

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



Thèse
En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat

Spécialité: Sciences Biologiques

Option: Interaction Plantes-Animaux dans les Ecosystèmes Naturels et Cultivés

Présenté par :

M^{me} HAMANI- AOUDJIT SIHAM

SUJET

Bioécologie et biocontrôle de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae) dans la région de Bouira

Devant le jury composé de:

Soutenu le : 11/07/2019

Mr KELLOUCHE	Abdellah	Professeur	UMMTO	Président
Mme MEDJDOUB-BENSAAD	Ferroudja	Professeur	UMMTO	Rapporteur
Mr AMROUCHE	Tahar	MCA	UMMTO	Examineur
Mme SAHIR-HALOUANE	Fatma	Professeur	UMBB	Examinatrice
Mme MOUHOUCHE	Fazia	Professeur	ENSA	Examinatrice
Mr BOUCHIKHI TANI	Zoheir	MCA	UABT	Examineur

Année universitaire: 2018-2019

Remerciement

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout Puissant et le Miséricordieux je tiens à remercier vivement Mme MEDJDOUB-BENSAAD F. Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, mon tuteur de projet de thèse de doctorat, pour le temps qu'elle a consacré, pour les précieuses informations qu'elle m'a prodiguées avec intérêt et compréhension et pour sa supervision éclairée tout au long de la réalisation de cette thèse.

Je tiens à saisir cette occasion et adressé mon profonds remerciement et ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur KELLOUCHE A., de l'Université de Tizi-Ouzou qui a bien voulu assumer la présidence du jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Je désire aussi remercier Mr AMROUCHE T., maître de conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Mme SAHIR-HALOUCHE F., Professeur à l'Université M'Hamed Bougara de Boumerdès, Mme MOUHOUCHE F., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger et Mr BOUCHIKHI TANI Z., maître de conférence A à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir accepté d'évaluer mon travail au sein du jury de soutenance.

Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent aux agriculteurs plus particulièrement à la famille IDER, qui m'ont autoriser de travailler dans leurs champs de fève. Anissa fût un grand soutien moral, elle m'a permis de mener à terme ce projet.

Je témoigne aussi ma vive gratitude à Mme MESRANE-BACHOUUCHE N., maître assistante B, à l'Université Mohand Akfi Oulhadj de Bouira, Mme GOUCEM-KHELFANE K., maître de conférence B, et sans oublier Melle LAOUADI T., doctorante à l'U.M.M.T.O, d'avoir accepter de m'apprendre le logiciel de l'analyse statistique.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr KHELADI A., de m'avoir aidé à réaliser les analyses chromatographiques des huiles essentielles.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Un grand merci aux techniciens de laboratoire de chimie, physique et informatique pour leur confiance et leur support inestimable.

Mes remerciements finaux et non les moindres vont à toute ma famille, en particulier à mon mari Farid de m'avoir soutenu et encouragé tout au long de mes études avec amour et patience.

Je n'oublierai pas de présenter mes vives remerciements à ma belle sœur Rachida, maître de conférence A, à l'Université M.M.T.O, qui a contribué à la réalisation ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie.

A mon très cher père. Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines, ta persévérance et perfectionnisme.

A mon très cher époux AOUDJIT Farid. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon amour et mon attachement à toi. Depuis que je t'ai connu, tu n'as cessé de me soutenir et de m'épauler. Tu me voulais toujours le meilleur. Ton amour ne m'a procuré que confiance et stabilité.

A mes deux beaux enfants Islam et Amir. Puisse dieu vous protéger, vous procurer santé et longue vie.

A mes frères Ouafik et sa femme Amina, Mourad et sa femme Samira, Samir et sa femme Kamilia, et Yacine. Je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour vous.

A ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Liste des figures

Figures	Pages
Figure 1 : Aspect morphologique de la fève (<i>V. faba</i>) (Originales, 2016).	6
Figure 2 : Superficie et production de la fève et de la féverole en Algérie pour la décennie (2004-2014) (M.A., 2014).	9
Figure 3 : Superficie (a) et production (b) de la fève comparées aux autres légumineuses pour les quatorze années (2003-2018) dans la wilaya de Bouira (D.S.A.Bouira, 2019).	11
Figure 4 : Les insectes ravageurs de la fève <i>V. faba</i> (Originales, 2016).	14
Figure 5 : Dimorphisme sexuel chez <i>B. rufimanus</i> (GX10) (Originale, 2016).	16
Figure 6 : Infestation des graines par les larves de <i>B. rufimanus</i> (Originale, 2016).	20
Figure 7 : Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur les graines de <i>V.faba</i> (Originale, 2018).	21
Figure 8 : Situation géographique des stations d'études (Source : Google map)	26
Figure 9 : Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2014/2015.	28
Figure 10 : Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2015/2016.	29
Figure 11 : Courbe de l'accroissement de la pluie avec l'altitude (SELTZER, 1946).	30
Figure 12 : Pluviométries moyennes mensuelles corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentales 2014/2015.	30
Figure 13 : Pluviométries moyennes mensuelles corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2015/2016.	31
Figure 14 : Variations des moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air d'octobre à septembre (O.N.M de Bouira, 2014/2015,2015/2016).	32
Figure 15 : Variation des moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) d'octobre à septembre (O.N.M de Bouira, 2014/2015,2015/2016).	32
Figure 16 : Variation moyennes mensuelles des photopériodes (heures) d'octobre à septembre (O.N.M de Bouira, 2014/2015,2015/2016).	33
Figure 17 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	36
Figure 18 : Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	37
Figure 19 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	38
Figure 20 : Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	39
Figure 21 : Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	40
Figure 22 : Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	42

Figure 23: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	43
Figure 24: Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	44
Figure 25: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	45
Figure 26: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	46
Figure 27: Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	46
Figure 28: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	48
Figure 29: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges de la variété Séville semée en altitude échantillonnées durant l'année agricole 2015/2016.	49
Figure 30: Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.	50
Figure 31: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.	51
Figure 32: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges de la variété Aguadulce semée en altitude échantillonnées durant l'année agricole 2015/2016.	52
Figure 33: Effectifs d'adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016	53
Figure 34: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses âgées (a) et les gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.	55
Figure 35: Capsule céphalique au moment de la mue des larves (Photo originale, 2015).	61
Figure 36: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	63
Figure 37: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.	64
Figure 38: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	64
Figure 39: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.	65
Figure 40: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B.</i>	66

<i>rufimanus</i> de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.	
Figure 41: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de <i>B. rufimanus</i> de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.	66
Figure 42: Différents stades de développement de <i>B. rufimanus</i> (Photos originales, 2016)	68
Figure 43 : Matériels utilisés pour dosage des protéines totales	73
Figure 44 : Bleu de Coomassie (Brillant Bleu G-250).	74
Figure 45: Variation mensuelle du taux des protéines totales hémolympatiques des femelles et des mâles de <i>B. rufimanus</i> en diapause	75
Figure 46: Variation mensuelle du taux des protéines totales hémolympatiques des femelles et des mâles de <i>B. rufimanus</i> en activité sexuelle	76
Figure 47: Matériels expérimentales utilisées (Originales, 2018)	80
Figure 48: Les graine de fève la variété Séville (Originale, 2018)	81
Figure 49: <i>Origanum vulgare</i> (Originale, 2017).	82
Figure 50: <i>Salvia officinalis</i> L. (Originale, 2017).	84
Figure 51: <i>Mentha X piperita</i> L (Originale, 2017).	86
Figure 52: <i>Pinus pinaster</i> (Originale, 2017)	88
Figure 53: Feuilles et fruits de <i>Schinus molle</i> (Originale, 2017)	90
Figure 54: <i>Cupressus sempervirens</i> (Originale, 2019)	92
Figure 55: Les feuilles et les fruits d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Originale, 2017)	93
Figure 56: Montage d'extraction des huiles essentielles par Clevenger (Originale, 2017)	96
Figure 57: Spectrophotomètre GC/MS (Originale, 2019).	97
Figure 58: Test par contact des huiles essentielles à différentes doses contre <i>B. rufimanus</i> (Originale, 2018).	98
Figure 59: Test par inhalation effectué sur les adultes de <i>B. rufimanus</i> à différentes doses (Originale, 2018).	99
Figure 60: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de l'organ en fonction de la durée d'exposition.	101
Figure 61: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de la sauge en fonction de la durée d'exposition.	102
Figure 62: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de la menthe en fonction de la durée d'exposition.	102
Figure 63: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de pin maritime en fonction de la durée d'exposition.	104
Figure 64: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de faux poivrier en fonction de la durée d'exposition.	105
Figure 65: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de cyprès en fonction de la durée d'exposition.	106

Figure 66: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par contact à différentes doses d'huile essentielle d'eucalyptus en fonction de la durée d'exposition.	107
Figure 67: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de l'origan en fonction de la durée d'exposition.	109
Figure 68: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de la sauge en fonction de la durée d'exposition.	109
Figure 69: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de la menthe en fonction de la durée d'exposition.	110
Figure 70: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de pin maritime en fonction de la durée d'exposition.	112
Figure 71: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de faux poivrier en fonction de la durée d'exposition.	113
Figure 72: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de cyprès en fonction de la durée d'exposition.	114
Figure 73: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d'eucalyptus en fonction de la durée d'exposition.	115
Figure 74: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les mâles de <i>B. rufimanus</i> soumises à l'action des huiles essentielles par contact après 24h. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.	117
Figure 75: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les femelles de <i>B. rufimanus</i> soumises à l'action des huiles essentielles par contact après 24h. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.	118
Figure 76: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les mâles de <i>B. rufimanus</i> soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.	121
Figure 77: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les femelles de <i>B. rufimanus</i> soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.	122
Figure 78: Mortalité (%) des adultes mâles de <i>B. rufimanus</i> traités par contact par sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.	124
Figure 79: Mortalité (%) des adultes femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par contact par sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.	124
Figure 80: Mortalité (%) des adultes mâles de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.	125
Figure 81: Mortalité (%) des adultes femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation par sept huiles en fonction des doses et durée d'exposition.	125

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau 1: Superficie et production de la fève sèches dans la région de Bouira (D.S.A.Bouira, 2019).	10
Tableau 2: Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes », « variétés » et « dates d'observations » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2014/2015 en basse altitude.	41
Tableau 3 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de <i>V. faba</i> étudiées et strates des gousses sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2014/2015 en basse altitude.	43
Tableau 4 : Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes », « variétés » et « dates d'observations » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2014/2015 en moyenne altitude.	47
Tableau 5: Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de <i>V. faba</i> étudiées et strates des gousses sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2014/2015 en moyenne altitude.	49
Tableau 6: Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes », « variétés » et « dates d'observations » sur l'activité des adultes de <i>B. rufimanus</i> de l'année agricole 2015/2016 en altitude.	54
Tableau 7: Résultats de l'ANOVA et de test NEWMAN et KEULS de l'effet des « variétés » étudiées de <i>V. faba</i> « strates des gousses » et « altitude » sur l'infestation des gousses.	56
Tableau 8: Durée du cycle de vie ou de développement de <i>B. rufimanus</i> sur les parcelles de deux variétés de fève durant les deux années d'études.	67
Tableau 9: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle <i>Origanum vulgare</i> (en %) identifiée par CG/MS.	83
Tableau 10: Principaux composants de l'huile essentielle <i>Salvia officinalis</i> (en %) identifiée par CG/MS (TALEB- TOUDERT, 2015).	85
Tableau 11: Principaux composants de l'huile essentielle extraite de <i>Mentha X piperita</i> (en %) identifiée par CG/S (BENABDALLAH, 2017)	87
Tableau 12: Principaux composants de l'huile essentielle de <i>Pinus pinaster</i> (en %) identifiée par CG/SM.	89

Tableau 13: Principaux composants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> en pourcentage identifiées par CPG/SM.	94
Tableau 14: Régions et dates de récolte des plantes aromatiques testées.	95
Tableau 15: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle <i>Schinus molle</i> (en %) identifiée par CG/SM (Originale, 2019).	100
Tableau 16: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle <i>Cupressus sempervirens</i> (en %) identifiée par CG/SM (Originale, 2019).	100
Tableau 17: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d' <i>O. vulgare</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	103
Tableau 18: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>S. officinalis</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	103
Tableau 19: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>M. X piperita</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	104
Tableau 20: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de du <i>P. pinaster</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	105
Tableau 21: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de du faux poivrier sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	106
Tableau 22: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>C. sempervirens</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	107
Tableau 23: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d' <i>E. globulus</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.	108
Tableau 24: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de d' <i>O. vulgare</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	111
Tableau 25: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>S. officinalis</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	111
Tableau 26: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>M. X piperita</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	111
Tableau 27: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>P. pinaster</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	113

Tableau 28: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>S. molle</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	114
Tableau 29: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de <i>C. sempervirens</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	115
Tableau 30: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d' <i>E. globulus</i> sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.	116
Tableau 31: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les mâles de <i>B. rufimanus</i> par contact.	119
Tableau 32: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les femelles de <i>B. rufimanus</i> par contact.	119
Tableau 33: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les mâles de <i>B. rufimanus</i> par inhalation.	123
Tableau 34: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les femelles de <i>B. rufimanus</i> par inhalation.	123

Table des matières

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Généralités sur la plante hôte <i>Vicia faba</i> L	
1. Introduction	4
2. Origine de <i>Vicia faba</i>	4
3. Position systématique.....	4
4. Description botanique de <i>V. faba</i>	5
5. Principales variétés actuelles de fève	6
6. Valeur nutritive de la fève.....	7
7. Exigences de la culture de la fève.....	8
7.1. Exigences édaphiques.....	8
7.2. Exigences climatiques.....	8
7.2.1. Température	8
7.2.2. Lumière	8
7.3. Exigences agronomiques	8
7.3.1. Préparation du sol	9
7.3.2. Semis	9
8. Situation économique de la fève en Algérie.....	9
8.1. Evolution de la production (qx) et de la superficie (ha) de la fève et de la féverole en Algérie de 2004 à 2014.....	9
8.2. Evolution de la production de la fève dans la wilaya de Bouira.....	10
8.2.1. Superficie et production de la fève et de la féverole par rapport aux autres légumineuses dans la région de Bouira.....	11
9. Les principaux ravageurs et maladies de la fève en Algérie.....	11
9.1. Plantes parasites supérieures l'Orobanche.....	12
9.2. Maladies cryptogamiques.....	12
9.2.1. Taches chocolat <i>Botrytis fabae</i>	12
9.2.2. La rouille <i>Uromyces vicia</i>	12
9.2.3. Le mildiou <i>Peronospora fabae</i>	13
9.2.4. L'anthracnose <i>Ascohyta fabae</i>	13
9.3. Les ravageurs.....	13

9.3.1. Le puceron noir <i>Aphis fabae</i>	13
9.3.2. Le puceron vert <i>Acyrtosiphon pisum</i>	13
9.3.3. Les sitones <i>Sitona lineatus</i>	13
9.3.4. Les thrips <i>Frankliniella robusta</i>	13
9.3.5. Le lixe poudreux <i>Lixus algerus</i>	14
9.3.6. La bruche de la fève <i>Bruchus rufimanus</i>	14

CHAPITRE II: Généralité sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus*

1. Introduction.....	15
2. Présentation de la bruche de la fève <i>Bruchus rufimanus</i>	15
2.1. Position systématique.....	15
2.2. Description de la bruche de la fève.....	16
3. Cycle de développement	17
4. Diapause imaginale une stratégie majeure de survie dans le temps.....	18
4.1. Induction de la diapause.....	18
4.1.1. Principaux signaux abiotiques.....	18
4.1.2. Principaux signaux biotiques.....	19
4.2. Conditions de levée de la diapause reproductrice	19
5. Dégâts causés par la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	19
5.1. Pertes pondérales.....	20
5.2. Pertes de germination.....	20
5.3. Dépréciation des graines.....	20
5.4. Baisse de rendement.....	21
6. Lutte contre la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	21
6.1. Lutte chimique.....	21
6.2. Lutte préventive.....	22
6.3. Lutte curative.....	22
6.3.1 Lutte physique.....	22
6.3.2 Lutte biologique.....	23
6.3.3 Lutte par des plantes.....	23

Chapitre III: Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dans la région de Bouira

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

1. Introduction	25
2. Matériel et méthodes.....	25
2.1. Présentation de la zone d'étude.....	25
2.2. Etude climatique sur la région d'étude.....	26
2.2.1. Température.....	27
2.2.2. Pluviométrie.....	29
2.2.3. Humidité.....	31
2.2.4. Vent.....	33
2.2.5. Photopériode.....	33
2.3. Observations sur le terrain.....	34
2.3.1. Effectif des fleurs et des gousses.....	34
2.3.2. Densité des adultes.....	34
2.4. Au laboratoire.....	34
2.4.1. Oviposition et infestation des gousses.....	34
2.5. Analyse statistique.....	35
3. Résultats	36
3.1. Année agricole 2014/2015.....	36
3.1.1. Parcelles semées en basse altitude (El Asnam).....	36
3.1.1.1. Parcelle de variété Séville.....	36
3.1.1.1.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	36
3.1.1.1.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	36
3.1.1.1.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses.....	37
3.1.1.2. Parcelle de la variété Aguadulce.....	39
3.1.1.2.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	39
3.1.1.2.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	39
3.1.1.2.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses.....	41

3.2.1. Parcelles semées en moyenne altitude (Haizer).....	43
3.2.1.1. Parcelle de la variété Séville.....	43
3.2.1.1.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	43
3.2.1.1.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	44
3.2.1.1.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses de la variété Séville.....	44
3.2.1.2. Parcelle de la variété Aguadulce.....	46
3.2.1.2.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	46
3.2.1.2.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	46
3.2.1.2.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses.....	48
3.3. Année agricole 2015/2016	49
3.3.1. Parcelles semées en altitude (El Hachimia).....	49
3.3.1.1. Parcelle de la variété Séville.....	49
3.3.1.1.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	49
3.3.1.1.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	50
3.3.1.1.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses.....	51
3.3.1.2. La variété Aguadulce.....	52
3.3.1.2.1. Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges.....	52
3.3.1.2.2. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de la plante hôte <i>V. faba</i>	53
3.3.1.2.3. Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de <i>B. rufimanus</i> sur les gousses.....	54
4. Discussion.....	56
Deuxième partie : Cycle de développement de <i>B. rufimanus</i>	
1. Introduction.....	61
2. Matériel et méthodes.....	62
3. Résultats.....	62

3.1. La durée du développement embryonnaire.....	62
3.2. Le développement post-embryonnaire.....	63
3.2.1. Année agricole 2014/2015.....	63
3.2.1.1. Parcelles semées en basse altitude.....	63
3.2.1.2. Parcelles semées en moyenne altitude.....	64
3.2.2. Année agricole 2015/2016.....	66
3.2.2.1. Parcelles semées en altitude.....	67
3.3. La durée du cycle de développement complet de <i>B. rufimanus</i>	67
4. Discussion.....	69

Troisième partie : Etude comparative des protéines totales hémolympatiques chez les adultes de *B. rufimanus* en diapause et en activité sexuelle

1. Introduction.....	73
2. Matériel et méthodes.....	74
2.1. Matériel utilisés.....	74
2.2. Méthodes.....	75
2.2.1. Choix des insectes.....	75
2.2.2. Prélèvement de l'hémolymphe.....	75
2.2.3. Dosage des protéines totales.....	75
2.3. Exploitation des résultats par analyse statistique.....	76
3. Résultats.....	76
3.1. Protéïnémie hémolympatique totale chez les adultes de <i>B. rufimanus</i> en diapause.....	76
3.2. Protéïnémie hémolympatique totale chez les adultes de <i>B. rufimanus</i> en activité sexuelle.....	77
4. Discussion.....	78

Chapitre IV : Evaluation de la toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *B. rufimanus* diapausants

1. Introduction.....	80
2. Matériel expérimental, biologique et les plantes aromatiques.....	80
2.1. Matériel expérimental.....	81
2.2. Matériel biologique.....	82
2.2.1. La fève.....	82
2.2.2. Insecte ravageur.....	82

2.2.3. Plantes aromatiques.....	82
2.2.3.1. Famille des Lamiacées.....	82
2.2.3.1.1. L'origan (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	83
2.2.3.1.2. La sauge (<i>Salvia officinalis</i>).....	84
2.2.3.1.3. La menthe poivrée (<i>Mentha piperita</i>).....	86
2.2.3.2. Famille des Pinacées.....	88
2.2.3.2.1. Le pin maritime (<i>Pinus pinaster</i> Ait.).....	88
2.2.3.3. Famille des Anacardiacees.....	90
2.2.3.3.1. Faux poivrier (<i>Schinus molle</i>).....	91
2.2.3.4. Famille des Cupressacées.....	92
2.2.3.4.1. Cyprès vert (<i>Cupressus sempervirens</i> L.).....	92
2.2.3.5. Famille des Myrtacées.....	94
2.2.3.5.1. Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	94
3. Méthodes.....	96
3.1. Récolte et préparation de matériel végétal des plantes aromatiques testées.....	96
3.2. Technique d'extraction des métabolites secondaires (huiles essentielles).....	96
3.3. Analyse qualitative des huiles essentielles CG/SM.....	97
3.4. Méthode d'application des bioessais.....	98
3.4.1. Etude de la toxicité des huiles essentielles par contact.....	99
3.4.2. Etude de la toxicité des huiles essentielles par inhalation ou fumigation.....	99
3.5. Analyse statistique.....	100
3.5.1. Analyse de la variance.....	100
3.5.2. Estimation de la DL50 par la méthode de droite de régression.....	100
4. Résultats.....	101
4.1. Composition chimique des cinq huiles essentielles.....	101
4.2. Toxicité des huiles essentielles testées.....	101
4.2.1. Effet biocide des huiles essentielles sur les adultes de <i>B. rufimanus</i> diapausants par contact	102
4.2.1.1. Famille des Lamiacées.....	102
4.2.1.1.1 <i>Origanum vulgare</i>	102
4.2.1.1.2. <i>Salvia officinalis</i>	102
4.2.1.1.3. <i>Mentha X piperita</i>	103
4.2.1.2. Famille des Pinacées.....	105

4.2.1.2.1. <i>Pinus pinaster</i>	105
4.2.1.3. Famille des Anacardiacees.....	106
4.2.1.3.1. <i>Schinus molle</i>	106
4.2.1.4. Famille des Cupressacees	107
4.2.1.4.1 <i>Cupressus sempervirens</i>	107
4.2.1.5. Famille des Myrtacees.....	108
4.2.1.5.1. <i>Eucalyptus globulus</i>	108
4.2.2. Effet biocide des l'huiles essentielles sur les adultes diapausants par inhalation.....	109
4.2.2.1. Famille des Lamiacees.....	109
4.2.2.1.1. <i>Origanum vulgare</i>	109
4.2.2.1.2. <i>Salvia officinalis</i>	110
4.2.2.1.3. <i>Mentha X piperita</i>	110
4.2.2.2. Famille des Pinacees.....	111
4.2.2.2.1. <i>Pinus pinaster</i>	111
4.2.2.3. Famille des Anacardiacees.....	114
4.2.2.3.1 <i>Schinus molle</i>	114
4.2.2.4. Famille des Cupressacees.....	115
4.2.2.4.1 <i>Cupressus sempervirens</i>	115
4.2.2.5. Famille des Myrtacees.....	116
4.2.2.5.1 <i>Eucalyptus globulus</i>	116
5. Estimation de la DL50 des huiles essentielles testees sur les adultes males et femelles de <i>B. rufimanus</i>	117
5.1. Calcul de la DL 50 des huiles essentielles sur les individus de <i>B. rufimanus</i> testés par contact	117
5.2. Calcul de la DL 50 des cinq huiles essentielles sur les adultes de <i>B. rufimanus</i> testés par inhalation.....	121
6. Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles.....	124
6.1. Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles par contact.....	124
6.2. Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles par inhalation.....	126
7. Discussion.....	127
Conclusion generale et perspectives	131
Références bibliographiques.....	135
Annexes	

Introduction générale

Les légumineuses sont connues depuis la plus haute antiquité pour leurs valeurs nutritionnelles, leurs effets positifs sur la santé et leurs qualités gustatives. Au niveau mondial elles jouent un rôle de premier ordre pour l'alimentation dans de nombreux pays notamment en Asie, en Amérique latine et en Afrique où les protéines végétales sont moins onéreuses que les protéines d'origine animale (SCHNEIDER et HUYGHE, 2015).

Les légumineuses sont une composante essentielle dans les systèmes de culture du bassin méditerranéen. En plus de leur rôle agronomique dans les rotations culturales notamment avec les céréales, les légumineuses sont intéressantes au niveau nutritionnel, économique et environnemental. Ces plantes fixent l'azote atmosphérique grâce à leurs bactéries symbiotiques, les *Rhizobium*, contenues dans les nodosités, de ce fait elles peuvent effectivement améliorer la fertilité des sols par l'apport de la matière organique riche en azote. Dans ces conditions, ces cultures sont peu exigeantes en engrais (RAMADE, 1981).

Représentées par une diversité spécifique marquée, parmi les légumineuses alimentaires les plus cultivées pour l'alimentation humaine nous pouvons citer, le pois chiche (*Cicer arietinum* T.), le pois (*Pisum sativum*.C.), la lentille (*Lens culinaris*. L.), le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) et la fève et la féverole (*Vicia faba* L.) (KHARRAT et al., 2002).

La culture de la fève est pratiquée dans environ 58 pays (SINGH et al., 2012), elle est la quatrième culture légumière la plus importante dans le monde derrière les petits pois, les pois chiches et les lentilles (YAHIA et al., 2012).

En raison de la fixation symbiotique de l'azote, cette culture peut atteindre des rendements potentiels sans utilisation d'engrais (SARKAR et al., 2017). Pour cette raison la fève est incorporée dans l'agriculture mixte traditionnelle offrant une pratique agronomique moins chère et plus efficace en assurant une offre suffisante en azote (OUSLIM, 2016).

En général, les agriculteurs ont révélé de fortes préférences pour des variétés de qualité supérieure, résistantes aux maladies et aux ravageurs, ainsi qu'une meilleure adaptation aux stress abiotiques à savoir la variété de « Trois fois blanche » et la variété « Piccola » (YADAV et al., 2017).

En Algérie, la fève fait partie les premières cultures vivrières, couvrant une surface de 37499 hectares avec une production totale de 413866 tonnes (M.A.D.R.P., 2014). Elle occupe la première place parmi les légumineuses en raison de son intérêt dans l'économie nationale et dans la production agricole. Elle est généralement cultivée dans les plaines et les régions sublittorales (AOUAR-SADLI et al., 2008).

Néanmoins, la culture de la fève est sujette à une série de contraintes d'ordre abiotique (la chaleur, la gelée et la salinité) et d'ordre biotique (les maladies fongiques et virales ; les mauvaises herbes et les insectes ravageurs) (MAATOUGUI, 1996).

Parmi les insectes ravageurs qui s'attaquent à la culture de la fève, nous citons la sitone du pois *Sitona lineatus*, le puceron noir *Aphis fabae* et la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boh).

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 (HUIGNARD et al., 2011).

La bruche de la fève, *Bruchus rufimanus* (Boheman), est un Coléoptère *Chrysomelidae* monovoltin. Cet insecte est considéré nuisible et l'un des problèmes de la culture de cette légumineuse, qui l'affecte aux champs et fait une génération en stock (DUPOND et HUIGNARD, 1990). Ce coléoptère provoque des dommages quantitatifs et qualitatifs aux semences (KESZTHELY et al., 2018). LABORIUS et SABA (1977) ont rapporté 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* qui deviennent ainsi non commercialisables et impropres à la consommation.

En Europe occidentale et en Amérique du Nord, où les techniques de lutte les plus perfectionnées sont mises en place, les insectes détruisent encore annuellement plus de 3 milliards de dollars aux denrées agricoles ou forestières (THOMAS, 1999). Au Canada, les pertes que subissent les productions de céréales varient entre 35 à 45%. Dans les pays en développement, les estimations des pertes varient de 30 à 50% des récoltes (HELBIG, 1995).

D'après MAGAN et OLSEN (2004), en raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les ravageurs.

Les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Les paysans détournent souvent des pesticides à des usages autres que ceux pour lesquels ils sont destinés et utilisent les pesticides toxiques sans mesures de protection adéquates à cause des taux d'analphabétisme élevés (ISMAN, 2006).

Ainsi, l'emploi intensif de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants (MAGAN et OLSEN, 2004).

Plusieurs auteurs et organisations (FARR et *al.*, 2004 ; ISMAN, 2006) ont associé les pesticides à des problèmes de santé et de l'environnement. Ces auteurs rapportent que les pesticides chimiques sont des produits dangereux et toxiques même à très faibles doses.

Le contrôle des populations de la bruche de la fève dépend principalement des insecticides de synthèse notamment la phosphine ou le bromure de méthyle (BOUGHADAD, 1992). L'utilisation des pesticides de synthèse soulève cependant des problèmes d'ordre sanitaire, environnemental et des phénomènes de résistance (STOYTCHIEVA, 2011).

Pour cela PHILLIPS et TRONE (2010) stipulent que, des méthodes alternatives sont nécessaires à la substitution des pesticides de synthèse, notamment le bromure du méthyle et la phosphine. Différentes méthodes bio rationnelles de gestion des ravageurs associées aux denrées agricoles stockées sont exposées. Parmi ces approches de gestion, les bio pesticides d'origine végétale dont les huiles essentielles peuvent constituer une solution sécuritaire, écologique et durable (ISMAN, 2006 ; KOUL et *al.*, 2008 ; TRIPATHI et *al.*, 2009 ; PEREZ et *al.*, 2010).

En Algérie, très peu d'études ont été menées sur la lutte bioinsecticide contre l'insecte ravageur des champs de fèves *B. rufimanus* et seules quelques études lui ont été consacrées.

Dans ce contexte l'objectif de notre étude est de réduire les dégâts causés par cet insecte à un seuil économiquement acceptable par l'élaboration des stratégies de lutte adéquates et par la préservation des champs de fève contre les déprédations de ce bioagresseur.

Les différents points abordés dans la présente étude s'articulent autour de :

- ❖ Une synthèse bibliographique de la plante hôte *V. faba* et son agresseur *B. rufimanus* regroupée dans les deux premiers chapitres, respectivement.
- ❖ le troisième chapitre porte sur la dynamique des populations, le cycle biologique et l'étude biochimique en diapause et en activité reproductrice de cet insecte ravageur en interaction avec sa plante hôte en fonction des conditions climatiques régnantes.
- ❖ Le quatrième chapitre concerne l'évaluation de la toxicité des sept huiles essentielles extraites des plantes aromatiques méditerranéennes à l'égard de ce déprédateur.
- ❖ Et nous terminerons par une conclusion générale qui ressort les faits saillants de ce travail ainsi que des recommandations futures pour une éventuelle amélioration des récoltes de fève.

Chapitre I

Généralités sur la plante hôte *Vicia faba*

1. Introduction

Les légumineuses sont des plantes dicotylédones appartenant à la famille des Fabacées, qui représente la troisième famille de plante par le nombre d'espèces (à savoir 18 000 espèces référencées), après les familles des Astéracées et les Orchidées (SCHNEIDER et HUYGHE, 2015).

D'après GEPTS *et al.* (2005), la famille des légumineuses est répartie en : sous famille des Caesalpinioideae avec une fleur pseudo- papilionacée ; sous famille Mimosoideae avec une fleur régulière et sous famille des Faboideae ou Papilionoideae avec une fleur typique en papillon.

La fève (*Vicia faba* L.) est une plante herbacée de la famille des Fabacées. Cette légumineuse regroupe différentes sous espèces ou variétés de fève ou de féverole. Elle est considérée comme la principale source de protéines alimentaires et d'aliments de base utilisés sous différentes formes par certaines populations (RÉMOND et WALRAND, 2017). En outre, elle joue un rôle important dans la gestion de la fertilité des sols en azote (AGEGNEHU et FESSEHAIE, 2006).

2. Origine de *Vicia faba*

La fève est une plante potagère cultivée depuis la plus haute antiquité. Originnaire d'Asie Centrale cultivée il y a près de 10.000 ans, elle se répandra ensuite à tout l'hémisphère nord (ZAIDI et MAHIOUT, 2012).

À partir de son centre d'origine, le Proche-Orient, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie deviennent par la suite, les centres secondaires de dispersion (CUBERO, 2011).

3. Position systématique

RETA SANCHEZ *et al.* (2008) rappellent la classification de la fève comme suit :

✓ Règne :	Plantae
✓ Division :	Magnoliophyta
✓ Classe :	Magnoliopsida
✓ Ordre :	Fabales
✓ Famille :	Fabaceae
✓ Sous famille :	Faboideae
✓ Tribu :	Vicieae
✓ Genre :	<i>Vicia</i>
✓ Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

D'après KOLEV (1976), *V. faba* est subdivisée en trois sous espèces en fonction de la taille des graines et celle des gousses:

- *Vicia faba* Major Hartz à grosses graines dont les gousses sont très longues.
- *Vicia faba* Minor Beck à petites graines appelée couramment féverole dont les gousses sont cylindriques et courtes.
- *Vicia faba* Equina Pers à graines moyennes dont les gousses de la févette sont plus aplaties et longue.

Selon NUSSLY et *al.* (2004), les féveroles sont principalement cultivées pour l'alimentation animale ainsi qu'engrais vert, alors que les fèves sont destinées à l'alimentation humaine.

4. Description botanique de *V. faba*

La fève est une plante diploïde ($2n=12$ chromosomes) partiellement allogame (WANG et *al.*, 2012). C'est une plante herbacée robuste dont la tige peut dépasser un mètre (BELKHODJA, 1996).

Les feuilles (figure 1a) alternées et pennées sont constituées de 2 à 4 paires de folioles très grandes et ovales d'un vert glauque à grisâtre (CHAUX et FOURY, 1994).

Selon MAOUI et *al.* (1990), la fève possède des inflorescences en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne, situées à l'aisselle des feuilles. Les fleurs (figure 1b) sont de types papilionacés, blanches ou faiblement violacées et portent sur chaque d'elle une macule noire ou violette (PERON, 2006).

Les fruits sont des gousses charnues, vertes puis noires à maturité, de 15 à 30 cm de long (figure 1c), contenant de grosses graines ovales (COUPLIN et MARMY, 2009). Quant à la faculté germinative, elle peut se maintenir durant 6 à 10 ans et même au delà (CHAUX et FOURY, 1994).

Les graines sont charnues de couleur vert tendre à l'état immature (figure 1d). À complète maturité, elles développent un tégument épais coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie (LAUMONIER, 1979 ; CHAUX et FOURY, 1994).

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

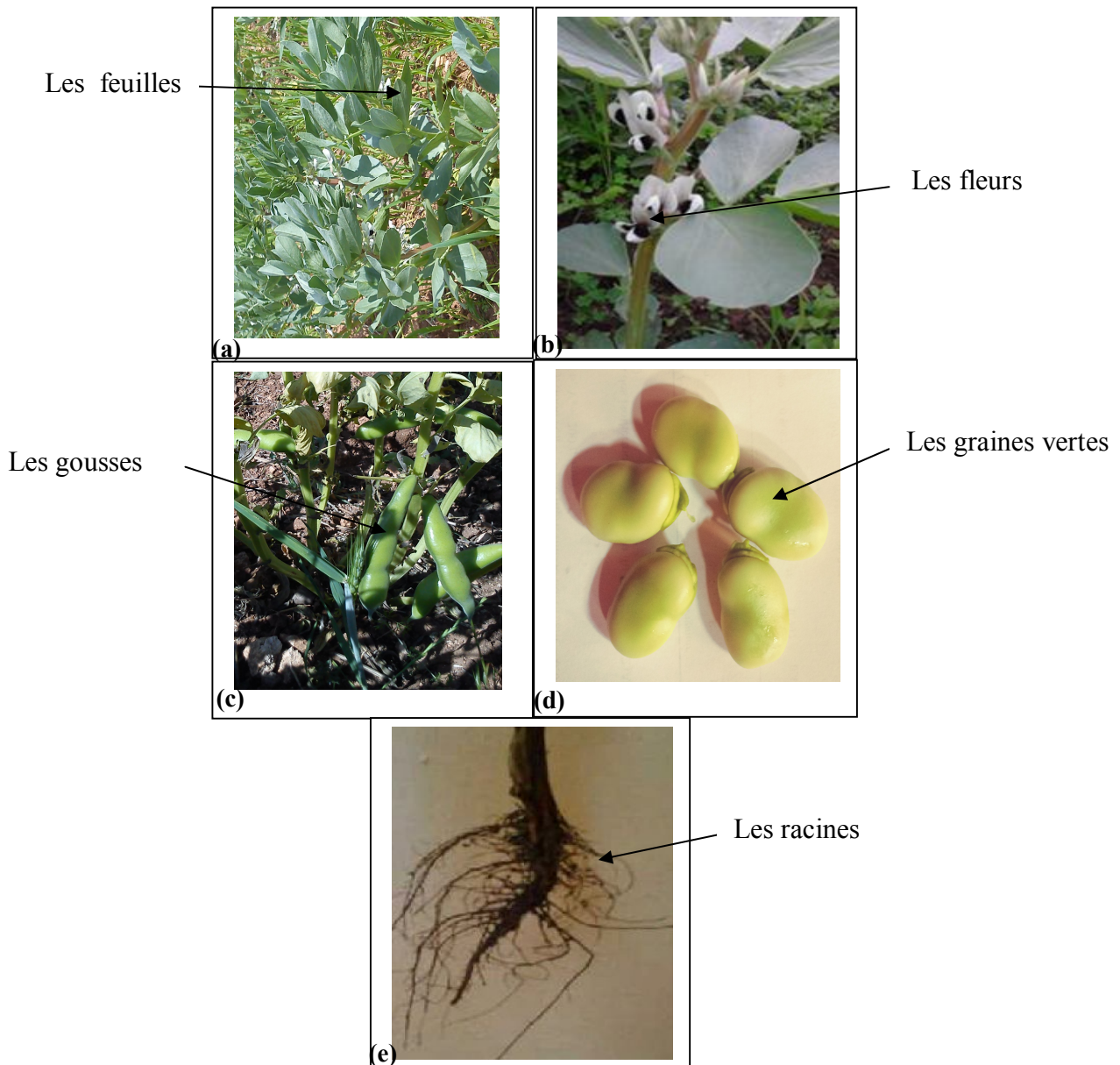


Figure 1 : Aspect morphologique de la fève (*V. faba*) (Originales, 2016).

(a) : les feuilles, (b) : les fleurs, (c) : les gousses, (d) : les graines vertes, (e) : les racines.

5. Les principales variétés de fève actuelles

Selon CHAUX et FOURY (1994), les différentes variétés de la fève se distinguent par la hauteur de la tige, la précocité et la grosseur des graines, nous pouvons distinguer quatre groupes :

- **Variétés très précoces** : dérivées du type Muchaniel, cultivées notamment en Espagne, gousses clair dressées contenant 5 à 6 graines.

- **Variétés précoces** : elles sont tirées de la fève de Séville, gousses renfermant 5 à 6 graines, plus volumineux que ceux des types précédents. c'est une plante de hauteur modérée (70cm).
- **Variétés demi-précoces** : elles appartiennent au type fève d'Aguadulce et sont très répandues en culture. Les gousses très longues, contenant 7 à 9 graines. C'est une végétation haute (1,10 à 1,20m).
- **Variétés tardives** : elles sont représentées par un type cultivé dans le nord de l'Europe, aux Pays-Bas notamment, sous le nom de Fève trois fois blanche. La plante, de hauteur moyenne (0,85m), produit de nombreuses gousses contenant 4 graines.

ZAGHOUANE (1991) rapporte qu'en Algérie, nous retrouvons la variété Sidi Moussa qui a été 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. Aussi nous retrouvons la féverole de Sidi Aich dont les graines sont de petites tailles. Elles sont principalement cultivées pour l'alimentation animale ou comme engrais vert (NUESLLY et al., 2004).

6. La valeur nutritive de la fève

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 Matière Sèche), 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).

7. Exigences de la culture de la fève

La fève est une culture du climat frais, elle est peut être cultivée au niveau de la mer jusqu'à l'altitude de 3700m (LIM, 2012), les exigences pédoclimatiques indispensables pour son développement sont :

7.1 Exigences édaphiques

Cette plante méditerranéenne est peu exigeante sur le type de sol, à condition que ce dernier soit bien ensoleillé et pas trop acide. Mais la fève préfère les sols profonds, silicoargileux riches en matières nutritives et en humus son pH optimal se situe aux environs de 6.75, mais elle tolère bien les pH compris entre 5.5 et 8 (KOLEV, 1976).

D'après BRINK et BELAY (2006), la fève nécessite une pluviométrie annuelle de 700 à 1000mm, dont plus de 60% doit tomber pendant la période de la croissance.

L'espèce est très exigeante en humidité du sol notamment durant les périodes initiales de son développement. Les phases de floraison et développement des gousses présentent une sensibilité élevée vis-à-vis d'un stress hydrique, raison pour laquelle il faut intervenir par un arrosage ou une irrigation en cas de faibles précipitations (CHAUX et FOURY, 1994).

7.2 Exigences climatiques

Parmi les exigences climatiques de la fève nous citons :

7.2.1 Température

La fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas -3°C . Les fortes chaleurs au dessus de 30°C de moyenne journalière lui sont néfastes et provoque un arrêt de croissance et peuvent même anéantir complètement la végétation (CHAUX et FOURY, 1994). Sa température optimale de pousse se situe aux environs de 20°C (FOLTETE, 2010).

7.2.2 Lumière

D'après LAUMONIER (1979), la fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité.

7.3 Exigences agronomiques

Parmi les exigences agronomiques de la fève nous pouvons citer :

7.3.1 Préparation du sol

Afin d'assurer à la plante une bonne autonomie vis-à-vis de ses besoins en eau, et en raison de son enracinement pivotant, un labour profond est conseillé (CHAUX et FOURY, 1994).

7.3.2 Semis

La fève est une plante annuelle. Elle peut se semer sous des climats très cléments à l'entrée de l'hiver, en octobre ou en novembre pour donner des fruits dès la mi-avril (FOLTETE, 2010). Selon LAUMONIER (1979), le semis dépend des régions et des variétés, il peut s'effectuer à partir du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de février et début du mois de mars. En Algérie, le semis est réalisé au mois de novembre afin d'éviter la sécheresse printanière et le développement de l'orobanche.

8. Situation économique de la fève en Algérie

La fève *V. faba* occupe une place dans l'économie nationale non négligeable.

8.1 Evolution de la production (qx) et de la superficie (ha) de la fève et de la féverole en Algérie de 2004 à 2014

Les données sur la production, la superficie et le rendement de la fève et de la féverole en Algérie durant la décennie 2004-2014 sont présentées dans la figure suivante :

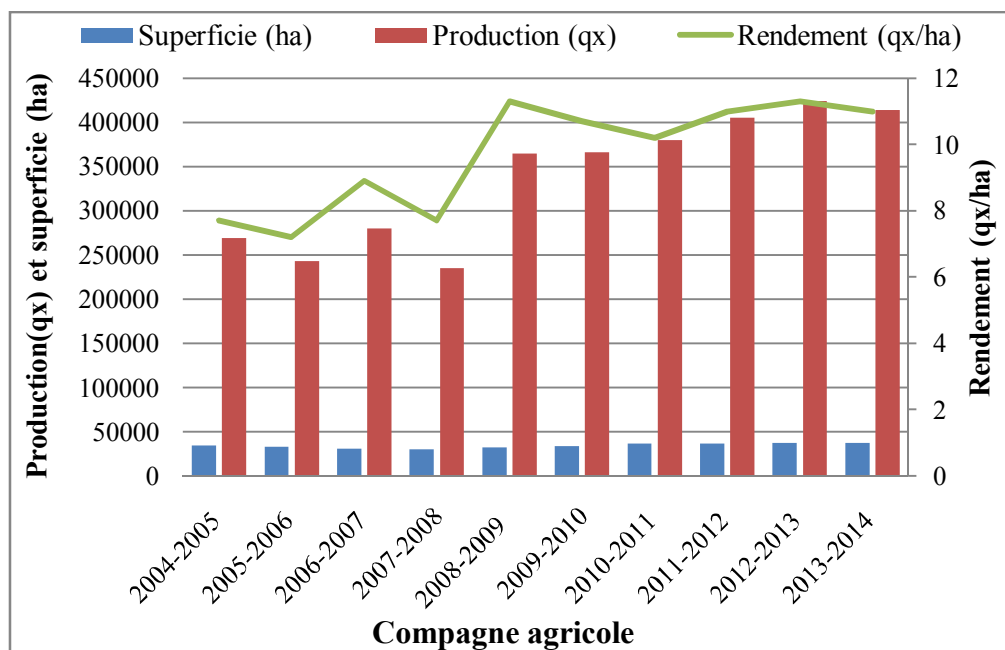


Figure 2 : Superficie et production de la fève et de la féverole en Algérie pour la décennie (2004-2014) (M.A.D.R.P., 2014).

Comme le montre la figure 2, les superficies et les productions de fève cultivée fluctuent d'une année à une autre. La superficie varie entre 30688ha et 37668ha et la production varie entre 235210qx et 423862 qx respectivement. La campagne agricole 2012-2013 enregistre une superficie la plus importante de 37668ha, ainsi qu'une bonne production, qui est de 423862qx.

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 notamment liée à la variabilité interannuelle des précipitations.

8.2 Evolution de la production de la fève dans la wilaya de Bouira

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève dans la région de Bouira pour les quatorze années (2003-2018) sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Superficie et production de la fève sèches dans la région de Bouira (D.S.A.Bouira, 2019).

Compagne agricole	Production (qx)	Superficies emblavées (ha)	Rendement (qx/ha)
2003- 2004	11265	1184	9.51
2004- 2005	1927	1415	14.08
2005- 2006	15.328	1287	11.90
2006- 2007	12763	1220	10.46
2007- 2008	5220	580	9
2008- 2009	40173	1910	21.03
2009-2010	2178	1405	17.20
2010- 2011	13047	934	13.96
2011- 2012	11023	856	12.87
2012- 2013	11247	8845	12.71
2014-2015	6833	643	10.62
2015-2016	6171	664	9.29
2016-2017	5946	723	8.22
2017-2018	7837	826	9.48
Moyenne	13639,85	1606,57	11,35

Il en ressort de ces données, que la superficie moyenne emblavée à la culture de la fève dans la wilaya de Bouira est de 1606,75 ha, elle présente des variations d'une année à

l'autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi et dont la moyenne de quatorze années est de 13639,85qx.

Nous remarquons aussi une fluctuation du rendement qui représente une moyenne de 11,35qx/ha. Le rendement maximal est enregistré durant l'année agricole 2008-2009 avec 21,03 qx/ha, tandis que le rendement minimal est observé durant la campagne agricole 2007-2008 avec 9 qx/ha.

8.2.1 Superficie et production de la fève et de la féverole par rapport aux autres légumineuses dans la région de Bouira

La superficie et la production de la fève par rapport aux autres légumineuses sèches sont représentées dans la figure 3.

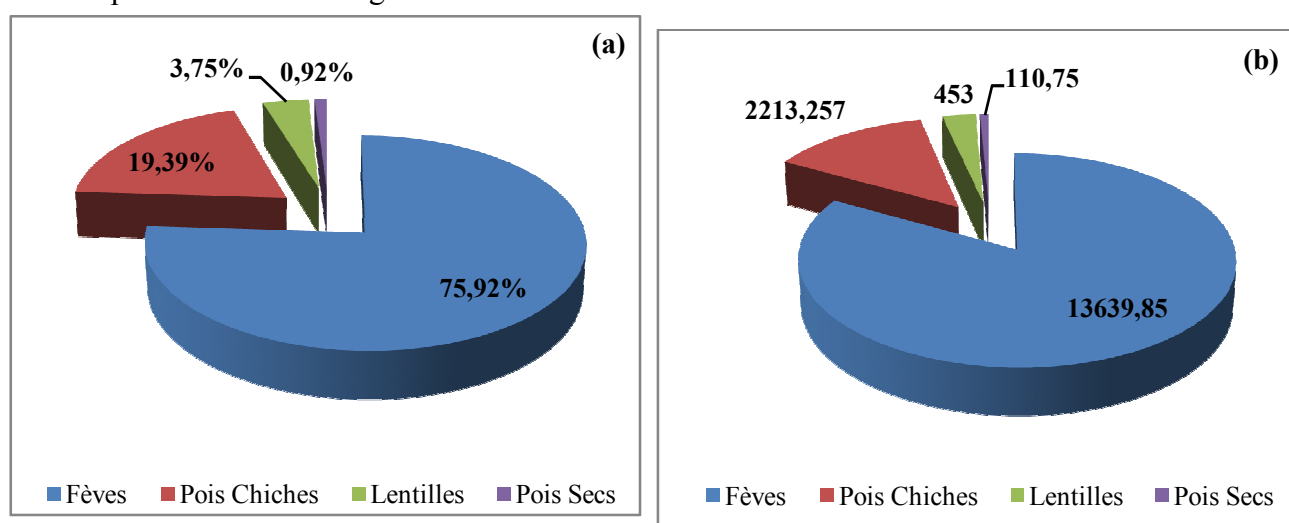


Figure 3 : Superficie (a) et production (qx) (b) de la fève comparées aux autres légumineuses pour les quatorze années (2003-2018) dans la wilaya de Bouira (D.S.A.Bouira, 2019).

La fève occupe une superficie de 75,92% par rapport aux autres légumineuses alimentaires, suivie par le pois chiche avec une superficie d'ordre de 19,39%.

Nous constatons aussi que l'importance des superficies emblavées en fève se traduit par une production plus marquante comparativement à la production des autres légumineuses.

Donc la fève est la légumineuse la plus cultivée dans la région de Bouira, viennent par ordre les pois chiches, les lentilles et en dernière position les pois secs.

9. Les principaux ravageurs et maladies de la fève en Algérie

La fève (*V. faba*) est la principale légumineuse alimentaire cultivée en Algérie. Elle constitue une importante ressource socio économique, mais cette espèce est soumise à plusieurs maladies et ravageurs qui constituent des contraintes majeures pour son amélioration, son développement et la stabilité de sa production.

9.1 Plantes parasites supérieures l'Orobanche

La fève peut être parasitée principalement par trois espèces d'orobanches : *Orobanche crenata*, *Orobanche foetida* et *phelipanche aegyptiaca* (PEREZ-DE-LUQUE, 2010).

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 culture (KHARRAT *et al.*, 2002b ; Abbes *et al.* , 2010).

L'espèce la plus connue en Algérie est l'Orobanche spéculaire (*Orobanche crenata* Forsk) (HAMADACHE, 2003).

9.2 Maladies cryptogamiques

Parmi les maladies cryptogamiques qui affectent la fève nous pouvons citer :

9.2.1 Taches chocolat *Botrytis fabae*

ABOU-ZEID (2002) et STODDARD *et al.* (2010) rapportent que les principales menaces pesant sur la production de la fève et la féverole sont la maladie des taches chocolat.

D'après VANNETZEL et BOIZET (2013), *B. fabae* peut être observée sur les feuilles dès le début de végétation. Deux phases de la maladie peuvent être distinguées :

- Une phase non agressive qui correspond au début de l'infection, de nombreuses petites taches de couleur brun-chocolat, souvent de 2-3 mm de diamètre sont dispersées sur la feuille sont observées.
- Une phase agressive, lorsqu'un climat doux et très humide persiste pendant plusieurs jours, les taches foncées, s'accroissent, s'unissent et peuvent entièrement nécroser les organes attaqués. Lors d'une phase agressive durant la floraison, les pertes peuvent atteindre 30 à 50% si aucun traitement n'est réalisé.

9.2.2 La rouille *Uromyces viciae- fabae*

La rouille est une maladie grave à la fève avec des attaques sévères au Moyen-Orient et Afrique Orientale, elle atteint jusqu'à 70% des cultures. Selon MESSIAEN *et al.* (1991), la rouille conduit à l'affaiblissement des plantes et à la diminution du nombre et du remplissage des gousses, à des dessèchements prématurés dans les cas les plus graves, qui peuvent être provoqués par un assez grand nombre de champignons.

9.2.3 Le mildiou *Peronospora fabae*

Provoqué par les attaques précoces de mildiou entraînent le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles (CHAUX et FOURY, 1994) alors que les attaques tardives se manifestent par la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles (STODDARD et *al.*, 2010).

9.2.4 L'anthracnose *Ascohyta fabae*

L'anthracnose se manifeste par l'apparition des taches brunes claires sur l'épiderme des gousses, sur les feuilles et sur les tiges. Les graines sont ensuite contaminées en provoquant l'éclatement des gousses (PLANQUAERT et GIRARD, 1987)

9.3 Les ravageurs

La fève est sujette à des attaques de plusieurs espèces d'insectes parmi lesquelles nous citerons :

9.3.1 Le puceron noir *Aphis fabae*

Le puceron noir (figure 4a) est le principal ravageur de la fève. Cette espèce forme des colonies en manchon autour des tiges. Il est à l'origine de pertes importantes de rendement. En présence de grandes colonies, les feuilles se recroquevillent sous l'effet des ponctions de sève, la croissance est altérée et la toxicité de la salive peut faire avorter les fleurs et l'éclatement des gousses fortement attaquées (DIDIER et GUYOT, 2012). *A. faba* est aussi le vecteur de maladies à virus, il peut transmettre à la plante plus de 30 virus pathogènes (BLACKMAN et EASTOP, 2007).

9.3.2 Le puceron vert *Acyrtosiphon pisum*

Le puceron vert du pois (figure 4b) peut compromettre toute la récolte lorsque l'infestation survient avant la floraison. Il suce la sève et cause des pertes de rendement considérables (BOUHACHEM, 2002).

9.3.3 Les sitones *Sitona lineatus*

Les sitones (figure 4c) constituent le groupe des curculionidés (RACHEF et *al.*, 2005). Ce sont des charançons de 3,5 à 5mm de long de couleur brun-rougeâtre. D'après AVERSENQ et *al.* (2008), les adultes dévorent les feuilles (encoches) sans grande incidence. Les larves de cet insecte consomment les nodosités, ce qui perturbe l'alimentation azotée de la plante.

9.3.4 Les thrips *Frankliniella robusta*

Les thrips sont de minuscules insectes parasites de nombreuses plantes. Ils provoquent rarement la mort du végétal, touchent la production des gousses, et ils peuvent nuire à la qualité des récoltes. Les plantes touchées présentent des feuilles gaufrées avec des taches jaunes ou brunes. Elles développent de nombreuses ramifications et restent naines et sans gousses (ARVALIS et UNIP, 2013).

9.3.5 Le lixe poudreux *Lixus algerus*

Le lixe poudreux des fèves (figure 4d) provoque l'affaiblissement de la plante, la réduction du poids moyen des graines, ainsi que le dessèchement précoce et diminution du rendement (MAOUI et *al.*, 1990).

9.3.6 La bruche de la fève

Les larves de la bruche de la fève se développent aux dépens des graines, qui perdent leur pouvoir germinatif et leur poids (BOUGHADAD, 1994).

RACHEF et *al.* (2005) rapportent qu'en Algérie, toutes les superficies cultivées en fève sont attaquées par la bruche (figure 4e), ce coléoptère de la famille des Bruchidae occasionnent d'importants dégâts ou plus de 64% de graines peuvent être infestées.

