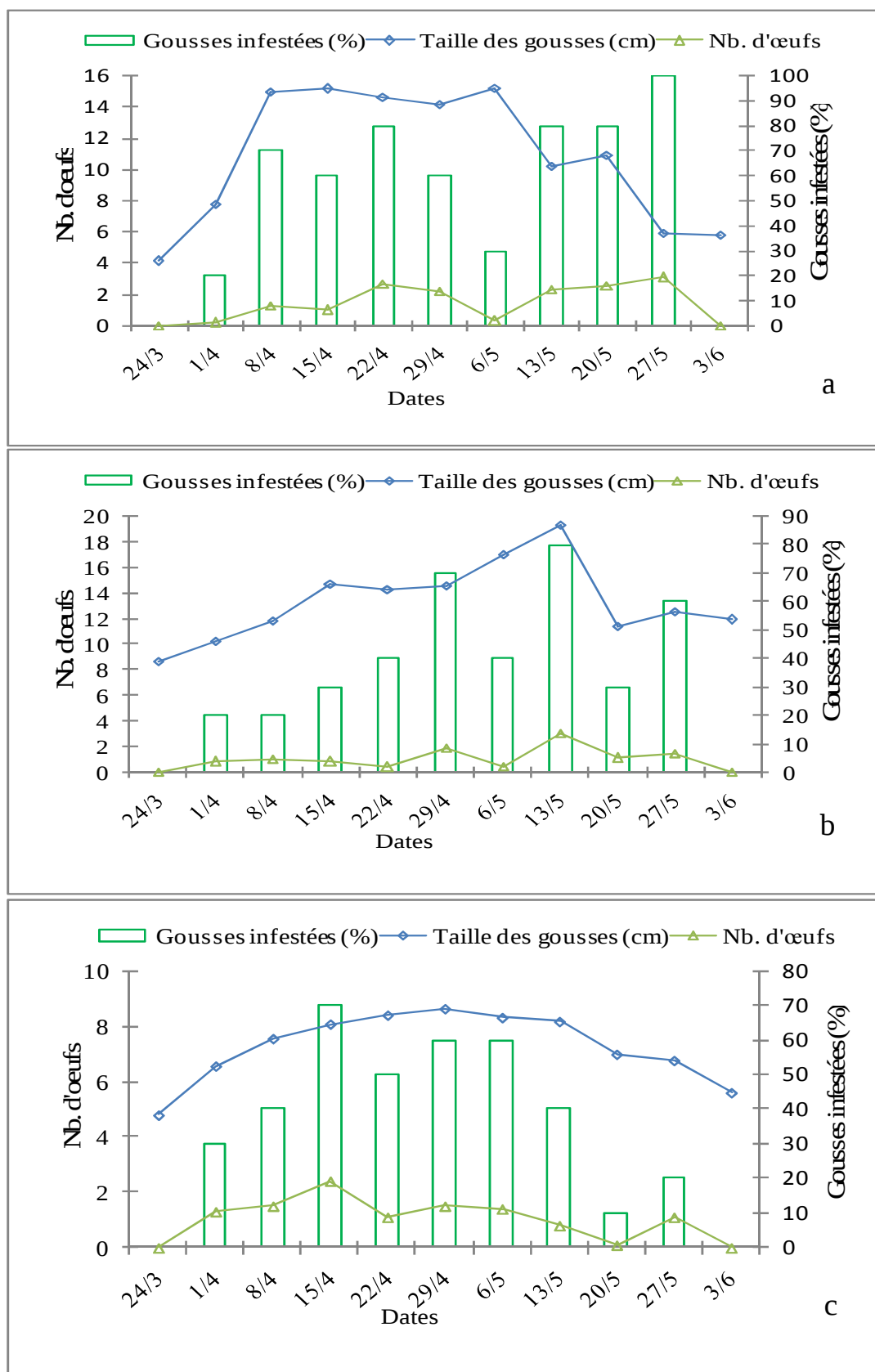


Figure 56 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées des variétés de *V. faba* semées précocement durant l'année 2014
a : variété Séville ; **b :** variété Aguadulce ; **c :** féverole

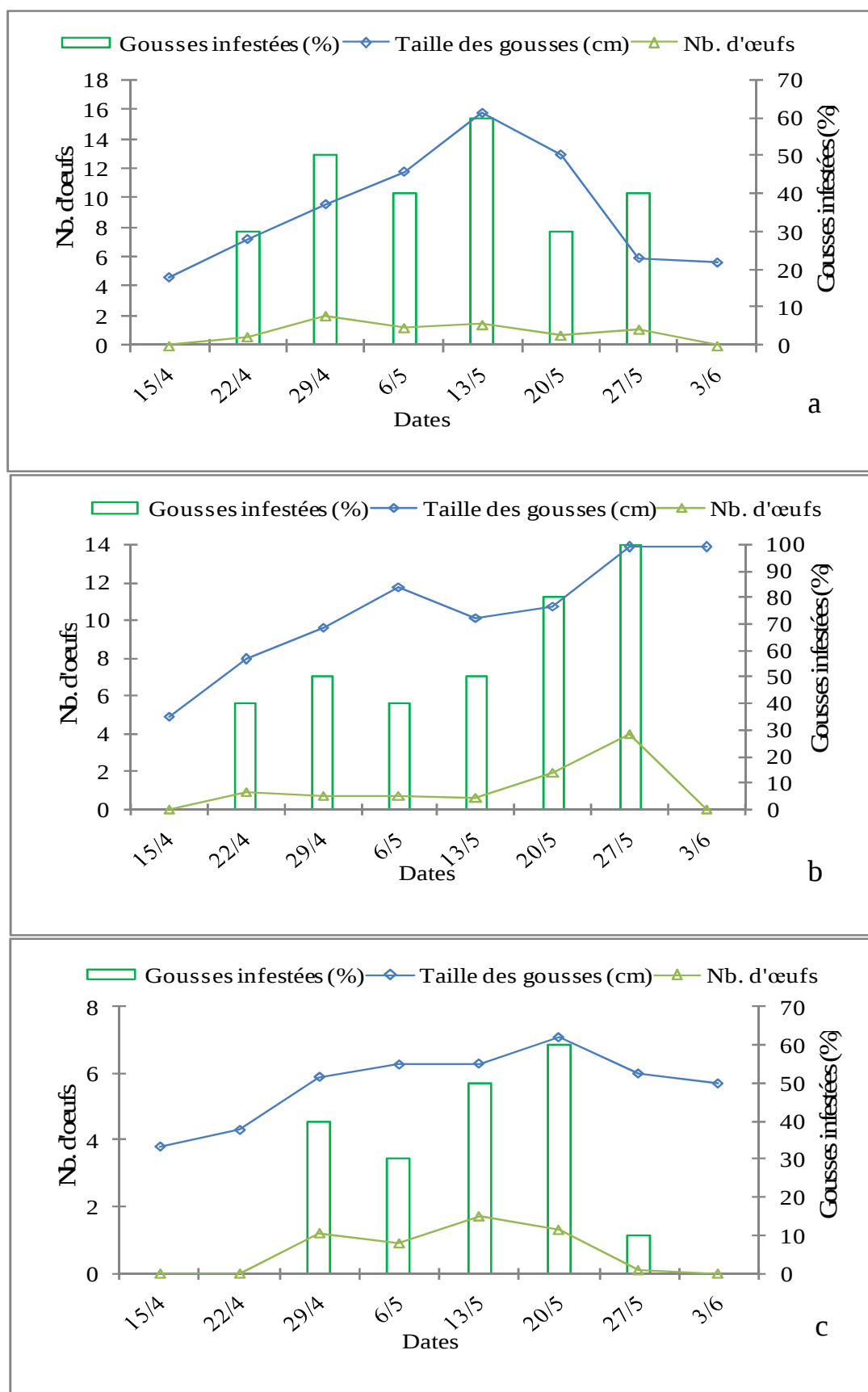


Figure 57 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses jeunes des variétés de *V. faba* semées précocement durant l'année 2014
a : variété Séville ; **b :** variété Aguadulce ; **c :** féverole

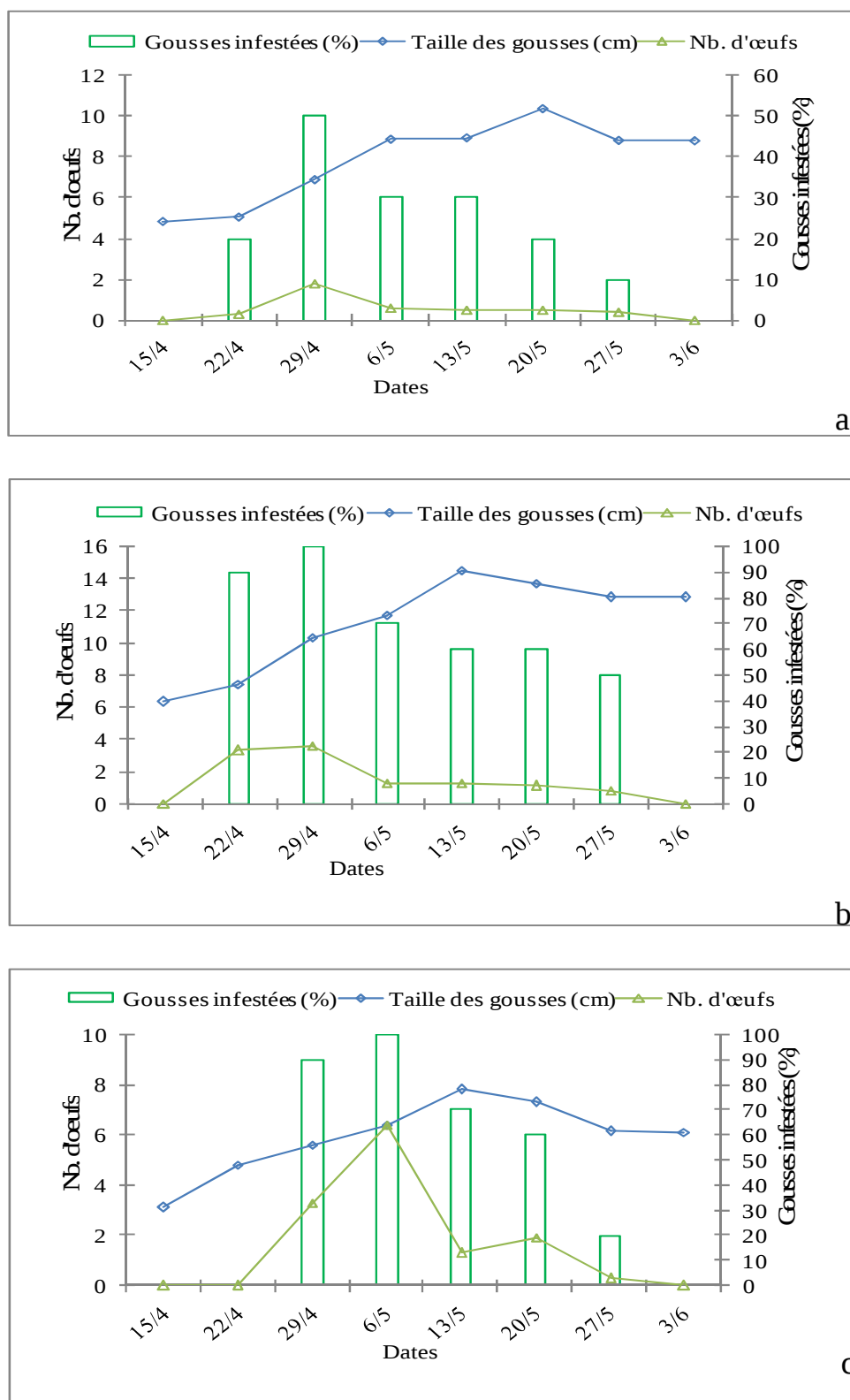


Figure 58 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées des variétés de *V. faba* semées tardivement durant l'année 2014
a : variété Séville ; **b :** variété Aguadulce ; **c :** féverole

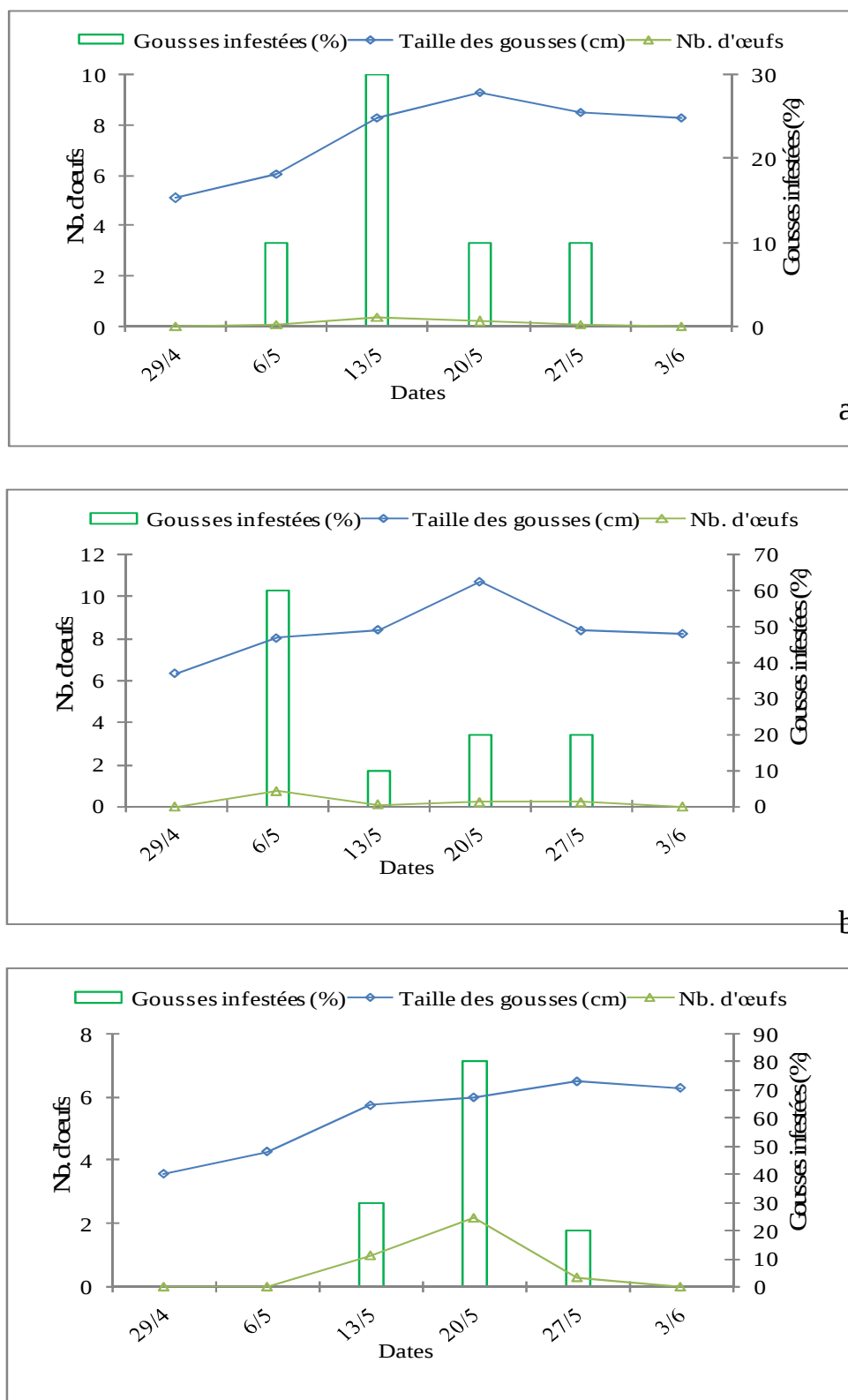


Figure 59 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses jeunes des variétés de *V. faba* semées tardivement durant l'année 2014

a : variété Séville b : variété Aguadulce ; c : féverole

3.3.3. Année agricole 2014/2015 (variétés semées à deux altitudes différentes)

3.3.3.1. Variétés semées en basse altitude

3.3.3.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les gousses âgées issues des premières inflorescences sont observées le 24 mars avec une taille moyenne de $8,3 \pm 1,9$ cm, puis elle augmente pour atteindre un maximum de $17,6 \pm 1,3$ cm le 19 mai. Les gousses jeunes, issues des dernières inflorescences, atteignent une longueur moyenne de $4,4 \pm 1,5$ cm le 7 avril. Le maximum de $14,6 \pm 2,1$ cm est observé le 26 mai (Figure 60a et 61a).

La ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* a commencé le 31 mars pour les gousses âgées et le 14 avril pour les gousses jeunes, avec respectivement $0,1 \pm 0,03$ et $0,6 \pm 0,05$ œufs par gousses, déposés sur 10% et 60% de gousses échantillonnées. Les températures diurnes pendant la période d'oviposition sont comprises entre $14,6^{\circ}\text{C}$ et 26°C . A partir de la mi-mai jusqu'au début du mois de juin, les adultes de *B. rufimanus* sont absente dans la parcelle. En revanche, les gousses issues de la strate basse et haute continuent à recevoir des œufs ; cela est sans doute dû à l'absence de ressources trophiques, les femelles ne visitent la parcelle que pour déposer leurs œufs. Le nombre moyen d'œufs atteint son maximum le 21 avril, pour les gousses de la strate basse avec $4,1 \pm 2,9$ œufs par gousses, déposés sur 100% de gousses échantillonnées. Pour les gousses de la strate haute, le maximum est observé le 19 mai avec $1,2 \pm 0,3$ œufs par gousses déposés sur 60% de gousses échantillonnées. La fin de l'oviposition est observée le 2 juin pour les gousses des deux strates. Il est à signaler que dans cette parcelle, la ponte s'étend sur 8 semaines pour la strate basse et 6 semaines pour la strate haute, où nous avons comptabilisé un total de 157 et 63 œufs, respectivement (Figure 60a et 61a).

3.3.3.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

La taille moyenne des gousses âgées mesurant $6,7 \pm 0,2$ cm est observée le 24 mars. Cette taille augmente jusqu'à atteindre un pic de $14,3 \pm 1,5$ le 28 avril. Les gousses de la strate haute ont une taille moyenne de $5,3 \pm 2,7$ cm le 7 avril ; 2 semaines après la fructification de la strate basse. La taille maximale de $11,9 \pm 0,6$ cm est notée le 28 avril (Figure 60b et 61b).

Les premiers œufs sur les gousses âgées sont observés le 31 mars avec $0,1 \pm 0,02$ œufs par gousses déposés sur 10% des gousses échantillonnées. Le maximum moyen d'œufs pondus est atteint le 7 avril avec $7,6 \pm 0,4$ œufs, dont 9 gousses sur 10 infestées. Le nombre d'œufs diminue légèrement et s'annule le 9 juin. L'oviposition, dans la parcelle a duré environs 9 semaines. Les gousses de la strate haute ont reçu les œufs avec une moyenne de $0,9 \pm 0,03$ œufs, dont 5 gousses sur 10 infestées le 14 avril. A la date du 28 avril, le nombre

d'œufs pondus a atteint une moyenne maximale de $1,7 \pm 0,3$ œufs par gousse et s'annule le 2 juin. Sur les gousses des deux strates, nous avons comptabilisé un total de 229 œufs, dont 153 émis sur les gousses âgées (Figure 60b et 61b).

3.3.3.1.3. Parcelle de la féverole

Les gousses âgées issues des premières inflorescences ont une taille moyenne de $3,3 \pm 0,7$ cm, le 24 mars, puis cette taille augmente pour atteindre un maximum de $8 \pm 1,1$ cm en moyenne le 12 mai. La longueur moyenne des gousses jeunes issues des dernières inflorescences est de longueur de $5,2 \pm 1,3$ cm le 7 avril. Le maximum est noté le 19 mai avec $7,1 \pm 0,8$ cm (Figure 60c et 61c).

La ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* a commencé le 7 avril avec $0,1 \pm 0,01$ œufs par gousse échantillonnée, 1 seule gousse sur 10 est infestée. Le maximum de ponte est observé le 14 avril avec $1,4 \pm 1,03$ œufs par gousse en moyenne, déposés sur 70% des gousses. La fin de l'oviposition est observée le 9 juin. Dans cette parcelle, la ponte s'étend sur neuf semaines. Pour les gousses jeunes une moyenne de $1,6 \pm 1,1$ œufs par gousses est notée le 14 avril, où le maximum d'œufs a été déposé sur 80% des gousses échantillonnées. Cette densité moyenne diminue progressivement et s'annule le 9 juin. Dans cette parcelle, 65 œufs sont émis sur les gousses âgées et 43 émis sur les gousses jeunes (Figure 60c et 61c).

3.3.3.2. Variétés semées en altitude

3.3.3.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les gousses âgées ont une taille moyenne de $4,1 \pm 1,1$ cm notée le 7 avril. Le maximum de $15,9 \pm 2,3$ cm est noté le 26 mai, tandis que les gousses de la strate supérieure ont une taille de $5,3 \pm 1,3$ cm, notée le 28 avril. Leur maximum de $15,9 \pm 1,5$ cm et $13 \pm 2,9$ cm en moyenne est enregistré le 26 mai, pour la strate inférieure et la strate supérieure respectivement (Figure 62a et 63a).

Les femelles ont commencé à pondre leurs œufs sur les gousses âgées et les gousses jeunes, avec respectivement $3,7 \pm 3,1$ œufs/gousse et $0,2 \pm 0,4$ œufs/gousses, déposés sur 30% et 20% des gousses prélevées, le 14 avril et 5 mai. Le nombre d'œufs pondus augmente progressivement pour atteindre un maximum de $4,3 \pm 4,2$ œufs/gousse sur les gousses inférieures le 21 avril, où 100 % des gousses sont infestées. Le nombre moyen d'œufs par gousse diminue à partir du 12 mai. Une légère augmentation est observée le 26 mai et s'annule le 16 juin, en raison du dessèchement de ces organes. Sur les gousses supérieures, la ponte est observée le 05 mai avec $0,2 \pm 0,01$ œufs/gousse. Elle augmente à partir de cette date pour atteindre son maximum le 19 mai avec $1,6 \pm 1,0$ œufs/gousse, déposés sur 60% des

gousses. Cette densité diminue durant la première semaine du mois de juin et s'annule le 16 juin. Dans cette parcelle, l'oviposition a duré 8 semaines pour la strate basse, où nous avons comptabilisé 150 œufs et 5 semaines pour la strate haute avec 58 œufs (Figure 62a et 63a).

3.3.3.2.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Sur la parcelle de fève de variété Aguadulce, les gousses issues des premières inflorescences ont été observées le 7 avril et mesurent en moyenne $5,1 \pm 2,9$ cm. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $14,9 \pm 0,9$ cm, le 19 mai. L'apparition des gousses jeunes est notée le 28 avril avec une longueur moyenne de $6,3 \pm 1,4$ cm et augmente progressivement pour atteindre un maximum de $11,4 \pm 0,6$ cm, le 26 mai (Figure 62b et 63b).

Les femelles de *B. rufimanus* ont émis leurs œufs sur les gousses âgées le 14 avril, où nous avons observé le maximum de ponte avec une densité moyenne de $4,2 \pm 0,2$ œufs par gousses, alors que 100% des gousses échantillonnées sont infestées. Ce nombre d'œufs pondus varie légèrement pour les autres dates d'échantillonnage et s'annule le 23 juin. L'oviposition dans cette parcelle a duré environ 9 semaines. La ponte des œufs sur la strate haute est observée le 5 mai avec une moyenne de $0,9 \pm 0,3$ œufs par gousses, avec un taux d'infestation de 60%. Le maximum de ponte est observé le 19 mai avec $1,9 \pm 0,4$ œufs par gousses, déposés sur toutes les gousses prélevées, s'ensuit une régression jusqu'à leur absence le 16 juin. Nous avons comptabilisé un total de 266 œufs dans cette parcelle, dont 188 émis sur les gousses âgées (Figure 62b et 63b).

3.3.3.2.3. Parcelle de la féverole

Sur les plants de féverole âgée, nous avons observé les gousses qui mesurent en moyenne $3,2 \pm 0,6$ cm, sont échantillonnées le 7 avril. La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $8,3 \pm 1$ cm en moyenne, le 19 mai. Pour les gousses jeunes, une longueur moyenne de $4,6 \pm 0,7$ est observée le 28 avril. Leur croissance continue pour atteindre un maximum de $6,8 \pm 1,2$ cm en moyenne, le 9 juin (Figure 62c et 63c).

La ponte par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées a été commencée le 14 avril avec une densité moyenne de $1,8 \pm 1,3$ œufs par gousse échantillonnée, où 8 gousses sur 10 infestées. Le maximum de ponte est observé le 2 juin avec $2,2 \pm 0,7$ œufs par gousse, déposés sur 90% des gousses prélevées, le nombre d'œufs pondus diminue et s'annule le 16 juin, ce qui est dû probablement au dessèchement de ces organes. L'oviposition a duré neuf

semaines. Les premières pontes sur les gousses jeunes ont été observées le 5 mai avec une moyenne de $0,1 \pm 0,01$ œufs par gousse, déposés sur 10% des gousses échantillonnées. La ponte des œufs varie et atteint un pic de $1,4 \pm 0,3$ œufs le 2 juin. Aucun œuf n'a été observé le 16 juin. La ponte a duré un mois et 10 jours environ. Dans cette parcelle, nous avons comptabilisé un total de 162 œufs, dont 121 déposés sur les gousses âgées (Figure 62c et 63c).

L'analyse de la variance a révélé que l'âge des gousses des variétés de *V. faba* (facteur) a un effet significatif sur la ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* ($P=0,0471$). La variété Aguadulce a reçu un nombre important d'œufs, suivie par la variété Séville, classées par le test de Newman et Keuls dans les groupes homogènes (a) et (ab), respectivement. Alors que, l'influence des gousses de la féverole vient en troisième position, classée dans le groupe (b). Le niveau des gousses des tige ou strate (facteur) a un effet très hautement significatif sur la préférence des femelles à pondre leurs œufs ($P=0,0001$). Les femelles ont pondu beaucoup d'œufs sur les gousses de la strate inférieure des tige des variétés de *V. faba* étudiées. Elle est classée dans le groupe (a) par le test de Newman et Keuls avec une plus grande moyenne, suivie de la strate supérieure classée dans le groupe (b). Tandis que la différence d'altitude (Facteur) montre un effet non significatif pour la ponte des œufs donc sur l'infestation ($P=0,4875$) (Tableau 22).