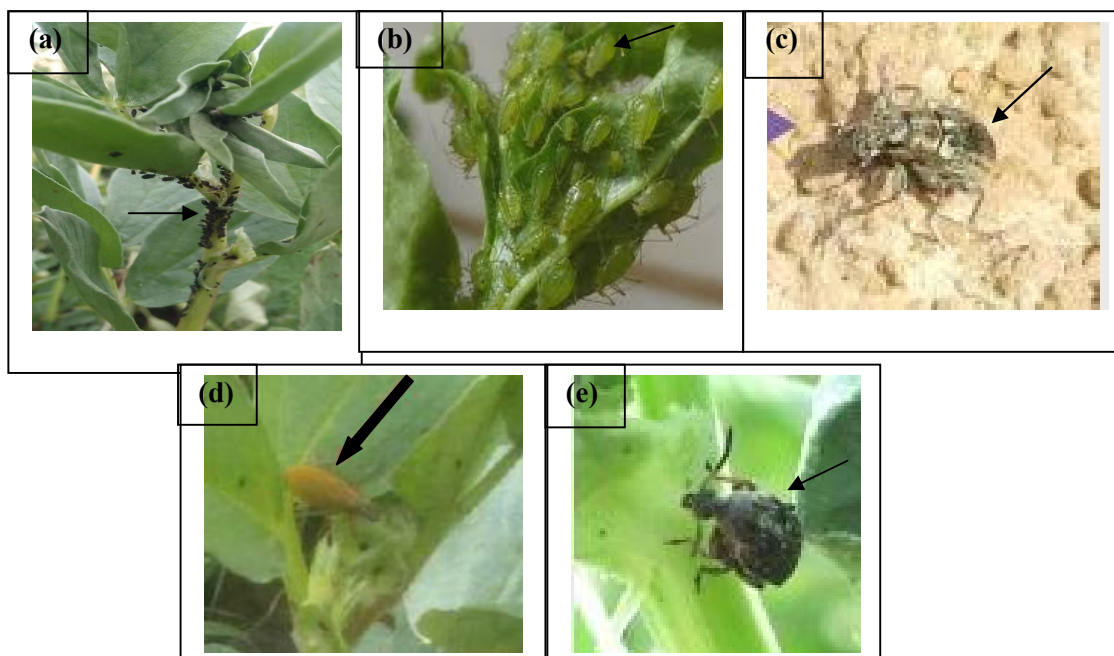


Figure 4 : Les insectes ravageurs de la fève *V. faba* (Originales, 2016). (a) : Le puceron noir ; (b) : Le puceron vert ; (c) : La sitone ; (d) : Le lixe poudreux ; (e) : La bruche de la fève.

Chapitre II

Généralités sur la bruche de la fève Bruchus rufimanus

1. Introduction

Les insectes phytophages de la famille des Chrysomelidae présentent une forte spécificité d'hôte qui renforce leur utilité dans des études sur les relations plantes-insectes. Ils présentent une répartition géographique qui marque leur préférence pour les régions chaudes (DELOBEL et DELOBEL, 2003).

Les bruches constituent un modèle biologique pertinent, car il est possible de déterminer avec précision la nature de leurs plantes-hôtes. 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 GUYARDER (2001), les bruches appartiennent à la famille des Chrysomelidae et la sous famille des Bruchidae.

Selon TUDA (2007) un grand nombre de bruches appartenant principalement aux genres *Acanthosceilides*, *Bruchidius*, *Bruchus*, *Callosobruchus* sont économiquement nuisibles aux légumineuses alimentaires. Leur développement se fait en général à l'intérieur d'une seule graine de légumineuse. Ce sont des ravageurs des denrées d'une très grande importance. Ils peuvent causer des dégâts au champ, mais surtout nuisibles dans les stocks des graines pour certaines espèces (YUS RAMOS et al., 2007).

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

2.1 Position Systématique

HOFFMAN et al. (1962), BUKEJS (2010) rappellent la systématique de la bruche de la fève comme suit:

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Sous embranchement : Ptérygotes
- Classe : Insectes
- Section : Néoptères
- Sous section : Endoptérygotes
- Ordre : Coléoptères
- Sous ordre : Phytophagae
- Famille : Chrysomelidae
- Sous-famille : Bruchinae
- Genre : *Bruchus*
- Espèces : *Bruchus rufimanus* (Boheman, 1833)

2.2 Description de la bruche de la fève

2.2.1 Adultes

La bruche de la fève est la plus grande espèce des Bruchidae, d'une longueur moyenne de 3,5 – 5 mm, se reconnaissant facilement par la présence d'une longue pointe située à l'angle interne des tibias postérieurs, pour les deux sexes, cependant, par la conformation particulière des tibias intermédiaires tordus légèrement et creusés en gouttière le long de leur face interne chez les mâles. Le protorax est plus au moins denté latéralement. Les tarses médians tantôt ferrugineux, tantôt noirs (HOFMANN, 1945).

La tête, petite et noire est prolongée en museau court. Les pattes antérieures fauves sont à la base des cuisses noires, tandis que les autres sont noires. Le corselet est couvert d'un épais duvet d'un gris jaunâtre, les élytres sont plus larges que le corselet, noirs striés avec des taches grises (QUANTIN, 1861).

Selon BOUGHADAD (1994), les mâles présentent une échancrure à la face ventrale du dernier segment abdominal, ce qui permet de les différencier des femelles dont le dernier segment il est entier (Figure 5).

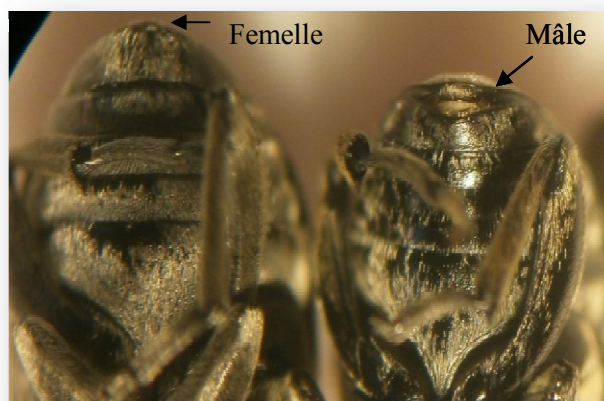


Figure 5 : Dimorphisme sexuel chez *B. rufimanus* (GX10) (Originale, 2016).

2.2.2 Œufs

Les œufs ont 0,55 X 0,25 mm ; ils ont un aspect gélatineux et sont collés à la gousse sur toute sa longueur. Ils sont lisses et ne présentent pas d'ornementation visible du chorion (DUPONT, 1990).

2.2.3 Larves

Selon HOFFMANN (1945) et KINGSOLVER (2004), les larves de *B. rufimanus* mesurent 5 à 6 mm de long, caractérisées par une tête brune, un corps blanc légèrement

jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents. Elles sont sub-cylindriques en forme de C.

2.2.4 Nymphes

La nymphe ressemble à l'adulte mais qui n'a pas acquis sa couleur brune, cette dernière est d'un blanc crème. La tête n'est partiellement visible que du haut (CASARI et TEIXEIRA, 1997).

3. Cycle de développement

Bruchus rufimanus présente un cycle biologique annuel strictement dépendant de celui de sa plante hôte *V.faba*. Son activité reproductrice, contrairement aux bruches polyvoltines inféodées aux denrées stockées, est limitée à la période de végétation et de fructification de la fève (MEDJDOUB-BENSAAD et al., 2015). En dehors de cette période l'insecte est en diapause imaginale, marqué par un arrêt du développement des organes reproducteurs donc par un arrêt de l'activité reproductrice (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

Les bruches trouvent refuge dans les bois ou les écorces d'arbre, dans le sol ainsi que dans les entrepôts de stockages (HUIGNARD et al., 2011; LEPPIK, 2014).

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 reproductrice lors de leur arrivée dans les parcelles. Seule la consommation de pollen de fève ou de féverole permet la maturation sexuelle et stimule le comportement reproductif des femelles de ce Bruchidé (BOUGHADAD, 1994).

Selon HUIGNARD et al. (2011), après l'accouplement les bruches femelles pondent leurs œufs 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 (BOUGHADAD, 1994).

A la fin de développement, les adultes peuvent adoptés deux stratégies : soit rester dans les graines et hiverner dans les entrepôts, soit quitter les graines pour aller s'abriter dans les écorces d'arbres, les lichens, sol en attendant la fin de diapause, pour ensuite aller coloniser les champs de fève à la saison suivante (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

Lorsque la température dépasse 15°C et que la photopériode s'allonge, les adultes commencent à voler à la recherche des plantes à fleurs présentent dans l'agrosystème et se

nourrissent du pollen et du nectar que ces fleurs produisent. Ils vont alors rechercher les cultures de fève (cultures – hôtes) (HUIGNARD et *al.*, 2011). Au bout de quelques jours, ils s'accouplent, la femelle pond isolément ses œufs sur les gousses. Les larves de ce coléoptère creusent des trous dans les gousses.

4. Diapause imaginale une stratégie majeure de survie dans le temps

L'une des alternatives des insectes pour survivre à l'absence de ressources trophiques sont les arrêts de développement tels que la diapause ou la quiescence. La définition de ces termes pouvant varier entre les auteurs (KOSTAL, 2006).

D'après DENLINGER (2002), la quiescence est une réponse immédiate et directe à l'action d'un ou plusieurs facteurs environnementaux. Ce ou ces facteurs contrôlent l'entrée et la levée de la quiescence. Par contre, la diapause est une interruption qui dévie le métabolisme continu de l'insecte vers un métabolisme d'arrêt spécifique qui précède l'arrivée de conditions défavorables. Ainsi, la diapause est un arrêt programmé en amont du stade où elle est observée. Elle est liée à des mécanismes physiologiques et génétiques.

La diapause a été particulièrement étudiée chez les insectes 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 de développement des organes reproducteurs (DENLINGER et *al.*, 2005).

Enfin, la diapause est un mécanisme intéressant pour résister aux conditions extrêmes. Certaines adaptations physiologiques et/ou comportementales spécifiques augmentent cette résistance. Chez le doryphore, le ralentissement du métabolisme et l'enfouissement dans le sol assurent un meilleur taux de survie hivernale (PIIROINEN et *al.*, 2011).

4.1 Induction de la diapause

L'induction de la diapause est un processus dynamique durant lequel interviennent des signaux environnementaux biotiques et abiotiques (DANKS, 1987).

4.1.1 Principaux signaux abiotiques

HE et *al.* (2009) montrent que les deux principaux facteurs abiotiques participant à l'induction de la diapause sont la photopériode et la température. Une différence de photopériode de 10 minutes peut être suffisante pour déclencher une réponse. La température apparaît moins fiable pour définir à elle seule la saison. Elle peut être modifiée fortement

selon les conditions (position à l'ombre ou au soleil). L'humidité et les pluies selon VINOD et SABU (2010) sont quelquefois mentionnées comme des facteurs d'induction.

4.1.2 Principaux signaux biotiques

Les principaux signaux biotiques participant à l'induction de la diapause sont le régime alimentaire et la composition chimique de la plante-hôte. La ressource a des effets directs sur la croissance et le développement des individus en fonction de sa qualité nutritionnelle (HUNTER et Mc NEIL, 1997).

La composition chimique des plantes-hôtes peut varier au cours du temps et préfigurer la saison à venir. Ainsi, l'augmentation de certains composés dans les végétaux (lipides, protéines) (DANKS, 1987) ou la baisse de la qualité de la plante (tendreté, azote, eau) (ISHIHARA et OHGUSHI, 2006; TAKAGI et MIYASHITA, 2008) peuvent être des signaux d'induction de la diapause.

4.2 Conditions de levée de la diapause reproductrice

Chez *B. rufimanus*, la levée de la diapause a lieu au printemps lors de la phase de fructification de la plante hôte et lorsque la température dépasse 15°C (HUIGNARD et al., 2011). Selon ces mêmes auteurs, l'apparition des fleurs induit la résiliation de diapause et rendent les insectes sexuellement actifs. Les substances chimiques produites par les fleurs stimulent probablement le développement de l'ovogenèse (HUIGNARD et al., 1990).

Chez *Bruchidius atrolineatus* (Pic) lorsque les insectes diapausants sont placés en présence d'influences de *Vigna unguiculata* Walp, leurs organes reproductifs deviennent fonctionnels après un temps de latence de 15 à 20 jours.

Il n'y a par contre aucune levée de la diapause chez les bruches placées en présence de gousses sèches de *V. unguiculata* dans une atmosphère saturée. Des informations sensorielles issues des pièces florales ou et des facteurs nutritionnels sans doute liés à la consommation de nectar semblent être à l'origine de cette levée de la diapause (GERMAIN et al., 1985).

5. Dégâts causés par la bruche de la fève *B. rufimanus*

Si l'on s'intéresse aux dégâts causés par la bruche de la fève, les adultes de ce ravageur ne vivent que pendant quelques jours dans les champs de fève. Ils apprécient le pollen et ne causent pas de dommages importants. Par contre, ce sont particulièrement les larves qui s'incrudent dans les graines en leur causant des dégâts.

Celles-ci laissent un trou de forme circulaire ou opercule. Les grains endommagés perdent leur qualité gustative ainsi que leur pouvoir germination.

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 (FLEURAT-LESSARD, 2011).

En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons des grains de fève sont évaluées à 2,84 % avec un seul adulte de *B. rufimanus*, 5,87 % avec deux adultes 8,27 % avec trois adultes et à 14,5 % avec cinq adultes par graine (BOUGHADAD, 1996).

5.2 Pertes des germinations

La larve constitue l'état nuisible de la bruche car elle s'alimente au dépens des réserves cotylédonaire des graines (MOUHOUCHE, 1997) (figure 6).

En effet HOFFMANN et LABEYRIE (1962) justifient que le pouvoir germinatif des grains est fortement diminué par les galeries larvaires. GERMAIN et *al.* (1985) rapportent 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 3 bruches.

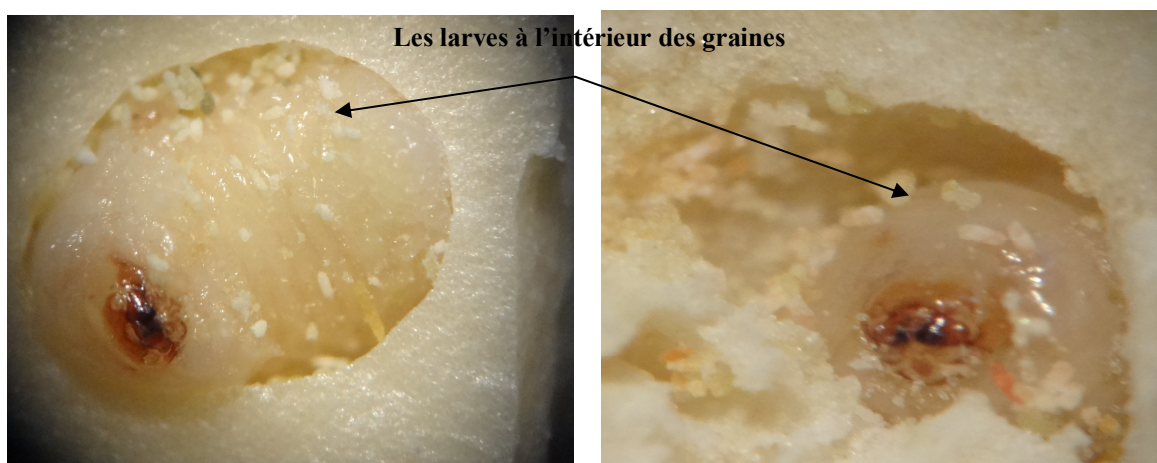


Figure 6 : Infestation des graines par les larves de *B. rufimanus* (Originale, 2016).

5.3 Dépréciation des graines

B. rufimanus provoque la dépréciation gustative des graines de *V. faba* (BOUGHADAD, 1994).

Ces dégâts gênent considérablement la vente du produit car les grains sont tachetés par des opercules causés par la bruche de la fève (figure 7). 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.



Figure 7 : Dégâts causés par *B. rufimanus* sur les graines de *V.faba* (Originale, 2018).

5.4 Baisse de rendement

Selon SADOU (1998), une graine bruchée donne un rendement inférieur à celui 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.

6. Lutte contre la bruche de la fève *B. rufimanus*

Face à l'ampleur des dégâts causés par les bruches, plusieurs techniques sont utilisées pour éradiquer le fléau ou maintenir le niveau des attaques à un seuil économiquement acceptable.

6.1 Lutte chimique

Selon BALACHOWSKY (1962), en absence de toute possibilité de traitement, la lutte chimique paraît nécessaire. Pour SERPEILLE (1991), elle est indispensable pour contrôler efficacement les dégâts de la bruche de la fève au champ.

Peu de produits sont efficaces et il faut protéger les abeilles et les bourdons car ceux-ci sont nécessaires à la fécondation des fèves et féveroles. Deux produits sont préférés : Karate Xpress 0.125 Kg et Talster flo 0.125 L.

DUPONT (1990) préconise deux traitements d'insecticides au cours de la phase de fructification. Ces traitements pratiqués par pulvérisation des pyréthrinoides et d'endosulfan permettent un contrôle très efficace des populations de *B. rufimanus* (les pertes en graine étant alors inférieures à 10 %).

Vu la forte rentabilité des bruches adultes il est préférable d'intervenir sur toutes les parcelles en même temps dans une région donnée (CAILLIEZ, 2005).

6.2 Lutte préventive

Elle a pour objectif de réduire l'infestation des gousses (fruit) au champ. Il s'agit de techniques culturales pouvant réduire les dégâts tels que la détermination d'une date de semis et de récolte adéquate, la rotation et le cerclage des cultures et la suppression des mauvaises herbes constituant une source de nourriture additionnelle (SULLIVAN, 2007).

Cependant, il serait intéressant de semer des graines de fève en alternance avec des parcelles d'autres plantes (céréales ou autres). JALOUX (2010) rapporte que l'association d'une plante hôte avec une plante campagne émettant des composés volatils différents va permettre de masquer ou d'altérer l'odeur de la plante hôte.

Selon LIENARD et SECK (1994), les associations culturales entre un céréale et une légumineuse peuvent limiter la contamination des gousses par les Bruchidae.

6.3 Lutte curative

Le stockage au dessus du feu est une bonne méthode de lutte contre les bruches polyvoltines. L'utilisation de la cendre empêche la rentrée des adultes dans les stocks et réduit aussi bien l'oviposition que les émergences en emprisonnant les adultes dans les cellules pupales (LIENARD et SECK, 1994).

Le stockage hermétique permet de tuer les insectes par asphyxie, cette méthode consiste à entreposer les graines dans des récipients hermétiques à l'air. Au bout d'un certain temps l'oxygène est consommé par les graines et les ravageurs en vie vont mourir par manque d'oxygène au bout de quelques heures, cela favorise aussi l'augmentation des gaz carboniques.

6.3.1 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 BALACHOWSKY (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.

6.3.2 Lutte biologique

Selon VAN DRIESCHE et BELLOWS (1996), la lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénéicité ou compétition. Elle est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures (EILENBERG et al., 2001; JOURDHEUIL et al., 2002; ALTIERI et al., 2005).

D'après BALACHOWSKY (1945) in MEDJDOUB-BENSAAD (2007), les ennemis naturels de la bruche de la fève sont peu nombreux, il cite *Sigalphus pallipes* Nees, *Sigalphus thoracicus* Curt, *Chremylus rubiginosus* Nees (Hymenoptera : Braconidae), *Triapsis similis* Szelp.

Pour BOUGHADAD (1994), ce sont les parasitoïdes qui exercent l'impact régulateur le plus fort *Sigalphus thoracicus* Szelp est considéré comme le Braconidae qui occasionne les plus fortes mortalités chez les larves âgées et les nymphes.

Dans la région de Tizi-Ouzou *Triapsis luteipes* (Hymenoptera : Braconidae) a été identifiée dans les logettes nymphales de *B. rufimanus* (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

6.3.3 Lutte par des 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 nombre 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 (AQUINTY et *al.*, 2006), huiles végétales (KELLOUCHE, 2005), poudres végétales et huiles essentielles (GOUCEM-KHELFANE, 2014).

Chapitre III

*Bio écologie de la bruche
de la fève
Bruchus rufimanus
dans la région de Bouira*

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

1. Introduction

L'activité des adultes de *B. rufimanus* dans les cultures de fève se réalise à partir des sites d'hivernation : les bois, les écorces d'arbre, les lichens, à partir des graines qui hébergent des bruches vivantes, les anfractuosités du sol (FRANSSSEN, 1956). Selon DUPONT et HUIGNARD (1990), l'accroissement de la température constitue un facteur primordial qui permet le départ des adultes des sites d'hivernation. Le démarrage de l'activité reproductrice est conditionné par la consommation du pollen de la plante hôte, particulièrement chez les femelles (TRAN, 1992). Les variations photo ou thermopériodiques représentent chez de nombreux insectes les signaux susceptibles d'induire ou de lever la diapause reproductrice (TAUBER et TAUBER, 1976 ; MAZAKI, 1980 ; CHIPPENDALE, 1982 ; BECK, 1983).

L'oviposition est induite par la nouaison de la plante hôte chez les bruches. Les femelles commencent à pondre dès l'apparition des premières gousses formées au niveau du premier étage floral de la plante, quand les températures diurnes sont supérieures à 15°C (BOUGHDAD et LAUGE, 1997). Dans le cadre d'une stratégie de lutte efficace contre ce bioagresseur, il nous semble nécessaire de suivre la dynamique des populations ainsi que son cycle de développement au moment de l'activité reproductrice ainsi que l'infestation des gousses par des adultes de ce ravageur dans les conditions particulières de nos agrosystèmes.

2. Matériel et méthode

2.1 Présentation de la zone d'étude

Notre étude est conduite dans trois communes de la wilaya de Bouira, située dans la région de Kabylie au versant sud du Djurdjura à 36°22'00" latitude Nord et 3°53'00" longitude Est, durant les deux années agricoles successives 2014/2015 et 2015/2016. Le travail est effectué pour chaque année agricole, sur deux parcelles de deux variétés de fève *Vicia faba* major (Séville et Aguadulce), d'une superficie d'environ 100m² chacune, semées à trois altitudes différentes. Le choix des parcelles s'est fait selon l'altitude et l'accessibilité.

Les variétés semées en basse altitude à 400 m sont localisées dans la commune d'El Asnam, sis à 13 Km au Sud-Est du chef lieu de la wilaya de Bouira. C'est une commune à vocation agricole en plaine. Le terrain présente une exposition Est et une pente de 0%. Le semis de ces deux variétés a été effectué le 24 décembre 2014.

Le 26 décembre nous avons effectués un autre semis des deux variétés de fève en moyenne altitude dans la commune de Haizer, à 11 Km au Nord-Est de Bouira, à 600 mètres d'altitude et une pente de 0%. L'analyse granulométrique permet de classer le sol des deux parcelles d'études en type limoneux. En effet ce type de sol semble être favorable à la culture de fève (HAMANI-AOUDJIT et MEDJDOUB-BENSAAD, 2015).

Les variétés semées en altitudes sont réalisées dans la commune d'El Hachimia, situées au Sud de la ville de Bouira, à 750 m d'altitude, distante de 20,8 Km de chef lieu de la wilaya, avec une pente de 10%. Les deux variétés ont été plantées le 7 janvier 2016 (figure 8).



Figure 8 : Situation géographique des stations d'études (Source : Google map)

2.2 Etude climatique sur la région d'étude

L'étude du cycle végétatif de la plante hôte *V.faba* et la bioécologie du ravageur *B. rufimanus* nécessitent un suivi de l'évolution des conditions climatiques, afin de déterminer l'interaction plantes-animaux dans un écosystème cultivé.

Le climat agit de façon fondamentale sur la distribution géographique, le nombre de générations annuelles ainsi que sur l'abondance des arthropodes présents dans les écosystèmes agricoles (HUFTY, 2001). En effet, le climat intervient sur la physiologie des végétaux, réglant la phénologie des plantes. Ce qui, par conséquent, peut avoir une influence direct sur le comportement des insectes (AOUAR-SADLI, 2009).

Parmi les facteurs climatiques les plus importants, il faut citer la température, l'humidité relative de l'air, la pluviométrie et les vents, aussi bien dominants que particuliers comme le sirocco (DAJOZ, 1982).

2.2.1 Température

La température est un facteur écologique capital qui agit sur la répartition géographique des espèces, de ce fait, elle est considérée comme un facteur limitant (DREUX, 1980). Ce facteur agit directement sur les activités biologiques et écologiques des êtres vivants, il contrôle leur croissance, leur répartition et leur activité locomotrice (RAMADE, 1984).

Du fait de l'absence des stations météorologiques dans les sites d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de station météorologique de Bouira durant les deux années d'études 2014/2015 et 2015/2016 pour caractériser le climat des stations d'étude d'El Asnam, de Haizer et d'El Hachimia.

Les valeurs des températures moyennes mensuelles (en °C) enregistrées dans la région de Bouira durant les deux années d'études sont notées dans le tableau N° 1 ci-annexé. Pour les stations El Asnam, Haizer et El Hachimia, qui se situent respectivement à 400m, 600m et 750m, nous avons extrapolé les valeurs des températures obtenues au niveau de la station météorologique, suivant le gradient thermique de SELTZER (1946). L'abaissement des températures minimales est de 0,4°C pour 100 m d'élévation en altitude, celui des températures 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 100 m.

Cette méthode permet de calculer les valeurs des températures moyennes pour les régions concernées après correction des données des stations météorologiques appropriées.

$$\text{Tempé. moy. maxi} = \text{tempé. maxi. de la stat. météo.} - \frac{\text{Différence d'altitude}}{100} \times 0,7$$

$$\text{Tempé. moy. mini.} = \text{tempé. mini. de la stat. météo.} - \frac{\text{Différence d'altitude}}{100} \times 0,4$$

$$\text{Tempé. moy. mens.} = \text{tempé. moy. mens. stat. météo.} - \frac{\text{Différence d'altitude}}{100} \times 0,55$$

Les données climatiques fournies par la station météorologique ainsi que les résultats de l'extrapolation des températures par rapport à l'altitude sont présentés dans les tableaux N° 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (annexes) et les figures 9 et 10.

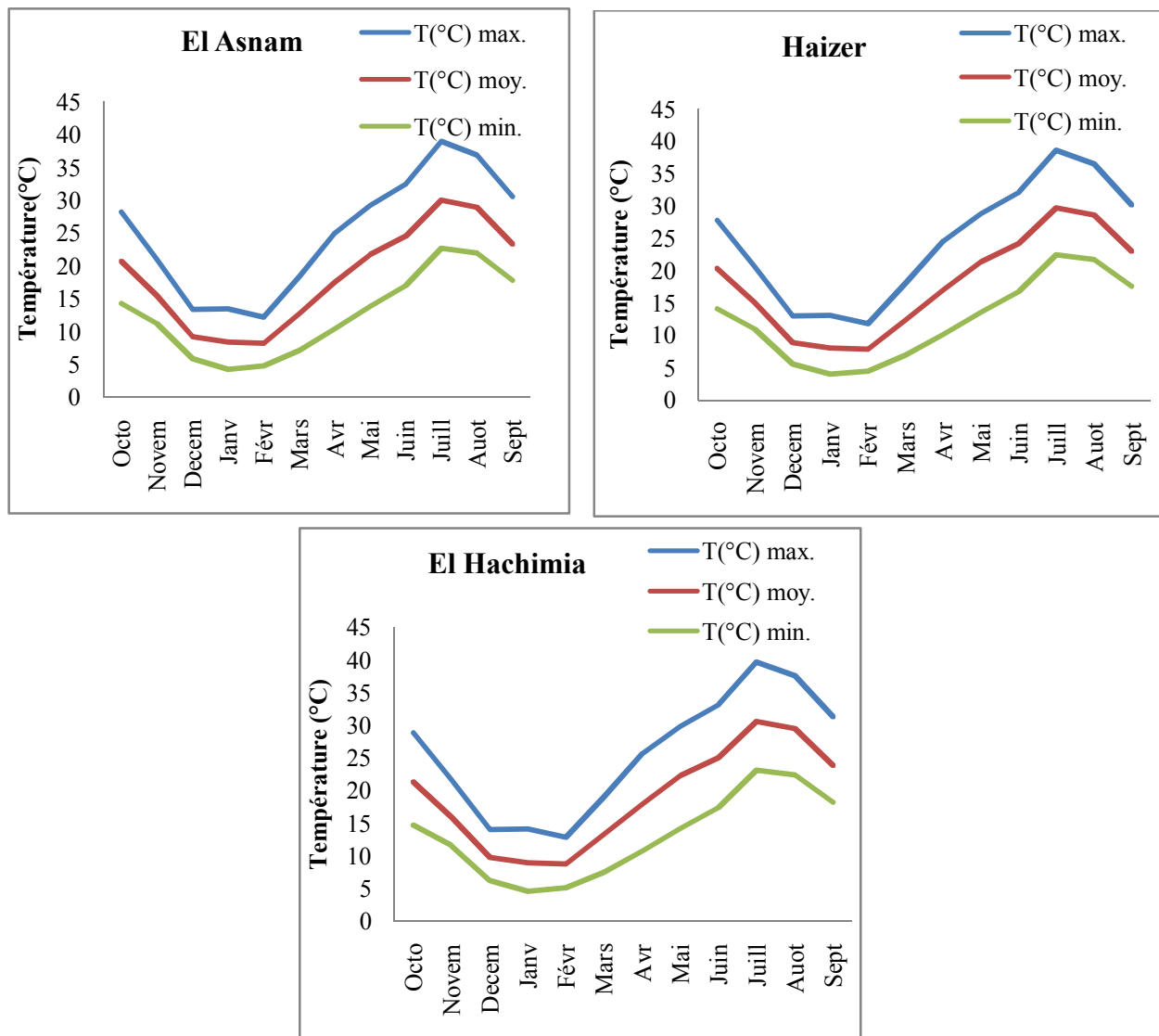
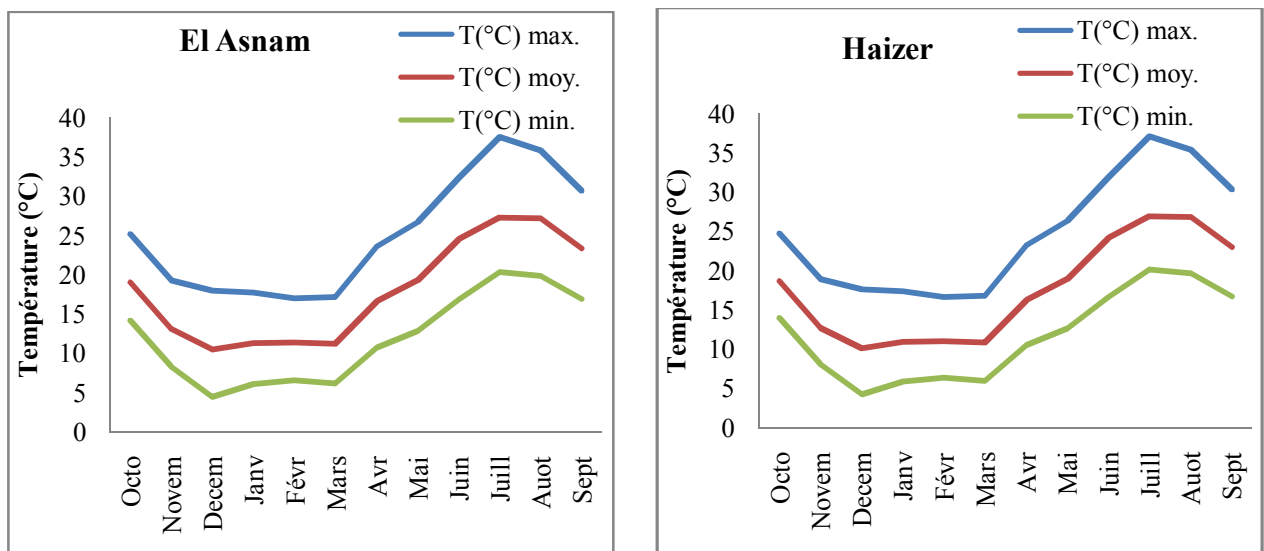


Figure 9: Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2014/2015.



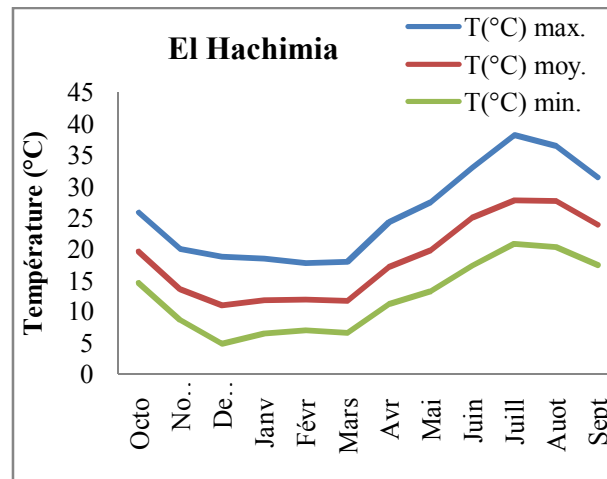


Figure 10: Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2015/2016.

Il ressort de ces données que durant l'année expérimentale 2014/2015, les températures moyennes mensuelles les plus basses sont observées en janvier avec 4.2°C, 4°C et 4.6°C, respectivement pour EL Asnam, Haizer et El Hachimia. Tandis que les plus élevées sont notées durant le mois de juillet qui est de 29.98°C, 29.71°C et 29.43°C pour les trois stations respectivement. En 2015/2016, les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées en mois de décembre avec respectivement 4.5°C, 4.3°C et 4.9°C pour El Asnam, Haizer et El Hachimia. Alors que les plus hautes sont observées en mois de juillet avec 27.28°C pour El Asnam, 27.01°C pour Haizer, et 27.83°C pour El Hachimia.

2.2.2 Pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur écologique fondamental. RAMADE (1990) rapporte qu'en méditerranée, le régime des précipitations est hivernal et que les pluies annuelles tombent surtout durant les trois mois d'hiver (décembre, janvier et février).

Les moyennes mensuelles des pluies (en mm) enregistrées pour la région de Bouira sont présentées dans le tableau N°1 (voir annexes). Les moyennes mensuelles des pluies de la région d'El Asnam, Haizer et d'El Hachimia sont corrigées selon la méthode de SELTZER (1946), par rapport à la ville de Bouira. Cette méthode consiste à déterminer l'augmentation de la pluviométrie selon l'altitude à partir des courbes de l'accroissement de la pluie.

$$N_i = A \cdot \frac{B}{X}$$

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 11).

B : Valeur des précipitations mensuelles.

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

Ni : Valeur à ajouter pour chaque mois.

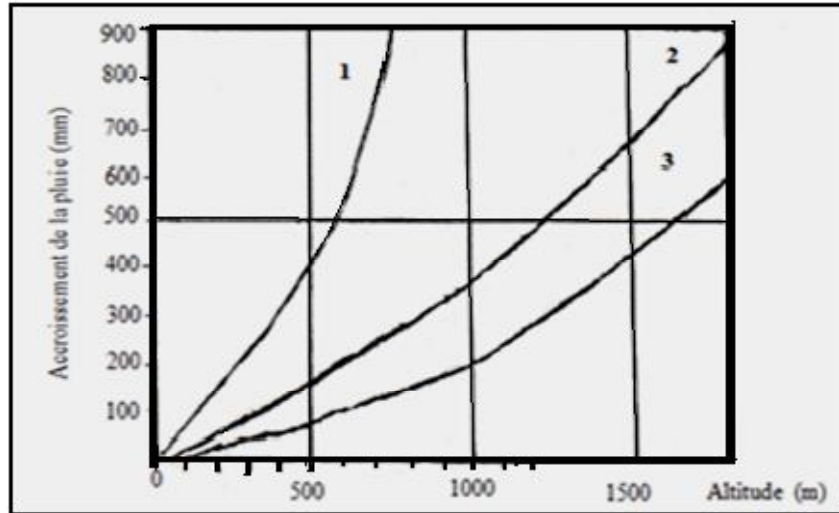


Figure 11: Courbe de l'accroissement de la pluie avec l'altitude (SELTZER, 1946).

1- Littoral ;

2- Atlas Tellien, département d'Alger et de Constantine ;

3- Atlas Tellien, département d'Oran, Atlas saharien, Sahara.

Les relevés pluviométriques ainsi que les résultats de l'extrapolation des pluies par rapport à l'altitude sont présentés dans le tableau 8 et 9 (annexes) et les figures 12 et 13.

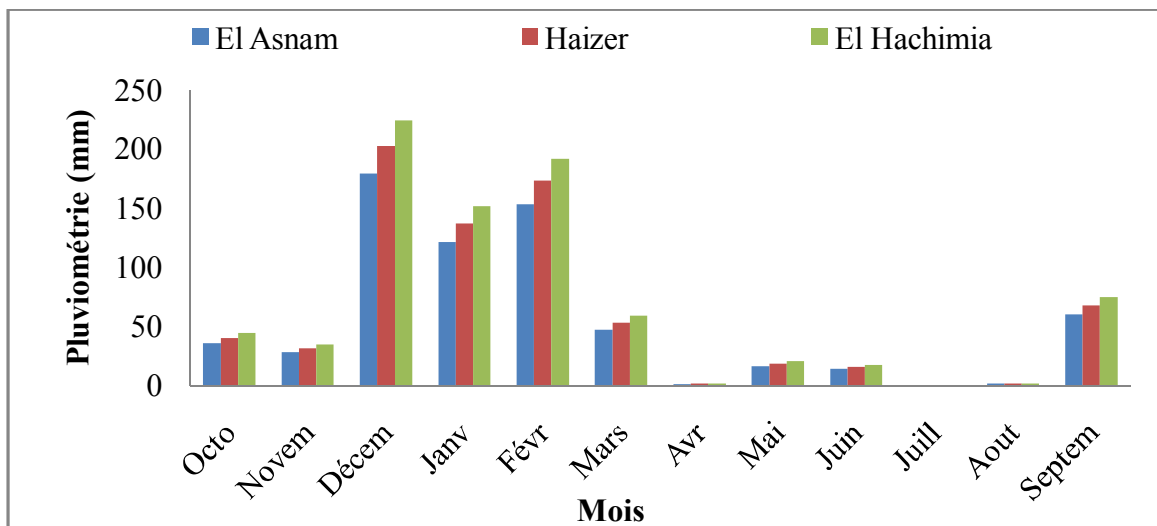


Figure 12 : Pluviométries moyennes mensuelles corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentales 2014/2015.

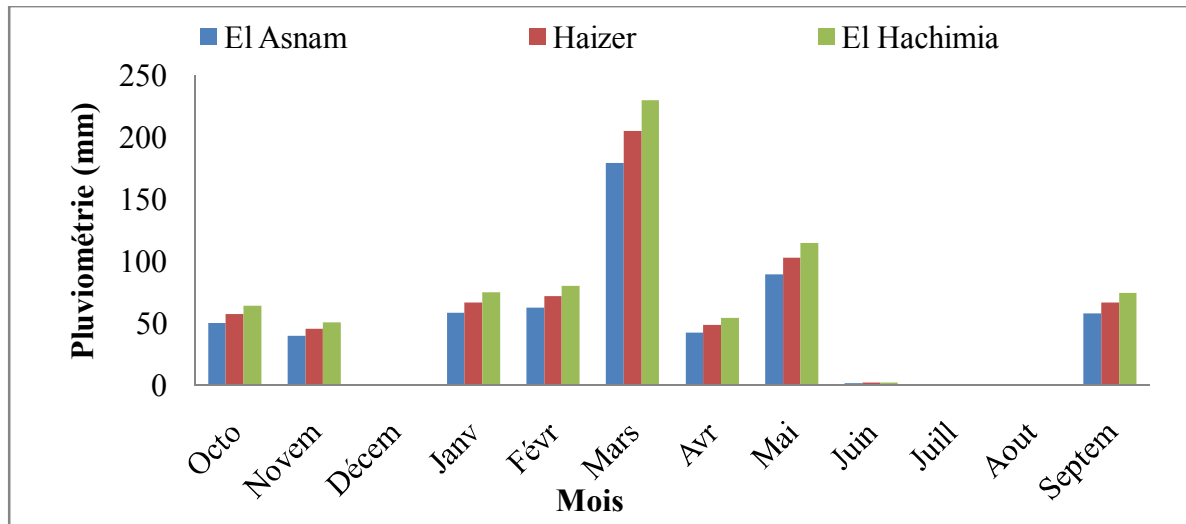


Figure 13 : Pluviométries moyennes mensuelles corrigées des stations de la région de Bouira durant l'année expérimentale 2015/2016.

Ces données nous indiquent que la région d'étude a reçu une quantité importante de pluies durant les deux années de l'expérimentation. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre pour toutes les stations de la région de Bouira en 2015 avec une pluviométrie de 179.13 mm à El Asnam, 202,3 mm à Haizer, et 224,1 mm à El Hachimia. Tandis que, en 2016, le mois le plus pluvieux est le mois de mars pour toutes les stations avec une pluviométrie de 179.45mm, 205,65mm et 230,31mm à El Asnam, Haizer et El Hachimia respectivement.

Les totaux des pluviométries recueillis durant les années d'étude varient entre 657.35 mm à El Asnam, 742.35 mm à Haizer et 822.35mm à El Hachimia en 2014/2015, et 582.1 mm à El Asnam, 667.1 mm à Haizer et 747.1mm à El Hachimia en 2015/2016. La plante hôte *V. faba* s'adapte formellement à ce régime hydrique.

2.2.3 Humidité

L'humidité dépend d'autres facteurs climatiques tels que la pluviométrie, la température et le vent (FAURIE et *al.*, 2003). Selon DAJOZ (1985), l'humidité a une influence sur la longévité et la vitesse du développement des espèces, sur la fécondité et le comportement.

Les résultats obtenus sur l'humidité relative de l'air en (%) des deux années expérimentales sont présentés dans la figure 14.

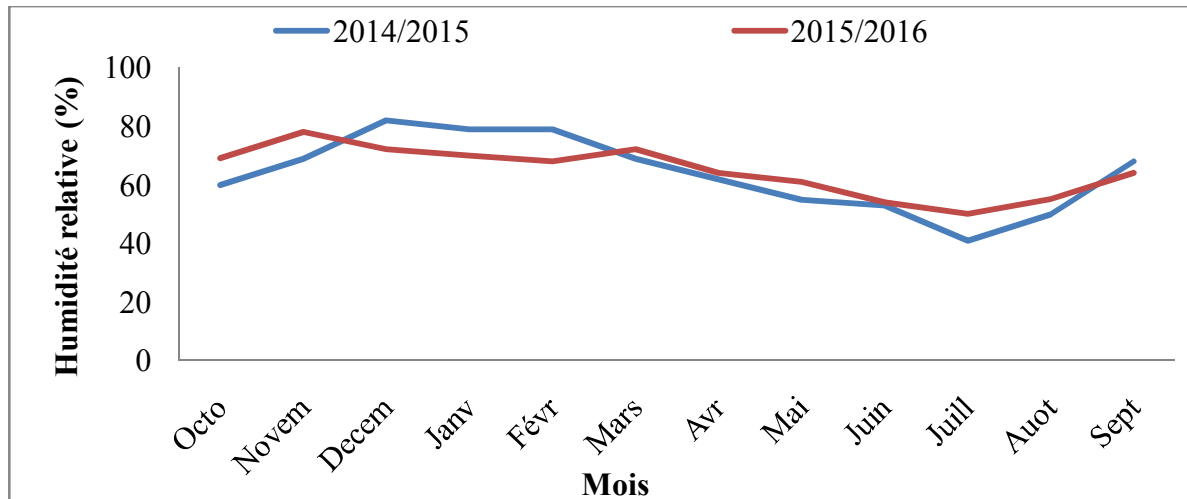


Figure 14 : Variations des moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air d'octobre à septembre (O.N.M de Bouira en 2014/2015 et 2015/2016).

D'après ces données, les pourcentages d'humidité relative les plus élevées sont notées durant les mois de janvier et de février en 2014/2015 avec une moyenne de 79%, et le mois de novembre en 2015/2016 avec 78%. Tandis que, les taux les plus faibles d'humidité sont observés au mois de juillet pour les deux années 2015 et 2016 avec 41% et 50%, respectivement.

2.2.4 Vent

Le vent est un facteur climatique secondaire, il a un pouvoir desséchant en augmentant l'évapotranspiration, il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable, il est un agent de dispersion des animaux et des végétaux (DAJOZ, 2006).

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) enregistré dans la région d'étude sont présentées dans la figure 15.

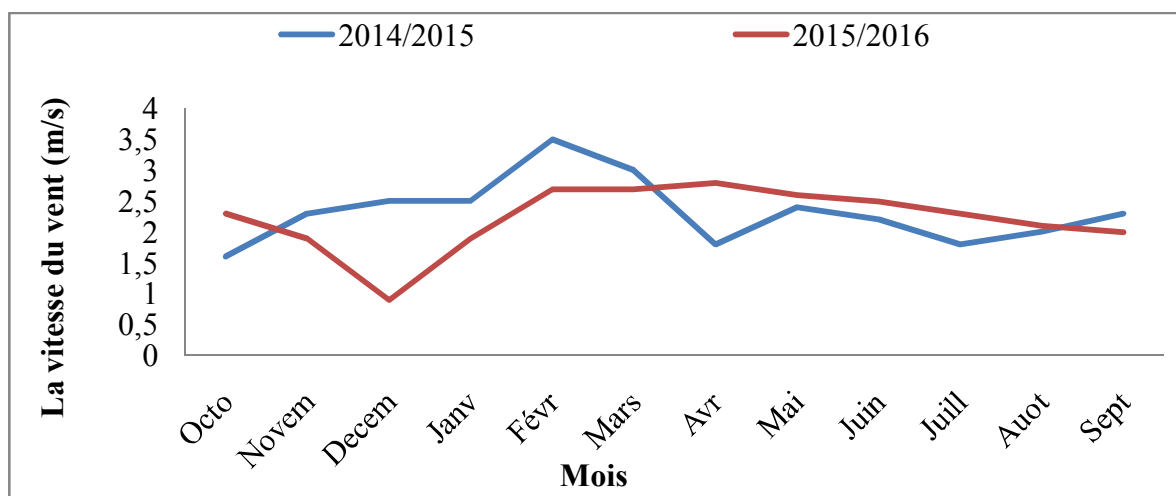


Figure 15 : Variation des moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) d'octobre à septembre (O.N.M. de Bouira en 2014/2015 et 2015/2016).

Ainsi, d'après ces données, l'intensité du vent enregistrée durant les deux années d'études est faible à modérée. Les mois les plus ventés en 2015 et 2016 sont février et avril avec des vitesses moyennes 3.5 et 2.8m/s, respectivement.

2.2.5 Photopériode

Le photopériodisme et la nourriture sont des facteurs environnementaux, dont leurs actions avec le développement spontané de la diapause sont nécessaires et suffisantes pour comprendre son cycle de vie (TRAN et HUIGNARD, 1992 ; TRAN *et al.*, 1993). Selon CHAUX et FOURY (1994), certaines variétés de fève du Nord sont adaptées à des jours longs. Elles ne fructifient pas dans les régions méridionales de l'Europe.

Les valeurs moyennes mensuelles de la photopériode (heures) sont enregistrées dans la figure 16.

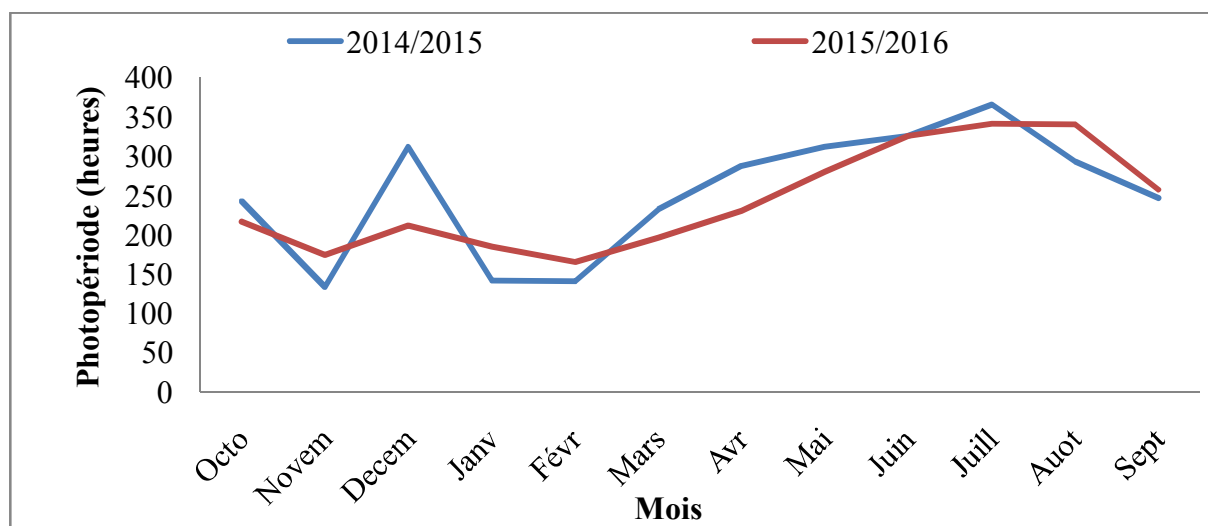


Figure 16 : Variation moyennes mensuelles des photopériodes (heures) d'octobre à septembre (O.N.M de Bouira, 2014/2015 et 2015/2016).

La durée moyenne de l'insolation maximum notée pour les deux années d'études est de 365 et 341 heures/mois en juin et un minimum de 133 heures au mois de novembre pour l'année 2015 et 165.3 heures en mois de février pour l'année 2016.

Durant l'année 2014, nous avons enregistré une journée de neige au mois de décembre. Alors qu'en 2015 nous avons enregistré 3 jours de neige, le premier janvier et le premier et le deuxième jour de mois de février avec un manteau de faible épaisseur.

2.3 Observations sur le terrain

Dans des parcelles de fève des deux variétés Séville et Aguadulce nous avons suivi les facteurs suivants :

2.3.1 Effectif des fleurs et des gousses

La phénologie de la plante est suivie depuis la période de végétation jusqu'à la période de récolte. Les phases de la floraison et de fructification sont suivies sur 10 tiges par plant chaque semaine. Ces tiges sont repérées par des piquets numérotés aléatoirement. Sur les tiges choisies deux parties sont examinées, la partie supérieure qui est l'apex constituée par les jeunes feuilles et les nouvelles inflorescences, et la partie inférieure contenant les différents étages de gousses.

2.3.2 Les adultes de *B. rufimanus*

La capture des adultes de *B. rufimanus* sur le terrain se fait généralement le matin, avant que la température ne dépasse 15°C, correspondant au seuil de la température d'activité imaginaire de l'insecte. Les bruches sont capturées manuellement sur toutes les parties de la plante hôte *V. faba* (fleurs, tiges et les cornets foliaires). 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 Au laboratoire

L'observation au laboratoire a porté sur :

2.4.1 Oviposition et infestation des gousses

A chaque date d'observation du début de la ponte à la récolte, dix gousses proviennent de strate basse (gousses âgées issues des premières inflorescences) et dix gousses issues de la strate haute (gousses jeunes issues des dernières inflorescences) sont récoltées sur dix tiges de deux variétés de fève (Séville et Aguadulce) en parcourant chacune des parcelles.

Les gousses prélevées sont ensuite ramenées au laboratoire pour être mesurées et observées sous une loupe binoculaire afin de dénombrer les œufs déposés sur leur péricarpe.

Le suivi de l'évolution de la ponte est effectué en fonction du temps, du nombre d'adultes et de la taille des gousses.

A 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.

2.5 Analyse statistique

Afin de savoir s'il existe ou non une différence significative entre l'infestation par *B. rufimanus* les deux variétés de fève cultivées, nous avons opté pour une analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5%, à trois critères de classifications et le test de NEWMAN et KEULS pour définir les groupes homogènes en cas de différence significative, en utilisant le 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 Année agricole 2014/2015

3.1.1 Parcelles semées en basse altitude (El Asnam)

3.1.1.1 Parcelle de variété Séville

3.1.1.1.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

L'évolution de la taille moyenne des tiges échantillonnées est présentée dans la figure suivante :

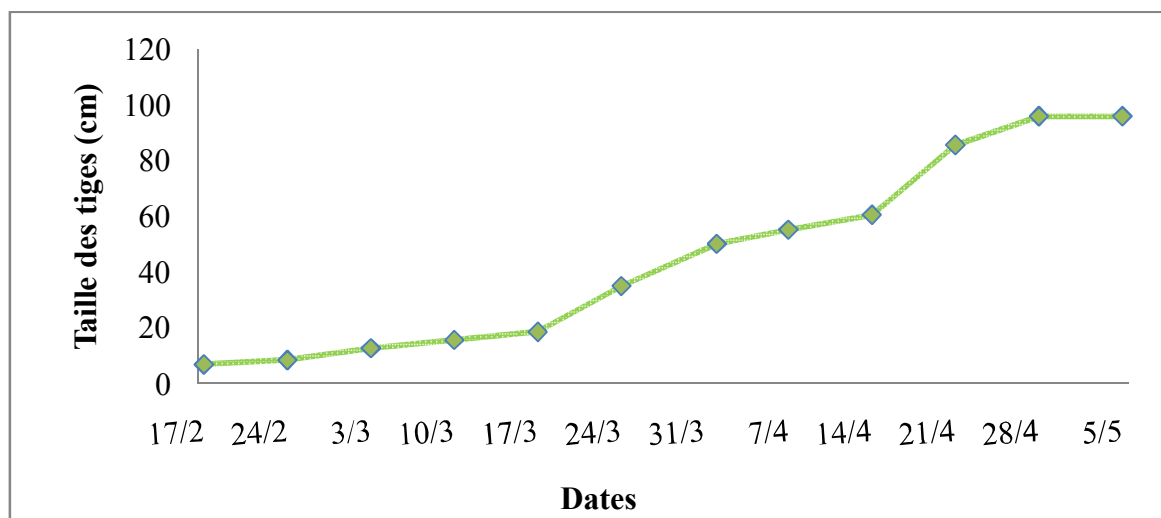


Figure 17: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Huit semaines environ après le semis, qui est effectué le 24 décembre 2014 pour variété Séville, la taille des tiges est atteinte une hauteur moyenne de $7 \pm 0,9$ cm. Nous constatons que la croissance des tiges évolue progressivement pour atteindre un maximum de $95,9 \pm 4$ cm en moyenne, observés le 28 avril. Après cette date la croissance des tiges se stabilise.

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

Les résultats de l'évolution temporelle du nombre d'adultes en fonction de la période de floraison de la plante hôte sont présentés dans la figure 18.

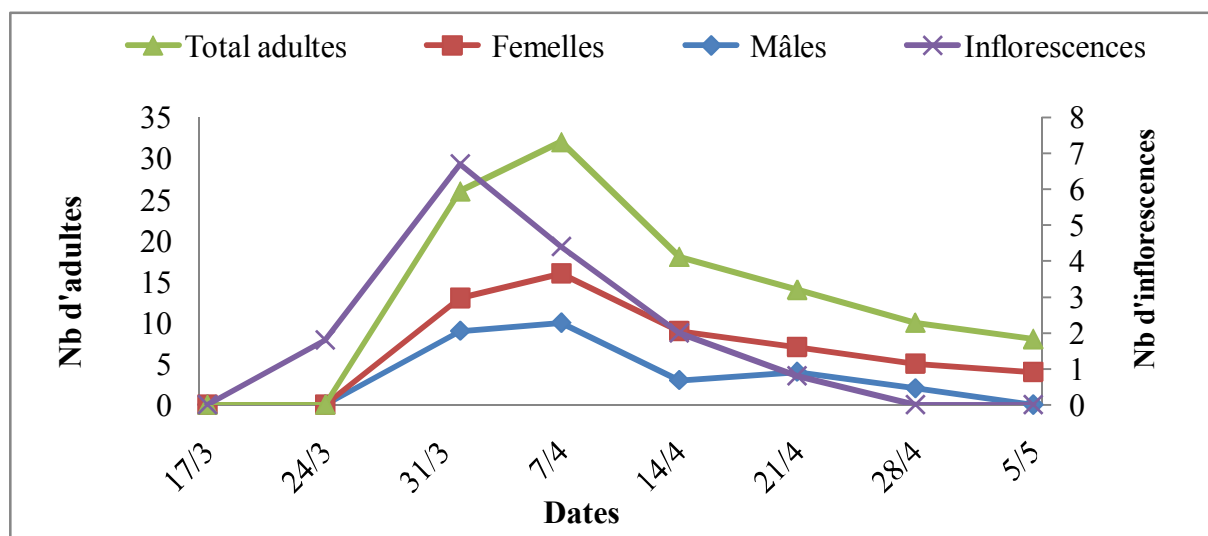


Figure 18: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

La floraison a débuté le 24 mars 2015, date où nous avons observé $1,8 \pm 0,48$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est enregistrée le 1^{er} avril avec $6,7 \pm 1,5$ inflorescences en moyenne. Après cette date le nombre des bouquets floraux diminue et s'annule vers la fin du mois d'avril. La période de floraison s'échelonne sur 5 semaines environs.

La colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* est tardive. Les premières bruches sont capturées le 1^{er} avril avec 13 individus, 9 mâles et 4 femelles, à une photopériode de 10h7mn et une température moyenne journalière de $18,1^{\circ}\text{C}$, qui coïncide avec la période de la pleine floraison, qui leur sert de substrat trophique. Ce nombre augmente pour atteindre un pic de 16 bruches (10 mâles et 6 femelles), noté le 07 avril. Date à laquelle la photopériode est de 11h1mn avec une température moyenne journalière de $18,7^{\circ}\text{C}$. Le nombre des bruches diminue pour atteindre 5 individus enregistré le 28 avril et seulement 4 individus sont observés le 5 mai. A partir du 12 mai une absence totale des bruches est notée dans la parcelle d'étude. Un total de 54 adultes est comptabilisé dont 28 sont des mâles (sexe ratio=0,51).

3.1.1.1.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses

La figure 19 illustre le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses vertes de la variété Séville :

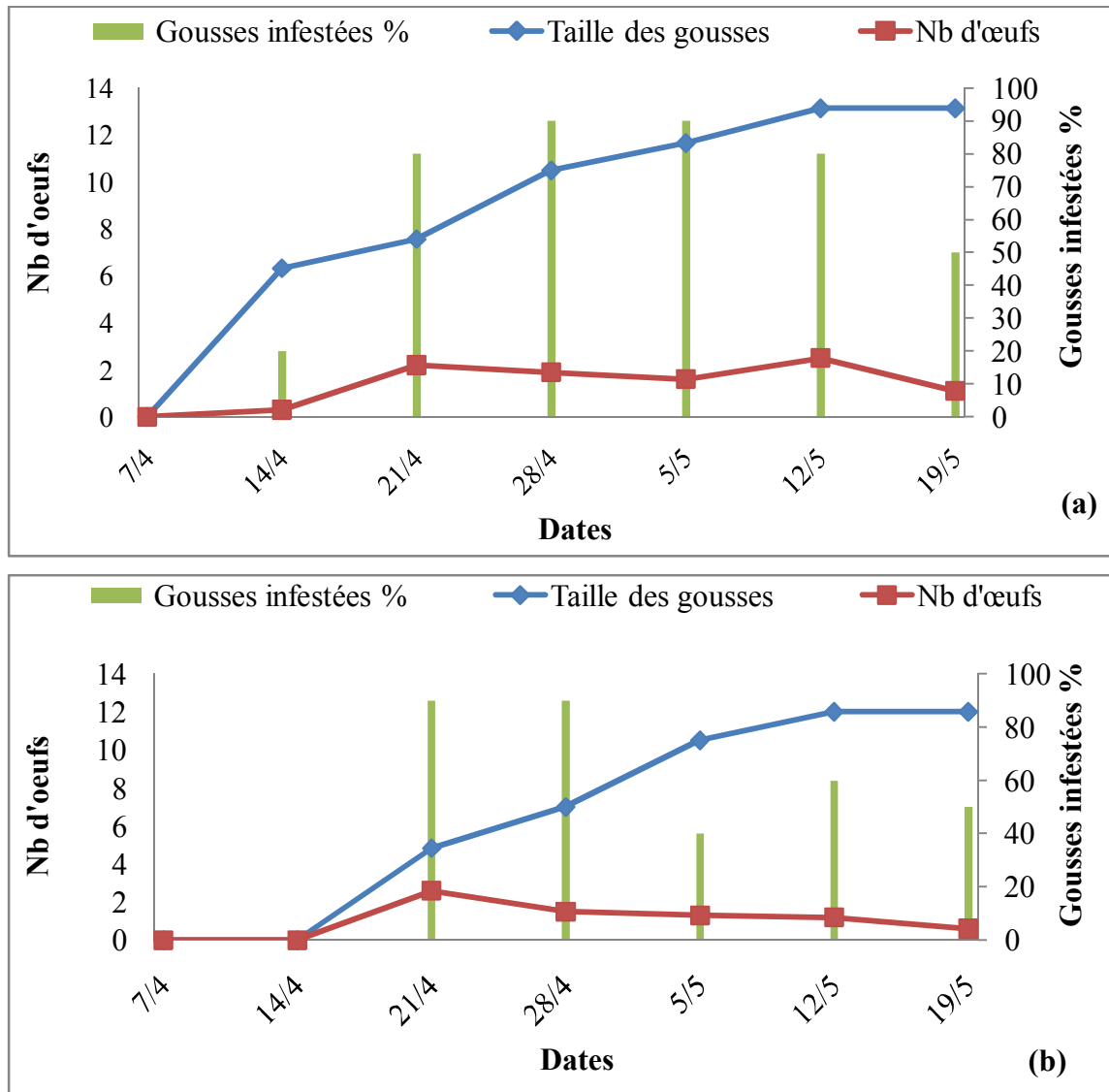


Figure 19: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Les pontes des œufs par les femelles de *B. rufimanus* ont commencé le 14 avril pour les gousses de strate basse avec 0.3 ± 0.18 œufs par gousse échantillonnée où 2 gousses sur 10 sont infestées (figure 19a). Le maximum de ponte est observé le 12 mai avec une densité de 2.5 ± 1.7 œufs/gousse noté sur 80% des gousses échantillonnées, ces gousses ont une taille moyenne maximale qui est de 13.14 ± 2.16 cm.

Pour les gousses jeunes une moyenne de 2.6 ± 1.52 œufs par gousse déposées sur 90% des gousses échantillonnées est notée le 21 avril, ce qui correspond le maximum de ponte (figure 19b). Cette densité moyenne diminue progressivement et s'annule vers la fin du mois de mai ce qui est probablement dû à la fin de l'activité reproductrice de *B. rufimanus*. Dans

cette parcelle l'oviposition a duré 1 mois et 15 jours, où nous avons comptabilisé un total de 168 œufs, dont 72 sont déposés sur les gousses de strate haute.

3.1.1.2 Parcelle de la variété Aguadulce

3.1.1.2.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

Les résultats sur la taille moyenne des tiges de la variété Aguadulce sont portés dans la figure ci-après.

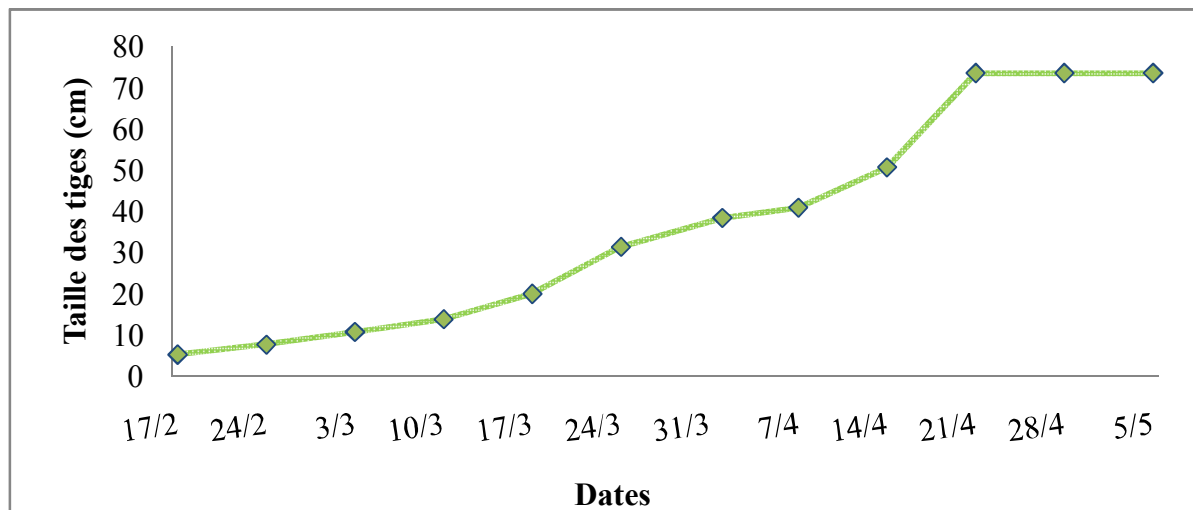


Figure 20: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Les tiges de la variété Aguadulce ont atteint une hauteur moyenne de $5,25 \pm 0,93$ cm, noté le 17 février. Cette taille moyenne s'accroît progressivement pour atteindre un maximum de $73,5 \pm 12,05$ cm le 21 mai. A partir de cette date, nous observons une stabilisation de la croissance des tiges.

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

La figure 21 illustre les résultats sur le nombre d'adultes capturés dans la parcelle à variété Aguadulce.

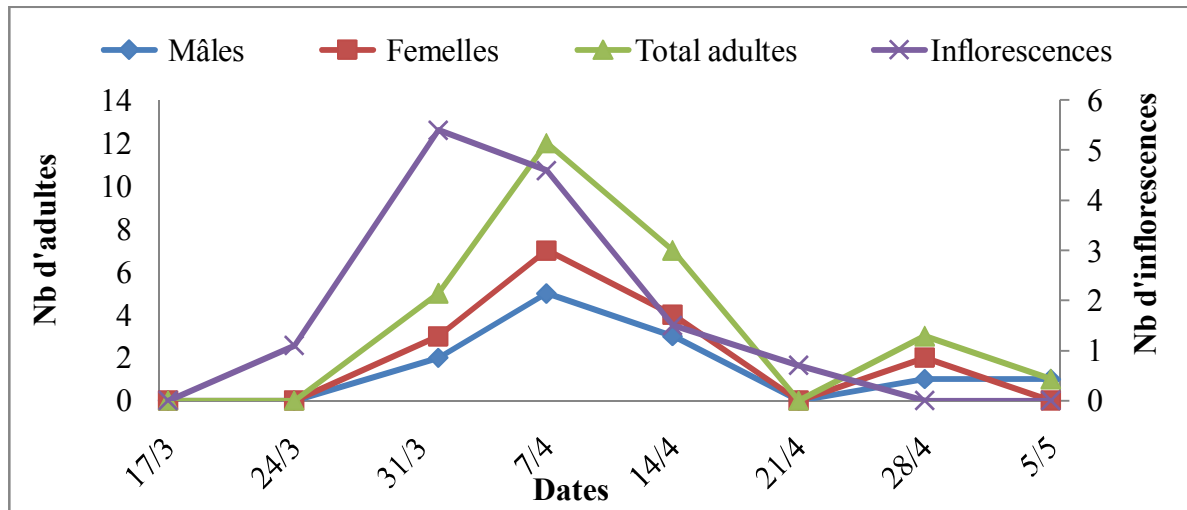


Figure 21: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Les premières fleurs sont apparues la même date que la variété Séville avec $1,1 \pm 0,9$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte le 1^{er} avril avec $5,4 \pm 1,2$ inflorescences. Ce nombre régresse progressivement et s'annule à partir le 28 avril.

Les premières bruches sont observés le 1^{er} avril avec 5 individus, 2 mâles et 3 femelles qui coïncide avec la période de la pleine floraison. La colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* est importante, deux semaines environs après la floraison l'effectif maximal est observé le 7 avril avec 12 individus, dont 7 femelles, ensuite le nombre des adultes capturés diminue et s'annule vers la deuxième semaine de mois de mai. Dans cette parcelle nous avons comptabilisé au total 28 individus, dont 12 sont des mâles (sexe ratio=0,42).

L'analyse de la variance montre un effet significatif du facteur « date d'observation » ($P=0,011$) et facteur « variété » ($P=0,04$) sur l'activité des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus*. Les bruches présentent une activité importante sur la variété Séville observée le 7 avril. Les deux facteurs sont classés dans le groupe (A) par le test NEWMAN et KEULS. Alors que le facteur (sexe) ($P=0,848$) ne manifeste aucun effet significatif (tableau 2).

Tableau 2: Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes», «variétés» et «dates d'observations» sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2014/2015 en basse altitude.

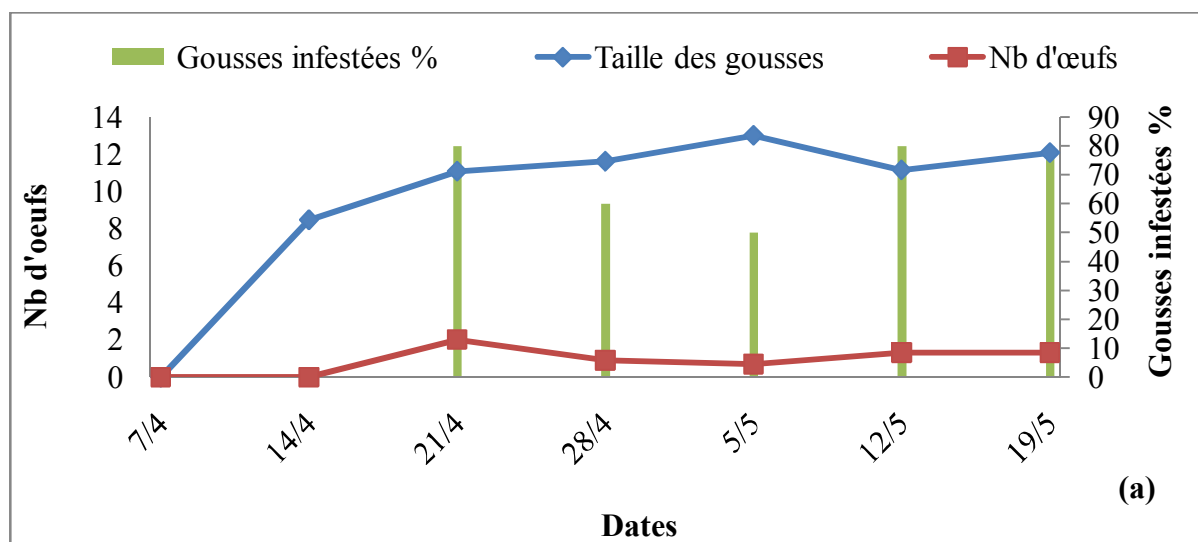
Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Sexes	Mâles	2,5±0,90	0,125	1	0,125	0,036	0,848
	Femelles	2,62±0,90					
Variétés	Séville	3,37±0,90(A)	21,12	1	21,12	6,067	0,042
	Aguadulce	1,75±0,90(B)					
Dates d'observations	S4	7,0±1,51(A)	165,37	7	23,62	6,78	0,011
	S3	4,5±1,51(AB)					
	S5	4,0±0,79(AB)					
	S7	2,0±0,21(B)					
	S6	1,75±0,07(B)					
	S8	1,25±1,66(B)					
	S1	0,0±0,21(B)					
	S2	0,0±0,21(B)					

S.C.E : Somme des carrés et des écarts ;
F : Fonction calculé de Fisher-Snedecor ;

C.M_f : Carré moyen factoriel ; DDL : Degré de liberté ;
Proba. : Probabilité.

3.1.1.2.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses

Les résultats obtenus sur l'infestation des gousses par les femelles de *B. rufimanus* sont portés dans la figure 22.



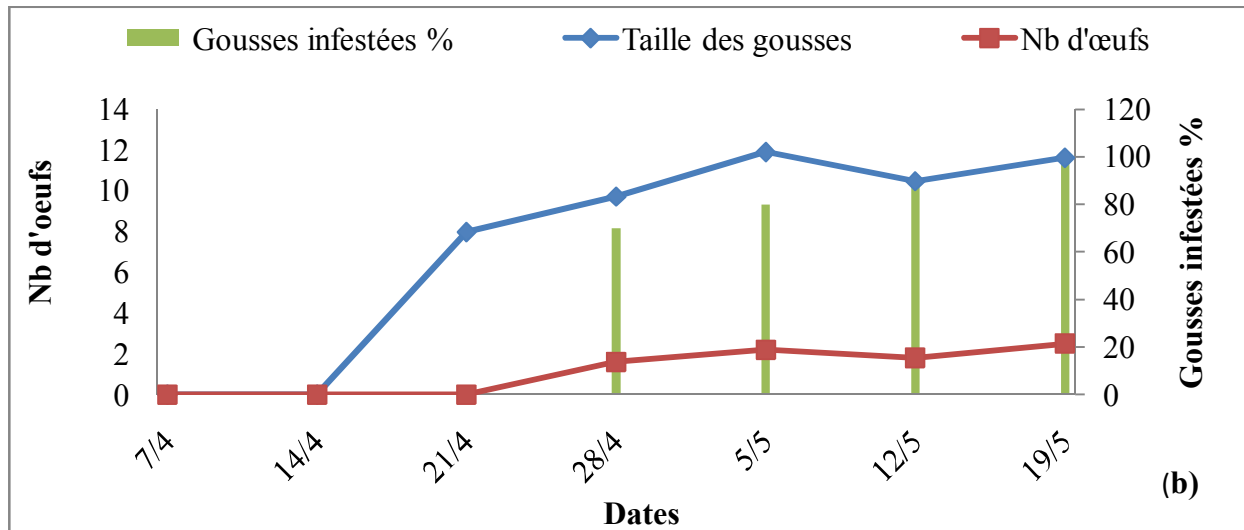


Figure 22: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

La taille des gousses des strates basses et hautes mesurent en moyenne $8,46 \pm 1,51$ cm et $7,98 \pm 1,34$ cm notées respectivement le 14 et 21 avril. Leurs tailles moyennes respectives augmentent progressivement pour atteindre un maximum de $13 \pm 2,5$ cm pour les gousses âgées, enregistrées le 5 mai et $11,63 \pm 1,2$ cm pour les gousses jeunes observées le 19 mai.

Les femelles de *B. rufimanus* ont émis un maximum d'œufs sur les gousses âgées (figure 22a) une semaine après leur apparition le 21 avril avec une moyenne de 2 ± 1 œufs/gousse déposées sur 80% des gousses échantillonnées.

Les gousses jeunes (figure 22b) ont commencé à recevoir les premiers œufs la fin du mois avril avec $1,6 \pm 1,32$ œufs/gousses déposés sur 70% des gousses échantillonnées. Le maximum d'œufs est observé vers la fin de la troisième semaine de mois de mai avec $2,5 \pm 1,1$ œufs/gousses, il est à noter que toutes les gousses échantillonnées présentent des œufs.

Durant cette saison, la durée de l'oviposition pour la variété Aguadulce est similaire à celle de la variété Séville et est de 1 mois et 15 jours. Le nombre total d'œufs pondus sur les gousses durant toute cette saison est de 143 œufs, dont 81 déposés sur les gousses jeunes.

L'analyse de la variance révèle que les deux facteurs : strates et variétés, ne manifestent aucun effet significatif pour la ponte des œufs ($P=0,56$) et ($P=0,90$) respectivement (tableau 3).

Tableau 3 : Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de *V. faba* étudiées et strates des gousses sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2014/2015 en basse altitude.

Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Variétés	Séville	1,2±0,36	0,223	1	0,223	0,38	0,56
	Aguadulce	1,02±0,36					
Strates	Strate basse	1,12±0,36	0,009	1	0,009	0,016	0,90
	Strate haute	1,09±0,36					

3.2 Année agricole 2014/2015

3.2.1 Parcelles semées en moyenne altitude (Haizer)

3.2.1.1 Parcelle de la variété Séville

3.2.1.1.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

Le suivi de l'évolution temporelle de la taille moyenne des tiges est illustré dans la figure 23.

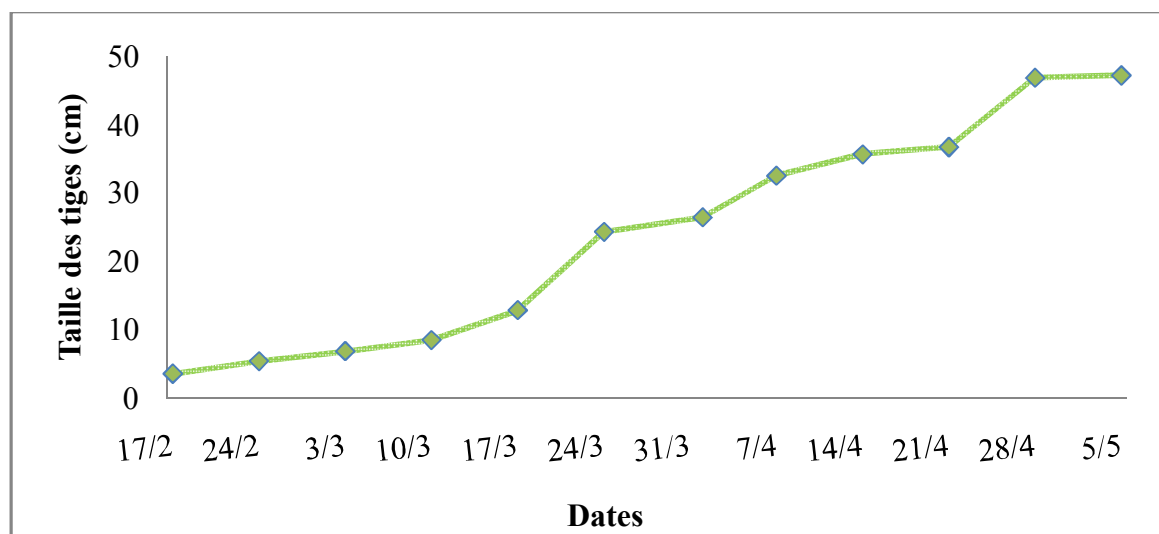


Figure 23: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Environ 8 semaines et 2 jours après le semis, les tiges ont atteint une hauteur moyenne de $3,55 \pm 0,66$ cm pour la variété Séville, enregistré le 17 février. Nous remarquons aussi que, la croissance de ces tiges est progressive, elles atteignent leurs maximums de $47,25 \pm 4,95$ cm

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

Les résultats obtenus sur le nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison sont portées dans la figure 24.

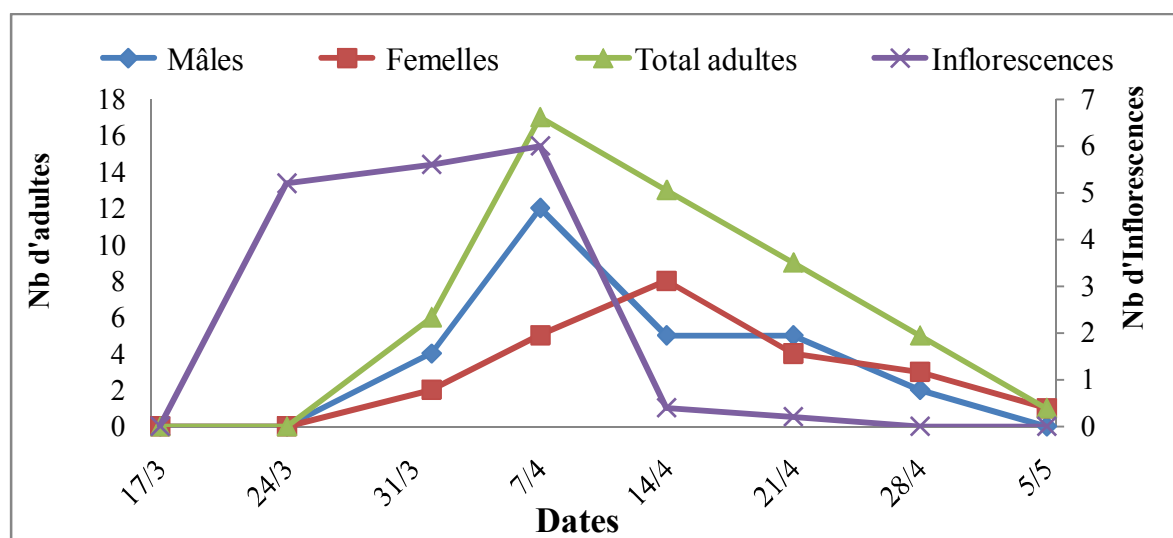


Figure 24: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Les premières grappes florales sont observées le 24 mars, avec une moyenne de $5,2 \pm 0,84$ inflorescences par tige. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum le 7 avril avec 6 ± 1 inflorescences par tige en moyenne. Dans cette parcelle d'étude, la période de la floraison s'échelonne sur cinq semaines.

L'apparition des premières bruches est observée une semaine après la floraison avec 6 individus dont 4 sont des mâles. Le nombre maximum d'adultes capturé noté le 7 avril qui correspond à un nombre important d'inflorescences, c'est à partir le 5 mai que nous avons remarqué l'absence des mâles et la présence d'une seule femelle. Dans cette parcelle, nous avons capturé au total 51 bruches dont 28 sont des mâles (sexe ratio=0,54).

3.2.1.1.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses

Les résultats obtenus sur le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sont présentés dans la figure 25.

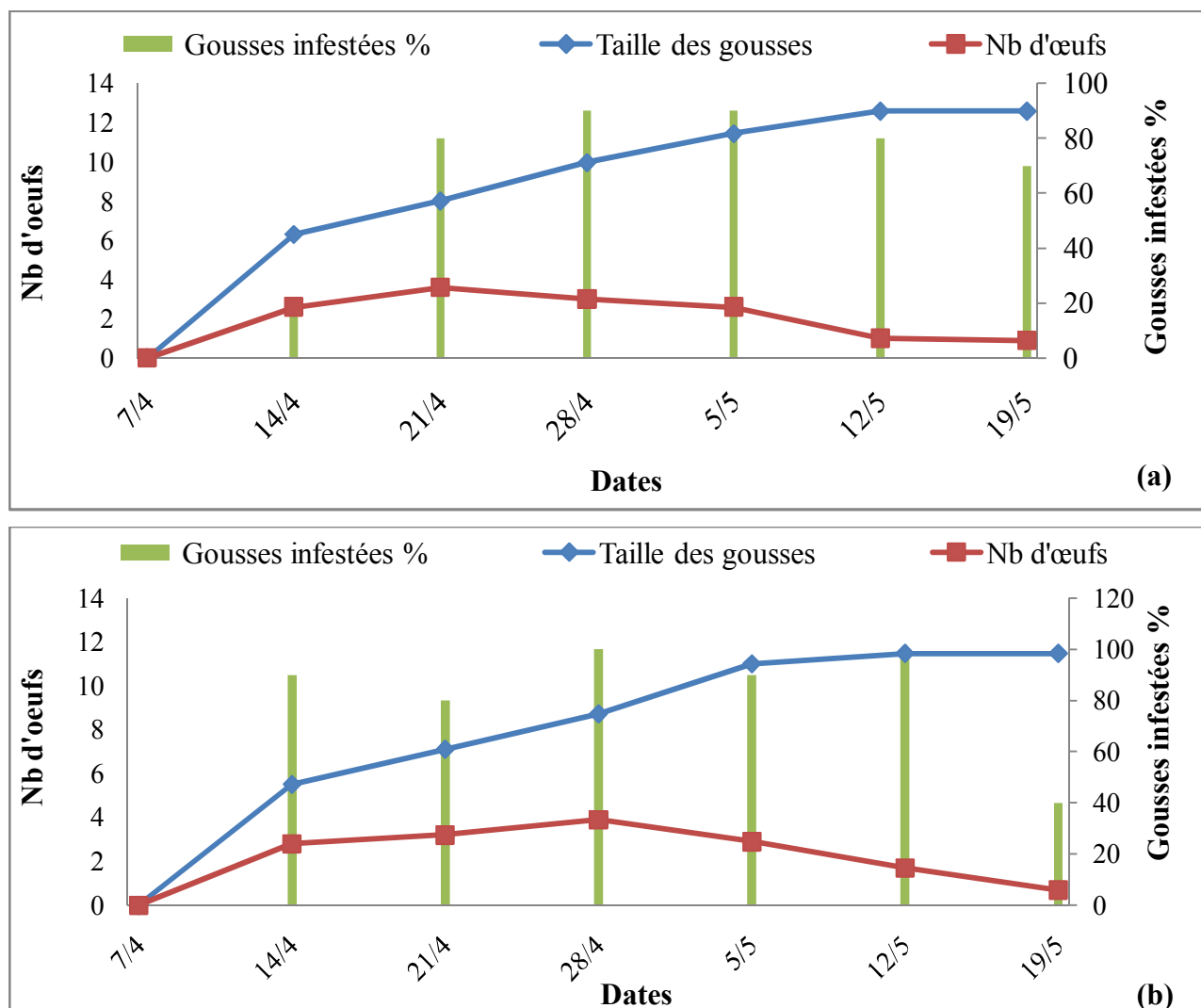


Figure 25: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gosses âgées (a) et gosses jeunes (b) de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Les gosses âgées et les gosses jeunes sont observées en même date le 14 avril, avec une taille moyenne de $6,3 \pm 0,96$ cm et $5,51 \pm 1,15$ cm respectivement, leur taille augmente pour atteindre un maximum de $12,59 \pm 1,82$ cm pour les gosses âgées et de $11,47 \pm 1,07$ cm pour les gosses jeunes notée le 12 mai.

La ponte des œufs par les femelles de la bruche de la fève a commencé le 14 avril pour les deux strates basses et hautes, avec respectivement $2,6 \pm 1,64$ et $2,8 \pm 1,40$ œufs/gosses, déposés sur 20 et 80% de gosses échantillonnées. Le pic de ponte sur les gosses âgées et les gosses jeunes sont enregistrés le 21 et 28 avril avec $3,6 \pm 2,44$ et $3,9 \pm 1,52$ œufs par gosses échantillonnée, respectivement. Après ces dates le nombre d'œufs pondus régresse. Dans cette parcelle, la période de ponte s'étale sur environ 1 mois et 15 jours sur toutes les gosses, sur lesquelles nous avons comptabilisé 152 et 137 œufs, respectivement.

3.2.1.2 Parcelle de la variété Aguadulce

3.2.1.2.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

Les résultats obtenus sur la taille moyenne des tiges sont présentés dans la figure suivante :

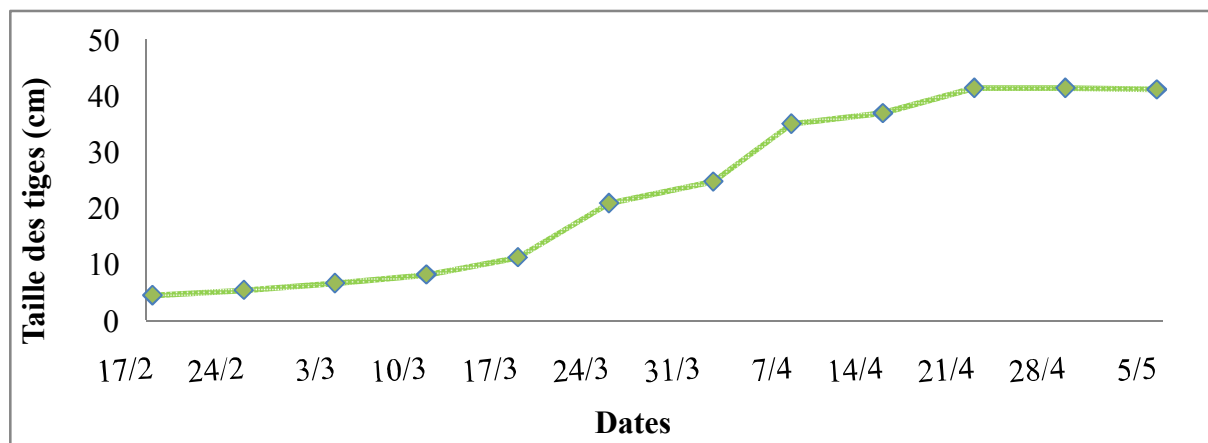


Figure 26: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges échantillonnées de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Après le semis réalisé le 26 décembre 2014, les tiges ont atteint une hauteur moyenne de $4,5 \pm 0,75$ cm le 17 février. La croissance des tiges est progressive, jusqu'à atteindre un maximum de $41,5 \pm 4,44$ cm en moyenne, observée le 21 avril. Après cette date, la croissance des tiges se stabilise.

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

Les résultats sur le nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de *V. faba* sont portés dans la figure 27.

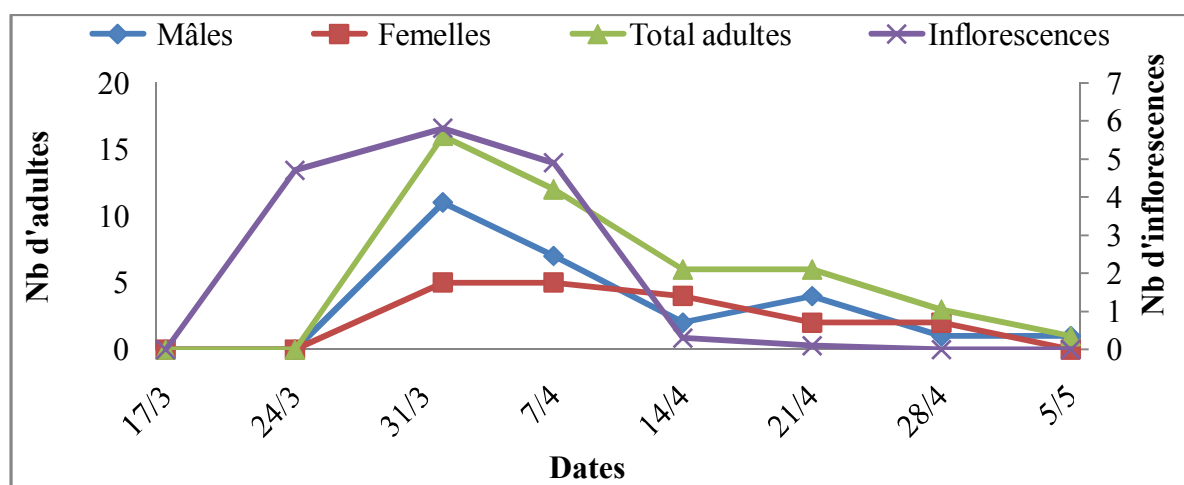


Figure 27: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

La floraison dans cette parcelle s'étale sur cinq semaines environs. Elle a débuté le 24 mars avec $4,7 \pm 0,68$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est observée le 1^{er} avril, avec $5,8 \pm 0,68$ inflorescences par tige. Ce nombre diminue progressivement pour s'annuler durant la dernière semaine du mois d'avril.

L'arrivée des adultes coïncide avec la pleine floraison, notée le 1^{er} avril, où nous avons enregistré un effectif maximum qui est de 11 mâles et 5 femelles. Cet effectif régresse jusqu'à l'absence totale des bruches, remarqué la deuxième semaine de mois de mai. Dans cette parcelle nous avons enregistré une présence importante des mâles avec 28 adultes (sexe ratio= 0,59).

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative de facteur « date d'observation » des deux variétés de fève Séville et Aguadulce sur la dynamique des populations des adultes de *B. rufimanus* ($P=0,0007$) (tableau 4). Durant la quatrième semaine d'observation est une activité élevée par les bruches de la fève par rapport aux autres semaines, classée dans le groupe (A) selon le test NEWMAN et KEULS. Les deux autres facteurs (sexe et variété) ne manifestent aucun effet sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* ($P=0,11$ et $P=0,36$ respectivement).

Tableau 4 : Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes », « variétés » et « dates d'observations » sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2014/2015 en moyenne altitude.

Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Sexes	Mâles	2,5±0,90	5,281	1	5,281	3,22	0,11
	Femelles	2,62±0,90					
Variétés	Séville	3,37±0,90(A)	1,531	1	1,531	0,935	0,368
	Aguadulce	1,75±0,90(B)					
Dates d'observations	S4	7,25±1,55(A)	212,719	7	30,38	18,54	0,0007***
	S3	5,5±1,04(AB)					
	S5	4,75±0,18(AB)					
	S6	3,75±0,18(BC)					
	S7	2,00±0,10(CD)					
	S8	0,5±0,46(D)					
	S1	0,0±0,10(D)					
	S2	0,0±0,10(D)					

*** : Effet très hautement significatif au seuil 5%.

3.2.1.2.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses

La figure ci-dessous représente le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses vertes.

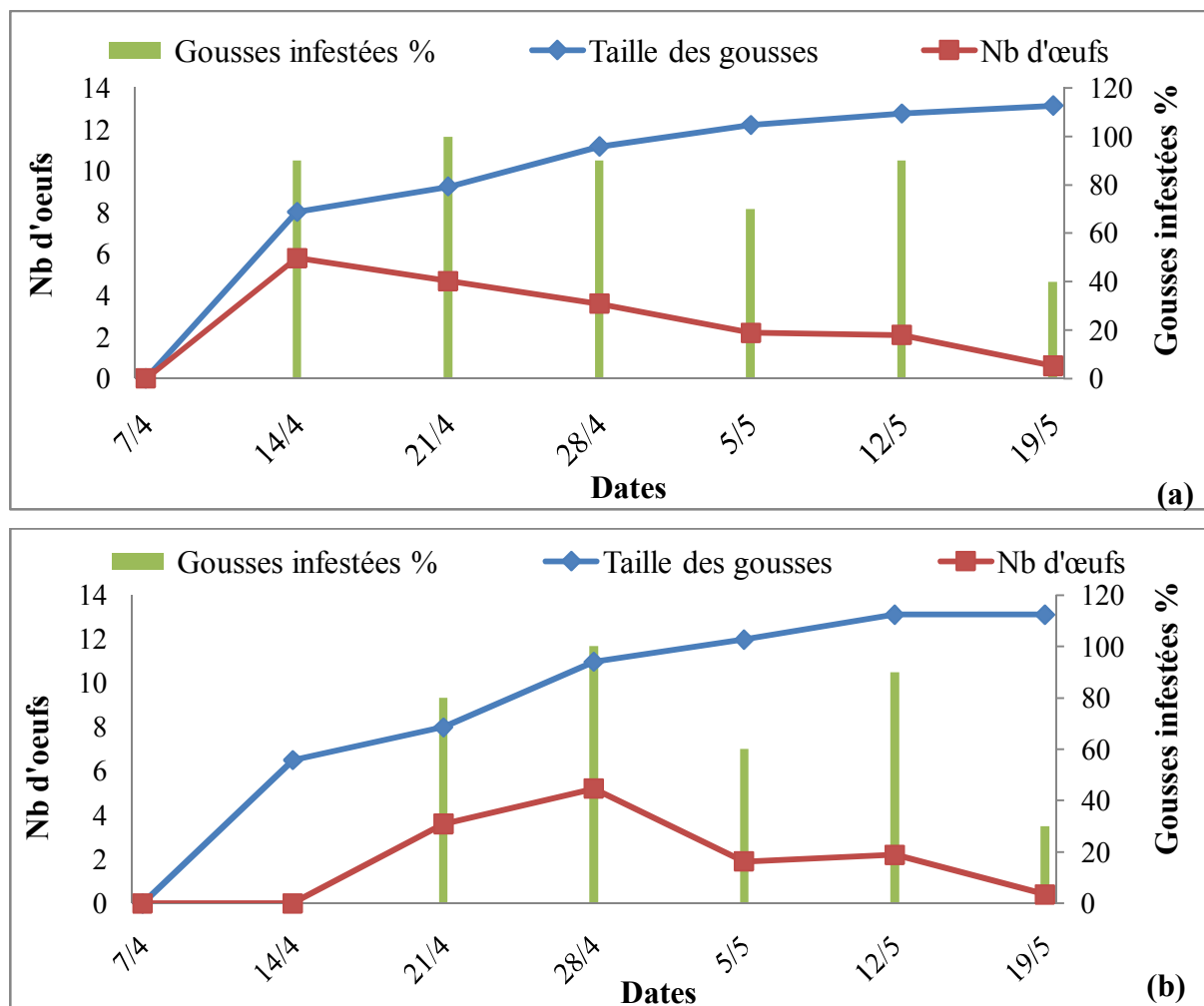


Figure 28: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées (a) et gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Le 14 avril la taille des gousses âgées mesure en moyenne $8,03 \pm 2,46$ cm. La hauteur de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $13,16 \pm 2,1$ cm en moyenne le 19 mai où les gousses de la strate supérieure (gousses jeunes) sont échantillonnées avec une longueur de $6,51 \pm 1,3$ cm, dont la valeur maximale est observée le 12 mai avec $13,1 \pm 1,05$ cm en moyenne (figure 28a et 28b).

Les premières pontes sont observées avec une moyenne de $5,8 \pm 3,36$ œufs/gousse pour les gousses âgées, qui correspond le pic de ponte déposés sur 90% des gousses ramassées, et $3,6 \pm 2,4$ œufs émis sur 80% des gousses jeunes, le 14 avril et 21 mai respectivement. L'effectif

des œufs pondus aboutit son maximum le 28 avril avec une moyenne de $5,2 \pm 3,08$ œufs/gousses, déposés sur 100% des gousses jeunes échantillonnées.

L'analyse de la variance montre que le taux d'infestation des gousses n'est pas significativement différent entre les deux strates et entre les deux variétés de fève (tableau 5).

Tableau 5: Résultats de l'ANOVA de l'effet des variétés de *V. faba* étudiées et strates des gousses sur l'infestation des gousses de l'année agricole 2014/2015 en moyenne altitude.

Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Variétés	Séville	2,06±0,54	0,413	1	0,413	0,32	0,592
	Aguadulce	2,30±0,54					
Strates	Strate basse	2,33±0,54	0,63	1	0,63	0,499	0,511
	Strate haute	2,03±0,54					

3.3 Année agricole 2015/2016

3.3.1 Parcelles semées en altitude (EL Hachimia)

3.3.1.1 Parcelle de la variété Séville

3.3.1.1.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

Les résultats obtenus sur la taille moyenne des tiges sont traduits dans la figure suivante :

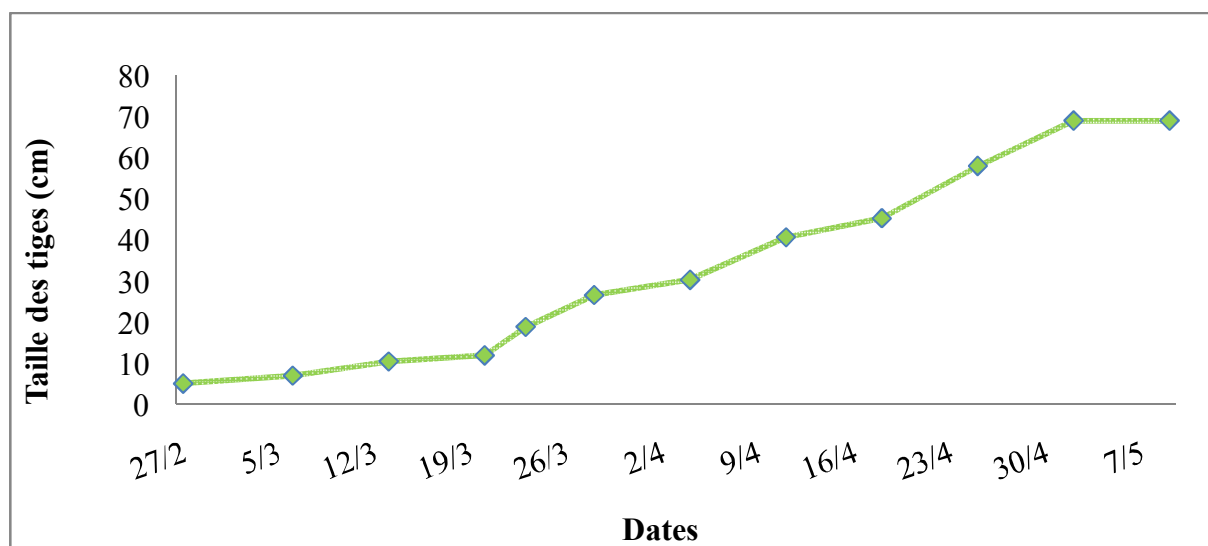


Figure 29: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges de la variété Séville semée en altitude échantillonnées durant l'année agricole 2015/2016.

Après un mois et trois semaines du semis réalisé le 7 janvier, les tiges ont atteint une hauteur moyenne de $5,2 \pm 0,5$ cm, noté le 27 février. Nous observons que la taille des tiges s'accroît progressivement jusqu'à atteint un maximum moyen de $69,15 \pm 3,2$ cm.

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

Les résultats enregistrés sur le nombre d'adultes capturés en fonction de la période de la floraison de *V. faba* sont illustrés dans la figure 30.

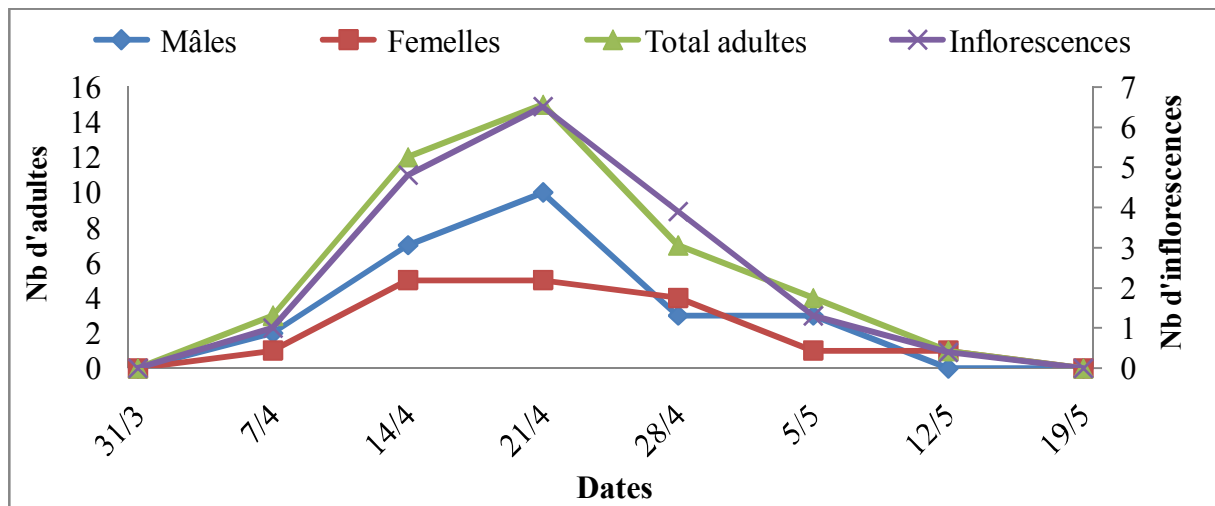


Figure 30: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.

Trois mois après le semis le 7 avril, nous avons enregistré $1 \pm 0,4$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est observée vers le 21 avril avec une moyenne de $6,5 \pm 1,1$ inflorescences par tige. A partir de la deuxième semaine de mois de mai seulement quelques tiges portent des inflorescences et ces dernières disparaissent complètement à partir du 19 mai. La floraison a duré 6 semaines environ.

L'arrivée des premières bruches a commencé au début de la période de floraison, a été noté le 7 avril où la température moyenne est de $18,7^\circ\text{C}$ et une photopériode de 11h1mn. A cette date 3 individus sont capturés. L'effectif maximal coïncide avec la pleine floraison enregistré le 21 avril avec 15 individus dont 10 sont des mâles. Une absence totale des bruches dans la parcelle est observée le 19 mai avec l'absence correspondant à la fin de la floraison. La sexe ration est de 0,59% en faveur des mâles.

3.3.1.1.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gosses

Les résultats sur le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gosses de la variété Séville sont illustrés dans la figure 31.

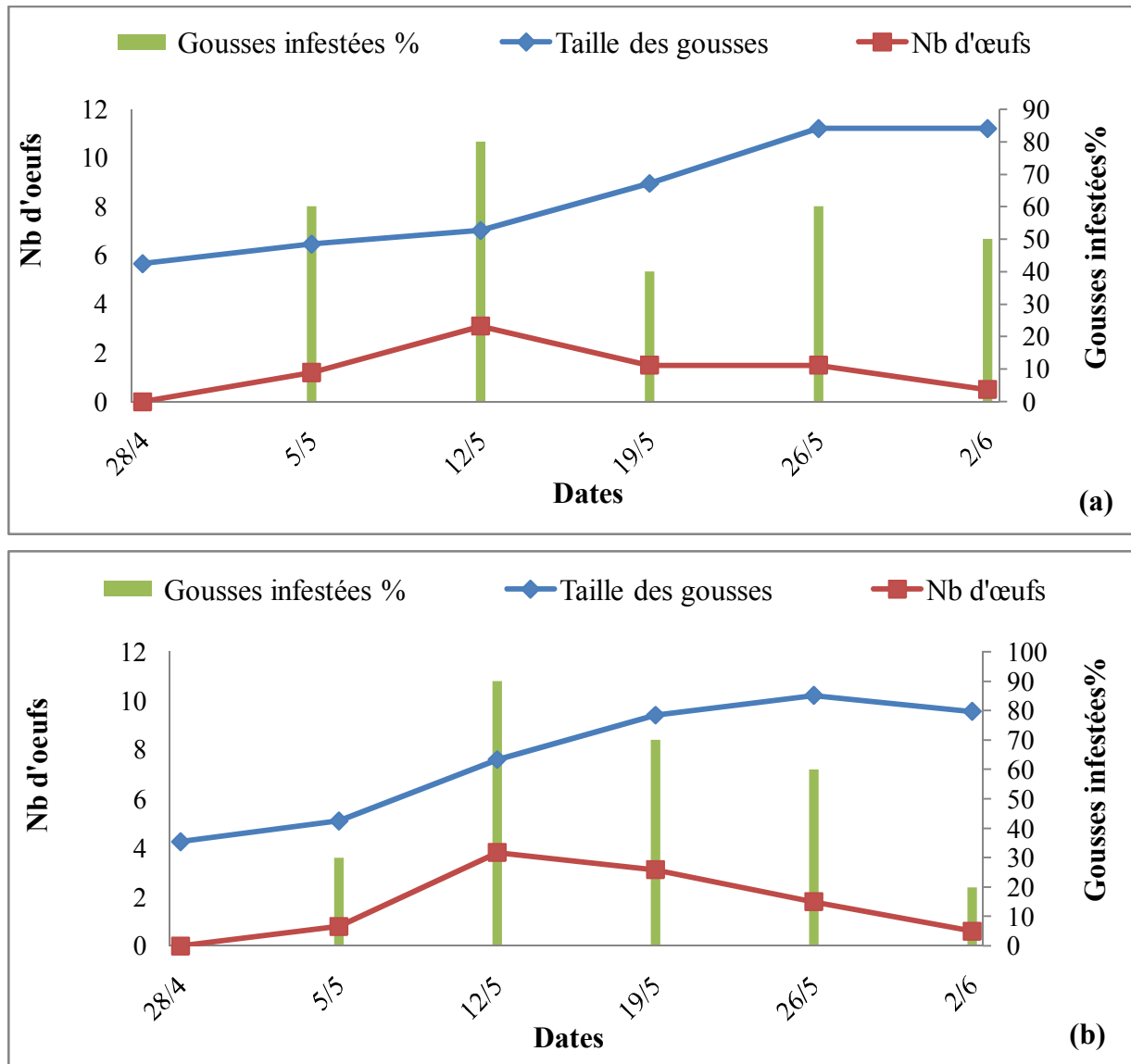


Figure 31: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gosses âgées (a) et gosses jeunes (b) de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.

Une longueur moyenne de $5,66 \pm 0,75$ cm est enregistrée sur les gosses âgées observée le 28 avril. La taille moyenne de ces gosses augmente progressivement pour atteindre un pic de $11,21 \pm 1,75$ cm la dernière semaine de mois de mai et se stabilise par la suite.

Les gousses de la strate haute sont formées la même date que les gousses de strates basses avec une taille moyenne de $4,25 \pm 0,76$ cm, elle augmente pour atteindre un maximum de $10,21 \pm 1,31$ cm vers la fin du mois de mai.

La ponte sur les gousses a lieu dès leur apparition le 5 mai pour les deux strates. Le pic d'œufs pondus est marqué le 12 mai pour les gousses âgées et les gousses jeunes, avec respectivement $3,1 \pm 2,32$ œufs par gousses et $3,8 \pm 1,44$ œufs par gousses déposés sur 80% et 90% de gousses échantillonnées. Le nombre d'œufs diminue légèrement et s'annule le 9 juin.

L'oviposition dans la parcelle a duré environs 5 semaines. Sur les gousses des deux strates, nous avons comptabilisé un total de 175 œufs, dont 97 émis sur les gousses jeunes (figure 31a et 31b).

3.3.1.2 Parcelle de la variété Aguadulce

3.3.1.2.1 Evolution temporelle de la taille moyenne des tiges

Les données enregistrées sur la taille moyenne des tiges sont portées dans la figure 32.

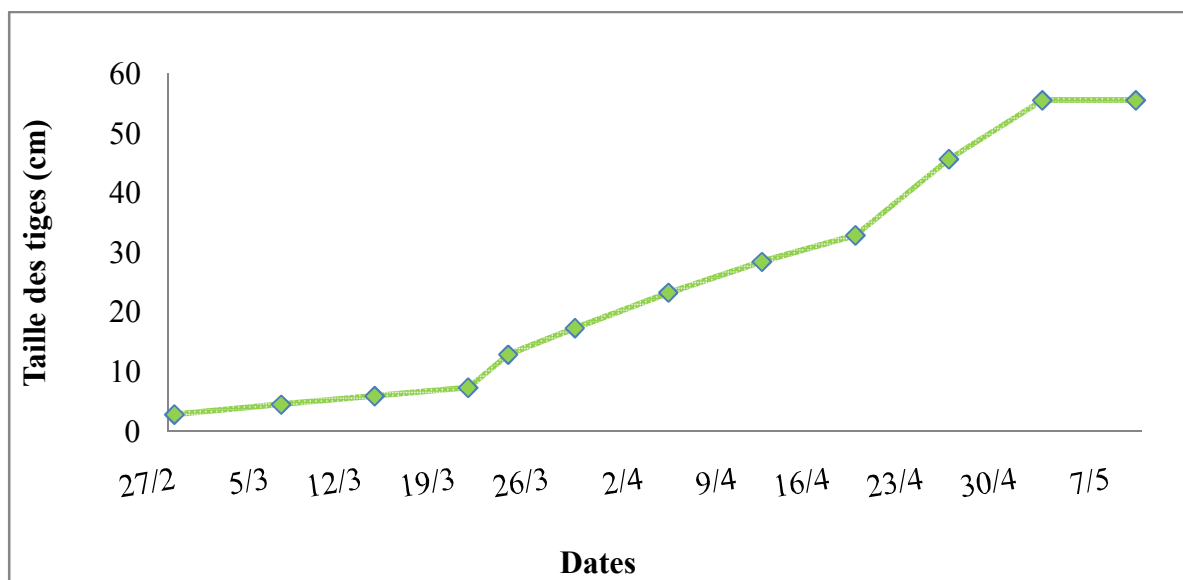


Figure 32: Evolution temporelle de la longueur moyenne des 10 tiges de la variété Aguadulce semée en altitude échantillonnées durant l'année agricole 2015/2016.