Tableau 22 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés étudiées, « strate de gousses » et « altitude » sur la ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* de l'année agricole 2014/2015

Facteurs	Niveau	Moyenne± écart-type	Analyse de la variance (ANOVA)				
			S.C.E	DDL	C.M. _f	Test F	Prob.
Variétés	Aguadulce	1,24±1,27 (a)	6,801	2	3,401	3,115	0,0471*
	Séville	1,07±1,05 (ab)					
	Féverole	0,67±0,53 (b)					
Strates	Inférieure Supérieure	1,38±1,29 (a) 0,59±0,56 (b)	18,644	1	18,644	17,079	0,0001***
Altitude	Basse Haute	0,92±1,09 1,06±0,89	0,547	1	0,547	0,501	0,4875

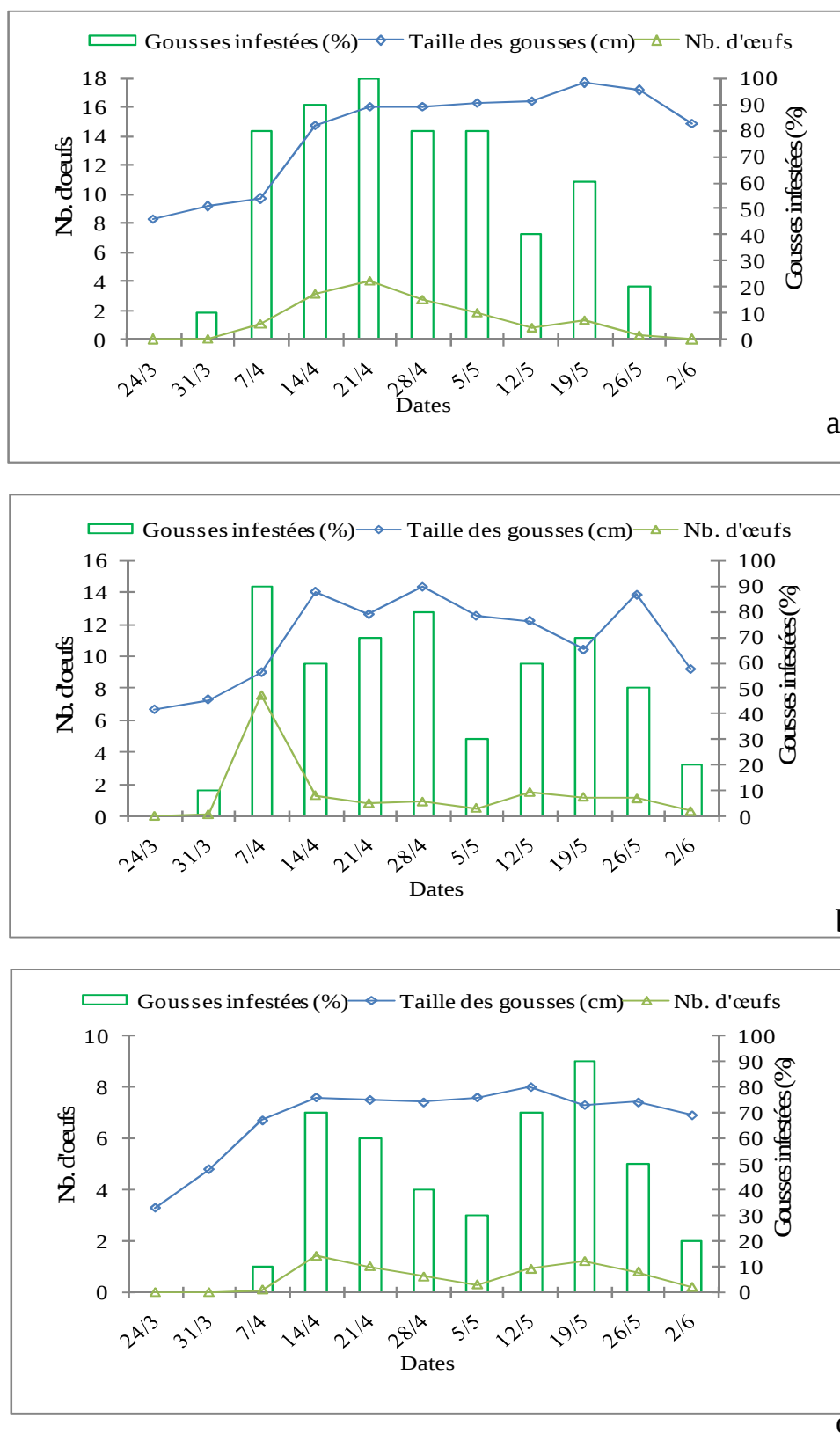


Figure 60 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées des variétés de *V. faba* semées en basse altitude durant l'année 2015
a : Variété Séville ; **b** : Variété Aguadulce ; **c** : Féverole

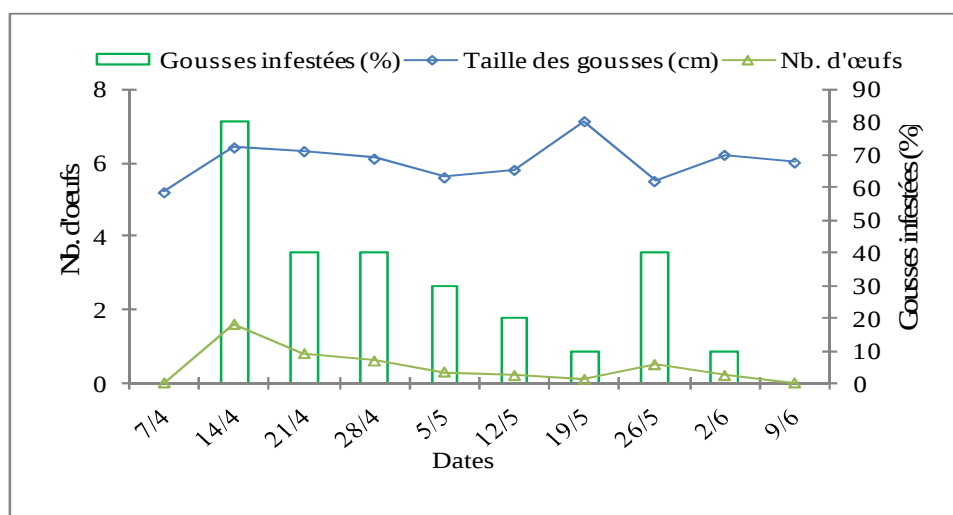
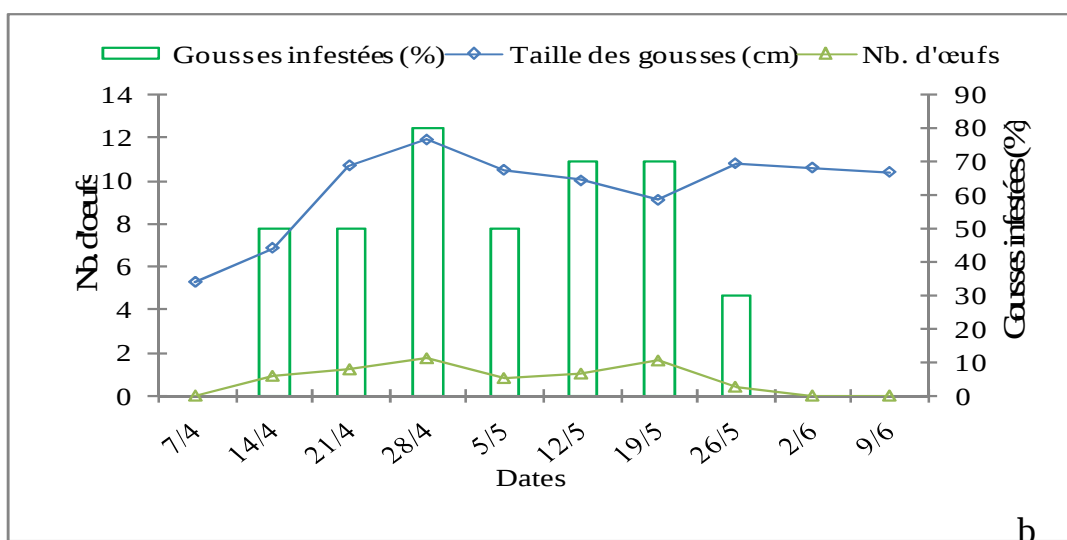
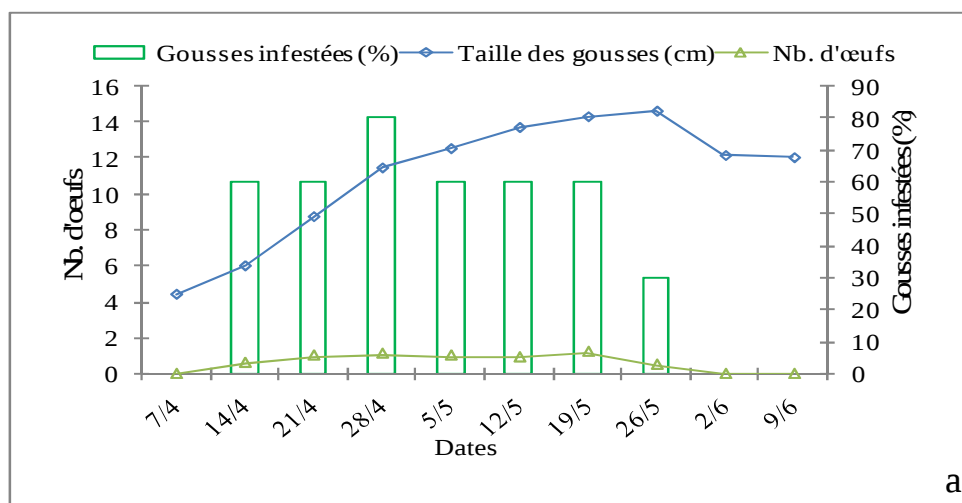


Figure 61 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus*^C sur les gousses jeunes des variétés de *V. faba* semées en basse altitude durant l'année 2015
a : Variété Séville ; **b** : Variété Aguadulce ; **c** : Féverole

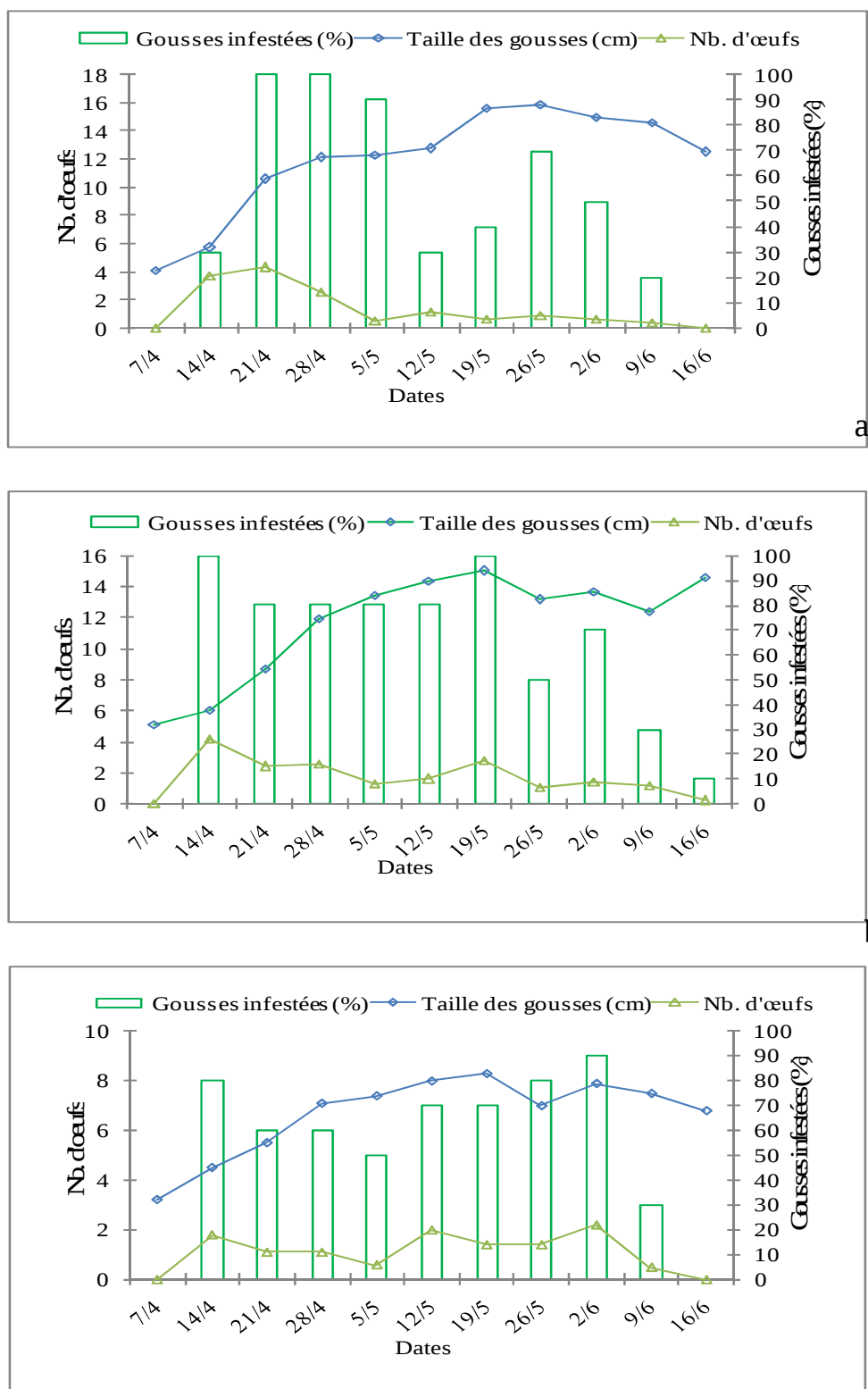


Figure 62 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées des variétés de *V. faba* semées en altitude durant l'année 2015
a : Variété Séville ; **b :** Variété Aguadulce ; **c :** Féverole

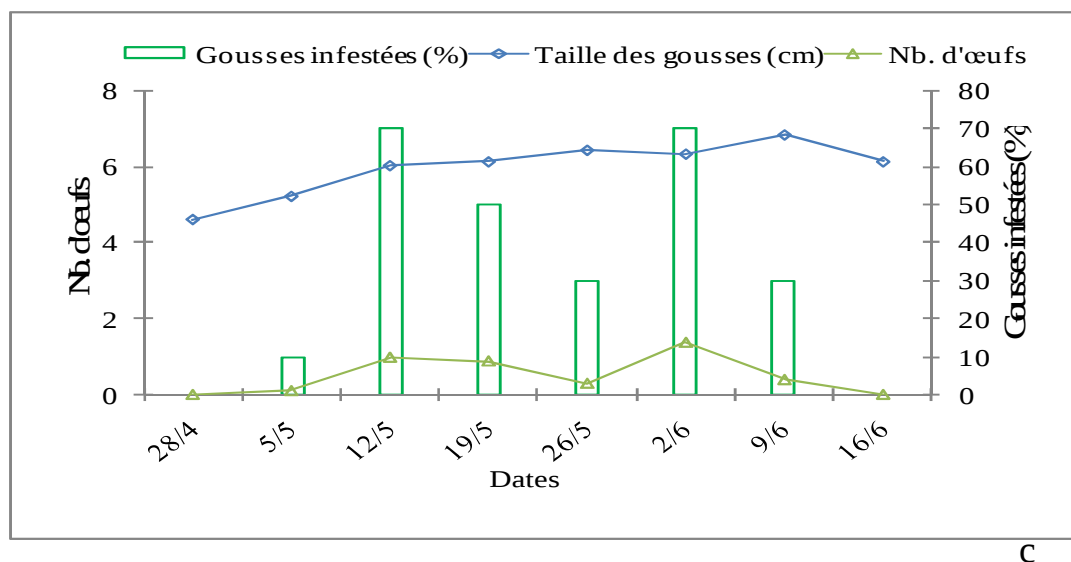
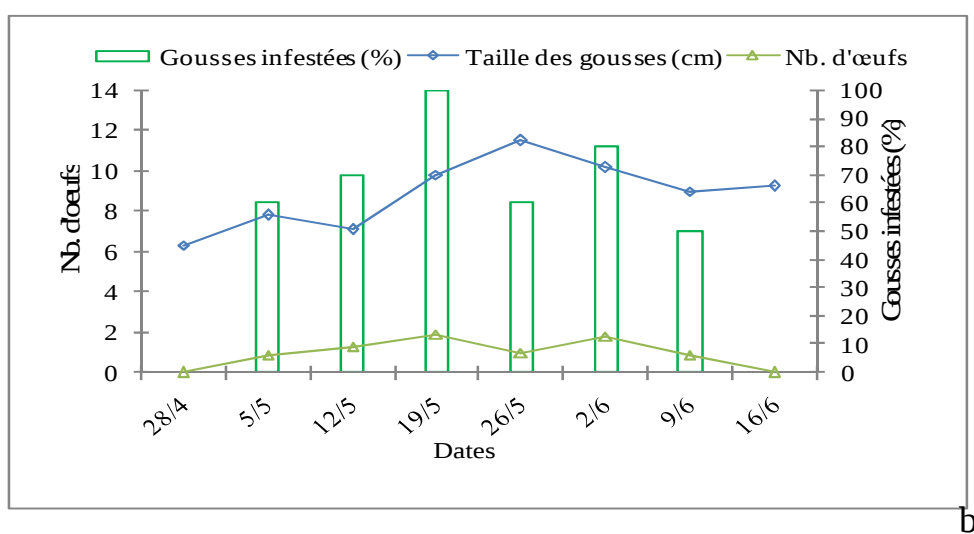
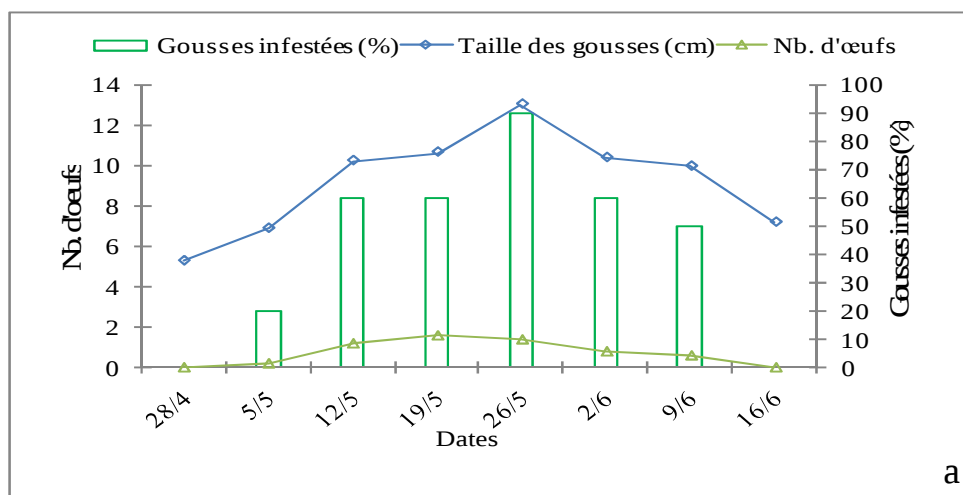


Figure 63 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses jeunes des variétés de *V. faba* semées en altitude durant l'année 2015
a : Variété Séville ; **b :** Variété Aguadulce ; **c :** Féverole

4. Discussion

La croissance des tiges de la plante hôte *V. faba* est progressive pour les différentes variétés étudiées. Durant cette investigation, nous avons constaté une bonne croissance de ces tiges et ce, pendant les trois années agricoles. Ceci peut être expliqué par les conditions climatiques favorables, notamment les températures et les précipitations. En effet, des quantités de pluies importantes ont été enregistrées durant les mois de février et mai 2013, avec 146,9 et 151,9 mm respectivement, les mois de novembre 2013 et février 2014 avec 156 et 269,5 mm et les mois de janvier et février 2015 avec 265,3 et 236,6 respectivement. Les fèves exigent des pluviométries de plus de 450mm/an et un approvisionnement en eau régulier, au cours de leur période de végétation (Maatougui, 1996). Lim (2012) signale que des pluviométries annuelles allant de 650 à 1000 mm sont nécessaires pendant la période de végétation de *V. faba*. Durant les années 2012/2013, 2013/2014 et 2014/2015, la pluviosité annuelle enregistrée dans la région de Tizi-Ouzou est d'environ 919,5 mm; 1014,9 et 1209,7 mm, respectivement (O.N.M.T.O., 2013, 2014 et 2015), ce qui a été favorable à cette culture dans notre région.

Laumonier (1979) rapporte que *V. faba* craint les fortes chaleurs, c'est pour cette raison qu'elle est cultivée en automne et en hiver pour éviter la coulure, car elle résiste au froid de 3 à 4°C.

Après une période de diapause, les adultes de *B. rufimanus* colonisent les champs de fève. Le choix de ces adultes vis-à-vis des différentes variétés de sa plante hôte *V. faba*, montre qu'avant la floraison, aucun adulte de *B. rufimanus* n'est observé dans les parcelles pendant les deux années d'étude 2013 et 2014. L'arrivée des premières bruches coïncide avec la période de floraison de la plante hôte *V. faba* ; la parcelle d'Aguadulce et de féverole sont colonisées au début de la floraison tandis que la Séville est colonisée à la pleine floraison. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Dupont et Huignard (1990) sur des champs de féverole en France et Chakir (1998) sur les cultures de fèves au Maroc. Des études menées dans la région de Tizi-Ouzou par Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007) ; Lardjane-Hamiti (2009) sur une variété de fève dite « variété locale », Mezani et Medjdoub-Bensaad (2014) sur une variété de fève (Muchaniel) et une variété de féverole, Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015) sur deux parcelles de variété Séville et féverole dans la région de Haizer à Bouira, ont montré que la colonisation par les adultes de *B. rufimanus* ne commence qu'à partir de la floraison. Le même phénomène est observé chez d'autres espèces du genre *Bruchus*. En effet,

Huignard et *al.* (2011) ont signalé que la colonisation des champs de pois par les adultes de *Bruchus pisorum* commence au moment de la phase de floraison. Luca (1956) rapporte, qu'en Algérie, les adultes de *Bruchus lentis* colonisent les cultures de la lentille au cours du mois de mai lors de la phase de floraison. Par contre, Boughdad (1994) et Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007) ont noté que des adultes sont également observés sur la plante hôte au stade de végétation, ce qui concorde avec les résultats que nous avons observés en 2014 dans la parcelle précoce de plaine à Aguadulce et en 2015 sur la féverole en altitude. Ces cultures sont colonisées par les adultes de *B. rufimanus* qui peuvent provenir des sites d'hivernation, comme les graines semées hébergeant encore des bruches vivantes au moment du semis (Franssen, 1956 ; Robert et *al.* 1975 ; Medjdoub-Bensaad, 2007) ou dans les sites naturels d'hivernation telle l'écorce d'eucalyptus (Chakir, 1998) présents sur notre site d'étude dans les parcelles de plaine, ou provenant des parcelles en fleur, les adultes utilisent les parcelles d'études comme sites de repos nocturne.

Dupont (1990) indique que la température semble être l'un des principaux facteurs qui déclenchent le départ des adultes de *B. rufimanus* vers les champs de fèves à partir des sites de diapause. Pour Tran (1992), c'est la diminution de la photopériode qui provoque l'induction de la diapause et son accroissement entraîne la rupture de cette dernière. Hoffmann et *al.* (1962) ; Lardjane-Hamiti (2009) rapportent que les changements de températures, l'humidité relative de l'air, le vent et la photopériode, favorisent la sortie des des bruches des sites d'hivernation et leur colonisation des fèves au champ. Selon ces auteurs, l'humidité relative élevée et les fortes pluies obligent les adultes à s'abriter dans les cornets foliaires, leur activité est importante quand les températures sont voisines de 17°C. Pour Franssen (1956), 15°C correspond à la température favorable pour l'activité imaginale de *B. rufimanus*.

Les adultes ne deviennent sexuellement actifs qu'après ingestion du pollen de *V. faba*, nécessaire à la maturation des gonades. Avant la floraison de cette légumineuse, ces adultes se nourrissent de pollen d'autres plantes fleurissant avant l'hôte (Crucifères, Ombellifères...) (Dupont et Huignard, 1990 ; Benedict et *al.*, 1991), ce qui favorise davantage leur activité reproductrice (Chakir, 1998). Comme ils peuvent absorber du miellat de pucerons (Franssen, 1956) et/ou d'autres substances sucrées comme c'est le cas chez d'autres insectes (De Luca, 1965 ; Fletcher et Prokopy, 1991). En effet, c'est à partir de ce stade phénologique, que la densité des populations imaginale commence à augmenter quand la photopériode et la température deviennent favorables comme il a été observé par

Medjdoub-Bensaad (2007). A l'instar des autres espèces d'insectes spécialisés, *B. rufimanus* a aussi la capacité d'utiliser différents signaux environnementaux (Beck, 1983), en l'occurrence la photopériode et la température (Tauber et Tauber, 1976).

Medjdoub et *al.* (2011) rapportent que les bruches capturés dans les parcelles semées à des altitudes et à des dates différentes dans la région de Tizi-Ouzou, ont des quantités faibles de protéines dans leur hémolymphe au début de leur colonisation, puis elles augmentent avec l'alimentation pollinique, riche en protéines, en sucre et en vitamines. La réduction de la quantité du corps gras, doit être en rapport avec la reprise de l'activité des adultes (recherche de la plante hôte, déplacement, alimentation et action recherche de partenaires sexuels).

Après la floraison de la fève, le nombre d'adultes dans les cultures diminue au fur et à mesure de l'approche de la maturité des gousses. L'absence des ressources trophiques ou leur insuffisance dans les parcelles explique probablement ces résultats. Par ailleurs, malgré la fin de la floraison, nous avons observé des adultes dans les parcelles, ce qui est probablement lié à la disponibilité d'autres ressources trophiques (fleurs d'autres plantes adventices). Effectivement, dès que les fleurs de *V. faba* deviennent rares, les adultes de *B. rufimanus* se portent sur les fleurs d'autres espèces végétales présentes autour ou dans la parcelle. Il s'agit d'*Anagallis arvensis*, *Brassica auxplexicaulix*, *Chrysanthemum myconis*, *Vicia sativa*, *Gladiolus segetum*. Nos résultats corroborent avec ceux de Dupont (1990) qui signale que les adultes de *B. rufimanus* passent sur les fleurs d'autres plantes adventices telles que : *Prunus spinosa* (Rosacée), *Vicia sativum* (Légumineuse, Papilionacée) sur lesquelles ils poursuivent leurs activités alimentaires. Dans la région de Tizi-Ouzou, Lardjane-Hamiti (2009) rapporte que, *B. rufimanus* visite d'autres plantes adventices comme *Linaria reflexa*, *Anagallis arvensis*, *Calendula arvensis*, *Chrysanthemum* sp., *Pisum sativum* et une Renonculacée. Des observations similaires sont rapportées par Bashar (1988) qui constate que *Bruchus affinis* consomme du pollen de *Lathyrus pratensis* avant que sa plante hôte *Lathyrus sylvestris* ne soit en fleur. Cette alimentation pollinique doit constituer, en l'absence de fleurs de fève, un apport énergétique permettant le maintien de l'activité reproductrice de la bruche de la fève, donc la colonisation d'autres parcelles plus tardives. Des observations faites par Koptur et Lawton (1988) sur une espèce voisine *Vicia sativa* montrent que la fin de la floraison provoque un arrêt de la production de nectar par les nectaires extra-floraux. Ce qui se retrouve probablement chez *Vicia faba*.

Les périodes de colonisation des trois parcelles par les adultes de *B. rufimanus* sont de 5 semaines pour la Séville et la féverole et de 6 semaines environ pour l'Aguadulce en 2013 ; elles sont de 2 mois pour la Séville, 3 mois et 15 jours pour l'Aguadulce et 2 mois et 15 jours pour la féverole sur les parcelles semées précocement, en 2014. Cette période est de 1 mois sur la Séville, 20 jours sur l'Aguadulce et la féverole dans les parcelles semées tardivement. En 2015, sur les parcelles semées en basse altitude, la durée de colonisation est de 1 mois et 12 jours pour la Séville et 2 mois pour l'Aguadulce et la féverole. En altitude, cette période de colonisation est d'environ 2 mois sur toutes les parcelles d'étude. D'après ces résultats, la durée de la colonisation varie selon les variétés étudiées et l'année d'étude selon les conditions climatiques et notamment, la disponibilité des ressources trophiques ou l'étalement de la floraison.

A partir des résultats obtenus, nous constatons que l'activité des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* varie dans le temps et dans l'espace sur les deux variétés de fèves et la féverole, en 2013. En effet, d'après l'analyse de la variance, l'effet de ces variétés sur la dynamique des adultes de *B. rufimanus* est significatif, la variété Séville représente le 1^{er} choix pour ces adultes par rapport aux autres, suivie de l'Aguadulce, ensuite de la féverole. Nous avons aussi observé une activité élevée pour les mâles par rapport aux femelles sur chaque plante hôte étudiée en 2013 et 2014. Cette préférence des adultes à visiter en grand nombre la variété Séville est probablement due à ses fleurs ouvertes et l'abondance du pollen. Lardjane-Hamiti (2009) rapporte que les fleurs servent de nourritures et d'abri (lieu de repos) pour les adultes de *B. rufimanus*. Ces derniers utilisent surtout les fleurs ouvertes où le pollen est abondant et l'accès relativement plus facile. A ce propos, Dupont (1990) signale que cette fréquentation florale est la conséquence d'une activité trophique importante.

L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif du facteur « écart de semis » des deux variétés de fèves et la féverole sur l'activité des adultes de *B. rufimanus*. Les adultes présentent une activité élevée sur les variétés semées précocement que celles semées tardivement. Tandis que la différence d'altitude, n'a montré aucun effet sur l'activité de ces adultes. Selon ces résultats, l'effet significatif est dû probablement à l'étalement plus long de la période de floraison, sur les variétés semées précocement, d'où *B. rufimanus* visite fréquemment ces variétés.

Selon Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007), l'apparition des fleurs de *V. faba* permet la levée de la diapause et celle des premières gousses permet, ensuite, l'induction de la ponte, comme est le cas aussi chez *B. affinis* (Fabres et *al.*, 1986). Il en résulte ainsi, une parfaite synchronisation entre la période d'activité de la ponte et celle de la formation des gousses. En effet, le suivi de la période de l'oviposition des femelles de *B. rufimanus* dans les parcelles d'étude montre que les œufs sont déposés sur les gousses dès que ces dernières sont disponibles.

La ponte des œufs par les femelles de *B. rufimanus* a commencé le 28 mars sur les trois parcelles d'études, en 2013. Cette activité de ponte s'échelonne sur une période d'environ 8 semaines pour la variété Séville et la féverole, et 9 semaines pour la variété Aguadulce. En 2014 et 2015, la période de ponte s'étale de 1 mois et demi et 2 mois environ sur les gousses âgées et 1 mois environ sur les gousses jeunes. Les premiers œufs, ont été observés à partir de l'apparition des gousses, ce qui nous laisse penser que les femelles sont présentes et attendent le substrat de ponte après ingestion de pollen probablement sur d'autre plantes déjà en fleur avant la plante hôte. En effet, Boughdad (1994) a signalé qu'au début de leur période de ponte, quand les conditions de températures sont favorables, les femelles émettent les œufs sur des gousses vertes de 2,5cm de long encore enveloppées dans les pétales fanées. Fabres et *al.* (1986) ont observé le même comportement chez *B. affinis* sur *Lathyrus sylvestris*. Par contre, Hoffmann et Labeyrie (1962) ont rapporté que, l'oviposition chez la bruche de la fève démarre quand les gousses mesurent 4 à 5cm de long. Les travaux de Medjdoub-Bensaad (2007) dans la même région d'étude en Kabylie (Algérie), montrent que la période de ponte varie d'une année à une autre suivant les régions, elle s'étale sur une période allant de 1 mois à 2 mois et demi et couvre largement la période de croissance des gousses. Au Pays Bas, Franssen (1955) indique que la durée de la période de ponte est de 17 jours en 1951 et de 4 jours en 1954. Sous les conditions climatiques marocaines, Boughdad (1994) annonce une période d'oviposition de *B. rufimanus* de 49 jours, Boughdad et Lauge (1997) notent une période d'oviposition de 32 jours. Ce résultat est analogue à celui que nous avons obtenu pour la variété Séville en 2013. Bien que le nombre d'œufs pondus est le plus élevé sur les gousses âgées issues des premières inflorescences.

L'analyse de la variance nous confirme qu'il y a une différence significative entre le nombre cumulé d'œufs pondus de *B. rufimanus* sur les gousses des différentes variétés testées de fève et de féverole, en 2013 et 2015. Les femelles de *B. rufimanus* expriment une préférence marquée pour *V. faba* major variété Aguadulce, suivie par la variété Séville. La

féverole est la moins infestée. Cette différence est probablement liée à la taille des gousses qui sont plus importantes chez l'Aguadulce et au niveau des populations des femelles dans la parcelle et la teneur en élément nutritifs de la graine. Tandis que, l'infestation n'est pas significativement différente entre les gousses de la strate basse et les gousses de la strate haute de chaque plante hôte, en 2013, et significativement différente en 2014 et 2015 ; les gousses de la strate basse ont reçu un nombre d'œufs plus important que celles de la strate haute. En 2014, cette analyse de la variance a révélé un effet non significatif pour la préférence des femelles de *B. rufimanus* à pondre leurs œufs sur les gousses des variétés étudiées, cela est dû peut être, au phénomène de migration des femelles d'une parcelle à une autre, ou vers les alentours des cultures pour chercher une autre source trophique, suivi par le retour sur les cultures pour gagner le substrat de ponte. Cependant, d'après les résultats du test d'ANOVA, le facteur «date de semis » est révélé significatif entre l'infestation des gousses des variétés semées précocement à celles semées tardivement ; les gousses des parcelles tardives ont reçu un nombre important d'œufs, bien que la durée d'oviposition soit courte. L'analyse de la variance a montré aussi que, le facteur « différence d'altitude » n'a donné aucun effet significatif sur l'infestation des gousses par les femelles de *B. rufimanus* entre les parcelles semées en basses altitudes et celles d'altitude, cela est dû probablement à la migration de ces adultes femelles des parcelles de plaine vers les parcelles des hauteurs qui sont, encore en période de floraison et de fructification, sur lesquelles elles continuent leur cycle après son achèvement sur les parcelles de basses altitudes.