Le 27 février, la taille moyenne des tiges a atteint $2,79 \pm 0,3$ cm. La taille maximale moyenne est observée durant la première semaine du mois de mai avec $55,5 \pm 2,3$ cm. Nos résultats montrent que la croissance des tiges est progressive à partir du 23 mars, par la suite elle se stabilise à partir du 2 mai.

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

Les résultats obtenus sur le nombre d'adultes capturés pendant la période de la floraison de la plante hôte *V. faba* sont portés dans la figure ci-dessous.

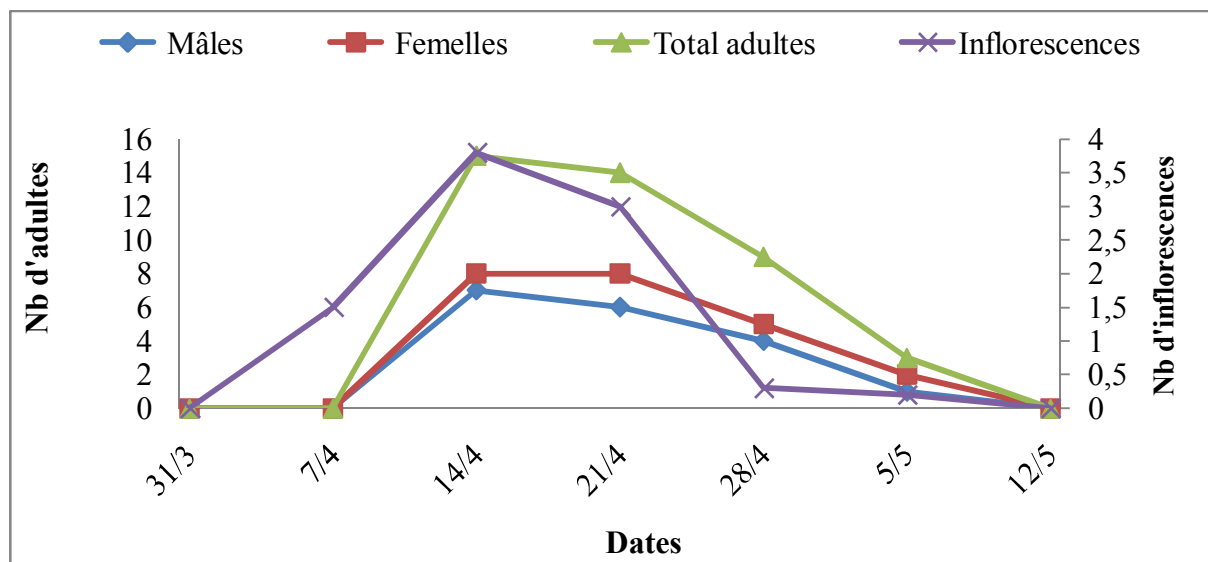


Figure 33: Effectifs d'adultes de *B. rufimanus* capturés en fonction du nombre moyen d'inflorescences de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016

La floraison a débuté à la même date avec la parcelle de variété Séville le 7 avril, avec $1,5 \pm 0,9$ inflorescences en moyenne. La pleine floraison est atteinte la deuxième semaine du même mois, avec $3,8 \pm 0,8$ inflorescences par tige en moyenne noté le 14 avril. C'est à partir de cette date que le nombre d'inflorescences diminue progressivement, à partir la deuxième semaine de mois de mai aucune fleur n'a été observée correspondant à la période de fructification. Dans cette parcelle la floraison s'est étalée sur environ 29 jours.

Le 14 avril nous avons enregistré l'arrivée importante des adultes de *B. rufimanus*, qui coïncide avec la pleine floraison ; à cette date l'effectif maximal est de 15 individus dont 8 sont des femelles ; la photopériode étant de 14h3 mn (ciel couvert) et la température de $11,8^{\circ}\text{C}$. Les adultes quittent la parcelle avec la fin de la floraison, nous observons que depuis le début de la colonisation de la parcelle par les adultes de *B. rufimanus* les deux sexes sont présents (Sex ratio= 0,56% en faveur des femelles).

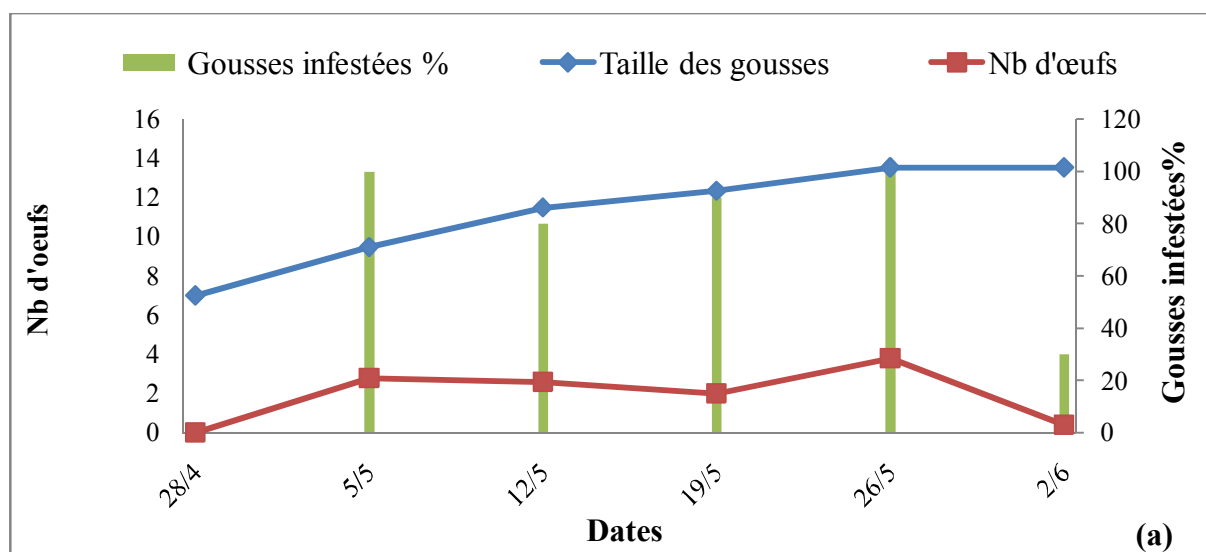
L'analyse de la variance effectuée sur l'effet des dates d'observation sur l'activité des mâles et des femelles de *B. rufimanus* dans la colonisation des parcelles, révèle un effet très hautement significatif ($P=0,00054$) dont le 1^{er} et le 7 avril sont classées simultanément dans le groupe (A) selon le test NEWMAN et KEULS (tableau 6).

Tableau 6: Résultats de l'ANOVA et le test de NEWMAN et KEULS de l'effet des facteurs étudiés «sexes», «variétés» et «dates d'observations» sur l'activité des adultes de *B. rufimanus* de l'année agricole 2015/2016 en altitude.

Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Sexes	Mâles	2,68±0,63	0,28	1	0,28	0,16	0,69
	Femelles	2,5±0,63					
Variétés	Séville	2,62±0,63	0,031	1	0,031	0,018	0,89
	Aguadulce	2,56±0,63					
Dates d'observations	S4	7,25±1,55(A)	255,96	7	36,56	21,38	0,0005* **
	S3	6,75±1,04(A)					
	S5	4,00±0,18(B)					
	S6	1,75±0,18(C)					
	S2	0,75±0,10(C)					
	S7	0,25±0,46(C)					
	S1	0,0±0,10(C)					
	S8	0,0±0,10(D)					

3.3.1.2.3 Evolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses

La figure 34 représente l'évolution temporelle du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses vertes.



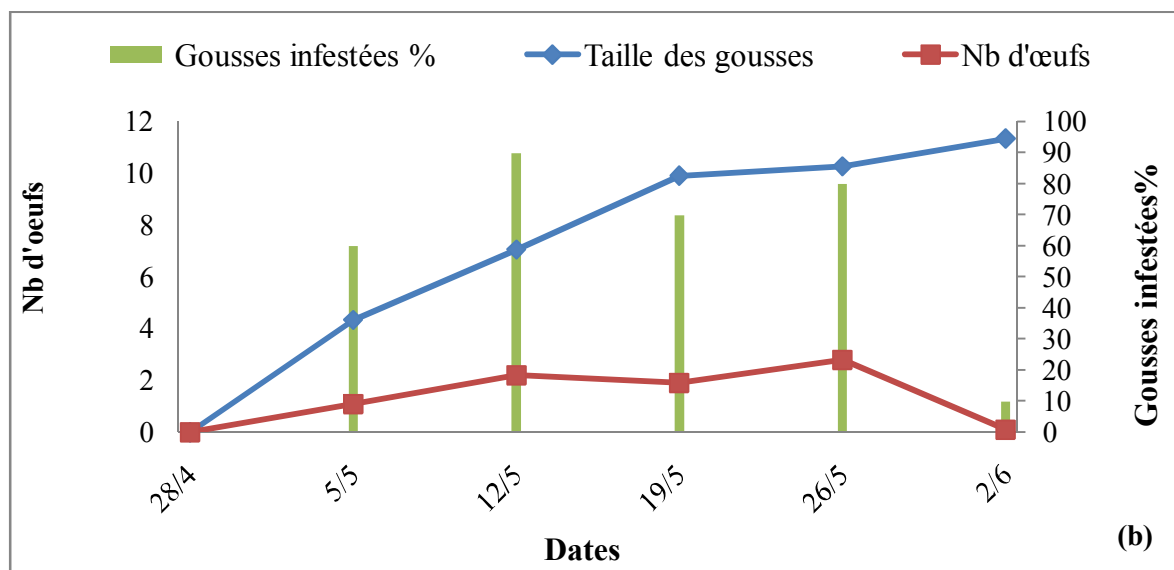


Figure 34: Densité moyenne des œufs pondus par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses âgées (a) et les gousses jeunes (b) de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.

Sur la parcelle de fève de la variété Aguadulce, les premières gousses de la strate basse sont apparues le 28 avril avec une taille moyenne de $7 \pm 0,82$ cm (figure 34a). La taille de ces gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum de $13,53 \pm 2,29$ cm, le 26 mai. L'apparition des gousses jeunes (figure 34b) est marquée une semaine après, le 5 mai avec une longueur moyenne de $4,34 \pm 4,37$ cm et augmente progressivement pour atteindre un maximum de $11,34 \pm 1,53$ cm, observé le 2 juin.

Durant cette saison, les premières pontes ont été enregistrées à la même date que dans la parcelle à variété Séville avec une moyenne de $2,8 \pm 1,6$ cm pour les gousses âgées et $1,1 \pm 1,11$ pour les gousses jeunes déposées sur 100% et 60% des gousses échantillonnées respectivement. Le pic de ponte est atteint à la même date pour les gousses basses et les gousses jeunes avec une moyenne de $3,8 \pm 2$ et $2,8 \pm 2,78$, notés le 26 mai respectivement. L'oviposition a duré environ 5 semaines pour les deux types de gousses, ou nous avons comptabilisé en total 197 œufs, dont 116 sont déposés sur les gousses âgées.

L'analyse de la variance a révélé la différence d'altitude (facteur) montre un effet très hautement significatif sur l'infestation des gousses ($P=0,00048$). Les gousses récoltées de la moyenne altitude ont reçu une quantité importante d'œufs, suivies par la haute altitude et la basse altitude, classées par le test NEWMAN et KEULS dans les groupes homogènes (A) et (B) respectivement (tableau 7).

Tableau 7: Résultats de l'ANOVA et de test NEWMAN et KEULS de l'effet des « variétés » étudiées de *V. faba* « strates des gousses » et « altitude » sur l'infestation des gousses.

Facteurs	Niveau	Moyennes± écart- type	Analyse de la variance				
			S.C.E	DDL	C.M _f	Test F	Proba.
Variétés	Séville	1,51±0,288	0,087	1	0,087	0,154	0,702
	Aguadulce	1,57±0,288					
Strates	Inférieures	1,61±0,288	0,414	1	0,414	0,733	0,412
	Supérieures	1,47±0,288					
Altitudes	Moyenne	2,18±0,349	17,91	2	8,96	15,85	0,0048***
	Altitude	1,34±0,222					
	Basse altitude	1,11±0,283					

4. Discussion

La croissance des tiges de la plante hôte *V. faba* est progressive pour les deux variétés de fève étudiées. Durant cette investigation, nous avons constaté une bonne croissance de ces tiges et ce, pendant les deux années agricoles. Ce qui peut être due aux conditions climatiques favorables, notamment les températures et les précipitations. En effet, la quantité de pluie reçue durant les mois de décembre pour toutes les stations de la région de Bouira en 2015 est de 179.13 mm à El Asnam, 202,3 mm à Haizer, et 224,1 mm à El Hachimia. Tandis que, en 2016, le mois le plus pluvieux est le mois de mars pour toutes les stations avec une pluviométrie de 179.45mm, 205,65mm et 230,31mm à El Asnam, Haizer et El Hachimia respectivement. Les fèves sont sensibles au manque d'eau et exige une alimentation hydrique qui varie de 400 à 600 mm/an, du stade 5-6 feuilles à la récolte (PLANQUART et GIRARD, 1987). LIM (2012) signale que des pluviométries annuelles allant de 650 à 1000 mm sont nécessaires pendant la période de végétation de *V. faba*. La pluviométrie annuelle enregistrée dans les trois régions d'étude est de 657.35 mm (El Asnam), 742.35 mm (Haizer) et 822.35mm (El Hachimia) en 2015, et 582.1 mm (El Asnam), 667.1 mm (Haizer) et 747.1mm (El Hachimia) en 2016. La température peut aussi influencer sur la phénologie de plante. LAUMONIER (1979) indique que *V. faba* craint les fortes chaleurs, c'est pour cela qu'elle est cultivée en automne et en hiver pour éviter la coulure des fleurs, car elle résiste au froid où les températures sont comprises entre 3°C et 4°C.

B. rufimanus est une espèce monovoltine pourvue d'une aptitude colonisatrice, son cycle de développement est étroitement lié à celui de sa plante hôte *V.faba*.

Le suivi de l'activité des adultes de la bruche de la fève montre qu'avant la floraison aucun adulte de *B. rufimanus* n'est observé dans les parcelles durant les deux années d'études 2015 et 2016. Avant leur arrivée dans les parcelles de fève, les adultes peuvent utiliser d'autres sources trophiques disponibles dans les agrosystèmes comme ils peuvent absorber du miellat produit par les pucerons (FRANSSEN, 1956), des graines de pollen d'autres espèces végétales fleurissantes avant la plante hôte (DUPONT et HUIGNARD, 1990) et/ou d'autres substances sucrées comme c'est le cas chez d'autres insectes (FELETCHIER et PROKOPY, 1991).

La présence de pollen et de nectar des inflorescences de *V.faba* déclenche après un certain temps de latence, la levée de diapause reproductrice de *B.rufimanus*, c'est la diminution de la photopériode qui provoque l'induction de la diapause et son accroissement entraîne la rupture de cette dernière. Un tel phénomène est aussi observé par GERMAIN et al. (1985) chez *Bruchidius atrolineatus*, chez *Bruchus pisorum* (PAJNI et SOOD, 1975 ; PESCHO et VAN HOUTEN, 1982), contrairement à *Bruchus lentis* (PAJNI, 1984), le pollen de la plante hôte n'est pas le facteur induisant la levée de la diapause reproductrice. LARDJANE-HAMITI (2009) rapporte que les changements de températures, l'humidité relative de l'air, le vent et la photopériode favorisent la sortie des bruches des sites d'hivernation et leur migration vers les cultures de fève.

Sous les conditions de notre agrosystème, l'arrivée des premières bruches coïncide avec la pleine floraison notée le 1^{er} avril pour les parcelles semées en basse altitude pour les deux variétés Séville et Aguadulce y compris la parcelle semée en moyenne altitude pour cette dernière. Cependant, pour la parcelle à variété Séville la colonisation par les bruches a commencé durant la deuxième semaine de floraison. Des études ont été faites 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. Ces auteurs ont rapporté que la colonisation des parcelles de fève par les adultes de *B. rufimanus* ne commence qu'à partir de la floraison. ATAKAN (2012) a signalé que les espèces d'insectes de coléoptères ont été enregistrées principalement au stade de la floraison des plantes. Ces bruches peuvent provenir soit à partir des sites d'hivernation, soit des graines infestées qui contiennent encore des bruches vivantes au moment du semis (FRANSSEN 1956 et BOUGHADAD, 1994).

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 MEDJDOUB-BENSAAD *et al.* (2007) et MEZANI (2016) ont noté que des adultes sont également observés sur la plante hôte au stade de végétation toutefois ces bruches sont toutes des mâles.

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. La cause principale de ces résultats est due à l'absence des ressources trophiques ou leur insuffisance dans les parcelles. Par ailleurs, dans d'autres parcelles, malgré la fin de la floraison, nous avons observé la présence de quelques adultes, ce qui est probablement lié à la disponibilité d'autres ressources trophiques (fleurs d'autres plantes adventices leur servant de nourriture additionnelle). MEZANI (2016) affirme que 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 aplexicaulix*, *Chrysoanthemum myconis*, *Vicia sativa*, *Gladiolus segetum*.

Le décalage dans la reprise d'activité des bruches et leurs durée de séjour au champ varie pendant les deux années d'études, laisse entendre que la bruche est très adaptée à sa plante hôte; elle module son cycle de vie en fonction des conditions climatiques prévalant au cours du cycle phénologique de la plante.

Les périodes de la colonisation par les adultes de *B. rufimanus* varient d'une parcelle à une autre ; elles sont de 6 semaines pour toutes les parcelles d'études semées en basse altitude ainsi en moyenne altitude en 2015. Alors qu'en 2016 dans des parcelles de fève semées en altitude la période de la colonisation est de 1 mois et 15 jours pour la variété Séville et de seulement de un mois pour la variété Aguadulce.

L'apparition des premières fleurs déclenche l'ovogenèse et la formation des premières gousses permet ensuite l'induction de la ponte. Il en résulte ainsi une parfaite synchronisation entre la période d'activité de la ponte et celle de formation des gousses (MEDJDOUB-BENSAAD *et al.*, 2007).

L'activité sexuelle des adultes de *B. rufimanus* ne commence qu'après l'ingestion de pollen de *V. faba*, nécessaire à la maturité 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). 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 en 2007 dans la région de Tizi-Ouzou.

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 semées en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015. Tandis que sur les parcelles semées en moyenne altitude en 2015 et en altitude en 2016, l'analyse de la variance ne montre aucune différence significative. Cependant, 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 à l'Aguadulce. Cette préférence des adultes à visiter la variété Séville est probablement due à ses fleurs ouvertes et l'abondance du pollen produit par cette plante (MEZANI, 2016).

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 révèle un effet très hautement significatif du facteur « dates d'observations ». Tandis que le facteur « sexe » ne montre aucun effet pour les deux variétés étudiées et pour les trois altitudes. L'effet significatif est dû probablement aux conditions climatiques favorables notamment la température.

L'activité de ponte s'échelonne sur une période de 1 mois et une semaine à 1 mois et demi, selon les variétés et selon les altitudes. Des études de MEDJDOUB-BENSAAD et *al.* (2011) menées dans la région de Tizi-Ouzou, signalent que la ponte s'étale sur une période allant de 1 mois à 2 mois et demi. Dans le même ordre d'idées, FRANSSEN (1955) indique qu'au Pays Bas, la durée de la ponte est de 17 jours en 1951 et de seulement 4 jours en 1954. Les premiers œufs, ont été observés à partir de l'apparition des gousses, ce qui nous confirme que les femelles sont présentes et attendent le substrat de ponte après ingestion de pollen de la plante hôte et d'autres plantes adventices. Selon BALACHOWSKY (1962), la masse d'œufs est pondue sur des gousses ayant en moyenne 4,5 à 5cm. TAUPIN (1985) a montré que la femelle dépose isolement sur une gousse une cinquantaine d'œufs et si les femelles sont sexuellement mûres lors de l'apparition des premières gousses, celles-ci supportent une

concentration d'œufs très élevée. LABORDE et *al.* (1990) ont constaté que l'activité des insectes dépendait des conditions climatiques et diffère selon l'heure et la journée.

Effectivement, nos observations rejoignent celles de ces auteurs où nous avons constaté une activité reproductrice des adultes de *B. rufimanus* même à des photophases ne dépassant guère 12 heures. Nous avons enregistré des pontes moyennes qui varient d'une parcelle à l'autre et d'une année à une autre, notées le 5 mai avec une photopériode de 9h4mn et le 12 mai avec une photophase qui est de 7h9mn.

L'analyse de la variance confirme qu'il y a une différence très hautement significative de facteur « altitude » sur l'infestation des gousses des deux variétés de fève utilisées dans l'étude. Les femelles de *B. rufimanus* présentent une préférence de pondre les œufs sur les gousses des parcelles semées en moyenne altitude que celles semées en basse altitude et en altitude. Cependant, l'infestation n'est pas significativement différente entre les gousses de la strate basse et les gousses de la strate haute dans les parcelles semées à différentes altitudes. Ce qui est probablement dû 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.

Contrairement à nos résultats, HOFFMAN et *al.* (1962) ; MEDJDOUB-BENSAAD et *al.* (2007) et MEZANI (2016) en 2014 et 2015, indiquent que les femelles préfèrent pondre sur les gousses âgées que sur les gousses jeunes. Ces auteurs, confirment que l'infestation des gousses dépend des niveaux des 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.

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.

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*

1. Introduction

Chez *Bruchus rufimanus*, la ponte est conditionnée par l'état végétatif des fèves dans les cultures. La plante constitue non seulement une base trophique pour l'insecte mais aussi une source d'information pouvant influencer son activité reproductrice (HUIGNARD et al., 1990).

Le cycle de développement de la bruche commence au champ dans les jeunes graines vertes en cours de maturation et continue pendant le stockage à l'intérieur des graines mûres et sèches.

Les femelles de la bruche déposent ces œufs directement sur la surface des gousses vertes dès le début de la fructification, à condition que le climat soit favorable (température adéquate, absence de vent et de pluie). L'activité de ponte semble importante dans les zones où les ressources trophiques sont les plus abondantes. Ces œufs sont fixés au péricarpe de la gousse par une sécrétion probablement produite par les cellules sécrétrices des oviductes latéraux comme cela a été observé chez *B. atrolineatus* (HAMON et al., 1982). DUPONT (1990) affirme que la découverte et la distribution de ces œufs est en relation avec les caractéristiques physico-chimiques des gousses.

La présence de quatre capsules céphaliques (figure 35) prouve que le développement larvaire chez *B. rufimanus* s'effectue en quatre stades larvaires et un stade nymphal (TRAN, 1992).

Dans cette partie d'étude nous nous sommes intéressés à suivre dans des conditions des cultures et au laboratoire, le développement larvaire, en relation avec l'évolution et la maturation des graines, afin de détecter le nombre de stades larvaires, ainsi que la durée de développement de chaque stade sur les deux variétés de fève étudiées semées à des différentes altitudes.

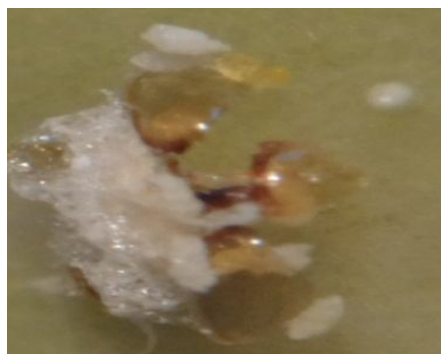


Figure 35: Capsule céphalique au moment de la mue des larves (Originale, 2015).

2. Matériel et méthodes

Afin de suivre le développement post-embryonnaire de *B. rufimanus* au champ et au laboratoire durant les années agricoles 2014-2015 et 2015/2016, nous avons prélevé au hasard chaque semaine sur les parcelles cultivées, 10 gousses de strate basse (gousses âgées) et 10 gousses de strate haute (gousses jeunes) sur 10 tiges, situées sur différents pieds afin d'avoir un échantillon représentatif, depuis la ponte jusqu'à la récolte des fèves. Les gousses échantillonnées sont ensuite ramenées au laboratoire pour être mesurées afin de suivre l'évolution de leur taille à l'aide d'une règle graduée et dénombrer les œufs sur leur péricarpe et observer les larves dans les graines à l'aide d'une loupe binoculaire.

Les gousses de fève mûres sont ramenées de la récolte vers les lieux de stockage à la fin du mois de mai pour l'année agricole 2014/2015 et la fin du mois de juin pour l'année agricole 2015/2016. Ce stock nous a permis de poursuivre le développement post-embryonnaire de *B. rufimanus*.

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 L₁, 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 La durée du développement embryonnaire

Au cours de notre expérience, les premières pontes sont remarquées le 14 et 21 avril en 2015, pour les parcelles semées en basse altitude (Séville et Aguadulce respectivement). La durée de développement embryonnaire est de 12 jours pour la Séville et de 10 jours pour l'Aguadulce. Durant la même année dans les parcelles semées en moyenne altitude, la durée de développement embryonnaire est environ 12 jours. En 2016, dans les parcelles plantées en altitude, le développement embryonnaire a pris environ 9 jours pour les deux variétés.

3.2 Le développement post-embryonnaire

Le suivi du développement post-embryonnaire durant les deux années d'études au champ et au laboratoire, nous a conduit à effectuer le cycle de développement chez *B. rufimanus*. Il est à signaler que l'échelonnement des pontes dans le temps conduit à des chevauchements entre les stades larvaires et indique ainsi la présence des différents stades de développement dans une même graine.

3.2.1 Année agricole 2014/2015

3.2.1.1 Parcelles semées en basse altitude

3.2.1.1.1 Parcelle de fève de la variété Séville

Les résultats obtenus sur l'évolution de la densité des larves, nymphes et adultes sont illustrés dans la figure ci-dessous.

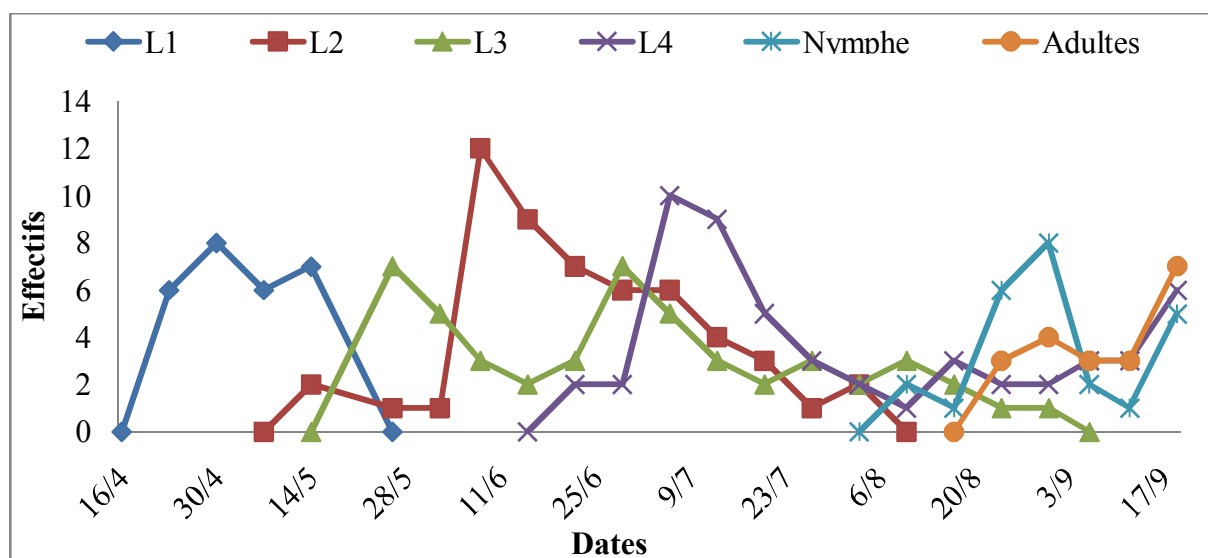


Figure 36: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Séville semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Dans la parcelle semée dans la région El Asnam, le premier stade larvaire (L₁) apparaît le 23 avril et dure en moyenne 22 jours. Il est suivi par le deuxième stade larvaire (L₂) qui s'étale sur 82 jours. Les larves du troisième stade (L₃) s'échelonnent sur 98 jours. Le quatrième stade larvaire (L₄) a été observé dans cette parcelle sur une période allant du 22 juin jusqu'à 19 septembre. Le stade nymphal et les premiers adultes sont observés le 10 et 24 août, respectivement.

3.2.1.1.2 Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les résultats obtenus sur l'évolution temporelle de la densité des larves, nymphes et imagos dans la parcelle à variété Aguadulce sont portés dans la figure 37.

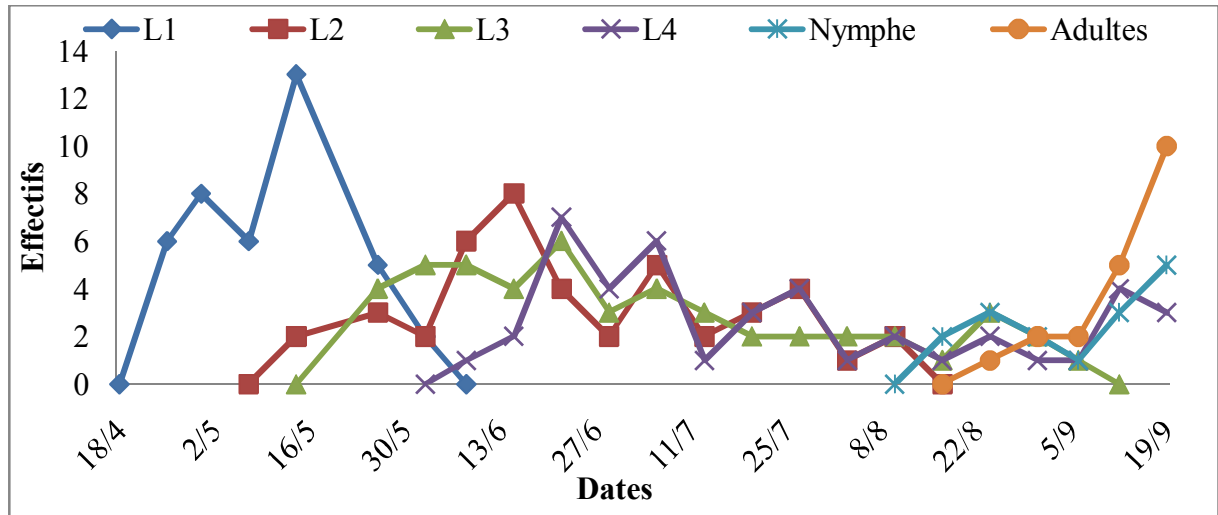


Figure 37: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Aguadulce semée en basse altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Pour la parcelle à variété Aguadulce, le premier stade larvaire (L₁) est apparu le 25 mai et achevé le 8 juin, alors que le développement de la larve du deuxième stade (L₂) dure en moyenne 58 jours et 104 jours pour le 3^{ème} stade larvaire L₃. Le quatrième stade larvaire est observé le 8 juin. La nymphe apparaît le 17 août et commence à se métamorphoser en donnant un adulte le 24 août.

3.2.1.2 Parcelles semées en moyenne altitude

3.2.1.2.1 Parcelle de fève de la variété Séville

Les données obtenues sur l'évolution de développement post-embryonnaire de *B. rufimanus* sont portés dans la figure ci-après.

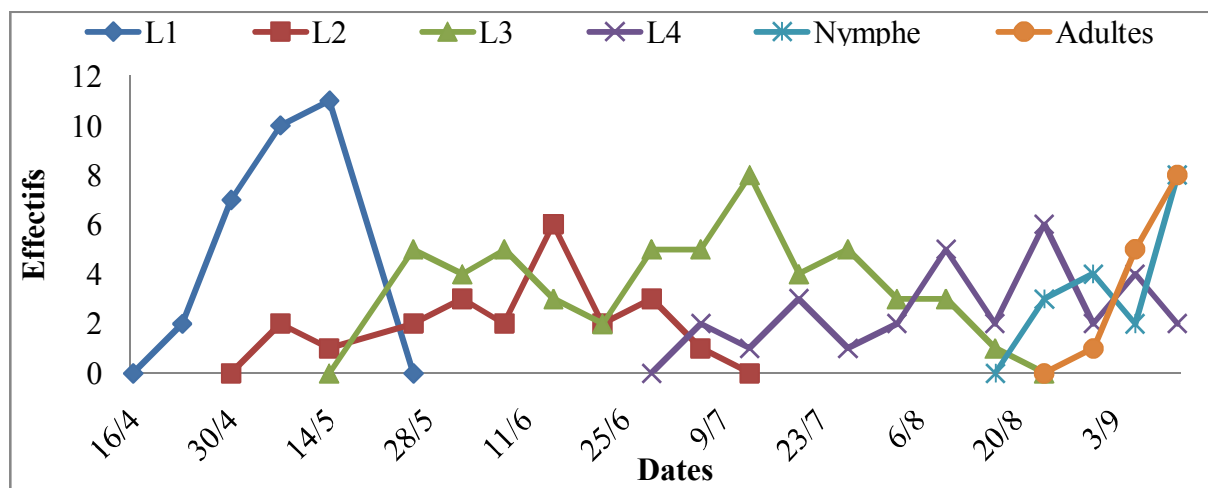


Figure 38: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Séville semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Pour les parcelles semées en moyen altitude (Haizer), la durée du développement du premier stade larvaire (L₁) est de 22 jours. Le 2^{ème} stade larvaire dure 61 jours et celui du L₃ est de 84 jours. La durée de développement du 4^{ème} stade larvaire (L₄) s'étale sur 69 jours. La nymphe apparaît le 24 août et les imagos commencent à émerger à partir du 31 du même mois.

3.2.1.2.2 Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les résultats sur l'évolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* est illustrée dans la figure 39.

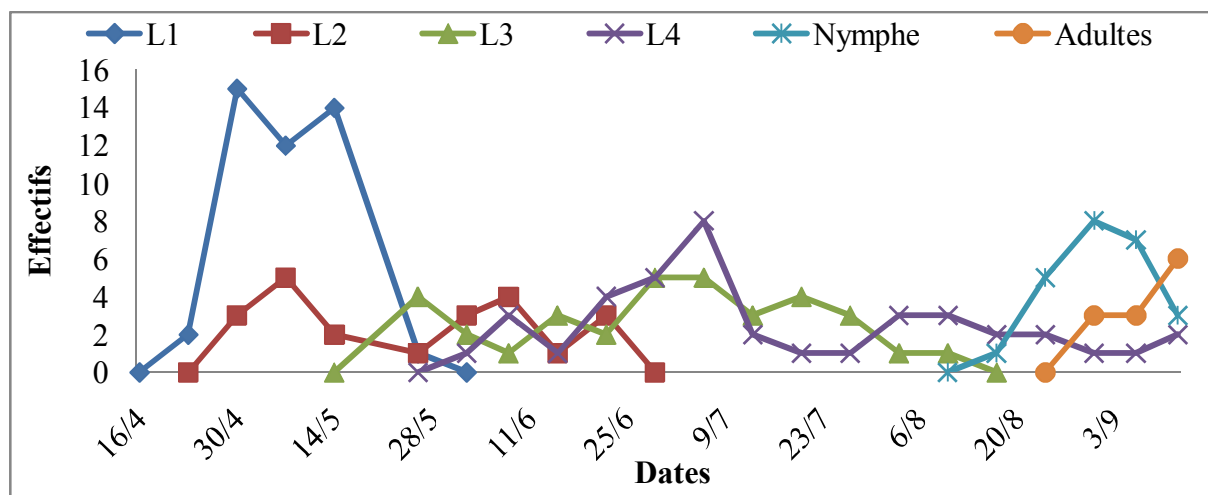


Figure 39: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Aguadulce semée en moyenne altitude durant l'année agricole 2014/2015.

Dans la parcelle de fève de la variété Aguadulce, le premier stade larvaire (L₁) est enregistré à la même date que la parcelle de la variété Séville le 23 mai et s'étale jusqu'à 26 du même mois (34 jours environ). La larve du deuxième stade (L₂) dure en moyenne 54 jours.

Le développement de la larve du troisième stade (L₃) dure 80 jours (du 26 mai au 10 août). Les larves du 4^{ème} stade (L₄) sont rencontrées le 2 juin, dont son cycle de développement a duré environ 103 jours. Aux dates du 17 et 31 août sont apparus les stades nymphaux et les premières bruches.

3.2.2 Année agricole 2015/2016

3.2.2.1 Parcelles semées en altitude

3.2.2.1.1 Parcelle de fève de la variété Séville

Les résultats enregistrés sur l'évolution de la densité des larves, nymphes et imagos sont configurés dans la figure 40.

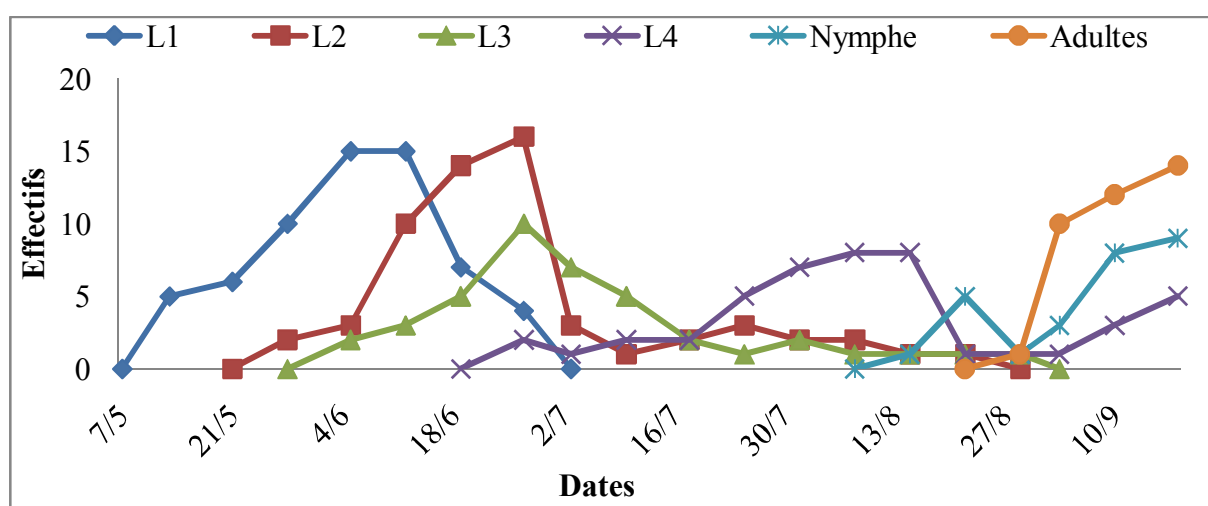


Figure 40: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Séville semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.

Dans cette parcelle, *B. rufimanus* accompli son cycle de développement en 3 mois et 17 jours. Les premiers œufs sont déposés le 5 mai et les premiers adultes sont observés le 28 août. A la lumière de nos résultats le premier stade larvaire (L₁) s'échelonne sur 7 semaines soit 46 jours. Le deuxième (L₂), le troisième (L₃) et le 4^{ème} stade larvaire leur cycle de développement a duré 91 jours (13 semaine environ) et sont observé le 28 mai, le 5 juin et 27 juin, respectivement. Nos observations montrent que le stade nymphal et l'adulte apparaissent le 15 et 29 août, respectivement.

3.2.2.1.2 Parcelle de fève de la variété Aguadulce

Les résultats obtenus sur la densité des larves, nymphes et imagos de *B. rufimanus* sont illustrés dans la figure 41.

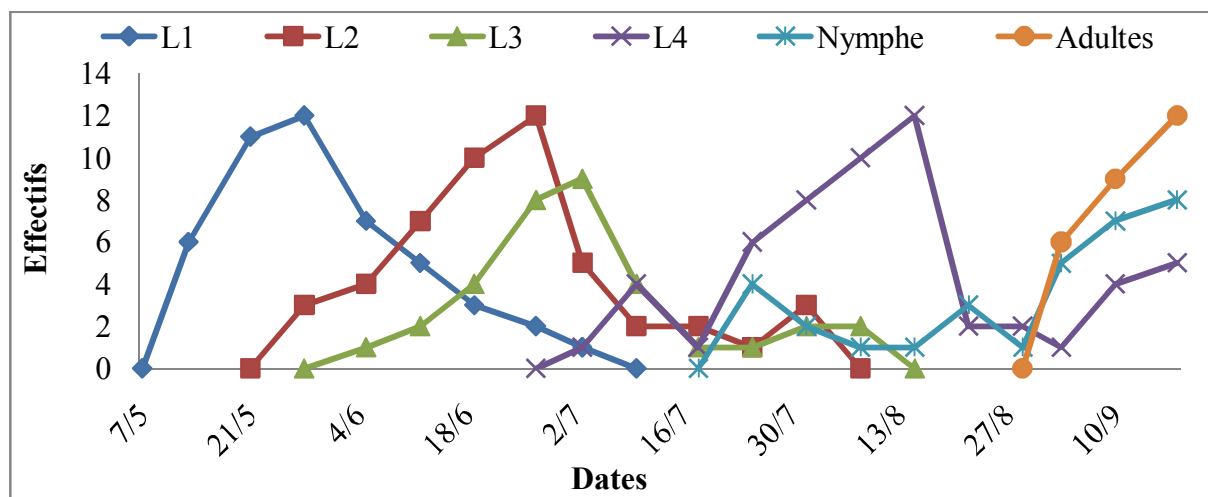


Figure 41: Evolution temporelle de la densité des larves, nymphes et adultes de *B. rufimanus* de la variété Aguadulce semée en altitude durant l'année agricole 2015/2016.

Le cycle de développement des deux premiers stades larvaires (L₁ et L₂) s'étalent sur 53 jours et 63 jours, respectivement. Le stade larvaire L₃ s'étale sur 70 jours. Le stade L₄ est observé le 3 juillet. La nymphe apparait le 25 juin et donne un adulte le 3 septembre.

3.3 La durée du cycle de développement complet de *B. rufimanus*

Les durées moyennes de cycle de développement de *B. rufimanus* de l'œuf jusqu'à la sortie des imagos au niveau des différentes variétés semées dans différentes parcelles durant les deux années d'étude, sont présentés dans le tableau 8 et la figure 42.

Tableau 8: Durée du cycle de vie ou de développement de *B. rufimanus* sur les parcelles de deux variétés de fève durant les deux années d'études.

Année	Altitude	Variétés	Dates de semis	Dates du cycle	Durée du cycle
2015	Basse altitude	Séville	24/12/2014	14/04 au 24/8	133 jours= 4 mois et 11 jours
		Aguadulce		21/04 au 24/8	126 jours=4 mois et 4 jours
	Moyenne altitude	Séville	26/12/2014	14/04 au 31/8	140 jours= 4 mois et 15 jours
		Aguadulce		14/4 au 31/8	140 jours= 4 mois et 15 jours
2016	Altitude	Séville	07/01/2016	05/05 au 29/8	116 jours=3 mois et 26 jours
		Aguadulce		05/05 au 3/09	121 jours=3 mois et 20 jours

Chez *B. rufimanus* la durée du cycle de vie ou cycle de développement depuis le dépôt des œufs sur les péricarpes des gousses vertes jusqu'à l'apparition des adultes diffère selon les dates de semis, les variétés et l'altitude.

Sur les parcelles semées en basse altitude à El Asnam durant l'année 2015, la durée du cycle de développement complet la plus longue est observée sur la variété Séville avec une durée moyenne de 133 jours.

Pour les parcelles semées en moyenne altitude, la durée du cycle de développement complet de *B. rufimanus* est identique sur toutes les variétés étudiées, elle est de 140 jours environ.

En 2016, au niveau des parcelles d'altitudes la durée la plus importante pour le cycle de développement de *B. rufimanus* est de 121 jours enregistrée chez la variété Aguadulce.

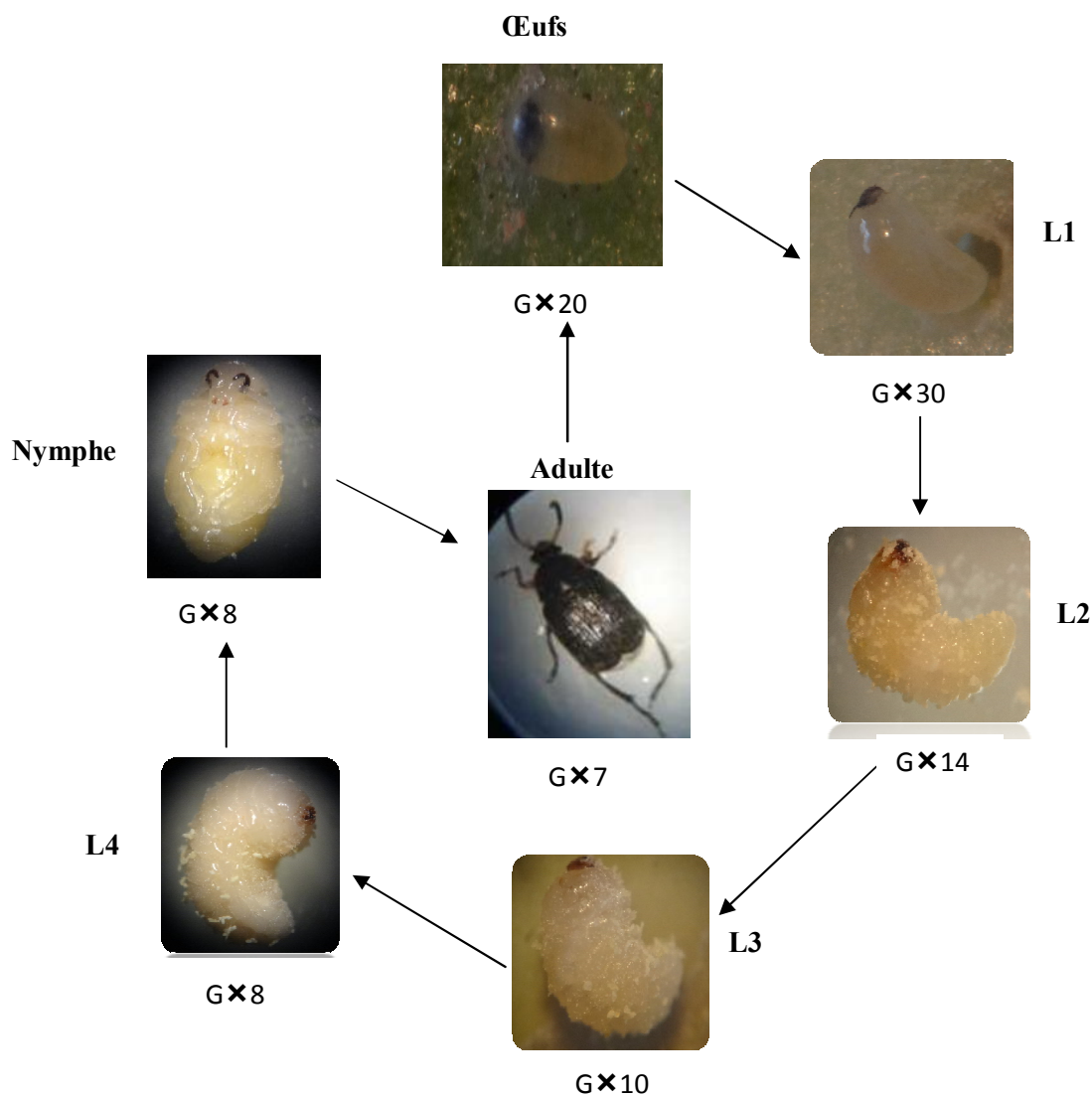


Figure 42: Différents états de développement de *B. rufimanus* (Originale, 2016).

4. Discussion

La ponte débute avec le début de la fructification, s'étale sur toute la période de formation et de maturation des gousses et se termine avec le noircissement de ces dernières. *B. rufimanus* utilise la plante hôte pour sa reproduction, son développement, sa dissémination et comme site d'hivernation (DUPONT, 1990).

Durant nos investigations, en 2015, pour la parcelle semée en basse altitude la durée la plus courte de développement embryonnaire de *B. rufimanus* est notée chez la variété Aguadulce qui est de 10 jours, sur la Séville cette durée est de 12 jours. Sur les parcelles semées en moyenne altitude, la durée de développement embryonnaire est similaire pour les deux variétés de fève, elle est de 12 jours. Les parcelles semées en altitude en 2016, nous avons noté que la durée de développement embryonnaire est de 9 jours pour la Séville et l'Aguadulce. D'après nos résultats, la durée de vie de la bruche de la fève diffère d'une année à une autre et en fonction du climat, les variétés et la date des premières pontes des œufs. Cette durée de développement est rapide (courte) durant les deux années d'étude, cela s'explique probablement par l'absence de pluie et de neige durant cette période. Effectivement, la pluviométrie annuelle enregistrée dans la région de Bouira est de 542,35mm en 2014/2015 et 474mm en 2015/2016 seulement (O.N.M.B., 2014 et 2016), comme les chutes de neige ne sont pas importantes au moment de nos expériences.

Après l'éclosion des œufs déposés par les femelles de la bruche sur les gousses de *V. faba* et après le développement embryonnaire, les larves néonates pénètrent dans la gousse et commencent le développement post-embryonnaire qui est composé d'une succession de mues larvaires assurant la transition entre les stades larvaires correspondant à des périodes pendant lesquelles l'individu s'alimente activement.

Les mues consistent en un renouvellement de la cuticule, avec élimination de l'ancienne cuticule rigide (exuviation) et remplacement par une nouvelle, sous-jacente et souple, ce qui prouve la présence des capsules céphaliques pendant la période de développement embryonnaire au cours de nos expériences. Chaque larve étant ainsi plus grande que celle qui la précède dans le cycle.

Au terme de la vie larvaire intervient une mue qualifiée de larvo-nymphale, transformant la larve du quatrième stade en une nymphe. Elle est précédée d'une modification du comportement de la larve, qui cesse de s'alimenter et change d'habitat. La nymphose s'effectue à l'intérieur de la graine stockée. L'ensemble des modifications se produisant

pendant la vie nymphale constitue une métamorphose, qui transforme la larve en imago. L'imago émerge de la nymphe à la faveur d'une dernière mue, qualifiée de nympho-imaginale.

Durant nos observations le développement du premier stade larvaire (L_1) s'effectue entièrement au champ lorsque les gousses sont encore vertes durant les deux années d'expérimentations et cela pour toutes les parcelles semées en trois altitudes. En 2015, sur les parcelles semées en basse altitude les larves L_1 durent entre 22 et 39 jours, elles varient entre 22 et 34 jours sur les variétés semées en moyenne altitude. Tandis que, en 2016 dans les parcelles semées en altitude la durée de développement larvaire L_1 est la plus longue par rapport aux autres altitudes. Elle varie entre 46 et 53 jours pour la variété Séville et la variété Aguadulce, respectivement. Cela s'explique probablement par les gousses qui sont encore vertes en altitude et la végétation de la fève se prolonge jusque la fin de juin, ce qui est due aux températures clémentes.

Nos résultats corroborent ceux de MEDJDOUB-BENSAAD *et al.* (2007), LARDJANE-HAMITI (2009) et MEZANI (2016) qui rapportent que la durée de premier stade larvaire la plus courte est de 31 jours, elle est observée en basse altitude, et la plus longue est de 77 jours rencontrée en altitude pour les premiers auteurs, pour le deuxième auteur cette durée s'étale sur 80 jours environ, alors qu'elle s'échelonne sur environ 62 jours selon le troisième auteur, dans des graines récoltées dans la région de Tizi-Ouzou. Des études menées au Maroc par BOUGHADAD (1992) montrent que le premier stade larvaire a duré 24 à 36 ; 26 à 39 ; 18 à 27 jours respectivement en 1998, 1990 et 1991.

Le développement du deuxième stade larvaire s'effectue dans les graines vertes avec un petit nombre et continue dans les graines sèches avec un nombre important dans les parcelles semées en basse altitude et en altitude. Nos observations sont similaires à celles de LARDJANE-HAMITI (2009), HAMANI-AOUDJIT et MEDJDOUB-BENSAAD (2015) et MEZANI (2016) qui mentionnent que les larves du deuxième stade évoluent dans les graines mûres avec une faible proportion et continuent dans les graines sèches. En revanche les parcelles semées en moyenne altitude, les larves du deuxième stade évoluent dans les graines vertes avec une grande proportion et s'enchaînent dans les graines sèches. BOUGHADAD (1994); MEDJDOUB-BENSAAD et KHELLIL (2008) stipulent 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. Les larves de deuxième stade (L_2) se développent sur une durée de

54 à 82 jours au maximum en 2015 et de 63 à 91 jours en 2016, dont la durée la plus longue est observée dans les parcelles à variété Séville semées en altitude.

En 2015, nous avons remarqué que le troisième stade larvaire se développe exclusivement dans les graines sèches, dont sa durée oscille entre 98 et 104 jours avec une longue durée pour l'Aguadulce au niveau des variétés semées précocement et en basse altitude, et sur les variétés semées en moyenne altitude, cette durée est presque la même, elle s'échelonne de 80 à 84 jours, avec une longue durée pour la variété Séville. Nous constatons que la durée de développement de ce stade larvaire varie selon les régions, le climat et l'altitude. C'est le stade qui dure plus longtemps notamment sur la variété Séville durant les deux années d'études. Cela s'explique, que les L₃ évoluent exclusivement dans les graines sèches et nécessitent un apport nutritionnel important dans la graine au cours de leur croissance. Les mêmes résultats sont enregistrés par BOUGHADAD (1994), MEDJDOUB-BENSAAD et *al.* (2007), LARDJANE-HAMITI (2009), HAMANI-AOUDJIT et MEDJDOUB-BENSAAD (2015) qui indiquent que le stade de développement L₃ est plus long, il est de 105 jours, 49 à 105 jours, 70 à 77 jours et 77 à 84 jours, respectivement.

Les larves de quatrième stade larvaire se développent aussi dans les graines stockées, elles se sont prélevées à partir du mois de juin dans les différentes parcelles d'étude. Le développement de ce stade larvaire est lent dans la parcelle de fève à variété Aguadulce à différentes altitudes et en deux années d'étude. Les températures ambiantes et l'échelonnement de la ponte sont, sans doute, à l'origine de l'étalement de ce développement. Selon BOUGHADAD (1994), le 4^{ème} stade larvaire met le plus de temps pour se développer. D'après le même auteur, le quatrième stade larvaire a duré 42 à 54, 27 à 42 et 37 à 66 jours respectivement en 1989, 1990 et 1991 au Maroc. 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.

La durée du stade nymphale la plus longue est observée dans les parcelles semées en altitude à variété Aguadulce, elle est de 56 jours, cette nymphose se déroule dans les graines sèches seulement. D'après BALACHOWSKY (1962) cette durée ne serait que de 6 jours. BOUGHADAD (1994) estime qu'au Maroc, ce stade s'échelonne sur deux semaines et plus de deux semaines respectivement dans la région de Ain Sbit et Meknès. Cette durée n'est que de 20 jours pour MEZANI (2016). MEDJDOUB-BENSAAD (2007) signale que la durée de développement du stade nymphal est comprise entre 51 et 94 jours.

Dans les conditions de nos agrosystèmes, les premières bruches sont apparues le 24 août en 2014 pour les variétés semées en basse altitude et les plus tardives à la fin août et début septembre pour les variétés semées en moyenne altitude et en altitude 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. Ainsi MEZANI (2016) affirme que les adultes de *B. rufimanus* les plus précoces sont apparus au début du mois d'août, en 2013, et les plus tardifs en fin août et début septembre en 2014 et 2015.

La durée du développement des différents stades larvaires peut dépendre de la vitesse d'évolution de la graine et aussi de la rapidité de croissance des cultures. Les basses températures ainsi que les fortes chaleurs ralentissent le taux de synthèse biochimique, ce qui augmente en parallèle la durée du développement de l'insecte.

Le cycle biologique s'étale ainsi, durant notre période d'étude, à l'échelle des deux années agricoles, sur une durée allant de 3 mois et 20 jours à 4 mois et 15 jours. La durée du cycle ne présente pas une grande variation quelles que soient les conditions sous 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 se fait à la même période. Effectivement, la présence des premières bruches dans nos parcelles d'étude a été enregistrée durant le même mois.

Troisième partie : Etude comparative des protéines totales hémolympatique chez les adultes de *B. rufimanus* en diapause et en activité sexuelle.

1. Introduction

Les insectes possèdent un unique fluide extracellulaire, l'hémolymphe, qui circule dans tout le corps, et qui est ainsi en contact direct avec toutes les cellules et les organes (FARVEL, 1998). L'hémolymphe est caractérisée par une concentration élevée en acides aminés dans le plasma, et représentant 33 à 65% des constituants azotés non-protéiques (CHAPMAN, 1982). Les 20 acides aminés, dont 16 prédominent, sont présents dans l'hémolymphe des insectes à des proportions variables selon les espèces et leurs stades de développement. Leurs concentrations dépendent également de celles disponibles dans la nourriture et leur concentration varie avec les stades de développement de l'insecte (FARVEL, 1998)

Chez la plupart des insectes étudiés, les protéines ne sont pas toutes présentes en même temps, mais il y a des changements progressifs au fur et à mesure des cycles de vie de l'insecte (WYATT, 1961). Ainsi, les concentrations augmentent durant la vie larvaire, puis diminuent à la fin du stade nymphal et pendant la vie adulte (CHEN et LEVENBOOK, 1966). Ces variations quantitatives suggèrent qu'elles peuvent fonctionner comme une réserve pour la biosynthèse des protéines adultes, et être à l'origine des acides aminés libres de l'hémolymphe. Elles interviennent également dans la réponse immunologique, la vitellogénèse et la synthèse des enzymes (JULIEN et *al.*, 1977).

La concentration de protéines totales hémolympatiques semble évoluer avec la quantité de corps gras. Elle est importante chez les insectes diapausants et connaît une réduction chez les adultes devenus sexuellement actifs (CHAKIR, 1998).

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). Les insectes disposent généralement au stade imaginal de réserves stockées dans l'hémolymphe et dans le corps gras. Les glycoprotéines accumulées dans le corps gras sont transformées en vitellogénines libérées dans l'hémolymphe, puis incorporées dans les ovocytes par un processus d'endocytose.

L'objectif du présent travail est donc d'analyser le taux des protéines totales hémolympatiques de *B. rufimanus* en diapause et en activité reproductrice.

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel utilisé

Le matériel utilisé durant notre période d'expérience est :

2.1.1 Portoir des tubes à essai et les tubes à essai : il est en bois, il sert à porter les tubes à essais, alors que ces derniers sont utilisées pour tester une réaction chimique en y introduisant une faible quantité de réactifs (figure 43a).

2.1.2 Pipettes graduée 1ml : elles sont en verre servent à prélever un volume très précis des solutions.

2.1.3 Micropipette : de volume qui oscille entre 50-200 μ l, elle sert à prélever des volumes en microlitres (figure 43b).

2.1.4 Flacons en verre : ce sont des bouteilles en verre avec un bouchon, contenant du carton ondulé, elles serviront de lieu de diapause pour les bruches.

2.1.5 Mortier et un pilon : il est en porcelaine, utilisé pour écraser les bruches (figure 43c).

2.1.6 UV- Visible spectrophotomètre : model JENWAY 6850, doté d'une cellule conçue pour détecter l'absorbance des échantillons (figure 43d).

2.1.7 Centrifugeuse : model Hettick ROTOFIX 32A, dont la vitesse de rotation est de 4000 tours par minute, conçue pour séparer les divers constituants d'un mélange (figure 43 e).

2.1.8 Loupe binoculaire : utilisée pour sexer les adultes de *B. rufimanus* (figure 43f).

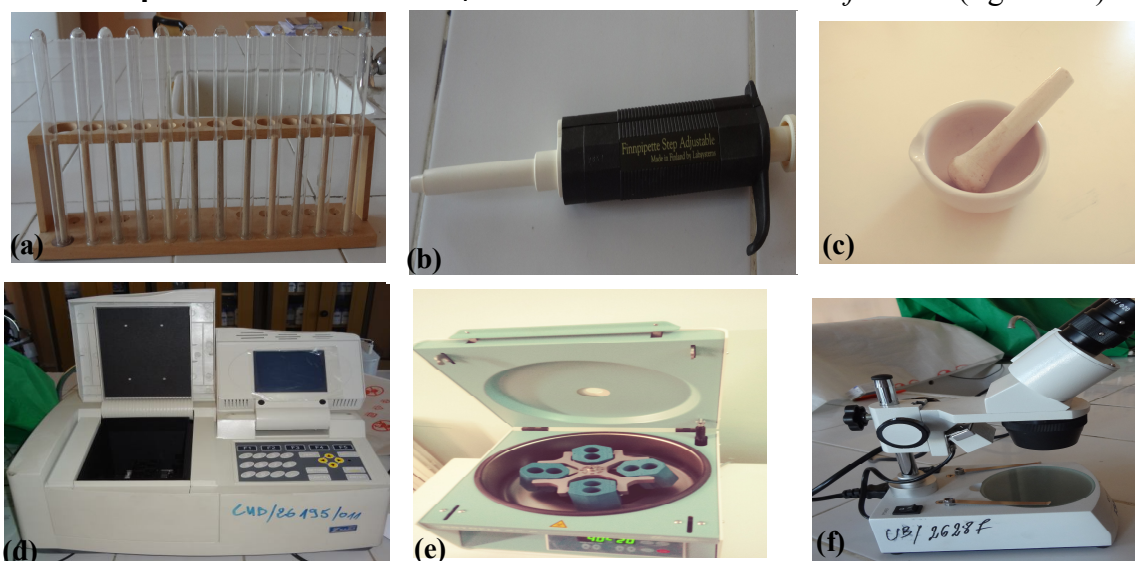


Figure 43 : Matériels utilisés pour dosage des protéines totales

2.2 Méthodes

2.2.1 Le choix des insectes

Le dosage des protéines totales s'est fait sur l'hémolymphe des adultes de *B.rufimanus* diapausants retirés des graines sèches récoltées l'année précédente (2013/2014) durant les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars. Pour les bruches en activité reproductrice, elles sont capturées dans les champs de fève, elles sont dénombrés et sexées à l'aide d'une loupe binoculaire, sont par la suite mises au congélateur afin d'effectuer ultérieurement le dosage des protéines totales dans leur hémolymphe.

2.2.2 Prélèvement de l'hémolymphe

L'extraction de l'hémolymphe est réalisée sur 10 mâles et 10 femelles durant la période de diapause depuis le mois d'octobre jusqu'au mois de mars pour les bruches diapausantes et durant les mois d'avril et mai pour les bruches sexuellement actives. Les bruches congelées sont écrasées dans un mortier à l'aide d'un pilon, dans 10 ml de méthanol, le mélange est ensuite centrifugé à 4000Tours/min par une centrifugeuse de type Hettick ROTOFIX 32A pour séparer le liquide (hémolymphe+méthanol) de débris de corps de la bruche, le surnageant est récupéré dans des petits flacons en verre et mis au réfrigérateur à -15°C afin d'éviter la dégradation des protéines hémolympatiques.

2.2.3 Dosage des protéines totales

La méthode de Bradford est une analyse spectrophotométrique utilisée pour déterminer la concentration des protéines en solution qui est faite à l'aide d'une gamme étalon de sérum bovine albumine (la BSA). Il s'agit en fait d'un dosage colorimétrique au bleu de Coomassie Brilliant Blue G 250 (figure 44), qui se déplace lorsqu'il se lie à des protéines. Une coloration bleue apparaît après fixation aux protéines. L'intensité de cette coloration bleue est mesurée à 595 nm, qui est réalisée sur spectrophotomètre UV/VIS JENWAY 6850.

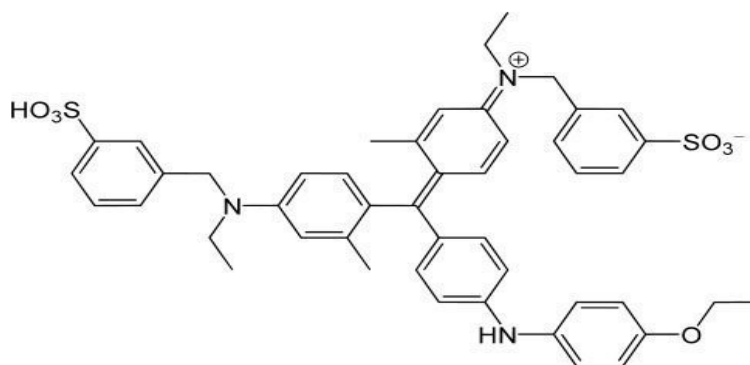


Figure 44 : Bleu de Coomassie (Brillant Bleu G-250).

2.3 Exploitation des résultats par analyse statistique

Les effectifs utilisés les dosages biochimiques sont donnés dans la présentation des résultats qui ont été évalués en utilisant le test d'analyse de variance (ANOVA) avec deux critères de classification : le sexe et la période d'échantillonnage ainsi le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%. Cette analyse est réalisée par un logiciel statistique (STAT-BOX) version 6.3.

3. Résultats

3.1 Protéinémie hémolymphatique totale chez les adultes de *B. rufimanus* en diapause

Les résultats obtenus sur le taux de protéines totales hémolymphatiques sont portés dans la figure ci dessous.

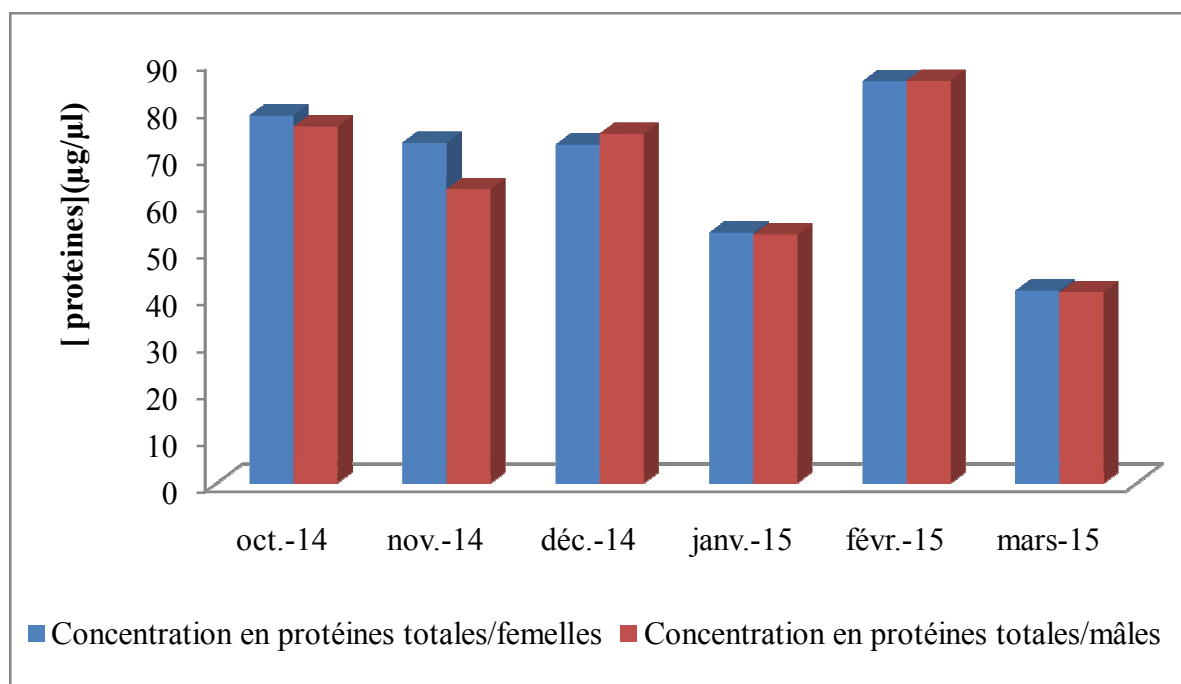


Figure 45: Variation mensuelle du taux des protéines totales hémolymphatiques des femelles et des mâles de *B. rufimanus* en diapause

Selon les résultats obtenus, le taux des protéines totales hémolymphatiques des adultes de *B. rufimanus* à l'émergence au mois d'octobre est de $78,46 \pm 0,16 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $76,15 \pm 0,11 \mu\text{g}/\mu\text{l}$, pour les femelles et les mâles respectivement. Au mois de janvier la concentration protéique de l'hémolymphe est faible et n'est que de $53,46 \pm 0,23 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les femelles et de $53,07 \pm 0,02 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les mâles. Ces taux augmentent au mois de février qui est d'ordre de $85,77 \pm 0,005 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $85,92 \pm 0,31 \mu\text{g}/\mu\text{l}$, respectivement pour les femelles et les mâles diapausants. Il est à signaler une baisse du taux de protéines hémolymphatiques au mois de

mars où la concentration n'est que $40,76 \pm 0,09 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $41,14 \pm 0,15 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les mâles et les femelles respectivement. L'analyse statistique révèle une différence très hautement significative pour la protéinémie selon les mois ($F= 46,71 \alpha= 0,05 P=0,00008$), alors qu'entre les deux sexes la concentration en protéines n'est pas significative ($F= 0,341 \alpha= 0,05 P=0,58259$). Le test de NEWMAN et KEULS classe le mois de février dans le groupe (A), car le stock en protéines est plus important à ce mois. Après il est suivi par les mois octobre, novembre, décembre et janvier qui sont classés dans la classe (B), alors que le mois de mars est classé dans le groupe (C).

3.2 Protéinémie hémolymphatique totale chez les adultes de *B. rufimanus* en activité sexuelle.

Les résultats obtenus sur le taux de protéines totales hémolymphatiques sont illustrés dans la figure 46.

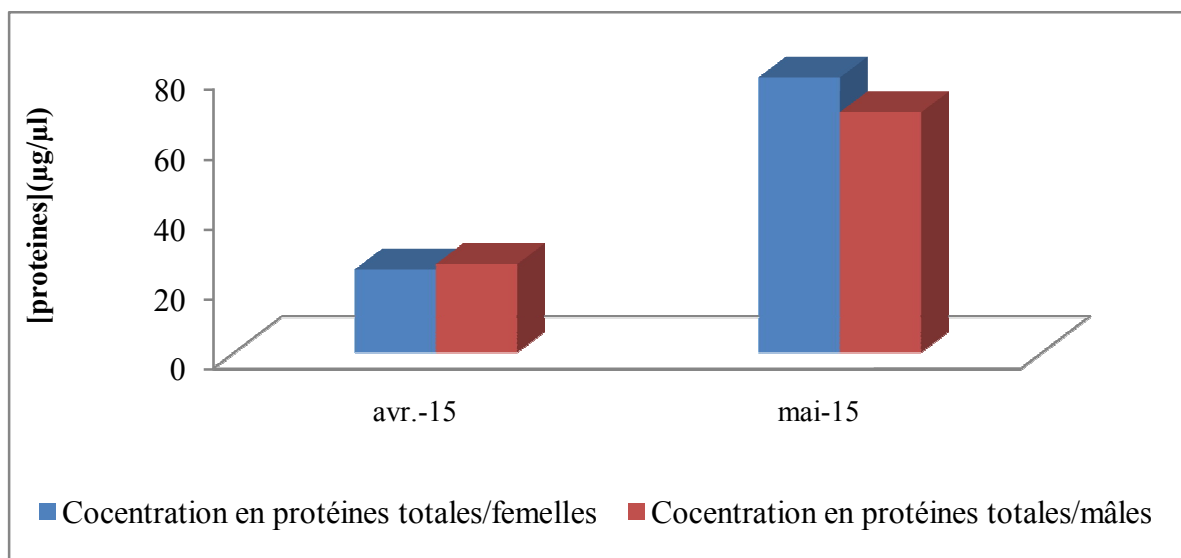


Figure 46: Variation mensuelle du taux des protéines totales hémolymphatiques des femelles et des mâles de *B. rufimanus* en activité sexuelle

Les résultats obtenus montrent que, la concentration en protéines totales hémolymphatiques chez les adultes de *B. rufimanus* en activité sexuelle est plus faible au mois d'avril, elle est d'ordre de $23,84 \pm 0,04 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et de $25,38 \pm 0,1 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les femelles et les mâles respectivement. Au mois de mai, ces taux connaissent une augmentation pour atteindre une valeur de $78,84 \pm 0,04 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les femelles et $68,84 \pm 0,27 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour les mâles. Le test statistique de NEWMAN et KEULS montre que le mois d'avril est classé le dernier dans le groupe (E) alors que le mois de mai est classé dans le groupe (B).

4. Discussion

L'étude biochimique réalisée, chez les adultes de *B. rufimanus* diapausants et non diapausants, a permis de caractériser au niveau des organes reproducteurs le syndrome de diapause. Selon MEDJDOUB-BENSAAD (2007), l'observation sous la loupe binoculaire des organes reproducteurs des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* en diapause ne présente aucun signe de vitellogénèse. En effet, les ovarioles réduits à leur germarium chez les femelles diapausantes se développent nettement lors du démarrage de l'ovogénèse.

De même les glandes annexes peu développées chez les mâles diapausants augmentent de taille et se remplissent de sécrétions lorsqu'ils deviennent sexuellement actifs. EVENDEN et *al.*, (2007) démontrent que la femelle de *C. fraxinella* passe l'hiver comme des vierges en diapause reproductrice avant l'initiation de la vitellogénèse.

Durant la vie imaginale, la production d'ovocytes avec synthèse importante de vitellogénine et des sécrétions exigent la mobilisation d'une grande quantité de réserves au moment de la reproduction. Une quantité importante des réserves doit être mobilisée pour l'activité reproductrice.

D'après MEZANI (2011), chez les mâles, la présence des glandes annexes fonctionnelles est un critère qui permet de distinguer les mâles sexuellement actifs. Par contre chez les femelles, c'est la présence d'ovocytes, en cours de vitellogénèse dans les ovarioles, qui indique s'il y a eu induction de l'activité ovarienne.

Afin de suivre l'évolution quantitative des réserves protéiques dans l'hémolymphe des adultes de *B. rufimanus* diapausants et sexuellement actifs, nous avons employé la méthode de Bradford (1976).

Les résultats obtenus sur le taux des protéines extraites dans l'hémolymphe des adultes de *B. rufimanus* montrent que ceux-ci sont plus importants durant les six mois de diapause pour les deux sexes. La concentration des protéines la plus élevée est notée au mois de février pour les femelles $85,77 \pm 0,005 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et les mâles $94,61 \pm 0,31 \mu\text{g}/\mu\text{l}$. Ce qui corrobore les résultats obtenus par MEDJDOUB-BENSAAD (2007) et HAMANI-AOUDJIT (2014) qui rapportent que la concentration des protéines sont élevées dès l'émergence des bruches au mois d'octobre jusqu'au mois de février (c'est-à-dire durant les six mois de diapause). Ceci

peut être expliqué par le fait que les adultes de *B. rufimans* possèdent des réserves accumulées certainement au stade larvaire.

En effet, RIVERO et *al.*, (2001) rapportent que chez les insectes dont le cycle de développement comporte plusieurs stades larvaires et un stade adulte, les ressources nutritionnelles sont allouées à la croissance durant le ou les stades larvaires, alors que les adultes les investissent majoritairement dans le reproduction.

Pour les deux sexes, le taux en protéines totales, diminue de façon remarquable au mois de mars. D'après TRAN (1992), le décroissement de la concentration des protéines hémolympatiques en fin de diapause serait la conséquence de l'amorce du processus de post-diapause permettant la préparation de la reproduction. Les bruches qui sont capturées au mois d'avril au début de la colonisation de la parcelle d'étude, leur concentration en protéines totales reste faible. Cette réduction serait en rapport avec la reprise de l'activité (déplacement, recherche de la plante hôte, partenaire sexuel, muscles de vol...) (CHAKIR, 1998; HAMANI-AOUDJIT et MEDJDOUB-BENSAAD, 2018).

Chez les adultes reproducteurs capturés au mois de mai dans la culture, les quantités en protéines totales sont élevées, ceci peut être dû à l'alimentation des bruches en nectar et en pollen de la plante hôte *V.faba* ainsi que les plantes adventices présentes dans l'agrosystème.

MEDJDOUB-BENSAAD et *al.* (2011) rapportent que les bruches capturées 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 de 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).

En effet, selon EVENDEN et *al.*, (2007), une source de nutrition glucidique intervient également dans l'accouplement et la vitellogenèse. TRAN (1992) a noté que chez les adultes de *B. rufimanus*, capturés au champ, les concentrations de protéines hémolympatiques restent élevées et se maintiennent pendant toute l'activité reproductrice. Il attribue ce maintien à l'apport de l'alimentation pollinique riche en protéines, en sucres et en vitamines.

Chapitre IV

*Evaluation de la toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *Bruchus rufimanus**

1. Introduction

Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs (KEÏTA *et al.*, 2000; REGNAULT-ROGER, 2002) Elles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CSEKE et KAUFMAN, 1999). Elles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les : Lamiaceae, Lauraceae, Asternaceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (BRUNETON, 1999).

Une huile essentielle est donc une sécrétion naturelle qui s'effectue dans une partie du végétal : la feuille, l'écorce ou la fleur (MILES, 2016). Les mécanismes d'action des propriétés pesticides des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet ISMAN (2000). CHIASSON et BELOIN (2007) considèrent que ces mécanismes sont uniques et que les biopesticides à base d'huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides. Avec ces mécanismes d'action particuliers, ces biopesticides peuvent être seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs. Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés à savoir par : fumigation, attraction, répulsion et par contact.

Le présent travail a pour objectif d'évaluer le potentiel insecticide par contact et par inhalation des huiles essentielles extraites de sept plantes aromatiques méditerranéennes à savoir : l'origan *Origanum vulgare*, la sauge *Salvia officinalis*, la menthe poivrée *Mentha X piperita*, le Pin maritime *Pinus pinaster*, faux poivrier *Schinus molle*, cyprès vert *Cupressus sempervirens* et *Eucalyptus globulus* à l'égard les adultes mâles et femelles diapausants de *B. rufimanus*.

2. Matériel expérimental, biologique et les plantes aromatiques

L'effet des huiles essentielles des sept plantes sur les bruches diapausantes est testé au laboratoire de chimie au sein de la Faculté des Sciences et Sciences Appliquées à l'Université de Bouira.

2.1 Matériel expérimental

Pour réaliser notre travail nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une loupe binoculaire de grossissement X10/ø20 pour sélectionner les mâles et les femelles (figure 47a).
- Des boîtes de Pétri en plastique (9cm de diamètre) utilisées pour effectuer le test par Contact.
- Une micro pipette de 10µl pour les micro-doses (figure 47b).
- De papier filtre sur lequel sera déposée l'huile essentielle.
- Broyeur électrique pour broyer les feuilles séchées (figure 47c).
- Tamis de 0,5mm de maille (figure 47d).
- Bocaux en plastique afin de conserver les poudres des plantes aromatique à tester.
- Une balance analytique de 10^{-4} g de précision de type Hauhaus pour peser la poudre (figure 47e).
- Des flacons en verre hermétiquement bien fermés de 125 ml de volume.
- Une étuve avec ventilation marque Memmert pour sécher les feuilles des plantes récoltées (figure 47f).
- Chauffe ballon de 1 litre, ballon de 1 litre et Clevenger.
- Autres accessoires tels que : les ciseaux, le scotch, étiquettes...

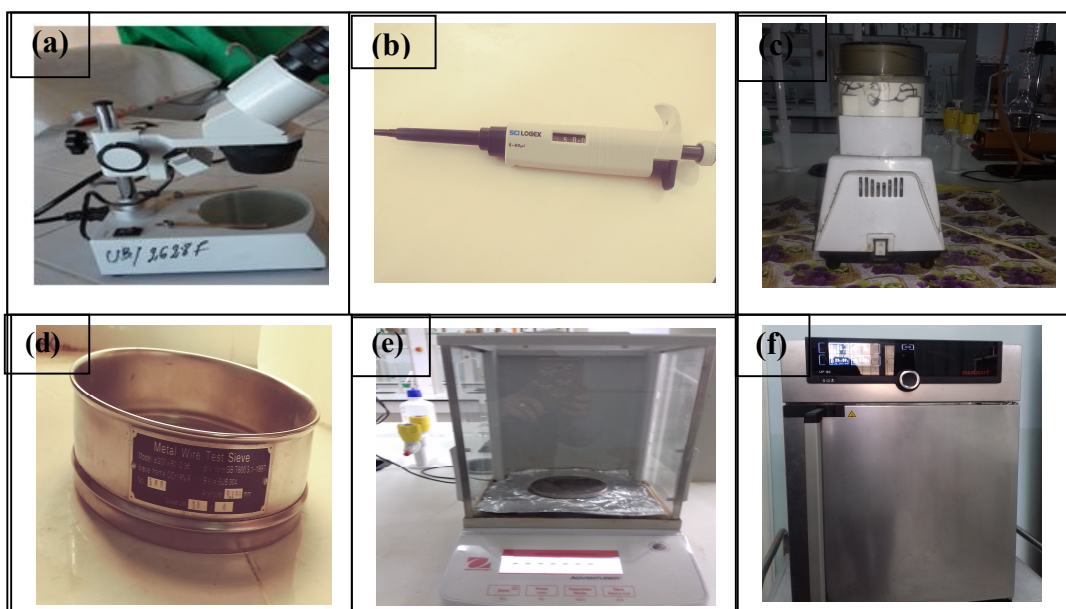


Figure 47: Matériel expérimental utilisé (Originales, 2018)

2.2 Matériels biologiques

2.2.1 La fève

Notre étude s'est faite sur de graines de fève de la variété Séville (figure 48). Les graines proviennent du marché local de Bouira, elles ont été récoltées en 2016 et conditionnées dans des sachets en plastique.



Figure 48: Les graine de fève la variété Séville (Originale, 2018)

2.2.2 Insecte ravageur

L'espèce étudiée est *Bruchus rufimanus*. Ce ravageur est un Coléoptère Bruchinae monovoltin, dont les larves se développent aux dépens des cotylédons des graines de sa plante hôte *Vicia faba*. Les adultes mâles et femelles diapausants utilisés sont retirés manuellement, à l'aide d'une aiguille, des graines de la fève infestées au niveau du laboratoire.

2.2.3 Plantes aromatiques

Nous avons testé sept huiles essentielles, dont cinq sont des huiles commerciales à savoir : l'origan, la sauge, la menthe poivrée, le pin maritime et l'eucalyptus. Alors que, les huiles essentielles de faux poivrier et de cyprès vert, sont extraites par la méthode d'hydrodistillation à la vapeur d'eau.

2.2.3.1 Famille des Lamiacées

Les Lamiaceae (Labiées), bien que répandues dans diverses régions du Monde, sont essentiellement localisées dans le bassin méditerranéen. Ces plantes se remarquent par leur odeur pénétrante d'ou le nom de plantes aromatiques qui leur est attribué. En Algérie, cette Famille comprend 29 genres et 140 espèces se développant aussi bien dans les zones méditerranéennes que sahariennes. Selon MEYER et *al.* (2004) la plupart des espèces de la

famille de Lamiacées à savoir : *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coleus* et *Ocimum* ont une importance économique due à leur production en huiles essentielles.

2.2.3.1.1 L'origan (*Origanum vulgare* L.)

Origanum vulgare, également marjolaine sauvage ou marjolaine vivace, appartient à la famille des Lamiacées (figure 49). Ce sous arbrisseau vivace, originaire d'Europe et d'Asie occidentale, pousse en touffes et atteint généralement une taille variant entre 30 et 80cm de haut, aux feuillages et aux fleurs odorantes quand on les froisse. Elle est ainsi reconnaissable à son odeur et sa saveur phénolée, épicée et chaude (ARVY et GALLOUIN, 2003 ; TEUSCHER et *al.*, 2004).

Les tiges sont velues avec des feuilles arrondies, vertes, légèrement dentelées. Les fleurs allant du rose pâle au rouge-violet. Les parties utilisées sont les fleurs, les tiges et les feuilles.



Figure 49: *Origanum vulgare* (Originale, 2017).

➤ Nomenclature

- **Nom français** : Marjolaine sauvage, Origan commun
- **Nom arabe** : Setter, Zaâter
- **Nom kabyle** : Azekount, Izoukenni

➤ Position systématique

BACH et *al.* (1967), rappelle la classification de l'origan comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Labiales

Famille : Labiateae

Genre : *Origanum*

Espèce : *Origanum Vulgare* L.

➤ Composition chimique

Les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*O. vulgare* sont portés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle *Origanum vulgare* (en %) identifiée par CG/SM (TALEB-TOUDERT, 2015).

Composé	Pourcentage (%)	Composé	Pourcentage (%)
Alpha-Thujène	0.895	Para-Cymène	25.615
Alpha-Pinène	0.716	Limonène	0.403
Camphène	0.12	Béta-Phéllandrène	0.207
Sabinène	0.018	Eucalyptol	0.05
Béta-Pinène	0.154	(Z)-Béta-Ocimène	0.074
Octène-3-ol	0.52	(E)-Béta-Ocimène	0.06
Octanone-3	0.161	Gamma-Terpinène	16.612
Delta-3-Carène	0.072	Thymol	23.129
Alpha-Terpinène	1.787	Carvacrol	20.321

2.2.3.1.2 La sauge (*Salvia officinalis*)

D'après AUBINEAU et al. (2002), la sauge est une herbe aromatique appartenant à la famille des lamiacées. C'est un sous-arbrisseau originaire du bassin méditerranéen, mesurant 50 cm de hauteur et apprécie les sols bien drainés et ensoleillés.

Selon HANS (2007), cette plante présente des tiges quadrangulaires. Ses feuilles sont grandes, duveteuses et rugueuses, de couleur vert-blanc, recouvertes de poils blanc laineux. Ses fleurs sont de couleur bleu-violet regroupées verticalement le long de la tige, son arôme est amer (figure 50).

Les feuilles de la sauge, utilisée comme herbe médicinale depuis l'Antiquité, sont riches en flavonoïdes et en huile essentielle qui lui donne son goût épicé et son odeur aromatique.



Figure 50: *Salvia officinalis* L. (Originale, 2017).

➤ **Nomenclature**

- **Nom communs :** Herbe sacrée, thé de Grèce, herbe sage (FABRE et *al.*, 1992).
- **Nom français :** sauge
- **Nom En arabe :** Sâlniya, Mrimra
- **Nom Kabyle :** Agurim, Thimja

➤ **Position systématique**

Selon RISTIC et *al.* (1999), la sauge suit la classification suivante :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Salvia*

Espèce : *Salvia officinalis* L.

➤ **Composition chimique**

Les principaux composants de l'huile essentielle de la sauge sont rapportés dans le tableau ci- dessous.

Tableau 10: Principaux composants de l'huile essentielle *Salvia officinalis* (en %) identifiée par CG/MS (TALEB-TOUDERT, 2015).

Composés	Concentration (%)	Composés	Concentration (%)
α -pinène	2,05	Thuyène	0,63
Camphène	4,14	Sabinène	7,88
β - pinène	2,67	1-phellandrène	0,13
β -myrcène	2,16	γ -terpinène	0,43
α -terpène	-	Cis-ocimène	0,51
Caryophellène oxyde	0,67	P cymol	1,67
Naphtalène	0,34	Cycloexene 1 methyl 4	0,27
Borneol	1,4	α -caryophyllène	2,83
Naphtalène cis	0,46	3-cyclohexane-1-ol	0,49
Aromadendrène	0,2	cis-ocimène	0,51
Globulol	0,64	P cymol	1,67
β -phellandrène	0,2	Cycloexene 1 methyl 4	0,27
Azulène	30,6	α -caryophyllène	2,83
3-cyclohexane-1-ol	0,49		

2.2.3.1.3 La menthe poivrée (*Mentha piperita* L.)

Mentha piperita est la variété de menthe la plus répandue (figure 51). Elle est cultivée notamment pour l'industrie pharmaceutique. Elle est trouvée généralement sur des terrains humides et frais, de nature argileuse et calcaire. La menthe poivrée est une plante hybride issue du croisement de la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la menthe verte (*Mentha spicata*), d'où le "X" présent dans sa dénomination latine.

Cette plante vivace est caractérisée par des tiges quadrangulaires le plus souvent violacées (BRUNETON, 1999). Un peu velu de 50 à 80 cm de haut (HAMMAMI et ABDESSELEM, 2005). Les feuilles sont ovales et dentelées de couleur vert pale souvent teintées de rouges. Notons une adaptation des feuilles aux climats secs caractérisée par un limbe coriace, réduite et des poiles sécréteur (DANIEL *et al.*, 2002). Ces fleurs faiblement bilabiées de couleur pourpre sont groupées en épis très serrés (BRUNETON, 1999).



Figure 51: *Mentha X piperita* L (Originale, 2017).

➤ **Nomenclature**

- **Nom Français:** Menthe anglaise, Menthe poivrée
- **Nom Arabe :** nânâ folfoli
- **Nom Kabyle :** Naeneε

➤ **Position systématique**

D'après OZENDA (1983) et BRUNETON (1999), la menthe poivrée est classée comme suit :

Embranchement: Spermaphytes

Sous Embranchement: Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe: Gamopétales

Ordre : Sympetales

Famille : Labiées

Genre: *Mentha*

Espèce : *Mentha X Piperita* L.

➤ **Composition chimique**

La composition chimique de l'huile essentielle de la menthe poivrée est exprimée dans le tableau 11.

Tableau 11: Principaux composants de l'huile essentielle extraite de *Mentha X piperita* (en %) identifiée par CG/S (BENABDALLAH, 2017).

Composés	Concentrations (%)
α -pinene	2.09
β -pinene	1.59
α -limonene	2.97
Camphene	-
Cis-carane	4.99
Δ 4(8) menthene	0.42
Monoterpènes hydrocarbonés	12.06
1.8-cineole	6.73
p-menth-1-en-8-ol	-
Menthol	49.89
Isomenthone	7.25
p-menthone	20.84
monoterpènes oxygénés	85.54
Sesquiterpènes hydrocarbonés	-

2.2.3.2 Famille des Pinacées

Cette famille compte 220 à 250 espèces réparties en 11 genres (*Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Pseudotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Ketelaria*, *Nothotsuga*) (DUDAREVA et al., 2004). Trois genres sont rencontrés en Algérie: *Abies* (le Sapin), *Cedrus* (le Cèdre), *Pinus* (le Pins) (QUEZEL et SANTA, 1963). Le bois est recherché tant pour les usages industriels que médicinaux (DUDAREVA et al., 2004).

2.2.3.2.1 Le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)

Pinus pinaster est un arbre d'assez grande taille, résineux qui peut dépasser 20 mètres de hauteur avec une cime étalée et peu compacte, son écorce, très épaisse et profondément crevassée est brun violacé (figure 52).

Les aiguilles, groupées par deux, sont vert foncé et très longues (10 à 20 cm), la floraison du pin maritime a lieu durant les mois d'avril et mai. Les fruits sont des cônes très gros (10 à 18 cm de long) (DOMINIQUE, 2007). L'aubier du bois est jaune pâle avec un cœur jaune veiné de brun rougeâtre.

P. pinaster est un élément du bassin Méditerranéen occidental et de la façade atlantique sud-ouest de l'Europe (QUEZEL, 1980). Il occupe une superficie de 28 000 ha dont 14 000 ha au Maroc, 12 000 ha en Algérie et 2 000 ha en Tunisie (BOUDY, 1950).



Aiguilles (feuilles) de pin maritime



Arbres de pin maritime

Figure 52: *Pinus pinaster* (Originale, 2017)

➤ **Nomenclature**

- **Nom français :** Pin
- **Nom arabe :** Snouber
- **Kabyle :** Azoumbeï, Tayda

➤ **Position systématique**

D'après PRICE et *al.* (1998), le pin maritime est classé comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Pinophyta ou conifère

Sous embranchement : Gymnosperme

Classe : Pinopsida

Ordre : Pinales

Famille : Pinaceae

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus pinaster* Ait.

➤ Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle de pin maritime sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12: Principaux composants de l'huile essentielle de *Pinus pinaster* (en %) identifiée par CG/SM (TALEB-TOUDERT, 2015).

Composés	Concentration %	Composés	Concentration %
Alpha Pinene	21.7	Caryophyllene beta trans	10.0
Pinene beta	2.0	4-terpineol	1.3
Sabinène	2.5	Humulene alpha	2.0
Delta-3-carene	2.7	Geranylacetate	0.9
Mycène	27.5	Isocaryophylleneepoxyde	1.1
Terpinolène	9.0	Phenylethylhexanoate	6.8
Limonène	1.0	Guaiol	0.3
Phellandrène beta	0.9	Ocimenetrans	1.0
Terpinène gamma	1.8		

2.2.3.3 Famille des Anacardiées

Dans la classification botanique, la famille des anacardiées appelée aussi térébinthacées, constitue une importante famille de plantes angiospermes dicotylédones. Habitant les contrées chaudes et tempérées du globe GASTON (1990).

La famille des Anacardiaceae est composée de 60 genres et 600 espèces selon KOKWARO (1986) et GUYOT (1992). D'autre part, MABBERLEY (1987) a cité 73 genres et 850 espèces, avec le genre *Rhus* renferme 100 espèces, et 82 genres et plus de 700 espèces trouvé par PELL en 2004.

2.2.3.3.1 Faux poivrier (*Schinus molle*)

Schinus molle est un arbre à feuilles aromatiques appartenant à la famille des Anacardiacees ou térébinthacées. Il constitue une importante famille de plantes angiospermes dicotylédones, et regroupe approximativement 60 genres et 500 espèces (BONNIER, 1990).

S. molle est un arbre persistant à tronc de 5 à 10 m de hauteur, ramure arrondie, les feuilles sont vertes de 2 à 6 cm de longueur (figure 53).

Les fleurs sont jaunes verdâtres en panicules. Les fruits pisciformes, de couleur rose, mesurent environ 8mm de diamètre (BELOT, 1978).

S. molle est un arbre originaire d'Amérique du Sud, introduit dans la plupart des régions tropicales et subtropicales (OLAFSSON et *al.*, 1997).

S. molle s'adapte à tous les climats, mais il se plaît généralement sur le littoral méditerranéen (TAYLOR, 2005). Selon le même auteur cette espèce est utilisée traditionnellement comme plante médicinale (cardiotonique, antihémorragique et antiseptique, comme elle présente un effet antifongique (QUIROGA et *al.*, 2001), antioxydant, et antimicrobien (ABID, 2008).



Figure 53: Feuilles et fruits de *Schinus molle* (Originale, 2017)

➤ Nomenclature

- **Nom français :** Faux poivrier (QUEZEL et SANTA, 1963).

➤ Position systématique

D'après QUEZEL et SANTA (1963), la systématique de *S. molle* est la suivante :

Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicots

Sous-classe : Dialypétales ou Rosidées

Ordre : Térébintales ou sapindales

Famille : Anacardiacees ou térébinthacées

Genre : *Schinus*

Espèce : *Schinus molle* L.

2.2.3.4 Famille des Cupressacées

Les cupressacées représentent la famille (Cupressaceae) la plus cosmopolite avec dix genres dans chaque hémisphère, mais la plupart des espèces se trouvent dans l'hémisphère nord (ENRIGHT et *al.*, 1996). Par ailleurs, la distribution de cette famille est sous l'influence de facteurs divers : climat, sol, perturbations (catastrophes naturelles, exploitation humaine), etc. (BANKS, 2004).

En Algérie, les cupressacées ne représentent que des essences forestières de protection (INRF, 2012). En outre, dans une étude comparative des essences forestières du pourtour méditerranéen, QUEZEL (1979) a signalé la présence de quatre espèces dans la famille des cupressacées. Il s'agit de (Thuya) *Tetraclinis articulata*, (Cyprés) *Cupressus sempervirens*, *C. dupreziana* et (Genévrier) *Juniperus phoeniceae*, *J. oxycedrus*, *J. communis*, *J. thurifera*, et *J. sabina* aussi.

2.2.3.4.1 Cyprés vert (*Cupressus sempervirens* L.)

Cupressus sempervirens de type « *pyramidalis* » ou « *stricta* » sous forme d'un fuseau plus ou moins étroit (LETREUCH-BELAROUCI, 1991) est l'espèce aromatique testée (figure 54). Elle est originaire des pays méditerranéens orientaux. En Algérie le Cyprés vert est utilisé surtout comme brise-vent dans les régions à risque de vents violents. Pendant la période coloniale, dans la plaine de Mitidja et celle de Mohammedia où il a été planté de vastes champs.

Il est depuis longtemps présent dans des pays qui bordent la méditerranée (BOCK, 1992). C'est un arbre de deuxième grandeur, il atteint 20 à 30 mètres d'environ (DELAVEAU, 1987). Il s'agit d'un arbre de couleur vert sombre, à tronc droit qui porte des nombreuses branches et des petits rameaux dressés en une pyramide allongée et pointue. Les feuilles en forme d'écaille triangulaire sont persistantes et imbriquées sur les branches. Elles sont de couleur vert foncée opaques et présentent des glandes résinifères. Les fruits sont des galbules ovoïdes d'environ 3 centimètres de diamètre (MARCELLO et al., 2004).



Figure 54: *Cupressus sempervirens* (Originale, 2019)

➤ **Nomenclature**

- **Nom Français :** Cyprès toujours vert, Cyprès de Florence, Cyprès de Provence.
- **Nom Arabe :** Alsuruwu al'akhdar
- **Nom Kabyle :** Tayut

➤ **Position systématique**

D'après BOCK (1992), la position systématique de *Cupressus sempervirens* est la suivante :

Embranchement : Spermaphytes ou Phanérogame

Sous embranchement : Gymnospermes

Classe : Coniférales

Famille : Cupressacées

Genre : *Cupressus*

Espèce : *Cupressus sempervirens*

2.2.3.5 Famille des Myrtacées

La famille des Myrtaceae comprend environ 140 genres et plus de 3.000 espèces dont un grand nombre est aromatique (BOTINEAU, 2010; FRANCHOMME et *al.*, 2003). Cette famille est économiquement importante : construction et reboisement. Certaines plantes de la famille des Myrtacées sont implantées dans les jardins pour leur qualité ornementale. Cette famille fournit également des épices : le giroflier, le piment de la Jamaïque le gingembre, la muscade et le poivre (HEYWOOD, 1996 ; JUDD et *al.*, 2002).

2.2.3.5.1 Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

Les Eucalyptus sont de grands arbres dont certains peuvent dépasser 100 m de hauteur, mais la moyenne des espèces les plus courantes est de 40 à 50 m, d'autres ont des dimensions plus faibles (TRAORE et *al.*, 2013).

Son tronc est lisse et sa couleur varie du blanc au gris. Son écorce se détache facilement en longues bandes (KOZIOL, 2015).

Les eucalyptus portent des feuilles persistantes, coriaces, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux: les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, opposées, sessiles, ovales, bleu-blanc et cireuses, avec un vrai limbe nervuré. Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, falciformes, longues de 12 à 30 cm, étroites, pointues, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées, alternes et pendantes verticalement (figure 55) (GOETZ et GHEDIRA, 2012).

Les fleurs, visibles au printemps, le calice à la forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines (KOZIOL, 2015).

Le fruit ligneux est une grosse capsule glauque prenant une teinte marron à maturité, dure, anguleuse, verruqueuse, et s'ouvrant légèrement par trois, quatre ou cinq fentes (qui dessinent une étoile à son sommet) pour libérer de nombreuses graines sombres et minuscules (GOETZ et GHEDIRA, 2012).



Figure 55: Les feuilles et les fruits d'*Eucalyptus globulus* (Originale, 2017)

➤ **Nom vernaculaire**

- **Nom français:** Eucalyptus globuleux, gommier bleu, eucalyptus bleu, eucalyptus commun
- **Nom arabe:** Kalitus, Kalatus (GHIDIRA et al., 2008).

➤ **Position systématique**

Selon GHIDIRA et al. (2008), *Eucalyptus globulus* est classé comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtacées " EUCALYPTUS

Genres : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus*

➤ **Composition chimique**

Les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*E. globulus* sont illustrés dans le tableau 13.

Tableau 13: Principaux composants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* en pourcentage identifiées par CG/SM (TALEB-TOUDERT, 2015).

Composés	Concentration (%)	Composés	Concentration (%)
Terpinolène	7.12	Cyclohexane	0.61
Linalool	5.54	p-Menth-8-ène	1,39
Furfural	4.66	α -Longipinène	2.64
Isobomeol	0.66	Limonène dioxide	0.12
Terpinène-4-ol	2.07	Camphène	0.16
Estragol	28.14	β -Terpinène	0.21
-(-) carvone	1.59	Cembrène	0.03
Dihydrocarveol	0.14	Lupeol	0.03

3. Méthodes

3.1 Récolte et préparation de matériels végétal des plantes aromatiques testées

Les matières végétales utilisées pour l'extraction des huiles essentielles sont des feuilles de deux plantes aromatique à savoir le faux poivrier et le cyprès, récoltées de deux régions différentes (Tableau 14). Les feuilles de ces plantes sont nettoyées avec de l'eau du robinet et séchées dans une étuve à 60°C pendant 24 heures.

Les feuilles séchées sont réduites en poudre à l'aide d'un broyeur électrique. Le broyat est passé sur un tamis de maille 0,5mm de diamètre afin d'obtenir une poudre fine et homogène. La poudre obtenue est conservée dans un flacon en plastique opaque à frais et à l'abri de l'air.

L'identification des espèces végétales est réalisée par les botanistes du laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Bouira et selon la taxonomie de Debellaïr (2007).

Tableau 14: Régions et dates de récolte des deux plantes aromatiques.

Nom scientifique	Région de récolte	Date de récolte
<i>Schinus molle</i>	Bouira centre	Octobre-décembre 2017
<i>Cupressus sempervirens</i>	El Hachimia (Bouira)	

3.2 Technique d'extraction des métabolites secondaires (huiles essentielles)

Pour obtenir les huiles essentielles, les échantillons des plantes testées ont subi une hydrodistillation en utilisant un dispositif d'extraction de type Clevenger. Nous avons émergé dans un ballon à fond rond d'un litre 40 g de la poudre dans $\frac{3}{4}$ d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition sur un chauffe ballon pendant une durée de 4 heures, afin d'extraire le maximum d'huile (figure 56).

Le chauffage du contenu du ballon entraîne l'évaporation de l'huile qui se mélange à la vapeur d'eau. Leur condensation au niveau du réfrigérant, où circulait de façon continue de l'eau permet d'obtenir dans une ampoule à décanter, un distillat constitué de deux phases : une phase aqueuse et une phase organique nommée l'huile essentielle. Cette huile était recueillie dans un petit flacon en verre recouvert du papier aluminium puis conservée à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'à l'utilisation.

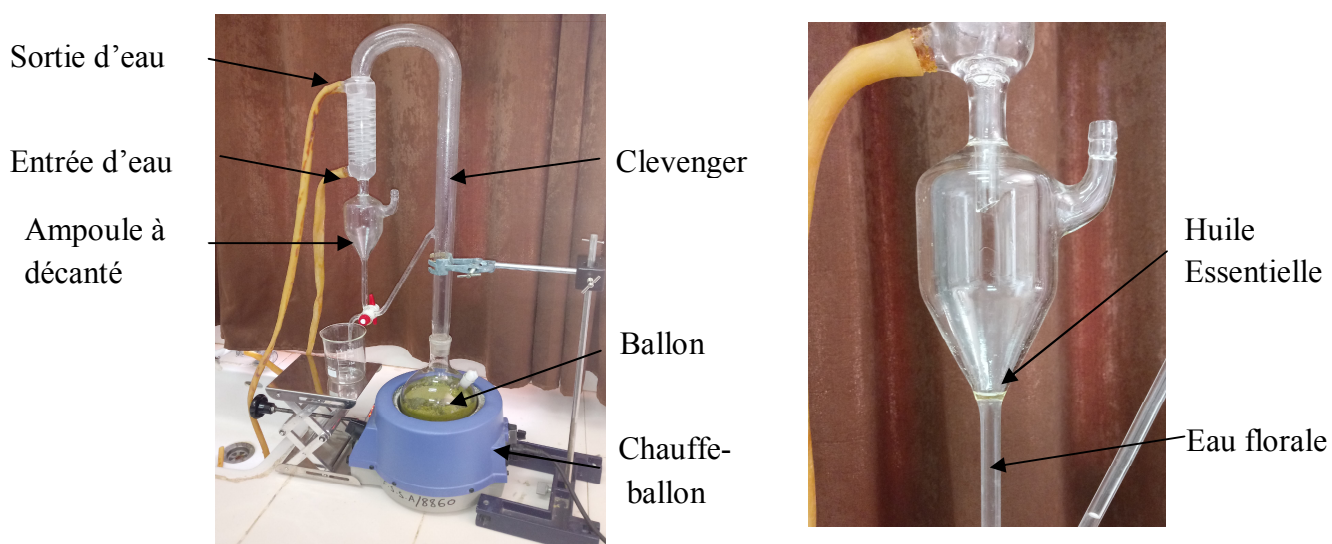


Figure 56: Montage d'extraction des huiles essentielles par Clevenger (Originale, 2017)

3.3 Analyse qualitative des huiles essentielles CG/SM

L'analyse chimique en vue d'identifier les principaux constituants des deux huiles essentielles (*Schinus molle* et *Cupressus sempervirens*) s'est faite par chromatographie en phase gazeuse et par couplage cette dernière par spectrométrie de masse (CPG/MS). C'est une méthode de séparation des constituants d'un mélange qui utilise deux phases non miscibles : une phase stationnaire, fixée sur un support inerte, retient plus au moins fortes les constituants de mélange et une phase mobile qui est un éluant gazeux inerte (He, H₂, N₂) qui entraîne le mélange à analyser.

Les essences ont été diluées dans le méthanol à très faible concentration (0,05 mg/ml) avant l'utilisation dans des tubes spéciaux, puis injectées dans un appareillage GC/MS mod CLARUS 500 de marque PerkinElmer (figure 57), doté d'une colonne Elite (série 5-MS, 5m de longue et 0,25mm d'épaisseur de phase stationnaire, d'un détecteur MS (température: 270°C alimenté par un mélange de gaz H₂/air et d'un gaz injecteur Splits-plitless (température : 275 °C). Le mode d'injection est l'injection sans fuite appelée aussi injection splitless est utilisée pour introduire des analyses en solution diluée. Le gaz vecteur utilisé est l'Hélium avec un débit de 1,7 ml/min. La température de la colonne est programmée de 40 à 250 °C à raison d'une montée de 4 °C/min. L'appareil est piloté par un système informatique de type " HP ChemStation ", gérant le fonctionnement de l'appareil et permettant de suivre l'évolution des analyses chromatographiques. Le volume injecté est 1µl.

Les résultats des analyses des huiles essentielles sont présentés sous forme de chromatogrammes comportent plusieurs pics (voir annexes figure 1 et 2).



Figure 57: Spectrophotomètre CG/SM (Originale, 2019).

Chaque pic est représenté par un temps de rétention qui représente la nature du composé de l'huile essentielle et par un pourcentage de l'aire du pic, qui constitue le pourcentage du composé de l'huile par rapport aux autres composés.

L'identification des composants et l'identification des pics ont été effectuées en comparant leur temps de rétention par rapport aux étalons internes de la série de n-alcanes (C6-C22) dans des conditions expérimentales identiques (Adams, 2001). Les spectres de masse et l'indice de rétention relative (IR) ont été comparés à ceux de la bibliothèque de spectres de masse commerciaux du NIST (Institut national des normes et de la technologie, Gaithersburg, MD, U). Les quantités relatives des composants individuels ont été calculées en fonction des zones de pics de l'intégrateur GC, sans utiliser de facteurs de correction.

3.4 Méthode d'application des bioessais

L'ensemble des huiles essentielles extraites, sont testées par différents procédés sur les adultes diapausants de *B. rufimanus*. Les tests entrepris dans cette étude sont des tests de toxicité utilisés par de nombreux chercheurs pour évaluer la bioactivité de nombreuses substances à l'égard des principaux ravageurs.

Les tests de toxicité des huiles essentielles utilisées sont des traitements par contact et par inhalation.

3.4.1 Etude de la toxicité des huiles essentielles par contact

Cette étude est menée dans des conditions ambiantes du laboratoire où la température moyenne était de $20,15 \pm 2^\circ\text{C}$ et l'humidité relative est de 33,5%. Les tests d'évaluation de la toxicité par contact des huiles étaient réalisés en infestant les boîtes de Pétri (9cm de \varnothing et 2cm de hauteur) préalablement préparées de papier filtre traitées avec chacune des sept huiles essentielles à des doses croissantes (2 μl , 4 μl , 6 μl et 8 μl).

Ainsi, chaque boîte reçoit dix couples d'adultes de *B. rufimanus* diapausants. Chaque dose comporte 4 répétitions avec en parallèle un témoin sans application de l'huile essentielle avec 4 répétitions (figure 58).

Les individus morts sont retirés quotidiennement des boîtes et ce jusqu'à la mort de tous les individus testés.



Figure 58: Test par contact des huiles essentielles à différentes doses contre *B. rufimanus* (Originale, 2018).

3.4.2 Etude de la toxicité des huiles essentielles par inhalation

Nous avons testé l'activité fumigène des huiles essentielles sur la durée de vie des adultes de *B. rufimanus* diapausants.

Ces derniers sont exposés à des doses croissantes des sept huiles essentielles à savoir 0,25 ; 0,5 ; 0,75 et 1 μl . Ces doses sont transformées en volume d'air (litre d'air). Ainsi, les doses testées correspondant à 2 ; 4 ; 6 et 8 $\mu\text{l/l}$ d'air.

Nous avons utilisé des disques en papier filtre (Whatman n°1) de 2cm de diamètre, qui ont été imprégnés avec les différentes concentrations d'huiles essentielles, suspendus à l'aide d'un fil scotché à la face interne du couvercle d'un flacon en verre de 125ml de volume. Les adultes sont placés ensuite dans ces bocaux séparément à raison de 10 insectes (mâles et femelles) (figure 59).

Pour chaque dose l'essai est répété 4 fois avec un témoin non traité maintenu dans les mêmes conditions de laboratoire.

Les individus morts sont dénombrés d'une façon régulière du début d'exposition des essais jusqu'à la mort de la totalité des adultes, toutes les 24 heures.