Nos résultats en 2014 et 2015 corroborent ceux de Dupont (1990) et Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007), ils indiquent que les femelles préfèrent pondre sur les gousses âgées que sur les gousses jeunes. D'après Hoffmann et *al.* (1962), les gousses précoces ou âgées sont plus exposées et reçoivent par conséquent plus d'œufs que les gousses tardives (jeunes). En effet, l'infestation dépend des niveaux de populations de l'insecte et de la durée d'exposition des gousses, ou de leur taille (surface) relativement grande, susceptible de porter davantage d'œufs. Si les femelles sont sexuellement mûres lors de l'apparition des premières gousses, celles-ci supportent une concentration d'œufs très élevée, comme cela est observé par Speyer (1949 cité par Balachowsky, 1962) et Dupont (1990). Ce dernier auteur constate que 28% des gousses situées à la base des plantes (les premières formées) ont reçu des œufs alors que ce taux est de 7% pour les gousses de niveau plus élevé qui sont plus tardivement formées.

Outre l'état végétatif de la plante, les conditions climatiques peuvent perturber l'activité de ponte. Denlinger et *al.* (2005) rapportent que les écarts de températures diurnes peuvent moduler l'activité et la période de ponte. Boughdad (1994) ajoute que lorsque l'humidité relative est élevée, l'émission des œufs par les femelles de la bruche est difficile.

A la fin de la période d'oviposition, les gousses reçoivent de moins en moins d'œufs à cause de la réduction de l'activité de ponte et l'évolution de la texture des gousses. Chakir (1998) rapporte que l'augmentation de l'effectif des gousses, qui doit entraîner la dispersion des pontes, induit une ponte à densité faible. D'après Singer (1991), pour la majorité des espèces d'insectes phytophages, le choix du support d'oviposition par la femelle constitue une étape déterminante pour la survie de sa progéniture. Selon Boughdad (1994), le destin des futures larves dépend de ce phénomène, le succès de leur installation dans les graines dépend de la localisation de l'œuf sur la gousse. Dupont et Huignard (1990) ont démontré expérimentalement que le taux d'infestation due à *B. rufimanus* dépend de la densité de plants de *V. faba* par unité de surface et que l'abondance des ennemis naturels de la bruche diffère selon les régions.

Quelques œufs peuvent être déposés par deux, accolés l'un à l'autre. Nos propres observations ont confirmé ce phénomène ainsi que les observations faites par Hoffmann et Labeyrie (1962) chez *B. pisorum*.

Globalement, l'activité reproductrice s'avère conditionnée par l'apparition des fleurs de la plante hôte. Les femelles nourries de pollen montrent en si peu de temps, une activité ovarienne (formation de jeunes ovocytes). Ce même délai étant celui exigé pour la formation des premières gousses, ce qui conduit généralement à une parfaite synchronisation entre l'activité de ponte et l'apparition des premières gousses (Medjdoub-Bensaad, 2007).

A travers le monde, la résistance des plantes cultivées aux attaques des insectes a fait l'objet de plusieurs travaux. Parmi ceux-ci il est intéressant de citer l'étude de Bouffard (1996) sur la résistance par antibiose de la pomme de terre, de la féverole et du chou chinois à *Mysus persicae* et *Aulacorthum solani*.

Dans la région d'Etay El-Baroud en Egypte, Ebadah et *al.* (2006) ont décrit la susceptibilité de six variétés de fève (Giza 714, G 716, G 843, G429, G643 et G461) à l'infestation par *B. rufimanus*, ils ont constaté que Giza 716 est la variété la plus résistante avec un faible taux d'infestation de 13,4%. En Pologne, Kaniuczak (2006) a décrit la susceptibilité de 13 cultivars de féveroles à l'infestation de grains provoqués par les larves

de *B. rufimanus* en 2003–2004. Le pourcentage le plus élevé des graines endommagées a été enregistré sur le cultivar Bobas (63,5%), en 2003 et sur les cultivars Optimal et Martin (32,0 et 32,0%, respectivement) en 2004. Le plus bas pourcentage des graines infestées a été noté sur le cultivar Tim (38,2%) en 2003, et sur des cultivars Akord et Sonet (1,2 et 1,7%, respectivement) en 2004.

Après l'émission des œufs par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses de *V. faba* et après développement embryonnaire, la larve néonate pénètre le péricarpe de la jeune gousse en formation et se développe parallèlement à l'évolution de la graine. Cette larve subit différentes mues, jusqu'à atteindre le stade adulte. Ainsi sera déterminé le cycle de ce ravageur, qui fera l'objet de la deuxième partie de ce chapitre.

Deuxième partie : Cycle de développement de *B. rufimanus* en relation avec l'évolution de la phénologie de sa plante hôte

1. Introduction

Les graines de la fève et de la féverole ont été ramenées de la récolte vers des lieux de stockage à la fin du mois de mai pour les variétés semées pendant l'année agricole 2012/2013 et 2013/2014, début et mi-juin pour les variétés semées en basse altitude et altitude, respectivement. Comme cela a été signalé précédemment, au début de la fructification de *V. faba*, les femelles de *B. rufimanus* pondent leurs œufs sur les gousses vertes en formation. Dupont (1990) affirme que, la découverte et la distribution de ces œufs est en relation avec les caractéristiques physico-chimique des gousses.

Après émission des œufs sur les gousses jeunes en formation, la jeune larve traverse le péricarpe de cette dernière et pénètre dans la graine. Les larves ainsi ramenées avec les graines lors de la récolte poursuivent leur développement dans les entrepôts. Selon Boughdad (1994), ces larves correspondent à la seule étape biologique nuisible de la bruche, elles vivent aux dépens des réserves cotylédonaire de *V. faba*.

Le développement larvaire se déroule dans des conditions trophiques différentes. Il démarre aux champs dans la graine verte et continue pendant le stockage, à l'intérieur des graines mûres et sèches. La nymphose se déroule à l'intérieur des graines sèches. Selon Chakir (1998), l'infestation ultérieure des fèves dépend du devenir des larves qui constituent la principale source de contamination ; c'est à partir des lieux d'entreposage qu'il y aura dissémination des adultes vers les lieux d'hivernation, ou directement vers les champs de fèves.

Dans cette partie, nous nous proposons de suivre, dans les conditions du champ et du laboratoire le développement des larves, parallèlement à l'accroissement et à la maturation des graines, afin de préciser le nombre de stades larvaires, d'analyser la répartition temporelle des différents stades du développement post-embryonnaire de la bruche dans les graines et ainsi déterminer la durée du cycle de ce ravageur dans les conditions de nos Agrosystèmes.

2. Matériels et méthodes

Pour suivre le développement post-embryonnaire de *B. rufimanus* au champ et dans les stocks, durant les années agricoles 2012-2013, 2013/2014 et 2014/2015, nous avons prélevé chaque semaine, des différentes parcelles de *V. faba* cultivées, dix gousses de la strate

basse (gousses âgées) et dix gousses de la strate haute (gousses jeunes) du début de ponte jusqu'à la récolte pour les observer sous la loupe binoculaire au laboratoire où des températures sont comprises entre 25°C et 26°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) et d'humidités relatives qui varient de 60 à 70 % ($\pm 1\%$).

Les prélèvements sont effectués sur dix tiges, situées sur différents pieds de chaque plante hôte, afin d'avoir des échantillons représentatifs du développement des gousses et des larves. Les gousses âgées et les gousses jeunes sont observées, pour dénombrer les œufs sur leur péricarpe et les larves dans les graines.

Au moment de la récolte, dans chaque parcelle, nous avons prélevé des gousses mûres, que nous avons gardées au laboratoire. Ce stock de grains permet de suivre la durée du développement des larves des différents stades, les nymphes et les adultes par prélèvement de 40 graines de chaque parcelle, durant un intervalle de 7 jours, jusqu'à ce que toutes les graines examinées n'hébergent que des adultes. Les deux cotylédons des graines sont ouverts à l'aide d'un scalpel et les individus des différents stades de développement de *B. rufimanus* sont observés et comptés.

Pour ajuster le cycle du ravageur à celui de sa plante hôte, nous avons fait un suivi pour la durée de chaque stade larvaire, ainsi que leur date d'apparition. Ce protocole a été réalisé aussi pour les nymphes et les adultes.

L'identification des stades larvaires s'appuie sur le dénombrement des restes d'exuvies à l'intérieur des galeries larvaires (Herford, 1935). La larve néonate L_1 , juste avant la mue, est très reconnaissable (type Chrysomélien) avec sa capsule céphalique caractéristique. Les stades larvaires suivants sont de type rynchophorien, avec des pièces buccales plus réduites par rapport à l'ensemble du corps et des mandibules très nettement visibles (Pfaffenberger, 1977).

3. Résultats

3.1. Développement embryonnaire

Durant notre période d'étude, les premières pontes sont notées le 28 mars en 2013 sur les différentes variétés étudiées. Sur les variétés Séville et Aguadulce, la durée du développement embryonnaire est de 26 jours, tandis qu'elle est de 35 jours sur la féverole. En 2014, dans les parcelles semées précocement, la ponte des œufs a débuté le 1^{er} avril. La durée de développement embryonnaire est de 22 jours sur les variétés Séville et Aguadulce et elle est de 29 jours sur la féverole. Dans les parcelles semées tardivement, les femelles ont émis leurs premiers œufs le 22 avril sur les variétés Séville et Aguadulce et 29 du même

mois sur la féverole. Le développement embryonnaire est de 21 jours sur les trois variétés étudiées. En 2015, dans les parcelles semées en basse altitude, les premiers œufs sont observés le 31 mars sur les variétés Séville et Aguadulce et le 7 avril sur la féverole. La durée du développement embryonnaire sur ces parcelles est de 21 jours pour les variétés Séville et l'Aguadulce et 28 jours pour la féverole. Dans les parcelles semées en altitude, les premiers œufs sont notés le 14 avril pour les trois variétés. La durée du développement embryonnaire sur ces variétés est de 35 jours sur la Séville et 42 jours sur l'Aguadulce et la féverole.

3.2. Développement post-embryonnaire

Durant expérimentation au champ et au laboratoire, le suivi du développement post-embryonnaire de *B. rufimanus* nous a mené à faire son cycle de développement dans les trois parcelles d'étude pendant les trois années d'observation. Il est à noter que, l'échelonnement des pontes dans le temps conduit à des chevauchements entre les stades larvaires et la présence de différents stades dans une même graine.

3.2.1. Année agricole 2012/2013

3.2.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Le premier stade larvaire (L_1) apparaît le 25 avril et dure environ 28 jours. La présence du deuxième stade larvaire (L_2) s'échelonne sur 55 jours environ. Les larves du troisième stade (L_3) ont été observées dans cette parcelle sur une période allant du 31 mai au 8 août. Le quatrième stade larvaire (L_4) apparaît le 6 juin. Les nymphes sont observées le 18 juillet. Les adultes émergent des graines à partir du 1^{er} août (Figure 64a).

3.2.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Dans cette parcelle, la durée du premier stade larvaire (L_1) est similaire à la variété Séville (28 jours). Le développement de la larve du deuxième stade (L_2) dure environ 48 jours. La larve du troisième stade (L_3) s'échelonne sur 75 jours. Comme la variété Séville, le quatrième stade larvaire (L_4) apparaît le 6 juin. La nymphe est observée le 18 juillet et les premiers adultes émergent le 1^{er} août (Figure 64b).

3.2.1.3. Parcelles de la féverole

Le premier stade larvaire (L_1) dure 21 jours. Le développement des larves du deuxième stade (L_2) et troisième stade (L_3) dure 63 et 75 jours respectivement. Le quatrième stade larvaire (L_4) apparaît le 6 juin. Comme les deux précédentes variétés étudiées, la nymphose est effectuée le 18 juillet et les adultes sont observés le 1^{er} août (Figure 64c).

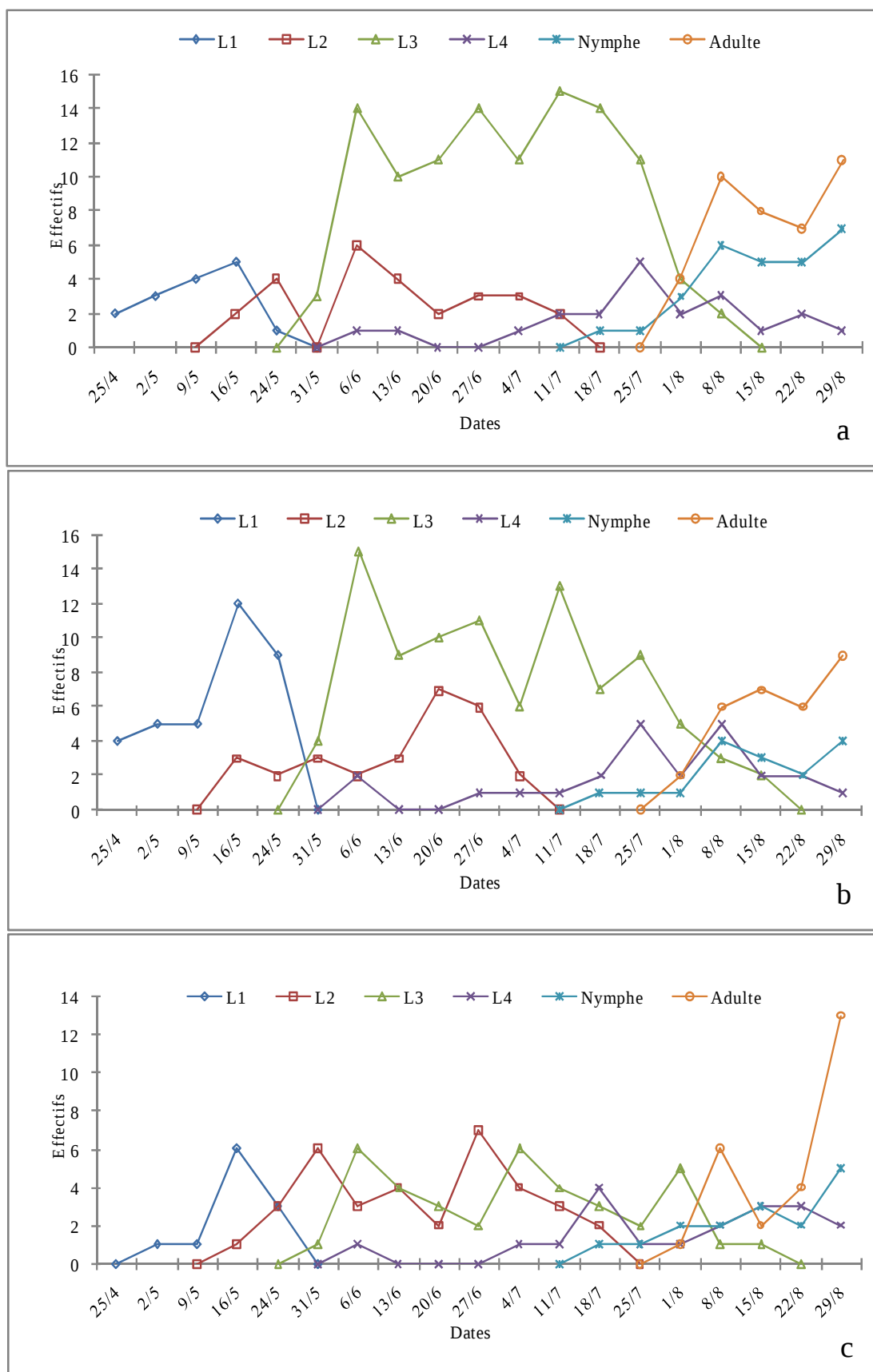


Figure 64 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* des variétés de *V. faba* semées en 2012/2013
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

3.2.2. Année agricole 2013/2014

3.2.2.1. Variétés semées précocement

3.2.2.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Dans cette parcelle, le premier stade larvaire (L_1) dure 56 jours. La durée des autres stades larvaires est de 69 jours pour la larve du deuxième stade (L_2), 90 jours pour la larve du troisième stade (L_3). Le quatrième stade larvaire (L_4), le stade nymphal et le premier adulte sont observés le 24 juin, 5 et 26 août, respectivement (Figure 65a).

3.2.2.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Dans les graines de variété Aguadulce, la durée du développement du premier stade L_1 est de 26 jours. La larve du 2^{ème} stade apparaît le 20 mai et dure jusqu'au 27 juillet (67 jours). Le 3^{ème} stade larvaire dure 70 jours environ. La larve du 4^{ème} stade est observée le 24 juin. La nymphe et les adultes sont apparus les 29 juillet et 19 août, respectivement (Figure 65b).

3.2.2.1.3. Parcelle de la féverole

Dans cette parcelle de féverole, le stade larvaire L_1 est observée le 29 avril et s'étale jusqu'au 1^{er} juillet (30 jours). Le 2^{ème} stade larvaire dure du 13 mai au 12 août (90 jours environ). Les larves du 3^{ème} stade durent 78 jours. Le 4^{ème} stade larvaire est observé le 1^{er} juillet. Les nymphes apparaissent le 5 août et les adultes le 2 septembre (Figure 65c).

3.2.2.2. Variétés semées tardivement

3.2.2.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Dans cette parcelle de fève de la variété Séville, les premières larves du stade L_1 sont observées le 13 mai et s'étalent jusqu'au 1^{er} juillet ; soit 47 jours. Le développement des larves du 2^{ème} stade (L_2) et 3^{ème} stade (L_3) dure 58 jours. Le 4^{ème} stade larvaire (L_4) est observé le 24 juin. La nymphe apparaît le 12 août et les adultes commencent à émerger à partir du 26 du même mois (Figure 66a).

3.2.2.2.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

La durée du développement de la larve du 1^{er} stade est similaire à celle de la variété Séville (47 jours). Le stade larvaire L_2 dure 68 jours et L_3 75 jours. Le stade larvaire L_4 apparaît le 24 juin. Le stade nymphal et les adultes de *B. rufimanus* commencent à apparaître le 29 juillet et 2 septembre, respectivement (Figure 66b).

3.2.2.2.3. Parcelle de la féverole

Les deux premiers stades larvaires (L_1 et L_2) s'étalent sur 48 jours et 76 jours, respectivement. Le stade larvaire L_3 s'étale sur 83 jours. Comme les deux variétés précédentes, le stade L_4 est observé le 24 juin. La nymphe apparaît le 5 août et commence à se métamorphoser en donnant un adulte le 2 septembre (Figure 66c).

3.2.3. Année agricole 2014/2015

3.2.3.1. Variétés semées en basse altitude

3.2.3.1.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Les premiers et deuxième stades larvaires (L_1) et (L_2) dans la parcelle de fève de la variété Séville durent 55 jours. La larve du troisième stade (L_3) dure 98 jours. Le quatrième stade larvaire (L_4) est observé le 9 juin. Les nymphes sont rencontrées le 18 août et les adultes le 1^{er} septembre (Figure 67a).

3.2.3.1.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les larves du premier stade apparaissent le 28 avril et s'échelonnent jusqu'au 30 juin ; soit 62 jours. Le développement de la larve du 2^{ème} et 3^{ème} stade dure 55 jours et 96 jours, respectivement. Le 4^{ème} stade larvaire est observé le 16 juin. Le stade nymphal est observé le 18 août et les premiers adultes de *B. rufimanus* commencent à apparaître le 1^{er} septembre (Figure 67b).

3.2.3.1.3. Parcelle de la féverole

Le premier stade larvaire (L_1) et le deuxième stade (L_2) durent 55 jours (du 5 mai au 30 juin et 19 mai au 14 juillet, respectivement). Le développement de la larve du troisième stade (L_3) dure 48 jours (du 16 juin au 4 août). Le quatrième stade larvaire (L_4), le stade nymphal et les adultes sont observés les 4, 11 et 18 août, respectivement (Figure 67c).

3.2.3.2. Variétés semées en altitude

3.2.3.2.1. Parcelle de fève de la variété Séville

Le premier stade larvaire (L_1) apparaît le 19 mai, sa présence s'échelonne sur 55 jours environ. Le développement de la larve de deuxième stade (L_2) et troisième stade (L_3) dure environ 62 jours. Les larves du quatrième stade (L_4) apparaissent le 4 août. Les nymphes sont rencontrées le 18 août et les adultes émergent des graines à partir du 1^{er} septembre (Figure 68a).

3.2.3.2.2. Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Dans cette parcelle de fève de variété Aguadulce, le stade larvaire L_1 s'étale sur 41 jours (du 26 mai au 7 juillet). Les 2^{ème} et 3^{ème} stades apparaissent respectivement, du 9 juin au 28 juillet (soit 50 jours) et 16 juin au 18 août (soit 62 jours). Le 4^{ème} stade larvaire apparaît le 7 juillet. Le stade nymphal est observé le 1^{er} septembre et le premier adulte émerge une semaine après (Figure 68b).

3.2.3.2.3. Parcelle de la féverole

Dans la parcelle de féverole, le premier stade larvaire (L_1) s'échelonne sur 55 jours environ (du 19 mai jusqu'au 14 juillet). Le deuxième stade de développement (L_2) s'étale sur 48 jours (du 23 juin au 11 août). La larve du troisième stade (L_3) s'échelonne sur 56 jours (du 30 juin au 25 août). Le quatrième stade larvaire (L_4) est observé le 28 juillet. Nos observations montrent que le stade nymphal apparaît le 25 août et l'apparition des adultes le 8 septembre (Figure 68c).

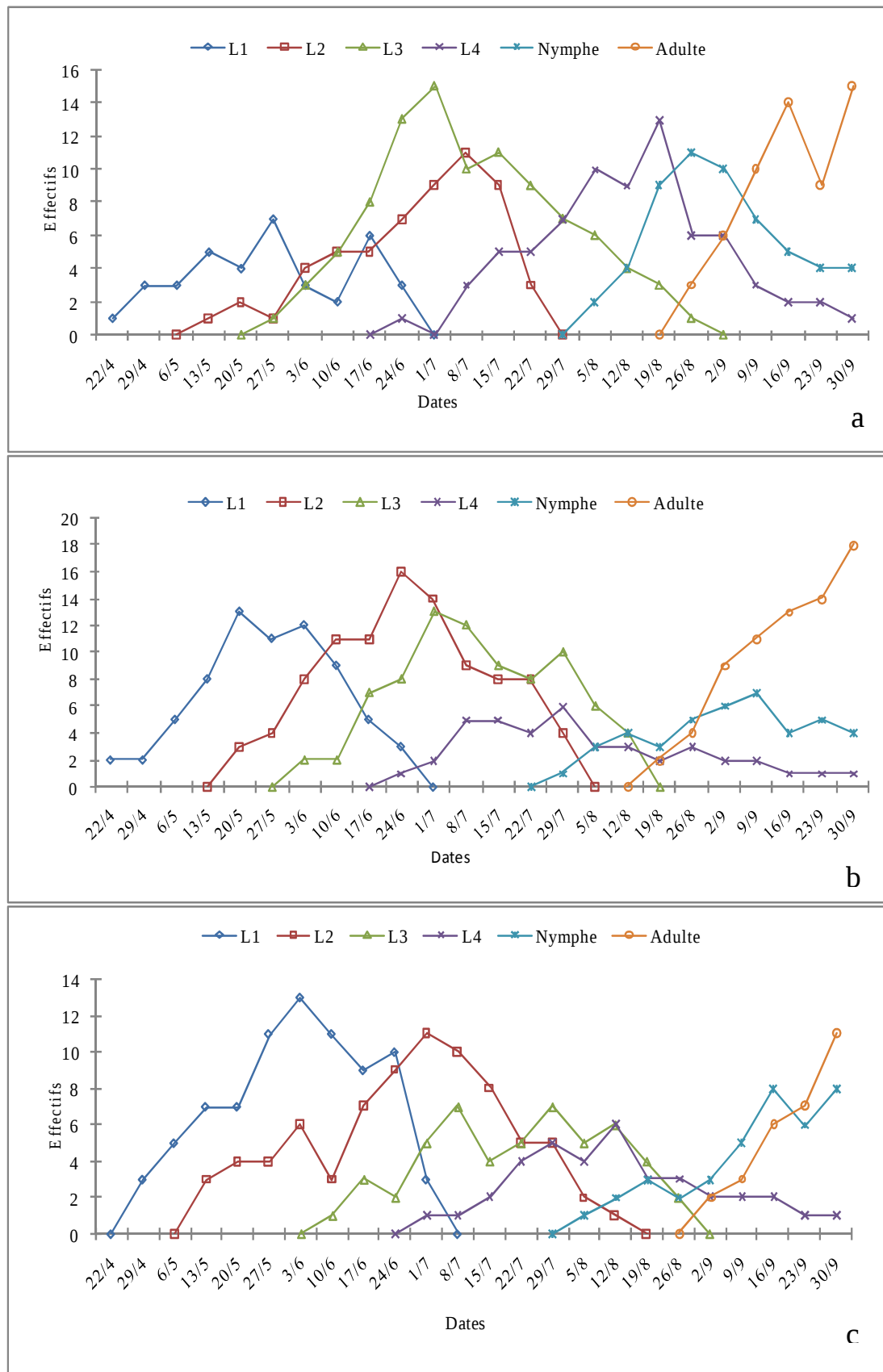


Figure 65 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* des variétés de *V. faba* semées précocement en 2013/2014
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

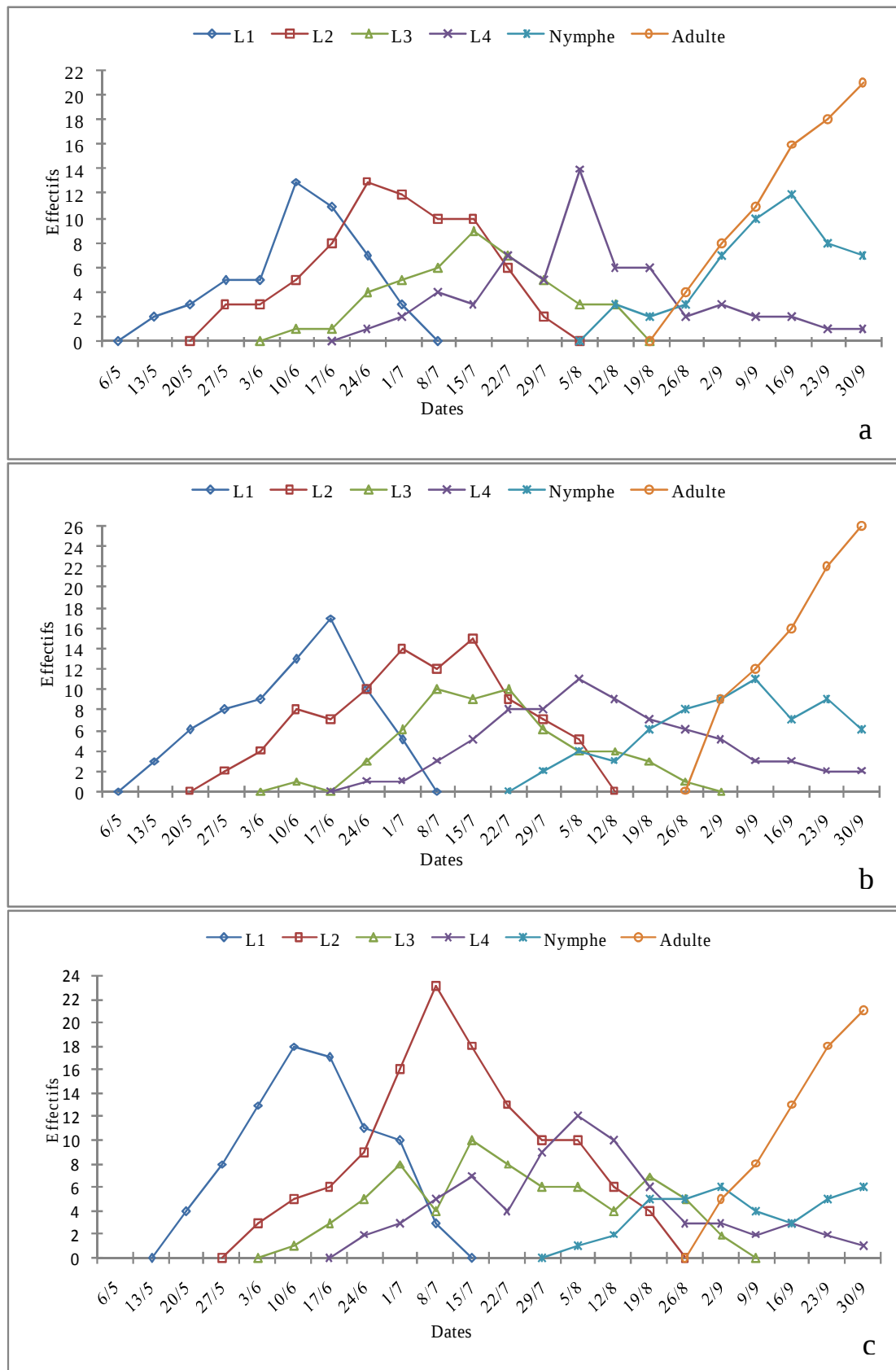


Figure 66 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* des variétés de *V. faba* semées tardivement en 2013/2014
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

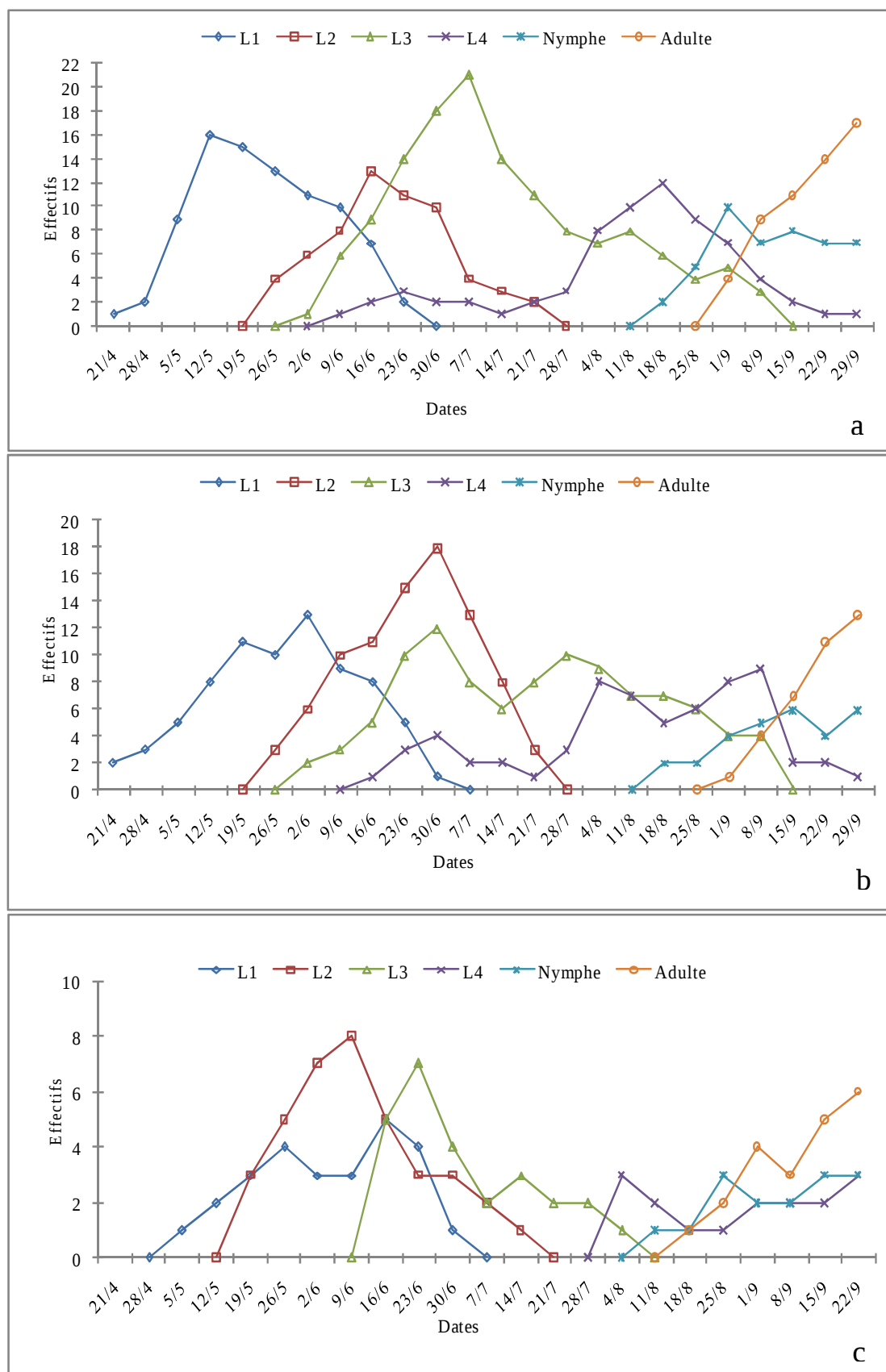


Figure 67 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* des variétés de *V. faba* semées en basse altitude durant 2014/2015
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

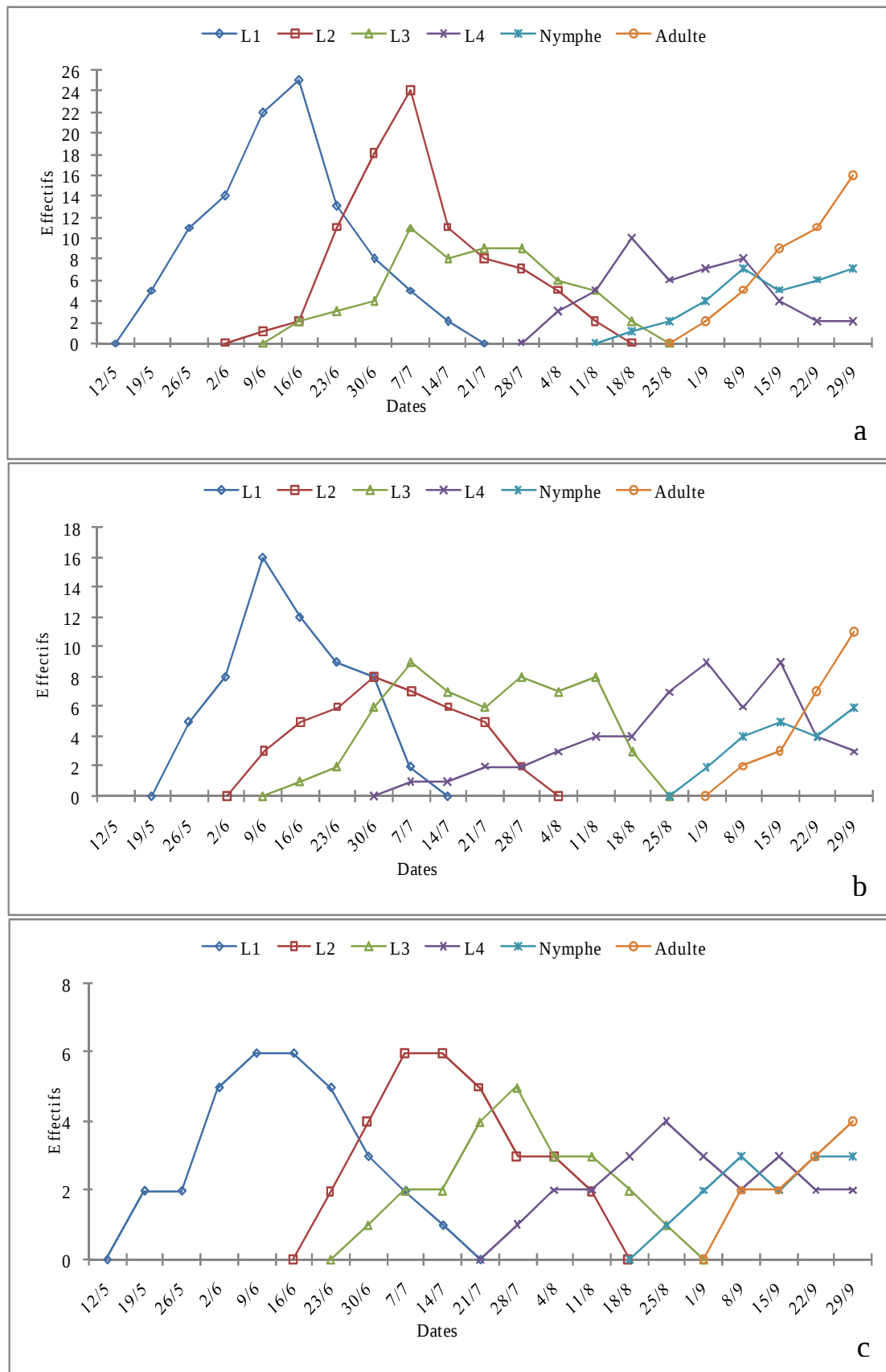


Figure 68 : Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* des variétés de *V. faba* semées en altitude durant 2014/2015
a : Variété Séville, b : Variété Aguadulce, c : Féverole

3.3. Durée du Cycle de développement complet de *B. rufimanus*

Les durées moyennes du cycle de développement de *B. rufimanus* depuis la ponte des œufs jusqu'à l'émergence du premier adulte au niveau des variétés semées à Taboukert, à deux dates différentes (Talla-Toulmouts et Oued-Aissi) et au niveau des variétés semées à deux altitudes différentes (Tala-Toulmouts et Beni-Douala), durant les trois années d'études 2013, 2014 et 2015, sont représentées dans le tableau 23 et les différents stades de développement sont illustrés sur la figure 69.

Tableau 23 : Durée du cycle de développement de *B. rufimanus* sur les deux parcelles de variétés de fève et de la parcelle de la féverole durant les 3 années d'études.

Années d'études	Variétés		Dates	Durée du cycle
2013	Séville		28/3 au 1/8	4 mois et 5 jours = 125 jours
	Aguadulce		28/3 au 1/8	4 mois et 5 jours = 125 jours
	Féverole		28/3 au 1/8	4 mois et 5 jours = 125 jours
2014	Précoces	Séville	1/4 au 26/8	4 mois et 28 jours = 148 jours
		Aguadulce	1/4 au 18/8	4 mois et 16 jours = 136 jours
		Féverole	1/4 au 2/8	4 mois et 4 jours = 124 jours
	Tardives	Séville	22/4 au 26/8	4 mois et 6 jours = 126 jours
		Aguadulce	22/4 au 2/9	4 mois et 13 jours = 133 jours
		Féverole	29/4 au 2/9	4 mois et 6 jours = 126 jours
2015	Basse altitude	Séville	31/3 au 1/9	5 mois et 3 jours = 153 jours
		Aguadulce	31/3 au 1/9	5 mois et 3 jours = 153 jours
		Féverole	7/4 au 18/8	4 mois et 13 jours = 133 jours
	Altitude	Séville	14/4 au 1/9	4 mois et 16 jours = 136 jours
		Aguadulce	14/4 au 1/9	4 mois et 16 jours = 136 jours
		Féverole	14/4 au 8/9	3 mois et 28 jours = 118 jours

Sur les parcelles semées à Taboukert durant l'année 2013, la durée du cycle de développement complet de *B. rufimanus* est identique sur toutes les variétés étudiées, il est de 125 jours environ.

Pour les parcelles semées précocement la durée du cycle la plus courte est observée sur la féverole, avec une durée de 124 jours et le cycle le plus long est noté sur la variété Séville avec une durée de 148 jours.

Au niveau des parcelles semées tardivement, le cycle le plus long est noté sur la variété Aguadulce avec une durée de 133 jours et le cycle qui présente la plus faible durée est observé sur les deux autres variétés avec une durée de 126 jours.

Pour les parcelles de basse altitude, la durée du cycle la plus courte de 133 jours est observée sur la féverole et le cycle le plus long est noté sur les deux autres variétés avec une durée de 153 jours.

Au niveau des parcelles d'altitude, le cycle le plus long est noté sur la variété Séville et l'Aguadulce avec une durée de 136 jours et le cycle le plus court est observé sur la féverole avec 118 jours.

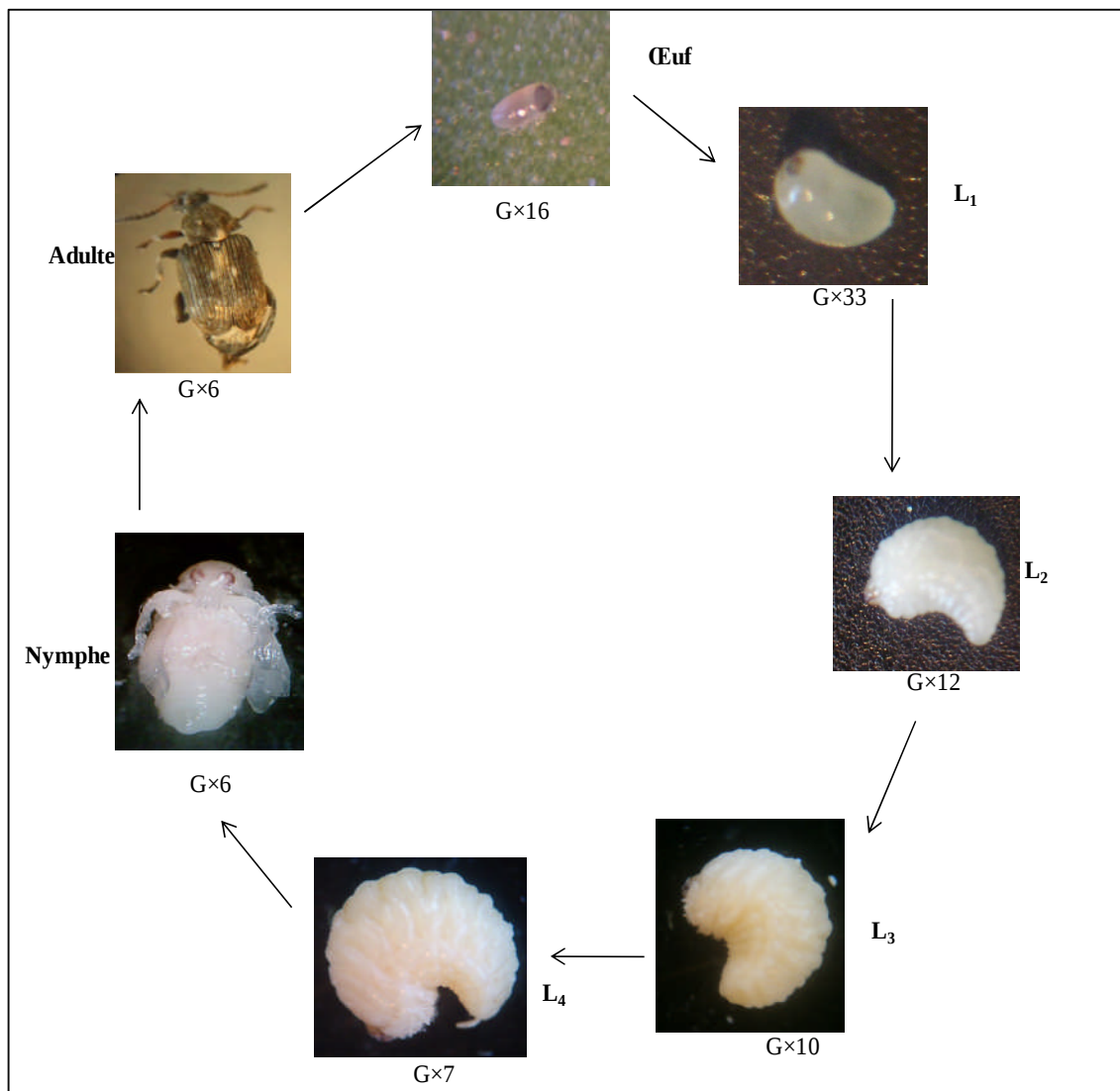


Figure 69 : Différents stades de développement de *B. rufimanus* (Originale, 2014)

4- Discussion

Durant nos observations, en 2013, la durée du développement embryonnaire de *B. rufimanus* la plus courte est notée chez la variété Séville et Aguadulce (26 jours), sur la féverole, cette durée est de 42 jours. En 2014, sur les parcelles semées précocement, la durée de développement embryonnaire est de 22 jours sur les variétés Séville et Aguadulce et elle est de 29 jours sur la féverole. Sur les parcelles semées tardivement, le développement embryonnaire est de 21 jours sur les trois variétés étudiées. En 2015, sur les parcelles semées en basse altitude, la durée du développement embryonnaire est de 21 jours pour la Séville et l'Aguadulce et 28 jours pour la féverole. Sur les parcelles semées en altitude, la durée de développement embryonnaire est de 35 jours sur la Séville et 42 jours sur l'Aguadulce et la féverole. D'après ces observations, la durée du développement de l'œuf en larve diffère d'une année à une autre et en fonction des variétés et la date des premières pontes des œufs par les femelles. En altitude, cette durée de développement est lente, cela est dû, sans doute, aux conditions climatiques défavorables, notamment les températures et la neiges qui ralentissent la croissance de la plante et ainsi que l'activité des insectes dont celle de la bruche.

Contrairement à ce que nous avons observé, Cambell (1920) rapporte que, l'incubation des œufs de *B. rufimanus* dure 9 à 18 jours avec une moyenne de 13 jours. Kamito et *al.* (1977) ont constaté une durée moyenne de 11 jours. Taupin (1985) et Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007) mentionnent une durée d'incubation de 10 jours, à 22°C. Boughdad (1994) estime que le développement embryonnaire s'effectue entre 5 et 20 jours, selon la date de la ponte. Nos résultats se rapprochent de ceux rapportés par Lardjane-Hamiti (2009), qui signale que, la durée du développement embryonnaire varie d'une année à une autre, elle s'étale sur 36 jours environ.

Après développement embryonnaire, les larves néonates pénètrent dans la gousse et s'installent dans la graine en croissance. La durée du développement larvaire dépend de la vitesse d'évolution de la graine et aussi, de la rapidité de croissance de la culture. La nymphose s'effectue à l'intérieur de la graine stockée. D'après nos observations, le développement des larves du premier stade s'est effectué entièrement au champ dans les graines vertes en formation, en 2013. Par contre en 2014 et 2015, ces larves L₁ se développent pour la majorité au champ et continuent en stock dans les graines mûres sur les différentes variétés. En 2013, leur présence s'échelonne sur 28 jours sur la parcelle à variété Séville et

Aguadulce. La plus courte durée de leur présence est de 21 jours sur la féverole. En 2014, sur les parcelles semées précocement, les larves L_1 sont observées entre 26 et 56 jours, tandis que sur les parcelles semées tardivement, elles sont rencontrées sur 47 jours environ. En 2015, sur les parcelles semées en basse altitude, les larves L_1 durent entre 55 et 62 jours et elles varient de 41 à 55 jours sur les variétés semées en altitude. Le ralentissement dans le développement de la larve L_1 est probablement dû aux conditions climatiques défavorables à savoir la chute des neiges observées durant la période de végétation de la plante hôte, notamment en altitude.

Nos résultats corroborent ceux de Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007) et Lardjane-Hamiti (2009) qui rapportent que, la durée du premier stade larvaire varie entre 31 et 77 jours en moyenne pour les premiers auteurs et elle s'échelonne sur environ 80 jours selon le deuxième auteur, dans des graines récoltées dans la région de Tizi-Ouzou. Au Maroc, Boughdad (1994) montre que la durée de ce stade larvaire est de 24 à 36, 26 à 39 et 18 à 27 jours en 1989, 1990 et 1991, respectivement. Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015) signalent que les larves L_1 s'échelonnent sur 42 jours sur la parcelle à variété Séville et 49 jours sur la féverole à Haizer dans la région de Bouira.

Le deuxième stade larvaire se développe dans les graines mûres avec un petit nombre et continue dans les graines sèches en nombre important. Nos observations sont différentes de celles faites par Boughdad (1994) ; Medjdoub-Bensaad et Khellil (2008) qui rapportent qu'environ 99% des larves du deuxième stade se développent au champ et seule une faible proportion se rencontre dans les graines après la récolte. Nos observations sont similaires à celles de Lardjane-Hamiti (2009) et Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015) qui mentionnent que les larves du deuxième stade évoluent dans les graines vertes avec une faible proportion et continuent dans les graines sèches. La durée du développement de ce stade L_2 varie entre 48 et 63 jours en 2013, sous les conditions de températures et d'humidités qui règnent au laboratoire, 67 à 90 jours sur les variétés semées précocement et 58 à 76 jours sur celles semées tardivement, en 2014. En 2015, les L_2 s'échelonnent sur 55 jours pour les variétés semées en basse altitude et 48 à 62 au niveau de celles semées en altitude. L'étalement de ce stade en 2013 et sur les parcelles d'altitude en 2015, s'explique par l'échelonnement de la ponte, qui s'effectue aussi bien sur les jeunes gousses, que sur les gousses mûres encore vertes, ceci est probablement dû aux conditions climatiques défavorables comme les basses températures. Chakir (1998) attribue ce ralentissement au changement de l'état physique et probablement nutritionnel des graines, au cours de leur croissance.

Les larves du troisième stade se développent exclusivement dans les graines sèches. La durée de ce stade est de 70 jours sur la variété Séville, 75 jours sur l'Aguadulce et la féverole, en 2013. Au niveau des variétés semées précocement, la durée du stade L_3 varie entre 70 et 90 jours, avec une courte durée pour la variété Aguadulce, et sur les variétés semées tardivement, cette durée s'échelonne de 58 à 83 jours, avec une courte durée pour la variété Séville. En 2015, sur les variétés semées en basse altitude, la durée du développement du stade L_3 est de 96 jours environ sur la variété Séville et l'Aguadulce et elle est de 48 jours sur la féverole. En altitude, la durée la plus courte est notée sur la féverole avec 58 jours, tandis que sur les deux autres variétés, elle est de 62 jours. Ainsi nous pouvons noter que, la durée du 3^{ème} stade larvaire varie selon les années, l'altitude et la date de semis des parcelles, qui semble être aussi en fonction des conditions climatiques des régions d'études. Nous constatons que par ailleurs, la durée de ce stade de développement est plus longue, notamment sur les variétés Aguadulce et féverole, en 2013 et 2014. Cela est peut être dû, au fait que les L_3 évoluent exclusivement dans les graines sèches et nécessitent un apport nutritionnel important dans la graine au cours de leur croissance. Les mêmes observations sont faites par Boughdad (1994), Medjdoub-Bensaad et *al.* (2007), Lardjane-Hamiti (2009) ; Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015), qui indiquent que le stade de développement L_3 est plus long, il est de 105 jours, 49 à 105 jours, 70 à 77 jours et 77 à 84 jours, respectivement.

Les larves du quatrième stade sont également prélevées dans les graines sèches entreposées, ces larves sont observées à partir du mois de juin et se maintiennent jusqu'au mois de septembre dans les différentes parcelles d'étude. En 2013, elles ont un développement rapide, qui est probablement liée aux conditions climatiques favorables, notamment les températures qui ne diffèrent pas dans la durée et les lieux, aussi bien au niveau du champ, qu'à l'entrepôt de stockage, qui favorisent un développement rapide des larves de ce stade. En 2014 et 2015, le développement de la larve L_4 est lent, elle a mis plus de temps pour se transformer en Nymphe. Ces résultats rejoignent ceux de Boughdad (1994) qui rapporte que le quatrième stade larvaire met plus de temps pour se développer. D'après le même auteur, ce stade larvaire varie entre 43 à 54, 27 à 42, et 37 à 66 jours respectivement en 1989, 1990 et 1991, au Maroc. Les températures ambiantes et l'échelonnement des pontes sont à l'origine de l'étalement de ce développement. Chakir (1998) attribue ce ralentissement au changement de l'état physique des graines qui doit être lié au dessèchement de ces dernières, donc à une diminution de leur teneur en eau. Les graines vertes en croissance apparaissent plus favorables au développement des larves.

Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015) observent aussi un étalement important de ce stade, il est entre 91 à 98 jours, en 2014, à Haizer dans la région de Bouira.

Le développement du stade nymphal est rapide en 2013 et lent en 2014 et 2015. Cette nymphose se déroule à l'intérieur des graines sèches. Sous les conditions de nos agrosystèmes, les nymphes se transforment en adultes, généralement, durant une période de 20 jours en moyenne. Cette durée ne serait, que de 6 jours seulement pour Balachowsky (1962). Juchnowicz et *al.* (1958) indiquent une période de nymphose de 13 jours. Boughdad (1994) estime qu'au Maroc, ce stade s'étale sur deux semaines, et plus de deux semaines respectivement dans les régions d'Ain Sbit et Meknès.

Les adultes de *B. rufimanus* les plus précoces sont apparus au début du mois d'août, en 2013, et les plus tardifs fin août et début septembre en 2014 et 2015. Nos résultats rejoignent ceux trouvés par Medjdoub-Bensaad et *al.* (2010) qui rapportent que les premiers adultes émergent des graines à partir de la troisième semaine du mois d'août. De même Hamani-Aoudjit et Medjdoub-Bensaad (2015), signalent que les imagos apparaissent vers la troisième semaine du mois d'août. Avant le retour des conditions favorables, les adultes restent en diapause reproductrice pendant une période d'environ 7 mois, soit à l'intérieur des graines entreposées ou dans les lieux d'hivernation en pleine nature en attendant la fin de la diapause pour ensuite aller coloniser les champs de fèves à la saison suivante. La connaissance du devenir de ces adultes, notamment leur survie et leur évation de ces lieux, permet de mieux comprendre les conditions d'infestation des fèves au champ.

Le cycle biologique entier (de l'œuf jusqu'à l'apparition des premiers adultes) de *B. rufimanus* s'échelonne pour les populations étudiées, sur une période allant de 4 mois et 4 jours à 5 mois et 3 jours, sur les trois années d'étude. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Medjdoub-Bensaad (2007) et Lardjane-Hamiti (2009). Le premier auteur signale que *B. rufimanus* accomplit son cycle de développement durant les quatre années agricoles (2002, 2003, 2004 et 2005), sur une période allant de 4 mois et une semaine à 5 mois et demi. Pour le 2^{ème} auteur, l'accomplissement du cycle se fait sur une durée de 4 mois et 23 jours à 5 mois et 8 jours.

Au Maroc, le développement larvaire de *B. rufimanus* dure en moyenne 14 à 15 semaines selon les années (Boughdad, 1994). Kamito et *al.* (1977) constatent que la vie larvaire dure 75 jours, pour Juchnowicz et *al.* (1958), 40 jours suffisent. Taupin (1985) estime qu'en France, ce développement s'étale de 2 à 3 mois.

La durée du cycle ne présente pas une grande variation quelques soient les conditions dans lesquelles se sont développées les populations de *B. rufimanus*. Ceci est probablement dû au fait que la colonisation des parcelles de fève par les adultes de *B. rufimanus* se fait à la même période, cependant l'état physiologique des plantes est différent. Le substrat de ponte est disponible dès l'arrivée des bruches adultes dans les champs de fèves et la reproduction commence dès que la diapause est levée, puisque l'insecte dispose des ressources trophiques (pollen et nectar) permettant cette dernière.

Les femelles déposeront leurs œufs de préférence sur les gousses jeunes des pieds qui présentent encore des inflorescences qui leur servent de substrat trophique. De ce fait l'infestation est plus importante sur les gousses des parcelles semées tardivement. Les adultes de *B. rufimanus* colonisent les parcelles de *V. faba* dès qu'elles sont en fleur et même pendant la vie végétative de la plante hôte, ce qui permet à ce ravageur de continuer son cycle de reproduction en altitude, jusqu'à la fin du printemps et début de la saison estivale.

Les jeunes gousses présentent un péricarpe épais (charnu) et les larves néonates doivent mettre plusieurs jours pour le traverser ; Kamito et al. (1977) signalent que la larve de *B. rufimanus* met 9 jours pour atteindre la graine. Pour Boughdad et Lauge (1997) cette durée serait de deux semaines, mais cela doit dépendre des conditions climatiques et de la variété de fève utilisée, comme nous l'avons observé sur la variété Séville.

Si la jeune larve traverse facilement le péricarpe des gousses en croissance et le tégument des graines vertes, elles sont incapables de creuser le tégument des graines sèches, où les larves âgées évoluent normalement dans les stocks. En effet, le tégument des graines sèches constitue non seulement une barrière mécanique mais aussi une barrière chimique, par l'effet dépressif des tannins condensés après ingestion (Boughdad et al., 1986). Ces substances confèrent une protection aux plantes contre les insectes phytophages (Janzen et al., 1977 ; Johnson, 1981). Cette impossibilité de pénétration dans les graines sèches nécessite la mise en place d'adaptations physiologiques chez *B. rufimanus*, telles que le monovoltinisme et absence de ponte sur les graines sèches.

Par ailleurs, Janzen et al. (1977) et Huignard et al. (1990) signalent que les larves de Bruchidae spécialistes possèdent un équipement enzymatique très développé leur permettant de détruire les composés secondaires souvent très toxiques (alcaloïdes, glycosides, inhibiteurs d'enzymes digestifs) présents dans les graines de leurs plantes hôtes.

Le développement des stades larvaires est en relation avec la phénologie de la plante - hôte. Les basses températures ralentissent le taux de synthèse biochimique, ce qui augmente en parallèle la durée du développement de l'insecte. La récolte des fèves se fait vers la fin du mois de mai et début juin, à ce moment tous les insectes sont encore à l'état larvaire, aucun opercule ni émergence d'adulte n'est observé.

Le développement larvaire s'effectue ainsi en quatre stades et se déroule dans des conditions trophiques différentes. Les L₁ évoluent exclusivement dans les graines vertes et les L₂ dans les graines mûres et sèches, les L₃ et les L₄ dans les graines sèches entreposées. Par contre Chakir (1998) et Medjdoub-Bensaad (2007) soulignent que les larves L₁ et L₂, se développent dans les graines vertes, les L₄ dans les graines mûres et sèches et entre ces deux extrêmes, les L₃ évoluent en partie dans les graines en maturité et dans les graines sèches.

Chapitre V

Inventaire des invertébrés sur une parcelle de *Vicia faba* major

1. Introduction

La préservation de la biodiversité représente, outre les enjeux écologiques incontestables, un enjeu économique pour la société. La conservation des espèces animales et plus particulièrement entomologique dans les agrosystèmes comme les cultures légumières présente divers intérêts. Le contrôle biologique des insectes ravageurs est un service important de l'écosystème qui est souvent pris en charge par les écosystèmes naturels (Power, 2010).

Les milieux non cultivés fournissent l'habitat et les diverses ressources alimentaires nécessaires pour les arthropodes prédateurs et parasites, ainsi que les pathogènes microbiens qui agissent comme des ennemis naturels des ravageurs agricoles et constituent des moyens de lutte biologique dans les écosystèmes agricoles. La pollinisation est un autre service écosystémique important fourni par la biodiversité. Klein et *al.* (2007) ont estimé que 75% des espèces végétales d'importance mondiale pour la production alimentaire dépendent de la pollinisation animale, principalement par les insectes. Par ailleurs, la microfaune du sol assurant la structure et la fertilité des sols fournit des services écosystémiques essentiels aux agroécosystèmes.

La biodiversité agricole a donc une importance capitale dans le fonctionnement des agroécosystèmes (Tscharnkte et *al.*, 2005), et ce titre mérite d'être non seulement conservé mais également intégré comme un élément majeur d'une agriculture durable.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été réalisée. Notre choix s'est porté sur la culture de la fève qui s'étend sur de grandes surfaces dans la région de Kabylie. En dépit des avantages qu'offre cette légumineuse, les rendements à l'hectare en *V. faba* demeurent très faibles. En supplément des différentes contraintes (citées dans le premier chapitre), les cultures de la fève sont affectées par différents organismes, qu'ils soient utiles susceptibles d'être des régulateurs des populations de *B. rufimanus* ou nuisibles. Notre objectif est de permettre une amélioration des connaissances concernant la biodiversité des invertébrés inféodés à la fève dans la région d'étude. C'est dans ce but que nous avons jugé utile d'apporter ce sujet, inventorier et classer suivant les différents régimes alimentaires les invertébrés présents dans cette culture. Un inventaire des mauvaises herbes a été également réalisé dans la parcelle. Dans notre cadre, l'importance de connaître la flore adventice réside dans le fait qu'elle peut constituer une source de nourriture additionnelle et de refuge pour certains insectes ravageurs, notamment les pucerons et la bruche de la fève.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

Cette présente étude a été réalisée sur champ dans une parcelle de fève variété Séville (*Vicia faba* var. major) d'environ 200m², semée durant la campagne agricole 2012-2013. Notre station d'étude (Thala Toulmouts) est localisée dans la région de Tizi-Rached, située à 10 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou (Nord d'Algérie) à 36°42' latitude Nord et 4°13' longitude Est (voir chapitre IV) à une altitude de 100 m. Le sol est de type argileux. Il est à noter que la parcelle n'a subi aucun traitement phytosanitaire durant toute la période d'échantillonnage.