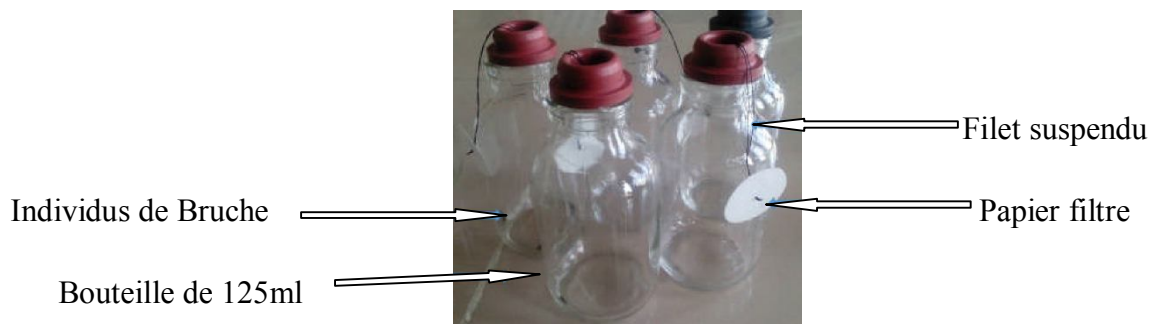


Figure 59: Test par inhalation effectué sur les adultes de *B. rufimanus* à différentes doses (Originale, 2018).

3.5 Analyse statistique

3.5.1 Analyse de la variance

Les données obtenues sont soumises à l'analyse de variance (ANOVA), selon plusieurs critères de classification, en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.4. Lorsque cette analyse révèle des différents significatifs, elle est complétée par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5%, qui permet de déterminer les groupes homogènes par classification hiérarchique ascendante.

3.5.2 Estimation de la DL50 par la méthode de droite de régression

La dose létale pour 50% de la population d'insectes DL50, est la dose à partir de laquelle nous obtenons 50% de mortalité d'une population, les mortalités corrigées sont transformés en probits, et les doses en logarithme décimale, qui permettent d'établir les équations de la droite de régression. La DL50 nous permet de comparer la toxicité des huiles essentielles testées.

Les pourcentages de mortalités observées sont corrigés par la formule d'Abbott qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de connaître la toxicité réelle du biopesticide par l'analyse des probits (FINNEY, 1971).

La formule d'Abbott est la suivante :

$$M_c\% = (M_o - M_t) / (100 - M_t) \times 100$$

M_c% : Mortalité corrigée en pourcentage.

M_o : Mortalité observée dans la population traitée.

M_t : Mortalité observée dans la population témoin.

4. Résultats

4.1 Composition chimique des huiles essentielles

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles de *Schinus molle* et *Cupressus sempervirens* extraites, est présentée dans les tableaux 15 et 16.

Tableau 15: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle *Schinus molle* (en %) identifiée par GC/SM (Originale, 2019).

Composés	Pourcentage%	IR	TR
α-pinène	4.67	1232	7.54
β-myrcène	10.35	1414	8.76
α-phellandrène	31.21	1485	9.23
Alpha terpinène	0.15	1783	10.92
Linalool	0.06	1761	11.07
Nonanal	Trace	1772	11.14
p-menth-2-en-1-ol	0.005	1832	11.54
2-cyclohexen-1-ol	0.11	1882	11.88
Carvenone	Trace	1977	12.51
4-terpineol	0.64	1994	12.62
4-(1-methylethyl)	0.23	1024	12.82
Sabinyl acetate	0.49	1064	13.09
Limonène	16.6	1112	13.67

L'analyse chromatographique menée sur l'huile essentielle du faux poivrier nous a permis de conclure que la plupart des constituants qui la constituent sont principalement les terpènes. Cette huile essentielle est constituée principalement par un taux élevé de α -phellandrène (31.21%), limonène (16.6%), β -myrcène (10.35%) et α -pinène (4.67%).

Tableau 16: Principaux composants chimiques de l'huile essentielle *Cupressus sempervirens* (en %) identifiée par GC/SM (Originale, 2019).

Composés	Pourcentage %	IR	TR
Delta-3- caréne	16.52	525	9.50
α-pinène	55.76	705	10.70
D-Limonène	0.38	1001	12.67
Elemène isomer	1.20	2448	22.32
Cedrol	5.07	3429	28.86
Terpinène-4-ol	1.52	1707	17.38
Terpinolène	7.10	1222	18.22

L'analyse de l'huile essentielle des feuilles de *C. sempervirens* par CPG/SM a permis d'enregistrer que le composé majoritaire de cette l'huile est l' α -pinène avec un taux de (55.76%), suivi par le delta-3-carène avec (16.52%) et le terpinolène (7.10%).

4.2 Toxicité des huiles essentielles testées

4.2.1 Effet biocide par contact des huiles essentielles sur les adultes de *B. rufimanus* diapausants

Les résultats obtenus pour le test par contact révèlent que le taux de mortalité des bruches dans les lots témoins non traité par les huiles essentielles est nul pendant la période d'expérimentation.

4.2.1.1 Famille des Lamiacées

4.2.1.1.1 *Origanum vulgare*

Les résultats obtenus sur le taux de mortalité des adultes diapausants de *B. rufimanus* traité par l'huile essentielle de l'origan sont présentés dans la figure 60.

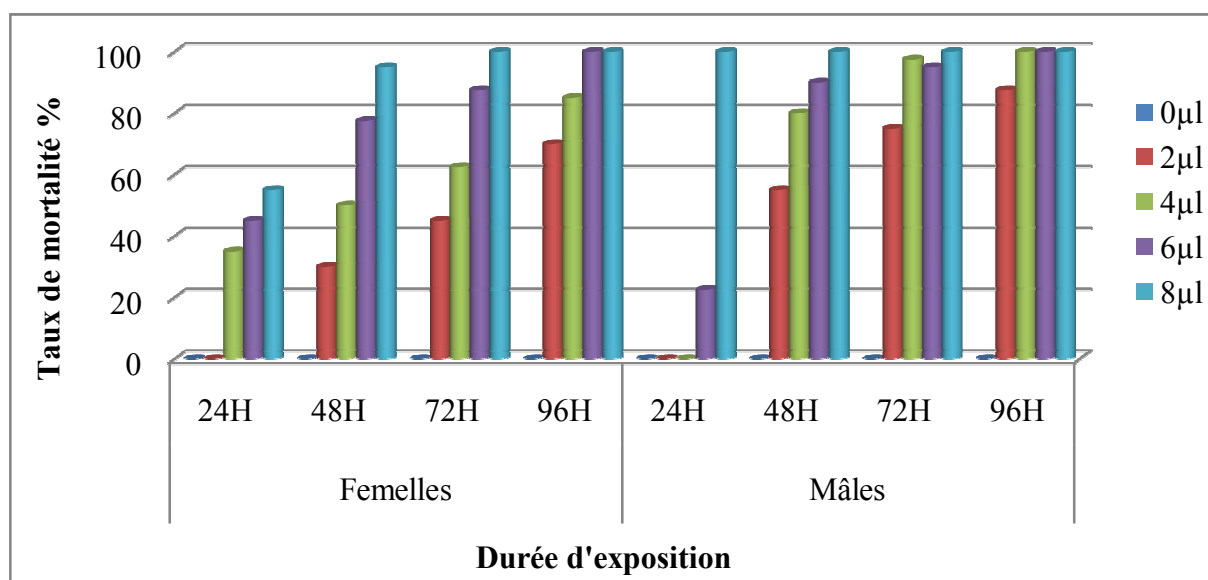


Figure 60: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de l'origan en fonction de la durée d'exposition.

4.2.1.1.2 *Salvia officinalis*

Les taux de mortalité des adultes diapausant de *B. rufimanus* testés par l'huile essentielle de la sauge sont configurés dans la figure suivante :

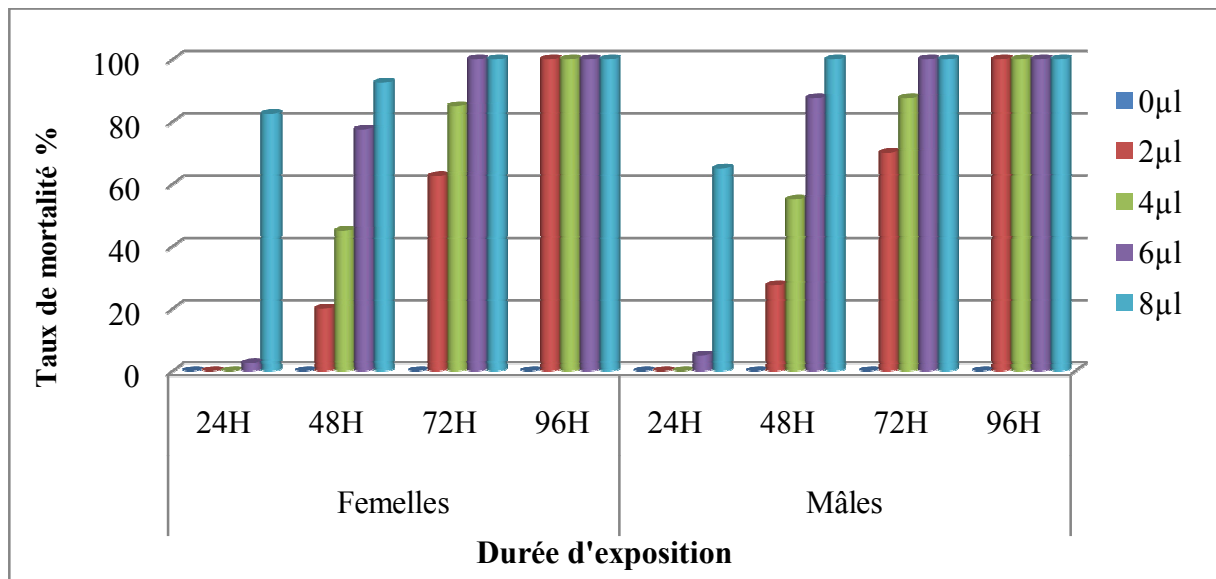


Figure 61: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de la sauge en fonction de la durée d'exposition.

4.2.1.1.3 *Mentha X piperita*

Les résultats enregistrés sur le taux de mortalité des adultes diapausants de la bruche de la fève sont illustrés dans la figure suivante :

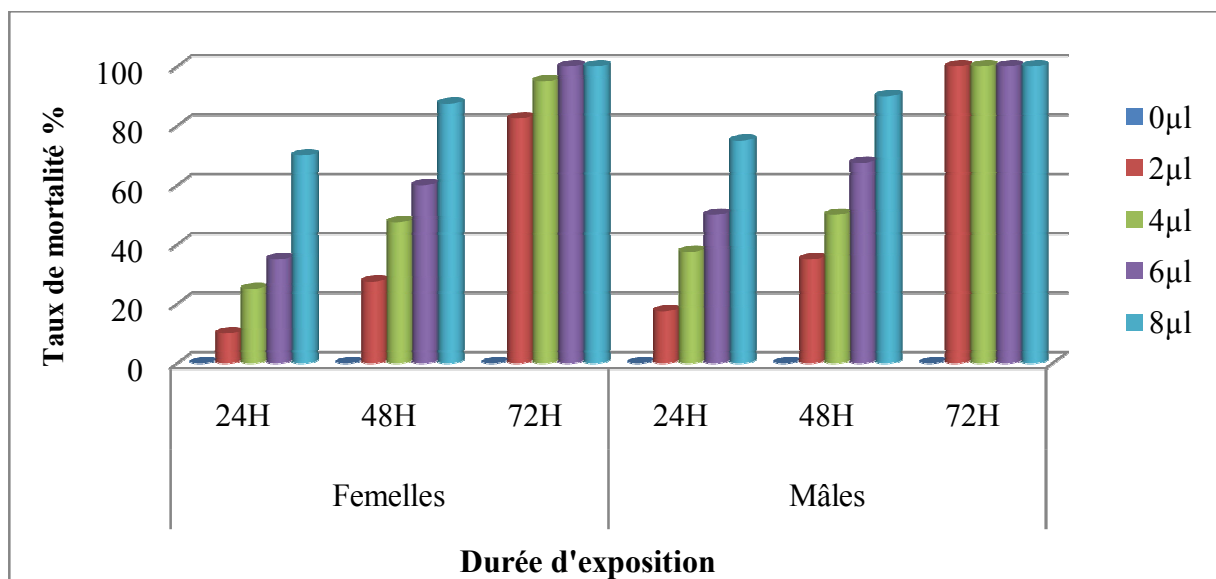


Figure 62: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de la menthe en fonction de la durée d'exposition.

Le taux de mortalité moyen des adultes de *B. rufimanus* s'accroît en parallèle avec l'augmentation des doses des trois huiles essentielles (*O. vulgare*, *S. officinalis* et *M. piperita*) et la durée d'exposition et cela pour les deux sexes. A la plus forte dose de 8µl/l d'air de l'huile essentielle d'*O. vulgare* le taux de mortalité est 100% au bout de 24 heures

d'exposition pour les mâles, et 72 heures pour les femelles. Pour *S. officinalis* après 96 heures d'exposition, nous avons enregistré une mortalité totale des individus des deux sexes pour toutes les doses. Tandis que pour l'huile essentielle de *M. piperita* le taux de mortalité a atteint 100% après 72 heures d'exposition pour les mâles et après 96 heures pour les femelles.

L'analyse de la variance à trois critères de classification (sexe, dose et temps) pour les trois huiles essentielles (*O. vulgare*, *S. officinalis* et *M. piperita*) montre qu'il y a une différence très hautement significative concernant les deux facteurs dose ($P=0,0000$ pour les trois huiles) et facteur temps ($P=0,00004$ pour l'origan et $P=0,0000$ pour la sauge et la menthe), tandis qu'il n'y a pas de différence significative pour le facteur sexe ($P=0,085$ origan) et ($P=0,17$ sauge) pour les deux huiles testées, hormis pour l'huile essentielle de la menthe le facteur sexe est hautement significatif ($P=0,0028$) dont les mâles sont classés dans le groupe (A).

Le test NEWMAN et KEULS classe, au seuil de signification 5% les 5 doses en 4 groupes l'*O. vulgare* et 5 groupes pour *S. officinalis* et *M. piperita* (Tableau 17, 18 et 19).

Tableau 17: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'*O. vulgare* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl	93,75	A
4.0	6µl	77,188	B
3.0	4µl	63,75	B
2.0	2µl	45,313	C
1.0	0µl	0	D

Tableau 18: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *S. officinalis* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl	92,5	A
4.0	6µl	71,56	B
3.0	4µl	59,06	C
2.0	2µl	47,5	D
1.0	0µl	0	E

Tableau 19: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *M. X piperita* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
	Dose	Mortalité%	
5.0	8µl	87,08	A
4.0	6µl	68,75	B
3.0	4µl	59,16	C
2.0	2µl	45,41	D
1.0	0µl	0	E

4.2.1.2 Famille des Pinacées

4.2.1.2.1 *Pinus pinaster*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de pin maritime à l'égard des adultes de *B. rufimanus* sont rapportés dans la figure 63.

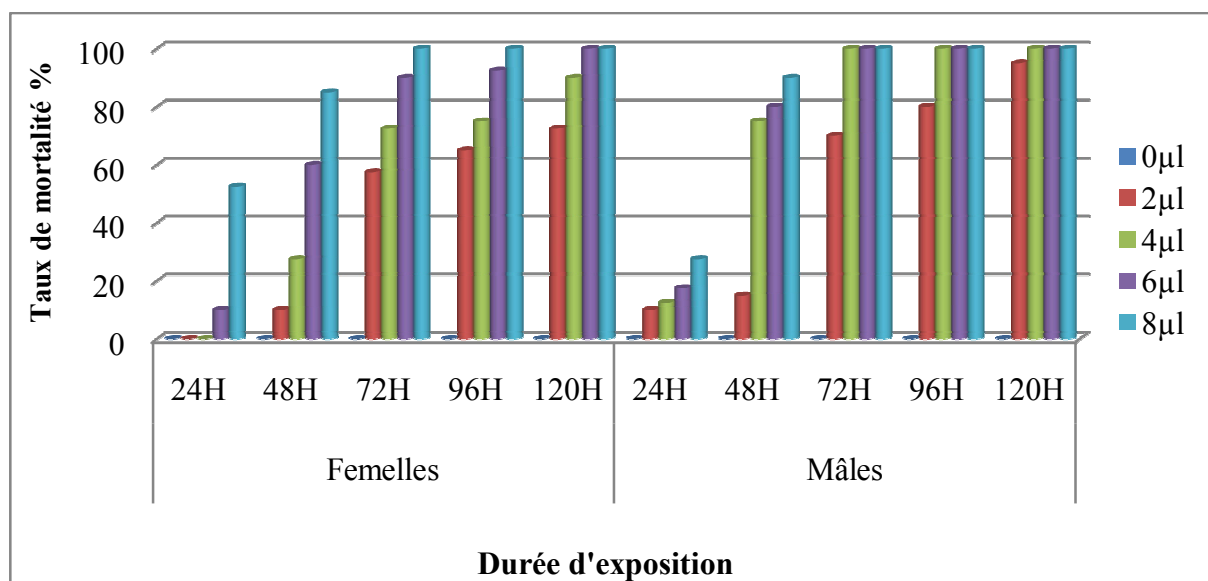


Figure 63: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de pin maritime en fonction de la durée d'exposition.

Les résultats obtenus révèlent que la toxicité de l'huile essentielle de pin maritime sur les adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* augmente au fur et à mesure que les doses augmentent. Dès le 3^{ème} jour au bout de 72 heures d'exposition les doses 4, 6 et 8µl causent une mortalité de 100% pour les mâles, cependant pour les femelles à la même période la mortalité est de 100% que pour la plus forte dose de 8µl. Après le 5^{ème} jour après 120 heures d'exposition la mortalité est de 100% pour les deux sexes.

L'analyse statistique révèle qu'il y a une différence très hautement significative simultanément pour le facteur sexe ($P=0,00025$) dont les mâles sont classés dans le groupe A, le facteur dose ($P=0,0000$) et le facteur temps ($P=0,0000$).

Le test NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les 5 doses de l'huile testée en 5 groupes (tableau 20).

Tableau 20: Résultat du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de du *P. pinaster* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8 μ l	85,5	A
4.0	6 μ l	75	B
3.0	4 μ l	65,25	C
2.0	2 μ l	47,5	D
1.0	0 μ l	0	E

4.2.1.3 Famille des Anacardiacées

4.2.1.3.1 *Schinus molle*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de *S. molle* testée à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus* par action de contact sont illustrés dans la figure 64.

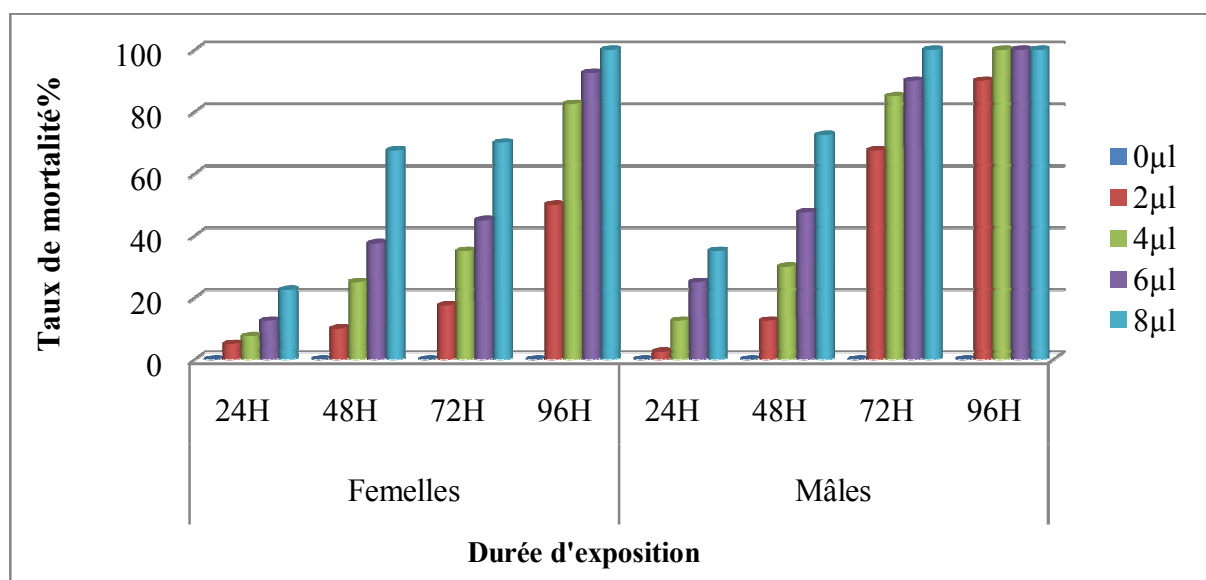


Figure 64: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de faux poivrier en fonction de la durée d'exposition.

Les résultats présentés dans la figure, montrent que le taux moyen de mortalité des adultes diapausants de *B. rufimanus* à la plus forte dose de 8 μ l au bout de 48 heures dépasse

50%, il est de 67,5% et 72,5% pour les femelles et les mâles respectivement. Au 4^{ème} jour au bout de 96 heures, ce taux de mortalité atteint les 100% pour les mâles pour les trois doses de 4, 6 et 8 µl, tandis que pour les femelles il est atteint qu'à la forte dose de 8µl.

L'analyse de la variance à trois facteurs (sexe, dose et temps) a révélé des différences très hautement significative (P=0,00026), (P=0,0000) et (P=0,0000) respectivement, montrant chacun des groupes homogènes. Le test NEWMAN et KEULS a distingué les mâles (groupe A) par rapport les femelles (groupe B).

Le test NEWMAN et KEULS a classé l'effet de facteur dose sur la mortalité des individus de *B. rufimanus* en 4 groupes homogènes.

Tableau 21: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de du faux poivrier sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl	70,94	A
4.0	6µl	65,25	B
3.0	4µl	47,18	B
2.0	2µl	31,87	C
1.0	0µl	0	D

4.2.1.4 Famille des Cupressacées

4.2.1.4.1 *Cupressus sempervirens*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de *C. sempervirens* testée à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus* par contact sont illustrés dans la figure 65.

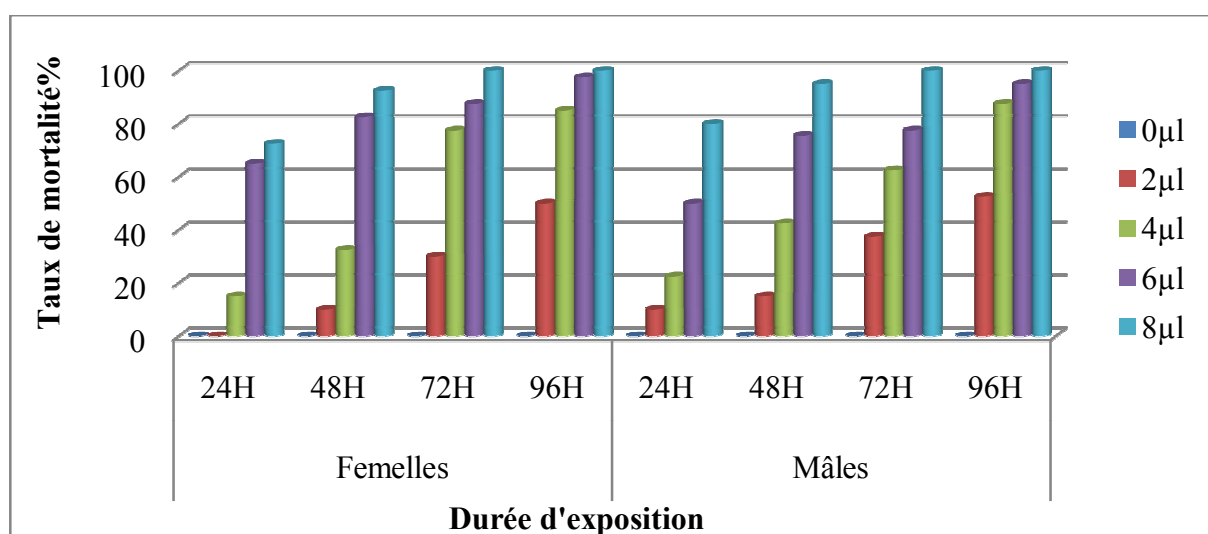


Figure 65: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle de cyprès en fonction de la durée d'exposition.

Au bout de 24 heures l'huile de cyprès révèle un effet toxique sur les adultes mâles et femelles de la bruche. Dès à la faible dose de 2µl nous avons enregistré une mortalité de 10% pour les mâles. Cependant pour les femelles la mortalité est observée à 4µl avec 15%. Le pourcentage de mortalité augmente au fur et à mesure que la dose augmente et atteint un taux de 100% au bout de 72 heures d'exposition pour les deux sexes à la plus forte dose.

L'analyse de la variance à trois facteurs de classification (sexe, dose et temps) de l'effet de l'huile essentielle de *C. sempervirens* sur la mortalité des individus de la bruche de la fève montre une différence très hautement significative pour les deux facteurs dose (P=0,0000) et temps (P=0,0000), alors que pour le facteur sexe l'huile de cyprès ne révèle aucune différence significative (P=0,8345).

Le test de NEWMAN et KEULS scinde l'effet de facteur dose en 5 groupes homogènes (Tableau 22).

Tableau 22: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *C. sempervirens* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl	92,5	A
4.0	6µl	78,81	B
3.0	4µl	53,12	C
2.0	2µl	25,62	D
1.0	0µl	0	E

4.2.1.5 Famille des Myrtacées

4.2.1.5.1 *Eucalyptus globulus*

Les résultats obtenus pour l'action par contact de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur la mortalité des adultes mâles de *B.rufimanus* diapausants, sont présentés dans la figure 66.

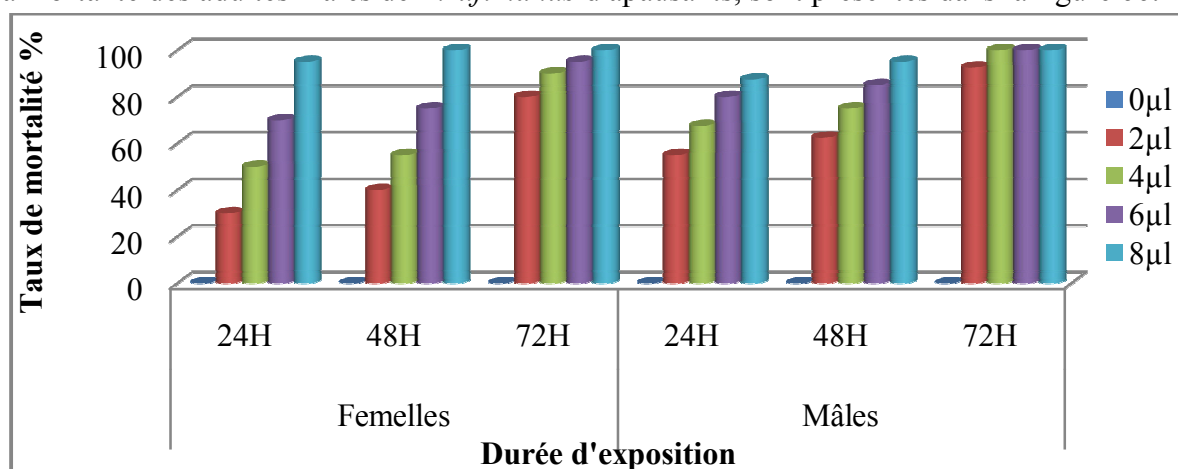


Figure 66: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B.rufimanus* traités par contact à différentes doses d'huile essentielle d'eucalyptus en fonction de la durée d'exposition.

D'après les résultats de la figure ci-dessus, nous avons remarqué une très faible augmentation de la mortalité des adultes de *B. rufimanus* à la plus faible dose (2 μ l), elle est de 30% pour les femelles et 55% pour les mâles après 24 heures d'exposition à l'huile essentielle d'*E. globulus*.

A partir de la troisième dose de 4 μ l, il y a une forte augmentation de taux de mortalité des deux sexes jusqu'à atteindre une moyenne de 100% à la plus forte dose qui est de 8 μ l après 72 heures d'exposition.

Selon ces résultats, les mâles semblent être plus sensibles que les femelles quelque soit la dose utilisée.

L'analyse de la variance à trois critères de classifications révèle une différence très hautement significative pour les facteurs dose (P= 0,0000), le facteur sexe (P=0,0001) ainsi que pour le facteur durée d'exposition (P=0,0000).

Le test de NEWMAN et KEULS classe les cinq doses utilisées dans cinq groupes homogènes (tableau 23).

Tableau 23: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'*E. globulus* sur le taux de mortalité des individus diapausants par contact.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8 μ l	96,25	A
4.0	6 μ l	84,16	B
3.0	4 μ l	72,91	C
2.0	2 μ l	60	D
1.0	0 μ l	0	E

4.2.2 Effet biocide des l'huiles essentielles sur les adultes diapausants par inhalation

4.2.2.1 Famille des Lamiacées

4.2.2.1.1 *Origanum vulgare*

Les résultats obtenus pour l'action des huiles essentielles d'*O. vulgare* à l'égard des adultes de *B. rufimanus* par inhalation sont illustrés dans la figure 67.

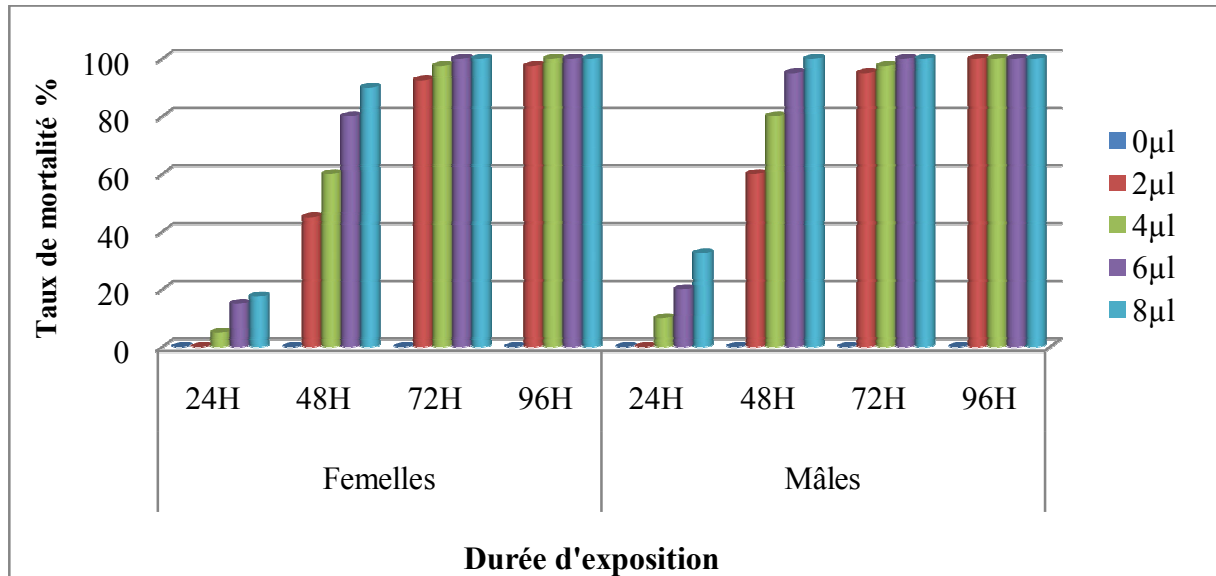


Figure 67: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de l'origan en fonction du temps d'exposition.

4.2.2.1.2 *Salvia officinalis*

Les résultats obtenus pour l'action d'huile essentielle de la sauge sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* diapausants, sont présentés dans la figure suivante :

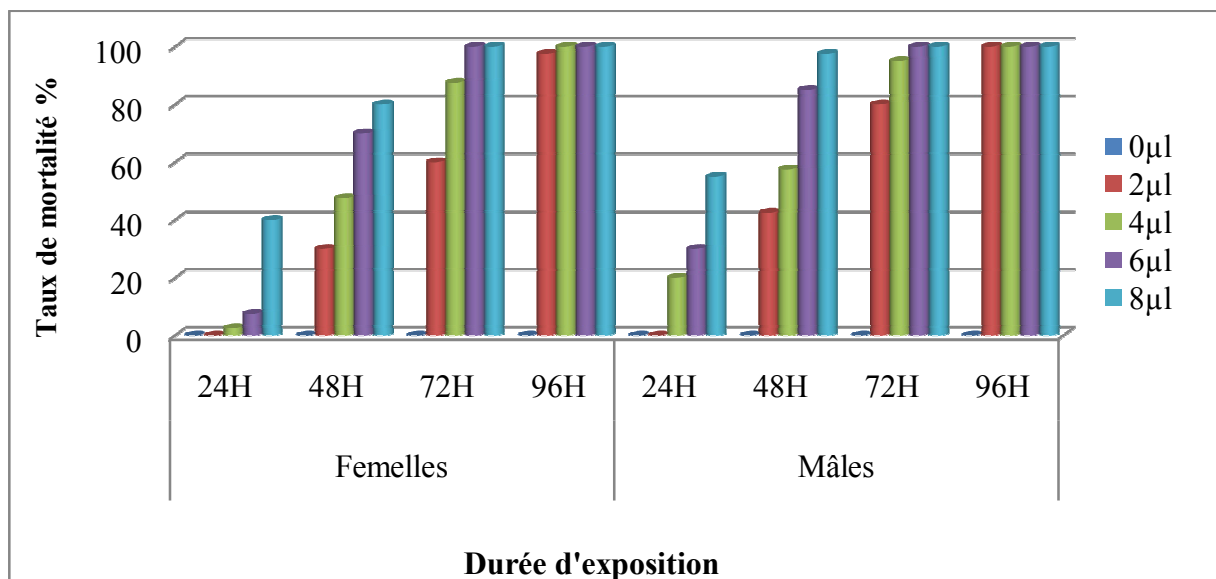


Figure 68: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de la sauge en fonction du temps d'exposition.

4.2.2.1.3 *Mentha X piperita*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de la sauge testée à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus* par inhalation sont illustrés dans la figure 69.

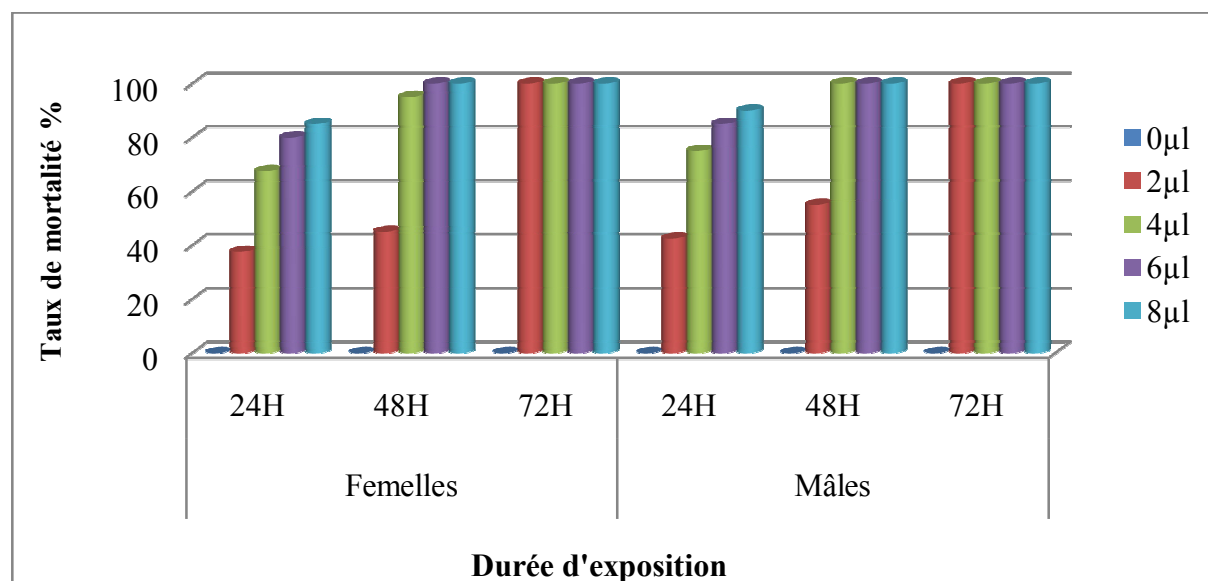


Figure 69: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de la menthe en fonction de la durée d'exposition.

Les deux huiles essentielles d'*O. vulgare* et de *S. officinalis* montrent un effet insecticide important par inhalation sur les mâles où nous avons enregistré une mortalité de 100% au bout de 96 heures pour toutes les doses par rapport au témoin. Pour les femelles le taux de mortalité atteint 100% à la même durée d'exposition pour les quatre doses hormis la petite dose (2µl/l d'air) où le taux de mortalité est de 97,5% pour les deux huiles testées.

Le taux de mortalité des deux sexes de *B. rufimanus* sous l'action d'huile essentielle de *M. piperita* atteint 100% après 72 heures d'exposition pour toutes les doses.

L'analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles d'origan de la sauge et de la menthe sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* montre une différence hautement significative pour le facteur sexe ($P=0,0014$), ($P=0,0013$) et ($P=0,0009$) respectivement, et une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0,0000$) ainsi pour le facteur durée d'exposition ($P=0,0000$) pour les deux huiles.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les cinq doses utilisées dans cinq groupes homogènes (Tableau 24, 25 et 26).

Tableau 24: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *O. vulgare* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/ l d'air	80	A
4.0	6µl/ l d'air	76,25	B
3.0	4µl/ l d'air	68,75	C
2.0	2µl/ l d'air	61,25	D
1.0	0µl/ l d'air	0	E

Tableau 25: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *S. officinalis* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/ l d'air	84,06	A
4.0	6µl/ l d'air	74,06	B
3.0	4µl/ l d'air	63,75	C
2.0	2µl/ l d'air	51,25	D
1.0	0µl/ l d'air	0	E

Tableau 26: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *M. X piperita* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/ l d'air	98,75	A
4.0	6µl/ l d'air	90,41	B
3.0	4µl/ l d'air	74,58	C
2.0	2µl/ l d'air	50,41	D
1.0	0µl/ l d'air	0	E

4.2.2.2 Famille des Pinacées

4.2.2.2.1 *Pinus pinaster*

Les données enregistrées pour l'action de l'huile essentielle de pin maritime à l'égard des deux sexes de *B. rufimanus* sont illustrées dans la figure suivante :

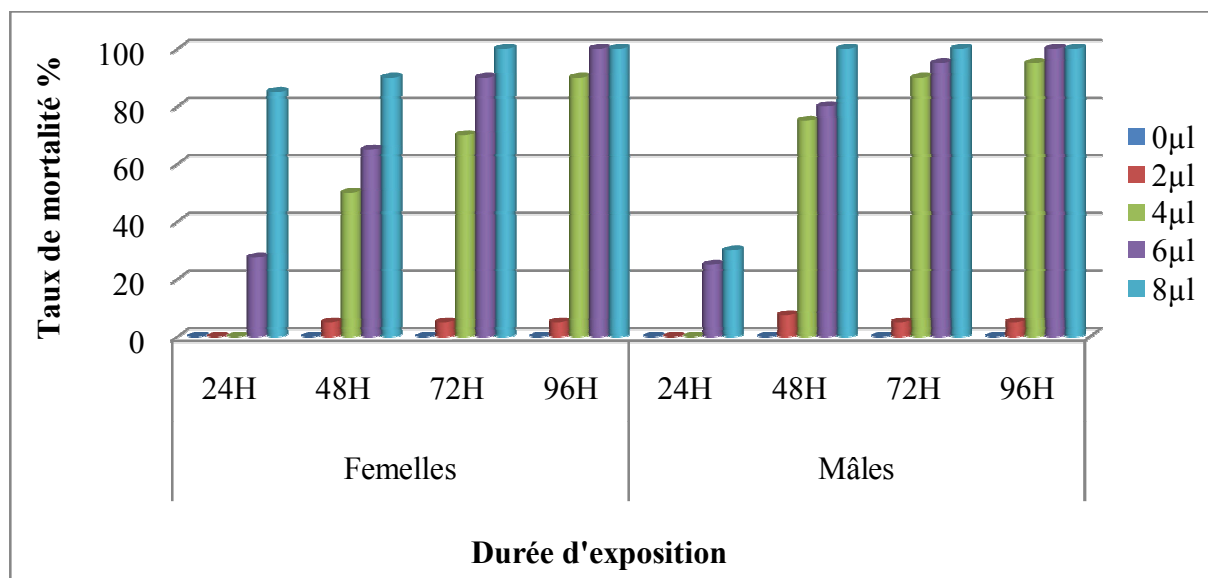


Figure 70: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B.rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de pin maritime en fonction de la durée d'exposition.

Le taux de mortalité des adultes de *B. rufimanus* testé par l'huile de pin maritime semble plus faible par rapport aux deux huiles de la famille des lamiacées. Il gagne 100% au bout de 96 heures avec les deux plus fortes doses de 6 et 8 µl/l d'air et ce pour les deux sexes.

L'analyse de la variance a montré que la dose et la durée d'exposition agissent d'une façon significative sur le taux de mortalité des individus de *B. rufimanus* ($P=0,0000$). Cependant le sexe ne révèle pas une différence significative sur le taux de mortalité.

La dose 8 µl/l d'air est la plus efficace, elle est classée par le test NEWMAN et KEULS dans le groupe (A) avec une moyenne de mortalité de 88,12%. Elle est suivie par les doses 6 et 4 µl/l d'air, qui sont classées dans les groupes B et C respectivement, alors que les doses 2 et 0 µl/l d'air sont classées dans le même groupe (D) (tableau 27).

Tableau 27: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *P. pinaster* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/l d'air	88,12	A
4.0	6µl/ l d'air	72,81	B
3.0	4µl/ l d'air	58,75	C
2.0	2µl/l d'air	4,06	D
1.0	0µl/l d'air	0	D

4.2.2.3 Famille des Anacardiacées

4.2.2.3.1 *Schinus molle*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de *S. molle* sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* sont résumés dans la figure ci-dessous.

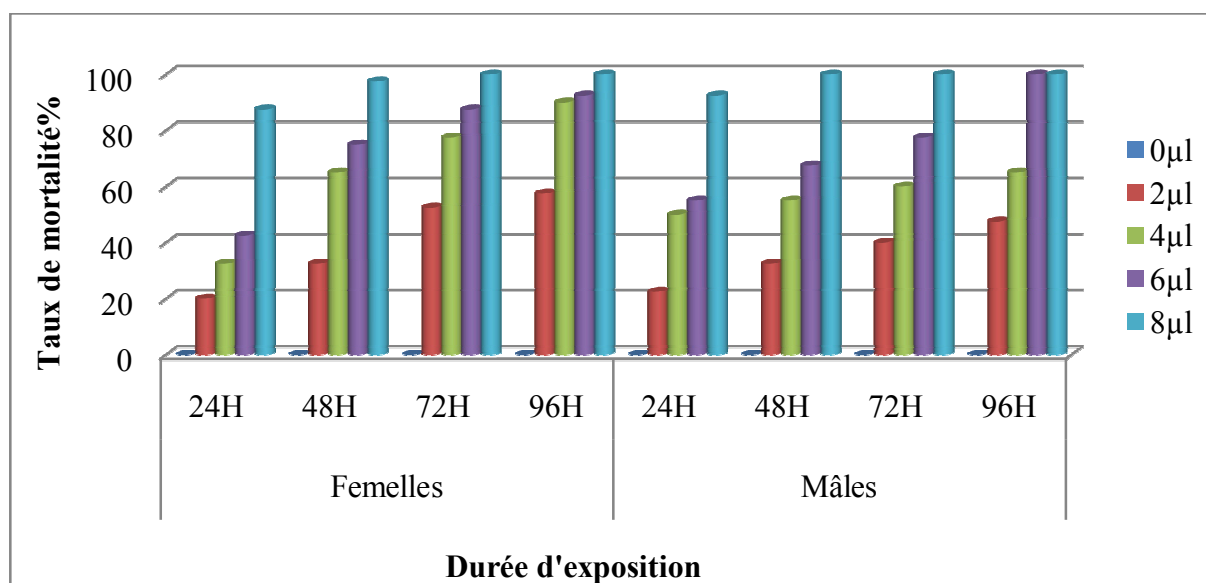


Figure 71: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de faux poivrier en fonction de la durée d'exposition.

Au début de l'expérience la mortalité des adultes de *B. rufimanus*, est très faible elle est de 20% et 22,5% pour les femelles et les mâles respectivement à 2µl/l d'air en un jour. A partir le deuxième jour (48heures), la mortalité des adultes de *B. rufimanus* augmente jusqu'à la mort de tous les individus qui est de 100% observé le 4^{ème} jour pour les deux sexes à la plus forte dose de 8µl/l d'air.

L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significative pour le facteur sexe ($P=0,00026$) facteur dose ($P=0,0000$) et facteur temps ($P=0,0000$). Les mâles présentent un taux de mortalité plus élevés classés dans le groupe (A) selon le test de NEWMAN et KEULS, suivie par les femelles dans le groupe (B).

Tableau 28: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *S. molle* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8 μ l/ l d'air	97,18	A
4.0	6 μ l/ l d'air	74,18	B
3.0	4 μ l/ l d'air	61,87	C
2.0	2 μ l/ l d'air	38,12	D
1.0	0 μ l/ l d'air	0	E

4.2.2.4 Famille des Cupressacées

4.2.2.4.1 *Cupressus sempervirens*

Les taux de mortalité obtenus des adultes de *B. rufimanus* sous l'action d'huile essentielle de cyprès vert sont résumés dans la figure 72.

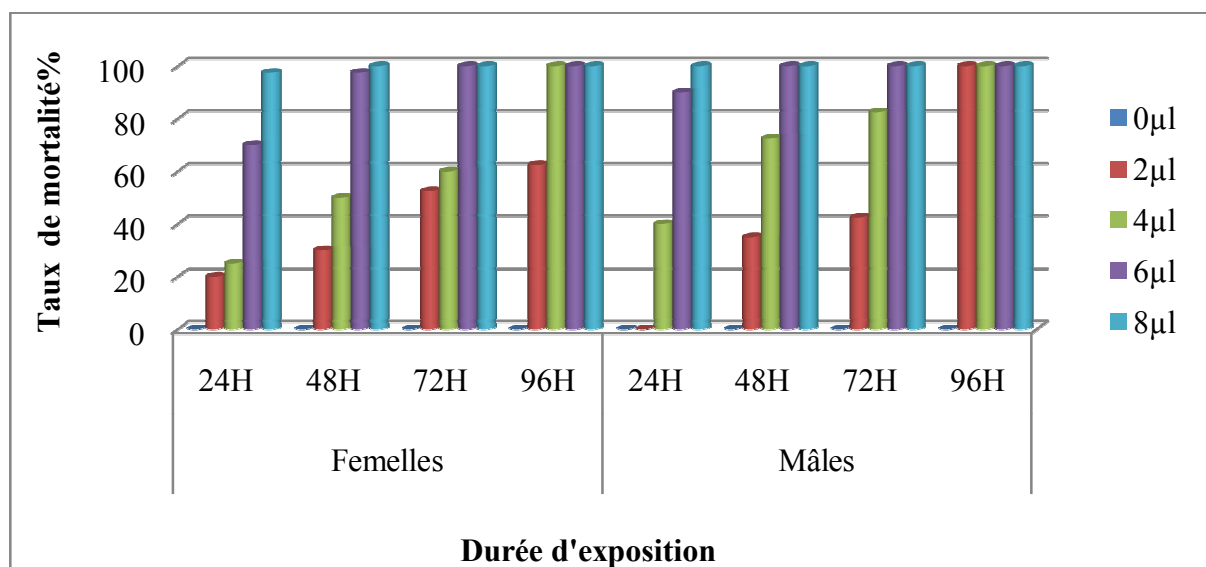


Figure 72: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle de cyprès en fonction du temps d'exposition.

Par rapport au lot témoin (non traité) où nous n'avons enregistré aucune mortalité pendant toute la période de notre expérimentation, le taux moyen de mortalité des individus

de *B. rufimanus* traité par l'huile essentielle *C. sempervirens* augmente au fur et à mesure que la dose augmente jusqu'à elle atteint 100% après 96 heures d'exposition.

L'analyse de la variance a révélé que les deux niveaux dose et temps d'application de l'huile *C. sempervirens* ont un effet très hautement significatif sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* ($P=0,0000$) et ($P=0,00015$) respectivement. Néanmoins, le facteur sexe ne révèle aucune différence significative sur la mortalité des bruches.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les cinq doses utilisées dans quatre groupes homogènes (tableau 29).

Tableau 29: Résultat du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de *C. sempervirens* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/l d'air	99,68	A
4.0	6µl/l d'air	94,68	A
3.0	4µl/l d'air	66,25	B
2.0	2µl/l d'air	42,81	C
1.0	0µl/l d'air	0	D

4.2.2.5 Famille des Myrtacées

4.2.2.5.1 *Eucalyptus globulus*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* sont résumés dans la figure ci-dessous.

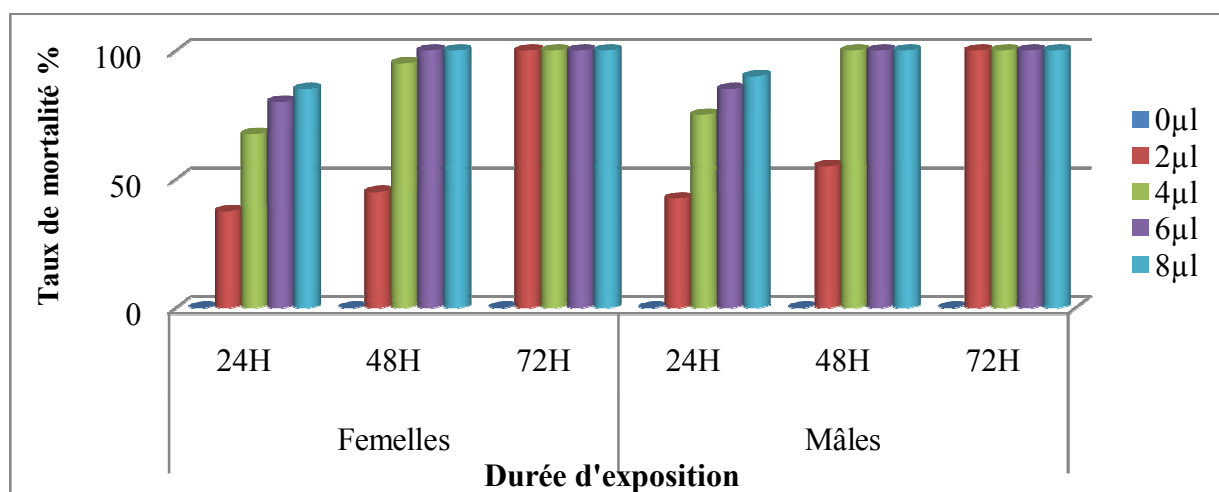


Figure 73: Taux moyen de mortalité corrigé (%) des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités par inhalation à différentes doses d'huile essentielle d'eucalyptus en fonction du temps d'exposition.

D'après les résultats configurés dans la figure 73, le taux de mortalité augmente à 37,5% et 42,5% pour les femelles et les mâles respectivement jusqu'il atteint 100% après 72 heures d'exposition pour les deux sexes et pour toutes les doses.

Ces résultats signalent clairement que les mâles sont plus sensibles par rapport aux femelles quelque soit la dose utilisée.

Ce qui est confirmé par l'analyse de la variance, qui montre une différence hautement significative pour le facteur sexe ($P=0,007$) et une différence très hautement significative pour les facteurs dose ($P=0,0000$) et facteur temps ($P=0,0000$).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les cinq doses utilisées dans quatre groupes homogènes (tableau 30).

Tableau 30: Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'*E. globulus* sur le taux de mortalité des individus diapausants par inhalation.

F2	Libellés Dose	Moyennes Mortalité%	Groupes homogènes
5.0	8µl/l d'air	95,83	A
4.0	6µl/ l d'air	94,16	A
3.0	4µl/ l d'air	89,58	B
2.0	2µl/l d'air	63,33	C
1.0	0µl/l d'air	0	D

5. Estimation de la DL50 des huiles essentielles testées sur les adultes mâles et femelles de *B. rufimanus*

5.1 Calcul de la DL 50 des sept huiles essentielles sur les individus de *B. rufimanus* testés par contact

Afin de déterminer les doses létales sur 50% des individus de *B. rufimanus* et ainsi pour classer les huiles essentielles selon leur toxicité nous avons fait appel à la méthode de FINNEY (1971), qui permet de transformer les pourcentages de mortalité des bruches après 24 heures d'exposition en probits, et les droites de régression de ces données en fonction du logarithme décimale des doses en huiles essentielles ont permis d'obtenir les équations qui sont configurées dans les figures 74 et 75.

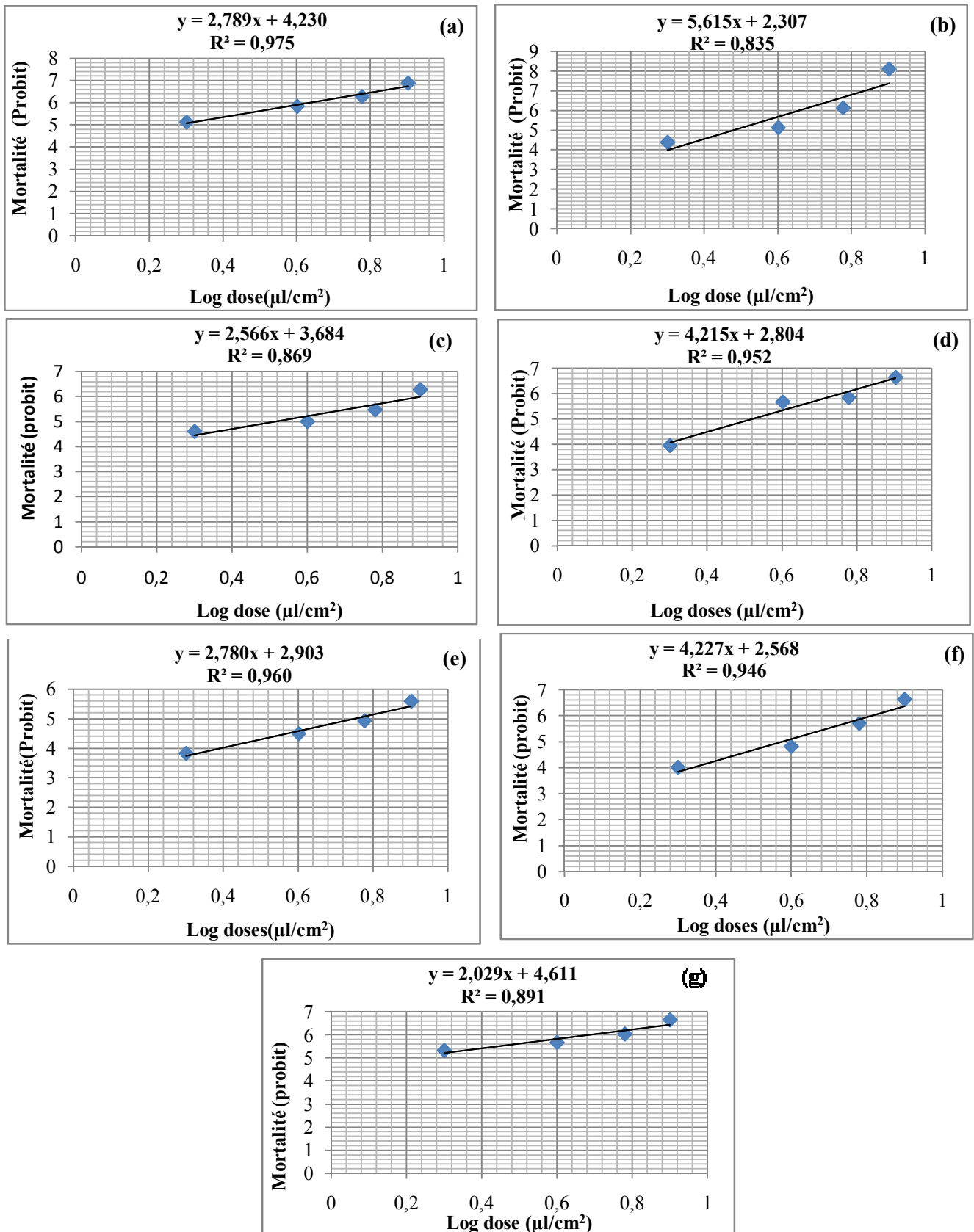


Figure 74: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les mâles de *B. rufimanus* soumises à l'action des huiles essentielles par contact après 24h. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprés vert ; (g) Eucalyptus.