2.2. Méthodologie

Afin de réaliser ce travail et dans le but de savoir quels sont les invertébrés inféodés à la fève, 15 sorties ont été effectuées du 24/02/2013 au 02/06/2013 à raison d'une sortie chaque semaine, durant la période de floraison et la fructification de *V. faba*.

2.2.1. Echantillonnage des plantes adventices

Nous avons procédé à un prélèvement aléatoire pratiquement de toutes les espèces adventices observées qui se trouvent entre les pieds de fève et celles entourant la parcelle après la période de floraison de *V. faba*. Après avoir pris le soin de les récolter avec les racines, la tige, les feuilles et les fleurs, nous les avons faites sécher pendant 10 jours au laboratoire, dans du papier journal. L'identification a été réalisée à l'Université de Tizi-Ouzou, grâce à la collaboration de Mr. Laribi et Mr. Asla (Maîtres assistants chargé de cours à l'U.M.M.T.O).

2.2.2. Echantillonnage des différentes espèces d'invertébrés présentes dans la parcelle de fève

Pour la réalisation de notre inventaire, trois méthodes d'échantillonnages sont adoptées ; le fauchage, pièges trappes et les pièges-attractifs.

2.2.2.1. Le fauchage

La méthode de fauchage est tout simplement une chasse dite au hasard. Elle a pour but de déloger les insectes des végétaux, surtout ceux qui se trouvent sur la cime des herbes. Le filet fauchoir est l'outil de l'entomologiste professionnel. Il comporte une poche solide profonde, enfilée sur un cercle robuste. Le manche est rigide, en aluminium ou en bois (Benkhelil, 1991), le cercle sera formé de fil de fer rond de 0,3 à 0,4cm de section et de 30cm de diamètre. La profondeur du sac varie entre 40 à 50cm. Son fond est plat ou légèrement arrondi. Le manche mesure entre 70 et 160cm de long (Nageleisen et Bouget, 2009). La

méthode consiste à animer le filet par des mouvements de va et vient proches de l'horizontale, tout en maintenant le plan perpendiculaire au sol (Benkhelil, 1991).

Deux sorties sont effectuées par mois, où dans chacune d'elle 10 coups de filet fauchoir sont appliqués. Pour accueillir les invertébrés, nous redressons le filet et nous les récupérons à la main, à l'aide d'une pince souple, ou mieux à l'aspirateur (l'aspirateur buccal que nous avons utilisé et qui est de notre conception).

Le contenu du filet est récupéré dans une boîte de Pétri, où sont mentionnés la date et le lieu de capture. Les boîtes sont ensuite ramenées au laboratoire pour la détermination des spécimens capturés.

2.2.2.2. Pièges-trappes ou pots Barber

Selon Benkhelil (1991), l'emploi des pièges trappes ou pots Barber constitue une technique de piégeage des arthropodes de moyenne et de grande taille. Cette méthode présente des facilités lors de son application sur terrain et elle ne nécessite aucun matériel sophistiqué. Un récipient enfoncé dans le sol intercepte les animaux mobiles qui tombent à l'intérieur (Nageleisen et Bouget, 2009). Dans le cas présent, les pots pièges utilisés sont des boîtes de conserve cylindriques de 15 cm de diamètre et de 18 cm de profondeur. Ils sont enterrés verticalement de façon à ce que l'ouverture se trouve à ras du sol, afin d'éviter l'effet barrière pour les petites espèces.

Dix pots sont installés en ligne avec un intervalle régulier de 5 mètres, de sorte qu'il n'y ait pas d'interaction entre eux (transect). Ils sont remplis au tiers avec de l'eau et quelques gouttes de détergent jouant le rôle d'un mouillant qui empêche les arthropodes de remonter le long des parois. La périodicité des relevés et le renouvellement des pots est de 7 jours (une semaine).

2.2.2.3. Pièges-attractifs ou assiettes jaunes

D'après Nageleisen et Bouget (2009), ce type de piège est basé sur l'attraction visuelle des insectes héliophiles et floricoles par les couleurs (mimétiques des fleurs). Roth et Leberre (1963) ajoute que ces récipients sont placés près de la végétation, soit au sol en herbe rase, soit sur des plateaux fixés à des piquets ou directement aux branches dans la frondaison.

Les pièges colorés utilisés sont des récipients en matière plastique, de 20cm de diamètre, de couleur jaune, ils sont remplis aux 3/4 d'eau en plus d'une goutte de liquide mouillant.

La parcelle est divisée en 9 blocs, où une assiette a été déposée au milieu de chacun d'eux. Les pièges sont installés au sol dans la culture, selon un quadra donné. Au bout de 7

jours, le matériel biologique est récupéré et mis dans des boîtes de Pétri portant le type du piège, la date et le lieu de capture.

Les invertébrés capturés sont mis dans des flacons en verre, muni d'un bouchon en plastique bien ajusté et remplie aux deux-tiers d'alcool à 70°, portant des étiquettes où sont indiqués le type du piège, la date de récolte et le lieu de capture.

Après la collecte des invertébrés sur champs, pour chaque sortie et selon les différentes méthodes d'échantillonnage (pièges trappes, pièges colorés, fauchage), les échantillons sont analysés au laboratoire en commençant par le triage des spécimens récoltés.

La détermination des différentes espèces a été réalisée par le professeur Doumandji S.E de l'Ecole National Supérieur d'Agronomie d'El-Harrach (E.N.S.A.) et Dr Marniche F., Maître de Conférences et Enseignante à l'école supérieure nationale vétérinaire d'El Harrach.

2.3. Exploitation des résultats

Les résultats de la présente étude sont exploités par la qualité de l'échantillonnage et les indices écologiques de composition et de structure.

2.3.1. Qualité de l'échantillonnage

La qualité de l'échantillonnage est le rapport du nombre des espèces vues une seule fois au nombre total de relevés. Plus le rapport a/N est petit, plus la qualité de l'échantillonnage est grande. Celle-ci est donnée par la formule suivante (Blondel, 1979) :

$$Q = a/N$$

Q : Qualité de l'échantillonnage.

a : Nombre des espèces vues une seule fois avec un seul exemplaire. Ici « a » correspond au nombre d'espèces observées une seule fois dans les pots Barber et les assiettes jaunes.

N : Nombre total de relevés.

2.3.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques

2.3.2.1. Indices écologiques de composition

Les résultats obtenus sont analysés par les indices suivants : la richesse totale (S), fréquence centésimale (F.C. %) et la fréquence d'occurrence (F.O. %).

2.3.2.1.1. Richesse totale (S)

La richesse totale d'une biocénose correspond à la somme des espèces qui la composent (Ramade, 2003). Dans le cas de la présente étude la richesse totale (S) correspond au nombre total des espèces échantillonnées. Cet indice est appliqué pour chaque méthode d'échantillonnage.

2.3.2.1.2. Fréquence centésimale (F.C. %) ou abondance relative (A.R. %)

La fréquence centésimale est le pourcentage des individus de l'espèce (n_i) prise en considération par rapport au total des individus N de toutes espèces confondues (Dajoz, 1971). Elle est donnée par la formule suivante : $F.C. \% = (N_i \times 100) / N$

F.C. % : Fréquence centésimale;

N_i : Nombre des individus de l'espèce rencontré ;

N : Nombre totale des individus de toutes les espèces.

2.3.2.1.3. Fréquence d'occurrence (F.O.%)

La fréquence d'occurrence est le rapport (%) du nombre des relevés contenant l'espèce (P_i) prise en considération par rapport au nombre total des relevés (P) (Dajoz, 1982). D'après Faurie *et al.* (2003), elle est définie comme suit : $F.O. \% = (P_i \times 100) / P$

F.O. % : Fréquence d'occurrence;

P_i : Nombre des relevés contenant l'espèce étudiée ;

P : Nombre total des relevés effectués.

Selon Dajoz (1971), en fonction de la valeur de F.O. (%), on distingue les catégories ci-dessous, les espèces sont dites :

- Omniprésentes si $F.O. = 100 \%$;
- Constances si $75 \% \leq F.O. < 100 \%$;
- Régulières si $50 \% \leq F.O. < 75 \%$;
- Accessoires si $25 \% \leq F.O. < 50 \%$;
- Accidentelles si $5 \% \leq F.O. < 25 \%$;
- Rares si $F.O. < 5 \%$.

2.3.2.2. Indices écologiques de structure

Les résultats sont représentés par l'indice de diversité de Shannon-Weaver, la diversité maximale et l'indice d'équitabilité.

2.3.2.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver

Selon Ramade (1984), il s'avère nécessaire de combiner l'abondance relative des espèces et la richesse totale afin d'obtenir une expression mathématique de l'indice général de la diversité de Shannon-Weaver. Elle est donnée par la formule suivante:

$$H' = - \sum q_i \log_2 q_i$$

$q_i = n_i / N$

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en unité bits;

q_i : Fréquence relative de la catégorie des individus par rapport au nombre total des individus de toutes espèces confondues;

n_i : Nombre total des individus de l'espèce (i);

N : Nombre total de tous les individus de toutes les espèces.

2.3.2.2.2. Diversité maximale

La diversité maximale (H' max.) correspond à la valeur de la diversité la plus élevée possible du peuplement, calculée sur la base d'une égale densité pour toutes les espèces présentes (Muller, 1985). Cette diversité est représentée par la formule suivante :

$$H' \text{ max.} = \text{Log}_2 S$$

S : Nombre total des espèces d'arthropodes présentes.

2.3.2.2.3. Indice d'équitabilité

D'après Barbault (1981), l'équitabilité (E) est le rapport de la diversité observée (H') à la diversité théorique maximale (H' max.).

$$E = H' / H' \text{ max}$$

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand les effectifs des espèces présentes sont en déséquilibre entre eux. Dans ce cas une ou deux espèces dominent tout le peuplement par leurs effectifs. Elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces sont représentées par des effectifs très voisins. Cela signifie que les effectifs des espèces capturées ont tendance à être en équilibre entre eux.

3. Résultats

3.1. Echantillonnage des plantes adventices

Les plantes adventices présentes dans l'agrosystème et qui sont susceptibles d'être une base trophique pour la bruche sont inventoriées, et les résultats sont mentionnés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Plantes adventices présentes dans la parcelle d'étude.

Plantes adventices échantillonnées dans les parcelles d'étude	
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Malva sylvestris</i>
<i>Andryola ibtegrifolia</i>	<i>Melilotus</i> sp.
<i>Avena sativa</i>	<i>Oxalis</i> sp.
<i>Borago officinalis</i>	<i>Picris echinoides</i>
<i>Brassica aulexicaulix</i>	<i>Ranunculus sardous</i>
<i>Chrysanthemum myconis</i>	<i>Ranunculus muricatus</i>
<i>Erodium moscatum</i>	<i>Silybum maritimum</i>
<i>Germanium</i> sp.	<i>Stellaria media</i>
<i>Gladiolus segetum</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
<i>Lamium</i> sp.	<i>Vicia sativa</i>
<i>Lavatera cretica</i>	

3.2. Résultats de l'inventaire global des invertébrés

L'échantillonnage réalisé grâce à l'utilisation des pots Barber, des pièges colorés et du filet fauchoir, durant la période allant de 24 /02 /2013 au 02 /06/2013, a permis de dresser la liste des invertébrés rencontrés sur la culture de la fève. Les espèces recensées sont identifiées et rassemblées dans le tableau 25 en mentionnant la classe, l'ordre, la famille, le genre et l'espèce ainsi que leur régime alimentaire.

Au terme de cette étude, 54 espèces d'invertébrés sont recensées. Elles sont distribuées en 4 classes animales : Gastropoda, Crustacea, Arachnida et Insecta. Cette dernière est la mieux représentée. Ces espèces sont réparties entre 11 ordres systématiques dont les plus importants sont les Coleoptera, les Hymenoptera et les Homoptera. Cet inventaire englobe également 31 familles et 45 genres.

Tableau 25 : Liste des espèces d'invertébrés inventoriées dans la parcelle de fève Séville semée à Thala Toulmouts.

Ordre	Famille	Espèces	Pots Barber	Pièges colorés	Filet fauchoir	Régime alimentaire
Pulmonea	Helicidae	<i>Helix apersa</i>	+	-	+	Phytophage
		<i>Theba pisana</i>	+	-	+	Phytophage
		<i>Euparypha pisana</i>	+	-	+	Phytophage
	Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	+	-	-	Omnivore
Isopoda	Oniscidae	Oniscidae sp. ind.	+	-	-	Phytophage
Aranea	Aranea F.und.	Aranea sp1	+	+	-	Insectivore - - -
		Aranea sp2	+	+	-	
	Lycosidae	Lycosidae sp. ind.	+	+	-	
	Salticidae	Salticidae sp. ind	+	-	-	
Coleoptera	Cetoniidae	<i>Tropinota squalida</i>	+	+	+	Phytophage
		<i>Oxythorea fuesta</i>	-	+	-	Phytophage
	Chrysomelidae	<i>Labidostomis</i> sp.	+	+	-	Phytophage
		<i>Bruchus rufimanus</i>	+	+	+	Phytophage
	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	+	+	+	Aphidiphage
		<i>Adonia variegata</i>	+	-	+	Aphidiphage
	Curculionidae	<i>Boridius</i> sp.	+	+	+	Phytophage
		<i>Sitona</i> sp.	+	+	+	Phytophage
		<i>Lixus algerus</i>	+	+	+	Phytophage
		<i>Hypera</i> sp.	-	+	-	Insectivore
	Cantharidae	<i>Henricopus</i> sp.	+	+	-	Phytophage
		<i>Cantharis rufa</i>	+	+	-	Insectivore
		<i>Psilothrix</i> sp.	+	+	-	Carnivore
	Carabidae	<i>Asaphidion flavipes</i>	+	+	-	Insectivore
		<i>Amara</i> sp.	+	+	-	Carnivore
		<i>Macrothorax morbillosus</i>	+	+	-	Nécrophage
	Silphidae	<i>Silpha granulata</i>	+	-	-	Phytophage
		<i>Silpha opaca</i>	-	+	-	Phytophage

	Cerambycidae	<i>Cartallum ebulinum</i>	+	+	+	Phytophage
Heteroptera	Lygaeidae	<i>Lygaeus militaris</i>	+	-	+	Phytophage
	Coreidae	<i>Syronostes scopha</i>	+	-	+	
Orthoptera	Acrididae	<i>Aiolopus strepens</i>	+	+	+	Polliniphage
Hymenoptera	Anthophoridae	<i>Bombus terrestris</i>	+	+	-	Insectivore
	Vespidae	<i>Polistes gallicus</i>	+	+	-	
		<i>Vespidae</i> sp. ind.	+	+	+	Polliniphage
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	+	+	+	Granivore
	Formicidae	<i>Messor barbarus</i>	+	+	-	Insectivore
		<i>Crematogaster scutellaris</i>	+	+	-	Omnivore
		<i>Tapinoma negerimum</i>	+	-	-	Phytophage
Hemiptera	Alleculidae	<i>Omophlus</i> sp.	+	+	-	Phytophage
	Pentatomoidae	<i>Gnaphosoma lineatum</i>	+	+	+	Insectivore
	Reduviidae	<i>Pirates hybridus</i>	-	+	+	Phytophage
Homoptera	Aphidae	<i>Aphidae</i> sp.1	+	+	+	Phytophage
		<i>Aphidae</i> sp.2	+	+	-	
		<i>Aphis fabae</i>	+	+	-	Phytophage
		<i>Acyrtoriphon pisum</i>	+	+	-	Omnivore
Diptera	Phoridae	<i>Aphiochaeta</i> sp.	-	+	-	
	Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>	-	+	+	
		<i>Calliphora</i> sp.	+	-	+	
	Muscidae	<i>Muscina pabulorum</i>	+	+	-	
		<i>Muscina stabulans</i>	+	+	+	
	Empididae	<i>Tachypeza</i> sp.	+	+	-	Phytophage
		<i>Liriomyza bryoniae</i>	+	-	-	Insectivore
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Episyrphus balteratus</i>	+	+	-	Phytophage
		<i>Heliocoverpa armigera</i>	-	-	+	

+ : Présence ; - : Absence

3.3. Qualité de l'échantillonnage des invertébrés capturés grâce aux pots Barber et les assiettes jaunes

La valeur de la qualité de l'échantillonnage calculée pour les espèces d'invertébrés piégés dans les pots Barber et les assiettes jaunes est représentée dans le tableau 26. Elle est de 0,093 et 0,037 respectivement. La valeur du rapport a/N est inférieure à 1 ce qui explique que notre échantillonnage est bon, autrement dit l'effort de l'échantillonnage est suffisant.

Tableau 26 : Qualité d'échantillonnage des espèces prélevées par les pots Barber et les assiettes jaunes au cours de toute la période d'expérimentation dans la parcelle de fève de variété Séville.

	Pots Barber	Assiettes jaunes
a	14	5
N	150	135
a/N	0,093	0,037

a : Nombre d'espèces vues une seule fois en un seul exemplaire ;

N : Nombre total de pots Barber ou d'assiettes jaunes installés ;

a/N : Qualité d'échantillonnage.

3.4. Composition et structure des invertébrés capturés dans la parcelle de fèves

Dans cette partie les résultats portant sur les invertébrés piégés grâce aux différentes méthodes d'échantillonnage dans la station d'étude (Thala Toulmouts) sont traités par les indices écologiques de composition et de structure.

3.4.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition

Les résultats exploités par les indices écologiques de composition sont développés dans cette partie. La richesse totale est donnée en premier lieu, suivie par les fréquences centésimales et la fréquence d'occurrence.

3.4.1.1. Richesse totale (S) obtenue grâce aux différentes méthodes d'échantillonnage

La richesse totale ou le nombre total d'espèces capturées atteint 54. La valeur de S dans les pots Barber s'élève à 47 espèces. Elle est de 40 espèces pour les assiettes jaunes. 22 espèces sont recensées à l'aide du filet fauchoir.

3.4.1.2. Effectif et fréquence centésimale des classes d'invertébrés capturés

Les effectifs et les fréquences centésimales des différentes classes d'invertébrés capturés par les différentes méthodes d'échantillonnage (pots Barber, assiettes jaunes, filet fauchoir) sont mentionnés dans le tableau 27.

Dans les pots Barber, 248 individus d'invertébrés ont été piégés. Ils sont repartis entre quatre classes (Gasteropoda, Crustacea Arachnida et Insecta) et 47 espèces. La classe des Insecta est la plus dominante avec 164 d'individus (F.C. % = 66,13%), suivi par celle des Arachnida (F.C. % = 14,92%) et des Gasteropoda (F.C. % = 12,5%).

Par le biais des assiettes jaunes, 69 individus sont capturés. Ces derniers sont répartis en 40 espèces et deux classes (Arachnida et Insecta). La classe des Insecta est aussi la plus dominante avec 252 individus (F.C.% = 93,68), suivie par des Arachnida (F.C.% = 6,32%).

Le filet fauchoir a permis de récolter 96 individus appartenant à 22 espèces. Ils se répartissent entre deux classes Insecta et Gasteropoda. Celle des Insecta est la plus fortement représentée avec une fréquence de 85,42%.

Tableau 27 : Effectif et fréquence centésimale des classes d'invertébrés échantillonnées grâce aux pots Barber, aux assiettes jaunes et au filet fauchoir.

	Pots Barber		Pièges colorés		Filet fauchoir	
	Ni	F.C.%	Ni	F.C. %	Ni	F.C. %
Gasteropoda	31	12,5	-	-	14	14,58
Crustacea	16	6,45	-	-	-	-
Arachnida	37	14,92	17	6,32	-	-
Insecta	164	66,13	252	93,68	82	85,42
Total	248	100	269	100	96	100

Ni : Effectifs ; F.C. % : Fréquence centésimale.

3.4.1.3. Effectif et fréquence centésimale des ordres d'invertébrés capturés

Les effectifs et les fréquences centésimales des ordres d'invertébrés capturés à l'aide des pots Barber, des assiettes jaunes et du filet fauchoir sont placés dans le tableau 28. Onze ordres d'invertébrés sont recensés dans la station d'étude.

Les pots Barber regroupent le plus grand nombres d'individus capturés avec 10 ordres. L'ordre des Coleoptera est le plus dominant avec 59 individus (F.C. %= 23,80 %), suivi par celui des Hymenoptera avec 58 individus (F.C. %= 23,38%) (Figure 70).

Dans les assiettes jaunes, 7 ordres sont notés. L'ordre des Coleoptera correspond au taux le plus élevé (F.C. %=28,62 %). Il est suivi par celui des Homoptera (F.C. %=27,10%) (Figure 70).

Le filet fauchoir a permis de recenser 9 ordres. Celui des Coleoptera est le plus représenté avec 55 individus (F.C %=57,3%) (Figure 70).

Tableau 28 : Effectif et fréquence centésimale des représentants d'ordres d'invertébrés capturés par les trois méthodes d'échantillonnage.

	Pots Barber		Pièges colorés		Filet fauchoir	
	Ni	F.C %	Ni	F.C %	Ni	F.C %
Pulmonea	31	12,5	-	-	14	14,58
Isopoda	16	6,45	-	-	-	-
Aranea	37	14,92	17	6,32	-	-
Coleoptera	59	23,80	77	28,62	55	57,3
Heteroptera	3	1,20	-	-	2	2,08
Orthoptera	1	0,40	4	1,62	3	3,13
Hymenoptera	58	23,38	67	24,90	8	8,43
Hemiptera	4	1,62	10	3,71	7	7,32
Homoptera	25	10,08	73	27,10	1	1,05
Diptera	14	5,65	21	7,82	4	4,16
Lepidoptera	-	-	-	-	2	2,1
Total	248	100	269	100	96	100

Ni : Effectifs ; F.C. % : fréquence centésimale

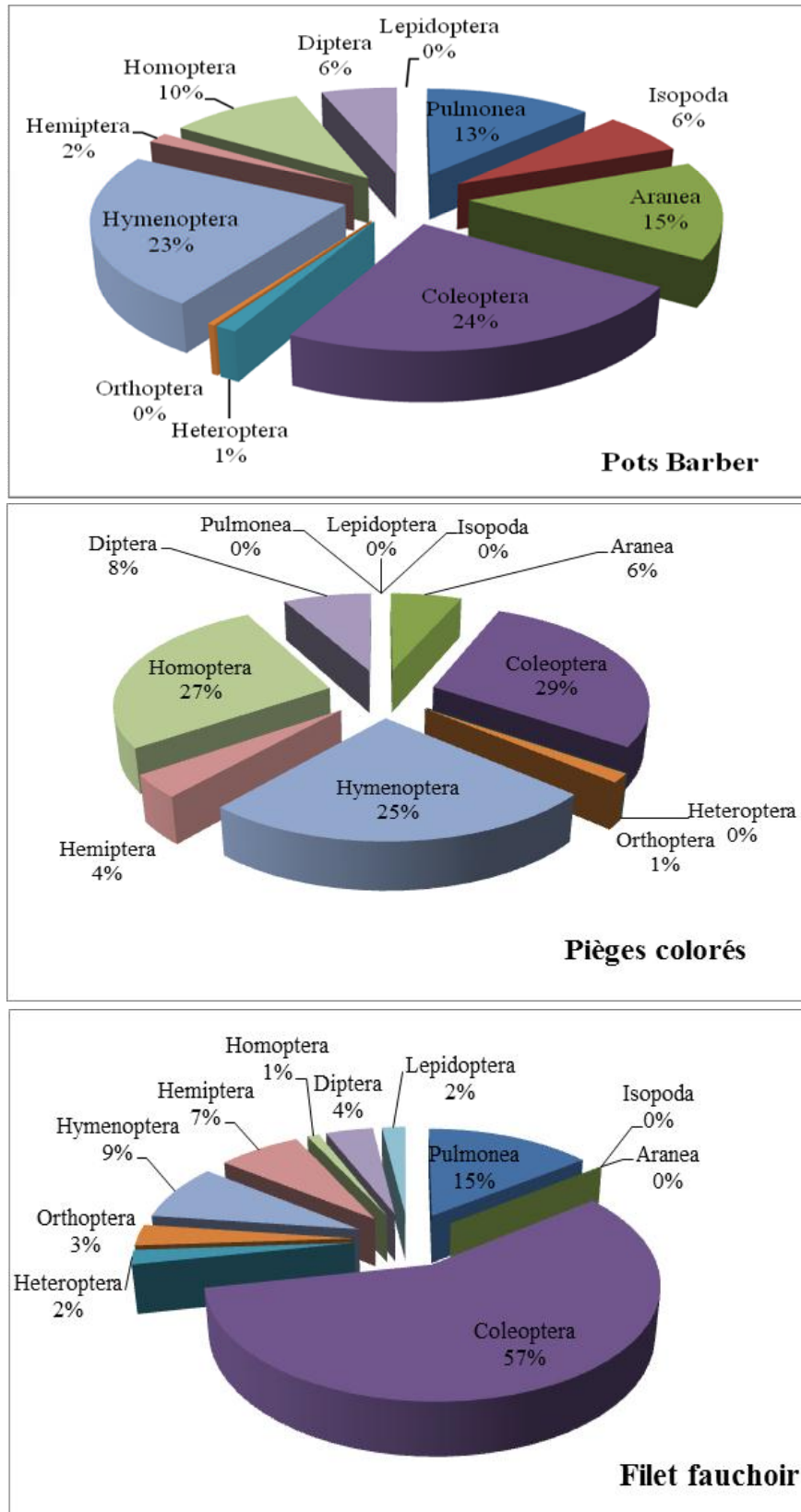


Figure 70 : Fréquences centésimales des représentants d'ordres capturés

3.4.1.4. Effectif et fréquence centésimale des espèces d'invertébrés capturés

Les fréquences ainsi que les effectifs des 54 espèces d'invertébrés capturés par les différentes méthodes d'échantillonnage (pots Barber, assiettes jaunes et filet fauchoir) sont mentionnées dans le tableau 29.

Pendant la période d'étude, 613 individus sont collectés. Les pots Barber ont permis de piéger 47 espèces avec un total de 248 individus, la famille des Formicidae étant la mieux représentée avec un total de 27 individus (F.C.% = 10,88%). *Messor barbarus* est la plus fréquemment observée avec 24 individus au total (F.C.% = 9,67%). Cette espèce est suivie par Oniscidae sp. ind. (F.C.% = 6,45%). *Apis mellifera*, *Asaphidion flavipes* et *Arenae* sp.1 interviennent au troisième rang (F.C.% = 6,04%), *Acyrtoriphon pisum* et Lycosidae sp. ind. Sont représentées avec une fréquence centésimale de 4,83 % (12 individus). Les espèces *Theba pisana*, *Polistes gallicus*, *Rumina decollata* et *Coccinella algerica* sont capturées avec des abondances relatives plus modestes ($3,22\% \leq A.R\% \leq 4,03\%$).

L'installation des assiettes jaunes a permis de recenser 269 individus repartis en 40 espèces. La famille des Aphidae est la plus représentée avec un total de 73 individus (F.C.% = 27,13%). Le puceron noir de la fève *Aphis fabae* est le plus abondant avec 48 individus (F.C.% = 17,84%), suivi par la fourmi *Messor barbarus* avec 31 individus (F.C.% = 11,52%). S'ensuit, *Apis mellifera* avec 6,69 % (18 individus). La coccinelle *Coccinella algerica* quant à elle, est relevée avec une fréquence plus modeste correspondant à 5,58%. Les autres espèces sont recensées avec des fréquences très faibles ($0,38\% \leq A.R\% \leq 3,34\%$).

Dans le filet fauchoir, 96 individus sont capturés, ils sont repartis en 22 espèces. La famille des Coccinellidae est la mieux représentée avec 19,79%. *Bruchus rufimanus* est l'espèce la plus représentée avec un total de 14 individus. La seconde place est occupée par *Adonia variegata* et *Borridius* sp. avec une fréquence de 12,5 % pour les deux espèces. Les espèces *Theba pisana*, *Coccinella algerica* et *Apis mellifera* arrivent en troisième position avec une fréquence de 7,29%. Les abondances des autres espèces sont très faibles ($1,04\% \leq A.R\% \leq 5,20\%$).

Tableau 29 : Effectif et fréquence centésimale des espèces d'invertébrés capturés par les différentes méthodes d'échantillonnages (pots Barber, pièges colorés, filet fauchoir).

Ordre	Famille	Espèces	Pots Barber		Pièges colorés		Filet fauchoir	
			Ni	F.C%	Ni	F.C%	Ni	F.C%
Pulmonea	Helicidae	<i>Helix apersa</i>	6	2.41		-	4	4.16
		<i>Theba pisana</i>	10	4.03	-	-	7	7.29
		<i>Euparypha pisana</i>	6	2.41	-	-	3	3.13
	Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	9	3.63	-	-	-	-
Isopoda	Oniscidae	Oniscidae sp. ind.	16	6.45	-	-	-	-
Aranea	Aranea F.ind.	Aranea sp.1	15	6.05	7	2.60	-	-
		Aranea sp.2	2	0.80	6	2.23	-	-
	Lycosidae	Lycosidae sp. ind.	12	4.83	4	1.49	-	-
	Salticidae	Salticidae sp. ind.	8	3.22	-	-	-	-
Coleoptera	Cetoniidae	<i>Tropinota squalida</i>	6	2.42	4	1.49	4	4.16
		<i>Oxythorea fuesta</i>	-	-	2	0.74	-	-
	Chrysomelidae	<i>Labidostomis</i> sp.	4	1.61	2	0.74	-	-
		<i>Bruchus rufimanus</i>	1	0.4	3	1.11	14	14.58
	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	8	3.22	15	5.58	7	7.3
		<i>Adonia variegata</i>	2	0.80	-	-	12	12.5
	Curculionidae	<i>Boridius</i> sp.	1	0.4	2	0.74	12	12.5
		<i>Sitona</i> sp.	2	0.8	1	0.38	1	1.04
		<i>Lixus algirus</i>	3	1.2	7	2.60	1	1.04
		<i>Hypera</i> sp.	-	-	1	0.38	-	-
	Cantharidae	<i>Henicopus</i> sp.	3	1.2	4	1.49	-	-
		<i>Cantharis rufa</i>	7	2.82	6	2.23	-	-
		<i>Psilothrix</i> sp.	1	0.4	3	1.11	-	-
	Carabidae	<i>Asaphidion flavipes</i>	15	6.04	9	3.34	-	-
		<i>Amara</i> sp.	3	1.2	8	2.97	-	-
		<i>Macrothorax morbillosus</i>	1	0.4	4	1.48	-	-
	Silphidae	<i>Silpha granulata</i>	1	0.4	-	-	-	-
		<i>Silpha opaca</i>	-	-	5	1.85	-	-
	Cerambycidae	<i>Cartallum ebulinum</i>	1	0.4	1	0.38	4	4.17
Heteroptera		<i>Lygaeus militaris</i>	2	0.8	-	-	1	1.04
	Coreidae	<i>Syronostes scophia</i>	1	0.4	-	-	1	1.04
Orthoptera	Acrididae	<i>Aiolopus strepens</i>	1	0.4	4	1.49	3	3.12
Hymenoptera	Anthophoridae	<i>Bombus terrestris</i>	5	2.01	4	1.49	-	-
	Vespidae	<i>Polistes gallicus</i>	10	4.03	3	1.11	-	-
		Vespidae sp. ind.	1	0.40	8	2.97	1	1.04
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	15	6.04	18	6.69	7	7.29
	Formicidae	<i>Messor barbarus</i>	24	9.67	31	11.52	-	-
		<i>Crematogaster scutellaris</i>	1	0.4	3	1.11	-	-
		<i>Tapinoma negerimum</i>	2	0.8	-	-	-	-
Hemiptera	Alleculidae	<i>Omophlus</i> sp.	1	0.4	4	1.48	-	-
	Pentatomoidae	<i>Gnaphosoma lineatum</i>	3	1.2	5	1.85	2	2.08
	Reduviidae	<i>Pirates hybridus</i>	-	-	1	0.37	5	5.20
Homoptera	Aphidae	<i>Aphidae</i> sp.1	6	2.41	3	1.11	1	1.04

		<i>Aphidae</i> sp.2	1	0.4	5	1.85	-	-
		<i>Aphis fabae</i>	6	2.41	48	17.84	-	-
		<i>Acyrtoriphon pisum</i>	12	4.83	17	6.32	-	-
Diptera	Phoridae	<i>Aphiochaeta</i> sp.	-	-	1	0.37	-	-
	Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>	-	-	3	1.11	2	2.08
		<i>Calliphora</i> sp.	2	0.8	-	-	1	1.04
	Muscidae	<i>Muscina pabulorum</i>	1	0.4	3	1.11	-	-
		<i>Muscina stabulans</i>	3	1.2	6	2.23	1	1.04
	Empididae	<i>Tachypeza</i> sp.	1	0.4	4	1.49	-	-
		<i>Liriomyza bryoniae</i> .	2	0.8	-	-	-	-
	Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i>	5	2.01	4	1.49	-	-
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Heliocoverpa armigera</i>	-	-	-	-	2	2.08
Total		54	248	100	269	99.93	96	99.66

Ni : Effectifs ; F.C. % : Fréquence centésimale; sp : Espèce; ind.: Indéterminé.

3.4.1.5. Fréquence d'occurrence et constance (%)

Les données concernant les fréquences d'occurrences des espèces capturées par les différentes méthodes d'échantillonnage sont reportées dans le tableau 30.

Grâce aux pots Barber, 5 catégories d'espèces sont répertoriées dans la station d'étude. La catégorie la plus représentée est celle des espèces accidentelles avec 34 espèces, parmi elles *Rumina decollata*, *Labidostomis* sp., *Bruchus rufimanus*, *Coccinella algerica*, *Cantharis rufa*, *Amara* sp., *Tapinoma negerimum*, *Gnaphosoma lineatum* et *Muscina stabulans*.

Messor barbarus est une espèce classée dans la catégorie de classe omniprésente avec un taux de 100%. *Asaphidion flavipes* se trouve dans la catégorie de la classe constante. Les espèces *Apis mellifera*, *Lycosidae* sp. ind. et *Aranea* sp.1 appartiennent à la catégorie de la classe régulière. La catégorie accessoire quant à elle, est présente avec 8 espèces.

Sur les 40 espèces piégées dans les assiettes jaunes, 33 font partie de la catégorie de la classe accidentelle. Parmi ces espèces *Aranea* sp.2, *Lycosidae* sp. ind., *Tropinota squalida*, *B. rufimanus*, *Boridius* sp., *Sitona* sp., *Lixus algericus*, *Amara* sp., *Bombus terrestris* et *Aphidae* sp.2. *Aranea* sp.1 est la seule espèce appartenant à la classe accessoire. Les espèces régulières sont en nombre de 4 qui sont *Acyrtoriphon pisum*, *Apis mellifera*, *Asaphidion flavipes* et *Coccinella algerica*. *Aphis fabae* est classée comme constante. Enfin, la fourmi *Messor barbarus* fait partie de la classe omniprésente avec un taux de 100%.

L'analyse des résultats obtenus à l'aide du filet fauchoir met en évidence que *Bruchus rufimanus* (F.O.=100%) est la seule espèce omniprésente. Les espèces *Adonia variegata* et *Apis mellifera* appartiennent à la classe de constance régulière. 7 espèces se classent comme accessoire telles que *Theba pisana*, *Euparypha pisana*, *Tropinota squalida*, *Coccinella algerica* et *Cartallum ebulinum*. Enfin, la majorité des espèces sont considérées accidentelles.

Tableau 30 : Fréquences d'occurrences des espèces d'invertébrés capturées par les différentes méthodes d'échantillonnage.

Espèces	Pots Barber		Pièges colorés		Filet fauchoir	
	F.O. (%)	Classe de constance	F.O. (%)	Classe de constance	F.O. (%)	Classe de constance
<i>Helix apersa</i>	26.66	Accessoire	-	-	37.5	Accessoire
<i>Theba pisana</i>	33.33	Accessoire	-	-	37.5	Accessoire
<i>Euparypha pisana</i>	13.33	Accidentelle	-	-	25	Accessoire
<i>Rumina decollata</i>	20	Accidentelle	-	-	-	-
Oniscidae sp. ind.	46.66	Accessoire	-	-	-	-
<i>Aranea</i> sp.1	66.66	Régulière	46.66	Accessoire	-	-
<i>Aranea</i> sp.2	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
Lycosidae sp. ind.	53.33	Régulière	13.33	Accidentelle	-	-
Salticidae sp. ind	26.66	Accessoire	-	-	-	-
<i>Tropinota squalida</i>	26.66	Accessoire	13.33	Accidentelle	25	Accessoire
<i>Oxythorea fusesta</i>	-	-	6.66	Accidentelle	-	-
<i>Labidostomis</i> sp.	13.33	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Bruchus rufimanus</i>	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	100	Omniprésente
<i>Coccinella algerica</i>	33.33	Accidentelle	60	Régulière	37.5	Accessoire
<i>Adonia variegata</i>	13.33	Accidentelle	-	-	62.5	Régulière
<i>Boridius</i> sp.	6.66	Accidentelle	6.66	Accidentelle	75	Constante
<i>Sitona</i> sp.	6.66	Accidentelle	6.66	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Lixus algeris</i>	13.33	Accidentelle	20	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Hypera</i> sp.	-	-	6.66	Accidentelle	-	-
<i>Henicopus</i> sp.	13.33	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Cantharis rufa</i>	20	Accidentelle	20	Accidentelle	-	-
<i>Psilothrix</i> sp.	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Asaphidion flavipes</i>	86.66	Constante	60	Régulière	-	-
<i>Amara</i> sp.	13.33	Accidentelle	20	Accidentelle	-	-
<i>Macrothorax morbillosus</i>	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Silpha granulata</i>	6.66	Accidentelle	-	-	-	-
<i>Silpha opaca</i>	-	-	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Cartallum ebulinum</i>	6.66	Accidentelle	6.66	Accidentelle	25	Accessoire
<i>Lygaeus militaris</i>	13.33	Accidentelle	-	-	12.5	Accidentelle
<i>Syronostes scopha</i>	6.66	Accidentelle	-	-	12.5	Accidentelle
<i>Aiolopus strepens</i>	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Bombus terrestris</i>	13.33	Accidentelle	20	Accidentelle	-	-
<i>Polistes gallicus</i>	40	Accessoire	13.33	Accidentelle	-	-
Vespidae sp ind.	6.66	Accidentelle	20	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Apis mellifera</i>	66.66	Régulière	66.66	Régulière	62.5	Régulière
<i>Messor barbarus</i>	100	Omniprésente	100	Omniprésente	-.	-
<i>Crematogaster scutellaris</i>	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Tapinoma negerimum</i>	13.33	Accidentelle	-	-	-	-
<i>Omophlus</i> sp.	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Gnaphosoma lineatum</i>	13.33	Accidentelle	13.33	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Pirates hybridus</i>	-	-	6.66	Accidentelle	12.5	Accidentelle
Aphidae sp.1	13.33	Accidentelle	13.33	Accidentelle	12.5	Accidentelle
Aphidae sp.2	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Aphis fabae</i>	26.66	Accessoire	86.66	Constante	-	-
<i>Acyrtoriphon pisum</i>	46.66	Accessoire	66.66	Régulière	-	-

<i>Aphiochaeta</i> sp.	-	-	6.66	Accidentelle	-	-
<i>Lucilia sericata</i>	-	-	13.33	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Calliphora</i> sp.	6.66	Accidentelle	-	-	12.5	Accidentelle
<i>Muscina pabulorum</i>	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Muscina stabulans</i>	13.33	Accidentelle	20	Accidentelle	12.5	Accidentelle
<i>Tachypeza</i> sp.	6.66	Accidentelle	13.33	Accidentelle	-	-
<i>Liriomyza bryoniae</i>	6.66	Accidentelle	-	-	-	-
<i>Episyrphus balteatus</i>	13.33	Accidentelle	6.66	Accidentelle	-	-
<i>Helicoverpa armigera</i>	-	-	-	-	25	Accessoire

3.4.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure

3.4.2.1. Diversité des espèces d'invertébrés

Le tableau 31 regroupe les valeurs de l'indice de diversité Shannon-Weaver, de l'indice de diversité maximale et d'équitabilité appliqués aux espèces d'invertébrés capturées par les différentes méthodes d'échantillonnage (pots Barber, assiettes jaunes et filet fauchoir).

La valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver la plus faible est enregistrée pour la méthode du filet fauchoir (3,98 bits). Elle est de 4,95 et 4,6 bits pour celles des Pots Barber et des assiettes jaunes respectivement.

Quant à l'équitabilité enregistrée dans la présente étude, elle varie entre 0,86 et 0,89. Il est à remarquer que ces valeurs tendent vers 1, cela reflète une tendance vers l'équilibre entre les effectifs des espèces d'invertébrés échantillonnées dans la station d'étude.

Tableau 31 : Valeurs des indices de la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H' max) et l'équitabilité appliqués aux espèces d'invertébrés capturées grâce aux différentes méthodes d'échantillonnage.

	Pots Barber	Pièges colorés	Filet fauchoir
(H)	4,95	4,6	3,98
H' max	5,55	5,32	4,46
E	0,89	0,86	0,89

3.4.2.2. Diversité selon le statut trophique

Les résultats concernant l'indice de la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H' max) et l'équitabilité, appliqués aux espèces d'invertébrés capturées selon le statut trophique sont consignés dans le tableau 32.

Selon le régime alimentaire, les espèces sont réparties en 4 catégories. Sur l'ensemble des espèces d'invertébrés recensées, ce sont les espèces phytophages qui occupent la première place en nombre d'espèces avec 325 espèces et les prédateurs (187 espèces) se placent en deuxième position (Figure 71). La diversité de Shannon-Weaver varie de 0,92 et 4,22 bits entre les catégories alimentaires. Elle est de 4,22 pour les phytophages, suivi des prédateurs

avec 3,64 bits. Ces valeurs traduisent une diversité relativement importante d'invertébrés de ces deux catégories dans la station d'étude.

Pour l'équitabilité quant à elle, ses valeurs tendent vers 1, elle traduit une tendance vers l'équilibre entre les effectifs des différentes catégories alimentaires.

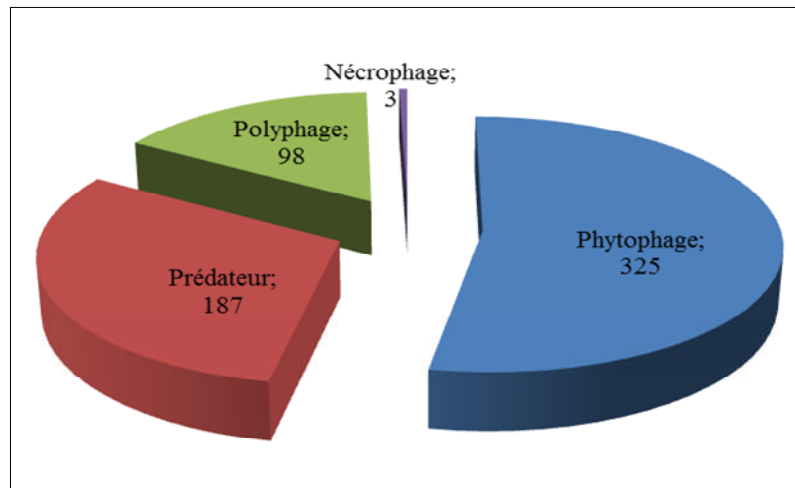


Figure 71 : Répartition des invertébrés capturés selon le régime alimentaire

Tableau 32 : Valeurs des indices de la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale ($H' \max$) et l'équitabilité appliqués aux espèces d'invertébrés capturées selon le statut trophique.

	Phytophage	Prédateur	Polyphage	Nécrophage
(H)	4,22	3,64	2,27	0,92
$H' \max$	4,75	3,9	3,32	1
E	0,88	0,93	0,68	0,92

4. Discussion

La connaissance des invertébrés inféodés à la fève en culture dans la région de Tizi-Ouzou est la première étape de la mise au point de méthodes de lutte contre les insectes ravageurs de la plante et de méthodes de préservations des auxiliaires dans le milieu.

Il ressort de cet inventaire que les invertébrés piégés sont abondants et diversifiés dans la parcelle de fève. Au total, 54 espèces ont été collectées et réparties en 4 classes, 11 ordres et 31 familles. L'ordre des Coleoptera est quantitativement le mieux représenté (pots Barber : F.C. %= 23,80% ; assiettes jaunes : F.C. %=28,62% ; filet fauchoir : F.C %=57,3%).

Nos résultats corroborent avec ceux de Boussad et Doumandji (2004a) qui signalent la présence de 48 espèces d'Invertébrés dans la ferme pilote d'El- Alia, dans un champ de fèves, à la suite du secouement des plants. Dans une étude similaire, Laamari (2006) ayant inventorié

les principaux insectes ravageurs de la fève dans la région de Biskra, signale la présence de 20 espèces réparties en une seule classe : les Insecta, 4 ordres : Homoptera, Diptera, Thysanoptera et Lepidoptera. De même, Lardjane-Hamiti (2009) recense 53 espèces réparties entre 36 familles, 11 ordres et 4 classes animales dans une parcelle de fève dans la région de Fréha (Tizi-Ouzou).

Les résultats de la qualité de l'échantillonnage sont de 0,093 pour les pots Barber et de 0,037 pour les assiettes jaunes. Les valeurs de a/N obtenues sont inférieures à 1, cela signifie que l'échantillonnage est réalisé avec de bonne précision. Le nombre d'espèces signalées une seule fois en un seul individu est de 14 dans les pots Barber et 5 espèces dans les assiettes jaunes. Ces espèces sont dites accidentelles. Les travaux de Kheloul (2014) sur les pucerons de la fève à variété Séville et de la fèverole au niveau de la station de Tizi-Rached dans la région de Tizi-Ouzou, montrent que la valeur de la qualité d'échantillonnage est inférieure à 1 dans les deux parcelles. Elle est de 0,07 pour celle de la fèverole, seule l'espèce *Rhopalosiphum padi* est observée une seule fois. Quant à la parcelle à variété Séville, la valeur de la qualité d'échantillonnage est 0,16. Les espèces *Brachycaudus brassicae* et *Dysaphis plantaginea* sont observées une seule fois. Benoufella-Kitous et al. (2014) travaillant sur les pucerons de différentes cultures à Oued Aissi et Draa Ben Khada dans la région de Tizi-Ouzou, signalent que la valeur de la qualité de l'échantillonnage par rapport aux espèces piégées dans les bassines jaunes dans la parcelle de fèves est égale à 0,10 durant la campagne 2008 et à 0.16 durant la campagne 2013. L'analyse de la faune aphidienne réalisée par ces auteurs sur la culture de pomme de terre indique des valeurs égales à 0,31 en 2008 et 0,25 en 2013.

D'après Blondel (1975), la différence de la qualité d'échantillonnage d'un milieu à l'autre peut être due à la variation d'une espèce à l'autre, des probabilités de capture dans la nature et à la capacité écologique de chaque espèce à peupler les différents biotopes.

La richesse totale des invertébrés est de 54 espèces. Grace aux pots Barber, 47 espèces sont recensées, réparties en 4 classes, 10 ordres et 28 familles. La classe des Insecta vient en tête avec 8 ordres. En utilisant la technique des pièges-trappes dans la région de Filliach à Biskra, Souttou et al. (2006), dans la palmeraie d'Oued Sidi Zarzour, ont capturés 70 espèces d'arthropodes, qui se répartissent entre 3 classes dont celle des Insecta, représentée par 8 ordres, 36 familles et 69 espèces. Les mêmes auteurs montrent que les Hyménoptères occupent la première place avec des taux fluctuant entre 44,9 % en mars 2004, et 66,9 % en janvier 2004, dont *Monomorium* sp. qui sont les plus dominantes. Dans le recensement de l'arthropodofaune par la technique des pots Barber dans un reboisement de pin d'Alep à Sehary Guebly (Djelfa), Souttou et al. (2011) rencontrent trois classes appartenant à l'embranchement

des arthropodes. La classe des insectes est la mieux représentée avec 57 espèces (89,1 %) et 614 individus (97,2 %). Selon Chougourou et *al.* (2012), un total de 37 genres et espèces d'insectes sont collectés sur les différentes parcelles de tomate dans la commune de Djakotomey au Bénin. Dans la présente étude, ce sont les Coleoptera qui dominent avec un pourcentage de 23,80%. Au sein de cet ordre, la famille des Carabidae est la plus comptée (F.C.%=7,66%). L'espèce la mieux représentée est *Asaphidion flavipes* (F.C.%= 6,04%). La famille des Coccinellidae, quant à elle, contribue avec une fréquence de l'ordre de 4,03%, *Coccinella algerica* est l'espèce la plus présente avec un taux de 3,22%. Les Hymenoptera viennent en deuxième position avec un taux de 23,38%. Les Formicidae sont les plus représentés avec une abondance de 10,89%. *Messor barbarus* est l'espèce la plus représentée avec 24 individus (F.C.%=9,67%). Elle est suivie par *Apis mellifera* (Apidae) avec une fréquence de 6,04%. Les autres ordres ne sont représentés que modérément.

L'utilisation de la technique des assiettes jaunes a permis le recensement de 40 espèces avec 269 individus. Elles se répartissent en 2 classes, 8 ordres et 24 familles. La classe des Insecta est la plus importante. L'ordre des Coleoptera correspond au taux le plus élevé (F.C. %=28,62%), les espèces les mieux représentées sont *Coccinella algerica* avec une fréquence de 5,58%, *Asaphidion flavipes* (F.C. %=3,34%) et *Amara* sp. avec un taux de 2,97%. Cette ordre est suivi par celui des Homoptera (F.C. %=27,10%), où la famille des Aphidae est la plus abondante avec une fréquence de 27,14%. *Aphis fabae* est la plus observée (17,84%). Sur la même culture à Oued-Smar, Boussad et Doumandji (2004b) mentionnent que ce sont les Insecta qui occupent le premier rang avec 73 espèces face aux Arachnida avec une seule espèce seulement. L'ordre des Homoptera est le plus important. La famille des Aphidae est la plus représentée avec un total de 73 individus, *Aphis fabae* est la plus représentative avec 48 individus. Selon les mêmes auteurs, en janvier, l'espèce *Aphis fabae* est la plus présente avec 360 individus sur l'ensemble de 25 pieds secoués (A.R. % = 80,4 % > 2 x m; m = 2,1%). Bishara et Weigand (1991) signalent que dans les régions méditerranéenne, la fève est attaquée principalement par *A. fabae* et *A. craccivora* et occasionnellement par *A. pisum*. Bouhachem (2002) mentionne que sur la fève, *Aphis fabae* est la mieux représentative. Les travaux réalisés par Rachef et *al.* (2005) sur une parcelle de fève à variété Aguadulce montrent l'existence de deux espèces de pucerons sur les plants de fève qui sont *Aphis fabae* et *Acyrtosiphon pisum*. Grâce aux pièges jaunes installés dans la parcelle de fève située à El Outaya, Laamari (2006) indique que des pucerons ailés appartenant à 16 espèces sont capturés. Les captures globales sont de l'ordre de 389 individus ailés. Les espèces les mieux représentées

en individus sont *Aphis craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae* et *Hyperomyzus lactucae* correspondant ensemble à 61 % des captures globales

Au niveau des bassines jaunes installées dans la parcelle de fève à variété Séville, Kheloul et Medjdoub-Bensaad (2014) dénombrent 516 pucerons ailés appartenant à 15 espèces. Les espèces les mieux représentées en nombre d'individus sont *Aphis fabae*, *Hyperomyzus lactucae*, *Aphis gossypii* et *Brachycaudus helichrysi* représentant ensemble 81,39% des captures totales. Selon les mêmes auteurs, la prédominance d'*Aphis fabae* avec 119 individus pourrait s'expliquer par la présence de sa plante hôte qui est la fève. Des résultats similaires sont obtenus par Benoufella-Kitous et *al.* (2014), qui annoncent la dominance du puceron noir de la fève *Aphis fabae* avec F.C.=16,7%, en 2008.

Le fauchage réalisé au niveau de la parcelle d'étude a permis l'identification de 22 espèces avec 96 individus reparties en 2 classes : Gasteropoda et Insecta. Ces espèces appartiennent à 9 ordres et 16 familles. *Bruchus rufimanus* est la mieux représentée avec 14 individus (F.C.=14.58%). Dans l'extrême ouest du littoral algérien, 12 espèces orthoptérologiques sont retrouvées par Damerddji et Cheikh en 2013.

Concernant la fréquence d'occurrence, 5 catégories d'espèces sont notées grâce aux pots Barber. La catégorie la plus fréquente est celle des espèces accidentelles avec 34 espèces, parmi elles *Rumina decollata*, *Labidostomis* sp., *Bruchus rufimanus*, *Coccinella algerica*, *Cantharis rufa*, *Amara* sp., *Tapinoma negerimum*, *Gnaphosoma lineatum* et *Muscina stabulans*. *Messor barbarus* est une espèce classée dans la catégorie de classe omniprésente avec un taux de 100%. *Asaphidion flavipes* se trouve dans la catégorie de la classe constante. Les espèces *Apis mellifera*, *Lycosidae* sp. ind. et *Aranea* sp.1 appartiennent à la catégorie de la classe régulière. La catégorie accessoire, quant à elle, est représentée par 8 espèces.

Sur les 40 espèces piégées dans les assiettes jaunes, 33 espèces font partie de la catégorie de la classe accidentelle, parmi ces espèces *Aranea* sp.2, *Lycosidae* sp. ind., *Tropinota squalida*, *Bruchus rufimanus*, *Boridius* sp., *Sitona* sp., *Lixus algeris*, *Amara* sp., *Bombus terrestris* et *Aphidae* sp.2. *Aranea* sp.1 est la seule espèce appartenant à la classe accessoire. Les espèces régulières sont en nombre de 4 qui sont *Acyrtoriphon pisum*, *Apis mellifera*, *Asaphidion flavipes* et *Coccinella algerica*. *Aphis fabae* est classée comme constante. Enfin, la fourmi *Messor barbarus* fait partie de la classe omniprésente avec un taux de 100%. Kheloul et Medjdoub-Bensaad (2014) signalent que, six espèces sont constantes et peuvent être considérées comme de véritables ennemis de la culture de fève à variété Séville. Il s'agit d'*A. fabae*, *H. lactuacae*, *A. gossypii*, *B. helichrysi*, *M. persicae* et *A. solani*. Benoufella-Kitous (2015) révèle que sur la culture de pomme de terre *Myzus persicae* et

Macriphum euphorbiae sont des espèces placées dans la classe omniprésente en 2008. Selon le même auteur, les résultats de la fréquence d'occurrence des espèces aphidiennes étudiées au niveau de la parcelle de la fève, montrent que ces espèces ont des valeurs de constance très variables. Elles sont constantes, régulières, accessoires, accidentelles rares ou très rare.

La diversité de Shannon-Weaver varie d'une méthode à l'autre. Elle est de 4,95 bits pour la méthode des pots Barber, 4,6 bits pour celle des assiettes jaunes et de 3,98 bits pour le filet fauchoir. Ces valeurs traduisent une diversité relativement importante des invertébrés dans la station d'étude. Selon Dajoz (1971), la diversité est conditionnée par deux facteurs : la stabilité du milieu et les facteurs climatiques.

En calculant l'indice de diversité de Shannon-Weaver, Medjdoub-Bensaad et al. (2014) révèlent des valeurs de 0,75 bits et 0,69 bits pour la parcelle de la fève à variété Séville et la fèverole, respectivement. Nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par Benoufella-Kitous (2015) qui indique des valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver de 4,06 bits en 2008 et 3,77 bits en 2013.

En utilisant la technique des pièges-trappes pour l'étude de la biodiversité des arthropodes dans 3 steppes dans la région de Djelfa, Guerzou et al. (2014) signalent des variations des valeurs de diversité entre 1,9 et 3,7 bits à Taicha, 3,02 et 3,5 bits à El Khayzar et 3,6 et 4,0 bits à Guayaza. Pour Souttou et al. (2011), les valeurs de H' fluctuent entre 2,58 bits en janvier et 4,75 bits en juin.

Quant à l'équitabilité enregistrée dans la présente étude, elle varie de 0,86 et 0,89. Il est à remarquer que ces valeurs tendent vers 1, cela reflète une tendance vers l'équilibre entre les effectifs des espèces d'invertébrés échantillonnées dans la station d'étude. Nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par Souttou et al. (2006) qui notent une équitabilité égale à 0,72.

Notre inventaire révèle une dominance des espèces Phytophages (27 espèces avec 325 individus). Les autres catégories sont représentées par les Prédateurs (15 espèces avec 187 individus), les Polyphages (10 espèces avec 98 individus) et les Nécrophages (2 espèces avec 3 individus).

La diversité de Shannon-Weaver varie de 0,92 et 4,22 bits entre les catégories alimentaires. Elle est de 4,22 pour les Phytophages, suivi des Prédateurs avec 3,64 bits. Ces valeurs traduisent une diversité relativement importante d'invertébrés de ces deux catégories dans la station d'étude. Nos résultats se rapprochent de ceux signalés par Ounis et al. (2014) dans des vergers d'abricot à Tkout, qui notent des valeurs de (H') en faveur des Phytophages (2,01 bits) et des Prédateurs (2,56 bits).

Selon Southwood et *al.* (1979), l'augmentation de la diversité végétale entraîne une augmentation de la diversité des phytophages et par conséquent celle prédateurs et parasites. Parmi les espèces recensées, beaucoup d'entre elles ont un régime alimentaire phytophage et vivent au dépens de la culture de fève *V. faba* et des plantes adventices présentes dans la parcelle.

Les espèces de Gastropoda recensées sont très polyphages. Leurs dégâts selon Tracol et Montagneux (1987), sont très visibles sur le limbe. Ils apparaissent sous forme de larges échancrures.

Selon Ritter (1955), *Helix aspersa* se retrouve sur un grand nombre d'espèces végétales cultivées ou spontanées dans les régions à climat doux et humide. Elle est considérée comme une espèce nuisible. En effet, une prise de nourriture de ces escargots peut être considérée comme dégâts de faite que chaque individu peut consommer en moyenne de 50 à 500 mg de la surface foliaire. *Rumina decollata* est un prédateur d'autres escargots du genre *Helix*, de limaces et de leurs œufs. Il se nourrit également de végétaux, mais les dommages causés aux plantes sont considérés comme mineurs par rapport au bénéfice lié à la prédation sur les escargots et autres parasites des plantes.

La classe des Crustacea est représentée par la famille des Oniscidae. Le cloporte s'alimente de la matière végétale morte. Il peut aussi s'attaquer aux végétaux vivants, aux racines, aux fruits, etc., mais il ne présente pas pour autant une menace pour les cultures (Vandel, 1960).

Les Coléoptères sont représentés par plusieurs espèces phytophages, notamment la famille des Curculionidae qui induisent des dégâts sur la culture de la fève (Boussad et Doumandji, 2004). Les adultes de *Sitona* sp. découpent sur les bordures des feuilles des encoches semi circulaires et leurs larves s'attaquent aux nodosités des racines (Mouhouche, 1997). Les adultes de *Tropinota squalida* et *Oxythyrea funesta* sont phytophages, se nourrissent du nectar et du pollen des fleurs dont ils détruisent les pétales, et attaquent aussi les autres organes végétatifs (Alford, 2002). Selon Alonso (2007), les adultes de *Labidostomis* sp. sont des phytophages stricts, le plus souvent phyllophages. Ils s'attaquent aux jeunes pousses, aux fleurs, aux feuilles tendres et même aux bourgeons. Ils peuvent provoquer des dégâts considérables dans certaines cultures. *Bruchus rufimanus* est le ravageur le plus redoutable sur les cultures de fèves. Ses larves provoquent des modifications quantitatives et qualitatives des graines (Laborius et Saba, 1977).

Les abeilles dont *Apis mellifera* en particulier augmentent les rendements en fruits ou en graines de plusieurs espèces végétales, par la pollinisation des fleurs au cours de leurs activités de butinage (Aouar-Sadli et *al.*, 2008).