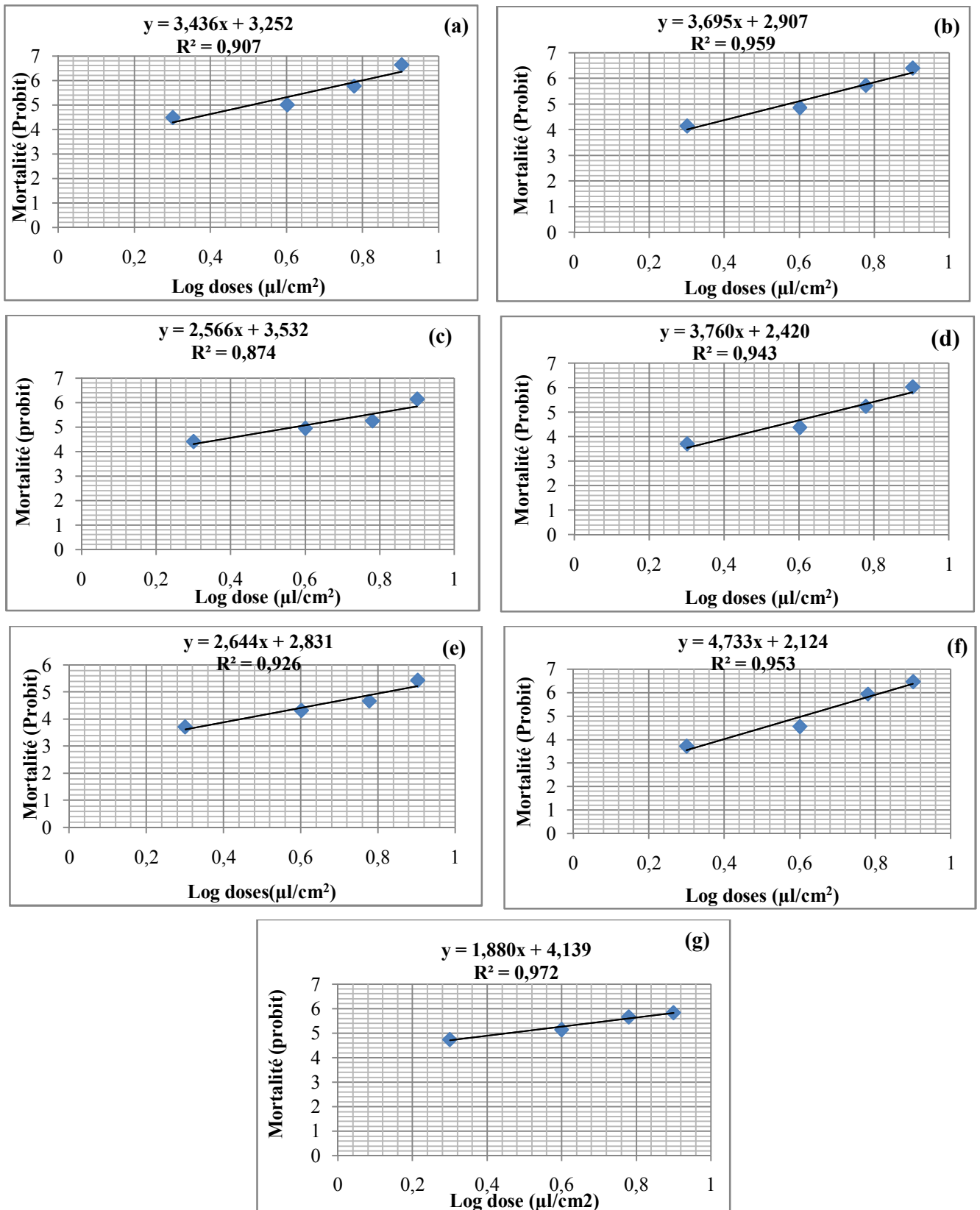


Figure 75: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les femelles de *B. rufimanus* soumises à l'action des huiles essentielles par contact après 24h. (a) Origan ; (b) Saugé ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprés vert ; (g) Eucalyptus.

Les droites de régression enregistrent une forte corrélation entre la mortalité et les doses d'huiles essentielles utilisées, plus la dose augmente plus le taux de mortalité augmente. Les coefficients de corrélation se rapprochent de 1 (R^2 varie entre 0,835% et 0,975% pour les mâles et entre 0,881% et 0,959% pour les femelles), ce qui signifie qu'il y a une corrélation importante entre les deux variables quantitative (doses et moyennes de mortalité).

Les équations obtenues par les droites de régression consignées dans les figures 43 et 44 nous ont permis de déterminer les doses létales qui tuent 50% des individus (DL 50) et de classer les huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité ou toxicité.

Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau 31: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les mâles de *B. rufimanus* par contact.

Les huiles essentielles testées	La DL50
<i>Eucalyptus globulus</i>	DL50=1,23 μ l/9cm ²
<i>Origanum vulgare</i>	DL50=1,88 μ l/9cm ²
<i>Salvia officinalis</i>	DL50=3,02 μ l/9cm ²
<i>Mentha X piperita</i>	DL50=3,27 μ l/9cm ²
<i>Pinus pinaster</i>	DL50=3,31 μ l/9cm ²
<i>Cupressus sempervirens</i>	DL50=3,76 μ l/9cm ²
<i>Schinus molle</i>	DL50=5,68 μ l/9cm ²

Tableau 32: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les femelles de *B. rufimanus* par contact.

Les huiles essentielles testées	La DL50
<i>Eucalyptus globulus</i>	DL50=2,87 μ l/9cm ²
<i>Origanum vulgare</i>	DL50=3,23 μ l/9cm ²
<i>Salvia officinalis</i>	DL50=3,68 μ l/9cm ²
<i>Mentha X piperita</i>	DL50=3,75 μ l/9cm ²
<i>Cupressus sempervirens</i>	DL50=4,05 μ l/9cm ²
<i>Pinus pinaster</i>	DL50=4,85 μ l/9cm ²
<i>Schinus molle</i>	DL50=6,61 μ l/9cm ²

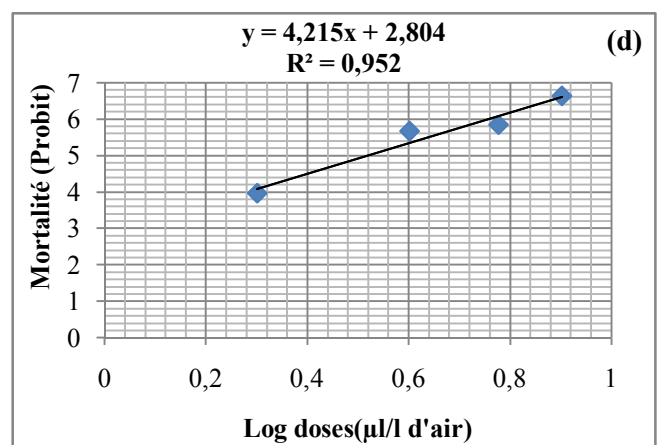
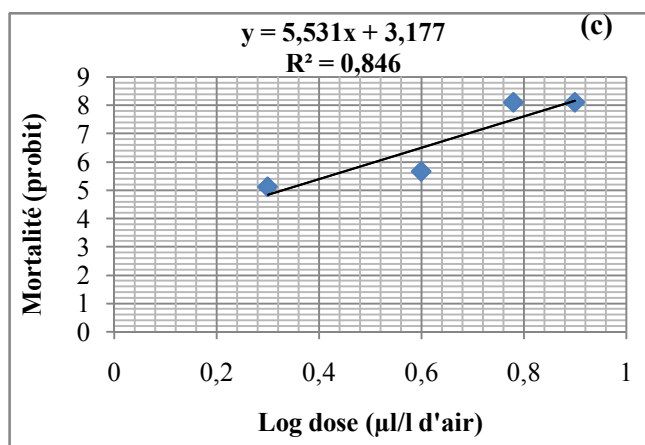
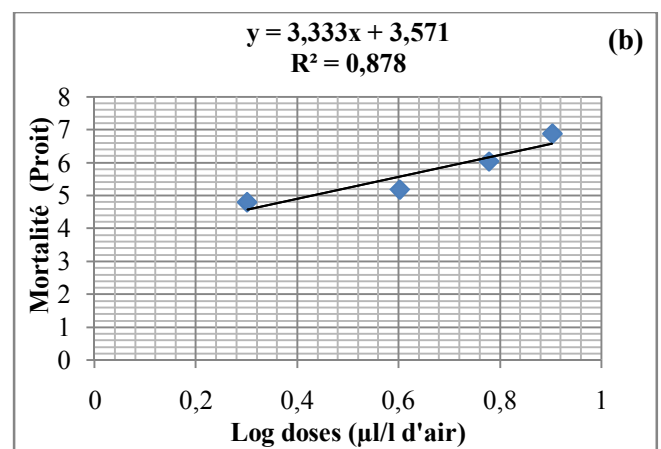
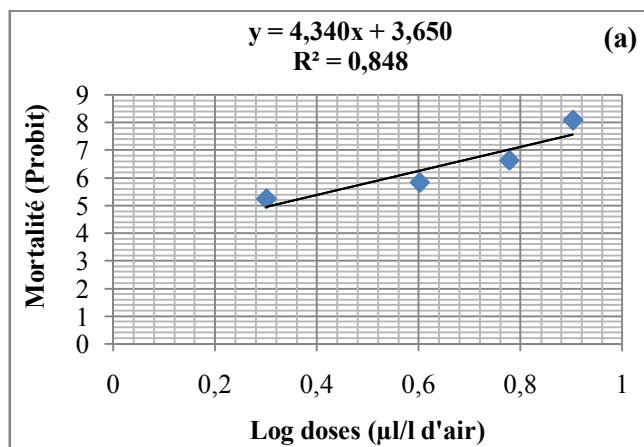
Nous pouvons déduire que sur les adultes de *B. rufimanus* l'efficacité la plus marquée est notée pour l'huile essentielle d'*E. globulus* qui appartient à la famille des Myrtacées avec une dose létale médiane DL50 de 1,23 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ et 2,87 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ respectivement pour les mâles et les femelles. Suivie par les huiles essentielles classées par ordre croissant *O. vulgare*, *S. officinalis* et *M. X piperita*.

Alors que la toxicité la plus faible est marquée par *S. molle* avec DL50 de 5,68 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ pour les mâles et 6,61 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ pour les femelles.

Selon Les DL50 calculées pour les sept huiles essentielles nous constatons que les mâles de *B. rufimanus* manifestent une plus grande sensibilité par rapport aux femelles envers les huiles testées par contact.

5.2 Calcul de la DL 50 des sept huiles essentielles sur les adultes de *B. rufimanus* testés par inhalation

Après 24 heures d'exposition et transformation les taux de mortalité des adultes de *B. rufimaus* en probit, nous avons eu les droites de régression qui sont illustrées dans les figures 76 et 77.



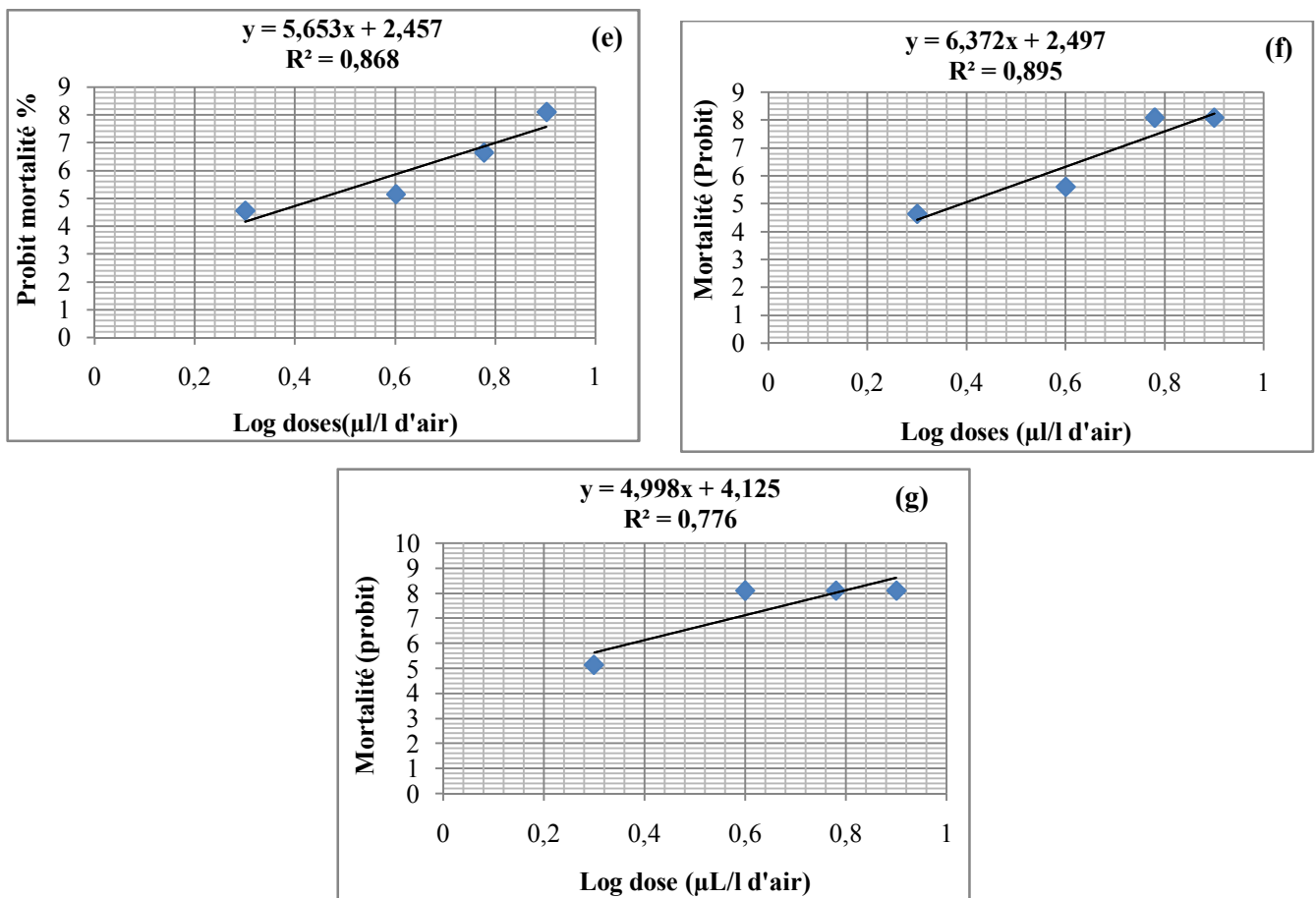
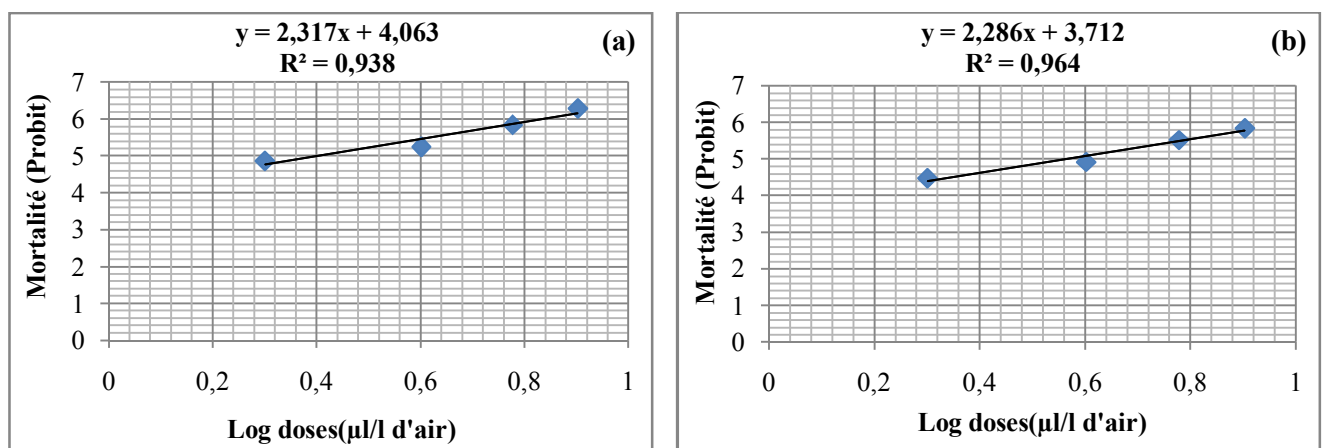


Figure 76: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les mâles de *B. rufimanus* soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h d'exposition. (a) Origan ; (b) Sauge ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.



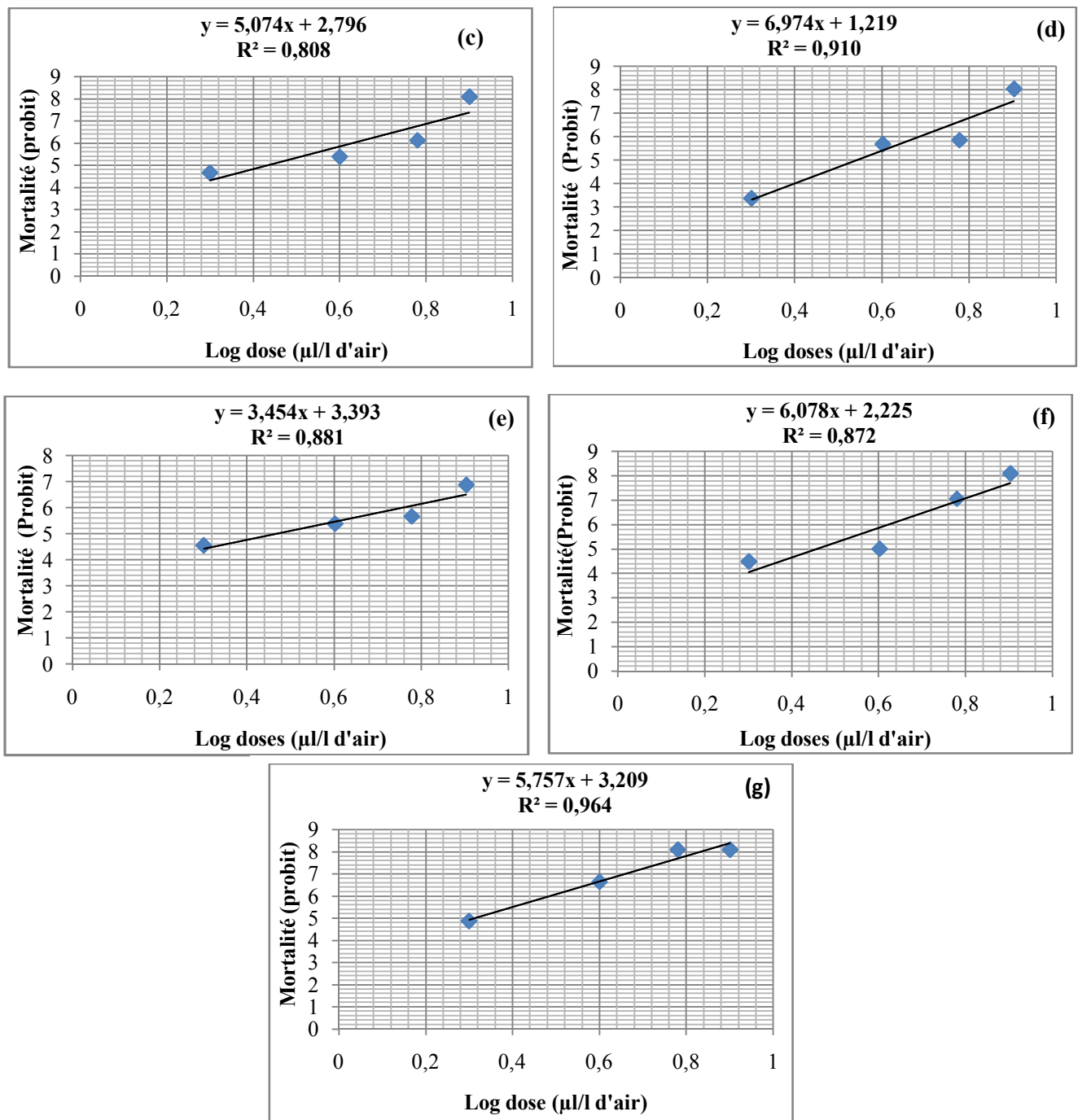


Figure 77: Droites de régression Log doses/ mortalités (probit) chez les femelles de *B. rufimanus* soumises à l'action des huiles essentielles par inhalation après 24h d'exposition. (a) Origan ; (b) Saugé ; (c) Menthe poivrée ; (d) Pin maritime ; (e) Faux poivrier ; (f) Cyprès vert ; (g) Eucalyptus.

Les coefficients de corrélation linéaire R^2 oscillent entre 0,848% et 0,952% pour les mâles et 0,881% et 0,964% pour les femelles, ce que justifie une parfaite corrélation entre la mortalité des bruches des deux sexes et la dose des huiles utilisées.

Les doses létales médianes (DL 50) et le classement des sept huiles selon leurs effets insecticides sont portés dans les tableaux 33 et 34.

Tableau 33: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les mâles de *B. rufimanus* par inhalation.

Les huiles essentielles testées	La DL50
<i>Eucalyptus globulus</i>	DL50=1,5µl/l d'air
<i>Origanum vulgare</i>	DL50=2,04µl/l d'air
<i>Mentha X piperita</i>	DL50=2,14µl/l d'air
<i>Cupressus sempervirens</i>	DL50=2,45µl/ l d'air
<i>Salvia officinalis</i>	DL50=2,68µl/ l d'air
<i>Schinus molle</i>	DL50=2,82µl/ l d'air
<i>Pinus pinaster</i>	DL50=3,40µl/ l d'air

Tableau 34: Classement des huiles essentielles selon leur ordre d'efficacité sur les femelles de *B. rufimanus* par inhalation.

Les huiles essentielles testées	La DL50
<i>Eucalyptus globulus</i>	DL50=2,05µl/l d'air
<i>Origanum vulgare</i>	DL50=2,53µl/ l d'air
<i>Mentha X piperita</i>	DL50=2,72µl/ l d'air
<i>Cupressus sempervirens</i>	DL50=2,88µl/ l d'air
<i>Schinus molle</i>	DL50=2,95µl/ l d'air
<i>Pinus pinaster</i>	DL50=3,48µl/ l d'air
<i>Salvia officinalis</i>	DL50=3,65µl/ l d'air

Les valeurs obtenus pour les DL50 calculées après 24 heures d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent l'ordre d'efficacité suivant : *E. globulus* (Myrtacées)> *O. vulgare* (Lamiacées)> *M. piperita* (Lamiacées)> *C. sempervirens* (Cupressacées) avec DL50 de 1,5 ; 2,04 ; 2,14 et 2,45µl/ l d'air respectivement pour les mâles et DL50 de 2,05, 2,53, 2,72 et 2,88µl/ l d'air respectivement chez les femelles.

Comme pour le test par contact, les mâles semblent exprimer une sensibilité marquée par rapport aux femelles pour le test par inhalation. En outre, les valeurs des doses létales médianes DL50 ont confirmé l'efficacité des huiles sur les deux sexes.

6. Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles

6.1 Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles par contact

Les résultats enregistrés sur le taux de mortalité en (%) des individus mâles et femelles de *B. rufimanus* par les sept huiles essentielles testées par test de contact sont illustrés dans les figures 78 et 79.

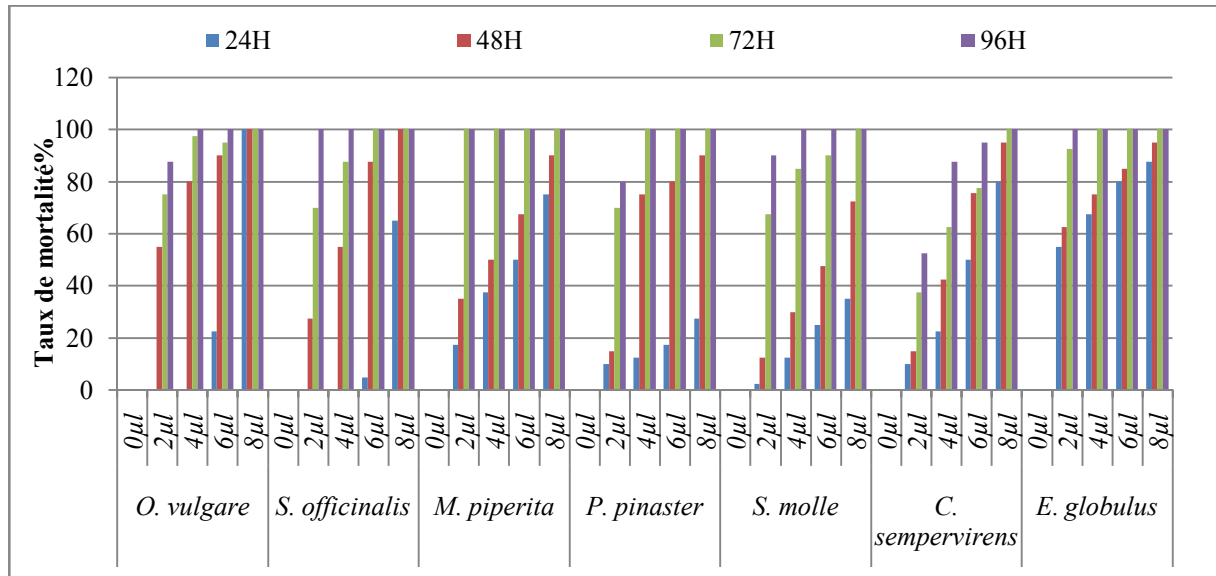


Figure 78: Mortalité (%) des adultes mâles de *B. rufimanus* traités par contact par sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.

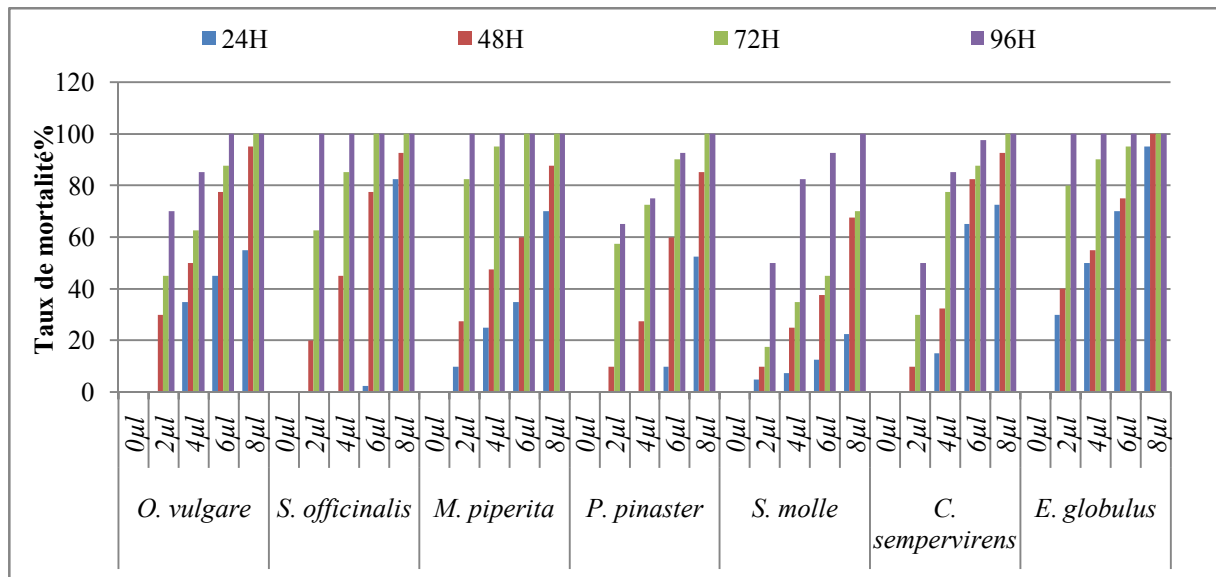


Figure 79: Mortalité (%) des adultes femelles de *B. rufimanus* traités par contact par sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.

L'analyse de la variance comparative des huiles essentielles à trois critères de classification pour les mâles et les femelles, révèle qu'il y a une différence très hautement significative à la fois pour le facteur dose ($P=0,0000$), le facteur temps ($P=0,0000$) et le facteur l'huile ($P=0,0000$) plaçant l'huile de l'eucalyptus dans le groupe (A) comme la plus réductrice de la longévité des adultes de *B. rufimanus*, suivi par la menthe poivrée et l'origan dans le groupe (B) pour les mâles et la menthe poivrée et la sauge pour les femelles.

6.2 Effet insecticide comparative des sept huiles essentielles par inhalation

Les résultats obtenus pour l'action des sept huiles essentielles testées à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus* par action d'inhalation sont illustrés dans les deux figures suivantes :

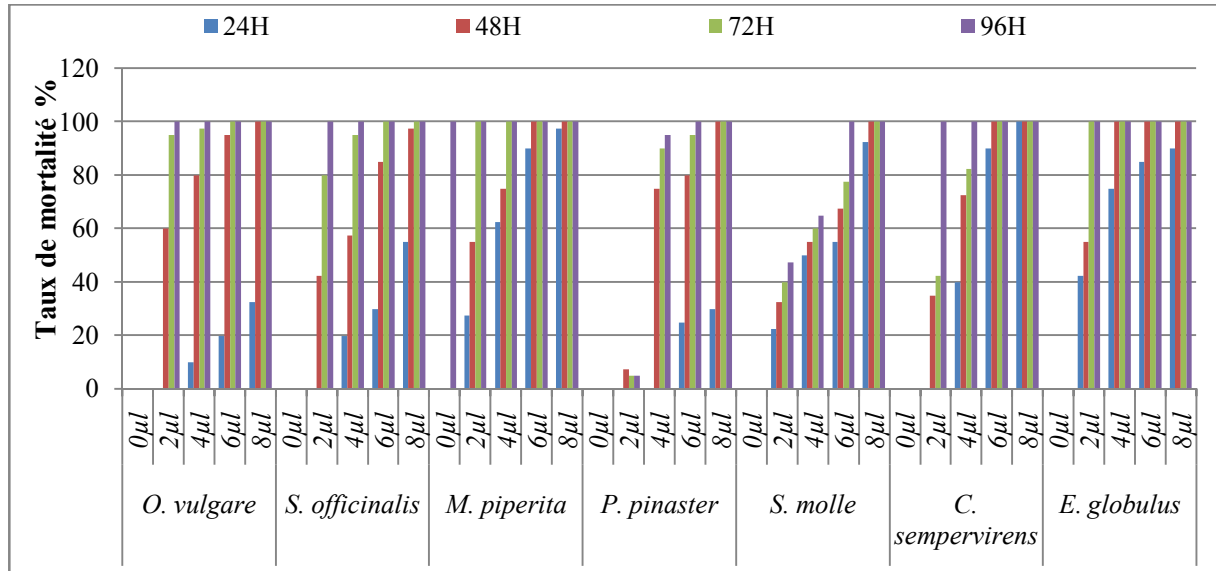


Figure 80: Mortalité (%) des adultes mâles de *B. rufimanus* traités par inhalation sept huiles essentielles en fonction des doses et durée d'exposition.

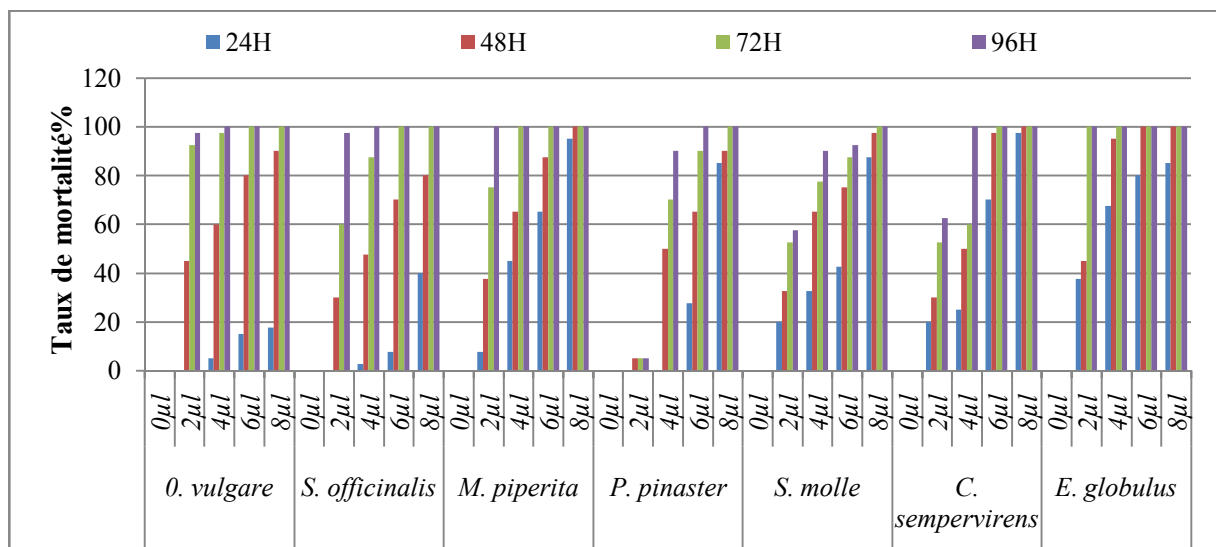


Figure 81: Mortalité (%) des adultes femelles de *B. rufimanus* traités par inhalation par sept huiles en fonction des doses et durée d'exposition.

La comparaison des sept huiles essentielles testées sur les bruches par l'analyse de la variance à trois critères de classification révèle une différence très hautement significative pour le facteur huile ($P=0,0000$) facteurs dose ($P=0,0000$) et le facteur temps ($P=0,0000$), classant l'eucalyptus et la menthe poivrée dans le groupe (A) pour les mâles alors que pour les femelles la menthe poivrée est classée dans le groupe (AB).

7. Discussion

Pour faire face aux conséquences nocives des produits chimiques de synthèse et proposer un procédé de lutte efficace et écologiquement sain, des scientifiques de différentes disciplines (entomologistes, chimistes, phytopathologistes et physiologistes) orientent depuis plusieurs années leurs activités vers la recherche d'alternatives à la lutte chimique classique. En effet, des essais de toxicité conduits en laboratoire avec les huiles essentielles rapportent des toxicités variables en fonction des huiles essentielles utilisées, des espèces de ravageurs en présence mais surtout du stade de développement concerné par les tests (KETOH, 1998 ; KEITA et al., 2001; Raja et al., 2001; BELMAIN et al., 2001; MURDOCK et al., 2003; SERI-KOUASSI et al., 2004; KELLOUCHE et SOLTANI, 2004; SANON et al., 2006).

Les résultats obtenus pour l'analyse chromatographique à phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) menée sur les feuilles des huiles essentielles du faux poivrier et de cyprès vert, nous a permis de mettre en évidence les constituants majoritaires de ces huiles essentielles à savoir l' α -phellandrène (31.21%), limonène (16.6%), β -myrcène (10.35%) et α -pinène (4.67%) pour le faux poivrier et l' α -pinène (55.76%), delta-3-carène avec (16.52%) et le terpinolène (7.10%) pour le cyprès vert. Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Les travaux d'EL AKREM et al. (2008) qui ont mentionné que la quasi-totalité des huiles essentielles de *S. molle* sont des monoterpènes basiques (95,67%) et que les composés majoritaires de ces huiles sont : α -phellandrène (35%), phellandrène (29,30%), β -pinène (15,68%), p-cymène (5,43%) et α -pinène (5.22%).

En outre, la richesse de l'huile essentielle de *C. sempervirens* en α -pinène a été confirmée par plusieurs auteurs dans différents pays : en Algérie (44,9%) (CHANEGRIHA et al., 1993 ; AMARA et BOUGHÉRAR, 2017), au Maroc (60%) (BELLAKHDER, 1997) et en France (64%) (LEANDRI et al., 2003).

Selon FIGUEREDO (2007), la composition chimique des huiles essentielles est très fluctuante. En effet, elle dépend d'un grand nombre de facteurs d'ordre naturel (génétique, localisation, maturité, sol, climat, lumière, etc.), ou technologiques (mode de culture, séchage, stockage ou d'extraction).

Dans notre étude, sept huiles essentielles extraites à partir des plantes aromatiques méditerranéennes sont testées pour leurs effets insecticides à l'égard des adultes de *B. rufimanus* durant la période de diapause. Ce travail est effectué par l'évaluation de l'effet létale sur les adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* exposés à différentes doses d'huiles en fonction de la durée d'exposition et à deux différents tests par contact et par fumigation.

Les résultats obtenus ont montré clairement que les sept huiles testées par contact et par inhalation présentent une toxicité à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus*. En effet, les coefficients de corrélation obtenus est associés aux équations d'ajustement R^2 qui oscille entre 0,80% et 0,97% signalent que le taux de mortalité augmente au fur est à mesure que la dose augmente. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par PAMO et *al.* en 2003, qui ont testé l'efficacité des deux huiles essentielles des feuilles et des extrémités fleuries de *Cupressus lusitanica* sur *Rhipicephalus lunulatus*. Ces auteurs ont montré que les coefficients de détermination ($R^2=0,79$; $R^2=0,82$) semblent indiquer une grande proportion de la variation des mortalités cumulées avec le temps et ne sont due qu'aux effets des différentes doses des huiles essentielles.

Concernant le test par contact effectué sur les adultes de la bruche de la fève diapausantes, l'examen des valeur de DL50 après 24 heures d'exposition, nous a permis de déduire que pour les adultes de *B. rufimanus* les huiles essentielles les plus efficaces sont celles extraites de l'*Eucalyptus globulus* (Myrtacées), *Origanum vulgare*, *Salvia officinalis* et *Mentha X piperita* (Lamiacées) et leurs DL50 changent selon la plante aromatique et le sexe. Les huiles essentielles des autres plantes aromatiques telles que *Pinus pinaster*, *Cupressus sempervirens* et *Schinus molle* ont manifesté une activité biocide faible vis-à-vis des adultes de la bruche de la fève. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par KARAHACANE (2015), qui a spécifié que le pistachier, le faux poivrier, l'acacia, la tomate, la courge, le pélargonium, le melia, le laurier, le fenouil, le plaqueminier et le ricin, ont répondu positivement à l'activité insecticide mais faiblement où le taux de mortalité varie entre 3,33 et 23,33%.

BITTNER et *al.* (2008) ont testé l'efficacité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) et *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Les résultats montrent que les huiles extraites d'*Eucalyptus globulus* (Myrtacées) et *Thymus vulgaris* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur *S. zeamais*, alors que les huiles de *Gomortega keule* (Gomortegacées) et *Laurelia sempervirens* (Monimiacées) sont les plus toxiques sur *A. obtectus*.

L'étude de l'effet bioinsecticide des huiles essentielles par inhalation sur les adultes de *B. rufimanus* en fonction de la DL50 nous a permis de déduire que les trois plantes aromatiques méditerranéennes *E. globulus* (Myrtacées), *O. vulgare* et *M. piperita* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur les adultes de ce ravageur traités comparativement aux autres huiles essentielles testées. Cependant, *S. officinalis*, *P. pinaster* et *S. molle* ont marqué une toxicité variable entre les deux sexes considérés. Les doses létales médianes DL50 obtenus pour

l'ensemble des tests utilisés indiquent une sensibilité marquée par les mâles par rapport aux femelles.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus sur la bruche du haricot *A. obtectus* par de nombreux auteurs notamment REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995), BOUCHIKHI-TANI et al. (2008) et GOUCEM-KHELFANE (2014), qui ont montré que les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques ont un effet insecticide par inhalation mais aussi par contact et par répulsion. Selon REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993) les différentes huiles extraites par hydrodistillation de plantes de la famille des Lamiacées, Myrtacées, Lauracées et des graminées présentent une toxicité inhalatrice sur *A. obtectus*, notamment les huiles essentielles de *T. serpyllum*, *T. vulgaris* et *L. angustifolia* (Lamiacées) qui causent une mortalité de 95% après 24 heures d'exposition et une mortalité de 100% après 48 heures d'exposition pour des concentrations respectives de 160mg/dm³, 136,1mg/dm³ et 145mg/dm³. De même ces auteurs ont signalé que les mâles présentent une grande sensibilité vis-à-vis des huiles essentielles par rapport aux femelles. De la même sensibilité des mâles a été confirmée par les travaux de PAPACHRISTOS et STAMOPOUOS (2002) sur la bruche de l'haricot *A. obtectus*, testée par les huiles essentielles de *Citrus sinensis*, *Pistacia terebinthus* et *Thuja orientalis*.

BOUCHIKHI TANI (2011) a pour sa part étudié et comparé l'effet biocide des plantes aromatiques des six huiles essentielles dont les Lamiacées, Rutacées, Cistacées et Astéracées sur les adultes de la bruche de l'haricot (*A. obtectus*) et de la mite (*T. bisselliella*). Il a montré que les huiles essentielles extraites des trois plantes *R. officinalis* (Lamiacées) *O. glandulosum* (Lamiacées), et *A. herba-alba* (Astéracées) sont les plus toxiques sur les deux insectes traités comparativement aux autres huiles. Selon le même auteur ces huiles essentielles sont classées par ordre croissant dans leur efficacité et se présente comme suit, sur les adultes d'*A. obtectus* : *Artemisia herba-alba*, *Origanum glandulosum*, *Rosmarinus officinalis* (DL50 de 1,69 L/30g de graines, 1,44 L/30g de graines, 0,59 L/30g de graines respectivement). Sur les adultes de *T. bisselliella* : *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*, *Origanum glandulosum* (DL50 de 1,26 L/50,24cm², 1,25 L/50,24cm², 1,23 L/50,24cm² respectivement).

Les résultats des tests statistiques appliqués pour chaque huile étudiée, ont montré que le taux de mortalité des adultes mâles et femelles de *B. rufimanus* augmente au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmente. Selon KIM et al. (2003), les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition.

D'après AMZOUAR et al. (2016), la probabilité de survie des adultes de la fève traitées, diminue au fur et à mesure que la concentration en huiles essentielles augmente. Pour

une même concentration, l'effet toxique s'amplifie aussi avec la durée d'exposition des bruches aux fumigeant testés.

La richesse des huiles essentielles de Myrtacées en estragol (28,14%), en terpinolène (7,12%) et en Linalool (5,54%) explique leur action significative sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* et d'autres ravageurs de céréales. En effet le linalool qui est un des composés les plus toxiques sur *B. rufimanus* agit aussi sur la bruche de haricot *A. obtectus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) (GOUCEM-KHELFANE, 2014), la bruche tropical du pois *Z. subfasciatus* (Coleoptera : Bruchidae), la bruche du l'haricot (*A. obtectus*) le ravageur des céréales *Rhyzoperta dominica* (Coleoptera, Bruchidae) et le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Curculionidae), montrent après 48 heures d'exposition des DL50 respectives de 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 405 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ et 427 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (WEAVER et al., 1991).

L'activité insecticide des huiles essentielles de la famille des Lamiacées *M. piperita*, *O. vulgare* et *S. officinalis* sur la mortalité des adultes de la bruche de la fève est due probablement à leur richesse en composants connus pour leurs propriétés insecticides, les monoterpènes les monoterpènes oxygénés, le thymol, le carvacrol, le α -pinène, le limonène et l'Azulenne (KELLOUCHE et al., 2010).

En effet, les huiles essentielles, mélanges monoterpéniques, sont des neurotoxiques agissant sur des cibles différentes en fonction de leurs natures chimiques. Par exemple le linalool et l'estragol composés majeurs de l'huile essentielle d'*O. basilicum*, perturbent l'activité neuronale au niveau des insectes (REGNAULT-ROGER et al., 2012).

BOUCHIKHI TANI et al. (2011) ont mis en évidence l'effet insecticide de l'huile essentielle extraite par hydrodistillation de la plante d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées) sur les adultes de trois bruches *A. obtectus*, *B. rufimans* et *C. maculatus* (bruche de niébé). Ils ont montré que cette l'huile est très toxique sur *A. obtectus* (DL50=1,44 $\mu\text{l}/30\text{g}$ de graines, présente une toxicité un peu variable sur *C. maculatus* (DL50=2,60 $\mu\text{l}/30\text{g}$ de graine, et moins toxique sur *B. rufimanus* avec DL50=7,72 $\mu\text{l}/30$ g de graines. Ils ont expliqué cette réduction par la richesse de l'huile d'*O. glandulosum* par des composants insecticides, c'est le cas de Thymol, *p*-cynène, γ -Terpinène, limonène, α -pinène, linalol et carvacrol.

Selon KARR et COATS (1988), le composant responsable de la mortalité des insectes des denrées stockées serait le limonène extrait à partir de la peau des fruits.

HUIGNARD (2013) stipule que les composés secondaires parmi eux les terpènes contenus dans les huiles essentielles des plantes peuvent provoquer la mort des insectes généralistes qui essayent de les consommer en perturbant le fonctionnement de système nerveux, du système digestif ou en empêchant la croissance larvaire.

Conclusion générale

Cette étude, nous a permis d'étudier par touches successives sous les conditions agrosystèmes de la région de Bouira et au laboratoire, divers aspects de l'écologie et de la biologie de la bruche de la fève. Nous avons essayé de connaître la colonisation de ce ravageur, en rapport avec les stades phénologiques de sa plante hôte *Vicia faba*, l'activité de ponte sur les deux variétés de fève à savoir la Séville et l'Aguadulce sur des altitudes différentes, de plus, une étude biochimique sur le taux des protéines hémolympatiques de cet insecte a été réalisée en diapause et en activité reproductrice, afin d'identifier de nouvelles méthodes de lutte à caractère bioinsecticide pourrait constituer une approche alternative ou complémentaire aux traitements classique chimique à l'égard de ce déprédateur potentiel des champs de fève.

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* des différentes variétés, à savoir la Séville et l'Aguadulce.

Le suivi de l'activité des adultes de la bruche de la fève montre qu'avant la floraison aucun adulte de *B. rufimanus* n'est observé dans les champs de culture pendant les deux années d'étude 2015 et 2016. Après six mois de diapause et lorsque les conditions climatiques sont favorables (la température atteint 18°C et la photopériode gagne 11 heures) les premières bruches commencent à coloniser les parcelles d'étude semées en basse altitude, à variété Séville et Aguadulce, et de même pour la variété Aguadulce semée à moyenne altitude qui coïncide avec la période de la pleine floraison de la plante hôte *V. faba*, hormis la parcelle à variété Séville semée en moyenne altitude, les premières bruches sont arrivées la deuxième semaine de l'apparition des grappes florales. Des adultes sont également observés au début de la floraison sur des parcelles de fève à variété Séville semées tardivement et en altitude en 2016. Tandis que pour la variété Aguadulce, semée dans la même altitude la colonisation coïncide avec la pleine floraison. Cette colonisation paraît dépendre des conditions climatiques et de l'état physiologique de la plante hôte, notamment la présence des inflorescences.

Vers la fin de la floraison, le nombre d'adultes commence à diminuer, au fur et à mesure que l'on s'approche de la maturité des gousses. Il semble que l'inflorescence comme source de nourriture pollinique joue le rôle d'un facteur déterminant dans la dynamique des populations de *B. rufimanus*.

La durée des périodes de colonisation des deux parcelles varie selon l'altitude, la date de semis et des conditions climatiques régnantes; elles sont de 42 jours semaines pour toutes

les parcelles d'études semées en basse altitude ainsi en moyenne altitude en 2015. Alors qu'en 2016, dans des parcelles de fève semées en altitude, la période de la colonisation est de 45 jours pour la variété Séville et de 28 jours pour la variété Aguadulce.

En 2014, 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. Cette analyse a montré aussi un effet très hautement significatif du facteur « date d'observation ». Les adultes présentent une activité élevée la quatrième semaine au niveau de toutes les parcelles d'étude.

L'étude des paramètres biologiques de *B. rufimanus* nous a révélé que les femelles commencent à pondre leurs œufs dès l'apparition des gousses et que l'oviposition s'étale sur 1 mois et 7 jours à 1 mois et 15 jours selon la variété et l'altitude.

Une différence significative est montrée entre les altitudes sur l'infestation des gousses des différentes parcelles de fève durant les deux années d'études.

Les femelles de *B. rufimanus* expriment une préférence marquée pour les parcelles semées en moyenne altitude, suivies par celles en basse altitude et en altitude. Tandis que, l'infestation n'est pas significativement différente entre les gousses de la strate basse et les gousses de la strate haute sur les pieds de fève, semé au niveau des différentes altitudes.

Concernant le cycle de développement de *B. rufimanus*, l'étude réalisée nous a permis de distinguer quatre stades distincts : l'œuf, la larve (4 larves), la nymphe et l'imago. La durée de développement la plus longue, depuis l'œuf jusqu'à l'adulte est marquée par la parcelle à variété Aguadulce semée en altitude, elle s'échelonne sur 3 mois et 20 jours, alors que la plus courte est observée sur la variété Séville semée en moyenne altitude, elle est de 4 mois et 15 jours. La ponte débute avec le début de la fructification, s'étale sur toute la période de formation et de maturation des gousses et se termine avec le noircissement de ces organes.

Les travaux réalisés sur la biochimie des adultes de *B. rufimanus*, montrent que le taux de protéines totales hémolympatiques de ce bioagresseur, en période de diapause, est plus élevé en comparaison à la période d'activité reproductrice. Le taux des protéines est élevé durant les six mois de diapause, il s'échelonne entre 78,92 µg/µl en mois d'octobre et 40,76 µg/µl en mois de mars. Cette hausse en protéines peut être expliquée par le stockage des protéines durant la vie larvaire. Le taux des protéines décroît de façon importante au mois d'avril (période d'activité reproductrice), cette réduction est en rapport avec la reprise de l'activité et la colonisation des champs de la fève pour la recherche de la nourriture, du partenaire sexuel, déplacement et autres activités d'entretien. Au mois de mai la concentration

en protéines augment à nouveau ceci peut être dû à l'alimentation pollinique fournie par la plante hôte ainsi que les plantes adventices présentes dans l'agrosystème.

Une différence significative est montrée entre les mois concernant la protéinémie, tandis que la différence de concentration en protéine, entre les deux sexes n'est pas significative. Le test de NEWMAN et KEULS a classé les mois de Février (bruche en diapause) dans le 1^{er} groupe et le mois de mai (bruche en activité reproductrice) dans le 2^{ème} groupe.

Afin de protéger les champs de fève et limiter l'activité de son insecte ravageur *B. rufimanus* nous avons eu recours à l'utilisation des méthodes alternatives basées sur l'application des huiles essentielles des plantes aromatiques méditerranéennes qui ne présentent aucun effet toxique ou chimique sur l'environnement.

Les résultats des expérimentations menées sur l'activité biopesticide des huiles essentielles sur la mortalité des individus de *B. rufimanus* testées par contact, confirment que les sept huiles essentielles utilisées ont toutes un effet insecticide à l'égard des adultes de la bruche mais avec des degrés d'efficacité différents. En effet, les plus efficaces sur la durée de vie des deux sexes restent celles d'*E. globulus* de la famille des Myrtacées et *O. vulgare* et *S. officinalis* de la famille des Lamiacées. Cependant, les moins efficaces sont celles de Pinacées *P. pinaster*, Cupressacées *C. sempervirens* et *S. molle* (Anarchadiacées). Les doses létales médianes DL50 sont importantes pour l'eucalyptus avec 1,23 et 2,87 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ pour les mâles et femelles respectivement, et moins importantes pour le faux poivrier avec 5,68 et 6,61 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ respectivement pour les mâles et les femelles.

Notons aussi que les mâles de *B. rufimanus* révèlent une sensibilité vis-à-vis certaines huiles essentielles par rapport aux femelles notamment pour *M. piperita*, *P. pinaster*, *S. molle* et *E. globulus*; alors que les autres huiles ont une efficacité insecticide similaires sur les deux sexes.

L'évaluation de la toxicité par inhalation, des huiles essentielles testées et leurs effets létaux sur les adultes mâles et femelles de *B. rufimanus*, révèle que l'huile d'*E. globulus* manifeste un effet de fumigation très marqué avec DL50 variant entre 1,5 et 2,5 $\mu\text{l}/\text{l}$ d'air pour les deux sexes respectivement, suivi par les huiles d'*O. vulgare* et *M. piperita*, les taux de mortalité augmentent avec l'augmentation de la dose et du temps d'exposition pour toutes les huiles testées.

Par ce type de test, les huiles essentielles extraites des espèces aromatiques, telles que l'origan, la sauge la menthe poivrée, le faux poivrier et l'eucalyptus, ont montré une efficacité

sur les mâles que sur les femelles. Nous constatons que ces dernières sont plus rigides et plus résistantes tandis que les mâles sont les plus faibles.

De nombreuses perspectives peuvent être dégagées de notre étude afin de protéger les champs de fève contre *B. rufimanus* qui constitue un défi quotidien. Notamment, l'agriculteur doit appliquer des méthodes de protection compatibles avec leurs moyens financiers et techniques. C'est pour cette raison que le problème des pertes post-récolte ne peut être résolu, non pas par une méthode de lutte unique, mais bien par la combinaison de différentes méthodes reconnues efficaces.

La lutte contre ce ravageur doit, vu la rentabilité de la culture, débiter par des méthodes culturales par l'élimination des adventices constituant une source de nourriture additionnelle pour les bruches à la fin de la floraison de la plante hôte.

L'utilisation des graines saines ou celles âgées de deux années pour éviter la réinfestation par les adultes qui accompagnent les graines et qui diapausant dans le sol.

Réalisation des semis précoces qui permettent de soustraire la récolte aux infestations du ravageur; les semis précoces réduisent fortement les attaques de la bruche.

Il serait donc intéressant de poursuivre des recherches plus poussées sur l'utilisation des bioinsecticides afin d'identifier et d'isoler d'autres composants actifs des plantes qui assure une protection de la fève contre ce ravageur.

Il sera judicieux par ailleurs, d'affiner cette recherche avec des expérimentations ultérieures qui pour nous amener à mieux cerner les composés responsables de l'effet insecticides de ces huiles vis-à-vis cet insecte.

Il sera intéressant de caractériser la diapause par la liponémie et le sucre totaux.

Références bibliographiques

1. **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 (3): 194-199.
2. **ABID L., 2008.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle* L. et *Pistacia vera* L. de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Univ. de Tlemcen. 115p.
3. **ABOU-ZEID N. M., 2002.** Current status of food legumes diseases in Egypt. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie. 100p.
4. **AGEGNEHU G. et FESSEHAIE R., 2006.** Response of faba bean to phosphate fertilizer and weed control on Nitisols of Ethiopian highlands. *Ital. J. Agron. / Riv. Agron.* 2:281-290.
5. **AMARA N. et BOUGHÉRARA Y., 2017.** Activité Antimicrobienne de l'Huile Essentielle du Cyprès Vert (*Cupressus sempervirens* L.). *Algerian Journal of Natural Products.* 5(2): 455-462.
6. **AMZOUAR S., BOUGHDAD A., ABDELWAHED M. et ALLAM L., 2016.** Comparaison de la composition chimique et l'activité insecticide des huiles essentielles de *Mentha suaveolens* Ehrh. prélevées de deux régions différentes du Maroc contre *Bruchus rufimanus* (Bohman) (Coleoptera: Chrysomelidae). 18(3) : 836-845.
7. **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. U.M.M.T.O. 268 p.
8. **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.* 3 (4):266-272.
9. **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.
10. **ARVALIS et UNIP, 2012.** Féverole de printemps et d'hiver 2011-2012. Guide de culture. 27 p.
11. **ARVY M.P. et GALLOUIN F. 2003.** Epices aromates et condiments. Paris: Belin. 412p.