Selon Hastir et Gaspard (2001), la plupart des représentants de la famille des Silphidae se nourrissent de cadavres (matières animales putréfiées : mammifères, oiseaux, reptiles, etc.) Ils occupent ainsi une place particulière dans les écosystèmes forestiers et agricoles en intervenant dans la transformation des matières mortes en matières humiques. La plupart des espèces sont donc nécrophages, mais quelques-unes sont des prédatrices d'escargots ou sont phytophages.

L'ordre des Homoptera est représenté par 4 espèces de pucerons, dont 2 sont trouvés sous forme de colonies sur fève, il s'agit d'*Aphis fabae* et *Acyrtosiphon pisum*. *A. pisum* est un vecteur potentiel du virus de la jaunisse nécosante de la fève (FBNYV). En plus de la transmission des virus par l'abondant miellat qu'il sécrète, *Aphis fabae* déprécie énormément l'aspect externe de la gousse (Bishara et Weigand, 1991).

L'espèce de noctuelle, *Heliocoverpa armigera* appartenant à l'ordre des Lepidoptera est trouvée à plusieurs reprises dans les trous formés dans les gousses. Les jeunes chenilles de ce papillon après avoir dévorée les feuilles, elles pénètrent dans les gousses et dévorent leur contenu (Laamari, 1998).

L'ordre des Diptera est représenté par la mouche *Liriomyza bryoniae*. Les adultes de cette espèce provoquent surtout une dessiccation des boutons floraux et une stérilisation des fleurs de la fève (Papp, 2012).

La concentration des prises de nourriture sur les plants de *V. faba* peut engendrer des perturbations importantes notamment le ralentissement de la croissance et la diminution du rendement.

Les araignées représentent un groupe d'espèces prédatrices. Les invertébrés sont les proies les plus habituelles des araignées, et parmi ceux-ci, les insectes occupent une place importante. Dans ce groupe, nous avons recensé 4 espèces dont l'identification n'a pas pu être réalisée.

Quant aux prédateurs, ennemis naturels de certains ravageurs, leur présence contribue à la diminution des effectifs de petits insectes tels que les pucerons, la cohabitation d'*Adonia variegata* avec *Coccinella algerica* sur les herbes infestées par *Aphis fabae* est souvent mentionnée (Sahraoui et Gourreau, 2000). Il est possible que les larves et adultes de ces coléoptères soient d'éventuels prédateurs des œufs de *B. rufimanus* mais l'action de prédation n'a jamais été observée à ce jour.

Les coléoptères carabidae présentent un double intérêt : ils constituent d'une part de bons indicateurs biologiques et sont considérés, d'autre part, comme de précieux auxiliaires des cultures de part de leur omniprésence et action de prédation sur les pucerons, taupins etc. Certaines espèces sont phytophages (*Amara* sp, *Clivina* sp etc.) mais la plupart sont carnassières (tels que *Asaphidion fluvipes*, *Macrothorax morbillosus*) au stade larvaire comme imaginal (Brunel et al., 1982).

Les Hymenoptera sont représentés par les Vespidae comme *Polistes gallicus* qui se nourrit d'insectes et absorbe le nectar des fleurs (Berland, 1976).

Les abeilles domestiques et sauvages revêtent un grand intérêt au niveau des écosystèmes naturels et de l'agrocénose (Bendifallah et al., 2010). En effet, beaucoup de travaux montrent que les abeilles sont les meilleurs agents pollinisateurs (Mcgregor, 1976). Probablement, leur activité la plus importante, en termes d'avantages pour l'homme, est leur pollinisation de la végétation naturelle (Michener, 2007).

Tapinoma nigerrimum est une fourmi omnivore. Son régime alimentaire est constitué de cadavres d'insectes et surtout du miellat d'aphidiens. *T. nigerrimum* est très agressive, elle s'attaque aux autres fourmis et elle les empêche d'exploiter les ressources alimentaires (Retana et Cerda, 1989).

L'identification de ces invertébrés et de leur relation trophique, constitue une base scientifique importante susceptible de contribuer à la mise en place d'une stratégie appropriée pour la lutte intégrée au sein de ces agroécosystèmes, dans la perspective d'une approche alternative à l'usage des pesticides et à la préservation de la biodiversité.

Conclusion générale

Durant cette étude, divers aspects de l'écologie et de la biologie de la bruche de la fève *B. rufimanus* ont été traités. Les expérimentations réunies dans les différents chapitres traitent par touches successives, de la diapause reproductrice, des particularités bioécologiques de cet insecte ainsi que de son activité de ponte, sur des variétés de *V. faba* à savoir la Séville, l'Aguadulce et la féverole. De plus, un inventaire de tous les invertébrés inféodés à cette culture a été réalisé grâce aux trois méthodes d'échantillonnage à savoir, pots Barber, piège jaune et filet fauchoir. Il est à rappeler que les paramètres utilisés pour l'exploitation des résultats sont l'analyse de la variance, la qualité de l'échantillonnage et les indices écologiques de composition et de structure.

Nos observations au laboratoire montrent que les adultes diapausants de *B. rufimanus* peuvent adopter une double stratégie, hiverner dans les entrepôts à l'intérieur des graines ou quitter ces derniers pour aller se réfugier dans la nature, ce qui engendre des émergences précoces ou tardives.

Réalisé sur les graines de variété Séville et Aguadulce au laboratoire, l'évasion des adultes montre une évolution similaire pour les deux variétés de fèves. Les sorties des adultes migrants à partir des graines sont moins importantes durant les mois de novembre jusqu'au février, les mois de mars et avril enregistrent des pics considérables avant de diminuer au mois de mai pour les individus mal formés qui présentent des difficultés pour sortir des logettes nymphales.

Nous avons constaté que l'évasion des adultes de *B. rufimanus* des graines de fève dépend des conditions de stockage de ces dernières, notamment la température, la photopériode et l'humidité relative, qui règnent au laboratoire. Les adultes deviennent actifs et présentent des comportements de vol quand les températures dépassent 17°C.

Nous constatons que, la durée de vie des adultes de *B. rufimanus* émergents non nourris durant les périodes d'étude, varie de 10 à 150 jours dans les lieux de diapause artificiels que nous leur avons présentés. Quant aux adultes nourris avec le miel, durant la période de diapause, la longévité de ces derniers varie entre 10 et 210 jours. L'effet du miel, comme source trophique sur la longévité de *B. rufimanus*, paraît important, les bruches nourries vivent plus longtemps que celles non nourries. Ce qui laisse penser que les bruches se nourrissent dans la nature quand elles ont la possibilité pendant la période hivernale.

Au cours du développement post-embryonnaire, nous avons observé une mortalité naturelle importante qui joue un rôle non négligeable dans la régulation des populations de ce ravageur. Cette mortalité est probablement due à l'inanition ou à la compétition intra-spécifique. Le parasitisme larvaire dû à *Triaspis luteipes* est également observé. Cette espèce constitue un des facteurs de mortalité dont l'importance devrait être précisée.

Le choix des adultes de *B. rufimanus* vis-à-vis des différentes variétés de sa plante hôte *V. faba* à savoir l'Aguadulce, la Séville et la féverole au champ, montre que *B. rufimanus* est une espèce monovoltine pourvue d'une aptitude colonisatrice, son cycle biologique est étroitement lié à celui de sa plante hôte *V. faba* pour les différentes variétés.

Avant la floraison, aucun adulte de *B. rufimanus* n'est observé dans les parcelles pendant les deux années d'étude 2013 et 2014. L'arrivée des premières bruches coïncide avec la période de floraison de la plante hôte *V. faba* ; la parcelle d'Aguadulce et de féverole sont colonisées au début de la floraison tandis que la Séville est colonisée à la pleine floraison. Des adultes sont également observés sur la plante hôte au stade de végétation en 2014 dans la parcelle précoce de plaine à variété Aguadulce, et en 2015 sur la féverole en altitude. Cette colonisation paraît dépendre des facteurs climatiques et de la phénologie de la plante hôte. Après la floraison de la fève, le nombre d'adultes diminue au fur et à mesure que la plante hôte et ses gousses s'approchent de la maturité.

La colonisation des champs se fait par les adultes, soit en accompagnant la graine dès le semis, soit à partir des sites d'hivernation. La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations de *B. rufimanus* et entraîne un ajustement plus fin entre la ponte et la formation des gousses.

Par ailleurs, malgré la fin de la floraison, nous avons observé des adultes dans les parcelles, cela est lié à la disponibilité d'autres ressources trophiques (fleurs d'autres plantes adventices ou la présence d'autres parcelles en fleur). Cette alimentation pollinique doit constituer, en l'absence de fleurs de fève, un apport énergétique permettant le maintien de l'activité reproductrice de la bruche de la fève, donc la colonisation d'autres parcelles plus tardives.

Les chutes de neiges observées dans la station d'altitude ont fait ralentir l'évolution de la phénologie de la plante hôte.

Les durées des périodes de colonisation des trois parcelles par les adultes de *B. rufimanus* varient d'une année à une autre et en fonction des conditions climatiques qui règnent, les plus longues sont de 6 semaines environ pour l'Aguadulce en 2013, 3 mois et 15 jours pour l'Aguadulce aussi sur les parcelles semées précocement, un mois sur la Séville dans les parcelles semées tardivement.

En 2013, l'effet de ces variétés sur la dynamique des adultes de *B. rufimanus* est significatif, la variété Séville présente une activité élevée par rapport aux autres, suivie de l'Aguadulce et en dernier la féverole. Nous avons aussi observé une activité élevée pour les mâles par rapport aux femelles sur chaque hôte en 2013 et 2014. Cette analyse a montré aussi un effet très hautement significatif du facteur « écart de semis ». Les adultes présentent une activité élevée sur les parcelles semées précocement comparées à celles semées tardivement. Tandis que, la différence d'altitude, n'a montré aucun effet sur l'activité de ces adultes.

En 2013, l'activité de ponte la plus longue s'échelonne sur une période de 9 semaines pour la variété Aguadulce. En 2014 et 2015, elle s'étale sur 1 mois et demi et 2 mois environ sur les gousses âgées et 1 mois environ sur les gousses jeunes. Les premiers œufs ont été observés à partir de l'apparition des gousses, ce qui nous laisse penser que les femelles sont là et attendent le substrat de ponte après ingestion de pollen probablement sur d'autre plantes déjà en fleur avant la plante hôte.

Une différence significative est montrée entre le nombre cumulé d'œufs pondus de *B. rufimanus* sur les gousses des différentes parcelles testées de fèves et de féverole, en 2013 et 2015. Les femelles de *B. rufimanus* expriment une préférence marquée pour *V. faba* major variété Aguadulce, suivie par la variété Séville. La féverole est la moins infestée. Tandis que, l'infestation n'est pas significativement différente entre les gousses de la strate basse et les gousses de la strate haute de chaque hôte, en 2013, et significativement différente en 2014 et 2015 ; les gousses de la strate basse sont plus infestées que celles de la strate haute. En 2014, analyse de la variance a révélé des différences non significatives pour la préférence des femelles de *B. rufimanus* à pondre leurs œufs. Cependant, cette analyse a montré le facteur « différence de la date de semis » significatif entre les gousses des variétés semées précocement à celles semées tardivement ; les gousses des variétés semées tardivement ont reçu un nombre important d'œufs, bien que la durée d'oviposition soit courte. L'analyse de la variance a montré aussi que, le facteur « différence d'altitude » ne présente aucun effet

significatif sur l'infestation des gousses par les femelles de *B. rufimanus* entre les variétés semées en basses altitudes à celles d'altitude.

La croissance des larves de la bruche de la fève se fait parallèlement au développement des graines. Ce développement larvaire débute à l'intérieur des graines vertes et se poursuit lorsque les graines sont devenues mûres et sèches. Le cycle de développement entier de *B. rufimanus* (de l'œuf jusqu'à l'apparition des premiers adultes) s'échelonne, pour la population étudiée, sur une période allant de 4 mois et 4 jours à 5 mois et 3 jours.

L'inventaire réalisé sur les différentes espèces d'invertébrés nous a permis de recenser certains auxiliaires qui peuvent se nourrir d'œufs, de larves ou encore des adultes de *B. rufimanus* mais aucun effet de prédation directe n'a été observé sur cette espèce. L'identification de ces invertébrés et de leur relation trophique, constitue une base scientifique importante susceptible de contribuer à la mise en place d'une stratégie appropriée pour la lutte intégrée au sein de ces agro-écosystèmes, dans la perspective d'une approche alternative à l'usage des pesticides et à la préservation de la biodiversité.

La réponse physiologique de *B. rufimanus*, modulée selon les stades phénologiques de son hôte suivant les conditions climatiques, montre combien la relation liant l'insecte à la plante hôte est intime et complexe. La bruche utilise son hôte comme source trophique et support de reproduction et comme moyen de dissémination.

La lutte contre ce ravageur doit, vu la rentabilité de la culture, débiter par des techniques culturales moins coûteuse, telles que :

- Le statut de nuisibilité du ravageur,
- Usage de semences saines,
- Réalisation des semis précoces qui permettent de soustraire la récolte aux infestations du ravageur; les semis précoces réduisent fortement les attaques de la bruche,
- Elimination des plantes adventices qui jouent un rôle de nourriture additionnelle pour les adultes,
- Semer des graines âgées de plus d'une année pour diminuer la densité des populations de *B. rufimanus*, vu que cet insecte vit qu'une seule année.

- Des études complémentaires seraient encore nécessaires pour préciser les causes de la mortalité des différents stades de développement de *B. rufimanus* à l'intérieur des graines de *V. faba* pendant l'entreposage.

La lutte chimique au champ, doit viser les adultes, afin d'empêcher la ponte. La destruction des adultes avant leur évaison des stocks, permet de réduire la source d'infestation. Les possibilités des déplacements des adultes font que la lutte doit être entreprise dans toute la région, avec sensibilisation des agriculteurs. L'extraction des substances des plantes ayant une activité insecticide ainsi que leur utilisation, peut constituer une solution biologique efficace.

La protection des cultures contre les ravageurs et la conservation des récoltes est sans doute la préoccupation de tout agriculteur. Ainsi, il faut encourager d'autres travaux sur la connaissance de la bio-écologie de ce ravageur dans d'autres régions d'Algérie pour pouvoir cerner les dégâts causés par cet insecte et envisager une technique de lutte adéquate, notamment l'utilisation des bio-pesticides qui visent à réduire les populations de *B. rufimanus* ainsi que l'élevage des parasitoïdes spécifiques, notamment *Triaspis luteipes*, pour ramener les densités des populations de ce ravageur à un seuil économiquement acceptable.

Références bibliographiques

1. **Abbad-Andaloussi F., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to the “giant race” of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. *Nematol. Mediterr.* 29, 29–33.
2. **Abbes Z., Kharrat M., Shaaban K. et Bayaa B., 2010.** Comportement de différentes accessions améliorées de féverole (*Vicia faba* L.) vis –à-vis d'*Orobanche crenata* Forks. et *Orobanche foetida* Poir. *Cah. Agric.* 19 n°3: 194-199.
3. **Abou-Zeid N. M., 2002.** Current status of food legumes diseases in Egypt. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
4. **Ait Abdellah F. et Hamadache A., 1996.** Effet de la période de semis, de la variété et de l'utilisation du Glycophosphate sur le contrôle de l'Orobanche chez la fève (*Vicia faba*) dans une zone sub-humide numéro spécial fève N° 29 , 27-30.
5. **Alford D.V., 2002.** Atlas en couleur. Ravageurs des végétaux d'ornement. Arbres, arbustes, fleurs. I.N.R.A. Paris, 468p.
6. **Al-Ghamdi S.S. et Al-Tahir O.A., 2001.** Temperature and Solar Radiation effects on Faba bean (*Vicia faba* L.) Growth and Grain Yield. *Saudi. J. Biol. Sci.*, Vol 8, N°2, pp 171-183.
7. **Alonso C., 2007.** Coléoptères Chrysomelidae Clytrinae de France continentale et de Corse. *Fauna Eurppaea*, 38p.
8. **Aouar-Sadli M., 2009.** Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) et leurs relations avec la culture de fève (*Vicia faba* L.) sur champ dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat. Université de Tizi-Ouzou. 268 p.
9. **Aouar-Sadli, M., Louadi, K. and Doumandji, S-E., 2008.** Pollination of the broad bean (*Vicia faba*. var. major) (Fabaceae) by wild Bees and honey Bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 3 (4), 266-272.
10. **Aouinty B., Oufara S., Mellouki F. et Mahari S., 2006.** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du Ricin (*Ricinus Communis* L.) et du Bois de Thuya (*Tetraclinis Articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques Culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* 10(2) :67-71.
11. **Aversenq P., Goutier J. et Gueguen M., 2008.** Le truffaut. Anti-maladies et parasites. Larousse. Edition Octavo. 224p.
12. **Ayral H., 1969.** Zoologie agricole. Vol.1. Ed. J-B Bailliere et Fils, Paris, 288p.
13. **Bach, C.E., 1980:** Effects of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the striped cucumber beetle *Aclymma vittata* (Fab.). *Ecology*, 61 (6): 1515-1530.

14. **Balachowsky A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies, Tome I. Vole I, 564 p.
15. **Barbault R., 1981-** Ecologie des populations et des peuplements des théories aux faits. Ed. Masson, Paris, 200p.
16. **Bashar A., 1988.** Etude des activités imaginale de *Bruchus affinis* Fröl. (Coloeoptera : Bruchidae) : répercussions sur la biologie de ses populations. Thèse doctorat d'Etat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 206p.
17. **Beck S.D., 1983.** Insect photoperiodism. Ann. REV. Entomol. 28: 91-108.
18. **Benabdel-Jell K., 1990.** Des légumineuses en tant que source protéique alternative dans les rations de poulet chair. Options Méditerranéennes, N : 07, 12-45.
19. **Benachour K., Louadi K. et Terzo M., 2007.** Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera ; Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var major) (Fabacae) en région de Constantine (Algérie). Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s), 43 (2) : 213-219.
20. **Bendifallah L., Louadi K. et Doumandji S.E., 2010.** Apoidea Et Leur Diversité Au Nord D'algerie. Silva Lusitana 18(1): 85 – 102.
21. **Benedict J.H., Wolfenbarger D.A., Bryant Jr V.M. et George D.M., 1991.** Pollens ingested by boll weels (Coleoptera: Curculionidae) in southern Texas and north eastern Mexico. J. Econ. Entomol. 84(1): 126-131.
22. **Benidire L., Daoui K. Fatemi Z.A. Achouak W. Bouarab L. et Oufdou K., 2015.** Effet du stress salin sur la germination et le développement des Plantules de *Vicia Faba* L. Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L. J. Mater. Environ. Sci. 6 (3) 840-851.
23. **Benkhelil M.L., 1992.** Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office Pub. Univ., Alger, pp 7-8.
24. **Bennoufella-Kitous K., 2015.** Bioecologie des Pucerons de différentes cultures et de leurs ennemis naturels à Oeud-Aissi et Draa Ben Khadda (Tizi-Ouzou). Thèse de Doctorat es sciences. U.M.M.T.O. 334p.
25. **Benoufella- Kitous, K., Doumandji S. et Medjdoub F., 2014.** Interest and place of three *Vicia faba* Aphid species in Draa Ben Khedda (Great Kabylia, Algeria). I.J.A.S.R. Vol. 4, issue 6, 27-36.
26. **Berland L., 1976.** Hyménoptères de France, tome II : porte-aiguillon (Bethyloides) (fin), Scolioïdes, Formicoïdes, Pompiloïdes, Vespoides, Sphécoides, Apoides. Atlas d'Entomologie. Soc. nouvelle des éditions Boubée éd., Paris, 2^{ème} éd. 1999, 198 p.
27. **Berne J.J. et Dardy J.M., 1987.** La bruche sur fèverole : Un ravageur bien difficile à maîtriser. Phytoma. Défense des cultures. Phytoma, N° 338, pp 30-32.

28. **Bichara S. et Weigand W.A., 1991.** Statut of insects pests of faba bean in the mediterranean region and methods of control, options méditerranéennes. Present statut and futur perspects of faba. Production. I C.R.D.A serie A N° 10 pp 67-74.
29. **Blackman R.L. et Eastop V.F., 2007.** Taxonomic issues (Chapter 1). In: VAN EMDEN H.F., HARRINGTON R. (Eds.), Aphids as Crop Pests. CABI International, Oxford shire, U.K. 968-1003.
30. **Blancard B., Lafon R., Messiaen C.M. et Rouxel F., 1991.** Les maladies des plantes maraichères .3Ed. I.N.R.A, Paris, 552p.
31. **Blondel J., 1975.** L'analyse des peuplements d'oiseaux. Eléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentielles progressifs (E.F.P). Rev. Ecol. Terre et vie, 29 (4) : 533-598.
32. **Blondel J., 1979.** Biogéographie de l'avifaune Algérienne et dynamique des communautés. Ed. Masson, Paris, 173p.
33. **Borowiec L., 1987.** The genera of Seed-Beetles (Coleoptera, Bruchidae). Polskie Pismo Entomologiczne, 57, 3-207.
34. **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, 127 p.
35. **Boughdad A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc : Thèse d'Etat en Sciences, N° 3628 Université de Paris-Sud Orsay, 182 p.
36. **Boughdad A., 1996.** *Bruchus rufimanus*, un insecte ravageur des graines de *V.faba* L au Maroc. Réhabilitation of faba bean Ed actes. pp 179-184.
37. **Boughdad A. et Lauge G., 1997.** Cycle biologique de *Bruchus rufimanus* (Boh.) (Coleoptera : Bruchidae) sur *Vicia faba* L var. minor (légumineuse) au Maroc. pp 27-36
38. **Boughdad A., Gillon Y. et Gagnepain C, 1986.** Influence des tanins condensés du tégument de fèves (*Vicia faba*) sur le développement larvaire de *Callosobruchus maculatus*. Entomo. Exp. App. Volume 42, Number 2. pp125-132
39. **Bouhachem S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
40. **Boussad F., 2006.** Relations invertébrés fève (*Vicia.faba* L.) – comportement d'*Aphis fabae* Scopoli sur quatre variétés de fève dans la banlieue d'El-Harrach. Thèse Magister. Agro. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 179 p.

41. **Boussad F. et Doumandji S., 2004a.** Les principaux ravageurs et prédateurs de la fève inventoriés à la ferme pilote d'El-Alia. Lab. Entomo.Dép.Zoo.Agri.et for., Inst.Nat.Agro. , El-Harrach, p 9.
42. **Boussad, F. et Doumandji, S.D., 2004b.** Inventaire et dégâts dus aux insectes sur quatre Variétés de la fève à l'institut technique des grandes cultures d'Oued-Smar, 5^{ème} journée scientifique et techniques phytosanitaire 15-16 Juin 2004 INPV. p 65.
43. **Boyeldieu J., 1991.** Produire des grains oléagineux et protéagineux. Ed. Lavoisier IC et DOC, Paris, 228 p.
44. **Brunel E., Lahmar M. et Tiberghien G., 1982.** Observations préliminaires sur les populations des Carabiques (Coléoptères) dans une culture de navets attaqués par *Hylemia brassicae* Boh. (Diptère, Anthomyiidae). *Meded. Fac. Landbouwwet., Rijkuniv. Gent (Belgium)*, 47 (2): 581-595.
45. **Bukejs A., 2010.** Materials to the knowledge of Latvian seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae : Bruchinae). *Baltic J. Coleopterol.*, 10 (2):177-184.
46. **Cambell R.E., 1920.** A suggestion of a possible control of pea and bean weevils. *J. Econ. Entomol* 12: 284-288.
47. **Casari S.A. et Teixeira E.P., 1997.** Description and biological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coleoptera : Bruchidae), *Annales de la société entomologique de France*. Vol 33, N°3, pp 295-323.
48. **Chakir S., 1998.** Biologie de *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coleoptera : Bruchidae) et processus d'infestation aux champs. Thèse de doctorat es-sciences agronomiques Institut Agro et vet HASSAN II Maroc 124p.
49. **Chase M. W. et Reveal J. L., 2009.** A phlogenetic classification of the land plants to accompany, APGIII. *Bot. J. Linn. Soc.* Vol. 161, pp 122-127.
50. **Chaux C. et Foury C. L., 1994.** Cultures légumières et maraichères. Tome III. Légumineuses potagères, fruits et légumes, technique et documentation Lavoisier, Paris, 663 p.
51. **Chippendale G.M., 1982.** Insect diapause, the seasonal synchronism of life cycle, and management strategies. *Ent. Exp.& appl.* 31: 24-35.
52. **Chougourou, D., Agbaka, A., Adjakpa, J., Ehinnou Koutchika, R., Kponhinto, U., Adjalian, J. N., 2012.** Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dans la commune de Djakotomey au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(4): 1798-1804.
53. **Clément J.M., 1981.** Larousse agricole. Ed. Larousse, 541p.
54. **Cubero J.L, 1974.** On the evolution of *Vicia faba*, theory-app- Paris, 503p.
55. **Cubero J.L., 2011.** The Faba bean. A historic perspective. *Grain legumes*. N: 56:5-7.

56. **Dagnelie P., 1973.** Théories et méthodes statistiques applications agronomiques. Vol 1. Ed. Presses Agronomique de Gembloux, 378p.
57. **Dagnelie P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Vol 2. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux A. S. B. L., 463p.
58. **Dagnelie P., 1992.** Statistique théorique et appliquée. Tome 1. Ed. Gembloux, A.S.B.L. Belgique, 492 pages.
59. **Dajoz R., 1971-** Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 434 P.
60. **Dajoz N., 1982.** Elément d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, p 503.
61. **Dajoz R., 1985.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, 505 p.
62. **Dajoz R., 2006.** Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris, 8^{ème} édition. 631p.
63. **Damerджи A., Cheikh M. D., 2013.** Contribution à l'étude bioécologique de la faune de l'extrême ouest du littoral Algérien. Rev. Ivoir. Sci. Technol: 235– 254.
64. **Danks H.V., 1987.** Insect dormancy: an ecological perspective. Biological Survey of Canada Monograph Serie 1 Ottawa, 439p.
65. **Darquenne J., Shazly E. et Huignard J., 1993.** Intensity of reproductive diapause in a strain of *Bruchus. rufimanus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) originating from the Meknes region of Morocco. Acta ecologia 14 (6), pp 847-856.
66. **De Luca Y., 1966.** Alimentation des Bruchidae (Col.), Parasitica, 22 :26-54.
67. **Delobel A. et Tran M., 1993.** Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris, 424p.
68. **Delobel A. et Delobel B., 2003.** Les plantes hôtes des bruches (Coleoptera Bruchidae) de la faune de France, une analyse critique. Bull. mens. Soc. Linn. Lyon ,72 (6) :199-221.
69. **Denlinger L., Yocum G.D. et Rinehart J.P., 2005.** Hormonal control of diapause. Comprehensive molecular insect science. Edited by Lawrence L. Iatrou Sarjeet et S. Gill., pp 615-649.
70. **Didier B. et Guyot H., 2012.** Des plantes et leurs insectes. Ed Quæ, Paris, 253p.
71. **Doyle J.J. et Luckow M.A., 2003.** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131:900-910.
72. **Dreux P., 1980.** Précis d'écologie. 2^{ème} Ed. Paris, 231 p.
73. **Duc G., Shiyong-Bao B., Baumc M., Reddenb B., Sadiki M.E., Suso M.J., Vishniakova M. et Zong X., 2010.** Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. Field Crops Research 115:270–278.

74. **Dupont P., 1990.** Contribution a l'étude des populations de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH). Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte. Thèse de doctorat d'état. Université de Tours, 168p.
75. **Dupont P. et Huignard J., 1990.** Relationships between *Bruchus.rufimanus* (BOH) (Coleoptera: Bruchidae) and the phenology of its host plant *V.faba* L their importance in the special distribution of the insects, symp. Biol. Hung N°39, pp 255-263.
76. **Ebadah I.M.A., Mahmoud Y.A. et Moawad S.S., 2006.** Suceptibility of some faba bean cultivars to field infestation with some insect pests. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2 (6): 537-540.
77. **El-Defrawi G., El-Gantiry A.M., Weigand S. and Khelil S.A., 1991.** Screening of faba bean (*Vicia faba* L.) for resistance to *Aphis craccivora* Koch. Arab. J. Pl. Prot. 9 (2): 138-141.
78. **Emeran A.A., Silloero J.C., Fernandez -Aparici M. et Rubiales D., 2011.** Chemical control of faba bean rust (*Uromyces viciae-fabae*). Crop Protection journal homepage, pp 1-6.
79. **Faostat, 2002.** Food And Agriculture Organization of the United Nation Rome Http:// Faostat. Fao.Org/Accessed. 13 p.
80. **Fabres G., Bashar A., Hossaert M. et Labeyrie V., 1986.** Adaptation à sa plante hôte d'un phytophage spécialiste de la consommation de graines et influence sur la biologie de ses populations : cas de *Bruchus affinis* (Col. Bruchidae) et de *Lathyrus spp.* Coll. Nat. CNRS "Biologie des Populations", 506-511.
81. **Farissi M., Faissal A., Bouizgaren A. et Ghoulam C., 2014.** La symbiose Légumineuses-Rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-Physiologique et Biochimique de la tolérance. International Journal Of Innovation And Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 11 No. 1, pp. 96-104.
82. **Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J., Hemptinne J. L., 2003-** Ecologie. Approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 407 P.
83. **Feletcher B.S. et Prokopy R.J., 1991.** Host location and oviposition in tephritid fruit flies. In: Reproductive behavior of insects. Individuals and populations. Bailey W.J. et Ridsdill-Smith J. (Eds). Chapman et Hall, New York. pp 139-171.
84. **Feliachi K., 2002.** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
85. **Fernandez–Aparicio M., Shtaya M.J.Y., Emeran A.A., Allagui M.B., Kharrat M. et Rubiales D., 2011.** Effects of crop mixtures on chocolate spot development on faba bean grown in mediterranean climates. Crop Protection, pp 1-9.

86. **Fleurat-Lessard F., 2011.** Les stratégies de lutte chimique en pré-et-post-récolte en Afrique. In HUIGNARD et al., Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p.
87. **Franssen C.J.H., 1955.** De bestrijding van de Tuinbonenkever, *Bruchus rufimanus* Boh., volgens de Ouwikwelling van het gawas, -T- Piziekten, 61, 52-55.
88. **Franssen C.J.H., 1956.** De levenswijze en de besytijding van de tuinboonkeverversl. Landbbouke. Onders.62 (10) : pp 1-75.
89. **Gain E., 1978.** Note sur la germination des graines de légumineuses habitées par les bruches; C.R. 1897, 2^{ème} semestre, T-CXXV, 3, pp. 195-197.
90. **Genduso P., 1978.** Insectes nuisibles aux légumineuses en Sicile. Observations sur l'hivernage des bruches univoltines. Boll. Inst. Ent. Agr. Oss. Fitopat. Palermo. 10 : 169-176.
91. **Gepts P., Beavis W.D., Brummer E.C., Shoemaker R.C., Stalker H.T., Weeden N.F. et Young N.D., 2005.** Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. Plant Physiology 137: 1228–1235.
92. **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
93. **Girard C., 1990.** La féverole, encyclopédique techniques agricoles. Partie production végétale : 2213p.
94. **Gnanasambandam A., Jeff Paull , Ana Torres A., Kaur S., Leonforte T., Haobing L. Xuxiao Zong X., Yang T. et Materne M., 2012.** Impact of molecular technologies on Faba bean (*Vicia faba* L.) Breeding Strategies. Agronomy : 132-166.
95. **Gordon M.M., 2004.** Haricots secs: Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada, 1-7.
96. **Goucem-Khelfane K., 2014.** Etude de l'activité insecticides des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la Bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de Doctorat ès sciences. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 144 p.
97. **Goyoaga C., Burbano C., Cuadrado C., Romero R., Guillamo'N E., Varela A., Pedrosa M.M. et Muzquiz M., 2011.** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. Journal of Food Composition and Analysis 24, 391–397.
98. **Guerzou, A., Derdoukh, W., Guerzou, M. et Doumandji, S., 2014.** Arthropod Biodiversity In 3 Steppe Regions Of Djelfa Area (Algeria). International Journal Of Zoology And Research. Vol 4 : 41-50.
99. **Hamadache A., 2003.** La féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C), 13p.

100. **Hamani-Aoudjit S.**, 2014. Bio-écologie et diapause reproductrice de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dand deux parcelles de fèves et féverole dans la région de Haizer (Buir). Mémoire de magister. U.M.M.T.O, 71p.
101. **Hamani-Aoudjit S.et Medjdoub-Bensaad F.**, 2015. Biochemical study of weevil bean *B. rufimanus* diapausing and reproductive activity. Journal of Science and Technology. Vol. 5, No. 3, 156-159.
102. **Hastir P. et Gaspard Ch.**, 2001. Diagnose d'une famille de fossoyeurs: Les Silphidae. Notes faunistiques de Gembloux, 44 (2): 13-25.
103. **Herford J. M.**, 1935. Observations on the biology of *Bruchus obtectus* Say, with special reference to the nutritional factors. Z. Angew. entonzol., 22 : 26-50.
104. **Hoffmann A.**, 1945. Faune de France, Bruchidae, Ed. Paul le chevalier, Paris T44, 184 p.
105. **Hoffmann A. et Labeyrie V.**, 1962. Sous famille des Bruchidae. In Balachowsky A.S., Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Tome I, Volume I, Ed. Masson et Cie, pp 185-188.
106. **Hoffmann A., Labeyrie V. et Balachowsky A.S.**, 1962. Famille des Bruchidae -in Entomologie appl. à l'agriculture, 434-494, (1), Balachowsky ed., Masson publ., Paris, 564p.
107. **Huignard J., Dupont P. et Tran B.**, 1990. Coevolutionary relations between bruchids and their host plants. The influence of the physiology of the insects. In K, Fuji et al (Eds) Bruchids and legume economics, ecology and coevolution, pp 179-191.
108. **Huignard J., Glitho A., Monge J.P. et Regnault-Roger C.**, 2011. Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p.
109. **Janzen D.H., Juster J.B. et Bell E.A.**, 1977. Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*. Phytochemistry 16, 223-227.
110. **Jarry M.**, 1984. Histoire naturelle de la bruche du haricot dans un agrosystème du Sud-Ouest de la France : contribution à l'étude de la structure et de la dynamique des populations d'*Acanthoscelides obtectus* dans les stocks et les cultures de *Phaseolus vulgaris*. Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Pau, 182p.
111. **Jensen E.S., Peoples B. et Nielsen H.**, 2010. Faba bean in cropping systems. Field Crops Research, 115 :203–216.
112. **Johnson C.D.**, 1981. Seed beetle host specificity and the systematic of the Leguminisae in: Advances in Legume Systematics Polhill. R.M et Reven, P.H. Eds. Royal Botanic Gardens. Kew, U. K: 995-1027.

113. **Juchnowicz I., Romankow W. et Ruszkowski J.W., 1958.** The results of the studies on the biology of broad-bean-*Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae). Polish Journal of Entomology. Tom 27, Nr 2, 21-36.
114. **Kamel A.H., 1982.** Faba bean pests in Egypt. Faba bean improvement-Cairo, ICARDA, pp 271-275.
115. **Kamito A., Sakai K. and Obi A., 1977.** Studied on broad bean weevils, *Bruchus rufimanus* Boheman with reference to its bionomics and control, Nihon Tokushu Noyaku Seizo K.K. Tokyo, Japan. 75p.
116. **Kaniuczak Z., 2006.** Występowanie oraz szkodliwość strąkowca bobowego (*Bruchus rufimanus* Boh.) NA Bobiku. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin, 46 (2) 473-475.
117. **Kellouche A., 2005.** Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'état. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 154 p.
118. **Kergoat, 2004.** Le genre *Bruchidius* (Coleoptera, Bruchidae) : un modèle pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes. Thèse de Doctorat. Université Paris 6-Pierre et Marie Curie. 188p.
119. **Kergoat G.J., 2011.** Evolution de la spécificité des relations entre les bruches et leurs plantes-hôtes et de leur aptitude à devenir des ravageurs. In HUIGNARD et al. (2011), Insectes ravageurs des graines de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Versailles Cedex, France, 145p.
120. **Khaldi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. et Ben Yassine A., 2002 :** L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
121. **Khan H.R., J.G. Paull H.R., Siddique K.H.M. et Stoddard F.L., 2010.** Faba bean breeding for drought-affected environments: A physiological and agronomic perspective. Field Crops Research, 115 pp 279–286.
122. **Kharrat, 2002a.** Etude de la virulence de l'écotype de Beja d'*Orobanche foetida* sur différentes espèces de Légumineuses. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
123. **Kharrat, 2002b.** Sélection de lignées de féverole résistantes à l'Anthracnose, causée par *Ascochyta fabae*. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.

124. **Kharrat M., Sadiki M. et Maatougui M.E.H., 2002a.** Analyse de la stabilité du rendement de lignées améliorées de fève et de féverole dans la région du Maghreb. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
125. **Kharrat M., Zouaoui M., Saffour K. et Souissi T., 2002b.** Lutte chimique contre l'*Orobanche foetida* sur la fève. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
126. **Kheloul L., 2014.** Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodes à la culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de fève *Vicia faba minor* et *Vicia faba major* dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). Mémoire de magister U.M.M.T.O, 122 P.
127. **Khelloul L. et Medjdoub-Bensaad F., 2014.** Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à la culture de la fève *Vicia Faba major* variété Séville dans la region de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). 1^{er} Congrès Maghrébin, Biodiversité, Protection des Milieux Naturels et Ecodéveloppement. 16 et 17 décembre 2014, Sidi-Bel Abbes.
128. **Kingsolver J.M. 2004.** Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta : Coleoptera). U.S. Department, of Agriculture, Technical Bulletin Number 1912, 2 vol., 636 p.
129. **Klein P. et Sanson J., 1925.** Météorologie et physique agricoles. Ed. J. B. Baillière et fils, Paris, 464 p.
130. **Klein A.-M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C. et Tscharntke T., 2007.** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 274, 303-313.
131. **Kolev N., 1976.** Les cultures maraîchères en Algérie ; légumes, fruits, Ed J. BAILLIERE. Paris. Vol I, 207 p.
132. **Koptur S. et Lawton J.A., 1988.** Interactions among vetches bearing extrafloral nectaries, their biotic protective agents, and herbivores, Ecology, 69 (1): 278-283.
133. **Kumar R., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. Ed. Karthala, Paris, 305 p.
134. **Laamari M., 1998.** Les Principaux insectes ravageurs de la fève dans la région de Biskra. Options Méditerranéennes – Série séminaire, N° 10 : 68 – 74.
135. **Laamari M., 2006.** Les principaux insectes ravageurs de la fève dans la région de Biskra. Recherche Agronomique, 18 : 72-78.
136. **Labeyrie V. et Huignard J., 1973.** Relations trophiques et comportement reproducteur des insectes, Ann. Soc. Zool. Belgique ,103 : pp 43-51.

137. **Laborius A. et Saba F., 1977.** Les insectes nuisibles aux graines des légumineuses au Maroc et leur importance économique. Comm. Journ. Phytatrie et phytopharmacie. Cvi. Med. A Rabat, pp71-73.
138. **Lardjane-Hamiti A., 2009.** Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOHEMAN 1833)) (Coleoptera : Bruchidae) durant les périodes de diapause et d'activité reproductrice. Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte. Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 108p.
139. **Laumonier R., 1979.** Cultures légumières et maraîchères, Tome III. Ed.J.B. BAILLIERE, 276p.
140. **Lawrence J.F., 1982.** Coleoptera in synopsis and classification. Oj Living Organism Vol. 2(S.P Parker, Ed) Macgraw –Hill Publications, 482-553.
141. **Lazrek-Ben-Friha F., 2008.** Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulouse. 255p.
142. **Lebreton J.C., Legraet S., Guibert S., Masson F., Rigaud J.P. et Rocton L., 2009.** La féverole d'hiver, chambre d'agriculture de l'Orne, 10p.
143. **Lecointre J.F et Le Guyarder H., 2001.** Classification phylogénétique du vivant .Ed. Belin, Paris, 543p.
144. **Lenga A., 1991.** La diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* (Pic) : conséquences physiologie et évolutives. Analyse de la variabilité des réponses aux facteurs inducteurs de la diapause. Thèse de doctorat. Univ. Tours. 109 p.
145. **Lienard V. et Seck D., 1994.** Revue des méthodes de lutte contre (*Callosobruchus maculatus*) (F.) (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata*) (L) en Afrique Tropicale, Insect Sci. Applic. 5 (3), pp 301-311.
146. **Lim T. K., 2012.** *Vicia faba*. fruits. 2 : 925-936.
147. **Luca Y., 1965.** Catalogue des métazoaires parasites et prédateurs de Bruchidae (Coleoptera) .J. Stord .Prod. Res. Vol.1, pp 51-98.
148. **Maatougui M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of faba bean. Ed. actes, Rabat (Maroc) 202 p.
149. **Malam K. M., 1989.** Observations sur les conditions d'infestation de la fève par *Bruchus rufimanus*. Choix d'une époque favorable à une intervention chimique. Mémoire de fin d'étude, E.N.A, Meknès, 64 p.
150. **Maoui R., Say B., El Hadj B., Frikh A. et Girard C., 1990.** La culture de la féverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H., AGROPOL. et I.T.C.F., 16 p.

151. **Mathon C.C., 1985** : Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'université de Poitier. 17p
152. **Mcgregor, S.E., 1976.** *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agriculture handbook, serv. rech. agri., U.S. Gov. Printing off., Washington, (496): 411.
153. **Medjdoub-Bensaad F., 2007.** Etude bioécologique de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.1833) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat d'Etat. Univ. M.M. de Tizi-Ouzou, 130p.
154. **Medjdoub-Bensaad F., Khelil M.A. et Huignard J., 2007.** Bioecology of broad bean Bruchid *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera:Bruchidae) in a region of Kabylia. Algeria. AJAR. Vol 2 (9) pp 412-417.
155. **Medjdoub-Bensaad F. et Khelil M.A., 2008.** Bioecologie de la bruche de la fève (*Bruchus rufimanus* BOH.) dans la région de Tizi-Ouzou. Résumé. Valorisation des actions de l'homme pour la sur la protection de l'environnement et application en santé publique. Univ.Tlemcen. p12.
156. **MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELIL M.A. et HUIGNARD J., 2010.** Bioecologie et diapause reproductrice de la Bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Bruchidae) dans la région de Tizi-Ouzou. Résumé 3^{ème} Séminaire International de Biologie Animale. Univ. Mentouri-Canstantine.
157. **Medjdoub-Bensaad F., Khelil M.A. et Huignard J., 2011.** Biologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* et changements biochimiques chez les adultes en diapause et en activité reproductrice. Revue de la faculté des sciences de Bizerte. Université de Carthage. Volume IV, pp 89-96.
158. **Medjdoub-Bensaad F., Khelloul L. et Benoufella-Kitous K., 2014.** Diversité aphidienne au niveau des cultures de fève *Vicia faba* major et *Vicia faba* minor dans la région de Tizi-Ouzou. Séminaire Natio. Biodiver. Faunist., 7-9 décembre 2014, ENSA, El- Harrach.
159. **Medjdoub-Bensaad F., Frah N., Khellil M. A. et Huignard J., 2015.** Dynamique des populations de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae), durant la période d'activité reproductrice et de diapause. Nature & Technology. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 13, 12-21.
160. **Meradsi F., 2008.** Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève *Vicia faba* L. au puceron noir *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera: Aphididae). Mémoire de magister. Université El-Hadj Lakhdar Batna. 73p.
161. **Mesquine M., Bouznad Z., Allagui M.B. et Aziri H., 2002.** La Rouille des fèves dans le Maghreb : Incidence de la Maladie et Sources de Résistance. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.

162. **Messiaen C.M., 1981.** Les variétés résistantes : méthodes de lutte contre les maladies et les ennemies des plantes. I.N.R.A, Paris, 396p.
163. **Mezani S., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fève différentes et de féverole dans la région de Tizi- Rached. Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 114 p.
164. **Mezani S. et Medjdoub-Bensaad F., 2014.** Dynamique des populations de *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Bruchinae) sur deux parcelles de *Vicia faba* major et *Vicia faba* minor (Muchaniel et féverole) dans la région de Tizi-Rached. AFPP- 10^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier.
165. **Michener C.D., 2007.** The Bees of the world. 2^{ème} Ed. Baltimore, 913p.
166. **Migliorini P., Tavoletti S., Moschini V. et Lommarini L., 2008.** Performance of grain legume crops in organic farms of central Italy. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, pp : 1-6.
167. **Mouhouche F., 1997.** Principaux ravageurs des fèves en Algérie, p 33 cité dans les maladies, les adventices et ravageurs des fèves en Algérie. Manuel de formation, Rés. Mghr. Rech. sur fèves (Rémafève), Inst.Tech.Agr.Inst.Nati.Pro.Vég.Inst.Agro., 52p.
168. **Mouhouche F. et Sadou M.K., 2001.** Stratégie de lutte chimique contre la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.). Revue céréaliculture N° 36, Ed. I.T.G.C., 2: 1-26.
169. **Muller Y., 1985.** L'avifaune forestière nicheuse des Vosges Du Nord; sa place dans le contexte Medio-Européen. Thèse Doctorat Sci., Univ. Dijon, 318 P.
170. **Nageleisen L. et Bouget C., 2009.** L'étude des insectes en forêt. Ed. O. N. F, Paris Cedex 12, 146 p.
171. **Ounis, F., Frah, N., Medjdoub-Bensaad, F., 2014.** Soil fauna biodiversity in Apricot Orchard at Tkout (Batna-Est of Algeria). I.J.A.I.R., Vol 2, Issue 4, (Online) 542-544.
172. **Papp L., 2012.** A review of the Afrotropical species of *Leptocera* Olivier (Diptera: Sphaeroceridae). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 58 (3), Pp. 225–258.
173. **Péron J-Y., 2006.** Références. Production légumières. Ed. Duc, Paris. 2^{ème} Ed. 613 p.
174. **Pfaffenberger G. S., 1977.** Comparative description of instar larval of *Bruchus bruchialis*, *B. rufimanus*, *B. pisorum* (Col.: Bruchidae). *The Coleopt. Bull.*, 31 :133-142.
175. **Planquaert P.H. et Girard G., 1987.** La féverole d'hiver, Revue, I.T.C F 3^{ème} Trim. 32p.
176. **Power A.G., 2010.** Ecosystem services and agriculture. Tradeoffs and synergies. Philosophical transactions of the royal society B-Biological Sciences 365, 2959-2971.
177. **Rachef S.A. et Ouffroukha A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation) .I.N.R.A. pp : 34-41.

178. **Rachef S.A., Ouamer F. et Ouffroukh A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (Identification et caractérisation). I.N.R.A., 16: 36-41.
179. **Ramade F., 1984.** Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed . MC GRAW HILL, Paris, 397 p.
180. **Ramade F., 1990.** Conservation des écosystèmes méditerranéens, enjeux et précipitation. Ed .Economica. Paris, fasc. 3, 144 p.
181. **Ramade F., 2003-** Elément d'écologie- Ecologie Fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689 p.
182. **Raynaud C., 1976.** Monographie et iconographie du genre *Vicia* L. au Maroc. Bull. Inst. Sci. N°1, 147-183.
183. **Regnault-Roger C., Hamraoui A., Holeman M., Theron E. et Pinel R., 1993.** Insecticidal effect of essential oils from Metitertanean plants upon *Acanthoscelides Obtectus*, a Pest of Kindney Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal Of Chemical Ecology*, 19: 1232-1244.
184. **Retana J., Cerda X., 1989.** Exploitation of food resources by the ant *Tapinoma Negerimum* (Hym. Formicidae). *Acta Oecologica Oecol. Gener.* 1989, Vol. 10, No 4, P. 419-429.
185. **Rhaim A., 2002.** Studies on the pathogenic variability among isolates of *Botrytis spp.* From Tunisia and resistance of faba bean genotypes to chocolate spot. In: 11 congress of the Mediterranean phytopathological union et 3 congress of the sociedade portuguesa de Fitopatologia, Evora, Portugal, 146-148. Andalus Academic publishing, 209p.
186. **Ritter M., 1955.** Les limaces et les escargots. Importance économique et moyenne de lutte. *Rev. Zoologie agricole et appliquée*, (4) : 1-76.
187. **Robert Y., Bouchery Y., Bourneville R., Caubel G., Dedryver CH., Rabasse J.M. et Stockel J., 1975.** Inventaire des principaux ravageurs des cultures protéagineuses (féverole, pois, soja), Phytiairie-Phytopharmacie, 24 : 107-122.
188. **Roth M., Le Berre M., 1963** - Méthode de piégeage des Invertébrés, Ed.,Masson et Cie , Paris, 68-72.
189. **Sabbour M.M. et E-Abd-El-Aziz S., 2007.** Efficiency of some bioinsecticides against brood bean beetle, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Bruchidae). *Research journal of agriculture and biological sciences*, 3 (2): 67-72.
190. **Sacchi C.F. et Testard P., 1971.** Ecologie animale, organisme et milieu. Ed. Dunod, Paris, 444p.
191. **Sadou M.K., 1998.** Mesure de l'intensité d'infestation de la fève par *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae) dans la station expérimentale (Oued smar) proposition d'une stratégie de lutte chimique. Mémoire de magister. Ins. Agr. El-Harrach. 96p.
192. **Sahraoui, L., Gourreau J. M., 2000.** Les coccinelles d'Algérie : Inventaire et régime alimentaire (Coleoptera, Coccinellidae). INRA. Recherche agronomique. 6, 11-27.

193. **Saxena M.C., 1991.** Statut and scope production of Faba bean in the mediteranean contries options méditerranéennes: Present statut and future prospects of faba bean prodution, I.C.A.R.D.A. SERIE N°16, pp15-20.
194. **Sellami S. et Bousnina A.Z., 1996.** Distribution de *Ditylenchus dispsaci* (Hunk) sur la fève dans l'est d'Algérie. Céréaliculture : spéciale fèves, N° 29, pp 27-30.
195. **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Alger Carbogel. 21 p.
196. **Serpeille A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile ; bulletin. F.N.M.S N°116, pp 32-54.
197. **Serrano A.R., 2013.** Estudio faunistico de brùquidos (Coleoptera: Bruchidae) en el estado de México, México. Thèse de doctorat d'état. Université de Mexico.139p.
198. **Shiran B. et Mashayekh A.M., 2004.** Evaluation of the chloroplast DNA among *Vicia faba* germplasm using restriction site analysis. Iranian Journal of Science and Technology, trans. A, Vol. 28: 51-54.
199. **Sillero J.C., Villegas-Fernandez A.M., Thomas J., Rojas-Mojas Mm., Emeran A.A., Fernandez-Aparicio M. et Rubiales D., 2010.** Faba bean breeding for disease resistance. Field Crops Research. 115:297-307.
200. **Singer R.J., 1991.** The definition and measurement of oviposition preference in plant feeding insects. In: reproductive behavior of insects. Individuals and population Bailey W.J et Ridsdill-Smith J. (Eds). Chpaman et Hall, Newyork. pp 65-94.
201. **Southwood, T. R. E., Brown, V. K. and Reader, P. M., 1979.** The relationship of plant and insect diversities in succession. Biological Journal of the Linnaean Soci Ety 12: 327-348.
202. **Souttou K., Farhi Y., Baziz B., Sekour M., Guezoul O. et Doumandji S.E., 2006.** Biodiversité des arthropodes dans la région de Filiach (Biskra, Algérie). Ornithologia Algerica, 4(2): 15-18.
203. **Souttou K., Sekour M., Ababsa L., Guezoul O., Bakouka F. et Doumandji S.E, 2011.** Arthropodofaune recensée par la technique des pots Barber dans un reboisement de pin d'Alep à Sehary Guebly (Djelfa). Revue Des Bioressources. Vol 1, N° 2 :19-26.
204. **Stoddard F.L., Nicholas A.S., Rubiales D., Thomas J. et Villegas-Fernandez A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. Field Crops Research 11, 308-318.
205. **Tauber M.J. et Tauber C.A., 1976.** Insect seasonality diapause maintenance termination and post diapause development. Ann. Rev. Ent: 81-107.
206. **Taupin P., 1985.** Les ravageurs de la féverole, cultures légumières phytoma N° 378, 43-46.

207. **Taupin P., 2003.** La Bruche de la fève. La fêverole fortement attaquée. Protéagineux d'hiver : penser à diversifier ses rotations, N° 293, pp 72-73.
208. **Thomas F., 2008.** La fêverole confirme son intérêt. Techniques culturales simplifiées N°48. 4^{ème} édition. 102p.
209. **Tran B., 1992.** Caractérisation de l'état diapausant et induction de l'activité reproductrice chez *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae). Thèse Doctorat science de la vie biologie des populations université F. Rabelais Tours. 99p.
210. **Tran B. et Huignard J., 1992.** Interactions between photoperiod and food affect the termination in reproductive diapause in *Bruchus rufimanus*. *J. Insect Physiol.*, 36 : 633-642.
211. **Tscharntke T., Klein A.M., Kruess A., Steffan-Dewenter I. et Thies C., 2005.** Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8, 857-874.
212. **Tuda M., 2007.** Applied evolutionary ecology of insects of the subfamily Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *App. Entomol. Zool*, 42 (3):337-346.
213. **Turmel J.-M. et Turmel F., 1977.** L'écologie. Ed. Larousse, Paris, 255 p
214. **Vandel A., 1960.** Isopodes terrestres (Première partie). Office central de faunistique, fédération Française des sociétés de sciences naturelles. Lechevallier, Paris. Faune de France 64,417 p.
215. **Vasilev C., 1940.** Résultats de l'étude de la bruche du pois. *Sc. res. work Ins. Pl. prot. For* 1939: 35-40.
216. **Walkeland C., 1934.** The influence of forestall areas on pea field populations of *Bruchus pisorum* *J. Econom. Entomol.* 27, 5: 981-986.
217. **Yao K. et Yang C.T., 1985.** Bionomics of the broad bean weevil, *Bruchus rufimanus* Boheman (Abstract). *Acta Entomologica, Sinica*, 28(1): 45-50.
218. **Yus Ramos R., Kingsolver J.M., et Napoles J.R., 2007.** Sobre el estatus taxonómico actual de los brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) en los Chrysomeloidea. *Dugesiana* 14(1): 1-21.
219. **Zaghouane O., 1991.** The situation of Faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options méditerranéennes. Present statut and future perspects of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Serie A, N°10. pp 123-125.
220. **Zuang H., 1991.** Mémento : nouvelles espèces légumières. Ed. Lavoisier, Paris, 360p.

Autres références

- 221. D.S.A.T.O, 2015.** Statistiques Agricoles. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.
- 222. O.N.M.T.O, 2013, 2014,2015.** Relevés météorologiques des années 2013,2014 et 2015 de la région de Tizi-Ouzou. Office National de Météorologie, Tizi-Ozou, 1p.
- 223. Google map, 2015.** Stations d'étude.
- 224. M. A, 2014.** Statistiques Agricoles. Ministère de l'Agriculture, 1p.

Résumé

Résumé:

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la bioécologie des populations de *Bruchus rufimanus* sur *Vicia faba* et la détermination des éventuels prédateurs de cet insecte au sein des agrosystèmes de la région de Tizi-Ouzou. Un suivi hebdomadaire des adultes de *B. rufimanus* pendant la diapause reproductrice au laboratoire et pendant leur activité en plein champ sur deux parcelles de variétés de *V. faba* major et une parcelle de *V. faba* minor suivant l'altitude et la date de semis, est effectué. Les sorties des adultes migrants à partir des graines sont moins importantes durant les mois de novembre jusqu'au février, les mois de mars et avril enregistrent des pics considérables avant de diminuer au mois de mai. L'effet du miel, comme source trophique sur la longévité de *B. rufimanus* est important ; les bruches nourries vivent plus longtemps que celles non nourries. L'arrivée des premières bruches sur champ coïncide avec la période de floraison servant de substrat trophique. Cette colonisation paraît dépendre des facteurs climatiques et de la phénologie de la plante hôte. Les œufs sont pondus sur les gousses vertes en formation. 4 stades larvaires sont observés, le 1^{er} stade a lieu sur les graines vertes, le 2^{ème} stade a lieu pour la majorité dans les graines vertes et continue dans les graines mûres, les 3^{èmes} et 4^{èmes} stades ainsi que la nymphe se développent exclusivement dans les graines sèches entreposées. Les premiers adultes émergent à partir du mois d'août. Les larves de *B. rufimanus* ont une durée de développement très variable. Les femelles se reproduisent dans les cultures durant les mois de mars, avril et mai lorsque les gousses vertes apparaissent sur les pieds de fève, et les premiers adultes de la nouvelle génération commencent à apparaître trois mois plus tard en grand nombre. Un développement lent avec une forte mortalité naturelle due au parasitoïde *Triaspis luteipes* à l'intérieur des graines est observé, ralentissant ainsi la longévité des adultes. L'inventaire des invertébrés réalisé au sein d'une parcelle de *V. faba* major en utilisant 3 méthodes d'échantillonnages permet d'identifier 54 espèces d'invertébrés distribuées en 4 classes: Gastropoda, Crustacea, Arachnida et Insecta et représentées par 11 ordres systématiques dont les plus importants sont les Coleoptera, les Hymenoptera et les Homoptera. La richesse totale par la méthode des pots Barber est de 47 espèces où *Messor barbarus* est la plus notée. Les assiettes jaunes capturent 40 espèces où *Aphis fabae* est la plus représentée. Avec le filet fauchoir, 22 espèces seulement sont capturées, *B. rufimanus* est la plus notée. La diversité de Shannon-Weaver est de 4,95 bits pour les pots Barber ; 4,6 bits pour les pièges colorés et 3,98 bits pour le filet fauchoir, ce qui confirme un équilibre entre les invertébrés des 3 méthodes utilisées. Selon le statut trophique, cette diversité varie de 0,92 à 4,22 bits et 27 espèces sont phytophages et vivent aux dépens de la culture de la fève *V. faba*. Les auxiliaires sont représentés par 15 espèces qui peuvent se nourrir d'œufs.

Mots clés : *B. rufimanus*, *V. faba* major, *V. faba* minor, diapause reproductrice, bioécologie, inventaire, Tizi-Ouzou.

Abstract:

The aim of this study is the bioecology evaluation on populations of *Bruchus rufimanus* on *Vicia faba* and possible determination of predators on the insect within the Tizi-Ouzou's region Agrosystems. A weekly monitoring of *B. rufimanus* was made during breeding diapauses in the laboratory and during their colonization in the field upon two parcels of two varieties of *V. faba* major and a parcel of *V. faba* minor by following the height and a performed sowing date. The departure of migrant adults from the seeds is less important during November to February, but from March to April a recorded overflow is much more considerable before diminishing in May. The honey's effect, as a source trophy on *B. rufimanus* longevity is important; the well-fed beetle lives longer than the bad nourished ones. The arrival of first beetles on field coincided with the flowering period of *V. faba* which serves a source trophy. This colonization seems to depend on climatic factors and host plant phenology. Eggs were laid on the developing green pods. 4 grub stages were observed; the first stages occurred on the green pods, the second one happened on the green seeds for majority and continued on ripened seeds and the last two ones, the nymph exclusively developed in the ripen stored seeds. The first adults appear from August. *B. rufimanus* grub development period was variable. Females reproduce in the field from March to May when green pods appear on the bean plants, the first adults of the coming generation will be seen in large numbers three months later. A slow development with a high natural death rate due to the parasitoid *Triaspis luteipes* inside the seeds is observed, which reduces the longevity of the adults. Invertebrate inventory carried out within *V. faba* major parcel using 3 sampling methods allowed us to identify fifty-four species restricted to four classes: Gastropoda, Crustacea, Arachnida and Insecta, represented by 11 systematic orders of which Coleoptera, Hymenoptera and Homoptera were the most important. The total richness is obtained by using Barber pots method, registering 47 species, where *Messor barbarus* is the most represented. Using yellow plates capture 40 species among which *Aphis fabae* is the most noticed species. Only 22 species are captured with the sweep net method, where *B. rufimanus* is the most represented species. The Shannon-Weaver diversity index reached 4.95 bits with the Barber pots, 4.6 bits with the yellow plates and 3.98 bits with sweep net, confirms the equilibrium between the collected invertebrates and the three methods used. According to the trophic status, this diversity ranges from 0.92 to 4.22 bits and 27 species are phytophagous and live from *V. faba* crop. The auxiliaries are represented by 15 species that could feed upon *B. rufimanus* eggs.

Keywords: *B. rufimanus*, *V. faba* major, *V. faba* minor, diapause reproduction, bioecology, inventory, Tizi-Ouzou.