12. **ATAKAN E., 2012.** Abundance patterns of predatory bugs, *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) and their some insect preys on faba bean with different planting dates in Adana province, Turkey. *Türk. Bull. Entomol.* 2: 37-48.
13. **AUBINEAU M., BERMON A., BOUGLER J., NEY B. et ROGER-ESTRAD J., 2002.** Larousse agricole. 4^{ème} édition. 750p.
14. **AVERSENQ P., GOUTIER J. et GUEGUEN M., 2008.** Le Truffaut. Anti-maladies et parasites. Larousse. Ed. Octavo. 224p.
15. **BACH D., MASCRE M. et DEYSSON G., 1967.** Cours de botanique générale-tome II : *organisation et classification des plantes vasculaires- II partie : systématique.* Ed. Sedes. 434p.
16. **BALACHOWSKY A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies, Tome I, Vol 1. 564p.
17. **BANKS J. C. G., 2004.** Southern Hemisphere Conifers. In: *Tropical Ecosystems.* Pp. 1712-1719.
18. **BATISH D.R., SINGH H.P., KOHLI R.K. et KAUR S., 2008.** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management.* 256: 2166–2174.
19. **BECK S.D., 1983.** Insect photoperiodism. *Ann. Rev. Entomol.* 28: 91-108.
20. **BELKHODJA M., 1996.** Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minéral et recherche des marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. Université d'Es- Senia. Oran. 155p.
21. **BELKHODJA M., 1996.** Action de la salinité sur le comportement, physiologique, métabolique chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse de doctorat es Sciences. Univ. d'Oran. 255p.
22. **BELOT A., 1978.** Dictionnaire des arbres et arbustes de jardin. Ed. Bordas, Paris. 383p.
23. **BENABDALLAH A., 2017.** Etude écophysiological, développement et importance des plantes médicinales du genre *Mentha* dans le Parc National d'El-Kala (Nord-Est Algérie). Thèse de doctorat es Sciences. Univ. de Frères Mentouri Constantine. 171p.
24. **BENABDEL-JELL K., 1990.** Des légumineuses en tant que source protéique alternative dans les rations de poulet chair. *Options Méditerranéennes.* 7 :12-45.
25. **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.

26. **BITTNER M. L., CASANUEVA M. E., ARBERT C. C., AGUILERA M. A., HERNÁNDEZ V. J., and BECERRA J. V., 2008.** Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). *J. Chil. Chem. Soc.* 53 (1): 1455-1459.
27. **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*, Oxfordshire, U.K. Pp. 968-1003.
28. **BOCK J. 1997.** Etude de la vulnérabilité à l'embolie et du comportement stomatique de quelques espèces ligneuses méditerranéennes des genres: *Cedrus*, *Cupressus* et *Quercus*., Université Henri Poincaré, Nancy. 1: 5-12.
29. **BONNIER G., 1990.** La grande flore de France en couleurs. *Ed. Belin*, Paris. Pp. 214-21.
30. **BOTINEAU M., 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed. Tec & Doc, Paris. 1335p.
31. **BOUCHIKHI TANI Z, KHELIL M A, BEDAHOU M et PUJADE V. 2011.** Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Bruchus rufimanus* Bohman, 1833, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchidae) par les huiles essentielles extraites d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées). *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 76:177-186.
32. **BOUDY P., 1950.** Economie forestière nordafricaine. Monographie et traitement des essences forestières 2ème fascicule. Tome II. Larousse. 878p.
33. **BOUGHDAD A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus Rufimanus* Boheman, 1833 sur *Vicia Faba* au Maroc. Thèse de doctorat es Sciences. Univ. Paris, Orsay, France. 182 p.
34. **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.
35. **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.
36. **BOUHACHEM S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie. 100p.
37. **BRINK M. et BELAY G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes secs. Prota, Pays bas. 221-223.

38. **BRUNETON J., 1993.** Eléments de phytochimie et de pharmacologie. 2^{ème} Ed. Lavoisier, Paris. Pp.405-426.
39. **BUKEJS A., 2010.** Materials to the knowledge of Latvian seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae). *Baltic J. Coleopterol.* 10 (2): 177-184.
40. **CAILLIEZ B., 2005.** La lutte contre la bruche de la féverole. *La France Agricole.* N° 3109.
41. **CANDAU J-N, 2008.** Impacts du changement climatique sur les insectes ravageurs des forêts méditerranéennes. *Revue forêt méditerranéenne.* 2:145-154.
42. **CASARI S.A. et TEIXEIRA E.P., 1997.** Description and bioecological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). *Annales de la Société Entomologique de France.* 33(3) : 295-323.
43. **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.
44. **CHANEGRIHA N., BAALIOUAMER A., MEKLATI B.Y., BOUVIN J.H. et ALAMERCERY S., 1993.** Chemical composition of Algerian cypress essential oil. *Journal of Essential oil Research.* 5(6): 671-674.
45. **CHAPMAN R.F., 1982.** The insects: structure and function. Thud edition. Cambridge : *Harvard University Press.* 919p.
46. **CHAUX CL. et FOURY CL., 1994.** Productions légumières secs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tome 3. Technique et documentation Lavoisier. Pp.7-13.
47. **CHEN P.S. et LEVENBOOK T., 1966.** Studies on the haemolymph proteins of the blowfly *Phormia regina* - I. Changes in ontogenetic patterns. *Journal of Insect Physiology.* 12:595-1609.
48. **CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ». Bulletin de la société d'entomologie du Quebec. 14 : 3-6.
49. **CHIPPENDALE G.M., 1982.** Insect diapause, the seasonal synchronism of life cycle, and management strategies. *Ent. Exp. Appl.* 31: 24-35.
50. **COUPLIN F. et MARMY F., 2009.** Jardinez au naturel. *Le jardin bio facile.* 249p.
51. **CSEKE L.J. et KAUFMAN P.B., 1999.** How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90 in P.B. Kaufman, L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke et H.L. Brielmann (eds.). *Natural Products from Plants.* CRC Press, Boca Raton, FL.

52. **CUBERO J.L., 2011.** The Faba bean. A historic perspective. *Grain legumes*. 56:5-7.
53. **D.S.A.B., 2019.** Statistiques Agricoles. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Bouira. 5p.
54. **DAGNELIE P., 1973.** Théories et méthodes statistiques applications agronomiques. Vol 1. Ed. Presses Agronomique de Gembloux. 378p.
55. **DAGNELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Vol 2. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux A. S. B. L. 463p.
56. **DAJOZ R., 1982.** Précis d'écologie. Ed. GAUTHIER-Villars. 503p.
57. **DAJOZ R. 1985.** Précis d'écologie. Ed. Dunod. 505p.
58. **DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris, 8^{ème} édition. 631p.
59. **DANIEL J., RODOLPHE-EDOUARD S. et VINCENT V.S., 2002.** Botanique systématiques des plantes à fleurs (Collection biologique). 2^{ème} Edition. PPUR. 328 p.
60. **DANKS H.V., 1987.** Insect dormancy: an ecological perspective. Biological Survey of Canada. Monograph Serie 1 Ottawa. 439p.
61. **DELAVEAU P., 1987.** Les épices, Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. PARIS : Ed. Albin Michel. 371p.
62. **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.
63. **DENLINGER L., YOCUM G.D. et RENIHART J.P., 2005.** Hormonal control of diapauses. *Comprehensive molecular insect science*. Edited by Lawrence L. Iatrou Sarjeet et S. Gill. Pp. 615-649.
64. **DIDIE B. et GUYOT H., 2012.** Des plantes et leurs insectes. Ed. Quæ, Paris. 253p.
65. **DOMINIQUE M., 2007.** Le pin maritime. La forêt notre savoir faire. Ed. Institut pour le développement forestier. Paris. 4p.
66. **DREUX, 1980.** Précis d'écologie. 2^{ème} édition, Paris. 231p.
67. **DUC G., 1997.** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field crops research*. 53: 99-109.
68. **DUDAREVA N., PICHERSKY E. et GERSHENZON J., 2004.** Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiology*. 135: 1893-1902.

69. **DUPONT P. et HUIGNARD J., 1990.** Relationships between *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coléoptéra: Bruchidae) and the phenologie of its host plant *V. faba* L their importance in the special distribution of the insects. *Symp. Biol. Hung.* 39:255-263.
70. **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. Univ. de Tours. 168p.
71. **EL AKREM H., IMED C., MANAF A., MARIELLE B., JEAN-YVES L., HAMMAMI M. et MOKTAR H., 2008.** Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. *International Journal of Food Microbiology.* 125 :242-251.
72. **ENRIGHT N. J., HILL R. S., et VEBLEN T. T., 1996.** The southern conifers - An introduction. *Ecology of the Southern Conifers.* Washington, D.C., USA: Smithsonian Institution Press. Pp.1-9.
73. **EVENDEN M.L, ARMITAGE G.and LAU R., 2007.** Effects of nutrition and methoprene treatment upon reproductive diapause in *Caloptilia fraxinella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Physiological Entomology.* 32:275-282.
74. **EVENDEN M.L., 2009.** Biology of *Caloptilia fraxinella* (Lepidoptera: Gracillariidae) on ornamental green ash, *Fraxinus pennsylvanica* (Oleaceae). *Entomological Society of Canada.* 141:31-39.
75. **FABRE M-C., GENIN A., MERIGOUX J. et MOGET E., 1992.** Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Résoudre Les Problèmes Simples. 93p.
76. **FARR CL., MATSUSHIMA Y., LAGINA A.T., LUO N., KAGUNI L.S., 2004.** Physiological and biochemical defects in fonctional interactions of mitochondrial. *J. Bio. Chem.* 279(17): 17047-17053.
77. **FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1980.** Ecologie. Ed. J.B. Bailliere, Paris.168p.
78. **FIGUEREDO G., 2007.** Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de doctorat en chimie organique. Univ. Blaise Pascal. 417p.
79. **FINNEY D. J., 1971.** Statistical method in biological assay, 2nd edition. London: Griffin. 333p.
80. **FLETCHER 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.

81. **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 en Afrique. Ed. Quæ, Paris. 145p.
82. **FOLTETE A-S., 2010.** Effets génotoxiques et systèmes de détoxication chez *Vicia faba* (Fabaceae) dans le cadre de l'évaluation des sols pollués. Thèse de doctorat es sciences. Univ. Lorraine. 246p.
83. **FRANCHOMME P., PENOËL D. et JOLLOIS R., 2003.** L'aromathérapie exactement. Ed. Roger Jollois, Bayeux. 490 p.
84. **FRANSSEN C.J.H., 1956.** De levenswijze en de bestrijding van de Tuinboonkeverversl. *Landbooke Onders.* 62(10):1-75.
85. **GASTON B., 1990.** La grande flore en couleurs (la flore de France). Edit. Belin. Tome I, II, III, IV, index. Paris. France. 400p.
86. **GEPTS P., WILLIAM D. BEAVIS E., CHARLES B., RANDY C., SHOEMAKER H., THOMAS S., NORMAN F. et NEVIN D., 2005.** Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross. *Legume Advances through Genomics Conference.* 137:1228–1235.
87. **GERMAIN J. F., HUIGNARD J. et MONGE J. P., 1985.** Influence des inflorescences de la plante hôte (*vigna inguiculata*) sur la levée de la diapause reproductrice de *Bruchidius atrolineatus*. *Entomologia experimentalis et applicata*, Institut de Biocénétique Expérimentale des Agrosystèmes. Univ. F. Rabelais. 39 : 35- 42.
88. **GHEDIRA K., GOETZ P. et LE JEUNE R., 2008.** *Eucalyptus globulus* labill. *Monographie Médicalisé Phytothérapie.* 6:197-200.
89. **GOETZ P. et GHEDIRA K., 2012.** Phytothérapie infectieuse. Springer Verlag, France, Paris. 272p.
90. **GORDON M.M., 2004.** Haricots secs: Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada. Pp. 1-7.
91. **GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Etude de l'activité insecticide 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. U.M.M.T.O. 144p.
92. **GOYOAGA C., BURBANO C., CUADRADO C., ROMERO R., GUILLAMO'N E., VARELA A., PEDROSA M.M. and MUZQUIZ M., 2011.** Content and distribution of

- protein, sugars and inositolphosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24:391–397.
93. GUYOT M., 1992. Systématique des Angiospermes. Lomé (Togo): Presses Editogo.
94. HAMADACHE A., 2003. La féverole. *Inst. Techn. Gr. Cult* (T.T.G.C). 13p.
95. HAMANI-AOUDJIT S., 2014. Bio-écologie et diapause reproductrice de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dans deux parcelles de fèves et féverole dans la région de Haizer (Bouira). Mémoire de magister. U.M.M.T.O. 71p.
96. HAMANI-AOUDJIT S. et MEDJDOUB-BENSAAD F., 2015. Biological cycle and populations dynamics of bean weevil *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Bruchinae) on two parcels: *Vicia faba* major (Seville) and *Vicia faba* minor in the region of Haizer (Bouira, Algeria). *Int. J. Geolo. Agric. Enviro. Scien.* 3: 33-37.
97. HAMANI-AOUDJIT, S. AND MEDJDOUB-BENSAAD, F., 2015. Biochemichal study of Weevil bean *Bruchus rufimanus* diapausing and reproductive activity. *ARPN J. Sci. Technol.*, 5: 156-159.
98. HAMANI-AOUDJIT S. et MEDJDOUB-BENSAAD F., 2018. Monitoring the activity and biology of the pest *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in beans crops. *Indian J. Agric. Res.*
99. HAMMAMI S. et ABDESSELEM M., 2005. Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla. Thèse de doctorat. Univ. de Blida. 69p.
100. HAMON C., BIEMONT J.C. et CHAUVIN G., 1982. Ultrastructure et fonction sécrétrice des cellules de la paroi des oviductes latéraux chez *Acanthocelides obtectus*. *Int. J. Insect. Morph. And Embryol.* 11 : 327-339.
101. HANS W.K., 2007. 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terres éditions. 335p.
102. HE H-M., XIAN Z-H., HUANG F., LIU X-P. et XUE F-S., 2009. Photoperiodism of diapause induction in *Thyrassia penangae* (Lepidoptera: Zygaenidae). *Journal of Insect Physiology*. 55:1003-1008.
103. HELBIG J., 1998. Ability of naturally occurring parasitoids to suppress the introduced pest *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera, Bostrichidae) in traditional maize stores in Togo. *Journal of Stored Products Research*. 34(4): 287-295.
104. 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.
105. HEYWOOD V.H., 1996. Les Plantes à fleurs : 306 familles de la flore mondiale. Ed. Nathan, Paris. 336p.

- 106.HOFFMANN A., 1945.** Faune de France: Coléoptères bruchides et anthribides. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles. 187 p.
- 107.HOFFMAN A. et LABEYRIE V., 1962.** Sous famille des bruchidae in Balachowsky A.S., Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Volume I, Tome I, Ed. Masson et Cie. Pp.185-188.
- 108.HOFFMAN A., LABEYRIE V. et BALACHOWSKY A. S., 1962.** Famille des Bruchidae. In Entomologie App. à l'Agriculture. 434-494, (1), BALACHOWSKY Ed. Masson publ. Paris. 564p.
- 109.HUFTY A., 2001.** Introduction à la climatologie. 574p.
- 110.HUIGNARD J., 2015.** Les plantes et les insectes : une lutte permanente-1 : les défenses des plantes. Bulletin Vivre la Vigne en Bio. 6 : 61-66.
- 111.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.179-19.
- 112.HUIGNARD J., GLITHO A., MONGE J.P. et REGNAULT-ROGER C., 2011.** Insectes ravageurs des graines de légumineuses: Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ. 147p.
- 113.HUNTER M.D., MC NEIL J.N., 1997.** Host-plant quality influences diapause and voltinism in a polyphagous insect herbivore. *Ecology*. 78:977-986.
- 114.INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE FORESTIERE (INRF), 2012.** Etat actuel des ressources génétiques forestières en Algérie. Disponible sur : <http://www.fao.org/documents>.
- 115.ISHIHARA M. et OHGUSHI T., 2006.** Reproductive inactivity and prolonged developmental time induced by seasonal decline in host plant quality in the willow leaf beetle *Plagioder a versicolora* (Coleoptera : Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 35:524-530.
- 116.ISMAN M.B. 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop. Prot.* 19: 603-608.
- 117.ISMAN M.B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.* 51: 45-66.

118. **JALOUX B., 2010.** Cultures associées et contrôle des populations de pucerons, mécanismes et perspectives. *Journées techniques fruits et légumes biologiques*. Pp. 43-46.
119. **JUDD W.S., CAMBELL C.S., KELLOGG E.A. ET STEVENS P., 2002.** Botanique systématique une perspective phylogénétique. Ed. De Boeck, Paris. Pp. 373- 467.
120. **JULIEN P. CORRIVAUT G.W. et PERRON J.M., 1977.** Evolution comparative des protéines de l'hémolymphe et des corps gras de *Calliphora erythrocephala*. *Insect Biochemistry*. 7:109-114.
121. **KARAHACANE T., 2015.** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes de blé en post récolte. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. 166p.
122. **KARR L.L. and COATS J.R., 1988.** Insecticidal properties of d-Limonene. *Journal of Pesticide Science*. 13(2): 287-290.
123. **KEÏTA S.M., SCHMIT J.P., VINCENT C., ARNASON J., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 37:339-349.
124. **KÉITA S.M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., RAMASXAMY S. et BÉLANGER A., 2002.** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of stored products research*. 36:355-364.
125. **KELLOUCHE A. et SOLTANI N., 2004.** Activité biologique des poudres des cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobruchus maculatus*. *International Journal of Tropical Insect Science*. 24 (1): 184-191.
126. **KELLOUCHE A., 2005.** Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'état. U.M.M.T.O. 154 p.
127. **KERGOAT G.J., 2004.** Le genre *Bruchidius* (Coleoptera: Bruchidae) : un modèle pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes. Thèse de doctorat. Univ. Paris. 188p.
128. **KESZTHELYI S., EGRI H. B., HORVATH D., CSOKA A., KOVACS G., DONKO T., 2018.** Nutrient content restricting and CT-measured density, volume attributions on damaged beans caused by *Acanthoscelides Obtectus* Say (Coleoptera:Chrysomelidae). *J. Plant. Prot. Res.* 58: 1-11.

- 129.KETOH G.K., 1998.** Utilisation des huiles essentielles de quelques plantes du Togo comme biopesticide dans la gestion des stades développement de *callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat. Univ. Lomé, Benin. 141p.
- 130.KHARRAT M., 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.
- 131.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 leMaghreb* », Hammamet, Tunisie. 100p.
- 132.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.
- 133.KIM S., PARK C., OHH M., H. CHO H. AND AHN Y., 2003.** Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricornes* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Stored Prod. Res.* 29:11-19.
- 134.KINGSOLVER J.M., 2004.** Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta : Coleoptera). U.S. Department of agriculture. *Technical Bulletin.* 636p.
- 135.KOKWARO J. O., 1986.** Anacardiaceae. In: POIHILI, R. M. *Flora of Tropical East Africa*. Rotterdam (Netherlands): A. A. Balkema. 59 p.
- 136.KOLEV N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie; légumes, fruits. Ed. J. Baillièrre. Paris. Vol I. 207p.
- 137.KOSTA V., 2006.** Eco-physiological phases of insect diapauses. *J. Insect. Physiol.* 52(2): 113-127.
- 138.KOUL O., WALIA S., and DHALI WAL G.S., 2008.** Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides International.* 4:63-84.
- 139.KOZIOL N., 2015.** Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Univ. LORRAINE. 129p.
- 140.KUMAR R., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. Ed. Karthala, Paris. 293p.

141. **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. Pp. 71-73.
142. **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 et sa plante hôte. Mémoire de magister. U.M.M.T.O.108p.
143. **LAUMONIER R., 1979.** Cultures légumières et maraîchères, Tome III. Ed. J.B. BAILLIERE. 276p.
144. **LEANDRI C.P., FERNANDEZ X.F., LIZZARI-CUVELIER L. et ANDROLI G., 2003.** Chemical composition of cypress essential oil: volatile constituents of leaf oils from seven cultivated *Cupressus* species. *Journal of Essential Oil Research*. 15:242-247.
145. **LECOINTRE J.F et LE GUYARDER H., 2001.** Classification phénologénitique du vivant. Ed. Belin, Paris. 543p.
146. **LEPPIK E., PINIER C. et FREROT B., 2014.** Chemical landscape of agrobiocoenosis: Case study of broad faba bean and its specialized pest *Bruchus rufimanus*. *Presented at the 10th international conference on agricultural pests*, Montpellier, France.
147. **LETREUCH-BELAROUCI N., 1991.** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vols. 1-2. OPU, Alger. 641 p.
148. **LIENARD V. et SECK D., 1994.** Revue des méthodes de lutte contre (*Callosorbuchus maculatus*) (F.) (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata*) (L) en Afrique Tropical. *Insect Sci. Applic.* 15(3) :301-311.
149. **LIM T. K., 2012.** *Vicia faba*. Fruits. 2: 925-936.
150. **LUCA Y., 1965.** Catalogue des métazoaires parasites et prédateurs de Bruchidae (Coleoptera) *J. Stord .Prod. Res.* 1:51-98.
151. **M. A., 2014.** Statistiques Agricoles. Ministère de l'Agriculture. 1p.
152. **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.
153. **MAOUI R., SAY B., EL HADJ B., FRIKH A. et GIRARD C., 1990.** La culture de la fève en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H., AGROPOL. et I.T.C.F. 16p.
154. **MARCELLO I. PAOLO R. et CLAUDINE A., 2004.** Les espèces de Cyprès. CYPMED. INTERREG III B. MEDOCC. Corte. 100p.
155. **MAZAKI S., 1980.** Summer diapause. *Ann. Rev. Entomol.* 25 : 1-25.

- 156.MEDJDOUB-BENSAAD, 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 es Sciences, U.M.M.T.O., 130p
- 157.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. A.J.A.R. 2 (9): 412-417.
- 158.MEDJDOUB-BENSAAD F. et KHELIL M.A., 2008.** Bioécologie 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. de Tlemcen.12p.
- 159.MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELIL M.A. et HUIGNARD J., 2010.** Bioécologie 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.
- 160.MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELEL 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 F.S.B.* Pp. 89-96.
- 161.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.* 13 :12-21.
- 162.MESSIAEN C.M. ; BLANCARD D. ; ROUXEL F. et LAFON R., 1991.** Les maladies des plantes maraîchères. 3^{ème} Ed. Quæ. 280p.
- 163.MEYER S. REEB, C. et BOSDEVEIX, R. 2004.** Botanique, Biologie et Physiologie Végétales. Editions Maloine, Paris. 490p.
- 164.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. U.M.M.T.O. 114 p.
- 165.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.
- 166.MEZANI S., 2016.** 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. Thèse Doctorat Sciences Biologiques, U.M.M.T.O. 190p.

167. MILES E., 2016. Le grand livre des huiles essentielles. Paris : first Editions. 446p.
168. 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.
169. NUSSLY G.S., HANTZ M.G., BEIRIGER R., Scully B.T., 2004. Insects associated with faba bean *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist*. 87 (2): 204-211.
170. O.N.M.B., 2015, 2016. Relevés météorologiques des années 2015, 2016 de la région de Bouira. Office National de Météorologie, Bouira. 1p.
171. OLAFSSON K., JAROSZEWSKI J. W., SMITT U. W., NYMAN U., 1997. Isolation of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibiting triterpenes from *Schinus molle*. *Planta Med.* 63:352-355.
172. OUSLIM S., 2016. BNL associées aux légumineuses alimentaires (*Vicia faba* L.) dans l'Ouest d'Algérien « caractérisation et importance ». Thèse de doctorat. Univ. d'Oran. 159p.
173. OZENDA P., 1983. Flore du Sahara septentrional. Ed CNRS, Paris. 486p.
174. PAJNI HR. et SOOD S., 1975. Effect of pea pollen feeding on maturation and copulation in the beetle *Bruchus pisorum* L. *Indian J. of Exp. Biol.* 13: 202-203.
175. PAJNI H.R., 1984. Host specificity in *Bruchus lentis* (Froh.). *Com. XVII Int. Congress Entomology Hamburg* (sous presse).
176. PAMO E.T., TAPONDJOU L.A., TENDONKENG F., NZOGANG J.F., DJOUKENG J., NGANDEU F. et KANA J.R., 2003. Effet des huiles essentielles des feuilles et des extrémités fleuries de *Cupressus lusitanica* sur la tique *Rhipicephalus lunulatus* à l'ouest-Cameroun. *Journal of the cameroon academy of sciences*. 3: 169-175.
177. PAPACHRISTOS D. P., and STAMOPOULOS D. C., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 38(2): 117-128.
178. PELL S K., 2004. Molecular systematics of the cashew family (Anacardiaceae). Thèse de doctorat. St Andrews Presbyterian College. 207p.
179. PÉREZ S. G., RAMOS-LÓPEZ M. A., ZAVALA-SÁNCHEZ M. A. and CÁRDENAS-ORTEGA N. C., 2010. Activity of essential oils as a biorational alternative to control coleopteran insects in stored grains. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4(25):2827-2835.

- 180. PEREZ-DE-LUQUE A., EIZEN BERG H., GRENZ JH., SILLERO JK., A VILA C., SAUERBORN J., RUBIALS D., 2010.** Broomrape management in faba bean. *Field crops research*. 115:319-338.
- 181. PERON J-Y, 2006.** Références. Production légumières. 2^{ème} Ed. DUC, Paris. 613p
- 182. PESCHO GR. et VAN HOUTEN RJ., 1982.** Pollen and sexual maturation of the pea weevil (Coleoptera: Bruchidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 75:439-443.
- 183. PFAFFENBERGER G. S., 1977.** Comparative description of instar larval of *Bruchus bruchialis*, *B. rufimanus*, *B. pisorum* (Coleoptera: Bruchidae). *The Coleopt. Bull.* 31:133-142.
- 184. PHILLIPS T.W., TRONE J.E., 2010.** Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annu. Rev. Entomol.* 55: 375-397.
- 185. PIROINEN S., LYYTINEN A., KETOLA T. et LINDSTRÖM L., 2011.** Energy use, diapause behaviour and northern range expansion potential in the invasive Colorado potato beetle. *Functional Ecology*. 25(3):527-536.
- 186. PLANQUAERT PH. et GIRARD G., 1987.** La féverole d'hiver. *Revue, I.T.C.F.* 3^{ème} Trim. 32p.
- 187. PLANQUAERT PH. et GIRARD G., 1987.** La féverole d'hiver. *Revue, I.T.C.F.* 3^{ème} Trim. 32p.
- 188. PRICE R.A., LISTON A. et STRAUSS S.H. (1998).** Phylogeny and systematics of *Pinus*. In Richardson D.M. (ed) *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Pp. 49- 68.
- 189. QUANTIN M., 1861.** Bulletin de la société des sciences historiques et naturelles. 234p.
- 190. QUEZEL P., 1979.** La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circumméditerranéen. *Forêt médit.* Pp. 7-18.
- 191. QUEZEL P., 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualité d'écologie forestière, compilées par PESSON, Bordas. Ed. Paris. Pp. 205-256.
- 192. QUEZEL P., et SANTA S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris. 1170p.
- 193. QUIROGA E. N., SAMPIETRO A. R., VATTUONE M. A., 2001.** Screening antifungal activities of selected medicinal plants, *J. Ethnopharmacol.* 74:89-96.

- 194.RACHEF S.A. et OUFFROUKHA A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation) .I.N.R.A. 34-41.
- 195.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.
- 196.RAJA N., ALBERT S., IGNASEMUTHU S. et DORN S., 2001.** Effect of plante volatile oil in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) walpers against *Callosobruchus maculates* (F) (Coleoptera : Bruchidae) infestation. *Journal of stored products research.* 37: 127-132.
- 197.RAMADE F., 1984.** Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. MC GRAW HILL, Paris. 397p.
- 198.RAMADE F., 1990.** Conservation des écosystèmes méditerranéens, enjeux et précipitations. Ed. Economica. Paris, fasc. 3. 144p.
- 199.REGNAULT-ROGER C., VINCENT C. et ARNASON J., 2012.** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.*57:404-424.
- 200.REGNAULT-ROGER C. and HAMRAOUI A., 1993.** Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. Against its Bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). *J. srored Prod. Res.* 29(3): 259-264.
- 201.REGNAULT-ROGER C., 2002.** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ? In: Philogène B.J.R, Regnault-Roger C. & Vincent C., coord. Biopesticides d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec & Doc. Pp. 19-39.
- 202.REGNAULT-ROGER C., and HAMRAOUI A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* 31: 291-299.
- 203.REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., HOLEMAN M., THERON E. et PINEL R., 1993.** Insecticidaleffect of essential oils from Metitertanean plants upon *Acanthoscelides Obtectus*, a Pest of Kindney Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal Of Chemical Ecology.* 19: 1232-1244.
- 204.RÉMOND D. et WALRAND S., 2017.** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovation Agronomique.* 60:133-144.
- 205.RETA SANCHEZ DG., SANTOS SERRATO CORONA J., VIRAMONTES RF., CUETO WONG JA., PADILA SB., SESAR JS., 2008.** Cultivos alternatives con potential de uso forrajero en la comarca legumera, Premira, Mexico. 41p.
- 206.RISTIC D., BRIKIC N.T et ZALFIJ A. (1999).** *Salvia officinalis* L. Bric D (ed) institue for medicinal plants JosifPanacic. Belgrade and Art Grafik Belgrad. Pp.151-167.

- 207.RIVERO A., GIRON D. et CASAS J., 2001.** Lifetime allocation of juvenile and adult nutritional resources to egg production in a holométabolous insect. *Proceeding of the Royal Society of London.* 268:1231-1237.
- 208.SADOU M.K., 1998.** Mesure de l'intensité de l'infestation de la fève par *Bruchus rufimanus* Boh (Coleoptera : Bruchidea) dans la station expérimentale de Oued Semar proposition d'une stratégie de lutte chimique. Mémoire de magister. Ins. Agro. El Harrach. 96 p.
- 209.SANON A., OUEDRAOGO A.P., TRICULT Y., CREDLAND P.F. and HUIGNARD J., 1998.** Biological control of bruchid in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) adult. *Environ. Entomol.* Pp. 717- 725.
- 210.SARKAR S., SARKAR A., ZAMAN A. et 2017.** Effect of irrigation and phosphorus fertilization on growth, yield and nodulation of broad bean (*Vicia faba* L.). *Indian J. Agric. Res.* 51 (1): 69-73.
- 211.SAUVION N., CALATAYUD P-A, TEIÈRY D. et MARION-POLL F., 2013.** Interaction insectes-plantes. Ed. Quae, France. 752p.
- 212.SCHNEIDER A. et HUYGHE C., 2015.** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Ed Quæ. Versailles. 471p.
- 213.SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Alger Carbogel. 21p.
- 214.SERI-KOUASSI B. P., KANKO C., ABOUA L. R. N., BEKON K. A., GLITHO A. I., KOUKOUA G. et GUESSAN Y. T., 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *C. R. Chimie.* 7: 1043–1046.
- 215.SERPEILLE A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile. *Bulletin. F.N.M.S.*116:32-54.
- 216.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.* 28: 51-54.
- 217.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.
- 218.SINGH A.K., BHAT B.P., UPADHYAYA A., KUMAR S., SUNDARAM P.K., SINGH B.K. et CHANDRA N., BHARATI R.C., 2012.** Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach. *African Journal of Biotechnology.* 11(87): 15264-15271.

- 219. STODDARD F.L., NICHOLAS A.H., RUBIALES D., THOMAS J. et VILLEGAS-FERNANDEZ A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. *Field crops research* 115:308-318.
- 220. STOYTCHEVA M., 2010.** Pesticides - Formulations, Effects, Fates. 808p.
- 221. SULLIVAN DJ., 2007.** Aphids (Hemiptera : Aphididae). *Encyclopedia of Entomology*. 1: 191-215.
- 222. TAKAGI S. et MIYASHITA T., 2008.** Host plant quality influences diapause induction of *Byasa alcinous* (Lepidoptera: Papilionidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 101:392-396.
- 223. TALEB-TOUDERT K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat. U.M.M.T.O. 206p.
- 224. TAUBER M.J. et TAUBER C.A., 1976.** Insect seasonality diapause maintenance termination and post diapause development. *Ann. Rev. Entomol.* 21:81-107.
- 225. TAUPIN P., 1985.** Les ravageurs de la féverole. *Phytoma Def. cult.* Pp.43-45.
- 226. TAYLOR L., 2005.** The healing power of rainforest herbs, a guide to understanding and using herbal medicinal. Ed. *Square One Publishers*, New York.
- 227. TEUSCHER, E., ANTON, R. et LOBSTIEN, A. 2005.** Plantes aromatique ; Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Paris: Tec & Doc. 522p.
- 228. THOMAS M.B., 1999.** Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 96:5944-5951.
- 229. 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.
- 230. TRAN B., 1992.** Caractérisation de l'état diapausant et induction de l'activité reproductrice chez *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat es Sciences. Univ. F. Rabelais, Tours. 99p.
- 231. TRAN B., DARQUENNE J. et HUIGNARD J., 1993.** Changes in responsiveness to factors inducing diapauses termination in *Bruchus rufimanus*. *J. Insect Physiol.* 39:769-774.
- 232. TRAORE N., SIDIBE L., BOUARE S., HARAMA D., SOMBORO A., FOFANA B., DIALLO D., FIGUEREDO G., et CHALCHAT J.C., 2013.** Activités

- antimicrobiennes des huiles essentielles de *Eucalyptus citriodora* Hook et *Eucalyptus houseana* W.Fitzg. Maiden. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(2): 800-804.
- 233. TRIPATHI A. K., UPADHYAY S., BHUIYAN M. and BHATTACHARYA P. R., 2009.** A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy.* 1(5):052-063.
- 234. TUDA M., 2007.** Applied evolutionary ecology of insects of the subfamily Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *App. Entomol. Zool.* 42 (3):337-346.
- 235. VANNETZEL E. et BOIZET F., 2013.** Diagnostic des accidents de la fêverole et du pois. ARVALIS. Institut du végétal. 84p.
- 236. VINOD K.V. et SABU T.K., 2010.** Dormancy-inducing factors of rubber litter beetle, *Luprops tristis* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Insect Science.* 17:47-51.
- 237. WANG H.F., ZONG X.X., GUAN J.P., YANG T., SUN X.L., MA Y., REDDEN R., 2012.** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba*) germplasm revealed by ISSER markers. *Theor. Appl. Genet.* 124: 784-797.
- 238. WEAVER D. K., DUNKEL F. V., NTEZURUBANZA L., JACKSON L. L. and STOCK D. T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. stored Prod. Res.* 27 (4):213-220.
- 239. WYATT G.R., 1961.** The biochemistry of insect hemolymph. *Annual Review of Entomology.* 6:75-85.
- 240. YADAV S.K., VERMA N., SINGH A.K., SINGH N., RANA S.C., RANG, S.S. et KUMAR K., 2017.** Diversity and development in faba bean. *Legume Res.* 40(4): 618-623.
- 241. YAHIA Y., GUETAT A., ELFALLEH W. FERCHICHI A., YAHIA H. et LOUMEREM M., 2012.** Analysis of agromorphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. *African Journal of Biotechnology.* 11(56): 11913-11924.
- 242. YUS RAMOS R., KINGSOLVER J.M. et NAPOLES J.R., 2007.** Sobre el estatus taxonomico actual de los bruquidos (Coleoptera: Bruchidae) en los *Chrysomeloidea. Dugesiana.* 14 (1):1-21.
- 243. ZAGHOUANE O., 1991.** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Option méditerranéenne. Present statut and future perspectives of faba bean production. I.C.A.R.D.A, 10:123-125.

Annexes

Tableau 1: Valeurs moyennes mensuelles des températures (°C), précipitations (mm), humidité relative de l'air (%), vent (m/s) et photopériode (heure), enregistrées dans la région de Bouira durant les deux années d'étude (2014/2015 et 2015/2016) (O.N.M.B., 2015 et 2016).

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
2014/2015	T °C (moy.)	20	14.7	8.5	7.7	7.5	12	16.7	21	23.8	29.3	28.2	22.6
	H.R (%)	60	69	82	79	79	69	62	55	53	41	50	68
	V (m/s)	1.6	2.3	2.5	2.5	3.5	3	1.8	2.4	2.2	1.8	2	2.3
	Photopériode	242	133	311	141.5	140	231.5	287	311	325	365	292.4	245.8
2015/2016	T °C (moy.)	18.4	12.4	9.8	10.6	10.7	10.5	15.9	18.6	23.8	26.6	26.5	22.7
	H.R (%)	69	78	72	70	68	72	64	61	54	50	55	64
	V (m/s)	2.3	1.9	0.9	1.9	2.7	2.7	2.8	2.6	2.5	2.3	2.1	2.0
	Photopériode	216.4	174.3	211.6	185.1	165.3	196.3	230.1	280.4	326	341.1	340	257

Tableau 2: Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station d'El Asnam durant l'année expérimentale 2014/2015.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	28,17	20,68	14,3
Novembre	20,97	15,38	11,2
Décembre	13,37	9,18	5,8
Janvier	13,47	8,38	4,2
Février	12,17	8,18	4,7
Mars	18,37	12,68	7,1
Avril	24,97	17,38	10,4
Mai	29,17	21,68	13,8
Juin	32,47	24,48	17
Juillet	38,97	29,98	22,7
Août	36,87	28,88	22
Septembre	30,57	23,28	17,8

Tableau 3:Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station Haizer durant l'année expérimentale 2014/2015.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	27,82	20,41	14,1
Novembre	20,62	15,11	11
Décembre	13,02	8,91	5,6
Janvier	13,12	8,11	4
Février	11,82	7,91	4,5
Mars	18,02	12,41	6,9
Avril	24,62	17,11	10,2
Mai	28,82	21,41	13,6
Juin	32,12	24,21	16,8
Juillet	38,62	29,71	22,5
Août	36,52	28,61	21,8
Septembre	30,22	23,01	17,6

Tableau 4:Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station d'El Hachimia durant l'année expérimentale 2014/2015.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	28,87	21,23	14,7
Novembre	21,67	15,93	11,6
Décembre	14,07	9,73	6,2
Janvier	14,17	8,93	4,6
Février	12,87	8,73	5,1
Mars	19,07	13,23	7,5
Avril	25,67	17,93	10,8
Mai	29,87	22,23	14,2
Juin	33,17	25,03	17,4
Juillet	39,67	30,53	23,1
Août	37,57	29,43	22,4
Septembre	31,27	23,83	18,2

Tableau 5:Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station d'El Asnam durant l'année expérimentale 2015/2016.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	24,82	18,81	14
Novembre	19,02	12,81	8,1
Décembre	17,72	10,21	4,3
Janvier	17,42	11,01	5,9
Février	16,72	11,11	6,4
Mars	16,92	10,91	6
Avril	23,32	16,31	10,6
Mai	26,42	19,01	12,7
Juin	32,02	24,21	16,7
Juillet	37,22	27,01	20,2
Août	35,52	26,91	19,7
Septembre	30,42	23,11	16,8

Tableau 6:Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station Haizer durant l'année expérimentale 2015/2016.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	24,82	18,81	14
Novembre	19,02	12,81	8,1
Décembre	17,72	10,21	4,3
Janvier	17,42	11,01	5,9
Février	16,72	11,11	6,4
Mars	16,92	10,91	6
Avril	23,32	16,31	10,6
Mai	26,42	19,01	12,7
Juin	32,02	24,21	16,7
Juillet	37,22	27,01	20,2
Août	35,52	26,91	19,7
Septembre	30,42	23,11	16,8

Tableau 7:Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales corrigées de la station d'El Hachimia durant l'année expérimentale 2015/2016.

Mois	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Température minimale (°C)
Octobre	25,87	19,63	14,6
Novembre	20,07	13,63	8,7
Décembre	18,77	11,03	4,9
Janvier	18,47	11,83	6,5
Février	17,77	11,93	7
Mars	17,97	11,73	6,6
Avril	24,37	17,13	11,2
Mai	27,47	19,83	13,3
Juin	33,07	25,03	17,3
Juillet	38,27	27,83	20,8
Août	36,57	27,73	20,3
Septembre	31,47	23,93	17,4

Tableau 8:Pluviométrie moyennes mensuelles (mm) corrigées des trois stations d'études (El Asnam, Haizer et El Hchimia) durant l'année expérimentale 2014/2015.

Mois	El Asnam	Haizer	El Hachimia
Octobre	35,63	40,24	44,57
Novembre	27,87	31,48	34,87
Décembre	179,13	202,3	224,1
Janvier	121,32	137,01	151,77
Février	153,32	173,14	191,8
Mars	47,14	53,24	58,98
Avril	1,27	1,43	1,59
Mai	16,36	18,47	20,46
Juin	13,93	15,74	17,43
Juillet	0	0	0
Août	1,45	1,64	1,81
Septembre	59,87	67,61	74,9

Tableau 9 : Pluviométrie moyennes mensuelles (mm) corrigées des trois stations d'études (El Asnam, Haizer et El Hchimia) durant l'année expérimentale 2015/2016.

Mois	El Asnam	Haizer	El Hachimia
Octobre	49,97	57,26	64,13
Novembre	39,62	45,41	50,86
Décembre	0	0	0
Janvier	58,32	66,83	74,85
Février	62,55	71,69	80,29
Mars	179,45	205,65	230,31
Avril	42,49	48,7	54,54
Mai	89,72	102,82	115,15
Juin	1,74	1,99	2,23
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	58,19	66,69	74,69

Tableau 10 : Résultats du test NEWMAN et KEULS pour le facteur taux des protéines totales hémolymphatiques des individus de *B. rufimanus* en diapause et en activité.

F2	IBELLES Mois	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	Valeur P
5.0	Février	90,19	A	0,00008***
1.0	Octobre	77,305	B	
8.0	Mai	73,84	B	
3.0	Décembre	73,455	B	
2.0	Novembre	67,69	B	
4.0	Janvier	53,265	C	
6.0	Mars	40,955	D	
7.0	Avril	24,61	E	

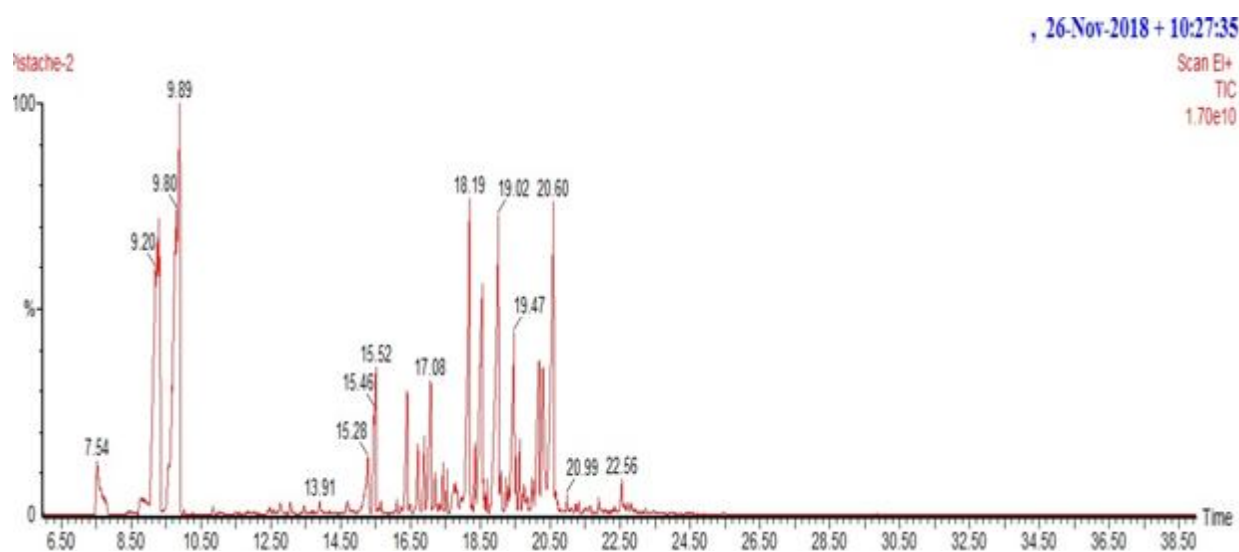


Figure 1 : Chromatogramme de l'huile essentielle des feuilles de faux poivrier

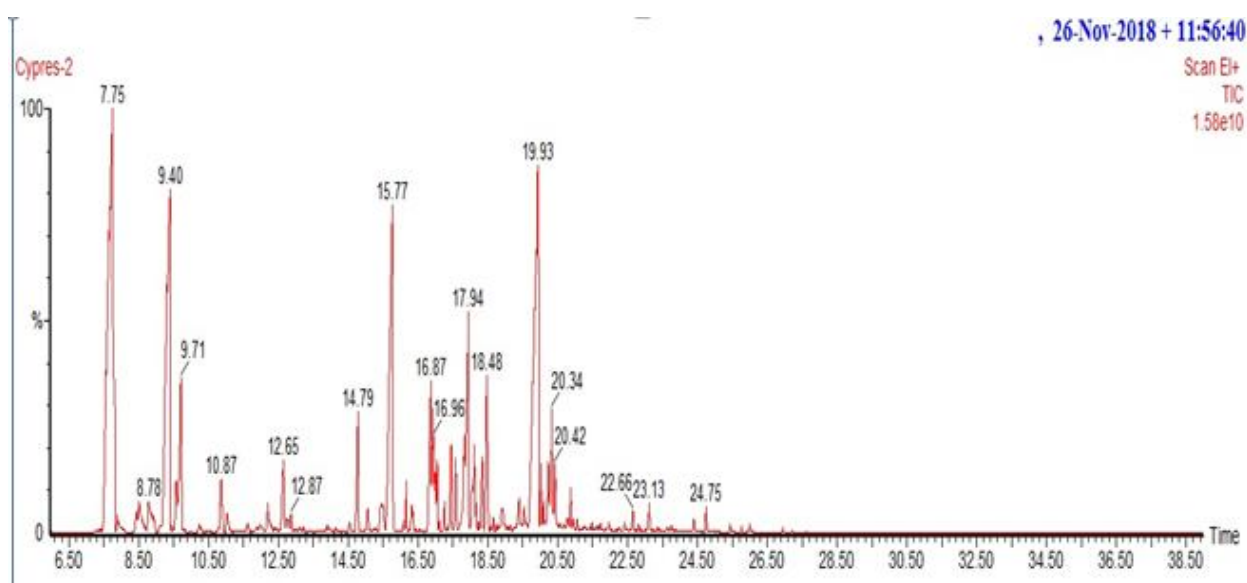


Figure 2 : Chromatogramme de l'huile essentielle des feuilles de cypres vert

Tableau 11: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de l'origan sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	680,633	1	680,633	3,443	0,08542
Facteur (doses)	41474,07	4	10368,52	52,45	0***
Facteur (temps)	13562,51	3	4520,836	22,869	0,00004***

Tableau 12: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de la sauge sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	22,5	1	22,5	2,052	0,17489
Facteur (doses)	38195,94	4	9548,984	870,976	0***
Facteur (temps)	24426,88	3	8142,292	742,67	0***

Tableau 13: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de la menthe poivrée sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	226,879	1	226,879	18,302	0,00281**
Facteur (doses)	25860,42	4	6465,104	521,527	0***
Facteur (temps)	10932,92	2	5466,459	440,969	0***

Tableau 14: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de pin maritime sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	903,133	1	903,133	22,667	0,00025***
Facteur (doses)	45159,51	4	11289,88	283,35	0***
Facteur (temps)	27695,76	4	6923,939	173,775	0***

Tableau 15: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de faux poivrier sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	2102,496	1	2102,496	26,939	0,00026***
Facteur (doses)	23448,43	4	5862,108	75,11	0***
Facteur (temps)	19721,25	3	6573,749	84,229	0***

Tableau 16: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle de cyprès vert sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	0,758	1	0,758	0,042	0,83455
Facteur (doses)	45922,52	4	11480,63	641,304	0***
Facteur (temps)	7050,766	3	2350,255	131,284	0***

Tableau 17: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet par contact d'huile essentielle d'eucalyptus sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	480	1	480	54,857	0,00011***
Facteur (doses)	33776,25	4	8444,063	965,036	0***
Facteur (temps)	2705,418	2	1352,709	154,595	0***

Tableau 18: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de l'origan sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	202,5	1	202,5	17,204	0,00141**
Facteur (doses)	34435	4	8608,75	731,363	0***
Facteur (temps)	31938,75	3	10646,25	904,46	0***

Tableau 19: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de la sauge sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	490	1	490	17,374	0,00136**
Facteur (doses)	34583,43	4	8645,857	306,557	0***
Facteur (temps)	24858,12	3	8286,039	293,799	0***

Tableau 20: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de la menthe poivrée sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	563,336	1	563,336	26,772	0,00095***
Facteur (doses)	37746,67	4	9436,667	448,468	0***
Facteur (temps)	4071,668	2	2035,834	96,751	0,00001***

Tableau 21: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de pin maritime sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	15,633	1	15,633	0,196	0,66867
Facteur (doses)	52183,45	4	13045,86	163,338	0***
Facteur (temps)	11233,76	3	3744,586	46,883	0***

Tableau 22: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de faux poivrier sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	50,625	1	50,625	1,378	0,26275
Facteur (doses)	44179,69	4	11044,92	300,585	0***
Facteur (temps)	3475,625	3	1158,542	31,529	0,00001***

Tableau 23: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle de cyprès vert sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	237,656	1	237,656	2,342	0,14892
Facteur (doses)	53683,44	4	13420,86	132,246	0***
Facteur (temps)	5265,469	3	1755,156	17,295	0,00015***

Tableau 24: Résultats de l'analyse de la variance de trois facteurs pour l'effet inhalatrice d'huile essentielle d'eucalyptus sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (sexe)	46,879	1	46,879	12,499	0,00766**
Facteur (doses)	39415,84	4	9853,961	2627,381	0***
Facteur (temps)	2832,926	2	1416,463	377,674	0***

Tableau 25: Résultats de l'analyse de la variance comparative de trois facteurs pour l'effet par contact des sept huiles essentielles sur la mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (huiles)	6584,359	6	1097,393	11,638	0***
Facteur (doses)	135309	4	33827,24	358,75	0***
Facteur (temps)	52594,77	3	17531,59	185,929	0***

Tableau 26: Résultats de l'analyse de la variance comparative de trois facteurs pour l'effet par contact des sept huiles essentielles sur la mortalité des adultes femelles de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (huiles)	10772,36	6	1795,393	20,636	0***
Facteur (doses)	125382,6	4	31345,66	360,287	0***
Facteur (temps)	46729,67	3	15576,56	179,037	0***

Tableau 27: Résultats de l'analyse de la variance comparative de trois facteurs pour l'effet inhalatrice des sept huiles essentielles sur la mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (huiles)	10662,42	6	1777,07	11,702	0***
Facteur (doses)	156936,4	4	39234,11	258,349	0***
Facteur (temps)	32224,78	3	10741,59	70,731	0***

Tableau 28: Résultats de l'analyse de la variance comparative de trois facteurs pour l'effet inhalatrice des sept huiles essentielles sur la mortalité des adultes femelles de *B. rufimanus*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Facteur (huiles)	8751,094	6	1458,516	13,142	0***
Facteur (doses)	146683,3	4	36670,83	330,414	0***
Facteur (temps)	39427,28	3	13142,43	118,417	0***

Résumé :

Cette étude nous a permis d'étudier divers aspects de l'écologie, de la biologie et de la biochimie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* durant les deux périodes de diapause et d'activité reproductrice dans la région de Bouira. Afin de valoriser de nouvelles méthodes de lutte à caractère bio insecticide qui pourraient constituer une approche alternative ou complémentaire aux traitements chimiques à l'égard de ce ravageur potentiel de la fève *Vicia faba*. Les résultats acquis sur le terrain montrent qu'après la période de diapause reproductrice, la colonisation des adultes de ce coléoptère coïncide avec la période de la floraison de la plante hôte qui leur représente une source trophique. L'étude des paramètres biologiques de *B. rufimanus*, a révélé que les femelle commencent à pondre leurs œufs dès l'apparition des gousses et que l'activité de ponte s'étale sur 1 mois et 7 jours à 1 mois et 15 jours selon la variété et l'altitude. Le suivi du cycle de développement de *B. rufimanus* nous a permis de distinguer quatre stades distincts : l'œuf, la larve (4 larves), la nymphe et l'imago. La durée la plus longue pour le cycle de développement, depuis l'œuf jusqu'à l'adulte, est marquée pour la parcelle à variété Aguadulce semée en altitude, elle s'échelonne sur 3 mois et 20 jours. Les travaux réalisés au laboratoire sur le taux de protéines totales hémolympatiques de *B. rufimanus* montrent que la concentration des protéines totales de ce bioagresseur en diapause est plus élevée qu'en période d'activité reproductrice. Cette hausse en protéines peut être expliquée par le stockage de protéines durant la vie larvaire. Le taux des protéine décroît de façon importante au mois d'avril (période d'activité reproductrice), cette réduction est en rapport avec la reprise de l'activité. Au mois de mai la concentration en protéines augment à nouveau ce qui est dû à l'alimentation pollinique fournie par des plantes adventices. Les résultats du bio contrôle de ce bioagresseur par les sept huiles essentielles, montrent une efficacité marquée pour l'eucalyptus pour les deux tests par contact et par inhalation et pour les deux sexes.

Mots clés : *Bruchus rufimanus*, *Vicia faba*, Bioécologie, Bio insecticides, Huiles essentielles, Bouira.

Abstract :

This study allowed us to study various aspects of the ecology, biology and biochemistry of broad bean bruchid *Bruchus rufimanus* during the two periods of diapause and reproductive activity in the Bouira region. To develop new bioinsecticide control methods that could be an alternative or complementary approach to chemical treatments for this potential pest of the *Vicia faba* bean. The results acquired on the ground show that after the reproductive diapause period, colonization of adults of this beetle coincides with the flowering period of the host plant, which represents a trophic source. The study of the biological parameters of *B. rufimanus*, revealed that the females begin to lay their eggs as soon as the pods appear and that the laying activity is spread over 1 month and 7 days to 1 month and 15 days according to variety and altitude. Following the developmental cycle of *B. rufimanus* allowed us to distinguish four distinct stages: the egg, the larva (4 larvae), the nymph and the imago. The longest duration for the development cycle, from egg to adult, is marked for the Aguadulce variety plot sown at altitude; it is spread over 3 months and 20 days. Laboratory work on total hemolymphatic protein levels of *B. rufimanus* shows that the concentration of the total proteins of this pest in diapause is higher than in the period of reproductive activity. This increase in protein can be explained by the storage of proteins during larval life. The rate of proteins decreases significantly in April (period of reproductive activity); this reduction is related to the recovery of activity. In May the protein concentration increases again due to pollen nutrition provided by weeds. The results of bio control of this bioaggressor by the seven essential oils, show a marked efficiency for eucalyptus for both contact and inhalation tests and for both sexes.

Key words: *Bruchus rufimanus*, *Vicia faba*, Bioecology, Bio insecticides, essential oils, Bouira.